

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	108
2. Sammlungs- und Forschungsgeschichte	109
3. Material und Methoden	117
4. Elemente der Flora	122
4.1. Lycophyten	122
<i>Subsigillaria brardii</i>	122
4.2. Sphenophyllen	123
<i>Sphenophyllum oblongifolium</i>	123
<i>Sphenophyllum angustifolium</i>	126
<i>Bowmanites haussei</i>	127
<i>Sphenophyllum thonii</i>	130
<i>Sphenophyllum</i> sp. sp.	131
4.3. Calamiten	133
<i>Calamites gigas</i>	133
<i>Metacalamostachys dumasii</i>	134
<i>Calamites multiramis</i> – <i>Calamitea striata</i>	137
<i>Annularia spinulosa</i>	140
<i>Calamostachys tuberculata</i>	142
<i>Asterophyllites equisetiformis</i>	145
<i>Palaeostachya thuringiaca</i>	147
<i>Annularia sphenophylloides</i>	148
<i>Calamites crassicaulis</i> mit <i>Macrostachya carinata</i>	149
<i>Calamites</i> sp. sp.	150
4.4. Altfarne (Coenopteridales)	151
<i>Nemejcopteris feminaeformis</i>	151
<i>Oligocarpia leptophylla</i>	156
<i>Senftenbergia saxonica</i>	159
<i>Dactylothea elaverica</i>	165
<i>Botryopteris sterzelii</i>	160
4.5. Psaroniales	172
<i>Psaronius polyphyllus</i>	172
<i>Psaronius</i> sp. sp.	174
<i>Scolecopteris Zenker</i>	176
<i>Scolecopteris arborescens</i>	177
<i>Scolecopteris oreopteridia</i>	178
<i>Scolecopteris hemitelioides</i>	180
<i>Scolecopteris densifolia</i>	182
<i>Scolecopteris</i>	182
<i>Lobatopteris geinitzii</i>	183
<i>Pecopteris monyi</i>	183

4.6. Pteridospermen	187
<i>Autunia conferta</i>	187
<i>Pseudomariopteris busquetii</i>	188
<i>Dicksonites plukenetii</i>	189
<i>Callipteridium gigas</i>	190
<i>Barthelopteris germarii</i>	190
<i>Neurocallipteris neuropteroides</i>	193
<i>Neurodontopteris auriculata</i>	194
<i>Odontopteris lingulata</i>	196
<i>Taeniopteris jejuna</i>	196
<i>Taeniopteris abnormis</i>	197
4.7. Pteridophylle unbekannter Stellung	198
<i>Pecopteris integra</i>	198
<i>Pecopteris bredovii</i>	198
<i>Sphenopteris mathetii</i>	198
<i>Sphenopteris picandetii</i>	200
4.8. Cordaiten	201
Cordaitenblätter	202
Cordaiten-Sprossachsen	204
Cordaitenwurzeln	206
Wuchs- und Lebensformen der Cordaiten	208
4.9. Diverse Gymnospermen	208
<i>Dicranophyllum</i> sp.	208
Koniferen	208
Samenanlagen und Mikrosporophylle	209
5. Fundschichten und Taphocoenosen	213
6. Pflanzengesellschaften	218
7. Floristische und vegetationskundliche Vergleiche	219
8. Fundschichten, Taphocoenosen und Pflanzengesellschaften der jüngeren Formationen des Döhlener Beckens	220
8.1. Niederhäslich-Formation	220
8.2. Bannewitz-Formation	223
<i>Scolecopteris elegans</i>	224
9. Verzeichnis der Sammlungen	228
10. Dank	229
11. Literatur	229

Die Rotliegendflora der Döhlen-Formation

The Lower Permian (Rotliegend) flora of the Döhlen Formation

Manfred Barthel

c/o Museum für Naturkunde Berlin, Invalidenstr. 43, 10115 Berlin, Deutschland; barthelopteris@t-online.de

Revision accepted 19 February 2016.

Published online at www.senckenberg.de/geologica-saxonica on 11 March 2016.

Kurzfassung

Die Döhlen-Formation ist ein kleines Steinkohlenvorkommen südlich von Dresden. Der fast 400-jährige Bergbau endete 1989, wobei er in den letzten 20 Jahren ausschließlich auf Uranerz gerichtet war. Geologisch ist die Döhlen-Formation eine stark vulkano-tektonisch geprägte Bildung in einer Innensenke des variszischen Gebirges im Unteren Perm. Die Fossilfundsichten zwischen den sieben Kohlenflözen bestehen überwiegend aus vulkanischen Ablagerungen, meist Aschen- und Kristalltuffen. In hellen feinkörnigen Pyroklastiten („Tonsteinen“) sind die kohligen Reste der Pflanzen oft dreidimensional am Wuchsort eingebettet und für mechanische und chemische Präparationen besonders geeignet.

Die fossile Flora der Döhlen-Formation (ohne disperse Sporen) wird revidiert, nachdem sie bereits zweimal monographisch bearbeitet wurde: von Sterzel (1893) und Barthel (1976a). Die Flora besteht aus 58 Spezies (außer Sporen) die etwa 40 natürlichen Arten entsprechen. Die Artenarmut ist eine Folge der eingeschränkten fossilen Biotope und ihrer Vegetation. Es dominierten Moore mit kleinen stehenden Gewässern. Fast alle Fundsichten enthalten daher überwiegend Pflanzenfossilien der Moorwälder mit Cordaiten, Psaroniales, Altfarnen, Calamiten und Sphenophyllen. Die Cordaiten sind die wichtigsten Elemente der Moorwälder. Seltener sind die Reste von Pteridospermen (Medullosaceen, Callistophytaceen und Peltaspermeen) von mineralischen Standorten außerhalb der Moore auf Alluvialebenen.

Es fehlen in der Döhlen-Formation einige der aus anderen Rotliegendbecken gut bekannten Biotope: größere Seen mit Fischen, limnischen Amphibien und Großalgen sowie trockene Seeufer mit ihrer Vegetation aus Coniferen und anderen xerophytischen Gymnospermen. Daher gibt es hier keine oder nur kümmerliche Funde von Walchieren und anderen typischen Rotliegendpflanzen wie Dicranophyllen, Ginkgophyten und frühen Cycadophyten.

Im Anhang werden die Pflanzenfundsichten der Niederhäslich- und Bannewitz-Formationen im Döhlener Becken zusammen mit einigen neuen Fossilfunden kurz beschrieben. Abschließend wird der gegenwärtige Kenntnisstand von *Scolecoperis elegans* innerhalb der „Madenstein“-Forschung erörtert. Dieser „Madenfarn“ ist das älteste bekannte Pflanzenfossil des Döhlen-Beckens und der Generotypus einer weltweit im Karbon und Perm verbreiteten Pflanzengattung.

Abstract

The Döhlen Formation is a small coal district near Dresden, Saxony. Mining activities, during the last 20 years focused to uranium, stopped in 1989. The coal seam-bearing strata were formed in an intravarsican basin of early Permian age, and were strongly shaped by volcanic and tectonic events.

The fossil-containing horizons, lying between 7 coal seams, mainly consist of volcanic deposits, largely ash- and crystal tuffs. Carbonized plant remains are frequently three-dimensionally preserved in growth position in light-coloured, fine-grained pyroclastics (“tonsteins”) and have proven to be suitable for mechanical and chemical preparation purpose.

Here the fossil flora of the Döhlen Formation (without dispersed spores) is revised, following the monographic investigations of Sterzel (1893) and Barthel (1976a). This flora consists of 58 fossil species (without sporomorphs), which approximately represent 40 natural species. The poorness of species results from a restricted number of fossil habitats and their limited vegetation. The environment was dominated by persisting mires associated with small standing water bodies. According to the latter fossil finds largely represent swamp forest elements, such as cordaitaleans, psaroniacean tree ferns, coenopterid ferns, calamitaleans and sphenophylls. Whereas cordaitaleans are the most striking elements of the swamp forests, pteridosperms, like Medullosaceae, Callistophytaceae and Peltaspermeae are much rarer and known from mineral stands of the alluvial plain outside of the peat-forming mires.

Several from other contemporaneous basins well known habitats lack in the Döhlen Formation: large lakes with fishes, lacustrine amphibians, large algae as well as dry lake shores with their vegetation usually made of conifers and other xerophytic gymnosperms. Therefore, until now, we miss or know only fragmentary record of walthian conifers and other typical Rotliegend plants such as *Dicranophyllum*, ginkgophytes or cycadophytes.

Plant fossil-bearing strata of the Niederhäslich and Bannewitz formations, Döhlen Basin, are shortly described with several new finds. Finally the current knowledge of *Scolecopteris elegans* among the so called „Madenstein“ research is presented. This fern represents the oldest known plant fossil of the Döhlen Basin and is the generitype of a worldwide distributed plant genus during the Carboniferous and Permian.

1. Einleitung

Abb. 1–5

Das Döhlener Becken ist ein variszisches Binnenbecken in der Elbtalzone bei Dresden, und die Döhlen-Formation ist ihr Profilabschnitt mit bergbaulich bedeutenden Steinkohlenflözen (Abb. 1, 2). Fast 450 Jahre lang waren die Flöze dieser Formation Ziel des Kohlen- und zuletzt auch des Uranbergbaus (Abb. 3, 4). Seismische Spaltenfüllungen, tektonische Störungen und großflächige Tuffhorizonte in und zwischen den Flözen dokumentieren modellartig die vulkanotektonischen Ereignisse im Unteren Perm (Reichel & Schauer 2006).

Unter den Formationen der mitteleuropäischen Rotliegendbecken zeichnet sich die Döhlen-Formation geologisch durch mehrere Besonderheiten aus: Die Steinkohlenflöze mit ihrer Gesamtmächtigkeit bis zu 12 m verkörpern fast die gesamte Bildungszeit der Formation, während die Ablagerung von vulkanischen Aschen und anderen Pyroklastiten nur zu sehr kurzfristigen Unterbrechungen der Moorbildungen führte. Fluviale klastische Sedimente sind selten, und feinklastisch-bituminöse Ablagerungen größerer Seen mit Fisch- und limnischen Amphibienfaunen fehlen völlig.

Auch paläobotanisch ist vieles ungewöhnlich: Einige aus anderen Becken gut dokumentierte Vegetationseinheiten fehlen, weil es die Biotope der trockenen Seeufer nicht gab, und auch die Moor- und Alluvialgesellschaften sind relativ artenarm. Dafür sind die Florenelemente einiger Fundschichten so vorzüglich erhalten, dass sie unser Wissen über diese Pflanzen und deren Vegetationseinheiten erheblich erweitern. Hinzu kommt die ungewöhnliche Schönheit der Fossilien, die sie für Lehr- und Bildungsaufgaben auf allen Ebenen prädestiniert.

Ich habe das seltene und große Glück, seit mehreren Jahrzehnten (mit längeren Unterbrechungen) die Flora der Döhlen-Formation zu untersuchen und lege nun mein Abschlussresultat vor. Der Text dieser Arbeit wurde von 2012 bis April 2014 verfasst – die fotografischen Abbildungen stammen aus dem Zeitraum 1956 bis 2013.

Vor 40 Jahren konnte ich eine „Rotliegendflora Sachsens“ mit den Döhlener Pflanzen im Mittelpunkt abschließen. Es dauerte aber noch über zwei Jahre voller Schwierigkeiten bei der Herstellung durch den Verlag Theodor Steinkopff, ehe die Arbeit als Band 24 der „Abhandlungen des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden“ 1976 erscheinen konnte.

Die textliche Gestaltung dieser „Flora“ war ärmlich, aber alternativlos. Die Tafeln mussten in zwei verschiedenen Verfahren in zwei verschiedenen Betrieben gedruckt werden. Ein Nachtrag (Barthel 1975) erschien noch vor der Flora. Ohne den ideenreichen Einsatz des Dresdner Museumsdirektors Hans Prescher (1926–1996) wäre diese Publikation damals überhaupt nicht möglich gewesen. Trotz verschiedener Mängel war sie in den folgenden Jahrzehnten eine nützliche Basis für die Sammlertätigkeit von Geologen und Bergleuten sowie für vielzitierte Vergleiche in anderen variszischen Binnenbecken.

Schon wenige Jahre nach 1976 häuften sich in den Sammlungen neue Funde und bei mir manch neue Einsichten – ein größerer Nachtrag (Supplementum) zur „Flora“, speziell für die Fundschichten der Döhlen-Formation wäre sinnvoll gewesen und wurde durch Hans Prescher als Band der „Abhandlungen“ auch schon für 1990 weitsichtig geplant. Aber die wechselvollen Entwicklungen in den Museen Dresden und Berlin sowie meine Hinwendung zur „Rotliegendflora des Thüringer Waldes“ (Barthel 2009) mit Supplementum (Barthel & Bauner 2015) verzögerten das Projekt. Jetzt, nach dem Ende des Bergbaus und der Sammelmöglichkeiten im Döhlener Becken sowie dem Offenlegen privater Sammlungen, ist es geboten, dies nachzuholen und das gesamte Wissen zu veröffentlichen. Das wurde auch durch die lebhafteste Reaktion von Fachkollegen auf die große Ausstellung des Museums für Mineralogie und Geologie „Blumengebirge – ein fossiles Herbarium“ 2005 im Dresdner Zwinger deutlich.

Dabei ist aber im Döhlener Becken eine Konzentration der paläobotanischen Revision auf die Flora der Döhlen-Formation sinnvoll, denn aus der jüngeren Niederhäslich-Formation sind seit 40 Jahren außer Kieselhölzern keine pflanzliche Großreste geborgen worden, und die strukturerhaltenen „Madensteine“ der Bannewitz-Formation erfordern eine andere Untersuchungsmethode. Bei Vergleichen werden aber bevorzugt Elemente dieser beiden Floren ergänzend eingefügt, soweit es der gegenwärtige Kenntnisstand erlaubt, und im Anhang werden ihre Fundschichten kurz beschrieben. Auch einige Funde aus dem Chemnitz-Becken können die Kenntnis der Döhlener Florenelemente bereichern. Leider kann hier das breite Spektrum der dispersen Sporomorphen aus den Formationen des Döhlener Beckens nicht adäquat dargestellt werden – eine Bearbeitung wurde von H. Döring (1978) mit den trileten azonalen Sporen begonnen, konnte aber nicht fortgesetzt werden. Sie könnte über seine Präparate aus der Sammlung der Bundesan-

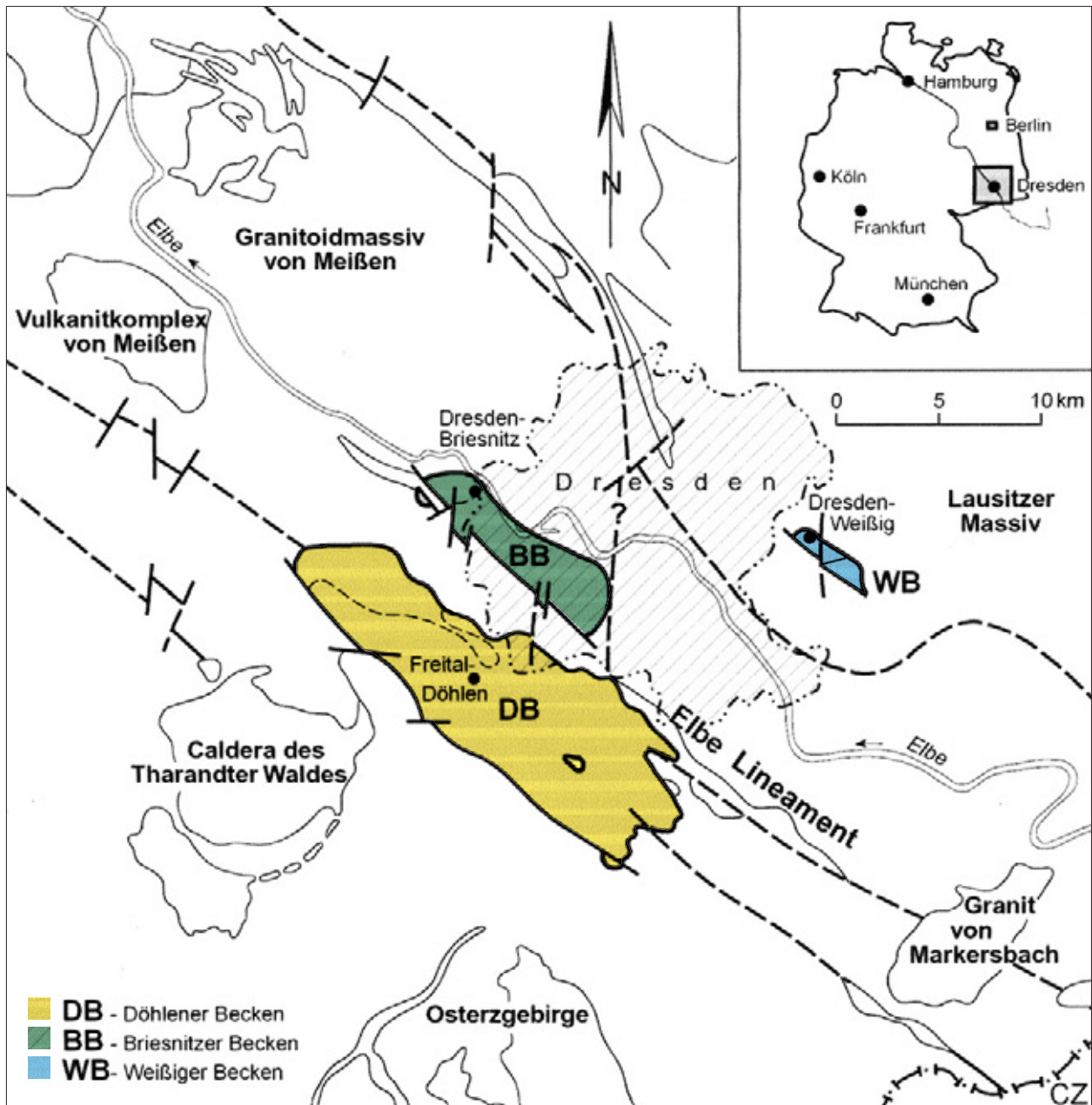


Abb. 1. Die Rotliegendebasins der Elbezone bei Dresden. Aus Reichel & Schneider (2012).

Fig. 1. Rotliegend basins in the Elbe zone near Dresden. From Reichel & Schneider (2012).

stalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Berlin nachgeholt werden. Im Gegensatz dazu ist bei den pflanzlichen Großresten die Hoffnung auf neues Material, Funde in Tagesaufschlüssen oder aus bisher unbekanntem Privatsammlungen äußerst gering. Die ganze Paläobotanik der Döhlen-Formation war und ist ein wissenschaftliches Ergebnis des Untertagebergbaus, und dieser ist aus heutiger Sicht endgültig Geschichte.

Wie schon 1976 ausgewiesen, ist diese Schrift ein Produkt der langen und freundschaftlichen Zusammenarbeit zwischen dem Museum für Mineralogie und Geologie in Dresden und dem Museum für Naturkunde Berlin. Sie soll auch ein Dank an die Geologen, Bergleute, Natur- und Heimatfreunde sein, die mir seit 1956 bei der Sammel- und Forschungsarbeit geholfen haben (Abb. 5).

2. Sammlungs- und Forschungsgeschichte

Abb. 6–11

Die ältesten Erwähnungen Döhlener Pflanzenfossilien finden wir in den Schriften des Dresdner Arztes Christian Friedrich Schulze (1730–1775). Seine „Kurtze Betrachtungen derer Kräuterabdrücke im Steinreiche“ (1755) enthalten überregional bedeutende Beobachtungen und Überlegungen zur Bildung der kohlgigen Abdrücke (Compressions). Sie waren von großer Bedeutung bei der Überwindung der Sintfluttheorie, die besonders

	Mächtigkeit		Döhlen-Hauptmulde und Kohlsdorf-Pesterwitz-Nebenmulde	Hainsberg-Quohren- Nebenmulde
Bannewitz - Formation bis 390 m	>70 m		Arkose/Fanglomerat	erodiert
	9-12 m		Wachtelberg-Tuff	
	80-115 m		Arkose/Fanglomerat	
	bis 60 m		Rhyolith-Fanglomerat	Gneis-Rhyolith- Konglomerate bis >200 m
	bis 75 m		Gittersee-Pyroklastit	
	bis 55 m		Rhyolith-Fanglomerat	
Niederhäslich - Formation bis 300 m	bis 40 m		Schweinsdorf-Brandschiefer-Flöz	
	bis 170 m		Oberer Kalkstein-Horizont; Tuffe, Tuffite, Tonstein bis Konglomerat	
			Niederhäslich-Kalkstein	
			Unterer Kalkstein-Horizont; Tuffe, Tuffite, Schluff- und Tonstein	
	bis >6 m		Zuckerode-Tuff	
bis 50 m		grünger Schluffsteine, Tonstein, Tuffe und Tuffite, Arkosen und Konglomerate		
bis 33 m		Basiskonglomerat		
Döhlen- Formation bis 110 m	bis 110 m		Steinkohle- und Brandschiefer-Flöze lokal bis 7 Steinkohlen- und Brandschiefer-Flöze mit pyroklastischen und epiklastischen Zwischenmitteln; Basiskonglomerat und z.T. Basalbrekzien	
Unkersdorf- Formation bis 160 m	bis 80 (110) m		Potschappel-Porphyr	
	bis 50 m		Unkersdorf-Tuff Tuffe in Wechsellagerung mit Konglomeraten und umgelagertem pyroklastischem Material	
	bis 30 m		Hänichen-Grundkonglomerat, z.T. Basalbrekzien	
Grund- gebirge			im NO Meißener Massiv nach SW Altpaläozoikum des Nossen-Wilsdruffer Schiefergebirges	

Abb. 2. Normalprofil des Döhlener Beckens (Reichel & Schneider 2012).

Fig. 2. Generalised stratigraphic section of the Döhlen Basin (Reichel & Schauer 2012).

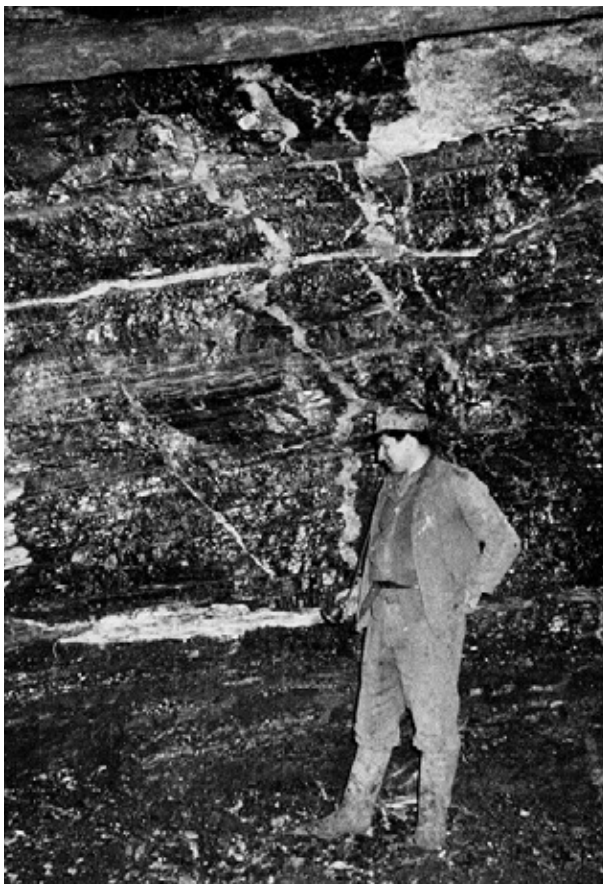
von Scheuchzer (1709) für Pflanzenfossilien vertreten worden war (Barthel 1976b). Experimentell wies Schulze nach, dass die Substanz der Compressions aus Kohle besteht. Auch kann man bei Schulze (1759) schon treffende geologische Beobachtungen über die Döhlener Flöze nachlesen. Schließlich empfahl er, mehr Kohlen zum Heizen und Kochen zu verwenden, denn Brennholz war im Siebenjährigen Krieg knapp geworden:

„... unsere Landsleute um Dresden, vornehmlich in Potschappel, Döhlen, Zaukerode, Burg und Pesterwitz... wissen auf eine ganz ungekünstelte Weise die besten und schmackhaftesten Speisen bey Steinkohlen zu kochen und zu braten ...“ über offenem Kohlenfeuer mit seinem schwefeldioxidhaltigen Rauch, was ihnen angeblich nicht schadete, denn „... alle daselbst befindlichen Einwohner haben meistens eine muntere und gesunde



Abb. 3. Historischer Steinkohlenbergbau im 1. Flöz der Döhlen-Formation (Georgi & Börner 1894).

Fig. 3. Historical mining of the 1st coal seam of the Döhlen Formation (Georgi & Börner 1894).



Gesichtsfarbe und gelangen zu einem ansehnlichen Alter“ (Schulze 1764).

Die wissenschaftliche Bearbeitung der Döhleener Pflanzen begann 1821 mit Graf Kaspar Sternberg (1761–1838). Dieser böhmische Naturforscher, Mitbegründer der Paläobotanik, beobachtete und sammelte im Sommer 1819 auf einer Fußreise von Tetschen über die Lausitz nach Dresden und Freiberg Pflanzenfossilien in den „Kohlenwerken des plausischen Grundes“ (Sternberg in Palacký 1868). Zwei Funde „... einer feinen Pflanze mit wirtelförmigen Blättern ...“ veröffentlichte er davon in seinem „Versuch einer geognostisch-botanischen Darstellung der Flora der Vorwelt“ (1821). Das Original zu Fig. 4 auf Tafel 19 befindet sich im Nationalmuseum Prag und ist das Typusexemplar der weit verbreiteten Art *Annularia spinulosa* Sternberg (Abb. 6a, 6b). Das Gestein stammt sicher aus dem Hangenden des 3. Flözes. Damit steht die Döhlen-Formation als *stratum typicum* gleich am Anfang der wissenschaftlichen Paläobotanik, wenn auch nur mit einer einzigen Art. Auch die drei Döhleener Calamitenfragmente in Goethes Sammlung

Abb. 4. Hauptflöz der Döhlen-Formation mit pyroklastischen Lagen („Letten“) und seismischen Spaltenfüllungen („Kämmen“). Foto W. Reichel.

Fig. 4. The Main coal seam of Döhlen Formation with earthquake-generated clastic dykes and pyroclastic beds.



Abb. 5. Willy Emmrich (1900–1989), Bergmann, Heimatfreund und Helfer der Wissenschaften. Entdecker der fertilen *Nemejcopteris*-Wedel.

Fig. 5. Willy Emmrich (1900–1989), miner and amateur geologist. Discoverer of the fertile *Nemejcopteris* fronds.

(Katalog-Nr. 2706) stammen von Sternberg (Barthel in Prescher 1978). Zur gleichen frühen Sammelperiode gehören sicher auch einige Funde aus der Sammlung Schlothheim (Barthel 1976a, Taf. 8 Fig. 5)

Weitere Pflanzenfunde aus dieser Fundschicht über dem 3. Flöz, bei der Auffahrung des Tiefen Elbstollns (1817–1837), seiner Flügelorte und der Untergebirgsstrecken bis 1842 geborgen, sind ebenfalls schon sehr früh auch in andere klassische Sammlungen von Schlothheim, H. Cotta, Gutbier, Corda und Goeppert, sowie in den Altbestand des Museums für Mineralogie und Geologie Dresden gelangt (Abb. 7). Leider wissen wir nicht, wer der oder die verdienstvollen Sammler waren. Wahrscheinlich waren der königliche Steinkohlenfaktor in Zuckerode, E. W. F. Lindig (1779–1852) oder sein Sohn, der Bergverwalter E. W. Lindig an der Bergung und Verteilung der Funde beteiligt. Gutbier (1843) erwähnt in der *Gaea von Sachsen* dankbar einen „M. Mehner, den eifrigen Sammler im Plauenschen Grund.“ Näheres ist leider nicht bekannt.

Wann und wie der große Forstmann Heinrich Cotta (1763–1844), ab 1811 in Tharandt wirkend, seine bedeutende Sammlung verkieselter Achsen (meist *Calamiten*) aus der Döhlen-Formation erworben hat, ist auch unbekannt, denn er hat uns hier, wie auch über seine anderen Sammlungen keinerlei Informationen hinterlassen (Süß & Rangnow 1984). Wahrscheinlich waren es Haldfunde.

Eine kleine, aber paläobiologisch sehr bedeutende Studie über *Calamiten* der Döhlen-Formation schrieb der Dresdner Arzt und spätere Agrarwissenschaftler im Baltikum, Alexander Petzholdt (1810–1889). Sein Material besteht aus eigenartig räumlich kohlig-silifizierten Achsen, die uns bis heute taphonomisch Rätsel aufgeben (Abb. 8). Seine Überlegungen zur Bildung dieser Marksteinkerne mit verkieselten Holzmänteln und seine

anatomischen Vergleiche mit rezenten Schachtelhalmen waren ungewöhnlich in einer Zeit, da Paläontologie meist noch als rein empirische „Petrefaktenkunde“ betrieben wurde. Im Anhang des kleinen Werkes (Petzholdt 1841) finden wir ein kommentiertes lateinisches „Sendeschreiben“ von Bernhard Cotta – dessen letzter Bezug auf seine eigene Dendrolithenarbeit von 1832. Später hat B. Cotta in seinen vielen Schriften die für die Rotliegendforschung so wichtige eigene Dissertation niemals wieder erwähnt, auch nicht ihre Grundlage, die von ihm und seinen Brüdern nach London und Berlin verkaufte Kieselholzsammlung seines Vaters Heinrich Cotta.

Der sächsische Offizier August von Gutbier (1798–1866), ab 1821 viele Jahre in Zwickau stationiert, dann seit 1852 Vizekommandant der Festung Königstein, war nicht nur der erste Erforscher der Westphal-D-Flora im Erzgebirge-Becken (Gutbier 1835), er hat auch große Verdienste um die frühe Darstellung von Rotliegendpflanzen in Sachsen (Gutbier 1849). Er erkannte als Erster die floristische Eigenständigkeit des Rotliegenden (Gutbier 1838). Pflanzen aus den Steinkohlengruben der Döhlen-Formation finden wir in seinem Pionierwerk von 1849 nicht, denn diese wurden damals noch zur „Steinkohlenformation“, also zum Karbon gerechnet. Nur einige kurze Anmerkungen in der *Gaea von Sachsen* beziehen sich auf Döhlen (Gutbier 1843). Aber Gutbier erkannte mit einem Fund von *Calamites gigas* aus dem 5. Lichtloch des Tiefen Elbstollns (Abb. 9) das Rotliegendalter des benachbarten Briesnitz-Beckens, dessen Merbitz-Fanglomerat heute als Subformation mit der Döhlen-Formation parallelisiert wird (Schauer & Walter 2012). Auch publizierte Gutbier (1849) einige Funde aus der Niederhäslich-Formation bei Possendorf und Burgstädtel, darunter die Erstbeschreibung von *Lobopteris geinitzii*. Seine Sammlung befindet sich im Museum für Mineralogie und Geologie Dresden, einige Exemplare auch in der Universität Halle.

Die erste größere Darstellung Döhlener Pflanzen hat dann Hanns Bruno Geinitz (1814–1900) nachgeholt. Dieser, ein vielseitig bedeutender Geowissenschaftler und langjähriger Museumsdirektor und Hochschullehrer in Dresden hat in zwei Foliobänden die Döhlen-Formation innerhalb der sächsischen „Steinkohlenformation“ beschrieben. 1855 verglich er die Döhlen-Formation mit den Zwickauer Russkohlenflözen und sprach, erdgeschichtlich gedacht, vom „3. Vegetationsgürtel mit Vorherrschen der *Calamiten*.“ In die Tafeln seiner „Versteinerungen der Steinkohlenformation Sachsens“ (1855) fügte er die ihm damals bekannten wenigen Funde aus Zuckerode und dem Augustusschacht zwischen die dominierenden Zwickauer Westphal-D-Pflanzen ein. Das waren vor allem Sphenophyllen, Cordaiten und Samenanlagen. Ihre Beschreibungen sind kurz und treffend; taxonomisch sind sie wenig differenziert und entsprechen damit in einigen Fällen recht gut der heute bekannten Variabilität. Wichtige Ergänzungen zum Vorkommen der Pflanzenreste gab er ein Jahr später in der „Geognostischen Darstellung der Steinkohlenformation“ (Geinitz 1856). Hier korrigiert er sich und parallelisiert das Döh-

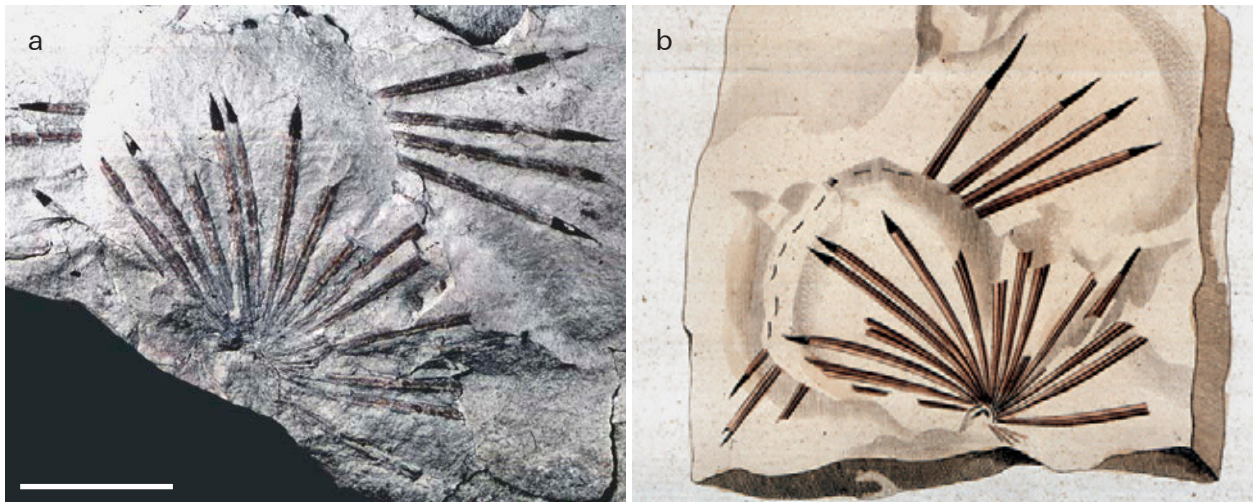


Abb. 6a/6b. *Annularia spinulosa*, Original zu Sternberg (1821), Taf. 19, Fig. 4. Lectotypus. Nationalmuseum (Národní muzeum) Prag NM E 39. Maßstab = 2 cm.

Fig. 6a/6b. Type specimen of *Annularia spinulosa* Sternberg 1821. Scale bar = 2 cm.

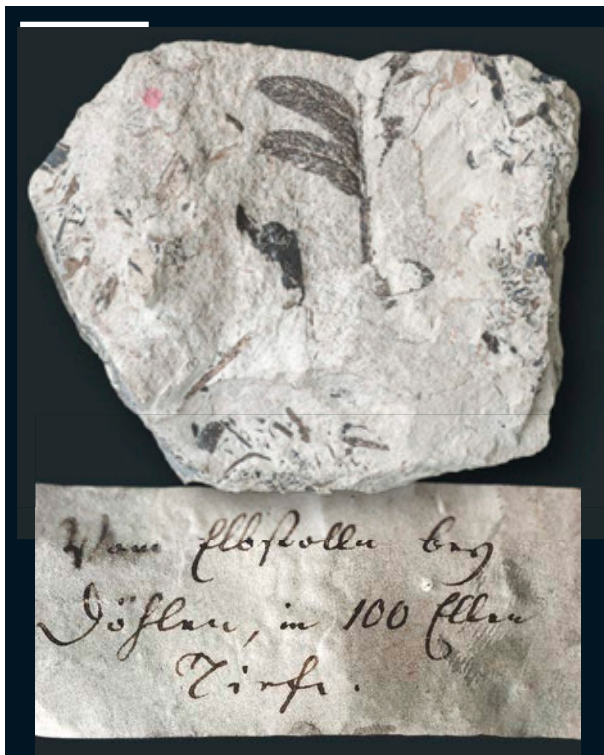


Abb. 7. *Autunia conferta*, Hangendes vom 3. Flöz, Alte Sammlung MfN Berlin, PB 2011/1249. Maßstab = 2 cm.

Fig. 7. *Autunia conferta*. One of the first collected plant fossils in Döhlen. 3rd seam. Scale bar = 2 cm.

lener Hauptflöz nun mit dem Zwickauer Schichtkohlenflöz. Auch in den „Steinkohlen Deutschlands“ (Geinitz et al. 1865) übernimmt er diese Alterseinstufung als „Hauptzone der Annularien“ und damit älter als die Kohlen von Wettin und der thüringischen Reviere.

Eine intensive persönliche Beobachtungs- und Sammelstätigkeit von H. B. Geinitz in den Döhleener Gruben ist aus seinen Werken nicht zu entnehmen, nur einzelne

Befahrungen erwähnt er. Sein Fossilmaterial hat er von Liebschner (Vorname unbekannt), Faktor des Gitterseer Steinkohlenbauvereins, von 1849 bis 1862 für das Dresdner Museum käuflich erworben, und die Profile der Untertageaufschlüsse stammten wohl überwiegend von den Markscheidern der Gruben. Liebschners Funde, laut „Acquisitionen für das königliche Mineralienkabinet ... zusammen 180 Pflanzenversteinerungen“, stammen überwiegend vom Augustusschacht am Windberg, aber auch aus Zuckerode, Gittersee und Hänichen. Sie sind die wichtigste Döhlen-Sammlung des 19. Jahrhunderts im MMG Dresden, wurden aber in Geinitz' Schriften nicht als leg. Liebschner hervorgehoben. Die Fossilien aus dem Augustusschacht stammen wohl alle aus dem Hangenden des 3. Flözes und aus dem Blumengebirge im Liegenden des 1. Flözes. Sie wurden von Liebschner unmittelbar beim Abteufen des Schachtes (1846–1849) gesichert, denn es sind teilweise Teufenangaben bei den Funden vermerkt.

Der preußische Landesgeologe Christian Ernst Weiss (1833–1890), Begründer der paläobotanischen Forschungs- und Sammlungstradition in Berlin, nahm zwei besonders gut erhaltene Sporophyllähren vom Augustusschacht in seine große Calamitenarbeit auf (Weiss 1876).

Auch der Leipziger Botaniker August Schenk (1883) veröffentlichte Döhleener Pflanzenfunde, allerdings sehr versteckt inmitten permischer Cathaysia-Florenelemente aus den Chinaexpeditionen Ferdinand von Richthofens.

Der bedeutendste Erforscher der Döhlen-Flora im 19. Jahrhundert war Johann Traugott Sterzel (1841–1914), Lehrer und später Museumsdirektor in Chemnitz. Als Erster erkannte er das Rotliegendalter unserer Flora (Sterzel 1881a). In seiner Monographie über die „Flora des Rothliegenden im Plauenschen Grund“ (Sterzel 1893) dominiert die Flora der Döhlen-Formation über jene der beiden jüngeren Formationen, die er streng getrennt darstellt. Seine Beschreibungen der Funde sind meist sehr ausführlich und sehr genau; selbst kleinste

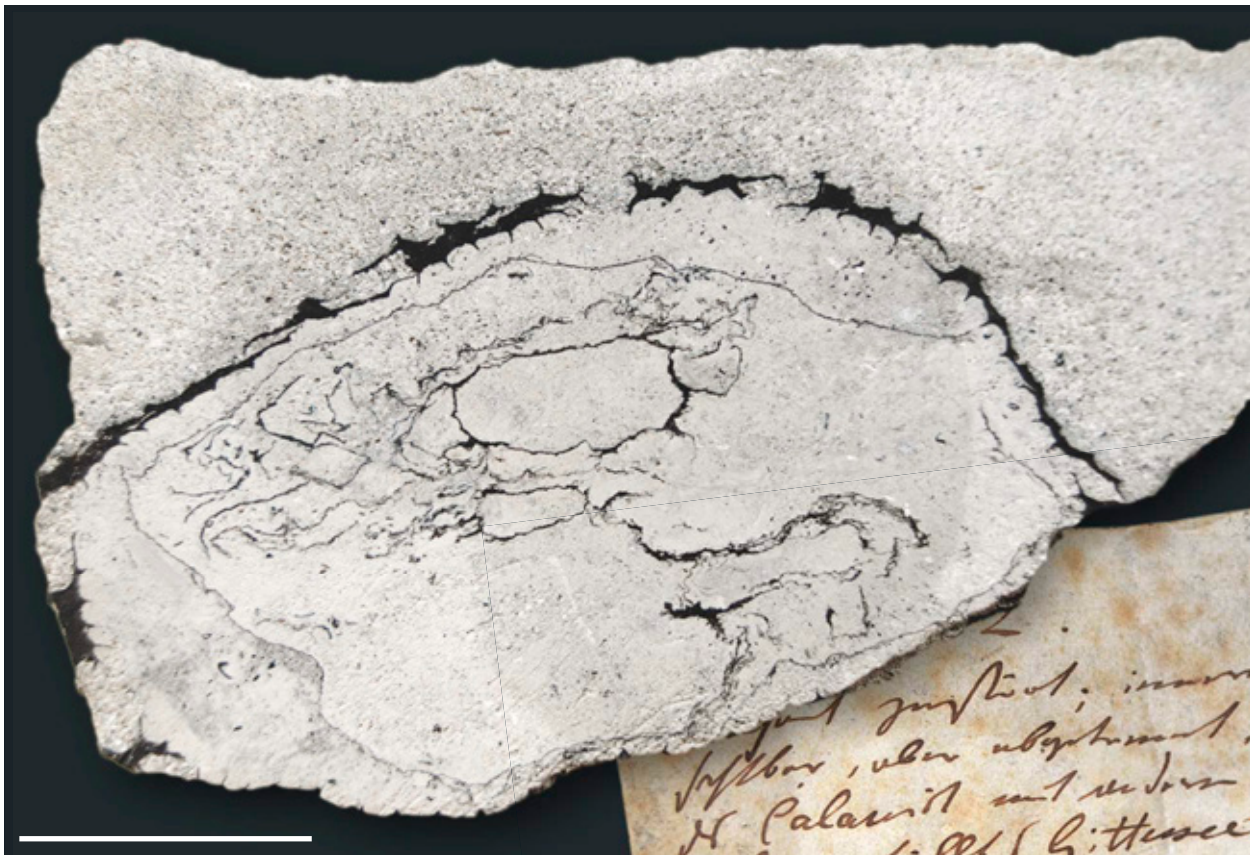


Abb. 8. *Calamites multiramis*. („*Calamites petzholdtii*“). Universität Leipzig, Geologisch-paläontologische Sammlung, Altbestand. Sammlung Petzholdt. Maßstab = 2 cm.

Fig. 8. *Calamites multiramis*, preserved in typical manner of Döhlen *Calamites*. Collected and published by Alexander Petzholdt (1841). Scale bar = 2 cm.

und schlecht erhaltene Pflanzenreste hat er berücksichtigt und benannt. Nur bei *Sphenophyllum*, einigen Calamitenähren und Cordaiten hat er sich auf Geinitz (1855), Weiss (1876) und eigene frühere Arbeiten verlassen. Dabei war Sterzels neues Material aus heutiger Sicht recht bescheiden, und auch das ältere Sammlungsmaterial hielt keinen Vergleich zu dem anderer Steinkohlenbecken aus. Er selbst, noch aktiv im Schuldienst und grubenfremd, konnte untertage nichts beobachten und auf Halden kaum etwas sammeln. Der Steinkohlenbergbau im Döhlener Becken stand damals in hoher Blüte und war durch einige technische Neuerungen beispielgebend (Puls 2006). Direktoren der Gruben und Robert Hausse, der große Markscheider, Geognost und Bergingenieur (Reichel 1993), bemühten sich, Sterzel mit neuen Fossilfunden zu unterstützen, aber ihre Fundortangaben sind heute fast wertlos, weil sie stratigraphisch nicht fundiert waren. Es gab ja damals noch keine verbindlichen Richtprofile mit einer einheitlichen Bezeichnung der tieferen Flöze. Im Abbau stand allein das Hauptflöz mit seinem pflanzenfossilarmen Hangenden. Die Untergebirgsstrecken und die Elbstollenflügel mit ihren Aufschlüssen des paläobotanisch interessanten Hangenden vom 3. Flöz waren für das Sammeln von Fossilien längst nicht mehr geeignet. Sterzel konnte sich daher nur auf wenig umfassendes Material stützen. Ein besonderer Wert seiner

Arbeit besteht im gründlichen floristischen Vergleich mit allen anderen mittel- und westeuropäischen Rotliegendbecken. Diese Passagen sind oft viel länger als die Darstellung der Döhlener Florenfunde. Bei diesen fallen seine eigenen Bestimmungen durch eine sehr differenzierte taxonomische Untergliederung der Florenelemente auf (am stärksten bei den Calamitenachsen). Auch neue Arten, auf sehr wenige und nur in kleinen Fragmenten erhaltene Funde begründet, erstaunen den heutigen Leser. Kaum eine dieser neuen Arten Sterzels in seiner Flora hält heute einer taxonomischen Revision stand. Die Florenliste ist aus meiner Sicht viel zu lang. Dabei darf man nicht vergessen, dass Sterzel die Flora im Auftrag der Sächsischen Geologischen Landesuntersuchung schrieb und für die geologische Spezialkartierung des Landes vor allem stratigraphisch brauchbare Daten liefern sollte; paläobiologische Überlegungen waren daher hier wohl weniger gefragt und damals in der Paläobotanik auch noch nicht gereift. Sterzels Originale von 1893 sind in den Sammlungen Dresden, Freiberg, Chemnitz und Halle fast vollständig und sorgfältig beschriftet erhalten. Im Berliner Naturkundemuseum hat Sterzel Döhlener Material aus den Sammlungen Cotta und Schlotheim gesehen und etikettiert, aber nicht dargestellt; auch erscheint es nicht bei seinen Fundortnachweisen der einzelnen Florenelemente.



Abb. 9. *Calamites gigas*, Briesnitz-Becken, 5. Lichtloch des Tiefen Elbstollns. Original und Etikett von Gutbier (1849), MMG Dresden, SaP 4380. Maßstab = 2 cm.

Fig. 9. *Calamites gigas* from „Tiefen Elbstolln“, the first argument for sediments with a Rotliegend age in this Briesnitz basin (Gutbier 1843, 1849). Scale bar = 2 cm.

Über 60 Jahre nach Sterzels Monographie (1893) gab es aus dem gesamten Döhlener Becken paläobotanisch nichts Neues in der Literatur. Auch in den Lehr- und Sachbüchern dieser Zeit spielten Pflanzen aus der Döhlen-Formation keine Rolle. Es fehlten größere instruktive Pflanzenfossilien für Abbildungen von allgemeinwissenschaftlichem Interesse, und es kamen kaum neue Funde hinzu.

Die neue und letzte Phase der paläobotanischen Forschung begann 1956 unter relativ günstigen Bedingungen in den Steinkohlengruben. Zwei Studenten kamen in ihren, von den Universitäten Freiberg und Halle vergebene Diplomarbeiten mit unterschiedlichen Methoden zu den gleichen Erkenntnissen über pflanzenführende Horizonte im Bereich der unteren Flöze (Barthel 1958, Reichel 1957, 1966, 1970). Diese geringmächtigen, sehr hellen pyroklastischen Horizonte hier meist als



Abb. 10. *Botryopteris sterzeli*, Original zur Briefmarke, Lette 1, 5. Flöz, Gittersee. MfN Berlin PB 1981-74, leg. R. Hoch. Maßstab = 1 cm.

Fig. 10. *Botryopteris sterzeli*, 5th seam, original of the stamp. Scale bar = 1 cm.

Abb. 10a. DDR-Briefmarke, aus Serie *Fossilien des Museums für Naturkunde Berlin*, 1973.

Fig. 10a. GDR stamp, series 1973, with specimens kept in the Museum of Natural History Berlin.

Tonsteine¹ oder Letten bezeichnet, eigneten sich feinstratigraphisch als Leithorizonte in der geologischen Praxis. Zugleich waren sie Quelle für die neuen reichen Fossilfunde bis zum Ende des Bergbaus 1989. Es war nun möglich, durch den Einsatz des Grubengeologen Dr. Wolfgang Reichel und seiner Kollektoren sowie des Dipl.-Bergingenieurs Thilo Thümmel und anderer Bergleute Material horizontalisiert zu bergen und auch manch älteres Sammlungsmaterial den einzelnen Fundschichten zuzuordnen. Diese Sammel- und Beobachtungsarbeiten untertage waren allerdings durch Restriktionen des Uranbergbaubetriebes SDAG Wismut ab 1968 sehr erschwert und für die Mitarbeiter des Betriebes auch persönlich riskant. Manche Pflanzenfossilien gelangten nur auf wundersame Weise aus der Grube. Das Museum für Mineralogie und Geologie in Dresden half mit

¹ Der traditionelle Bergbaubegriff „Tonstein“ wird in dieser Arbeit verwendet, wohl wissend, dass im Einzelfall eine petrologische Prüfung der Genese des Gesteins erforderlich ist (siehe auch Kapitel 5).



Abb. 11. *Scoleopteris elegans* Zenker, Geröll in Bannewitz-Formation, leg. Pötzsch im 18. Jahrhundert. Lectotyp, Universität Göttingen, Sammlung und Etikett Blumenbach. GZG.HST.=.237. Original zu Blumenbach (1816) Taf. I. Maßstab = 3 mm.

Fig. 11. Lectotype of *Scoleopteris elegans* Zenker, Blumenbach collection and his label, 1816. Scale bar = 3 mm.

einer flexiblen Sammlungspolitik seines Direktors Hans Prescher, viele Funde der Bergleute für die Wissenschaft zu sichern. Leider bekam ich von der Wismut keine Befahrungsgenehmigung und konnte daher seit 1968 weder selbst beobachten noch Material gewinnen. Dadurch ist mir die Darstellung einiger Fundschichten und besonders der Wurzelböden nur eingeschränkt möglich.

Die wissenschaftliche Neubearbeitung ging damals dennoch schrittweise voran, und auch die Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeit mit Döhlener Pflanzenfossilien ruhte in diesen Jahren nicht: Die DDR-Briefmarke mit *Botryopteris*-Fiedern vom 5. Flöz erschien 1973 (Abb. 10a), und mit der sehr erfolgreichen Wanderausstellung des Museums für Mineralogie und Geologie „350 Millionen Jahre Wald“ reisten auch Döhlener Pflanzenfossilien 1986–1992 durch Mitteleuropa.

Die ersten neuen fachlichen Erkenntnisse betrafen disperse Kutikulen von Cordaiten und eines *Dicranophyllum* (Barthel 1962a). Dann gelang es, mit Hilfe von sammelnden Bergleuten, den Zusammenhang von *Pecopteris-feminaeformis*-Fiedern mit fertilen *Schizostachys*-Wedeln und einer Wuchsform von spreizklimmenden Coenopteridales nachzuweisen (Barthel 1968). Schließlich erschien nach mehreren kleineren Vorstudien 1976 die „Rotliegendflora Sachsens“ (1976a), in der die Fossilfunde aus der Döhlen-Formation eine dominierende Rolle spielen. Danach folgten 30 Jahre, in denen fleißig weiter gesammelt, Beobachtungen gesichert und Teilergebnisse veröffentlicht wurden. Es entstanden weitere paläobotanische Privatsammlungen mit spektakulären Funden, und im Museum für Mineralogie und Geologie Dresden wuchs die Döhlen-Sammlung zur heutigen Größe. Die wichtigsten Erkenntnisse in taphonomischer Sicht und bei einigen Florenelementen sind bei Schnei-

der & Barthel (1997), Reichel et al. (1998) und Rößler & Barthel (1998) dokumentiert. Der vorläufige Abschluss dieser Arbeiten war eine revidierte Florenliste in der hervorragenden Bergbaumonographie „Das Döhlener Becken bei Dresden“ (Reichel & Schauer 2006). Darin sind auch Florenelemente und Fundschichten der beiden jüngeren Formationen des Döhlener Beckens beschrieben, die der Niederhäslich- und Bannewitz-Formation. Deren Sammlungs- und Forschungsgeschichten sind sehr unterschiedlich: Aus der Niederhäslich-Formation wurden zwar durch Gutbier (1849) schon einige Funde publiziert, aber erst nach 1962, mit einer Grabung im Schweinsdorfer Flöz auf dem Gelände des Edelstahlwerkes Freital, wurde eine artenreiche Flora entdeckt (Reichel & Barthel 1964). Die verkieselte „Madenstein“-Flora in der Bannewitz-Formation gehört dagegen schon zur Vorgeschichte und zum Beginn der wissenschaftlichen Paläobotanik. Hier hat der Generotypus der weltweit verbreiteten Gattung *Scoleopteris* Zenker 1838 seine Typuslokalität, und sogar der früheste Fund von 1760 ist in der Blumenbach-Sammlung der Universität Göttingen noch vorhanden (Abb. 11). Von der Entdeckung der Madensteine Ende des 18. Jahrhunderts durch F. E. von Liebenroth (1798), Tauber (1799) und Ch. G. Pötzsch (1803), über die wissenschaftliche Erstbeschreibung der Gattung *Scoleopteris* durch Zenker (1838) und deren Revision durch Strasburger (1874), über die Neufunde um 1890 bei der geologischen Landeskartierung Sachsens bis zur Wiederentdeckung durch G. Müller 1985, den systematischen Aufsammlungen durch H.-J. Weiß ab 1992 und den ersten Neubearbeitungen (Barthel et al. 1995) erstreckt sich eine fast abenteuerliche Geschichte (Barthel 2002). Hoffentlich wird sie eines Tages fortgeschrieben.

3. Material und Methoden

Abb. 12–23, 38

Die Pflanzenfossilien der Döhlen-Formation sind überwiegend inkohlt erhalten – die organische Substanz der lebenden Rotliegendpflanzen ist zu Steinkohle umgewandelt. In den meisten Fundschichten sind diese kohligten Reste noch mehr oder weniger räumlich erhalten – eine Folge ihrer raschen Einbettung in fein- bis mittelkörnige Aschen eines explosiven sauren Vulkanismus (Röbber & Barthel 1998). Das wird besonders bei fertilen Organen (Sporangien, Samenanlagen) und auch bei Spross- und Fiederachsen sowie Wurzeln deutlich (Abb. 12). Stellenweise sind hier sogar die Leitbündel der Achsen durch kohlige Linien markiert (Abb. 13). Selbst feinste Oberflächenhaare stecken räumlich unverändert im Tuffgestein (Abb. 14) – ein Zeichen für kalten und heftigen Aschenfall (air fall). Auch Zellstrukturen der Wurzel-, Achsen- und Blattoberflächen sind in einigen Fällen ohne Präparation sichtbar (Abb. 15). Eine weitere Besonderheit ist die Erhaltung junger und unreifer Pflanzenorgane, wie Sprossspitzen und eingerollte Farnwedel (Abb. 16). In ähnlicher Form kennen wir solche Erhaltungen von Pflanzenfossilien in hellen Tuffen auch aus dem Oberkarbon der „Schleifsteine“ des mittelböhmisches Radnice-Beckens (Opluštil et al. 2009, 2014), aus dem Becken von Puertollano in Spanien (Wagner 1989) und auch aus dem Karbon-Perm-Grenzbereich der Inneren Mongolei Chinas (Wang et al. 2012).

Schwierig bei diesem Erhaltungszustand ist das mechanische Freilegen größerer Wedel- oder Zweigflächen, weil die ungeschichteten Tonsteine splittig brechen und nur bedingt spaltbar sind. Block- oder scheibenförmiges Zerschneiden des fossilführenden Gesteins ist in vielen Fällen notwendig (Abb. 17). Für Achsen und fertile Organe sind Anschleifen und danach vorsichtiges Freiätzen der kohligten Reste durch Flußsäure wichtige Präparationsmethoden (Abb. 18). Völlig aus dem Gestein gelöste Farn-Sori und einzelne Sporangien sind dauerhaft nur in Flüssigkeiten (Glyzerin) aufzubewahren; auch das Einschließen in Polyesterharz gelingt manchmal (Abb. 12).

Die Erhaltung der Pflanzenfossilien in hellen Tonsteinen der Döhlen-Formation ist eine wissenschaftlich wertvolle Besonderheit, weil sie eine Brücke zur mineralisierten Strukturhaltung bildet. Das wirkt sich besonders bei den direkten Vergleichen innerhalb des Döhlener Beckens aus, wo die meisten Pflanzenreste in der Bannewitz-Formation zwar verkieselt, aber nicht oder nur teilweise strukturerhalten sind.

Große aufrechtstehende Stämme sind in der Döhlen-Formation meist als Marksteinkerne mit Kohlenmantel erhalten (Abb. 19). Hier kann man manchmal Strukturen des Holzzylinders im Anschliff erkennen, allerdings meist ohne anatomische Details (Abb. 20). Berühmt und rätselhaft sind die *Calamites petzholdtii* genannten *Calamitea*- und *Calamites*-sp.-Querschnitte mit deutlichem Sekundärxylemgewebe und regelmäßig angeordneten

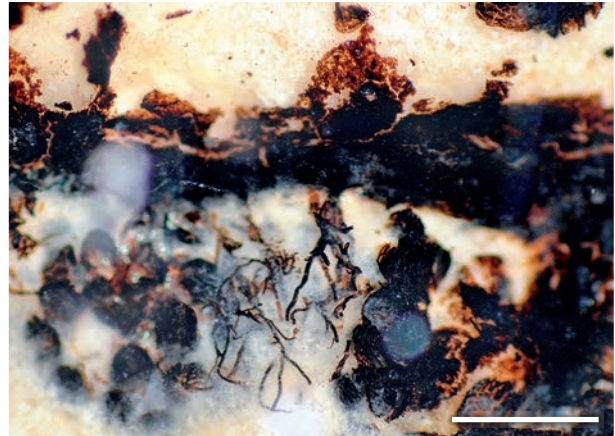


Abb. 12. *Senftenbergia saxonica*, fertiles Fiederchen, Gießharz Präparat. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. MfN Berlin, PB 2011/1245. Maßstab = 1 mm.

Fig. 12. *Senftenbergia saxonica*; fertile, cast in synthetic resin. 3rd seam. Scale bar = 1 mm.



Abb. 13. *Sphenophyllum* sp. Achse mit ansitzendem Blättchen. Räumlich kombinierte Erhaltung. 2. Flöz Hangendes, Sonderfazies im Aufhaun 195 Gittersee. MfN Berlin, PB 2004/906. Maßstab = 0,2 mm.

Fig. 13. *Sphenophyllum* sp., a twig in three-dimensional preservation. 2nd seam. Scale bar = 0.2 mm.

kreisförmigen Unterbrechungen des Holzmantels. Klare Zellstrukturen sind aber auch hier meist nicht zu erkennen. Auch Cordaitenstämme können ähnlich erhalten sein. Bei *Psaronius*-Stämmen sind auf Querschnitten stammeigene und Blattspurbündel sowie Luftwurzeln kohlig markiert.

Der normale Inkohlungsgrad der Döhlener Kohlen liegt bei ca. 30 % flüchtigen Bestandteilen, entspricht also den Gasflamm- bis Gaskohlen des Ruhrgebietes (Christoph 1965). Die kohlige Substanz und die Kutikulen der Blattreste liegen im Normalfall nur auf der Liegendplatte der Spaltfläche – die Hangendplatte ist nur leicht gefärbt (Abb. 21). Es gibt aber deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Grubenfeldern, die sich bei der Mazeration im Labor, früher aber auch in den Grubenwettern auswirkten: Methan und damit Schlagwettergefahr kannte man nur in den östlichen Re-

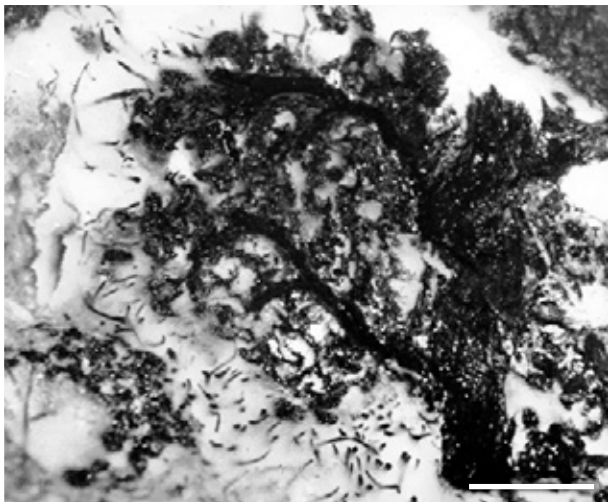


Abb. 14. *Senftenbergia saxonica*, Haare, durch Flusssäure freigeätzt. Bannewitz, 3. Flöz. Sammlung Thümmel, TH V 14. Maßstab = 2 mm.

Fig. 14. Fertile, very hairy pinnule of *Senftenbergia saxonica* Prepared by dissolving the mineral matter with HF. 3rd seam. Scale bar = 2 mm.



Abb. 15. *Calamitea striata*, unterirdische Achse, Oberflächenstruktur des Sekundärxylems. Blumengebirge, Gittersee. MMG Dresden, SaP 1413. Maßstab = 0,5 mm.

Fig. 15. *Calamitea striata*, subterranean trunk with a root scar and surface structure of the secondary xylem. Sale bar = 0.5 mm.

vieren des Beckens mit uranhaltigen Kohlen (Reichel & Schauer 2005). Hier ist also der Inkohlungssprung (oil dead line) erreicht und damit die Grenze der Exiniterhaltung. Das wirkt sich beim Mazerieren aus: Proben aus der Fundschicht über dem uranerzhaltigen 3. Flöz im Baufeld Bannewitz zeigen oft stark korrodierte Blattkutikulen, die bei Alkalibehandlung in winzige Fragmente zerfallen. Die Abhängigkeit des Inkohlungsgrades von feindispersen Uranmineralen ist auch im Makrobereich bei Kohlen nachgewiesen, und kann dort, im Bereich eines radioaktiven „Hofes“ bis zum Anthrazitstadium reichen (Künstner 1974). Höhere Inkohlung und beginnenden Zerfall der Exinite erkennt man auch beim Spalten von Compressions: Die kohlige Substanz der Blattreste ist dann nicht mehr ausschließlich auf der Liegendseite der Spaltfläche erhalten – auch der „Gegendruck“ ist kohlig (Abb. 38).

Mazerationen der Blattkutikulen von Gymnospermen und Sporen der Farne und Artikulaten in situ sind in vielen anderen Fällen erfolgreich, aber es gibt auch durch andere Faktoren bedingte Unterschiede des Untersuchungsmaterials. Besonders der Karbonatgehalt des Gesteins wirkt durch die Rekristallisation der Calcite zerstörend auf die Exinite. Dies ist besonders in der Lette 1 über dem 5. Flöz im Baufeld Gittersee zu beobachten, wo auch die Hangendseite der Spaltfläche kräftig kohlig erhalten ist (Abb. 38) und Mazerationen von Blattkutikulen nur selten gelingen. Ähnliches gilt auch für die Wirkung sulfidischer Erzkristalle. Kutikulen sind meist empfindlicher als Sporen gegen solche Beeinflussungen. Die häufigsten Zerstörungen des Kutins bzw. des Sporopollenins sind aber syngenetisch auf Bakterien und Pilze zurückzuführen, und schließlich sind die primären Unterschiede der Kutikulen entscheidend für das Gelingen von Präparaten. Die einzelnen Arbeitsschritte beim Maze-

rieren der Blattkutikulen haben Kerp (1990) und Krings (1997) detailliert beschrieben. Die Präparation der Sporen aus den fertilen Organen der Farne und Artikulaten gelingt ähnlich. Ich habe nach der Isolierung der kohligen Reste mittels Flusssäure meist konzentriertes Schulzisches Gemisch ($\text{HNO}_3 + \text{KClO}_3$) und Ammoniumhydroxid verwendet. Das durch warme Bohrlochwässer schon gequollene Tongestein aus dem 5. Flöz („Pyritlette“) ließ sich bereits mit Wasserstoffperoxid ausschlämmen. Die Laboraufbereitung der durch W. Reichel geborgenen Sediment- und Kohlenproben für die erhofften palynologischen Untersuchungen erbrachte überwiegend eine sehr gute Erhaltung der dispersen Sporomorphen (mündliche Mitteilung H. Döring). Dies ist auch aus meinen Präparaten der Sporen in situ abzuleiten. Hier liegen die Schwierigkeiten bei der Gewinnung vergleichbarer Objekte vor allem im Reifegrad der Sporangien: im unreifen Stadium kleben die Sporen oft zusammen und lassen sich mechanisch kaum trennen – im vollreifen Stadium sind die Sporangien oft schon leer (Abb. 22). Insgesamt sind die Mazerationsverfahren bei den Pflanzenresten der Döhlen-Formation meist gut möglich.

Ein Phänomen bei den kohligen Erhaltungen bleibt hier aber vorerst rätselhaft – fossile Blätter und Sporen, die schon vor der Mazeration im Labor, also im bergfrischen Zustand, bräunlich gefärbt sind. Sie können nach der Auflösung des Gesteins mittels Flusssäure ohne weitere Präparation direkt in Durchlichtpräparaten untersucht werden. Das gilt besonders für *Botryopteris*- und *Sphenophyllum*-Organe aus dem „Blumengebirge“ im Aufhaun 195 (Abb. 23). Eine Naturmazeration, also langfristig wirkende oxidierende Einflüsse der Luft oder sulfatischer Lösungen aus zerfallenden sulfidischen Erzen können hier ausgeschlossen werden, denn das Material wurde bergfrisch aus einer bergmännischen Auf-



Abb. 16. *Scoleopteris oreopteridia*, juveniler Wedel. 3. Flöz Hangendes, Gittersee. MMG Dresden, SaP 1258. Scale bar = 5 cm.

Fig. 16. Immature frond of *Scoleopteris oreopteridia*. 3rd seam. Scale bar = 5 cm.

fahrung entnommen, und die sulfidischen Mineralien im umgebenden Gestein sind intakt.

Neben den dispersen Sporen können aus einigen Fundschichten der Döhlen-Formation, besonders aus der „Pyritlette“ und der Hangendgrenze des „Blähtons“ auch Pflanzenhäcksel durch Gesteinsauflösung und Mazeration präparativ gewonnen werden. Diese Bulk-Mazerationen bringen für die Durchlichtmikroskopie zahlreiche Kutikulen von Blättern und Samenanlagen und Reste von Holzgeweben. Auch Sporangien und Syngangien von Farnen sind durch Aufbereitung des Gesteins oft massenhaft in körperlicher Erhaltung zu gewinnen (Abb. 18). Deren Zusammenhänge mit bestimmten Mutterpflanzen sind zwar oft nicht zu rekonstruieren, aber das Verfahren liefert wichtige Informationen auch über Florenelemente an Standorten außerhalb der Sedimentationsräume. Besonders erfolgreich war diese Bulk-Mazeration im Schweinsdorfer Flöz der Niederhäslich-Formation, wo zusammen mit dispersen Kutikulen auch Chitin-Integumente von Arthropoden präpariert und beobachtet werden konnten (Reichel & Barthel 1964, Barthel 1964).



Abb. 17. *Botryopteris sterzelii*. scheibenweise mechanische Präparation einer Achse., 2. Flöz, Sonderfazies Aufhaun 195, Gittersee. MfN Berlin, PB 2014/470.

Fig. 17. *Botryopteris sterzelii* serial sections of stem. 2nd seam.

Leider ist die zeitliche Haltbarkeit vieler Durchlichtpräparate wegen des Austrocknens der Glyzeringelatine trotz rechtzeitiger Umrandung der Deckgläser beschränkt und bedarf regelmäßiger Umbettung.

Eine unangenehme Eigenschaft der meisten Döhleiner Pflanzenfunde ist ihr rascher Zerfall auf den Halden – eine Folge des dispersen Sulfidgehaltes und quellfähiger Tonminerale der Tonsteine (Abb. 22). Schon Gutbier (1843) bedauerte: „... dass endlich im Plauenschen Grund die Gesteine vielfach der Verwitterung unterliegen, oft endlich in den Sammlungen selbst zerfallen.“ Am stärksten gefährdet sind Funde auf bituminös-kohligen Tongesteinen, den alten „Brandschiefern“; auch die hellen Pyroklastite zerfallen rasch. Daher sind fast alle alten und neuen Pflanzenfossilien untertage geborgen oder aus frischen Haldenschüttungen gesammelt worden. Eine Ausnahme bilden fusitisch-silifizierte Achsen, die längere Zeit auf Halden der Verwitterung standhalten. Diese zeigen oft in Anschliffen mäßig erhaltene Gewebestrukturen, die zwar grobe Bestimmungen, nicht aber detaillierte anatomische Studien erlauben. Wir kennen sie vor allem von den Calamitenachsen aus der Sammlung H. Cotta und von älteren Halden des Windberg- und Segen-Gottes-Schachtes.

Es gibt noch weitere und sehr überraschende Ausnahmen: Erst im Dezember 2013 fanden Sammler der Fachgruppe Mineralogie und Paläontologie Dresden im Haufwerk der teilweise abgetragenen Halde des Carola-Schachtes (1872–1957) bestimmbare Pflanzenfossilien



Abb. 18. *Scoleopteris oreopteridia*, Synangien und Sporangien, als Trocken-Bulk isoliert, 5. Flöz, Lette 1, Gittersee. MfN Berlin, PB 2014/469. Maßstab = 5 mm

Fig. 18. *Scoleopteris oreopteridia*, bulk-macerated synangia and sporangia. 5th seam. Scale bar = 5 mm.



Abb. 19. *Calamites multiramis*, anstehend im „Blähton“ über dem 5. Flöz, Baufeld Gittersee, Querschlag VI. Maßstab = 5 cm.

Fig. 19. *Calamites multiramis* in upright position. 5th seam. Scale bar = 5 cm.

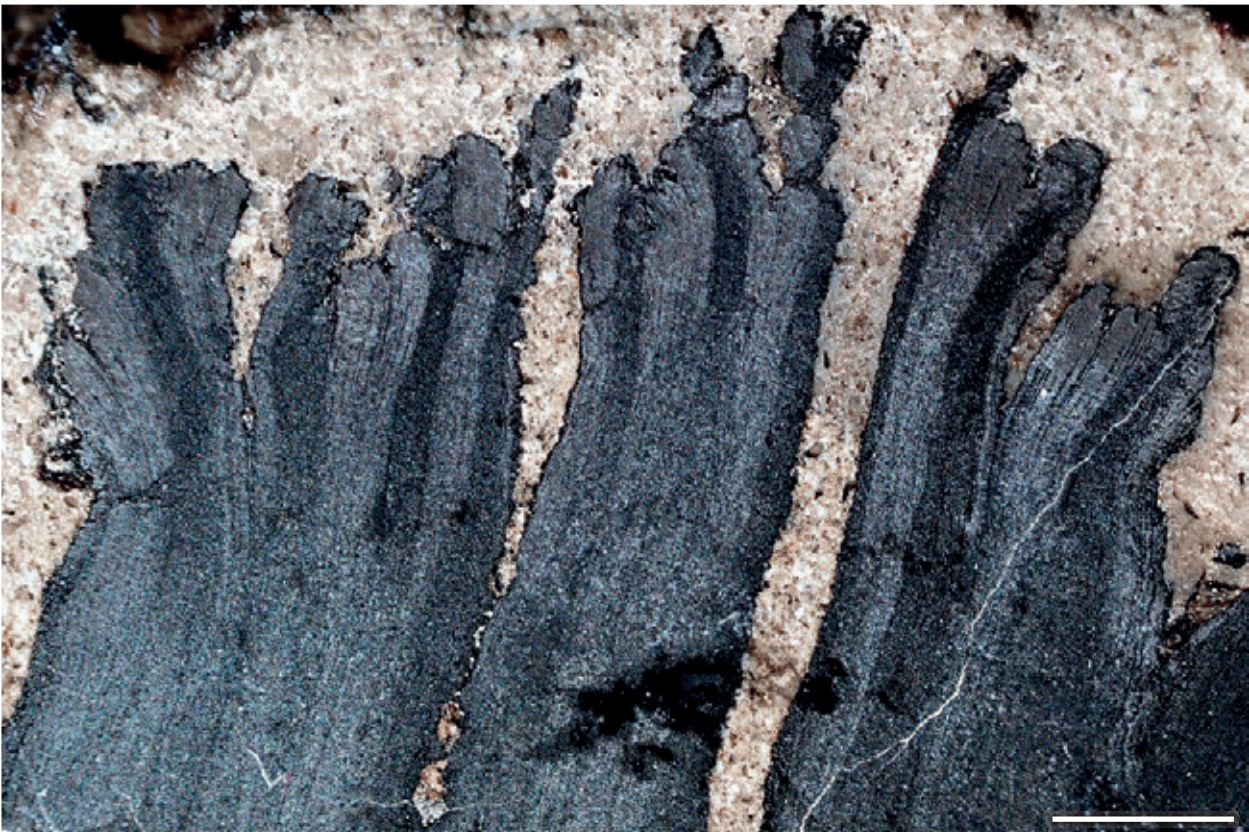


Abb. 20. *Calamitea striata*, Anschliff quer, leg. Petzholdt, MfN Berlin, PB 2006/56. Maßstab = 2 mm.

Fig. 20. Cross section of *Calamitea striata*. Scale bar = 2 mm.



Abb. 21. Cordaiten-Blätter in typischer Erhaltung der Döhlen-Formation: kohlige Substanz mit Kutikulen der Blattober- und -unterseite auf der Liegendplatte (links), die nur schwach kohlig gefärbte Hangendplatte ohne Kutikulen (rechts). 3. Flöz Hangendes, Gittersee. Sammlung Hertl, H 2/H 13. Maßstab = 5 cm.

Fig. 21. Cordaite leaves— part and counterpart in different preservation. typical for normally coalificated leaves in Döhlen Formation. 3rd seam. Scale bar = 5 cm.

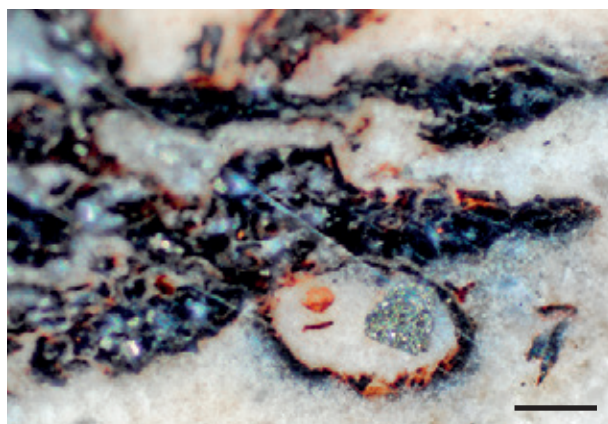


Abb. 22. *Botryopteris sterzelii*, Sporangium mit Spore in situ und Pyrit, Anschliff. 2. Flöz Hangendes, Sonderfazies Aufhaun 195, Gittersee. MfN Berlin, PB 2012/167. Maßstab = 50 µm.

Fig. 22. Sporangium of *Botryopteris sterzelii* with a spore and pyrite. 2nd seam. Scale bar = 50 µm.

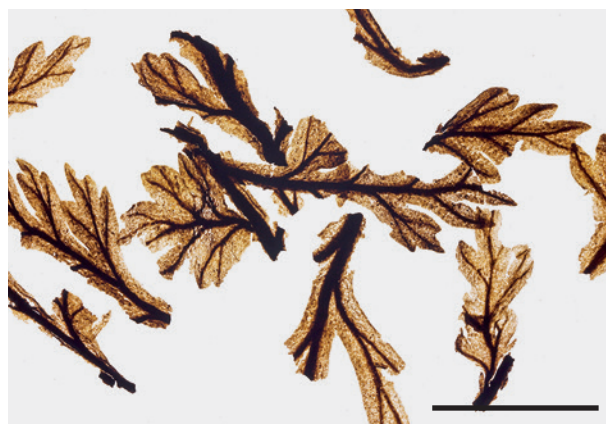


Abb. 23. *Botryopteris sterzelii*. Sterile Fiederchen, als Durchlichtpräparat mazeriert. 2. Flöz Hangendes, Sonderfazies Aufhaun 195, Gittersee. MfN Berlin, PB 2012/164. Maßstab = 5 mm.

Fig. 23. Macerated pinnules of *Botryopteris sterzelii*. 2nd seam. Scale bar = 5 mm.

in oxidierter Compression-Erhaltung. Wahrscheinlich war dieses Gestein durch eine undurchlässige Abdeckung vor Sickerwässern und Luftsauerstoff jahrzehntelang geschützt (Abb. 37).

Die kontrastreiche Schönheit der meisten Döhleiner Pflanzenfossilien ist nicht von Dauer, wenn man sie in der Sammlung nicht staubfrei aufbewahrt. Als Anfänger in

den 1950er Jahren wunderte ich mich über fast schwarze Stücke in einigen Sammlungen aus dem 19. Jahrhundert. Das war Ruß und anderer Staub! Die hellen Kristall- und Aschentuffe der meisten Fundschichten sind alle feinsporös und dunkeln ungeschützt rasch nach. Da sie meist auch empfindlich gegen Feuchtigkeit sind, ist beim Reinigen alter Funde Vorsicht geboten.

Fotografische Methoden: Die fotografische Dokumentation der meisten Döhlener Pflanzenfossilien bereitet keine größeren Schwierigkeiten, wenn man die von Kerp & Bomfleur (2011) mitgeteilten Regeln und Praktiken berücksichtigt. Das gilt vor allem für die morphologischen Merkmale größerer kohligter Pflanzenreste, deren Konturen auf den hellen Gesteinen fast überdeutlich wirken und auch für die klar sichtbare Nervatur zarter Blattspreiten. Wegen des sehr großen Kontrastumfangs ist es etwas schwieriger, die Nervatur dick-kohliger schwarzer Fiedern gleichzeitig mit deren Umrissen fotografisch darzustellen. Die größten fotografischen Anforderungen liegen – wie wohl überall – im makroskopischen Bereich, etwa zwischen 3 : 1 und 10 : 1. Hier sind aus meiner Erfahrung die schon historischen Lupenobjektive (Zeiss-Mikrotare, Leitz-Mikrosummare) im einfachen Strahlengang optisch den modernen Stereo-Auflichtmikroskopen mit ihren Varioobjektiven, Prismen und Projektiven im zusammengesetzten Strahlengang immer noch überlegen.

Die in dieser Arbeit fotografisch dargestellten Fossilien sind überwiegend mit einer NIKON D 5100 und einem 60-mm-Makroobjektiv oder mit 90- und 45-mm-Zeiss-Mikrotaren am Balgengerät bei diffusem Tages- oder Kunstlicht aufgenommen. Einige ältere analoge 6 × 6-Farbaufnahmen mit der Praktisix auf ORWO-Umkehrfilm wurden mit 1200 dpi eingescannt und konnten so im Bitmap-Format digital bearbeitet und verwendet werden. Die Mikrofotos sind digital an verschiedenen Forschungsmikroskopen aufgenommen, z. T. direkt mit der aufgesetzten NIKON 5100.

4. Elemente der Flora

4.1. Lycophyten

Subsigillaria brardii Brongniart

Abb. 24 a/b, 25

1976a „*Sigillaria (Subsigillaria) brardii* Brong.“ – Barthel: 85, Taf. 29, Fig. 12,13

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Der von Sterzel (1893) beschriebene Fund eines *Stigmaria-ficoides*-Rhizoms mit Wurzelnarben, angeblich aus dem Berger-Schacht in Hänichen – ist höchst dubios, denn eine Erhaltung in Toneisenstein ist aus der Döhlen-Formation früher nie beobachtet worden (Hausse 1892) und auch zuletzt im Bergbau allen Beobachtern unbekannt. Dagegen sind die Stammrindenfunde W. Reichels aus den tieferen Flözen eindeutige Nachweise dieser im Rotliegenden weit verbreiteten, aber sehr seltenen, baumförmigen Bärlappgewächse. Horst (1955) beobachtete in einer Kännel-Boghead-Kohle des 1. Flözes im Anschliff



Abb. 24 a/b. *Subsigillaria brardii*. 5. Flöz, Lette 7, Bannewitz. MMG Dresden, SaP 411. Maßstab = 1 cm.

Fig. 24 a/b. *Subsigillaria brardii*, 5th seam, Bannewitz mining area. Scale bar = 1 cm.

Sporen vom Habitus *Densosporites* und interpretierte sie als Sporen oberkarbonischer Lycophyten.

Vorkommen/Material: Je ein Fragment einer Rindenoberfläche zwischen 6. und 7. Flöz und der Lette 7 im 5. Flöz.

Beschreibung: Stammoberflächen mit dicht steil-spiralig angeordneten quadratisch-rhombischen Blattpolstern von 2,5–3 cm Breite und Höhe, mit rhombischen, aber apical und basal abgerundeten Blattnarben von ca. 1,5 cm Ø. Zentral in den Blattnarben eine undeutlich H-förmige Bündelnarbe von ca. 0,5 cm Größe (Abb. 24 a/b).

Kommentar: Die Vielgestaltigkeit der Stammoberfläche von *Subsigillaria brardii* konnte durch Lemoigne (1961) auf Wachstumsstadien und unterschiedliche Erhaltungen zurückgeführt werden.

Viele Forscher und Sammler haben sich früher bei ihren Arbeiten in Rotliegendbecken gewundert, keine Lepidophyten (Sigillarien) und vor allem keine Stigmarienwurzelnböden in der Nähe von Steinkohlenflözen zu finden. Der große Paläobotaniker H. Goepfert in Breslau hat das 1864/65 für das Innersudetische Becken treffend ausgedrückt: „So eifrig Reuss, Geinitz, Beinert, Schroll und ich selbst auch nach *Stigmaria* forschten, ist es mir doch endlich erst nach jahrelangen vergeblichen Bemühungen geglückt, ein paar Exemplare von *Stigmaria* darin zu entdecken, und ebenso verhält es sich mit *Sigillaria*.“ Im Chemnitz-Becken gelang der erste Nachweis nach einer fast 300-jährigen Sammeltätigkeit (Rößler 2007). Die Ursache liegt in den wenigen Reliktstandor-

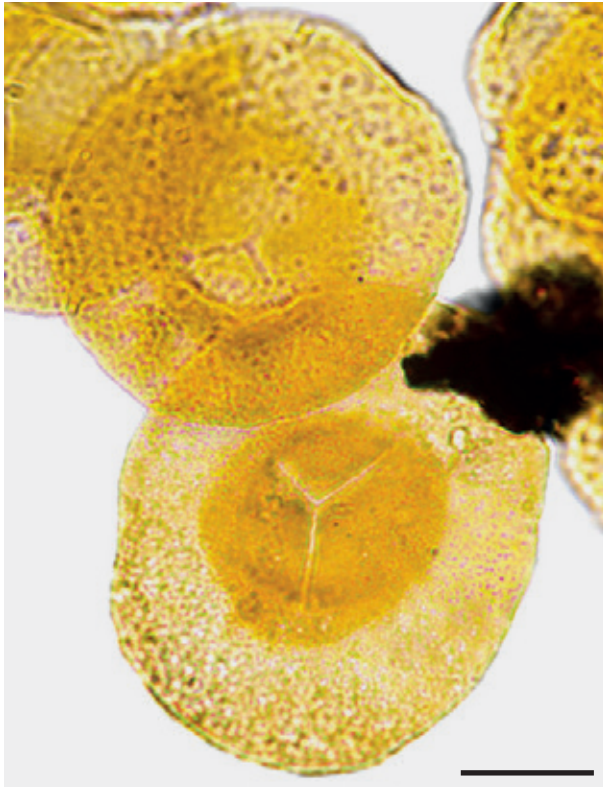


Abb. 25. *Cirratriradites* sp., disperse Sporen, Schweinsdorfer Flöz. MfN Berlin, Präp. XV/93. Maßstab = 20 µm.

Fig. 25. *Cirratriradites* sp, dispersed spores, Niederhäslich Formation, Schweinsdorf seam. Scale bar = 20 µm.

ten außerhalb der Moorwälder, die den baumförmigen Lepidophyten nach dem Oberkarbon noch geblieben sind. Im Thüringer-Wald-Becken ist das erdgeschichtlich gut zu verfolgen (Barthel 2009).

Dagegen sind die krautigen Lycopsiden mit *Selaginella* nicht nur im gesamten Oberkarbon, sondern auch im Perm und später weit verbreitet. Dies ist durch mehrere Compressions (Bek et al. 2001) und besonders durch disperse Makro- und Mikrosporen dokumentiert (Thomas 1997). Auch im Schweinsdorfer Flöz kommen trilete zonale Mikrosporen vom Typ *Cirratriradites* Wilson & Coe vor (Abb. 25).

4.2. Sphenophyllen

Sphenophyllum oblongifolium (Germar & Kaulfuss) Unger

Abb. 26–29

1855 „*Sphenophyllum oblongifolium*“ – Geinitz pro parte: 12, Taf. XX, Fig. 11–13

1893 „*Sphenophyllum oblongifolium* Germar“ – Sterzel: 104, Taf. X, Fig. 2, 2a–c

1976a „*Sphenophyllum oblongifolium* (Germ. & Kaulf.) Unger“ – Barthel pro parte: 57, Taf. 19, Fig. 1–8, 12–15; Taf. 21, Fig. 9; Taf. 24, Fig. 1–3

1982 „*Sphenophyllum oblongifolium* Germ. U. Kaulf.“ – Barthel in Haubold: 70, Abb. 39 b–f

1997 „*Sphenophyllum oblongifolium* (Germ. & Kaulf.) Unger., – Schneider & Barthel: 194, Taf. IV, Fig. 1, 2, 4–6

1997 „*Sphenophyllum oblongifolium* (Germar & Kaulfuss) Unger“ – Barthel: 119, Taf. III und IV, Fig. 1

2004 „*Sphenophyllum oblongifolium*“ – Barthel: Abb. 2, 8

2005 „*Sphenophyllum oblongifolium* (Germar & Kaulfuss 1831) Unger 1850“ – Kunzmann: Abb. S. 42/43

2006 „*Sphenophyllum oblongifolium* (Germar & Kaulfuss) Unger“ – Reichel & Schauer: 33, Abb. 2.2–12

2006 „*Sphenophyllum oblongifolium*“ – Barthel & Müller: 127/128, Abb. 8 a, b, c

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Diese Pflanze hat unserem Döhlener „Blumengebirge“ wahrscheinlich den Namen gegeben. Ihre dekorativen Blattwirtel, fest mit den schlanken Seitenzweigen verbunden, erinnerten die Bergleute an Blütenzweige. Besonders prächtige Exemplare aus der Sammlung H. Hertl schmückten 2005 die große „Blumengebirge“-Ausstellung des MMG im Dresdner Zwinger.

Schon Geinitz (1855) erkannte die Heterophyllie der Pflanze (Abb. 26) und die große Übereinstimmung der schmalen radiärsymmetrischen Achsenblätter mit denen des *Sphenophyllum angustifolium*. Zugleich hielt er an solch ähnlichen Achsen sitzende, peltate Sporophyllähren aus dem Augustsschacht für die fertilen *Sphenophyllum-oblongifolium*-Organe. Ich erkannte zwar zwei sehr unterschiedliche Sporophyllähren (Typ A und B), zog aber noch keine taxonomischen Konsequenzen (Barthel 1976a). Inzwischen haben viele Neufunde von fruktifizierenden Zweigen des Typs B (auch außerhalb des Döhlener Beckens) das Lebensbild von *Sphenophyllum oblongifolium* gefestigt, während die Sporophyllähren Typ A isoliert blieben. Sie werden hier als neue Art *Bowmanites haussei* beschrieben.

Vorkommen/Material: Besonders zahlreiche und gut erhaltene Funde, auch fruktifizierend, über dem 3. Flöz in Gittersee und aus dem Übertageaufschluss „Damms Delle“ in Burgk sowie aus einer Haldenschüttung in der Pesterwitzer Nebenmulde. Mit fast allen Organen in der Sonderfazies des „Blumengebirges“ (= 1. Weiße Lette) über dem 2. Flöz in Gittersee, Aufhaun 195 und weiteren Fundpunkten des „Blumengebirges“.

Beschreibung: Zweifach monopodial verzweigte, artikulate, heterophylle Sprosse mit radiärsymmetrisch beblätterten Hauptachsen, terminalen Sporophyllähren und plagiotropen, sterilen Seitenzweigen mit anisophyllen, dorsiventralen Blattwirteln (Abb. 26).

Hauptachsen bis 10 mm Ø, mit stark hervortretenden Längsrippen und verdickten Knoten, im Querschnitt mit triarchen Leitbündeln. Blätter gleichlang, je 6 an den Knoten, tief bifurcat mit einnervigen Gabelästen oder

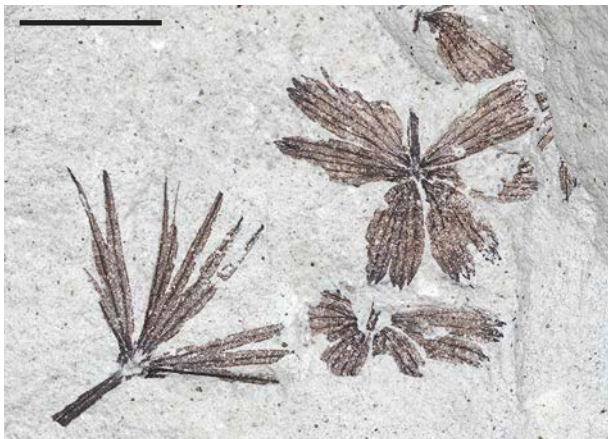


Abb. 26. *Sphenophyllum oblongifolium*, isopyller und anisopyller Blattwirtel. 3. Flöz Hangendes, Gittersee. MMG Dresden, SaP 3825. Maßstab = 1 cm.

Fig. 26. Leaf polymorphism of *Sphenophyllum oblongifolium*: Isophyllous and anisophyllous leaf whorls. 3rd seam. Scale bar = 1 cm.

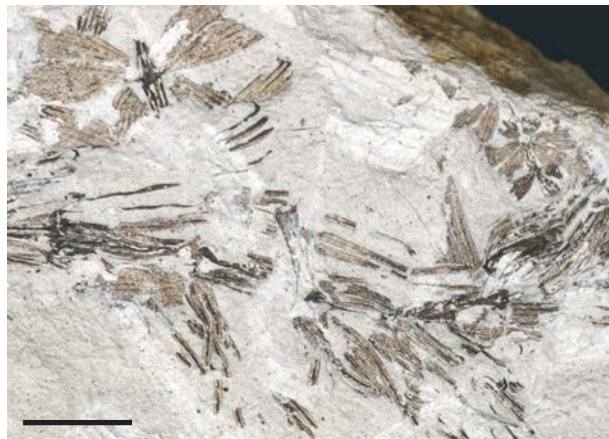


Abb. 27. *Sphenophyllum oblongifolium*, isophylle Sprossspitze und (links) anisophyller Seitenzweig. 3. Flöz Hangendes, Gittersee. MMG Dresden, SaP 4630. Maßstab = 1 cm.

Fig. 27. Isophyllous immature shoot of *Sphenophyllum oblongifolium*. Left: anisophyllous lateral branch of the „*Trizygia*“ type. 3rd seam. Scale bar = 1 cm.

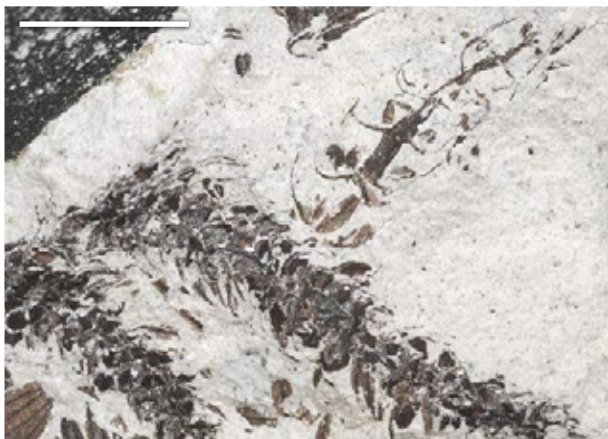


Abb. 28. *Sphenophyllum oblongifolium*, Sporophyllähren. 3. Flöz Hangendes, Gittersee. MMG Dresden, SaP 1327. Maßstab = 1 cm.

Fig. 28. Strobili of *Sphenophyllum oblongifolium*. 3rd seam, Gittersee mining area. Scale bar = 1 cm.

einfach lineal, bis 12 mm lang, ca. 1 mm breit (Abb. 27). Hierzu gehören sicher die isolierten Kletterhaken, die durch Bulk-Mazeration gewonnen wurden (Abb. 29 E).

Sterile Seitenzweige vom *Trizygia*-Typ mit dünnen, auch nochmals verzweigten Achsen, max. 1 mm Ø, und anisophyllen, schräg zur Achse orientierten Blattwirteln, die aus einem medianen, deutlich kürzeren, bis 12 mm langen Blattpaar und zwei lateralen, bis 17 mm langen Blattpaaren bestehen (Abb. 21). Alle Blättchen umgekehrt stumpf keilförmig, bis 6 mm breit, mit konvexem Außenrand und spitz gezähntem distalen Rand, median eingeschnitten. Nervatur basal einfach, dann mehrfach gegabelt, distal in den max. 10 Zähnen endend (Abb. 29 B). Epidermis aus langgestreckten Zellen, 120 µm lang und 20 µm breit, mit geraden bis schwach undulierten Antiklinalwänden bestehend (Abb. 29 D), Außenwände oft

dicht mit dunklen Kutikularverdickungen bedeckt (Abb. 29 C); Stomata wurden nicht beobachtet.

Sporophyllähren (Abb. 28) terminal an Haupt- und gipfnahen Seitenachsen, die radiärsymmetrisch wirtelig mit zwei- oder vierteiligen laciniaten Blättern besetzt sind, bis 8 cm lang, 1,0–1,5 cm Ø. Brakteen superponiert, frei, zweiteilig laciniat-spitz-keilförmig, bogig nach oben gerichtet und den nächsten Sporophyllwirtel erreichend oder kurz überragend, ca. 5 mm lang und basal 2,5 mm breit, marginaler Rand mit Stachelhaaren (bis 200 µm Länge) besetzt. Epidermis der Brakteen aus 100–150 µm langen und ca. 50 µm breiten polyedri-

→ **Abb. 29.** Tafel (A–J). *Sphenophyllum oblongifolium*, alles 2. Flöz, Sonderfazies Aufhaun 195, Gittersee. Maßstäbe: A–C, E–H = 1 mm; D = 0,3 mm; I, J = 20 µm.

A–C. Kutikulen von anisophyllen Blättern. MfN Berlin, PB 2012/425.

D. Epidermisstruktur eines anisophyllen Blattes. MfN Berlin, Präp. 53-21

E. Klimmhaken. MfN Berlin, PB 2014/475.

F/G. Brakteen. MfN Berlin, PB 2012/426.

H. Sporophor mit Sporangien. MMG Dresden, SaP 1327, Detail.

I/J. Sporen in situ. MfN Berlin, PB 2012/426.

→ **Fig. 29.** Plate (A–J). *Sphenophyllum oblongifolium*, 2nd seam. Scale bars: A–C, E–H = 1 mm; D = 0,3 mm; I, J = 20 µm.

A–C. Cuticles of anisophyllous leaves („*Trizygia*“ Type).

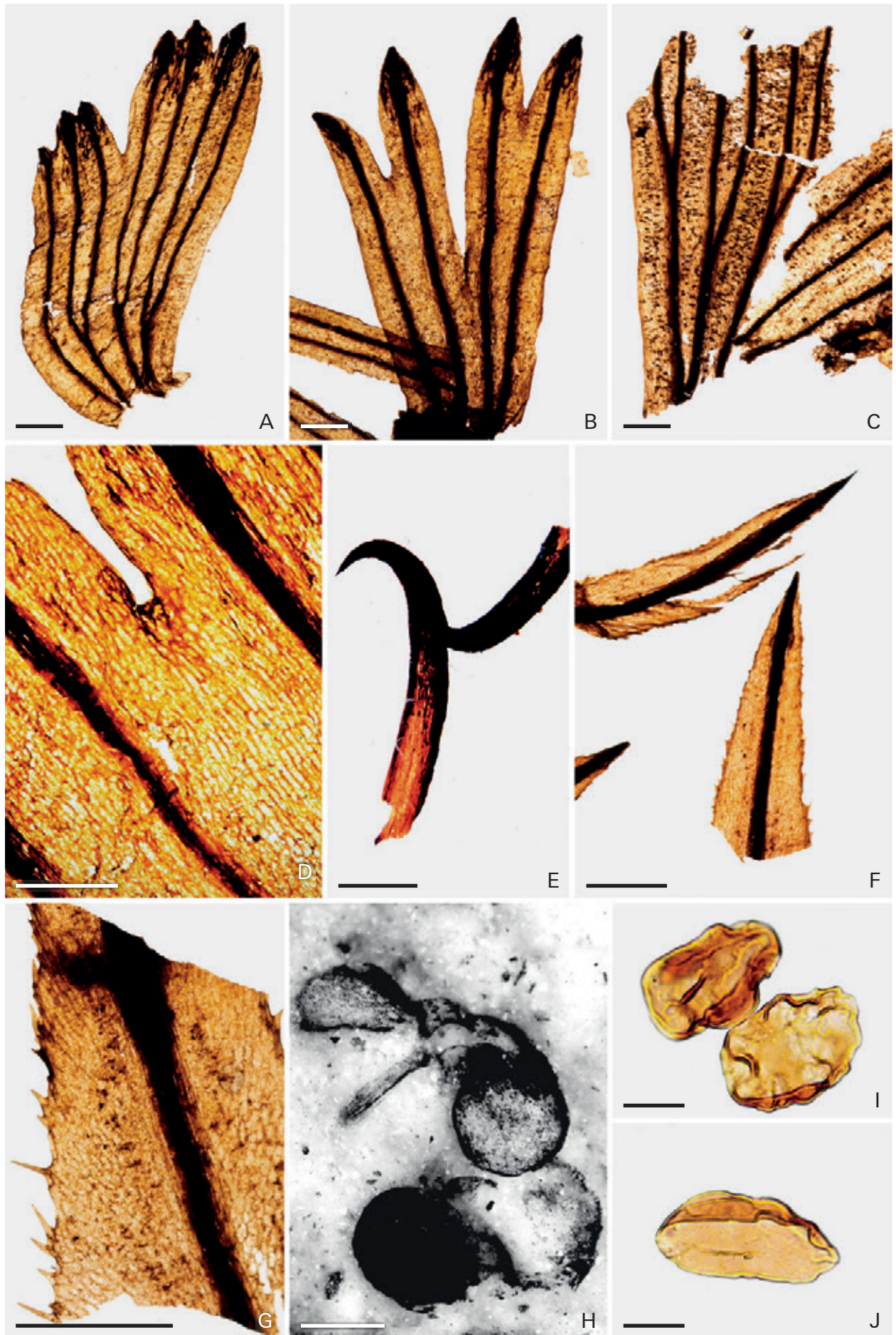
D. Epidermal structure of an anisophyllous („*Trizygia*“) leaflet.

E. Climber hooks.

F/G. Bracts.

H. Sporophore and sporangia.

I/J. In situ spores.



schen, nahe der Blattader leicht langgestreckten Zellen bestehend (Abb. 29 G). Keine Stomata. Sporangio-phore wahrscheinlich axiliär, stielförmig, ca. 1,5 mm lang, terminal je 2 eiförmige, bis 2 mm große Sporangien in anatroper Stellung tragend (Abb. 29 H). Sporen monolet, laevigat, 50–60 µm lang (Abb. 29 I, J).

Vergleiche und Kommentare: Die sterilen Seitenzweige von *Sphenophyllum oblongifolium* mit ihren dorsiventralen *Trizygia*-Blattwirteln sind im Döhlen-Becken, aber auch in anderen variszischen Becken unverwechselbar. Vereinzelt treten sie damit auch im Schweinsdorfer Flöz auf. Dagegen sind ihre Achsen mit radiärsymmetrischen *bifidum*- und *quadrifidum*-Wirteln nicht sicher von den Achsen von *Sphenophyllum angustifolium* und *Bowmanites haussei* in gleicher Position zu unterscheiden. Deshalb ist ihr Vorkommen in der Bannewitz-Formation unsicher.

Sphenophyllum oblongifolium ist im Stephanium und unteren Perm über viele Florengebiete weltweit verbreitet und in vielen Vorkommen eine der am bestbekannten paläophytischen Pflanzen. Ihre Wuchsform haben Galtier & Daviero (1999) an den reichen Funden aus dem Becken von Graissessac (Frankreich) untersucht. Sie stellten eine vier- bis fünffache, aber nicht hierarchische und nicht periodische Verzweigung der Achsen fest und deuteten hakenförmige lineare Gabelblättchen an kräftigen Achsen als Organe einer kletternden Wuchsform. Über freipräparierte trizygoide und isophylle Blättchen, Sporophylle und Kletterhaken aus der Döhlen-Fm. war ich zu ähnlichen Einsichten gelangt (Barthel 1997). Dabei konnten selbst bei relativ gut erhaltenen Epidermen keine Stomata nachgewiesen werden. Schon Abbott (1958) fand keine Stomata auf den Epidermen von *Sphenophyllum oblongifolium*. Solch ein astomatisches Merkmal ist bei anderen *Sphenophyllum*-Arten nicht beobachtet worden und selbst unter rezenten Landpflanzen nur bei der Isoetacee *Stylites andicola* Amstutz aus den Hochanden Perus bekannt (Keeley et al. 1984).

Die Sporophyllähren von *Sphenophyllum oblongifolium* waren schon Grand'Eury (1877), Zeiller (1888) und weiteren Autoren in großen Zügen bekannt. Zodrow & Gao (1991) und Barthel (1997) präzisierten und ergänzten diese Erkenntnisse um Brakteen und Sporangio-phore.

Sphenophyllum angustifolium Gernar

Abb. 30–32

2006 „*Sphenophyllum angustifolium* Gernar“ – Reichel & Schauer: 28, o. Abb.

Sammlungsgeschichte: Die Art wurde erst nach 1976 in der Döhlen-Formation gefunden, während sie im Schweinsdorfer Flöz schon früher gut bekannt war (Reichel & Barthel 1964).



Abb. 30. *Sphenophyllum angustifolium*, sterile Zweige. 5. Flöz, Lette 7, Bannewitz. MMG Dresden, SaP 448. Maßstab = 1 cm.

Fig. 30. *Sphenophyllum angustifolium*, sterile branches with isophyllous leaflets. 5th seam, Bannewitz mining area. Scale bar = 1 cm.

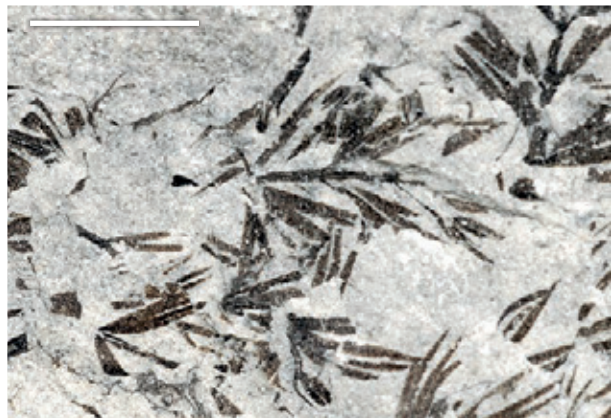


Abb. 31. *Sphenophyllum angustifolium*, sterile Zweige, 5. Flöz, Lette 7, Bannewitz. MMG Dresden, SaP 455. Maßstab = 1 cm.

Fig. 31. Sterile branches of *Sphenophyllum angustifolium* with isophyllous leaflets. 5th seam. Scale bar = 1 cm.

Vorkommen/Material: In Lette 7 des 5. Flözes im Bau-feld Bannewitz mit wenigen sterilen und fertilen Zweigen. Ein einzelner Fund in Lette 1 des 5. Flözes.

Beschreibung: Schlanke, artikulate Achsen, monopodial ein- bis zweifach verzweigt, mit nur wenig verdickten Knoten. Hauptachsen ca. 3 mm stark, Zweige letzter Ordnung sehr dünn, max. 1 mm stark. 6 Blätter quirlförmig und superponiert an den Knoten, aber meist nur zwei davon sichtbar, umgekehrt spitz-keilförmig, max. 9 mm lang, meist viel kürzer, distal bis 3 mm breit und tief in 2 oder 4 Zähne gespalten. Nervatur ein- oder zweimal dichotom gegabelt und distal in die Zahnspitzen laufend, wenig markant (Abb. 30, 31).

Fertile Organe (*Bowmanites*) ährenförmig, bis 50 mm lang und 6 mm Ø, terminal an Seitenzweigen stehend. Ähren artikulat mit dicht aufeinander folgenden, superponierten Brakteenquirlen, die bis zur Hälfte ihrer Länge

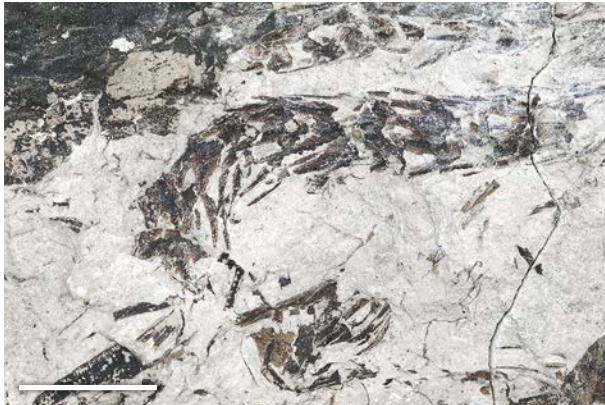


Abb. 32. *Sphenophyllum angustifolium*, Sporophyllähren (*Bowmanites*). 5. Flöz, Lette 7, Bannewitz. MMG Dresden, SaP 453. Maßstab = 1 cm

Fig. 32. Strobili of *Sphenophyllum angustifolium* (*Bowmanites*), 5th seam, Bannewitz area. Scale bar = 1 cm.

lateral manschettenförmig verwachsen sind und in linealen, distal spitzen einnervigen freien Zähnen von 2–3 mm Länge enden (Abb. 32). Weitere Merkmale dieser fertilen Ähren sind bei den Funden aus der Lette 7 nicht zu erkennen.

Kommentare: Die Pflanze ist im Schweinsdorfer Flöz viel häufiger und besser erhalten. Dort kann man deutlich sehen, wie unterschiedlich die Blattquirle an den sterilen und fertilen Zweigen und auch an den Hauptachsen sind. Nur an sterilen Zweigen sind sie schwach anisophyll: ein mittleres Blattpaar ist kürzer als die übrigen zwei. Die Mazeration ihrer Sporophyllähren ergab glatte monoletale Isosporen vom Typ *Laevigatosporites* (Barthel 1967). In Manebach (Thüringer Wald) sind nicht nur die sterilen Sprosse, sondern auch die fertilen Ähren häufiger und besser erhalten. Man erkennt dort Brakteenachselständige Sporangiochore mit je zwei Sporangien (Barthel 2003). Ähnlich gut erhalten sind auch die Funde aus Germars Typuslokalität Wettin. Problematisch ist die Bestimmung von *Sphenophyllum angustifolium*, wenn die fertilen Ähren und sterilen Seitenzweigen fehlen. Dann sind die tief gespaltenen, sehr schmalen, radiärsymmetrischen Blattwirtel von *Sphenophyllum oblongifolium* und *Bowmanites haussei* kaum von ihr zu unterscheiden.

***Bowmanites haussei* nov. sp.**

Abb. 33, 34, 35

1855 „*Sphenophyllum oblongifolium*“ – Geinitz pro parte: 12, Taf. XX, Fig. 14

1976a „*Sphenophyllum oblongifolium* (Germ. & Kaulf.) Unger, Sporophyllähren Typ A“ – Barthel pro parte: 57, Abb. 8; Taf. 20, Fig. 1–7, Taf. 21, Fig. 1–8

2006 „*Sphenophyllum* sp.“ – Barthel & Müller: 127, Abb. 7

Diagnose: Eine *Bowmanites*-Ähre an isophyll tief laciniat beblätterten *Sphenophyllum*-Achsen. Pro Nodium 6 basal freie superponierte Sporophylle bestehen aus gestielten, peltaten und gegabelten Brakteen und lange gestielten Sporangiochoren mit je 3 Sporangien, die adaxial von den Brakteen entspringen.

Diagnosis: *Bowmanites* strobilus attached to *Sphenophyllum*-axes with isophyllous, deeply incised leaves. Each node carrying 6 basal free superposed sporophylls that consist of petiolate, peltate, bifurcated bracts and long-petiolate sporangiophors with 3 sporangia borne adaxially at the bracts.

- **Holotypus:** Das Original zu Geinitz (1855) Taf. XX, Fig. 14. Sammlung MMG SaP 4240. Paratypen; MMG SaP 4239 und BA Freiberg 2262/2001
- **Locus typicus:** Augustusschacht am Windberg im Döhleener Becken, Freital.
- **Stratum typicum:** Liegendes vom 2. Flöz („Blumengebirge“) der Döhlen-Formation, Unteres Perm
- **Derivatio nominis:** Nach August Robert Hausse (1843–1924), Markscheider, Geologe und Bergingenieur der Königlich-Sächsischen Steinkohlenwerke Zauckerode.

Forschungsgeschichte: Wegen der morphologisch gleichen isophyllen laciniaten Blattwirtel an den Achsen wurde die Pflanze von Geinitz (1855) und mir (Barthel 1976a) zu *Sphenophyllum oblongifolium* gestellt. Dabei waren mir aber die erheblichen Unterschiede des „Typ A“ mit peltaten Brakteen zu den Sporophyllähren mit anisophyller Belaubung („Typ B“) klar. Inzwischen haben Zödrow & Gao (1991) weitere Merkmale eindeutiger *Sphenophyllum-oblongifolium*-Ähren mitgeteilt. „Typ A“ ist taxonomisch eine eigene *Sphenophyllum*-Fruchtifikation.

Vorkommen/Material: Wenige Funde im typischen Blumengebirge über dem 2. Flöz (Augustusschacht und Zauckerode).

Beschreibung: Artikulate Achsen gerade und dünn, Ø max. 1 mm, isophyll locker beblättert. Blättchen in 6er Wirteln, meist schräg nach oben gerichtet, einfach lineal oder tief zweispaltig, vereinzelt auch drei- oder vierspaltig, mit spitzem Gipfel und markantem Mittelnerv, 7–12 mm lang und 2–4 mm breit, marginal teilweise locker gezähnt oder kurz bestachelt (Abb. 33, 35 A)

Sporophyllähren terminal an den Sprossachsen, bis 40 mm lang und 10 mm Ø. Pro Nodium 6 freie Sporophylle, diese superponiert, den nächsten Quirl überlappend. Einzelne Brakteen basal stielförmig (schmal-lineal), ca. 3 mm lang und 0,8 mm breit und annähernd horizontal gerichtet, distal peltat und schuppenförmig, tief bifurcat mit je einem Nerv, sehr spitz endend, mit gezähnten Rändern (Abb. 34). Keine Stomata beobachtet. Sporangiochore adaxial im schuppenförmigen Teil der Brakteen, dünn stielförmig, adaxial gerichtet, je drei Sporangien tragend (Abb. 34, 34 a, 34 b). Sporangien kurz gestielt, schwach birnenförmig, 0,8–1 mm

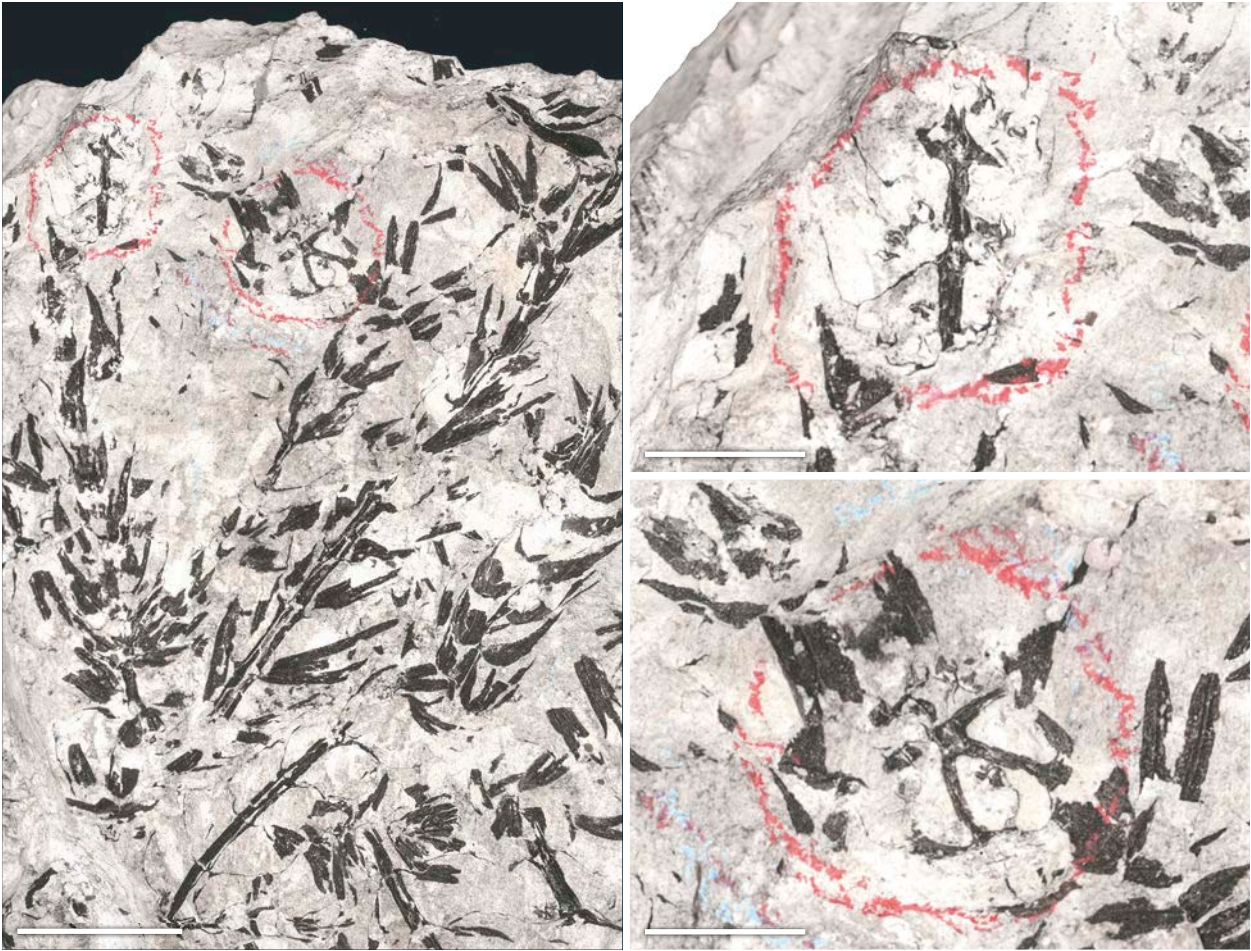


Abb. 33, 33a, 33b. *Bowmanites haussei*, Holotypus. 2. Flöz, „Blumengebirge“, Augustusschacht, MMG Dresden, SaP 4240. Maßstäbe = 5 mm.
 Fig. 33, 33a, 33b. *Bowmanites haussei* sp. nov., holotype 2nd seam. Scale bar = 5 mm.



← Abb. 34. *Bowmanites haussei*, Oberfläche einer Sporophyllähre. 2. Flöz, „Blumengebirge“, Augustusschacht, MMG Dresden, SaP 4240. Maßstab = 2 mm.

← Fig. 34. *Bowmanites haussei* sp. nov., surface of a strobilus. 2nd seam. Scale bar = 2 mm.

→ Abb. 35. (A–E). *Bowmanites haussei* sp. nov., fertile Sprosse. 2. Flöz, „Blumengebirge“. Maßstäbe: A, D, E = 1 cm; B = 5 mm. C = 20 µm.

A, A. Sporophyllähren lateral. Sammlung BA Freiberg, 2262/2001.

B. Sporophyllähre im Querbruch. 2. Flöz, „Blumengebirge“, Augustusschacht, MMG Dresden SaP 4239.

C. Sporen in situ, MfN Berlin, Präp. 41-3.

D/E. Rekonstruktionen einer Sporophyllähre, Modell und Graphiken: F. Spindler (Freiberg).

→ Fig. 35. (A–E). *Bowmanites haussei* sp. nov., fertile shoots. 2nd seam. Scale bars: A, D, E = 1 cm; B = 5 mm; C = 20 µm.

A, A. Strobilus in lateral view.

B. Strobilus in cross section.

C. In situ spores.

D/E. Reconstruction of a strobilus in lateral view and cross section. Construction and drawings F. Spindler.

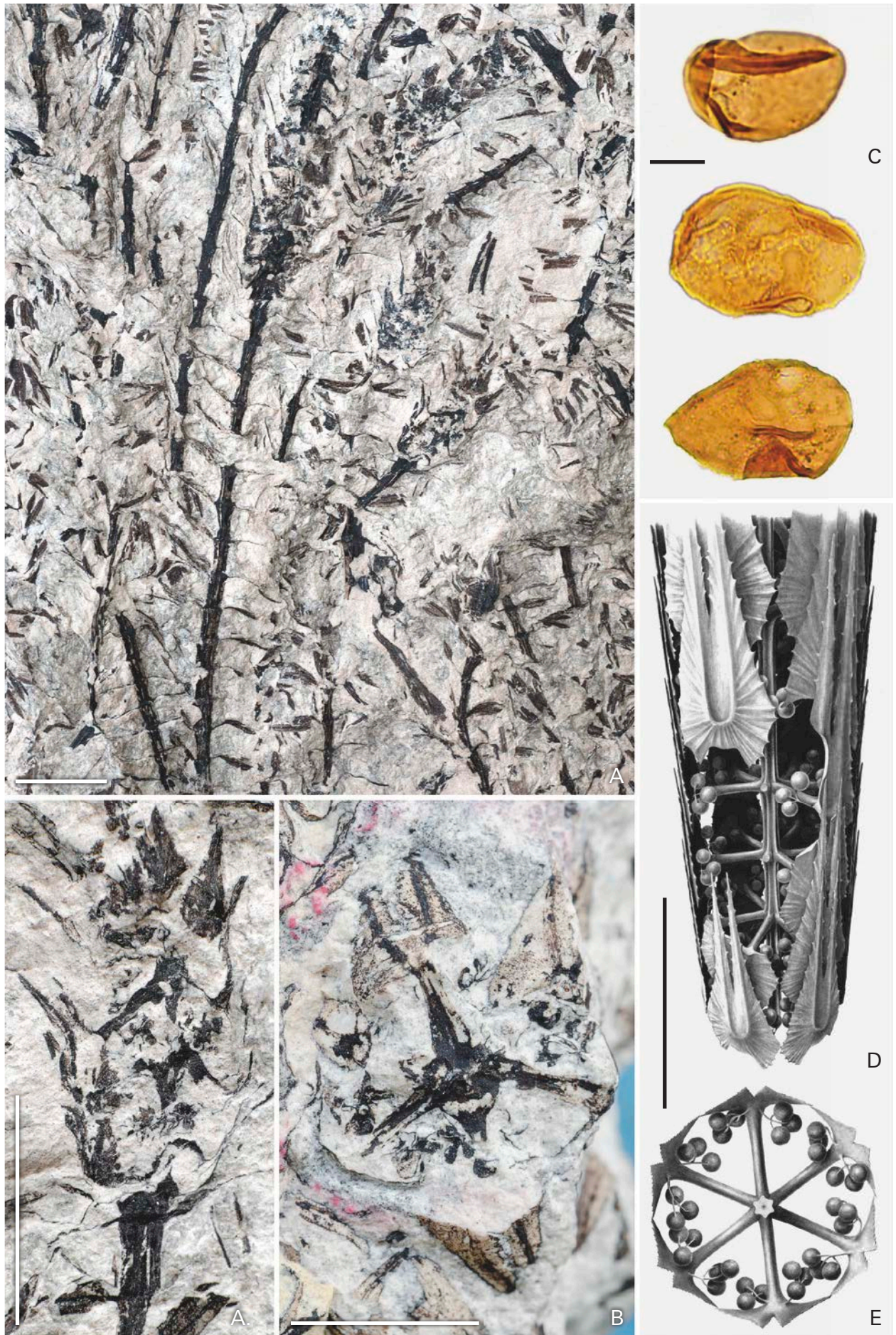




Abb. 36. *Sphenophyllum thonii*, 4. Flöz Liegendes, Gittersee. MMG Dresden, SaP 1148. Maßstab = 1 cm.

Fig. 36. *Sphenophyllum thonii*. 4th seam. Scale bar = 1 cm.

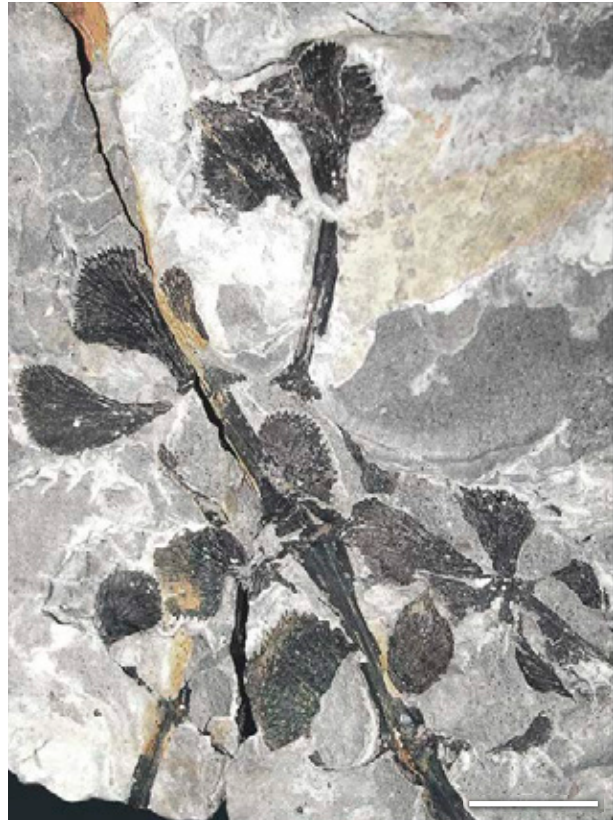


Abb. 37. *Sphenophyllum thonii*. Halde Carolaschacht. Sammlung und Foto T. Loos, Dresden. Maßstab = 1 cm.

Fig. 37. *Sphenophyllum thonii*. Collection and photo T. Loos, Dresden. Scale bar = 1 cm.

lang, mit kurz-rechteckigen bis isodiametrischen Wandzellen, \varnothing ca. 80 μ m. Sporen monolet, 47–60 μ m lang, Dehiszenz $\frac{3}{4}$, gerade, glatt, bei schwacher Mazeration sind Reste eines dünnen, maschenförmigen Perisporis erhalten (Abb. 35 C).

Vergleiche/Kommentare: Die Merkmalskombination von peltaten, basal freien und gestielten, distal gegabelten Brakteen ist bei anderen *Bowmanites*-Arten nicht bekannt; es überwiegen basal scheibenförmig verwachsene oder wenigstens basal sehr dicht stehende Brakteen. Dagegen sind dreizählige Sporangiochore auch bei anderen Sphenophyllenähren bekannt, allerdings achsenständig oder gar alternierend mit Brakteenwirteln (Bek et al. 2009). *Bowmanites bifurcatus* Andrews & Mamay hat gegabelte Brakteen, die jedoch basal scheibenförmig verwachsen und auch nicht peltat sind. Die Brakteen von *Peltastrobus reedae* Baxter (1950) sind peltat und gestielt, aber die Sporangiochore sind völlig anders positioniert (Leismann & Graves 1964). Dennoch gibt es mit dieser Sporphyllähre die meisten Gemeinsamkeiten.

Gemeinsam mit mehreren anderen Sphenophyllen sind auch die laevigaten monoleten Sporen und die schmalen, tief gegabelten sterilen Blättchen an den fruktifizierenden Achsen.

Sphenophyllum thonii Mahr

Abb. 36, 37

1976a „*Sphenophyllum thoni* Mahr“ – Barthel: 56, Taf. 24, Fig. 8, 9

2005 „*Sphenophyllum thonii* Mahr 1868“ – Kunzmann: Abb. S. 40/41

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Erst in den 1960er Jahren konnte in der Döhlen-Formation das Vorkommen dieser weitverbreiteten, aber nirgends häufigen Rotliegendpflanze mit zwei Funden nachgewiesen werden. Im Dezember 2013 gelang dann dem Sammler Torsten Loos ein weiterer Nachweis – in nur wenig verwittertem Material aus dem Inneren der abgetragenen Halde des Carolaschachtes (Abb. 37)!

Wegen der früheren Eigenart, auch ohne Vornamen wissenschaftlich zu publizieren, wissen wir nicht genau, wer von den beiden sächsisch-weimarschen Bergbeamten in Ilmenau der Autor dieser aus Manebach-Kammerberg 1869 neu beschriebenen Rotliegendpflanze war. Entweder war es Goethes Fossilien Sammler in Manebach, der Rentamtman und Bergrat Johann Christian Mahr oder sein Sohn, der Bergmeister Hermann Mahr (Barthel 1985). Wahrscheinlich war es Mahr junior, von

dem es in einem Nachruf heißt, er sei „an Goethe gestorben“ (Gensichen 1910).

Vorkommen/Material: Wenige Exemplare von Sprossfragmenten mit unvollständigen Blattwirteln im Liegenden des 4. Flözes. Ein Haldenfund in der Bergehalde des Carolaschachtes, wahrscheinlich aus der gleichen Fundschicht.

Beschreibung: Sprossfragmente mit zwei unvollständigen Blattquirlen. Blättchen umgekehrt keilförmig mit halbkugelförmigem, tief gesägtem bis laciniertem distalem Rand, ca. 30 mm lang und 20 mm im vorderen Drittel breit (Abb. 36). Nervatur streng fächerförmig dichotom; der basale Nerv gabelt sich 6–7-fach und endet in den Randzähnen (Abb. 21).

Kommentare: Die fertilen Organe der Pflanze (*Lilpopia* Conert & Schaarschmidt) sind in der Döhlen-Formation nicht gefunden worden. Sie bestehen aus Sporophyllagregaten an Knoten alternierend mit Laubblättern, sind also nicht terminal ährenförmig wie andere *Sphenophyllum*-Arten (Lipiarski 1972, Kerp 1984).

Die besten Funde von *Sphenophyllum thonii* im mitteleuropäischen Rotliegend stammen aus Crock und der Typuslokalität Manebach im Thüringer Wald, sowie aus dem Rotliegend-Travertin von Karniowice (Polen).

Sphenophyllum sp. sp.

Abb. 38–44

Aus der Döhlen-Formation gibt es mehrere Funde von *Sphenophyllum*-Organen, die nicht sicher einer Art zuzuordnen sind. Darunter sind radiärsymmetrisch einfach-lineale oder bifurcat beblätterte Achsen ohne fertile Ähren (Abb. 38), Achsenquerschnitte mit oder ohne solche Blätter sowie unbeblätterte Kriechtriebe und Wurzeln. Auch die dispersen Sporen gehören dazu, denn alle drei *Sphenophyllum*-Arten der Döhlen-Formation haben monolete laevigate Sporen von ca. 60 µm Länge.

Achsenquerschnitte

Sphenophyllum-Achsen sind selbst bei inkohlter Erhaltung sicher zu erkennen, wenn ihre räumlich unveränderten Querschnitte in feinkörnigen Pyroklastika sichtbar werden. Dann sieht man im Zentrum die kohlige Markierung ihres triarchen Primärxylems und außen die meist 6-zählig tiefe Rillung der Oberfläche. Manchmal sitzen noch Seitenzweige und lineale Blättchen an diesen Achsen (Abb. 39 und 13). Die meisten Funde stammen aus dem „Blumengebirge“ über dem 2. Flöz, speziell aus der 1. Weißen Lette im Aufhaun 195 der Grube Gittersee. Auch zwischen den Stelzwurzeln reiner Cordaitenwurzelnböden kann man diese nur mm-großen *Sphenophyllum*-Achsen beobachten (Abb. 196 a).



Abb. 38. *Sphenophyllum* sp. 5. Flöz, Lette 1, Gittersee. Kohlige Substanz auf Hangendplatte (rechts) und Liegendplatte (links) infolge höherer Inkohlung oder Karbonatgehaltes des Gesteins. MfN Berlin, PB 1981/15. Maßstab = 1 cm.

Fig. 38. *Sphenophyllum* sp. 5th seam. Part and counterpart very similar because of higher coalification per uranium or content of calcium carbonate Mining area Gittersee. Scale bar = 1 cm.

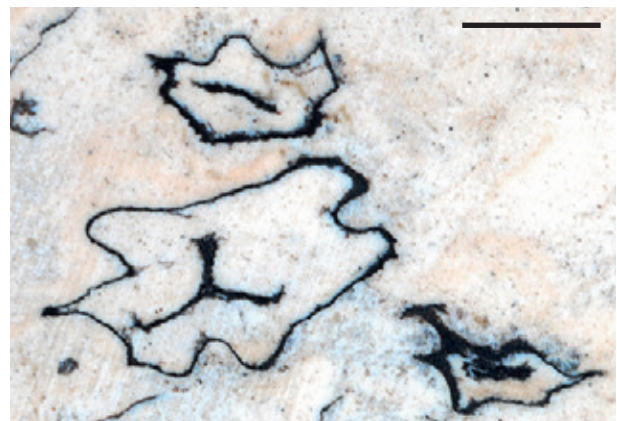


Abb. 39. *Sphenophyllum* sp., Achse und Seitenzweige im Querschnitt. 2. Flöz Hangendes, Sonderfazies Aufhaun 195, Gittersee. MfN Berlin, PB 2012/-664. Maßstab = 2 mm.

Fig. 39. *Sphenophyllum*shoot with lateral branches. 2nd seam. Scale bar = 2 mm.

Rhizome und Wurzeln

Die unterirdischen *Sphenophyllum*-Organe sind ebenfalls in den hellen Tuffiten des Blumengebirges überliefert; allerdings sind sie weniger markant. Achsen ohne Blattquirl mit langen Internodien waren wahrscheinlich Rhizome mit sehr feinen Wurzeln (Storch & Barthel 1980). Dank des hellen Gesteins sind manchmal sogar die winzigen Wurzelhaare sichtbar (Abb. 40).

Sphenophyllen in der Bannewitz-Formation

Während die Sphenophyllen in der Niederhäslich-Formation sicher zu bestimmen sind (Reichel & Barthel 1964), ist dies in den Madensteinen der Bannewitz-Formation vorerst nicht möglich. Daher sollen diese hier nur kurz dargestellt werden.



Abb. 40. *Sphenophyllum* sp., behaarte Wurzel. 2. Flöz, Sonderfazies Aufhaun 195, Gittersee. MfN Berlin, PB 2013/2397. Maßstab = 1 mm.

Fig. 40. Hairy root of *Sphenophyllum*. 2nd seam. Scale bar = 1 mm

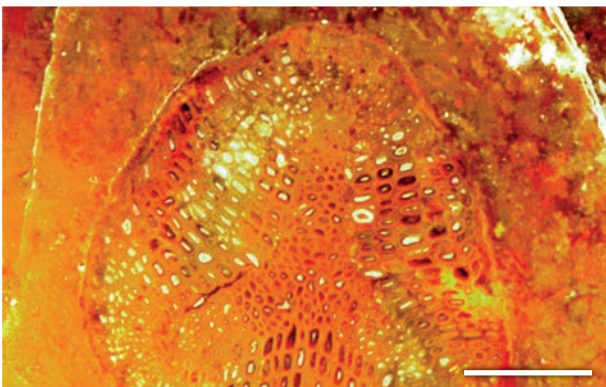


Abb. 41. *Sphenophyllum* sp., Aktinostele mit Primär- und Sekundärxylem. Hornsteingeröll der Bannewitz-Formation, Lesestein bei Hänichen, Sammlung Weiß (Rabenu), H 3-83. Maßstab = 1 mm.

Fig. 41. *Sphenophyllum* sp. shoot, showing triarch primary vascular bundle and secondary tracheids. Bannewitz Formation. Scale bar = 1 mm.

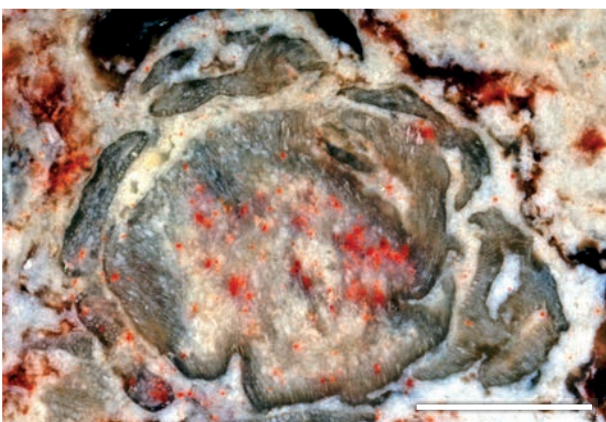


Abb. 42. *Sphenophyllum* sp. Querschnitt einer beblätterten Achse. Hornsteingeröll der Bannewitz-Formation bei Burgk, Sammlung Müller (MMG Dresden), BU-144. Maßstab = 1 mm.

Fig. 42. Immature *Sphenophyllum* shoot with leaf whorls in cross section. Bannewitz Formation. Scale bar = 1 mm.

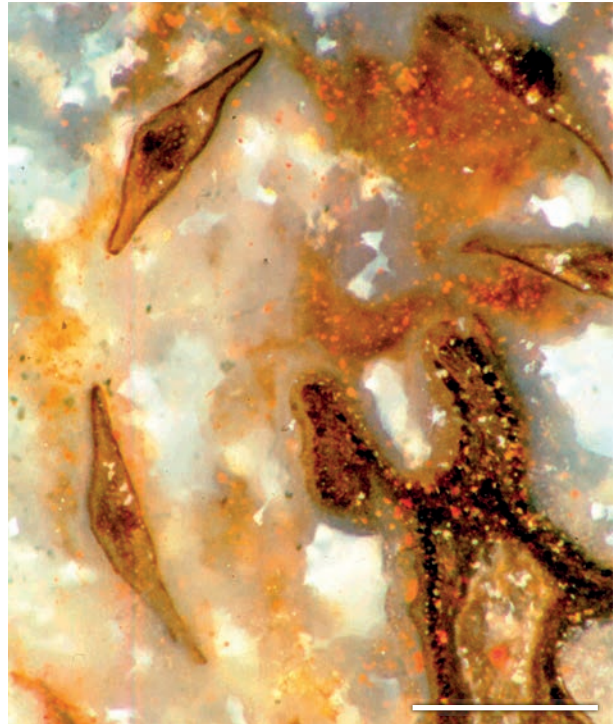


Abb. 43. *Sphenophyllum* sp. Querschnitt durch eine Achse mit zugehörigen Blättchen. Hornsteingeröll der Bannewitz-Formation bei Burgk. Sammlung Weiß (Rabenu), Bu 4-50.4. Maßstab = 0,5 mm.

Fig. 43. *Sphenophyllum* shoot with leaflets in cross section. Bannewitz Formation. Scale bar = 0.5 mm.



Abb. 44. *Sphenophyllum* sp. Längsschnitt durch eine Achse mit zwei Blattquirlen. Hornsteingeröll der Bannewitz-Formation bei Burgk. Sammlung Müller (MMG Dresden) BU 42.2. Maßstab = 2 mm.

Fig. 44. *Sphenophyllum* sp. longitudinal section of a shoot with two leaf whorls. Bannewitz Formation. Scale bar = 2 mm.

Die Funde (Sammlungen Weiß und Müller) stammen aus den Sammelgebieten Burgk und Hänichen, meist sind es Achsenquerschnitte mit relativ gut erhaltenen Stelen und dicken Rinden. Vereinzelt sind das Gewebe der dreistrahligen Aktinostele mit den exarchen Protoxylemgruppen, das Metaxylem sowie die großen Tracheiden des Sekundärxylems gut zu erkennen (Abb. 41). Bei den meisten Funden fehlt allerdings das Sekundärxylem – diese dünnen Achsen waren also noch nicht verholzt. Fast immer sind Periderm und Teile der primären Rinde erhalten. In einigen Fällen sind die Achsen von querschnittenen *Sphenophyllum*-Blättern umgeben (Abb. 42, 43). Diese haben kein Palisadenparenchym (Abb. 43) und unterscheiden sich daher deutlich von gleichgroßen *Asterophyllites*-Blättchen (Abb. 76).

Den neuen, schichtparallelen Madensteinschliffen von G. Müller verdanken wir auch Aufsichten auf eine längsgeschnittene beblätterte *Sphenophyllum*-Achse (Abb. 44)

4.3. Calamiten

Calamites gigas Brongniart

Abb. 45–48

- 1849 „*Calamites Gigas* Brongniart“ – Gutbier: 7, Taf. 9, Fig. 4
 1893 „*Calamites Weissi* n. sp.“ – Sterzel: 92, Taf. 8, Fig. 7
 1893 „*Calamites gigas Brongniart*“ – Sterzel: 130, o. Abb.
 1893 „*Calamites Cisti* Brongniart“ – Sterzel: 94, Taf. IX, Fig. 5 und 6
 1976a „*Calamites (Stylocalamites) gigas* Brongn.“ – Barthel: 69, Taf. 27, Fig. 1, 8–12
 2005 „*Calamites gigas* Brongniart 1828“ – Kunzmann: Abb. S. 30–33

Forschungs- und Sammlungsgeschichte: Diese typische Rotliegendepflanze ist zusammen mit den zugehörigen Sporophyllähren *Metacalamostachys dumasii* bis in die 1960er Jahre weitgehend außerhalb des Döhlen-Beckens, besonders in den Becken des französischen Zentralmassivs erforscht worden. Aus den älteren Sammlungen im Döhleener Becken hat Sterzel (1893) den einzigen gut erhaltenen Stamm als neue Art *Calamites weissii* benannt. Erst nach 1960 brachten Funde von Stämmen, Ästen und Sporophyllähren im „Blähton“ über dem 5. Flöz Gewissheit über das Vorkommen in der Döhlen-Formation. Schließlich konnten wir zusammen mit neuen reichen Funden aus Thüringen die Wuchs- und Lebensform des Calamiten recht sicher erkennen (Barthel & Kerp 1992).

Vorkommen/Material: Anstehend und aufrecht nur im Hangenden des 5. Flözes („Blähton“) als Steinkerne mit dünner Kohlenrinde direkt beobachtet. Dichtgelagerte Achsen verschiedener Größe im Liegenden des 4. Flözes.

Im Tuff über dem 3. Flöz als Haldenfunde von Petzholdt (1841) quergeschnitten und an mehrere Sammlungen verteilt. Die Mitteilung bei Sterzel (1893) „Hangendes vom 1. Flöz“ ist wohl falsch.

Ein historisch sehr wertvoller Fund ist das Original zu Gutbier (1849), Fragment eines Marksteinkerns, „aus dem 5. Lichtloch des Tiefen Elbstollns b. Cotta“ (Abb. 9). Das weißgelbliche bis schwach violette, nur wenig verfestigte Siltgestein stammt aber nicht aus dem Döhleener Becken, sondern aus dem eng benachbarten Briesnitz-Becken, aus dem Hangenden des Merbitz-Fanglomerats und wird als pyroklastisch-fluviatile Bildung mit der Döhlen-Formation parallelisiert (Schauer & Walter 2012). Auch die zugehörigen Sporophyllähren *Metacalamostachys dumasii* sind dort in den 1980er Jahren aus sehr ähnlichem Gestein beobachtet worden – in einem von der Bergakademie Freiberg untersuchten Aufschluss im Zschoner Grund (Zürnstein 1982). Das 47,5 m tiefe 5. Lichtloch wurde schon 1824/1825 abgeteuft und 1839 verfüllt (Rosenhahn et al. 2000), der Calamit wäre damit einer der ältesten Funde in Gutbiers Sammlung. 1843 erwähnt er in der Gaea von Sachsen „bunte Mergel des Tiefen Elbstollns im Rotliegenden.“ Auch Gutbiers Partner Naumann & Cotta (1845) hatten nahe des 5. Lichtloches ein solches Gestein als „... schichtigen grünlichweißen bis gelblichgrauen und bläulichgrauen bis lavendelblauen Thonsteinsammit mit Pflanzenresten im Zschoner Grund und der Leuteritzer Schlucht ...“ (heute Leuteritzer Park) beobachtet. Auf der restlichen Bergehalde des 5. Lichtloches steht heute die Leuteritzer Windmühle.

Beschreibung: Fragmente großer Stämme bis zu 40 cm Ø, Internodien bis 4 cm lang, mit sehr kräftigen, bis 10 mm breiten Rippen und sehr schmalen Furchen, die an den Knoten meist geradlinig durchlaufen, vereinzelt auch spitz- oder rechtwinklig alternieren. Furchen und Rippen mehrfach zickzackförmig gestaucht (Abb. 45). Im Querschnitt sind die Kohlenmäntel und damit auch die Markhöhlen einiger Achsen oft unterschiedlich tief eingeschnürt. An den großen, bei der Bergung vom umgebenden Gestein völlig isolierten Sammlungsobjekten sind keine Stammoberflächen und Wurzeln zu erkennen, aber ein isoliertes kleineres Fragment hat die unregelmäßig-wulstige Stammoberfläche mit undeutlicher Artikulation, die wir vor allem aus Thüringen kennen (Barthel 2009). Einzelne schwache Achsen in der „Blähton“ – Fundschicht zeigen ungegliederte lineale Adventivwurzeln an allen Knoten (Abb.48).

Kommentare: Zu den *Calamites-gigas*-Stämmen gehören Äste vom Typ *Calamites cistii* (Abb. 46) mit zierlichen Sporophyllähren (*Metacalamostachys dumasii*), wirtelig an allen Knoten (Abb. 47). Sterzel konnte wenigstens ein Exemplar (Museum für Naturkunde Chemnitz) handschriftlich in seine „Flora“ 1902 nachgetragen: „*Calamites* cf. *Cisti* mit *Brukmannia*-Ähren. Lehrer Süß in Zauckerode“.

Die Pflanze ist eine der erdgeschichtlich jüngsten Calamiten und in Mitteleuropa auf das Rotliegende be-

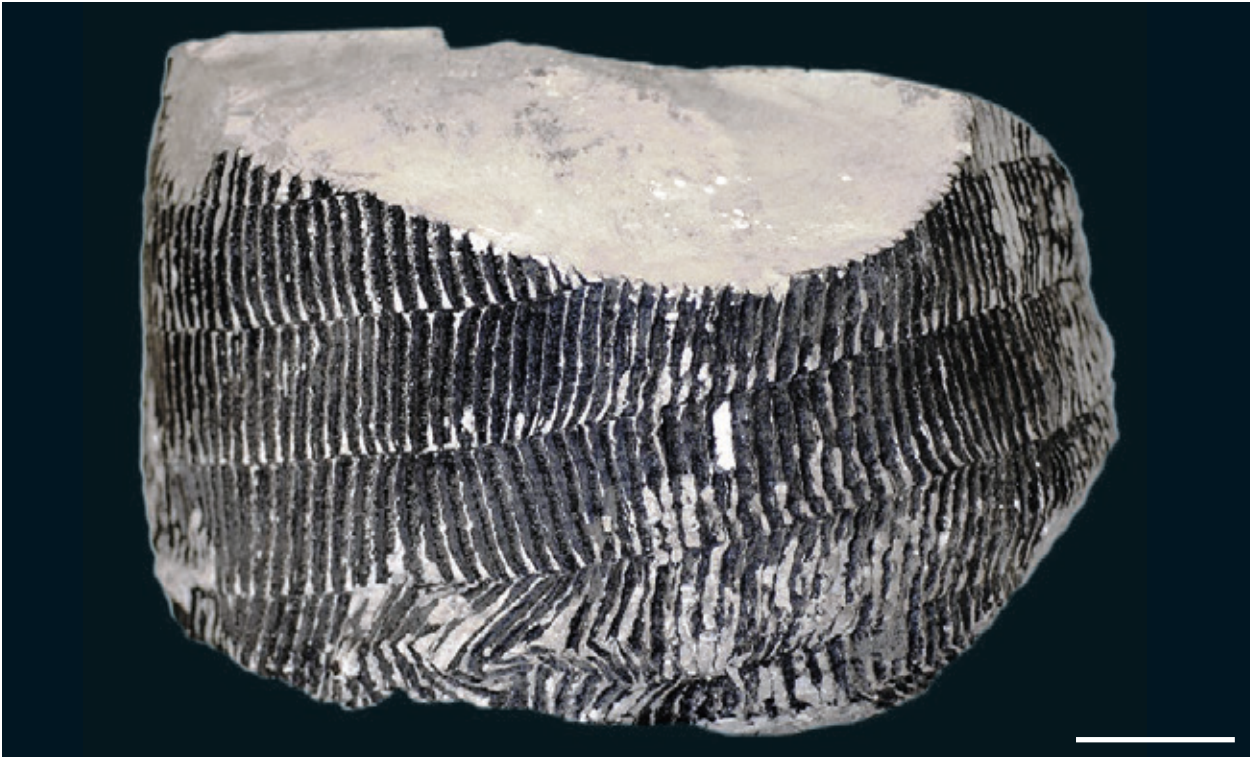


Abb. 45. *Calamites gigas*, Marksteinkern eines Stammes mit dünner kohligter Oberfläche. 5. Flöz Hangendes („Blähton“), Gittersee. MMG Dresden, SaP 1711 (leg. Markscheider H. Lasch). Maßstab = 10 cm.

Fig. 45. *Calamites gigas*, pith cast of stem and coalified surface. 5th seam, Gittersee mining area. Scale bar = 10 cm.

schränkt; ihre Typusregion ist das Perm der Voruralsenke (Naugolnykh 2005).

Wie auch in anderen Becken, ist *Calamites gigas* in der Döhlen-Formation kein Element der Moorwälder. Er bildet auf mineralischen Standorten artenreine Bestände oder zusammen mit anderen Calamitenarten eine emerse Flachwasservegetation.

Aus dem Saar-Nahe-Becken wissen wir von Robert Noll, dass *Calamites gigas* eine über 7 m hohe säulenförmige freistehende Pflanze war (Barthel & Rößler 2012). Der Ansatz der fruktifizierenden Seitenäste am Gipfel konnte aber bisher nicht direkt beobachtet werden. Belaubte Äste fehlen offenbar – die Pflanze assimilierte wahrscheinlich mit grünen Stammrinden und den fleischigen Brakteen der Sporophyllähren.

Metacalamostachys dumasii (Zeiller) Barthel

Abb. 49–56

1976a „*Calamostachys dumasi* (Zeiller) Jongm.“ – Barthel: 82, Taf. 27, Fig. 2–7, 16

1989 „*Metacalamostachys dumasii* (Zeiller) nov. comb.“ – Barthel: 349, Taf. I, Fig. 5, 6

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: In den alten Sammlungen gibt es nur einen einzigen Fund von der Halde des Oppelschachtes, von Sterzel 1902 in der



Abb. 46. *Calamites gigas*, Äste. 4. Flöz Liegendes. MMG Dresden, SaP 4976. Maßstab = 1 cm.

Fig. 46. Branches of *Calamites gigas*. 4th seam. Scale bar = 1 cm.

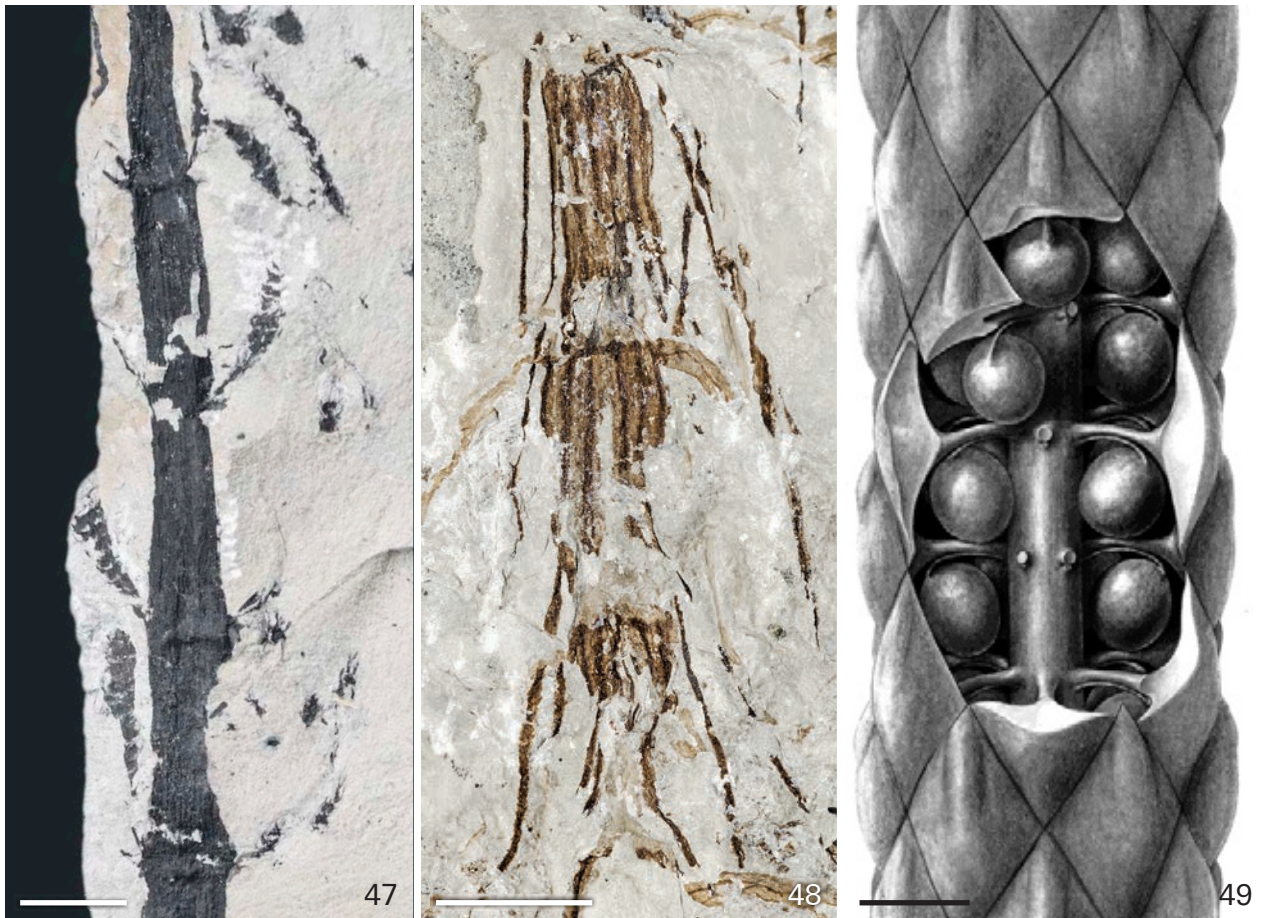


Abb. 47. *Calamites gigas*, Ast mit Sporophyllähren (*Metacalamostachys dumasii*). 5. Flöz Hangendes („Blähton“) Gittersee. Sammlung Thümmel, TH 3. Maßstab = 1 cm.

Fig. 47. Branch of *Calamites gigas* with whorls of strobili (*Metacalamostachys dumasii*). 3rd seam. Scale bar = 1 cm.

Abb. 48. *Calamites gigas*, unterirdischer Stamm mit Adventivwurzeln. 5. Flöz Hangendes („Blähton“) Gittersee. MMG Dresden, SaP 1696. Maßstab = 1 cm.

Fig. 48. Subterranean stem of *Calamites gigas* with attached roots. 5th seam. Scale bar = 1 cm.

Abb. 49. *Metacalamostachys dumasii*, Rekonstruktion. Modell und Graphik von F. Spindler (Freiberg). Maßstab = 1 mm.

Fig. 49. *Metacalamostachys dumasii* Reconstruction of the strobilus in lateral view. Construction and drawing F. Spindler (Freiberg). Scale bar = 1 mm.

Chemnitzer Sammlung etikettiert als „*Calamites cf. Cisti* Brgt. mit *Brukmannia*-Ähren“.

Obwohl diese kleinen Calamitenähren in Frankreich schon durch Zeiller (1892) deutlich dargestellt und richtig im Zusammenhang mit *Calamites gigas* gesehen wurden, dauerte es in Sachsen (und auch in Thüringen) recht lange, bis diese Erkenntnisse übernommen wurden. Erst durch neue Funde in beiden Ländern gelang es, den Bau der Sporophyllähren zu erkennen und sie der Gattung *Metacalamostachys* Hirmer zuzuordnen (Barthel 1989). Dabei spielte das ab 1960 von mehreren Beobachtern geborgene reiche Material aus dem „Blähton“ über dem 5. Flöz in Gittersee die entscheidende Rolle und ermöglichte einen Vergleich mit den silifizierten Ähren aus Chemnitz-Altendorf. Erst jetzt war die Lage der Sporangien an der Unterseite der peltaten Brakteen zu erkennen (Abb. 49).

Vorkommen und Material: *Calamites-gigas*-Äste mit ansitzenden Sporophyllähren im „Blähton“ über dem 5. Flöz zusammen mit aufrechtstehenden *Calamites-gigas*-Stämmen und vereinzelt *Asterophyllites-equisetiformis*-Zweigen und im Liegenden des 4. Flözes auf Schichtflächen im Revier Gittersee.

Beschreibung: Sehr kleine artikulate Ähren, zu je 6–8 wirtelig an schlanken, bis zu 50 cm langen und 1–2,5 cm Ø Ästen von *Calamites gigas* sitzend (Abb. 50), max. 50 mm lang und ca. 3 mm breit, Achse ca. 1 mm stark, an den Knoten verdickt, Brakteenquirle alternierend, aus 6–8 peltaten Brakteen und 12–16 Sporangien bestehend. Brakteen 2–3 mm lang, proximal lineal, distal schildförmig und den nächsthöheren Brakteenquirle erreichend oder leicht überragend. Sporangien ca. 1 mm groß, rund, dicht an der Unterseite der Brakteen mit ab-



Abb. 50. *Metacalamostachys dumasii*, Wirtel an *Calamites-gigas*-Ästen. 5. Flöz Hangendes („Blähton“), Gittersee. MMG Dresden, SaP 1658. Maßstab = 2 cm.

Fig. 50. Whorls of *Metacalamostachys dumasii* attached to a branch of *Calamites gigas*. 5th seam. Scale bar = 2 cm.

axial-basal insertierten Sporangiphoren (Abb. 51, 52). Im unreifen Stadium sind die Ähren zapfenförmig geschlossen. Isosporen in situ 70–100 µm groß, trilet, Tectae mit 30–50 µm langen geraden Strahlen. Exine dünn, laevigat (Abb. 53, 54).

Kommentare: Glücklicherweise verfügen wir in Sachsen mit der Altendorfer Hornsteinplatte über petrifizierte *Metacalamostachys-dumasii*-Ähren. Deren Zellstruktur ist zwar nur teilweise erhalten, aber die räumliche Feinstruktur der Ähren mit ihren peltaten, dicken (? fleischigen) Brakteen ist deutlich sichtbar (Abb. 55, 56). Dort ist auch die alternierende Stellung der schuppenförmigen Brakteen auf der Oberfläche unreifer, zapfenförmig geschlossener Ähren zu erkennen, die in einigen Vorkommen zu Verwechslungen mit Koniferenzweigen („*Walchia imbricata*“) geführt hat (Barthel & Rößler 1994). In Thüringen vermittelt eine *Calamites-gigas*-Fundsicht in der Manebach-Formation einen reichen Einblick in die fertilen Äste der Pflanze, die im disporangiaten Zustand wie kleine sterile *Asterophyllites*-Blattwirtel aussehen.

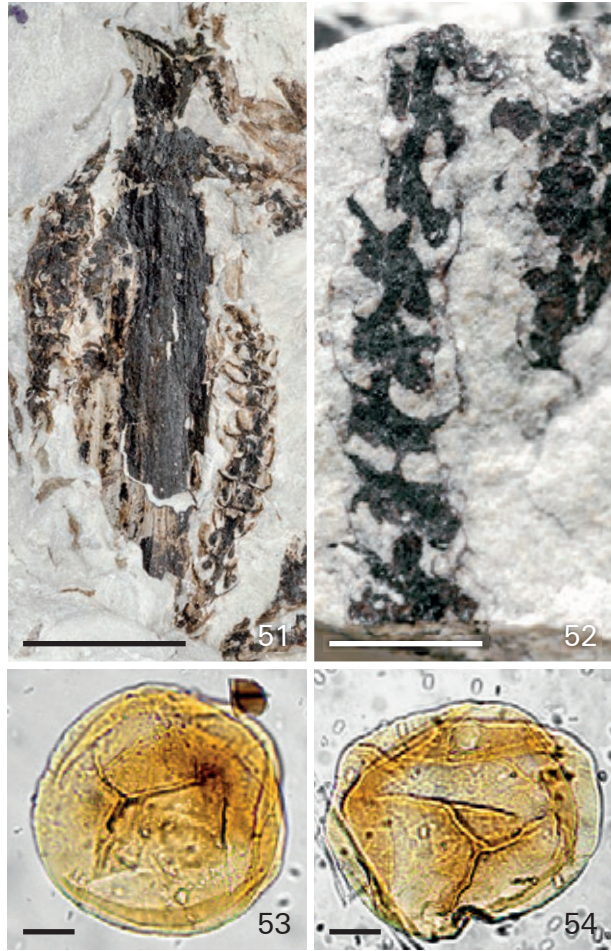


Abb. 51. *Metacalamostachys-dumasii*-Ähren. 5. Flöz Hangendes („Blähton“), Gittersee. MMG Dresden, SaP 1696. Maßstab = 0,5 cm.

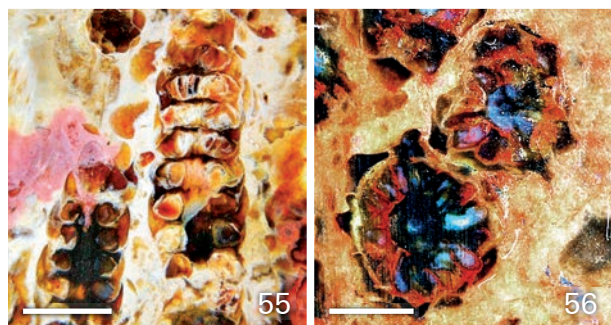
Fig. 51. *Metacalamostachys dumasii* strobili. 5th seam. Scale bar = 0.5 cm.

Abb. 52. *Metacalamostachys-dumasii*-Ähre. Sporangien abaxial an den peltaten Brakteen. 5. Flöz Hangendes („Blähton“) Gittersee. MfN Berlin, PB 2013/32. Maßstab = 3 mm.

Fig. 52. *Metacalamostachys dumasii* showing the sporangia abaxially attached to the bracts. 5th seam. Scale bar = 3 mm.

Abb. 53/54. *Metacalamostachys dumasii*, Sporen in situ. 5. Flöz Hangendes („Blähton“), Gittersee. MfN Berlin, PB 2012/ 410. Maßstab = 20 µm.

Fig. 53/54. In situ spores of *Metacalamostachys dumasii*. 5th seam. Scale bar = 20 µm.



***Calamites multiramis* Weiss – in Strukturhaltung:
Calamitea striata Cotta**

Abb. 57–61

- 1841 „Calamitenstengel“ – Petzholdt: Taf. I, II, Taf. III, Fig. 8
 1893 „*Calamites (cruciatus) Foersteri* m.“ – Sterzel: 68, Taf. 7, Fig. 5, 6
 1893 „*Calamites (cruciatus) septenarius* var. *fasciatus* m.“ – Sterzel: 75, Taf. 8, Fig. 4, 5
 1893 „*Calamites (cruciatus) quinquenarius* m. Var. *Doehlen-sis* m.“ – Sterzel: 76, Taf. 9, Fig. 1
 1893 „*Calamites (cruciatus) striatus* v. Cotta sp.“ – Sterzel: 82, Taf. 9, Fig. 4; Taf. 11, Fig. 28–34
 1976a „*Calamites (Eucalamites) multiramis* Weiss – in Strukturhaltung: *Calamodendron striatum* (Cotta) Brongn. – Barthel: 65, Taf. 26, Fig. 2–4; Taf. 29, Fig. 10
 1998 „*Calamodendron striatum* Cotta“ – Rößler & Barthel: 84, Taf. III, Fig. 1
 2006 „*Calamites multiramis* Weiss“ – Reichel & Schauer: 31, Abb. 2.2-3
 2007a „*Calamitea striata* (Cotta, 1832) nov. emend. Rößler and Noll“ – Rößler & Noll: 169, Taf. VII, Fig. 1–4; Taf. VIII, Fig. 1–6
 2007a „*Calamites multiramis* (Weiss) Kidston & Jongmans“ – Rößler & Noll: 164, Taf. VII, Fig. 5
 2007b „*Calamitea striata*“ – Rößler & Noll: 78, Abb. 8–10

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Sterzel (1893) hat fast die Hälfte seiner „Flora“-Seiten zur Darstellung dieser Calamitenachsen gebraucht und sie in eine Vielzahl von Taxa eingeordnet. Man spürt aber aus seinen langen Textpassagen, dass er die nur ontogenetische und erhaltungsbedingte Vielfalt schon geahnt hat. Auch ist es sein Verdienst, die Verbindung zu den struktur erhaltenen Achsen *Calamitea striata* (damals noch „*Calamodendron*“) nachgewiesen zu haben. Nur die *Petzholdtii*-Querschnitte hielt er für unbestimmbar. Kidston & Jongmans (1917) konnten durch ihre überragenden Kenntnisse der westeuropäischen Vorkommen und der großen Sammlungen auch für die Döhlen-Calamiten eine taxonomisch gut begründete Vereinfachung erreichen und alle Taxa Sterzels aus der *cruciatus*-Gruppe zum emendierten *Calamites multiramis* stellen. Wichtige Impulse zur besseren Kenntnis des Calamiten kamen in den letzten Jahren aus Chemnitz von Rößler & Noll (2007a, 2007b): Bei der Revision der verkieselten *Calamodendron-striatum*-Stämme in der Typuslokalität wurden nicht nur die Priorität des Gattungsnamens *Calamitea* Cotta durchgesetzt



Abb. 57. *Calamites multiramis*, Stammoberfläche mit dichtstehenden Knotenlinien und regelmäßig alternierenden Zweignarben. MMG Dresden, SaP 3851. Maßstab = 8 cm.

Fig. 57. *Calamites multiramis* surface of a trunc showing the densely spaced nodal lines with regularly alternating branch scars. Scale bar = 8 cm.

und neue Erkenntnisse über die anatomische Struktur des Holzkörpers gewonnen, sondern auch die Wachstumsform der Pflanze erneut zur Diskussion gestellt. Dabei bezogen die Autoren auch das Material aus der Döhlen-Formation ein.

Vorkommen/Material: Aufrechtstehende Achsen zahlreich in den massigen fein- bis grobkörnigen Tuffen über dem 5., 3. und 2. Flöz. Erhaltung unterschiedlich, meist Steinkerne mit dünner Kohlenrinde, aber auch kohlig- verkieselte Holzkörper in unveränderter Größe und Position, meist im Anstehenden beobachtet, aber nur selten geborgen und in Sammlungen aufbewahrt. Die merkwürdig aufgefasernten Holzmäntel im „*Petzholdtii*-Aspekt“ sind dagegen Haldenfunde in Zuckerode und Gittersee, vor 1843 von A. Petzholdt mit Hilfe der Bergverwalter Lindig und Liebschner gesammelt. Dieser Autor verteilte dann nach der Publikation die Querschnitte freizügig an viele europäische Sammlungen, wo sie heute selbst ohne Beschriftung unverkennbar der Döhlen-Formation zuzuordnen sind.

← **Abb. 55/56.** *Metacalamostachys dumasii* verkieselt, Längs- und Querschnitte. Chemnitz-Becken, Leukersdorf-Formation, Altendorf. MMG Dresden, SaP 2575. Maßstab = 2 mm.

← **Fig. 55/56.** *Metacalamostachys dumasii* silicified strobili in longitudinal and cross section. Chemnitz basin, Leukersdorf Formation. Scale bar = 2 mm

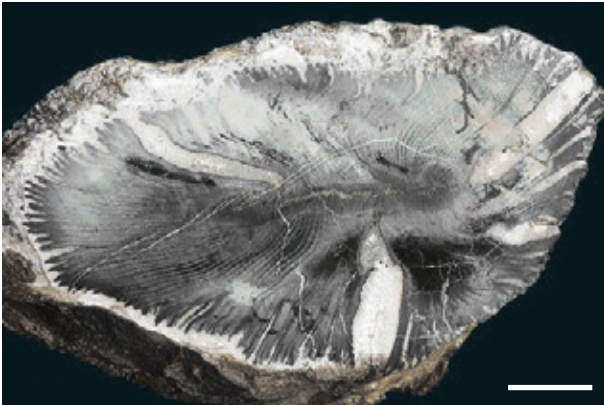


Abb. 58. *Calamitea striata*, Stammquerschnitt. MfN Berlin, PB 2006/56. Maßstab = 2 cm.

Fig. 58. *Calamitea striata* in cross section. Scale bar = 2 cm.

Sicher zugehörige unterirdische Achsen konnten in Wurzelböden des Blumengebirges im Aufhaun 195 vom Leiter der Grubenwehr G. Börner geborgen werden. Sie zeigen, auch ohne präparative Bearbeitung auf ihren Oberflächen erstaunlich gut erhaltene Zellstrukturen (Abb. 60).

Beschreibung: Stämme bis 12 cm Ø, in aufrechter Stellung bis 35 cm Länge beobachtet, Internodien der kräftigen Stämme sehr kurz (min. 12 mm), bei schwächeren Achsen bis 60 mm hoch (Abb. 57). 5–7 kreisförmige Narben (ca. 3mm Ø) auf jedem Knoten in alternierender Folge, Furchen und Rippen (Leitbündel) an den Knotenlinien zu je 2–3 beiderseitig konzentrisch zu Blattnarben zusammenlaufend, desgleichen zu den großen Astnarben je 6 Leitbündel. Bei den stärkeren Achsen mit den kurzen Internodien treten die Nodi zusammen mit den beiderseitigen Enden der Internodien manchmal wulstförmig hervor.

Stammquerschnitte mit teilweise verkieselten Kohlenmänteln und fusitisch-silizitische Fragmente zeigen eine meist deutliche radiale schwarze Streifenstruktur, die nach Rößler & Noll (2007a, b) von verschiedenen großen Tracheiden des Sekundärxylems (und nicht von Sklerenchymfaszikeln!) hervorgerufen wird (Abb.58). Der Anteil von Holzparenchym, faszikulär und intrafaszikulär, ist relativ gering und nimmt in zentrifugaler Richtung geringfügig zu. Die im Radialschnitt erkennbaren, unterschiedlich ausgebildeten Wandstrukturen der Sekundärxylemtracheiden, netzförmig, treppenförmig, getüpfelt, hatte schon Sterzel (1893) erkannt. Rindengewebe ist nicht erhalten, aber bei einigen Stammquerschnitten deutet eine kohlige Außenhaut, bis zu 2,5 cm außerhalb des Holzzylinders, auf eine erhebliche ursprüngliche Rindenschicht der Stämme hin (Abb. 59).

Im Wurzelboden des Fundpunktes A 195 gibt es kurze, wohl unterirdische Achsenfragmente ohne Artikulation, mit 4 mm breiten regelmäßigen Längsrippen und ca. 5 mm Ø Narben (? Wurzelspuren) und gut erhaltener Zellstruktur in tangentialer Oberflächenansicht (Abb. 60). Zu erkennen sind dort einreihige und mehrreihige

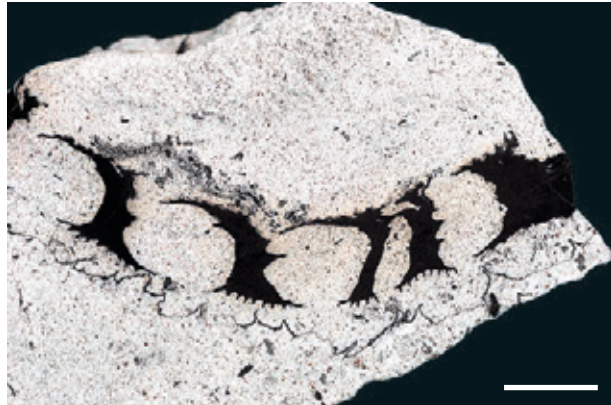


Abb. 59. *Calamitea striata*, Stammquerschnitt im „petzholdtii-Aspekt“, leg. A. Petzholdt. MfN Berlin, Alte Sammlung, PB 2011/1250. Maßstab = 1 cm.

Fig. 59. *Calamitea striata* cross section showing the typical „petzholdtii“ aspect. Scale bar = 1 cm.

Markstrahlen zwischen den 40–50 µm breiten Tracheiden (Abb.60 c). Die mehrreihigen Markstrahlen sind 0,4 mm breit. Sie bestehen aus 5–6 Reihen parenchymatischer, kurzrechteckiger Zellen, die im Abstand von 2,5 mm durch verwundene einreihige Tracheiden in spindelförmige Zellkomplexe zerteilt sind. Ihr gegenseitiger Querabstand beträgt 4 mm und entspricht damit makroskopisch den Längsrillen der Oberfläche. Solche Strukturen sind von Tangentialschnitten durch den Holzmantel von *Calamitea-striata*-Stämmen mit ihren Wechseln von faszikulären und intrafaszikulären Markstrahlen bekannt (Rößler & Noll 2007a). Nur der markante Wechsel von englumigen und weiltumigen Tracheidenfaszikeln ist im Wurzelboden des Aufhaun 195 nicht zu beobachten. Im Querschnitt der Achsen sind zentrale schlauchförmige Strukturen von ca. 7 mm Ø, mit einem großzelligem Gewebe (? Mark) auf der Oberfläche zu erkennen. (Abb. 60 a). Von diesen Achsen zweigen spitzwinklig schmalbandförmige Wurzeln mit langgestreckten Epidermiszellen ab. (Abb.60 d). Auch in der Lette 1 über dem 5. Flöz konnte eine basale Calamitenachse mit solchen ansitzenden Wurzeln beobachtet werden (Abb. 84).

Rekonstruktion: Die Stämme von *Calamitea* waren deutlich kleiner als die der *Arthropitys*-Arten und von *Calamites gigas*, und sie hatten auch einen höheren Xylemanteil im Stamm, der bis 20 cm Ø und 405 cm Höhe in Chemnitz bekannt ist (Rößler & Noll 2007b). Der organische Zusammenhang der Stämme mit *Annularia spinulosa* als Laub und *Calamostachys tuberculata* als Sporophyllähren ist seit langem vielfach bewiesen. Ihre Belaubung war wedelförmig, die Stämme trugen also plane, einfach gefiederte Seitenäste. Die neueren Rekonstruktionen von Remy & Remy (1978), Daviero & Lacoustre (2000) und Rößler & Noll (2007a) zeichnen das in unterschiedlicher Verteilung am Stamm, aber sie vermeiden es, die Sporophyllähren mit ins Bild zu nehmen. An unseren Neufunden junger Sprosse über dem 3. Flöz ist zu erkennen, dass diese unterhalb der Laubzweige direkt an den Stämmen

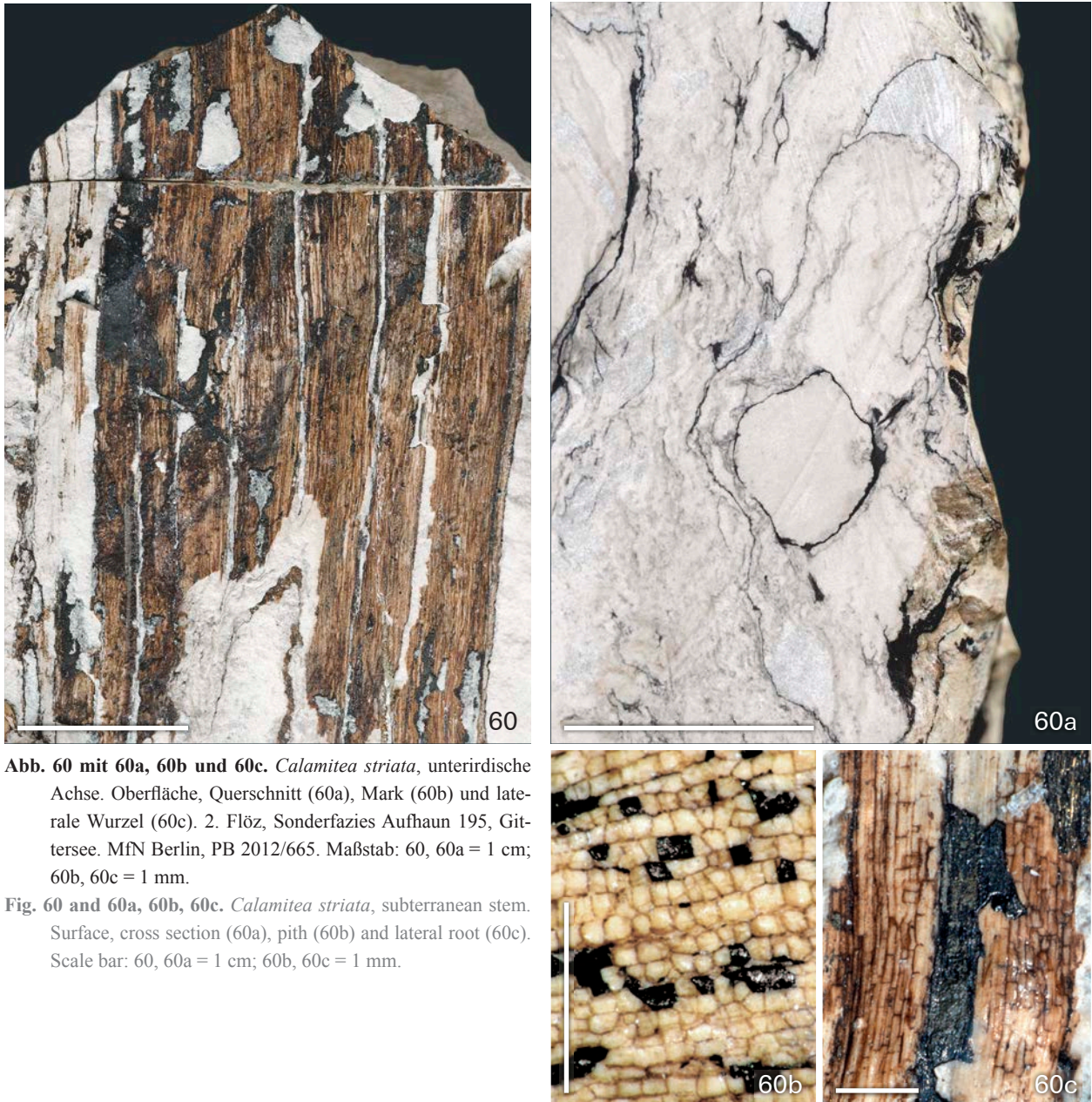


Abb. 60 mit 60a, 60b und 60c. *Calamitea striata*, unterirdische Achse. Oberfläche, Querschnitt (60a), Mark (60b) und laterale Wurzel (60c). 2. Flöz, Sonderfazies Aufhaun 195, Gittersee. MfN Berlin, PB 2012/665. Maßstab: 60, 60a = 1 cm; 60b, 60c = 1 mm.

Fig. 60 and 60a, 60b, 60c. *Calamitea striata*, subterranean stem. Surface, cross section (60a), pith (60b) and lateral root (60c). Scale bar: 60, 60a = 1 cm; 60b, 60c = 1 mm.

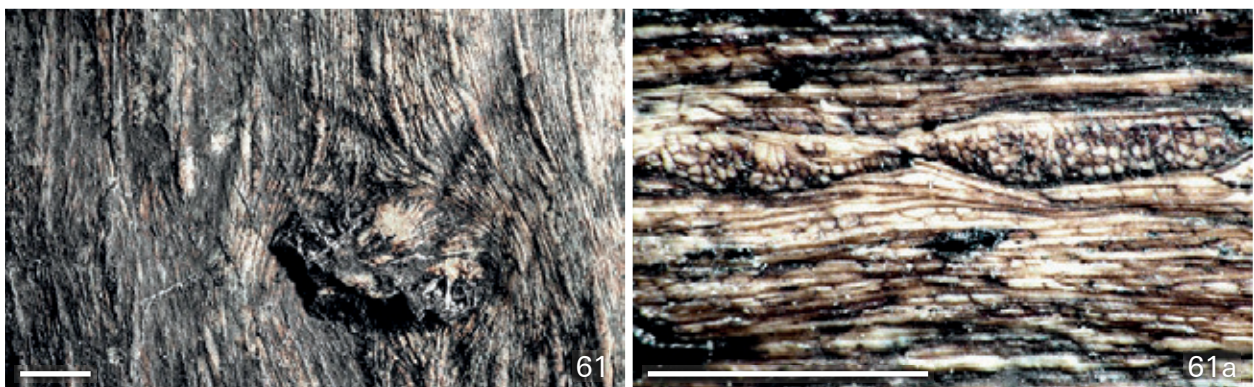


Abb. 61 mit 61a (Detail). *Calamitea striata*, unterirdische Achse mit Wurzelnarbe. Auf der Oberfläche sind die spindelförmigen interfaszikularen mehrreihigen Holzstrahlen zu erkennen. 2. Flöz, Sonderfazies Aufhaun 195, Gittersee. MMG Dresden, SaP 1413. Maßstab = 2 mm.

Fig. 61 with 61a (detail). *Calamitea striata*, subterranean axis showing a root scar and multiseriate inter-fascicular rays. 2nd seam. Scale bar = 2 mm.

saßen, also kauliflor waren. Das muss aber nicht für alle älteren, prästephanischen Vorkommen zutreffen. Dort sind schon Ähren innerhalb der *Annularia*-Zweige beobachtet worden (Rößler & Thiele-Bourcier 1999).

Unsere unterirdischen *Calamitea*-Achsen könnten auch bandförmig sekundär bewurzelte Adventivwurzeln gewesen sein. *Arthropitys*-Arten sind als freistehende große Bäume mit einem stelz-brettförmigen Wurzelsystem in mehreren Vorkommen erkannt worden (Rößler et al. 2012, Rößler 2014). Damit ist das traditionelle Bild einer schachtelhalmähnlichen Wuchsform für diese Calamitengattung nicht mehr haltbar. Es bleibt aber die Frage, ob dann wenigstens *Calamitea* der „monströsen Konstruktion rhizombürtiger Bäume“ (Leistikow 1975) noch entspricht.

Verbreitung: Der Calamit kommt auch im Schweinsdorfer Flöz vor, aber in den Madensteingerölln der Bannewitz-Formation scheint er zu fehlen. In den Tuffen der Planitz-Formation bei Zwickau sind die Steinkerne der aufrechtstehenden Achsen von *Calamites infractus* Gutbier mit ihrer geringeren Zahl an Astnarben pro Nodium wahrscheinlich nur eine standortbedingte Modifikation.

Annularia spinulosa Sternberg

Abb. 62–65

- 1821 „*Annularia spinulosa*“ – Sternberg: 32, Taf. 19, Fig. 4 [nov. gen., nov. sp.]
- 1825 „*Bornia stellata*“ – Sternberg: tent. 31, o. Abb.
- 1855 „*Annularia longifolia* Brongniart.. die *Annularia spinulosa* Sternberg repräsentierend“ – H. B. Geinitz: 10, Taf. 19, Fig. 4
- 1881a „*Annularia longifolia* Brongniart“ – Sterzel: 232, o. Abb.
- 1893 „*Annularia stellata* v. Schlotheim sp.“ – Sterzel: 99, Taf. 9, Fig. 9
- 1958 „*Annularia stellata* (v. Schloth.) Wood“ – Barthel: 50, Taf. 14, Fig. 2; Taf. 15, Fig. 2
- 1976a „*Annularia stellata* (Schloth.) Wood“ – Barthel: 73, Taf. 24, Fig. 7; Taf. 25, Fig. 1, 2; Taf. 26, Fig. 1; Taf. 29, Fig. 11
- 1997 „*Annularia spinulosa* Sternberg“ – Kvaček & Strakova: 141, Taf. 51, Fig. 4
- 1998 „*Annularia stellata* (Schlotheim) Wood“ – Rößler & Barthel: 65, Taf. 4, Fig. 1
- 2000 „*Annularia spinulosa* Sternberg“ – Barthel: 38, Abb. 1a
- 2006 „*Annularia spinulosa* Sternberg“ – Barthel in Reichel & Schauer: 29, Abb. 2.2-6

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Die Blattwirtel von *Annularia spinulosa* sind die wissenschaftlich zuerst beschriebenen Fossilien der Döhlen-Formation und zusammen mit ihren Achsen und Blütenorganen auch die am häufigsten geborgenen Funde. In allen älteren und jüngeren Döhlen-Sammlungen sind sie reich vertreten. Ihre beblätterten Zweige sind für Ausstellungen und Illustrationen sehr geschätzt – eine prachttvolle Gestein-



Abb. 62. *Annularia spinulosa*, verzweigter Ast mit Ast-Blattquirlen. 5. Flöz, Lette 1, Gittersee. MfN Berlin PB 2007/451. Maßstab = 3 cm.

Fig. 62. *Annularia spinulosa*, part of a ramified branch. 5th seam. Scale bar = 3 cm.

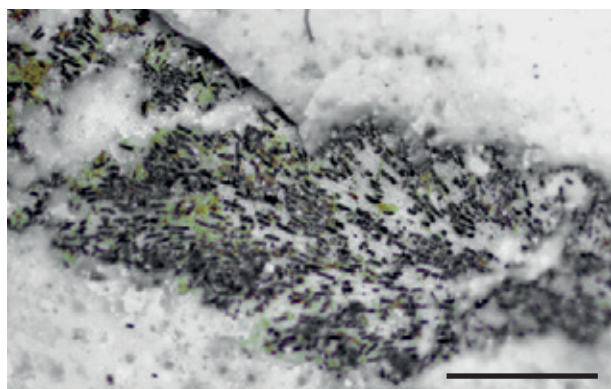


Abb. 63. *Annularia spinulosa*, Blattoberfläche mit großen Epidermiszellen. 5. Flöz, Lette 1, Gittersee. MfN Berlin, 2013/2398. Maßstab = 1 mm.

Fig. 63. *Annularia spinulosa* surface of a leaflet showing large epidermis cells (no hairs!). 5th seam. Scale bar = 1 mm.

splatte des Dresdner Museums (SaP 2037) schmückte 2005 die Blumengebirgsausstellung im Zwinger und war schon 1986–1992 mit „350 Millionen Jahre Wald“ durch viele europäische Museen gereist.



Abb. 64. *Annularia spinulosa*, Zweig mit besonders großen Blattwirteln. 5. Flöz, Lette 7, Bannewitz. MMG Dresden, SaP 4664. Oben links: *Taeniopteris jejunata*. Maßstab = 1 cm.

Fig. 64. *Annularia spinulosa* branch are composed of large leaf whorls. 5th seam. Scale bar = 1 cm.



Abb. 65. *Annularia spinulosa*, juveniler Ast, im Austreiben. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. MMG Dresden, SaP 4483. Maßstab =

Fig. 65. *Annularia spinulosa* evolving immature branch. 3rd seam. Scale bar =

Ihre Bestimmung hat niemals Probleme bereitet; wohl aber ihre Benennung: Der lange benutzte Schlotheimische Artname *stellata* ist nach dem internationalen Code der botanischen Nomenklatur illegitim. *Bornia stellata* (Schlotheim ex Sternberg) Sternberg 1825 wäre legitim, ist aber ein jüngeres Synonym von *Annularia spinulosa* Sternberg 1821. Außerdem sind heute in der Berliner Schlotheim-Sammlung keine Syntypen aus Schlotheims Typuslokalität Manebach mehr vorhanden. Daher habe ich mich nach längerem Zögern entschlossen, den legitimen Artnamen *Annularia spinulosa* Sternberg zu benutzen, dessen im Nationalmuseum Prag erhaltener Typus (Abb. 6) aus der Döhlen-Formation stammt und der Forschung zugänglich ist (Barthel 2000).

Vorkommen/Material: In allen Fundschichten, besonders gut erhaltene Zweige in der Lette 1 des 5. Flözes und im Hangenden des 3. Flözes in Bannewitz, hier auch junge, noch nicht entfaltete Sprosse.

Beschreibung: Die Äste sind einmal plan verzweigt. Ihre primären Achsen erreichen 3 cm Ø und sind im reifen Stadium an den Knoten mit basal scheidenförmig ver-

wachsenen Blattwirteln aus 5 cm langen Blättchen besetzt (Abb. 62). Die Seitenzweige (letzter Ordnung), die bis zu 30 cm lang sind, tragen an den Knoten leicht anisophylle Blattwirtel mit einer Breite von 4–8 cm und einer Höhe von 3–6 cm, die aus 20–34 basal ringförmig verwachsenen Blättchen von max. 4 cm Länge bestehen (Abb. 64). Alle Blättchen der Äste sind annähernd lineal, größte Breite (ca. 2 mm) in der Mitte, manchmal auch im vorderen Drittel, apical in eine scharfe Spitze auslaufend, mit deutlicher Mittelader und zwei flachen Längsrillen, Oberfläche durch die Lumina der relativ großen Epidermiszellen (bis 160 µm lang) fein scheitelförmig gestrichelt (Abb. 63), was man früher für Behaarung hielt. Im juvenilen (unreifen) Stadium sind die Zweige offenbar noch nicht verfestigt und erscheinen im „Schüttellaub“-aspekt (Abb. 65). Die feinen Blattspitzen sind nur bei sehr guter Erhaltung (siehe Typus, Abb. 6) und oft erst nach einer mechanischen Präparation sichtbar.

Rekonstruktion: Alle meine Beobachtungen in Döhlen und in Manebach ergeben, dass die einmal gefiederten Zweige mit *Annularia*-Laub die primären Äste von *Calamites multiramis* waren und dass sie den einzelnen Äh-

ren von *Calamostachys tuberculata* homolog sind. Beide Organe saßen wirtelig zu je 5–6 direkt an den Stämmen, die Blütenähren unterhalb der Blattwedel. Im Chemnitz-Becken zeigen die Zweigspuren der zugehörigen verkieSELten *Calamitea*-Stämme kein sekundäres Dickenwachstum (Rößler & Noll 2007a); die *Annularia*-Zweige waren daher nicht verholzt, also krautig.

Kommentare/Vergleiche: Während *Annularia spinulosa* auch im Schweinsdorfer Flöz häufig ist, scheint sie in der Bannewitz-Formation zu fehlen.

Ein ungelöstes Problem besteht in der Abgrenzung der stephanisch-unterpermischen *Annularia spinulosa* gegenüber älteren Vorkommen. Die zahlreich in der Zwickau-Formation vorkommenden Blattwirtel sind meist etwas größer als die meisten Döhleener Funde. Sterzel (1893) hat sehr sorgfältig ein großes Vergleichsmaterial geprüft und konnte keine taxonomisch relevanten Unterschiede feststellen. Auch innerhalb der Döhlen-Formation sind die Blattwirtel von *Annularia spinulosa* unterschiedlich groß: von 4 cm in der Lette 1 des Flözes bis 8 cm Ø im Hangenden des 3. Flözes – solche erheblichen, offenbar standortbedingten Größenunterschiede kennen wir in der Döhlen-Formation auch von anderen Döhleener Pflanzen, z. B. von *Nemejcopteris feminaeformis*.

Calamostachys tuberculata (Sternberg) Weiss

Abb. 66–71

- 1855 „Fruchtähre von *Annularia longifolia* Brgt.“ – Geinitz: 10, Taf. 18, Fig. 9
- 1876 „*Calamostachys mira* nov. sp.“ – Weiss: 43, Taf. 4, Fig. 1; Taf. 3, Fig. 1
- 1883 „Sporangienähre von *Annularia longifolia*“ – Schenk in Richthofen: 232, Taf. 34, Fig. 5, 5a–c
- 1884 „*Calamostachys mira* Weiss“ – Weiss: 176, o. Abb.
- 1893 „*Calamostachys mira* Weiss“ – Sterzel: 99, o. Abb.
- 1893 „*Annularia stellata* v. Schlotheim sp. mit *Stachannularia tuberculata* Sternberg sp.“ – Sterzel: 99, Taf. IX, Fig. 9
- 1958 „*Calamostachys tuberculata* (Sternberg 1821)“ – Barthel: 51, Taf. 15, Fig. 1, Fig. 4
- 1958 „*Calamostachys mira* Weiss 1876“ – Barthel: 52, Taf. 15, Fig. 5; Abb. 9
- 1976a „*Calamostachys tuberculata* (Sternb.) Weiss emend.“ – Barthel: 79, Taf. 25, Fig. 3–6, 8–10, 14; Taf. 26, Fig. 2
- 1998 „*Calamostachys tuberculata* (Sternberg) Weiss“ – Rößler & Barthel: 65, Taf. IV, Fig. 1
- 2005 „*Calamostachys tuberculata* (Sternberg) Weiss“ – Kunzmann: 39, Abb. 39
- 2006 „*Calamostachys tuberculata* (Sternberg) Weiss“ – Reichel & Schauer: 29, o. Abb.

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Die erste wissenschaftliche Darstellung dieses Fossils und seinen Artnamen verdanken wir indirekt Goethe, der aus seiner



Abb. 66 mit 66a. *Calamostachys tuberculata*, Sporophyllähren. 5. Flöz, Lette 1, Gittersee. MfN Berlin, PB 2012/246. Maßstab = 5 mm.

Fig. 66 and 66a. *Calamostachys tuberculata* strobili. 5th seam. Scale bar = 5 mm.

Manebach-Sammlung einen „Abdruck erster Klasse“ auf dem Tauschweg an den befreundeten Grafen Kaspar Sternberg sandte. Dieser veröffentlichte den Fund 1825 als *Bruckmannia tuberculata* (Nationalmuseum Prag, Inv. Nr. NM E 42) – Barthel (2009, Abb. 30).

Intensiv setzten sich besonders Weiss (1876, 1884) sowie Jongmans (1911) mit diesen Sporophyllähren in Compression-Erhaltung aus der Typuslokalität Manebach auseinander. Es gelang aber damals nicht, die Unterschiede zu den durch Renault (1893/96) gut erforschten permineralisierten Funden aus Frankreich zu überbrücken, und der von Weiss (1876) akribisch dargestellte Einzelfund *Calamostachys mira* galt als eine endemische Sonderform der Döhlen-Formation (Abb. 70).

Die häufigste Calamitenähre der Döhlen-Formation wurde von Sterzel (1893) nur kurz erwähnt. Er übernahm die Bezeichnung seines Mentors Ch. E. Weiss (1876), der in Döhlen zwei Arten unterschieden hatte. Dieser preußische Landesgeologe war ein vorzüglicher Beobachter, und seine Abbildungen der Calamitenähren aus Manebach und den preußischen Steinkohlenrevieren (1876) sind von höchster Qualität. Aber er konnte damals noch nicht die taphonomisch bedingten Unterschiede deuten, und auch Wachstumsstadien der Sporophyllähren und andere paläobiologische Aspekte spielten in seinen Überlegungen noch keine Rolle. Die Folge davon war ein jahrzehntelanger Disput in der Fachliteratur um die Natur der „Rosendorn“-anhänge und anderer Details der Sporophyllähren (Jongmans 1911). Erst die vielen neuen Funde ab 1956 in den weißen Tonsteinen der Döhlen-Formation und ihre Präparationen durch Schlitze und Ätzungen zeigten, dass *Calamostachys mira* mit ihren peltaten Brakteen nur die räumlich besser erhaltene Form und ein ontogenetisch frühes Stadium von *Calamostachys tuberculata* ist, was Schenk (1883) wohl auch schon vermutet hatte. Außerdem gelang es, die ontogenetische Entwicklung der Ähren zu verfolgen und den Zerfall der vertikalen Lamellen der Sporangioaphore zu erkennen. Damit war die Verbindung zu den silifizierten Fossilien aus Autun hergestellt (Barthel 1976a). Neufunde und neue Präparate, vor allem aus dem Hangenden des 3. Flözes bestätigten in den letzten Jahrzehnten diesen Zusammenhang. Damit verfügen wir bei *Calamostachys tuberculata* über eine große Vielfalt von ontogenetischen Stadien, Erhaltungszuständen und Aspekten des gleichen Pflanzenorgans.

Vorkommen/Material: In allen Fundschichten. Besonders häufig und gut erhalten in Lette 1 des 5. Flözes und über dem 3. Flöz, auch in der Fundstelle Aufhaun 195 des Blumengebirges. Im Grubenfeld Bannewitz über dem 3. Flöz auch an juvenilen Achsen (Stämmen) ansitzend.

Beschreibung: Sporophyllähren bis zu 15 cm lang; schlank, bis 5 mm Ø, mit annähernd quadratischen oder leicht langgestreckten Internodien, bis zu 15 in einer Ähre, Knoten nicht verdickt. Brakteenwirtel aus zahlreichen, bis zu 32, 5–10 mm langen Einzelblättchen bestehend, die basal scheibenförmig verwachsen sind und

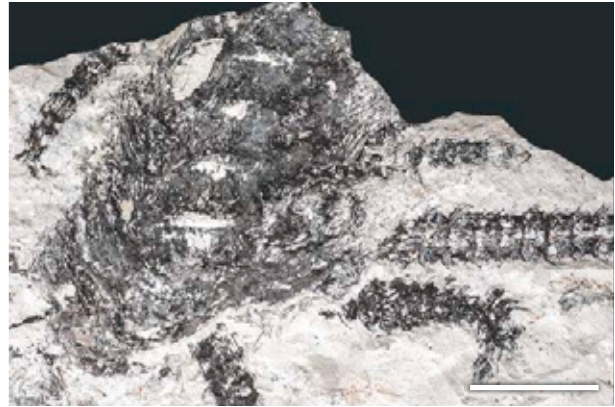


Abb. 67. *Calamostachys tuberculata*, Ähren cauliflor. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. Sammlung Thümmel, TH 56. Maßstab = 2 cm.

Fig. 67. *Calamostachys tuberculata* cauliflorous strobili. 3rd seam, Bannewitz mining area. Scale bar = 2 cm.

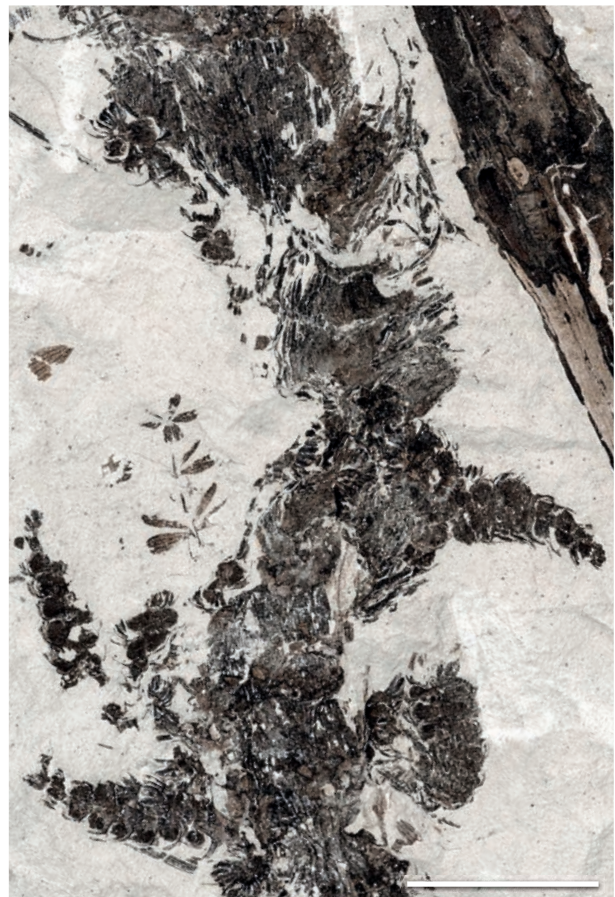


Abb. 68. *Calamites multiramis*, juveniler Stamm mit Laubästen (apical) und Sporophyllähren (basal). 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. MMG Dresden, SaP 4852. Maßstab = 2 cm.

Fig. 68. *Calamites multiramis* juvenile trunk with leafy branches (at top) and strobili (at the bottom). 3rd seam. Scale bar = 2 cm.

deren freie, lineal-spatelförmige, ca. 1 mm breite Spitzen im Reifestadium bogenförmig bis in die Höhe des nächsten Knotens reichen (Abb. 69). Ontogenetisch sind



Abb. 69. *Calamostachys tuberculata*, Brakteen-Wirtel in Aufsicht (unten). 3. Flöz Bannewitz. MMG Dresden, SaP 4848. Maßstab = 1 cm.

Fig. 69. *Calamostachys tuberculata* strobilus in lateral and in front view (bracts below). 3rd seam. Scale bar = 1 cm.

die Brakteenwirtel sehr vielgestaltig: Bei unreifen Ähren sind sie untereinander und mit dem Sporangiphor durch vertikale häutige Lamellen verbunden, deren spätere, meist dreieckige Relikte die vielgenannten „rosendornförmigen Anhänge“ sind (Abb. 66, 67). Außerdem sind die Brakteen peltat, wobei auch dieser häutige Anhang meist in unreifen Stadien deutlich sichtbar ist. Die stiel-förmigen, ca. 3 mm langen Sporangiphore sitzen annähernd senkrecht in der Mitte der Internodien und tragen apical 2 Sporangien in anatroper Stellung. Sporangien im reifen Stadium rundlich, bis 2,5 mm Ø, wobei das obere Sporangium oft abortiert ist. Die Wand der Sporangien besteht aus sehr großen, bis 200 µm langen Epidermiszellen, die mit ihren stark gewellten Antiklinalwänden schon bei schwacher Lupenvergrößerung deutlich sichtbar sind.

Sporen in situ isospor, trilet, laevigat, 35–50 µm Ø, Tectae 1/2–1/3 r, Exine dünn, im Bereich der Kontakta-reen etwas dunkler, meist sekundär parallel zum Äquator verfaltet (Abb. 71). Bei schwachen Mazerationen sind manchmal Reste eines punctaten, eng verfalteten Peris-pors sichtbar.



Abb. 70. *Calamostachys tuberculata* pro syn.: *Calamostachys mira*, Original zu Weiss 1876 (Typus). MMG Dresden, SaP 4234. Maßstab = 5 mm.

Fig. 70. *Calamostachys tuberculata* pro syn.: *Calamostachys mira* Weiss 1876 (type). Scale bar = 5 mm.

Rekonstruktionen: Die Ähren sitzen quirlförmig zu je 5–6 an Knoten stärkerer *Calamites-multiramis*-Achsen; die homologen *Annularia*-Zweige folgen acroscop. Die Beobachtung von Zeiller (1888) in Commeny konnte nun im Hangenden des 3. Flözes durch Funde von H. Hertl bestätigt werden (Abb. 68). Es handelt sich dabei um sehr junge Sprosse, deren Ähren und Laubzweige

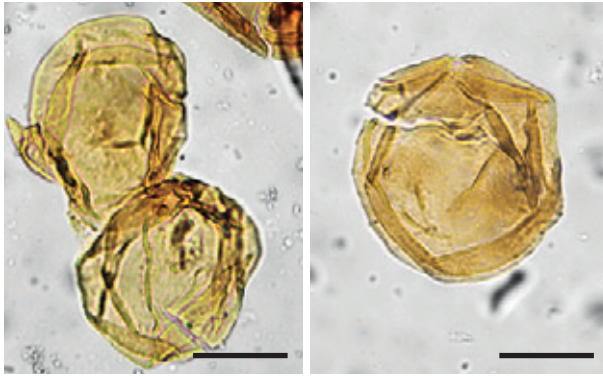


Abb. 71. *Calamostachys tuberculata*, Sporen in situ. 5. Flöz, Lette 1, Gittersee. MfN Berlin, 2013-34 Präp. 68. Maßstab = 25 µm.

Fig. 71. *Calamostachys tuberculata* in situ trilete spores. 5th seam, Gittersee mining area. Scale bar = 25 µm.

noch nicht entfaltet sind. Es war umstritten, ob das Äste erster Ordnung, „im Austreiben begriffen“ (Hirmer 1927) oder junge Stammspitzen sind. Unser neues Material, vor allem Abb. 67 und 68, führt mich zur Ansicht, dass es Hauptachsen sind und nicht Äste erster Ordnung, wie von mir im Thüringer Wald falsch interpretiert (Barthel 2009).

Kommentar/Vergleiche: *Calamostachys tuberculata* kommt auch in einigen Fundschichten des Schweinsdorfer Flöztes vor. Dagegen fehlen die Sporophyllähren, wie auch die zugehörigen Blätter und Achsen, in den Madensteinen der Bannewitz-Formation. Außerhalb des Döhlen-Beckens kommt *Calamostachys tuberculata* in fast allen anderen Rotliegendbecken vor, wird aber in Weißig und einigen Fundschichten des Chemnitz-Beckens durch eine deutlich kleinere und schlankere Form ersetzt, die wir auch aus dem Oberen Stephanium der Wettin-Formation kennen.

***Asterophyllites equisetiformis* (Schlotheim ex Sternberg) Brongniart**

Abb. 72–77

- 1976a „*Annularia* sp.“ – Barthel: 77, Taf. 27, Fig. 14
- 2004 „*Asterophyllites equisetiformis*“ – Barthel: 20, Abb. 6
- 2005 „*Asterophyllites equisetiformis* (Sternberg 1825) Brongniart 1828“ – Kunzmann: Abb. S. 39
- 2006 „*Asterophyllites equisetiformis* (Schlotheim)“ – Reichel & Schauer: 31, Abb. 2.2-4

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Diese, in vielen variszischen Becken häufigste Calamitenbeblätterung ist in der Döhlen-Formation ein sehr seltenes Florenelement. Erst 1978 gelang Th. Thümmel ein sicherer Fund im „Blähton“ über dem 5. Flöz (Abb. 72). Im Schweinsdorfer Flöz ist die Pflanze noch nicht nachgewiesen, aber in der Bannewitz-Formation ist sie 1979 als Impression



Abb. 72. *Asterophyllites equisetiformis*, Zweige. 5. Flöz Hangendes („Blähton“) Gittersee. Sammlung Thümmel, TH 5. Maßstab = 2 cm.

Fig. 72. *Asterophyllites equisetiformis* twigs. 5th seam. Scale bar = 2 cm.

in roten Hornsteinen des Kaitzbachtales von W. Reichel entdeckt worden (Abb. 74). Später konnte ich aus der Madensteinensammlung von H.-J. Weiß mehrere Fragmente von *Arthropitys*-Stämmen und eine dünne unverholzte Calamitenachse mit zugehörigen *Asterophyllites*-Blattquerschnitten untersuchen (Barthel 2004). Diese ist sehr wahrscheinlich eine krautige Zweigachse unserer Pflanze und ein Hinweis auf saisonales Erneuern der Zweige (Abb. 75). An einem juvenilen Zweig aus dem Saale-Becken ist dieses Merkmal noch sichtbar (Abb. 73). Bei den Calamitenstämmen des Chemnitz-Beckens ist das Abwerfen (und z. T. auch Überwachsen) der Zweige anatomisch im Stammholz bei allen drei *Arthropitys*-Arten nachgewiesen (Rößler & Noll 2010).

Vorkommen und Material: Einzelfund eines Zweiges im „Blähton“ über dem 5. Flöz, einzelne Blattquirle im Liegenden des 4. Flöztes, in beiden Fundschichten zusammen mit *Calamites-gigas*-Organen.

Beschreibung: Dünne artikulierte Zweige, bis 0,5 mm Ø, bis 11 cm Länge erhalten, Internodien bis 1,5 cm lang,



Abb. 73. *Asterophyllites equisetiformis*, juveniler Ast im Austreiben. Oberes Stephanium, Wettin-Subformation im Saale-Becken, Halde Plötz. Sammlung Heller (Leipzig). Maßstab = 2 cm.

Fig. 73. *Asterophyllites equisetiformis*, developing immature branched twig. Stephanium, Wettin Formation, Saale-basin, Upper Stephanian. Collection Heller (Leipzig). Scale bar = 2 cm.

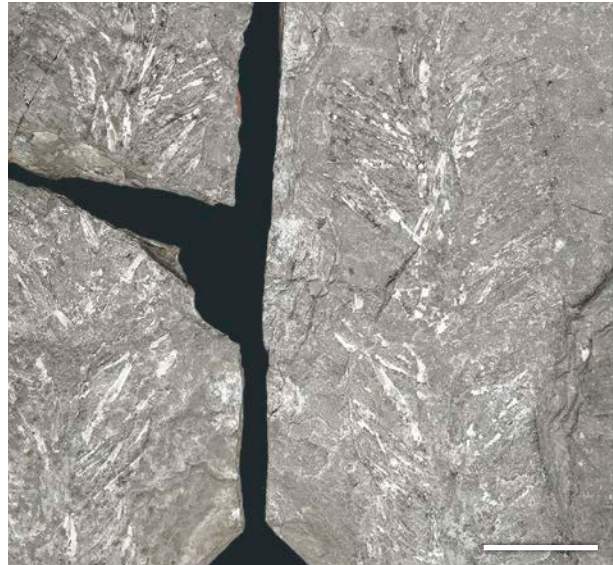


Abb. 74. *Asterophyllites equisetiformis*, Bannewitz-Formation, Kaitzbachtal. MMG Dresden, SaP 3839. Maßstab = 1 cm.

Fig. 74. *Asterophyllites equisetiformis*, Bannewitz Formation. Scale bar = 1 cm.

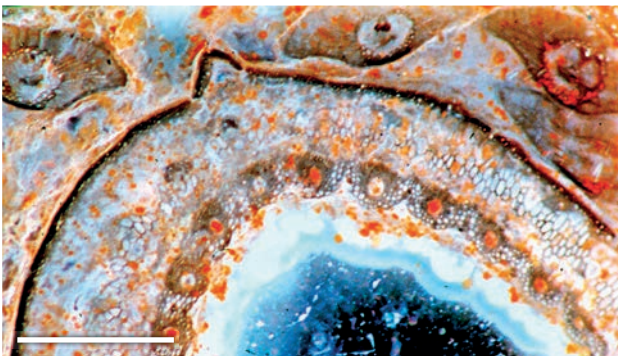
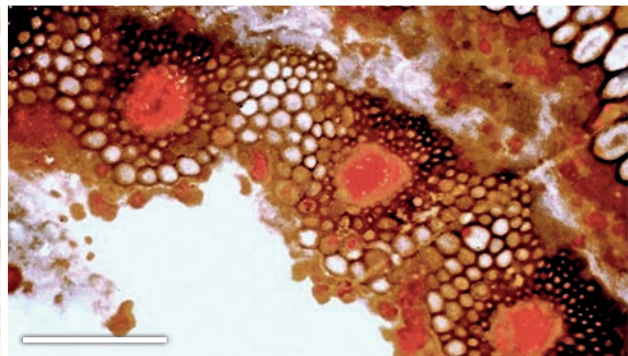


Abb. 75 mit 75a. *Arthropitys* sp., (juveniler, unverholzter *Asterophyllites*-Zweig). Bannewitz-Formation, Lesestein Burgk. Sammlung Weiß, Bu 7-46. Maßstab: **75** = 1 mm; **75a** = 100 µm.

Fig. 75 and Fig.75a. *Arthropitys* sp. juvenile herbaceous twig. Bannewitz Formation. Scal bar: **75** = 1 mm; **75a** = 100 µm.



acrosop allmählich kürzer werdend. Blätter zu je 12–16 isophyll wirtelig an den Knoten der Zweige, schmal-lineal, apical zugespitzt, bis 1,5 cm lang und bis 0,7 mm breit, basal am Diaphragma des Zweiges ansitzend, frei (Abb. 72).

Beschreibung der Zweigachse aus einem Madenstein-geröll: Auf einem Querschnitt ist sehr gut erhaltenes Gewebe einer dünnen Achse mit zugehörigen Blättchen zu erkennen: Um die zentrale Markhöhle der 5 mm Ø Achse gruppieren sich Primärxyembündel mit Carinalkanälen und endarchem Metaxylem. In Richtung Peripherie der Achse schließen sich wenige, in Reihen angeordnete Sekundärxyemtracheiden an. Weiter außen folgt ein Mantel aus großlumigen parenchymatischen

Zellen des inneren Periderms, der nach einer erhaltungsbedingten Lücke von der schmalen, kleinzellig-parenchymatischen primären Rinde und der Epidermis abgeschlossen wird (Abb. 75). Die Querschnitte der zugehörigen Blättchen zeigen ein abaxial gelegenes Leitbündel mit einer markanten Peridermscheide und ein anschließendes Palisadenparenchym, das den größten Teil des Querschnitts bis zur Epidermis ausfüllt (Abb. 76). Die beblätterte Achse, sicher ein Seitenzweig, war krautig, denn ein Sekundärxyem (Holz) fehlt. Ein Fragment einer weiteren *Arthropitys*-Achse, nur aus Sekundärxyem und breiten Markstrahlen bestehend, wird von den gleichen Blattquerschnitten umgeben und könnte zu einer jungen, aber schon verholzten Hauptachse gehören.

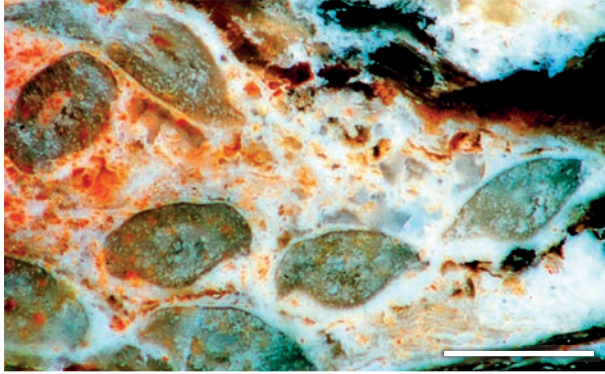


Abb. 76. *Asterophyllites*-Blättchen, quer. Geröll in der Bannewitz-Formation. Lesestein Burgk, Bannewitz-Formation, Sammlung Weiß, Bu 7-146. Maßstab = 1 mm.

Fig. 76. *Asterophyllites* leaflets in cross section. Bannewitz-Formation. Scale bar = 1 mm.



Abb. 77. *Arthropitys* sp., tangential. Lesestein Golfplatz Wilmsdorf, Niederhäslich-Formation. Sammlung Weiß, W-45. Maßstab = 500 µm.

Fig. 77. *Arthropitys* sp., tangential view showing tracheids and biserial rays. Niederhäslich Formation. Scale bar = 500 µm.

Rekonstruktionen: In der Döhlen-Formation sind keine Organzusammenhänge von *Asterophyllites equisetiformis* erhalten. Aber aus Becken des französischen Zentralmassivs (Zeiller 1888) und dem Thüringer-Wald-Becken wissen wir, dass diese Zweige zweizeilig plan an Ästen höherer Ordnung saßen, deren Knoten mit ähnlichen, aber größeren Wirteln beblättert waren, und wir wissen, dass *Asterophyllites equisetiformis* die Blättchen von

peridiodisch verzweigten Calamiten der *Calamitina*-Gruppe (*Calamites undulatus*) mit *Arthropitys*-Struktur und dass *Palaeostachya thuringiaca* die zugehörigen Sporophyllähren waren (Barthel 2009). Dabei waren die *Asterophyllites*-Zweige den einzelnen Sporophyllähren homolog, und grüne und fruktifizierende Äste waren getrennt.

Asterophyllites equisetiformis war nicht das Laub der im Chemnitz-Becken häufigen *Arthropitys bistriata*. Das können wir jetzt, nach der Grabung des Museums für Naturkunde Chemnitz in Hilbersdorf (2008–2011) ausschließen (Rößler et al. 2012). Alle Beobachtungen sprechen dort für einen Zusammenhang der großen *Arthropitys bistriata*-Stämme mit *Annularia spicata* als Blätter (Barthel 2012).

Kommentar: Für eine Artbestimmung der Bannewitzer *Arthropitys*-Stämme wären genau orientierte Radialschnitte und das Erkennen des Verzweigungsmodus erforderlich. Das gilt auch für einige strukturerhaltene Calamitenachsen aus Lesesteinen der Niederhäslich-Formation am Golfplatz Wilmsdorf. Hier ist im Tangentialschnitt der hohe Anteil des parenchymatischen Gewebes in Gestalt mehrreihiger Markstrahlen zwischen den Tracheiden deutlich zu erkennen – ein Merkmal aller verholzten Calamiten (Abb. 77). Aber Quer- und Tangentialschnitte allein genügen nicht zur sicheren Unterscheidung der *Arthropitys*-Arten (Rößler & Noll 2010).

Palaeostachya thuringiaca (Weiss) Barthel

Abb. 78

- 1876 „*Calamostachys superba* nov. sp.“ – Weiss: 46, Taf. 4, Fig. 2
- 1883 „*Calamostachys superba* Weiss“ – Schenk in Richthofen: 232, Taf. 41, Fig. 7
- 1884 „*Calamostachys superba* Weiss“ – Weiss: 176, o. Abb.
- 1893 „*Calamostachys superba* Weiss“ – Sterzel: 99, o. Abb.
- 1911 „*Calamostachys superba* Weiss“ – Jongmans: 311, Fig. 267
- 1913 „*Palaeostachya superba* Weiss“ [nov. comb.] – Jongmans & Kukuk: 64, Taf. 21, Fig. 5, 6
- 1958 „*Calamostachys superba* Weiss“ – Barthel: 52, Taf. 15, Fig. 3
- 1976a „*Palaeostachya superba* (Weiss) Jongm. & Kukuk“ – Barthel: 83, Taf. 26, Fig. 11, 12

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Das sind ungewöhnlich viele Zitate für einen einzigen Fund! Mehrere Bearbeiter haben, durch die scheinbar gute Erhaltung dieser Calamitenähre getäuscht, lange keinen Zusammenhang mit normalen Compressions in anderen Becken gesehen. Jongmans & Kukuk (1913) erkannten aber, dass die Sporangiochore achselständig in den Brakteenwirteln saßen, also eine *Palaeostachya*-Art vorlag. Erst neue, bessere Funde in Manebach (Barthel



Abb. 78. *Palaeostachya thuringiaca* pro syn.: *Calamostachys superba* Weiss. Orig. zu Weiss 1876, Typus. MMG Dresden, SaP 4235. Maßstab = 1 cm.

Fig. 78. *Palaeostachya thuringiaca* pro syn.: *Calamostachys superba* Weiss 1876 (type). Scale bar = 1 cm.

1980) bewiesen, dass *Palaeostachya superba* kein Endemit, sondern nur die räumliche Erhaltung der im Rotliegenden weit verbreiteten *Palaeostachya thuringiaca*-Ähren ist.

Vorkommen und Material: Ein Einzelfund aus einer nicht dokumentierten Fundschicht.

Beschreibung: Teile einer Sporophyllähre, 5 cm lang und 2 cm Ø, Achse 3 mm Ø, Knoten deutlich verdickt, Brakteenquirl becherförmig, bis zu 1,4 cm lang, den übernächsten Knoten erreichend, Zahl und basale (?) Verwachsung der einzelnen schmal-linealen Brakteen nicht erkennbar. Sporangien rundlich-herzförmig, ca. 2 mm Ø, Zahl und Anheftung nicht sicher erkennbar (Abb. 78).

Kommentar: Unser Einzelfund sieht brillant aus, aber die wichtigsten taxonomischen Merkmale sind nicht eindeu-



Abb. 79. *Annularia sphenophylloides*. 5. Flöz Unterbank im Revier Bannewitz. Sammlung Schwarzer. Maßstab = 5 mm.

Fig. 79. *Annularia sphenophylloides*. 5th seam. Private collection Schwarzer. Scale bar = 5 mm.

tig erkennbar. Nur die sehr langen und starren Brakteen ermöglichen den Vergleich mit dem reichen Material aus der thüringischen Typuslokalität Manebach und die Bestimmung als *Palaeostachya*-Art. Dort sind auch die große Zahl (20–28) der Brakteen und ihre basale scheibenförmige Verwachsung sowie die Position der Ähren gut zu erkennen: sie sitzen zweizeilig superponiert an fertilen Ästen des *Calamites undulatus* und sind homolog den Zweigen von *Asterophyllites equisetiformis* (Barthel 2009).

Annularia sphenophylloides (Zenker) Gutbier

Abb. 79

1976a „*Annularia sphenophylloides* (Zenker) Gutb.“ – Barthel: 77, Taf. 24, Fig. 6

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Die Pflanze ist ein sehr seltenes Florenelement im Döhlener Becken. 1893 kannte Sterzel diese Calamitenblätter als Döhlener Florenelement noch nicht, sein einziger Fund gelangte erst später in seine Chemnitzer Sammlung und damit in die Florenlisten bei Pietzsch (1962), Barthel (1976a) und Reichel & Schauer (2006). In den letzten Jahren des Uranbergbaus fand der Bergmann Michael Schwarzer (Dresden) ein weiteres, besser erhaltenes Zweigfragment aus der Unterbank des 5. Flözes.

Vorkommen und Material: zwei Einzelfunde im Liegenden des 4. Flözes, auch in „Sonderfazies“ des Abbaus Gittersee 5421.

Beschreibung: An dünnen, einmal verzweigten Achsen runde, aber deutlich anisophylle Blattwirtel, bis zu 10 mm \varnothing aus 12–14 Einzelblättchen, 2–4 mm lang, umgekehrt keilförmig mit abgerundetem Gipfel und (nur bei sehr guter Erhaltung sichtbar) aufgesetzter sehr kleiner Spitze (Abb. 78).

Kommentare: Die Pflanze gehört zu den Florenelementen, die als Seltenheiten an der Basis einiger Rotliegendebetten (Härtensdorf- und Planitz-Formation im Chemnitz-Becken) noch vorkommen, ihre Hauptverbreitung aber im Oberkarbon (Westphal D bis Oberes Stephanium) haben. In der Zwickau-Formation des Erzgebirgebeckens kennen wir auch die zugehörigen Sporophyllähren (*Calamostachys calathifera* Weiss) und die trileiten laevigaten Sporen mit punctatam Perispor (Barthel 1976a).

***Calamites crassicaulis* (Renault) Kidston & Jongmans mit *Macrostachya carinata* Germar**

Abb. 80–82

1976a „*Calamites* (*Calamitina*) *crassicaulis* (Renault) Kidston & Jongmans mit zugehörigen Sporophyllähren: *Macrostachya carinata* Germar emend. Sterzel“ – Barthel: 67, Abb. 9, Taf. 29, Fig. 1–3

1982 „*Calamitina crassicaulis* Ren.“ – Barthel in Haubold: 75, Abb. 42

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Ein Fund W. Emmrichs 1965 auf der Halde von Schacht III ist der erste und einzige Nachweis dieses ursprünglich nur im Oberkarbon bekannten Calamiten im Döhlener Becken. Es war auch der erste sichere Beweis für die Zusammengehörigkeit von Stamm und Blütenzapfen. Auch in der Planitz-Formation des Chemnitz-Beckens und in der Goldlauter-Formation des Thüringer-Wald-Beckens sowie in der Nordwestsächsischen Senke gibt es nur je einen einzelnen Fund einer dispersen Sporophyllähre (Barthel et al. 1975, Barthel 1976a, Rößler pers. Mitteilung). Nomenklatorisch ist nach Nêmejc (1953) der äl-



Abb. 80. *Calamitina crassicaulis* mit *Macrostachya carinata*-Zapfen. 5. Flöz, Lette 1, Gittersee. MfN Berlin, PB 2012/247. Zeichnung K. H. Haupt. Maßstab = 1 cm.

Fig. 80. *Macrostachya carinata* attached to *Calamitina crassicaulis*. Refigured from Barthel 1976a. Drawing by K. H. Haupt. Scale bar = 1 cm.

tere Artname *infundibuliformis* Brongniart ungültig, da Brongniarts Originale zu verschiedenen Arten gehören.

Vorkommen/Material: Ein einziges Fragment eines Stammes mit teilweise ansitzenden Ästen und Sporophyllähren aus der Lette 1 des 5. Flözes in Gittersee.

Beschreibung: Stammfragment 20 cm lang, 10 cm \varnothing , mit sehr kurzen Internodien (ca. 15 mm), Kohlenrinde auf den Resten des Marksteinkerns dick, unregelmäßig periodisch verzweigt (Typ *Calamitina*) entweder pro Nodium 6 Seitenäste oder große, an schüsselförmigen Narben (25 mm \varnothing) ansitzende Sporophyllzapfen, Narben der Seitenäste ca. 5 mm \varnothing . Seitenäste spitzkonisch am Stamm ansitzend, Internodien basal 2 cm, dann bis zu 5 cm Länge beobachtet, \varnothing ca. 2 cm, Leitbündel an den Knoten spitz alternierend, an Blattnarben 5–6 Bündel konzentrisch zusammenlaufend. Blättchen vereinzelt, schmal-lineal, bis 5 cm lang, eine wirtelige Struktur ist nicht zu erkennen.

Sporophyllähren sehr groß, über 10 cm lang und 3,5 cm \varnothing , zapfenförmig mit stumpfem Gipfel, kurz gestielt bis sitzend, Achse nicht direkt sichtbar, die innere Narbe der Zapfen am Stamm ist fast 1 cm \varnothing . Brakteen



Abb. 81. *Calamitina crassicaulis* mit *Macrostachya carinata*. 5. Flöz, Lette 1. MfN Berlin, PB 2012/247. Maßstab = 2 cm.

Fig. 81. *Macrostachya carinata*, attached to *Calamitina crassicaulis*. 5th seam. Scale bar = 2 cm.

pro Wirtel zahlreich (bis 35), den übernächsten Wirtel erreichend und teilweise überlappend, basale Teile nicht sichtbar, freie Enden bis 1 cm lang (Abb. 80, 81).

Kommentare und Vergleiche: Die Periodizität der Verzweigungen und der Zapfenwirtel ist wegen des kurzen Fragments nicht klar zu erkennen – sicher aber nicht so regelmäßig wie bei dem Typusexemplar von Renault & Zeiller (1888–1890) aus dem Stephanium von Commeny. Im Rotliegenden des Innersudetischen Beckens sind die Zapfen von Goeppert (1864/65) unter *Huttonia truncata* und *Huttonia equisetiformis* beschrieben. Ähnliche, aber wesentlich schlankere Zapfen kommen dispers regelmäßig im Bolsoviium der böhmischen Binnenbecken, aber auch im Westphal C von Flöha, hier auch mit großnarbigen Calamitenstämmen (Löcse et al. 2013) sowie im Westphal D von Zwickau vor. Libertin & Bek (2004) beschrieben den Feinbau der heterosporen Ähren unter *Huttonia spicata* Sternberg. Wie in der Döhlen-Formation konnte ein Zusammenhang mit sterilen Blattquirlen bisher nirgends beobachtet werden.



Abb. 82. *Macrostachya carinata*, Zapfen. 5. Flöz, Lette 1, Gittersee. MfN Berlin, PB 2012/248.

Fig. 82. *Macrostachya carinata*, strobilus. 5th seam.

Calamites sp. sp.

Abb. 83, 84

Die meisten Beobachtungen von anstehenden Calamitenstämmen untertage konnten aus technischen Gründen nicht mit der Bergung und Aufbewahrung dieser Fossilien verbunden werden (Abb. 191). Außerdem sind die meisten Stammfragmente in den Sammlungen ohne Rindenoberfläche aus dem Anstehenden herausgebroschen worden. Auch das ist verständlich, denn die meisten Marksteinkerne lösen sich beim Bergen mechanisch relativ leicht zusammen mit dem fest anhaftenden inneren Kohlenmantel (dem Holz), nicht aber mit den zarten Resten der Rinde, die weiter außen im Gestein stecken bleiben. Das gilt auch für ansitzende Adventivwurzeln (Abb. 84). Daher bleiben die meisten untertage beobachteten, aber auch viele gesammelte Calamitenstämmen und ihre Querschnitte unbestimmt.

Unter den von Sterzel (1893) beschriebenen Arten, die nicht Synonyme von *Calamites gigas* und *Calami-*



Abb. 83. *Calamites* cf. *suckowii*, Marksteinkern. MMG Dresden, SaP 1878. Maßstab = 2 cm.

Fig. 83. *Calamites* cf. *suckowii* pith cast. Scale bar = 2 cm.



Abb. 84. *Calamites* sp., basaler Stamm mit Adventivwurzeln. 5. Flöz, Lette 1, Gittersee. MMG Dresden, SaP 913. Maßstab = 2 cm.

Fig. 84. *Calamites* sp. basal trunk and attached roots. 5th seam. Scale bar = 2 cm.

tes multiramis sind, muss besonders *Calamites suckowii* Brongniart erwähnt werden: Der beste Fund, in der Sammlung des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie in Freiberg bewahrt, ist ein kräftiger Marksteinkern mit dünner Kohlenhaut, von 20 cm Ø, mit 3–4 cm langen Internodien. Die Rippen sind 3–4 mm breit, abgeflacht, mit kleinen runden Infranodalnarben (Blattspuren der Stammbeblätterung) an den oberen, deutlich abgerundeten Rippenenden, die Furchen sind sehr schmal und alternieren an den Nodi-allinien oder laufen geradlinig durch. Die Unterschiede zu *Calamites gigas* mit seinen ähnlich dicken Stämmen und breiten Rippen bestehen in den abgerundeten Rippenenden mit ihren Infranodalnarben. Eine eigene natürliche Art ist aber *Calamites suckowii* sicher nicht; eher ist er die basale Stammpartie anderer Calamiten. Es sind aber bisher weder in Döhlen, noch in anderen Becken Zusammenhänge mit distalen Stammpartien beobachtet worden. Der wohl wichtigste Fund von *Calamites suckowii* im Saar-Nahe-Becken ist noch nicht bearbeitet (Geoscop Urweltmuseum Burg Lichtenberg).

4.4. Altfarne (Coenopteridales)

Nemejcopteris feminaeformis (Schlotheim ex Sterzel) Barthel

Abb. 85–91, 92

- 1855 „*Cyatheites argutus* Brongniart“ – Geinitz: 24, Taf. 29, Fig. 1–3
- 1893 „*Goniopteris foeminaeformis* v. Schloth. sp. var. *arguta* Sternb. sp.“ – Sterzel: 41, Taf. V, Fig. 8; Taf. VI, Fig. 1–4
- 1958 „*Pec. feminaeformis* (v. Schloth.)“ – Barthel: 53, o. Abb.
- 1967 „*Pecopteris (Dys-Corynepteris) feminaeformis* Schlottheim“ – Barthel: 345, Taf. 1, Fig. 1–3
- 1968 „*Nemejcopteris feminaeformis* (Schloth.) comb. nov.“ – Barthel: 733, Taf. 1–4, Textabb. 1–3
- 1975 „*Nemejcopteris feminaeformis* (Schloth.)“ – Barthel: 461, Taf. 2, Fig. 1–12; Taf. 3, Fig. 1–13
- 1976a „*Nemejcopteris feminaeformis* (Schloth.) Barthel“ – Barthel: 30, Taf. 1, Fig. 3 u. 4; Taf. 2, Fig. 6–8; Taf. 3, Fig. 3–6



Abb. 85. *Nemejcopteris feminaeformis*, Rekonstruktion. Graphik E. Tanger, MfN Berlin.

Fig. 85. *Nemejcopteris feminaeformis*, reconstruction. From Barthel (2004), drawing by E. Tanger, MfN Berlin.

- 1995 „*Nemejcopteris feminaeformis* (Schloth.) Barthel“ – Barthel & Rößler: 11, Abb. 8–17
- 1998 „*Nemejcopteris feminaeformis*“ – Rößler & Barthel: 68, Pl. VI, Fig. 3–5; Pl. VII, Fig. 1–4
- 2004 „*Nemejcopteris feminaeformis*“ – Barthel: 25, Abb. 15a, 15b
- 2006 „*Nemejcopteris feminaeformis* (Schlotheim) Barthel mit *Schizostachys spiciformis* (Andrae) Barthel“ – Reichel & Schauer: 28, Abb. 2.2-1
- 2009 „*Nemejcopteris feminaeformis*“ – Taylor, Th., Taylor, E. & Krings: 416, Fig. 11.70

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Organische Zusammenhänge dieses im ganzen Laurasia- und Cathaysia-Florengebiet verbreiteten Farnes wurden zuerst in der Döhlen-Formation erkannt. Die sterilen *Pecopteris feminaeformis*-Fiedern waren zwar in allen variszischen Binnenbecken des Stephaniums und Unteren Perms und auch im Döhlen-Becken seit langem bekannt, aber man wusste nichts über die botanische Natur des Fossils. Nicht einmal die Farnnatur war sicher. Da bot die 1956 entdeckte Fundschicht „Lette 1“ im unmittelbaren Hangenden des 5. Flözes im Grubenfeld Gittersee mit ihrem massenhaften Vorkommen von *Pecopteris feminaeformis*-Fiedern die Chance, auch die fertilen Organe zu finden und die Wuchsform der Pflanze zu rekonstruieren. Das gelang mit Hilfe des Bergmannes Willy Emmrich und des Geologiestudenten Rainer Jülich, die auf einer Bergehalde die wichtigsten Beweisstücke bargen. Dies war eine große Entdeckung. Nur die Symmetrie der Sporangien und die Position ihres Annulus konnte ich damals nicht richtig deuten (Barthel 1968); dies korrigierte dann Brousmiche (1976). 1974 gelang es dem Bergmann



Abb. 86. *Nemejcopteris feminaeformis*, steriles Wedelfragment. 5. Flöz, Lette 1, Gittersee. Sammlung Thümmel, TH 7. Maßstab = 1 cm.

Fig. 86. *Nemejcopteris feminaeformis*, sterile pinnae. 5th seam, Gittersee mining area. Scale bar = 1 cm.



Abb. 87. *Nemejcopteris feminaeformis*, basale Gabelung eines sterilen Wedels. 5. Flöz, Lette 1, Gittersee. MfN Berlin, PB 1985/103. Maßstab = 1 cm.

Fig. 87. *Nemejcopteris feminaeformis*, basal dichotomy of a sterile frond. 5th seam. Scale bar = 1 cm.

Klaus Rischke, einen kompletten fertilen Wedels vom Typ *Schizostachys* Grand'Eury zu bergen. Damit konnte die Zuordnung der Pflanze zu den vierzeilig beblätterten Zygoteridaceen mit einer Wuchsform als Spreizklimmer und bilateral symmetrischen Sporangien bestätigt werden (Barthel 1975). Später gelang es auch, ganze Sporangien aus dem Gestein herauszulösen und räumlich genauer zu erkennen. Die zeichnerische Rekonstruktion der sterilen Sprosse von Frau E. Tanger ist durch das entsprechende Modell in der Blumengebirgsausstellung



Abb. 88. *Nemejcopteris feminaeformis*, Spitze eines Phyllophors mit aphleboider Basisfieder. 5. Flöz, Lette 1, Gittersee. MfN Berlin, PB 1981/83. Maßstab = 1 cm.

Fig. 88. *Nemejcopteris feminaeformis*, top of a phyllophore with an aphleboid pinnule. 5th seam. Scale bar = 1 cm.

des MMG Dresden im Zwinger 2005 weithin bekannt geworden und hat auch andere Rekonstruktionen in der Fachliteratur inspiriert (Abb. 85).

Vorkommen/Material: In fast allen Fundschichten der Döhlen-Formation nachgewiesen, besonders häufig im Blumengebirge unter dem Hauptflöz und in der Lette 1 sowie im „Blähton“ über dem 5. Flöz. Auch in der Farn-Thanatocoenose über dem 3. Flöz in Bannewitz. Meist sterile Fiedern und Achsen; fertile Organe sind sehr selten.

Beschreibung: Die Rhizome sind 3–6 mm starke Achsen, die sich mehrfach dichotom teilen und dicht mit stachelförmigen, bis 3 mm langen Emergenzen besetzt sind (Abb. 90, 91). Rechtwinklig davon zweigen die fiedertragenden Achsen ab, die neutral als Phyllophore bezeichnet werden (Bertrand 1907). Sie werden basal von Aphlebien scheidenförmig umhüllt, sind 2–7 mm stark und bis zu 40 cm Länge beobachtet. Auch diese Achsen sind mit stachelförmigen, bis 3 mm langen Emergenzen besetzt. Ihre Oberfläche ist höckerförmig. Die leicht flexuosen Phyllophore sind apical farntypisch eingerollt (Abb. 88) und tragen die basal räumlich gegabelten Fiedern 1. Ordnung (Abb. 87). Die beiden Gabeläste der Fiedern 1. Ordnung sind plan und katadrom doppelt gefiedert, ihre max. Größe ist unbekannt, minimal 50 cm



Abb. 89. *Nemejcopteris feminaeformis*, fertiler Wedel. 5. Flöz, Blähton, MMG Dresden, SaP 593. Maßstab = 1 cm.

Fig. 89. *Nemejcopteris feminaeformis*, fertile frond. 5th seam. Scale bar = 1 cm.



Abb. 90. *Nemejcopteris feminaeformis*, Rhizom. 5. Flöz, Lette 1, Gittersee. MfN Berlin, PB 2012/37. Maßstab = 1 cm.

Fig. 90. *Nemejcopteris feminaeformis*, bifurcated rhizome. 5th seam. Scale bar = 1 cm.

lang und höchstens 30 cm breit, von etwa rhombischem Umriss (mesoton), an ihrer Basis eine bis 10 mm große rundliche Aphlebie, die sich basal fächerförmig in zahlreiche (bis 16) lineale, distal noch weiter gegabelte Segmente teilt (Abb. 92 F). Die Fiedern letzter Ordnung sind breit lineal, ca. 14 cm lang und bis 2 cm breit. Fiederachsen mit zwei Längsfurchen, schwach bestachelt, ihr adaxiales Basisfiederchen ist aphleboid. Die normalen sterilen Fiederchen (*Pecopteris feminaeformis*) sind gezähnt, sehr starr wirkend, breit ansitzend und untereinander basal verwachsen, ca. 7–9 mm lang und 2–8 mm

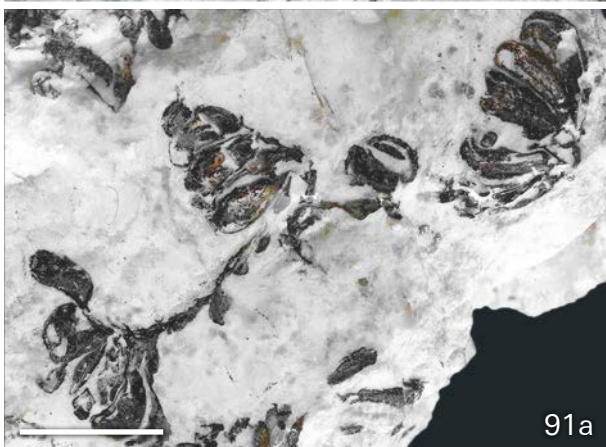


Abb. 91. *Nemejcopteris feminaeformis*, Rhizom mit aphleboiden Fiedern. MfN Berlin, PB 2012/505. Maßstab = 5 mm.

92 a. *Nemejcopteris feminaeformis*, fertile Fieder I. O. MfN Berlin PB 2012/422. Maßstab = 5 mm.

Fig. 91. *Nemejcopteris feminaeformis* aphlebid pinnulae attached to a rhizome. 5th seam. Scale bar = 5 mm.

92a. *Nemejcopteris feminaeformis* fertile pinna. 5th seam. Scale bar = 5 mm.

breit, Nervatur markant, einfach gefiedert, Seitennerven gerade, in die Zähne des Randes gerichtet (Abb. 86).

Die fertilen Wedel sind morphologisch sehr auffällige, nicht an Farne erinnernde Organe, die sich in allen Merkmalen von den *feminaeformis*-Fiedern unterscheiden (Abb. 88). Sie sind dorsiventral befiedert und beste-

hen aus einer unproportional dicken Achse, die adaxial mit kurzen aphleboiden Fiedern besetzt ist. Die lateralen Fiedern sind bis 8 cm lang und 0,7 cm breit. Adaxial sind sie mit ca. 1,5 mm großen aphleboiden Fiederchen besetzt, abaxial hängen zweizeilig, 2 mm-langgestielte Sori zu je 4–8 Sporangien an den Fiederachsen (Abb. 92 A).

Die Sporangien sind 3–4 mm lang und 1–1,5 mm Ø, bilateral symmetrisch und ausgeprägt dorsiventral, bananenförmig gekrümmt, mit sehr unterschiedlichen konvexen und konkaven Seiten, die sich auch durch ihre Epidermisstruktur unterscheiden (Abb. 92 B). Die adaxiale, konkave Seite besteht aus unregelmäßig isodiametrischen Zellen, die abaxiale konvexe Seite aus schmalen langgestreckten Zellen. Auf beiden Seiten sind kleine dunkle Nester sklereidischer Zellen (mit dunklen Inhalten) zwischengeschaltet (Abb. 92 E). Lateral werden die Sporangien von einem, 2–3 reihigen Annulus aus kräftig kutinisierten, quergestreckten Zellen umgeben (Abb. 92 C). Dieser ist meist am Apex scharnierartig kurz unterbrochen („double annulus“ bei Phillips & Galtier 2005) und trennt sich bei der median verlaufenden Dehizens der Sporangien in zwei identische Hälften. Bei einigen unserer Präparate (? unreife Sporangien) scheint der Annulus nicht unterbrochen zu sein. Isosporen in situ trilet, Äquator circular, 75–90 µm Ø, Tectae gerade, dünn, 1/3–1/2 r, Exine dick, Ornamente bis 1,5 µm hoch, verrucatus-muratus (Abb. 92 D). Im System der dispersen Sporomorphen sind sie als *Verucosiosporites sinensis* Irmgrund bekannt (Döring 1978).

Vergleiche und Kommentare: Die gezähnten *feminaeformis*-Fiederchen sind im ganzen Stephanium und Rotliegenden mit keinem anderen Blattfossil zu verwechseln, und sie waren auch nicht mit anderen Farnen zu vergleichen. Erst unsere Funde ihrer vierzeilig an bestachelten Phyllophoren sitzenden Fiedern ermöglichten botanische Vergleiche. Besonders die von Němejč (1938) publizierte *Corynepteris*-Arten mit ihrer morphologisch ähnlichen Wedelarchitektur waren die Schlüssel zur Lösung des taxonomischen Problems und das Motiv für die Aufstellung der Gattung *Nemejcopteris*: *Pecopteris feminaeformis* ist ein jungpaläozoischer Farn aus der Fami-

→ **Abb. 92.** (A–I). *Nemejcopteris feminaeformis*, alles 5. Flöz Hangendes, Grubenfeld Gittersee (A–H = MfN Berlin=.

A. Fertile Fiedern. PB 2012/422. Maßstab = 3 mm.

B–G. Sporangien-Wände und Sporen. MfN Berlin, PB 2014/474. Maßstäbe: **B–E**, G = 0,5 mm; **F** = 50 µm.

H. Rhizom. PB 2013/637. Maßstab = 1 cm.

I. Aphleboide Fieder. MMG Dresden, SaP 4672. Maßstab = 5 mm.

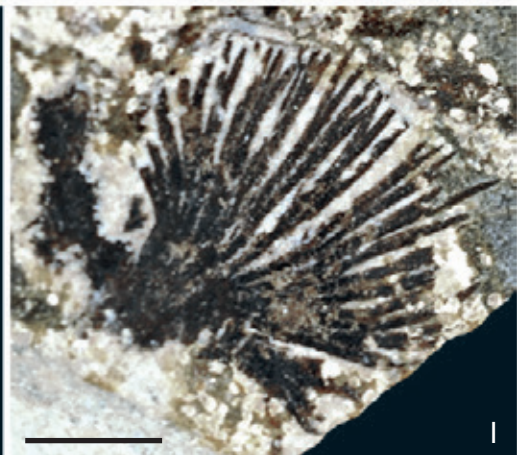
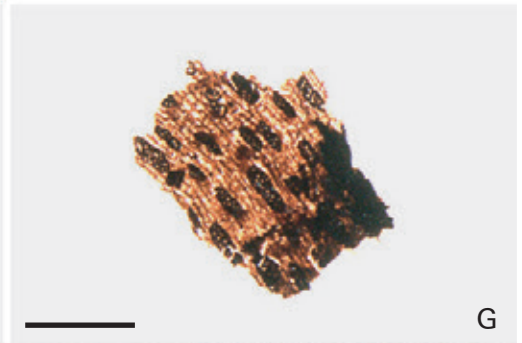
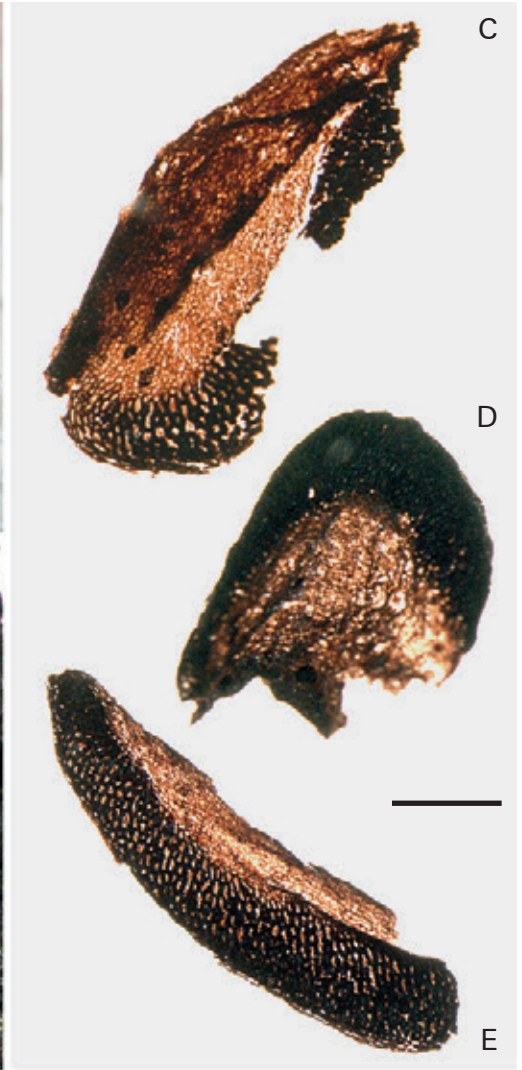
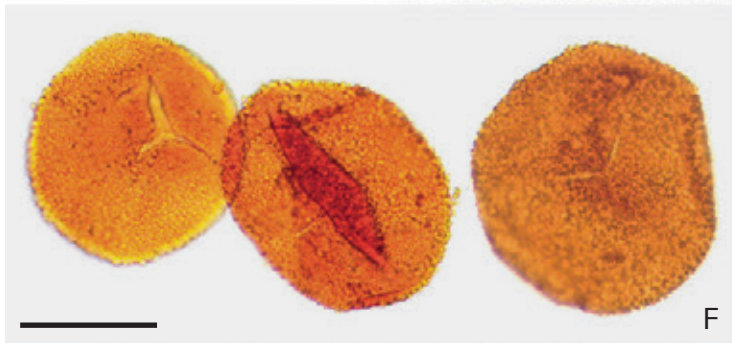
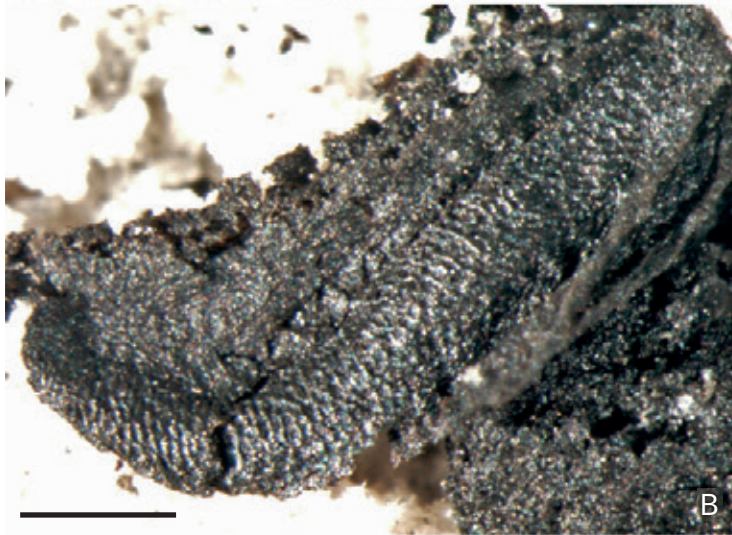
→ **Fig. 92.** (A–G). *Nemejcopteris feminaeformis*. 5th seam.

A. Fertile pinna with sori. Scale bar = 3 mm.

B–G. Walls of Sporangia and in situ spores. Scale bars: **B–E**, G = 0,5 mm; **F** = 50 µm.

H. Rhizome. Scale bar = 1 cm.

I. Aphlebid pinnule. Scale bar = 5 mm.



lie der Zygoteridaceen (Barthel 1968). Inzwischen hat sich dieser Zusammenhang mehrfach bestätigt und bei Phillips & Galtier (2005) zu einer neuen Rekonstruktion einer *Zygoteris*-Art mit gleicher Wuchsform wie *Nemejcopteris* sowie einer Darstellung der Evolution der Zygoteridales (Unterkarbon–Oberperm) geführt.

In anderen stephanischen und unterpermischen variszischen Binnenbecken sind ähnliche fertile Wedel seit langem bekannt, im französischen Zentralmassiv auch zusammen mit struktur erhaltenen *Etapteris*-Achsen und sehr unterschiedlich, meist als *Zygoteris* benannt. Die nomenklatorisch korrekte Bezeichnung für die nur als Compressions erhaltenen Wedel, zuerst aus der Wettin-Formation des Saale-Beckens beschrieben, ist *Schizostachys spiciformis* (Andrae in Germar 1851) Grand'Eury 1877.

Ein gemeinsames Vorkommen mit *feminaeformis*-Fiedern kennen wir bisher nur aus dem Saar-Lorraine-Becken (Brousmiche 1976), dem Thüringer Wald (Barthel 2009), Wettin (Germar 1851) und aus dem Kladno-Rakovnik-Becken (Němejc 1938).

Im Oberen Pennsylvanian Nordamerikas sind ähnliche fertile Wedel und sehr ähnliche Sporangien, sowohl als Compressions als auch struktur erhalten, als Arten von *Biscalitheca* Mamay (1957) bekannt (Cridland 1966, Phillips & Andrews 1968, Millay & Rothwell 1983). Ein Zusammenhang mit sterilen *feminaeformis*-Fiederchen ist dort aber nicht bekannt. Es ist daher nicht bewiesen, dass unsere *Nemejcopteris*-Sporangien mit *Biscalitheca* identisch sind. Auch die zweifelhafte apicale Unterbrechung des *Nemejcopteris*-Annulus spricht dagegen. Zygoteridales mit apical durchlaufendem Annulus sind auch bei den sehr ähnlichen, aber kleineren Sporangien der stratigraphisch älteren *Corynepteris*-Arten bekannt. Phillips & Galtier (2005) sehen sie evolutionär als Vorläufer der *Biscalitheca*-Arten.

Rekonstruktion: Im sterilen Zustand sind alle Organe der Pflanze im Zusammenhang bekannt – die Rekozeichnung (Abb. 85) gibt gesicherte Kenntnisse wieder. Unsicher ist nur die Höhe der Luftspore (Phyllophore). Die Schätzung von 1–2 m beruht auf biomechanischen Vergleichen mit rezenten Spreizklimmern. Die fertilen Wedel sind vollständig erhalten; aus ihrem sehr kompakten Bau der Rhachis und den vielen, mit großen Sori behangenen Fiedern schließe ich auf eine relativ hohe Masse. Leider kennen wir den direkten organischen Zusammenhang mit den vegetativen Organen nicht. Denkbar ist eine Position an den Phyllophoren anstelle einer sterilen Gabelfieder 1. Ordnung. Wahrscheinlicher ist aber eine Stellung der fertilen Wedel als eigene Luftspore an den Rhizomen. Sicher ist, dass die Pflanze sehr selten fruktifizierte und sich vorwiegend vegetativ über ihre Kriechtriebe ausbreitete.

Standort/Vegetation: Die Funde in der Lette 1 des 5. Flözes beweisen, dass die Pflanze ein Element der Waldmoorvegetation zusammen mit Cordaiten, Psaronien und *Calamitea* war. Auch im Blumengebirge über dem 2. Flöz, hier zusammen mit *Sphenophyllum* und Cordaiten,

deutet das Vorkommen auf Moorstandorte hin. Die vereinzelt Funde über dem 3. Flöz zusammen mit anderen Farnen belegen auch hygromesophytische Standorte in Alluvialebenen außerhalb der Moore.

Oligocarpia leptophylla (Bunb.) Grauvogel-Stamm & Doubinger

Abb. 93–99

- 1893 „*Sphenopteris Burgkensis* n. sp.“ – Sterzel: 9, Taf. I, Fig. 1–2
- 1958 „*Sphenopteris burgkensis* Sterzel 1893“ – Barthel: 45, Taf. XIII, Fig. 4
- 1976a „*Botryopteris burgkensis* (Sterzel) nov. comb.“ – Barthel pro parte: 25, Taf. 7, Fig. 6–7. [invalid comb. nov.]
- 1995 „*Oligocarpia leptophylla* (Bunb.) Grauvogel-Stamm & Doubinger“ – Barthel & Rößler pro parte: 19, Abb. 3, 27 und 28
- 1997 „*Oligocarpia leptophylla* (Bunb.) Grauvogel-Stamm & Doubinger“ – Schneider & Barthel: 194, Taf. II, Fig. 1–3, 6
- 2004 „*Oligocarpia leptophylla*“ – Barthel: 23, Abb. 12a, b

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Unter den spärlichen Funden sphenopteridischer Fiedern, über die Sterzel (1893) verfügte, ragt ein Fund aus dem Windbergschacht mit doppelt gefiederten Wedelteilen heraus. Trotz sorgfältiger Literaturvergleiche glaubte Sterzel irrtümlich, damit eine neue Art entdeckt zu haben. Später erwähnte er sie auch im Ilfeld-Becken (Sterzel 1901). Dieses Synonym, *Sphenopteris burgkensis* Sterzel, belastete lange die Literatur. Erst R. H. Wagner erkannte diesen Irrtum und konnte in Wagner & Sousa (1985) eine umfangreiche Synonymie dieses stephanisch-unterpermisch weitverbreiteten Farnlaubes aus der portugiesischen Typuslokalität Buçaco vorlegen. Dessen botanische Natur als *Oligocarpia*-Art erkannten Grauvogel-Stamm & Doubinger (1975) im Becken von Blanzymontceau. Aber schon Gotheran hatte 1911 in der Sammlung der Preußischen Geologischen Landesanstalt (jetzt Museum für Naturkunde Berlin) einen fertilen Wedel aus dem Ilfeld-Becken als *Oligocarpia burgkensis* etikettiert. Němejc (1938) erwähnt eine *Discopteris burgkensis* aus dem Stephanium des Kladno-Rakovnik-Beckens. Diese frühen Erkenntnisse wurden aber nicht publiziert, bzw. nicht weiter beachtet.

In den 1970er Jahren wurden in der Döhlen-Formation viele prachtvolle Funde steriler Wedelteile über dem 3. Flöz geborgen (Sammlungen Thümmel und Hertl). Die sehr seltenen fertilen *Oligocarpia*-Fiedern konnten aber erst nach einer unkonventionellen Präparation eines Fundes von W. Reichel erkannt werden (Barthel & Rößler 1995).

Vorkommen/Material: Besonders häufig und in großen Fragmenten wurde unser Farn über dem 3. Flöz im Bau-



Abb. 93. *Oligocarpia leptophylla*, Wedelfragment. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. Sammlung Thümmel, TH 25. Maßstab = 1 cm.

Fig. 93. *Oligocarpia leptophylla*, 3rd seam. Scale bar = 1 cm.



Abb. 94. *Oligocarpia leptophylla*. Hauptachse und Fiedern. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. Sammlung Thümmel, TH 28. Maßstab = 2 cm.

Fig. 94. *Oligocarpia leptophylla*, main axis and sterile frond. 3rd seam. Scale bar = 2 cm.



Abb. 95. *Oligocarpia leptophylla*, sterile Fiedern. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. Sammlung Hertl, H 01. Maßstab = 1 cm.

Fig. 95. *Oligocarpia leptophylla*, sterile pinnae. 3rd seam. Scale bar = 1 cm.

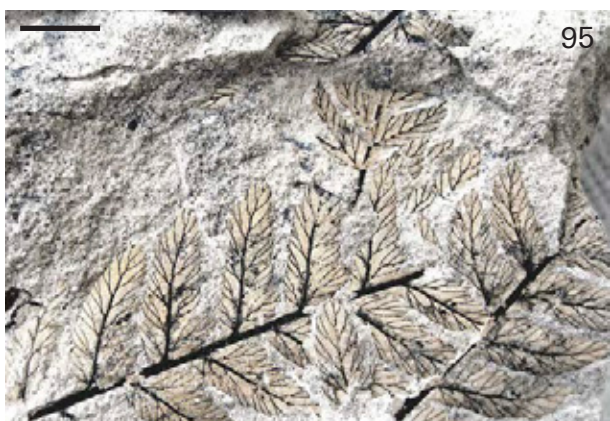


Abb. 96. *Oligocarpia leptophylla* mit seismischer Spaltenfüllung. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. Sammlung Thümmel, TH 24. Maßstab = 1 cm.

Fig. 96. *Oligocarpia leptophylla*, sterile frond, divided by a clastic dyke resulting from seismic activity. 3rd seam. Scale bar = 1 cm.



Abb. 97. *Oligocarpia leptophylla*, sterile Wedel mit basaler fertiler Fieder. 3. Flöz Hangendes. Sammlung Thümmel, TH 4. Maßstab = 1 cm.

Fig. 97. *Oligocarpia leptophylla*, frond with basal fertile pinnae. 3rd seam. Scale bar = 1 cm.



Abb. 98 und 98a. *Oligocarpia leptophylla*, fertile Fieder. 3. Flöz Hangendes. MMG Dresden, ex Sammlung Reichel. Maßstab = 3 mm.
 Fig. 98 and 98a. *Oligocarpia leptophylla* fertile pinnae with sori. 3rd seam. Scale bar = 3 mm.

feld Bannewitz (meist zusammen mit *Senftenbergia saxonica* und *Sphenopteris mathetii*) beobachtet. Auch Sterzels Original von 1893 ist wahrscheinlich ein Haldenfund aus dieser Schicht. Einzelne Funde stammen aus dem Liegenden der Lette 7 und aus der „Sonderfazies“ zwischen 5. und 4. Flöz im Baufeld Bannewitz.

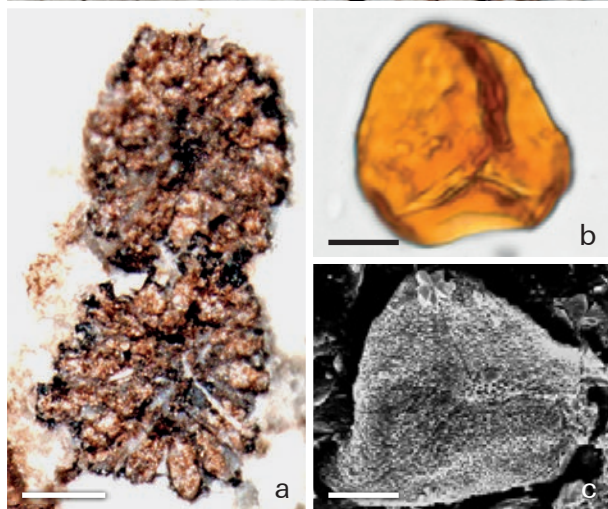
Beschreibung: Fragmente mittelgroßer (ca. 1 m langer) Wedel, dreifach katadrom und plan gefiedert (Abb. 97). Rhachis glatt, bis 12 mm breit, mit deutlicher Längsfurche. Fiedern I. und II. Ordnung annähernd keilförmig, in eine sehr lange Spitze auslaufend und mit langen, allmählichen Übergängen des Fiederungsgrades (Abb. 93). Fiedern meist schwach acroton, wobei das basale anadrome Fiederchen oft deutlich größer ist als das katadrome basale Fiederchen. Fiederchen schräg ansitzend, weit herablaufend, spitz-keilförmig, oft aber mit abgerundetem Gipfel, bis 12 mm lang, Rand glatt bis gesägt bis fiederspaltig, Nervatur unterschiedlich, von einfach fiederförmig (an den Fiederspitzen) bis gegabelt und katadrom pendelnd übergipfelnd (in mittleren und basalen Teilen der Fiedern), sehr locker und kräftig und auf der sehr dünnen Lamina besonders markant (Abb. 95), in der fiederspaltigen Form der größeren Fiederchen mit beginnender eigener Pendelübergipfelung der Seitennerven.

Fertile Fiedern innerhalb des hemidimorphen Wedels meist an der Basis der Fiedern I. Ordnung entwickelt (Barthel & Brauner 2015) und den sterilen Fiedern morphologisch ähnlich: Nervatur und Stärke der Lamina sind ähnlich, aber die Fiederchen sind deutlich kleiner und apical stärker abgerundet (Abb. 99). Die relativ großen, kugelförmigen Sori (bis 1 mm Ø) sitzen auf der Unterseite der Nerven, nahe des Fiederchenrandes, wahrschein-

lich terminal (Abb. 98). Pro Fiederchen sind 3–5 Sori zu beobachten, an den Fiederspitzen weniger. Die Sori bestehen aus max. 20 radial orientierten, kleinen, birnenförmigen Sporangien von 0,2 mm Ø mit annähernd apicalem Annulus (Abb. 99 a). Die triletten, azonalen Isosporen (Abb. 99 b) messen 30–45 µm Ø, ihre Form ist bei Polaraspekt meist subtriangular, die Y-Strahlen erreichen Radiuslänge, die kräftige Exine ist dicht mit sehr kleinen, nur unter dem Rasterelektronenmikroskop deutlichen Körnern, Kegeln und Warzen bedeckt (Abb. 99 c), im System der dispersen Sporomorphen sind sie als *Granulatisporites parvus* Potonié & Kremp benannt.

Vergleiche und Kommentare: In der Döhlen-Formation sind die Fiedern bei guter Erhaltung durch die dünne Blattschubstanz, die markante, sehr lockere Nervatur und die sehr langen Fiederspitzen (und damit des langen Übergangs der Fiederungsgrade) von anderen sphenopteridischen Farnen zu unterscheiden. Schwierig zu trennen von unserer Art sind isolierte Fiederspitzen von *Botryopteris* mit ähnlich zarter Blattschubstanz und sehr ähnlicher Nervatur. *Oligocarpia*-Fiedern aller Ordnung sind meist größer und spitzer als jene der *Botryopteris*, sie stehen dichter und entspringen den Achsen unter einem spitzeren Winkel. Ihre Mitteladern sind deutlicher ausgeprägt. Auch ist ihre Wedelarchitektur anders. Dennoch ist es hier und in anderen Vorkommen oft unmöglich, kleine isolierte sterile Fragmente der Rotliegend-Sphenopteriden sicher zu bestimmen.

Die Pflanze ist im Stephanium der Iberischen Halbinsel weit verbreitet (Wagner & Alvarez-Ramis 2010). Die größten Wedelfragmente hat Zeiller (1888) unter dem Synonym *Sphenopteris cristata* aus dem Becken von



Commentary im französischen Zentralmassiv abgebildet. Im Ilfeld-Becken kennen wir sie seit Sterzel (1901) – im Rotliegenden des Thüringer Waldes erst seit einigen Jahren (Barthel 2009, Barthel & Brauner 2015).

Die fertilen *Oligocarpia*-Organe sind der Gattung *Discopteris* Stur mit ebenfalls scheibenförmigen Sori und zahlreichen Sporangien ähnlich, unterscheiden sich aber durch die Stellung in den Fiedern und die Lage des Annulus (Grauvogel-Stamm & Doubinger 1975). In Strukturhaltung entspricht unser Farn der Gattung *Sermaya* Eggert & Delevoryas 1967 im Oberen Pennsylvanian der USA.

Angesichts der sehr selten fruktifizierenden, aber in einer Fundschicht massenhaft vorkommenden *Oligocarpia leptophylla* kann man über eine mögliche vegetative Ausbreitung der Pflanze nachdenken. Bei *Oligocarpia gothanii* aus dem Mittleren Perm Chinas haben das Stevens & Hilton (2009) bereits nachgewiesen.

Senftenbergia saxonica Barthel emend. nov.

Abb. 100–108; 109

- 1855 „*Cyatheites dentatus* Brongn.“ – Geinitz pro parte: 26, o. Abb.
 1856 „*Cyatheites dentatus* Brongn.“ – Geinitz pro parte: 63 und 78, o. Abb.
 1881 „*Cyathocarpus dentatus* Brongniart“ – Sterzel: 340, o. Abb.
 1893 „*Pecopteris dentata* Brongniart var. *saxonica* m.“ – Sterzel: 37, Taf. V, Fig. 1–6
 1893 „*Aphlebia* sp.“ – Sterzel: 40, Taf. V, Fig. 7
 1924 „*Pecopteris dentata* var. *saxonica* Sterzel“ – Kidston: 390, o. Abb.
 1975 „*Senftenbergia saxonica* Barthel“ – Barthel: 465, Taf. 5, Fig. 1–4, 6
 1976a „*Senftenbergia saxonica* nov. sp.“ – Barthel: 33, Taf. 8, Fig. 1–3, 5; Taf. 9, Fig. 1–9
 1995 „*Senftenbergia* sp.“ – Barthel & Rößler: 16, Abb. 18–24
 1997 „*Senftenbergia* sp.“ – Schneider & Barthel: 193, Taf. II, Fig. 5; Taf. III, Fig. 1–6
 1998 „*Senftenbergia* sp.“ – Rößler & Barthel: 66, Pl. VI, Fig. 1
 2006 „*Senftenbergia* sp.“ – Barthel & Müller: 124, Abb. 1–3
 2006 „*Senftenbergia* sp.“ – Reichel & Schauer: 28,

Emend. Diagnose: Eine semidimorphe Art von *Senftenbergia* Corda mit vereinzelt Übergängen zwischen den unterschiedlichen sterilen und fertilen Wedeln. Sterile

← Abb. 99 mit a, b, c. *Oligocarpia leptophylla*, fertile Fieder mit Sori und Sporen in situ. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. Sammlung Thümmel, TH 46. Maßstäbe: 93 = 2 mm; 93a = 0,5 mm; 93b, c = 10 µm.

← Fig. 99 and a, b, c. *Oligocarpia leptophylla* sori and in situ spores. 3rd seam. Scale bars: 93 = 2 mm; 93a = 0,5 mm; 93b, c = 10 µm.



Abb. 100. *Senftenbergia saxonica*, steriler Wedel. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. Sammlung Thümmel, TH 65. Maßstab = 5 cm.

Fig. 100. *Senftenbergia saxonica*, one of the largest fronds that has been found. 3rd seam, Bannewitz mining area. Scale bar = 5 cm.

Abb. 101. *Senftenbergia saxonica*, Fiederspitzen, 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. Sammlung Thümmel, TH 30. Maßstab = 1 cm.

Fig. 101. *Senftenbergia saxonica* apical pinnae of the first order. 3rd seam. Scale bar = 1 cm.

Abb. 102. *Senftenbergia saxonica*, sterile Fieder. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. Sammlung Thümmel, TH V 15. Maßstab = 1 cm.

Fig. 102. *Senftenbergia saxonica* sterile pinnae showing venation. 3rd seam. Scale bar = 1 cm.



Abb. 103. *Senftenbergia saxonica*. Fertile Wedel mit Aphlebien. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. Sammlung Thümmel, TH 41. Maßstab = 2 cm.

Fig. 103. *Senftenbergia saxonica*, rachis of a fertile frond with aphlebiae. 3rd seam. Scale bar = 2 cm.

Fiederchen basiscop schwach herablaufend und acroscop eingeschnitten mit median gegabelten Seitennerven. Fertile Fiederchen mit stark reduzierter Lamina und verzweigter Behaarung. Sporangien unregelmäßig in terminalen Sori oder vereinzelt.

Emend. Diagnosis: A species of *Senftenbergia* Corda with mixed pinnules between the differently sterile and

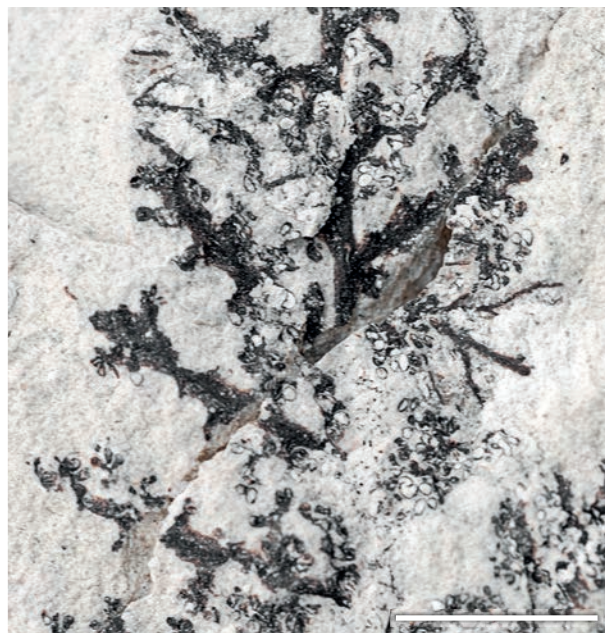


Abb. 104. *Senftenbergia saxonica* fertile Fiedern, z. T. mit Blattspreiten der Fiederchen. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. Sammlung Thümmel, TH 42. Maßstab = 5 mm.

Fig. 104. *Senftenbergia saxonica*, fertile pinnae, partly with laminae. 3rd seam. Scale bar = 5 mm.

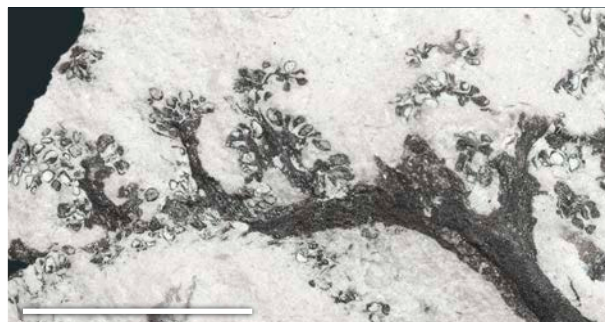


Abb. 105. *Senftenbergia saxonica*, fertile Fiedern. 3. Flöz, Hangendes, Bannewitz. MfN Berlin, PB 2011/1244. Maßstab = 5 mm.

Fig. 105. *Senftenbergia saxonica*, fertile pinnae. 3rd seam. Scale bar = 5 mm.

fertile fronds. Sterile pinnules basiscopically decurrent and acroscopically deeply incised. Lateral veins bifurcated. Fertile pinnules with deeply reduced lamina and covered by branched hairs. Sporangia irregularly positioned, mostly clustered into terminally located sori or solitary positioned.

- *Lectotypus*: Steriler und teilweise fertiler Wedel, Sammlung Thümmel TH 29, Abb. 107.
- *Paratypen*: Steriler Wedel, Sammlung Thümmel, TH 65, Abb. 100; fertiler Wedel MMG SaP 954, Abb. 106.
- *Locus typicus*: Baufeld Bannewitz der Schachtanlage Dresden-Gittersee.
- *Stratum typicum*: 3. Flöz Hangendes, Döhlen-Formation, Unteres Perm.

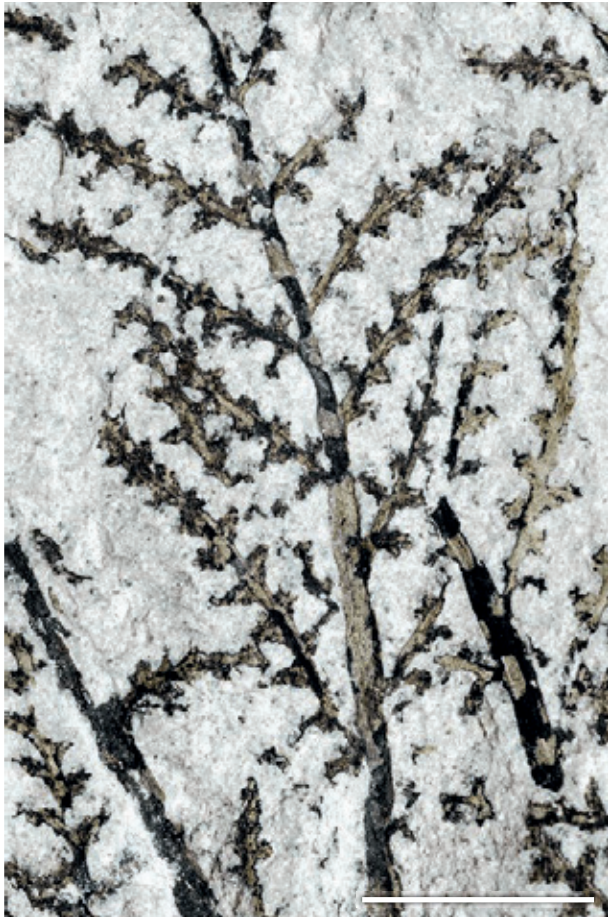


Abb. 106. *Senftenbergia saxonica*, Teil eines fertilen Wedels. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. MMG Dresden, SaP 954:A. Maßstab = 1 cm.

Fig. 106. *Senftenbergia saxonica*, part of a fertile frond. 3rd seam. Scale bar = 1 cm.



Abb. 107. *Senftenbergia saxonica*, Wedel semidimorph. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. Sammlung Thümmel, TH 29. Maßstab = 2 cm.

Fig. 107. *Senftenbergia saxonica* frond with a fertile pinna below and sterile pinnae above. 3rd seam. Scale bar = 2 cm.

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Diese schönen Farnwedel sind schon sehr lange bekannt – vielleicht sind sie sogar die ältesten Fossilfunde in der Döhlen-Formation und von Schulze (1755) erwähnt worden. In den Sammlungen Schlotheim und H. Cotta (Mus. Nat. Berlin) sowie Goeppert (Breslau/Wrocław) befinden sich wertvolle Funde aus der Frühzeit der Paläobotanik. Die größten Wedelteile und die am besten erhaltenen fertilen Fiedern barg Th. Thümmel 1977 aus dem Hangenden des 3. Flözes im Grubenfeld Bannewitz.

Sterzel (1893) verglich die sterilen Fiedern mit den Fiedern aus dem Westphal D des Chemnitz-Beckens und sah die Döhleener Funde als eigene Variation an. Kidston (1924) bestätigte die Unterschiede zu den älteren Vorkommen: „... that seems to demand a specific rank ...“ und als die ersten rein fertilen Fiedern gefunden wurden, erhob ich Sterzels var. *saxonica* zur eigenen Art (Barthel 1976a). Inzwischen sind auch die Unterschiede zu den fertilen *Senftenbergia*-Fiedern aus dem Oberkarbon und sogar Epidermisstrukturen bekannt (Bek & Pšenička 2001). Unsere neuen Funde mit Übergängen zwischen sterilen und fertilen Fiedern erfordern ein Emendieren der Art.

Vorkommen/Material: In Lette 1 des 5. Flözes und im Liegenden des 4. Flözes mit Einzelfunden. Im Hangenden des 3. Flözes in Bannewitz mit zahlreichen großen Wedelfragmenten und vorzüglich erhaltenen fertilen Organen, die durch Flußsäure freigeätzt, eine räumliche Betrachtung ermöglichen.

Beschreibung: Sehr große plane Wedel, dreifach katadrom gefiedert (Abb. 100, 108), Rhachis bis 55 cm Länge und bis 1 cm Ø beobachtet, meist gerade, selten leicht flexuos, glatt, vereinzelt locker behaart, regelmäßig mit umhüllenden, fächer- bis zweifach fiederförmigen Aphlebien an den Basen der Wedeln besetzt (Abb. 103, 107). Aphlebien bis 3 cm lang, durch relativ große Epidermiszellen sehr fein längsgestreift, vereinzelt mit Haarbüscheln besetzt (Abb. 109 I), Nervatur einfach fächer- bis fiederförmig.

Fiedern I. O. spitz-lanzettförmig, bis 25 cm lang, Fiedern II. O. bis 3,5 cm lang, schräg ansitzend, basal schwach anaton. Sterile Fiederchen schmal zungenförmig, bis 4 mm lang, schräg ansitzend und herablaufend, acrosop leicht eingeschnitten, untereinander durch einen schmalen Saum verbunden. Lamina dünn, Nervatur zart,



Abb. 108. *Senftenbergia saxonica*, Fragment eines sehr großen sterilen Wedels. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. Sammlung Thümmel, TH 44. Maßstab = 5 cm.

Fig. 108. *Senftenbergia saxonica*, part of a very large sterile frond. 3rd seam. Scale bar = 5 cm.

oft nicht sichtbar, locker fiederförmig mit leicht flexuosem Mittelnerv und einfachen oder einmal gegabelten Seitennerven (Abb. 102). Das basale katadrome Fiederchen ist rundlich bis umgekehrt keilförmig, oft deutlich geöhrt und deutlich kürzer als das basale anadrome Fiederchen (Abb. 101).

Die fertilen Fiederchen unterscheiden sich von den vegetativen meist durch eine reduzierte Lamina und ungegabelte Seitennerven; ihre Formen sind unregelmäßig (Abb. 104, 106). Es gibt aber auch fruktifizierende Fiederchen mit normaler Lamina, und es gibt fließende Übergänge zwischen beiden Formen. Die fertilen Organe der Pflanze sind sehr unregelmäßig verteilt: meist auf rein fertile Wedel beschränkt, seltener auf fertile Fiedern I. und II. O. innerhalb steriler Wedel, dort basidrom (Abb. 107). Sporangien abaxial meist zu je 4–7 Exemplaren terminal an den Seitennerven zu Sori vereinigt (Abb. 109 A), aber auch unregelmäßig gebündelt und auch einzeln positioniert. Sporangien ungestielt, 0,5–0,7 mm lang und ca. 0,4 mm Ø, ellipsoidisch bis birnenförmig (Abb. 109 B), meist bilateral symmetrisch und leicht bananenförmig gekrümmt, apical mit 2 Reihen kräftiger kutinisierten, ca. 100 µm langen Annuluszellen und einigen dünnwan-

digen Plattenzellen, durch Längsriss öffnend. Die fertilen Fiederchen sind meist dicht mit ca. 1 mm großen, verzweigten Haaren besetzt (Abb. 12, 109 C, J).

Sporen rund bis subtriangulär, sehr variabel in Größe: 35–100 µm Ø in einem Sporangium, trilet, Tecta gerade, $\frac{1}{2}$ – $\frac{2}{3}$ r, Exine bis 2,5 µm dick, Skulpturelemente sehr markant, in Höhe, Breite und Dichte sehr unterschiedlich, meist baculat bis clavulat und relativ locker stehend, Baculae 2–10 µm lang 4 µm dick, terminal oft bi- bis trifurcat mit abgerundeten Gipfeln – als Übergang zu Clavulae, vereinzelt Coni als Skulpturelemente. Im System der dispersen Sporen zur Gattung *Raistrickia* gehörig (Abb. 109 D–H).

Rekonstruktionen: Die Zugehörigkeit der *Senftenbergia*-Arten zu den Tedeleaceen, Kletterfarnen mit *Ankyropteris*-Achsen, ist vor allem durch die Forschungen an Coal Balls in Nordamerika gesichert (Phillips & Galtier 2011).

Aber es gibt, durch die unterschiedlichen Erhaltungen bedingt, keine vollständige Identität zwischen *Senftenbergia*- und *Ankyropteris*-Merkmalen der Wedel.

Im Chemnitz-Becken sind *Ankyropteris*-Lianen mit verzweigten Stämmchen, Wedelstielen, Aphlebien und diarchen Luftwurzeln, meist an *Psaronius*-Wurzelmänteln, vereinzelt auch an *Calamitea*-Stämmen, häufige Florenelemente (Rößler 2000). Selbst wenn dort Fiedern und Sporangien noch nicht an den verkieselten Achsen gefunden wurden, so ist auch in Sachsen nicht am Zusammenhang der anatomisch erhaltenen *Ankyropteris*-Achsen mit den *Senftenbergia*-Wedeln zu zweifeln. Auch die von mir (Barthel 1976) in offener Nomenklatur beschriebenen fertilen *Senftenbergia*-Fiedern aus der Härtensdorf-Formation des Chemnitz-Beckens gehören zur *Senftenbergia saxonica* (Barthel & Hauschke 2015).

Über dem 3. Flöz in Bannewitz sind *Senftenbergia*-Wedel mehrfach zusammen mit *Psaronius*-Achsen gefunden worden (Reichel, mündl. Mitt.) – ein Hinweis auf Baumfarnstämme als wahrscheinliche Stützpflanzen der Lianen. Die Wedel dieses Farnes waren sicher ein Mehrfaches größer als die beobachteten 55 cm Länge der relativ dünnen Wedelachse bei Abb. 100. Ich rechne mit bis zu 2 m langen Wedeln.

Kommentare und Vergleiche: Während die Wuchsform von *Senftenbergia* als Kletterpflanze mit schlanken *Ankyropteris*-Stämmen und großen Wedeln gesichert ist, macht die taxonomische Abgrenzung der *Senftenbergia*-Arten Probleme. Hinzu kommt ihre erdgeschichtlich enorme Reichweite. *Ankyropteris brongniartii* (Renault) Bertrand emend. Mickle hat eine stratigraphische Reichweite vom Namur A bis in das Unterperm, das sind ca. 40 Mio. Jahre! Die sterilen *Senftenbergia plumosa*-Fiedern kennen wir seit dem mittleren Westphal, in Mitteleuropa besonders aus dem Chemnitz- und Saar-Nahe-Becken. Die morphologischen Unterschiede der sterilen Fiedern zu den unterpermischen Vorkommen in Sachsen und Thüringen sind gering und liegen auf der Ebene von Variationen und Formen. Fertil sind *Senftenbergia plumosa*-Fiedern aus dem Bolsovian bis Asturian

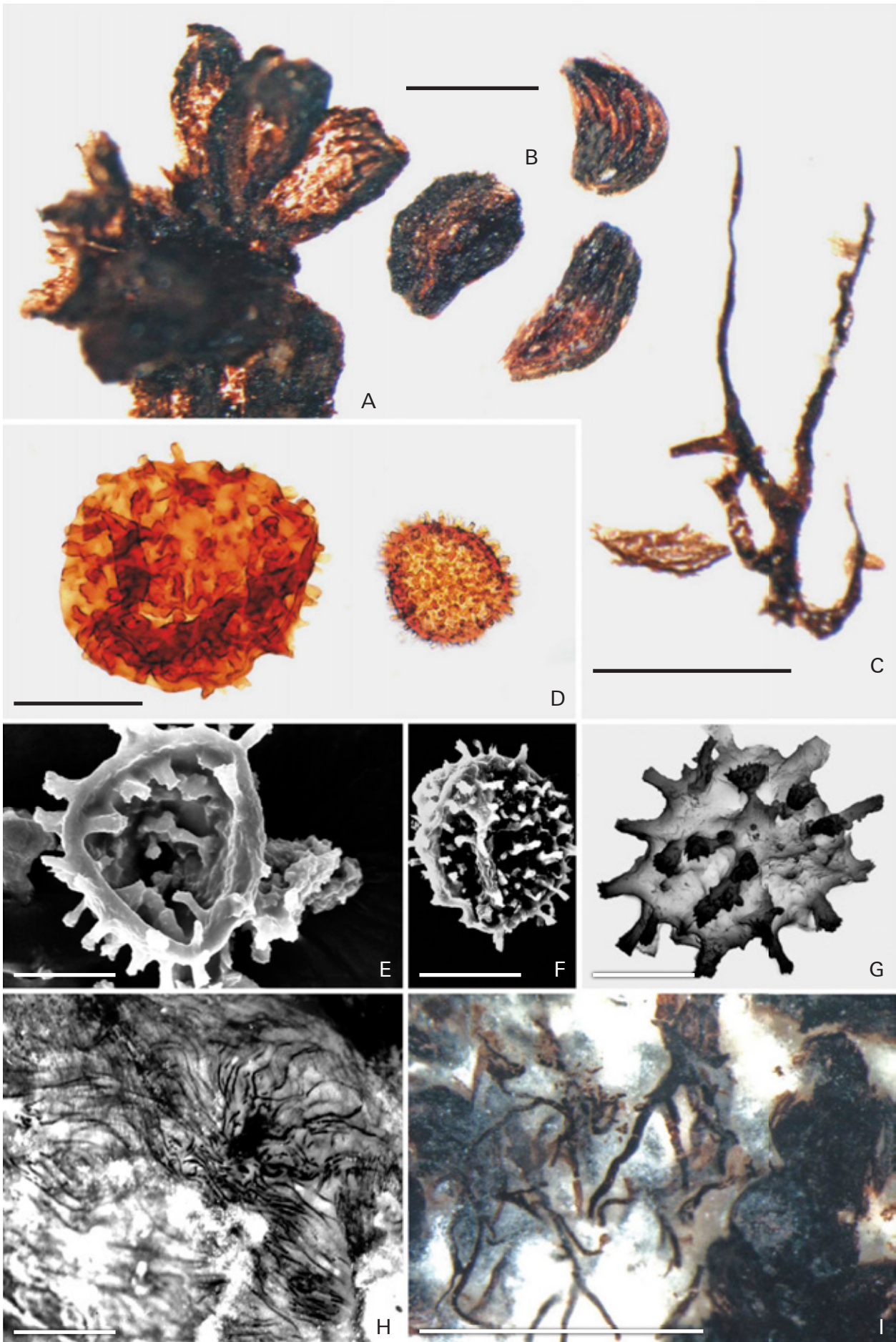




Abb. 110. *Dactylothecha elaverica*, steriler Wedel. 5. Flöz, Lette 1. MMG Dresden, SaP 481. Maßstab = 2 cm.

Fig. 110. *Dactylothecha elaverica*, sterile frond. 5th seam. Scale bar = 2cm.

← **Abb. 109.** (A–I). *Senftenbergia saxonica*, fertile Organe. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. Abb. A–H MfN Berlin, PB 2014/473.

- A. Sori. Maßstab = 0,4 mm.
- B. Sporangien. Maßstab = 0,4 mm.
- C. Verzweigte Trichome. Maßstab = 0,4 mm.
- D–G. Sporen in situ, RE- und lichtmikroskopisch. Präp. 76-7. Maßstab = 50 µm.
- H, I. Trichome. Sammlung Thümmel, TH V 13, 14. Maßstab = 1 mm.

← **Fig. 109.** (A–J). *Senftenbergia saxonica*, fertile organs. 3rd seam. Scale

- A. Sori.
- B. Sporangia.
- C. Branched trichomes.
- D–G. In situ spores, SEM and light-microscopic.
- H, I. Trichomes. Scale bar = 1 mm.

des Pilsen- und Kladno-Rakovník-Beckens beschrieben (Bek & Pšenička 2001, Pšenička & Bek 2003) und zeigen dort erhebliche Unterschiede zu den stephanisch-unterpermischen Vorkommen: keine Sori, sondern zweireihig einzeln marginal angeordnete Sporangien, ähnlich wie bei der Art *Senftenbergia pennaeformis* (Corsin 1951). Strukturerehaltene fertile Fiedern von *Ankyropteris bronjniartii* aus dem mittleren Pennsylvanian der USA sind dagegen mit ihren Sori an den Fiederchenrändern weitgehend identisch mit unserem Material, auch im Bau der Sporangien (Phillips & Galtier 2011).

Die fertilen Organe von *Senftenbergia plumosa* var. *ligerensis* Grauvogel-Stamm & Doubinger (1975) aus dem Becken von St. Etienne unterscheiden sich von den fertilen Fiedern aus Döhlen nur durch die scheinbar regellose Verteilung der Sporangien auf der Lamina. Diese unübersichtliche, regellose Häufung der einzelnen Sporangien ist vielfach auch in Döhlen zu beobachten, wird aber durch eindeutig randständige Sori relativiert. Auch die von Grauvogel-Stamm & Doubinger (1975) als *Raistrickia polymorpha* neu beschriebenen Sporen liegen innerhalb der Variationsbreite unserer Sporen.

Dactylothecha elaverica (Zeiller) Barthel

Abb. 110–116

- 1975 „*Dactylothecha elaverica* (Zeiller) Barthel“ – Barthel: 463, Taf. 6, Fig. 6-13
- 1976a „*Dactylothecha elaverica* (Zeiller) nov. comb.“ – Barthel: 36, Taf. 10, Fig. 1–8; Taf. 11, Fig. 1–8
- 2006 „*Dactylothecha elaverica* (Zeiller) Barthel“ – Reichel & Schauer: 28, o. Abb.

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Dieser aus dem Becken von Commentry von Zeiller (1883, 1888) beschriebene Farn ist in der Döhlen-Formation erst Ende der 1950er Jahre in Gittersee entdeckt worden. Seine Nomenklatur und die taxonomische Abgrenzung von *Senftenbergia* sind in der Literatur umstritten. Auch das Vorkommen in anderen Rotliegendebenen ist unsicher.

Vorkommen/Material: Sterile Wedelfragmente als Einzelfunde in Lette 7 und Lette 1 des 5. Flözes in Gittersee, fertile und sterile Fiedern im „Blumengebirge“ über dem 2. Flöz in Gittersee (Aufhaun 195) und über dem 3. Flöz in Bannewitz.

Beschreibung: Sterile Wedel plan, zweifach katadrom gefiedert, mit fiederspaltigen Fiederchen. Fiedern I. und II. Ordnung in eine lange Spitze auslaufend (Abb. 110). Fiederchen lineal, apical spitz, bis 16 mm lang und 3 mm breit, schräg ansitzend, basiscop weit herablaufend und untereinander durch einem Saum fest verbunden, Rand tief gesägt bis fiederspaltig, Nervatur einfach gefiedert mit kräftigem, schräg aufsteigendem Mittelnerv und stets einfachen, in die Randzähne mündenden Seitennerven.

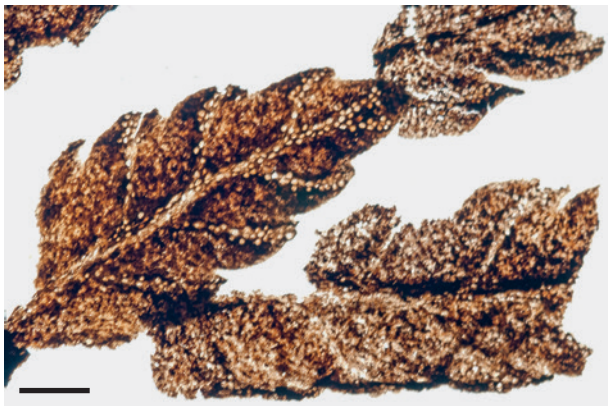


Abb. 111. *Dactylothecha elaverica*, sterile Fiederchen mit Fraßspuren (?) von Arthropoden, 5. Flöz, Lette 1. MfN Berlin, PB 2012-411. Maßstab = 1 cm

Fig. 111. *Dactylothecha elaverica*, sterile pinnules showing bite marks(?) of arthropods. 5th seam. Scale bar = 1 cm.

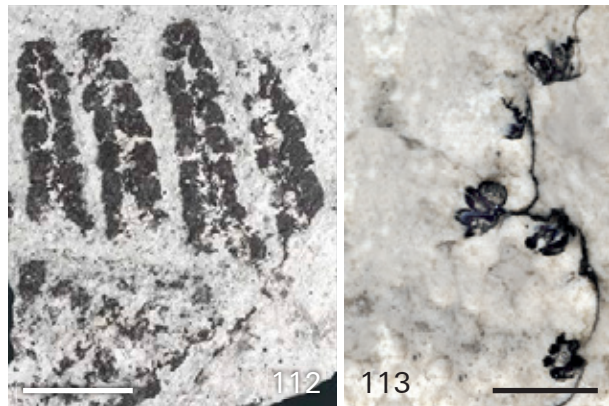


Abb. 112. *Dactylothecha elaverica*, fertile Fieder. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. MfN Berlin, PB 2012/172. Maßstab = 5 mm.

Fig. 112. *Dactylothecha elaverica* fertile pinnules. 3rd seam. Scale bar = 5 mm.

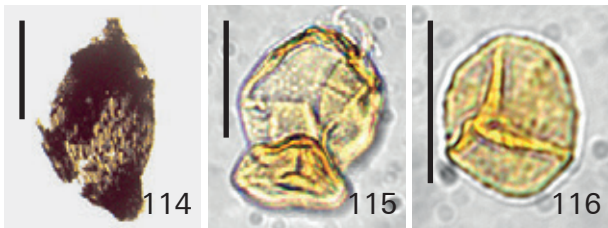


Abb. 114. *Dactylothecha elaverica*, Sporangium. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. MfN Berlin, PB 1987-281. Maßstab = 0,5 mm.

Fig. 114. *Dactylothecha elaverica*, sporangium. 3rd seam. Scale bar = 0.5 mm.

Abb. 115, 116. *Dactylothecha elaverica*, Sporen in situ. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. MfN Berlin, PB 1987-281. Maßstab = 25 μ m.

Fig. 115, 116. *Dactylothecha elaverica*, in situ spores. Scale bar = 25 μ m.

Abb. 113. *Dactylothecha elaverica*, fertile Fiederchen mit Sori. Blumengebirge, Gittersee. MMG Dresden, SaP 1398. Maßstab = 2 mm.

Fig. 113. *Dactylothecha elaverica* fertile pinnule, cross section. 3rd seam. Scale bar = 2 mm.

(?), Öffnung durch Längsriss. Isosporen trilet, Äquator rund, \varnothing 15–35 μ m, Tectae = 1/1 r, Exine oft sekundär verfallend, dünn, sehr fein spinulos, wobei die Elemente sehr dicht stehen (Abb. 115, 116).

Vergleiche: Der Farn ist in mehreren vegetativen Merkmalen *Senftenbergia* ähnlich: im Habitus der Fiedern, wobei die tief gesägten Fiederchensegmente ganzen *Senftenbergia*-Fiederchen analog sind, aber nicht wie diese apical abgerundet sind. Anders formuliert: Der Fiederungsgrad und der Fiederrand unterscheidet beide Farne. Die Unterscheidung kann aber bei isolierten Wedel- und Fiederspitzen I. Ordnung schwierig sein. Im fertilen Zustand ist der Unterschied eindeutig.

Bei basiscopen Fiedern sind die basalen katadromen Fiederchen deutlich kürzer und mariopteridisch katadrom geöhrt, wobei dieser Lappen eine eigene Fiedernervatur hat. Bei einigen Fiederchen aus dem Blumengebirge ist die Lamina über allen Nerven in Reihen kreisrund gelocht. Diese Löcher der Kutikula sind bis 100 μ m \varnothing groß und vielleicht tierische Saugspuren an den Leitbündeln (Abb. 111).

Fertile Wedelfragmente einfach (soweit erhalten) gefiedert. Fiederchen lineal, bis 10 mm lang und 1 mm breit, mit leicht eingerollten Seitenrändern (Abb. 112). Sporangien spindelförmig, meist leicht gekrümmt, bis 0,9 mm lang und 0,45 mm \varnothing , basal kurz zylinderförmig verbreitert (Abb. 114), apical mit großen mehrzelligen Haaren (bis 0,25 μ m lang) besetzt, sitzend bis sehr kurz gestielt, zu je 2–4 in Sori abaxial median auf den Seitennerven, von den Rändern der Lamina bedeckt (Abb. 113). Wandzellen der Sporangien lang-polygonal, kräftig kutinisiert, ohne spezialisierte Annuluszellen

***Botryopteris sterzelii* nov. sp.**

Abb. 117–123, 124

- 1855 „*Sph. Schlotheimi* Brongniart“ – Geinitz: 15, Taf. 23, Fig. 12, 12 A
- 1893 „*Sphenopteris* cf. *Lebachensis* Weiss“ – Sterzel: 10, Taf. 1, Fig. 3, 4
- 1893 „*Sphenopteris Augusti* nov. sp.“ – Sterzel: 11, Taf. 1, Fig. 6
- 1958 „*Sphenopteris augusti* Sterzel 1893“ – Barthel: 46, Taf. 10, Fig. 6; Taf. 11, Fig. 2
- 1975 „*Botryopteris burgkensis* (Sterzel) Barthel: 462, Taf. 4, Fig. 1–13
- 1976 „*Botryopteris burgkensis* (Sterzel) nov. comb.“ – Barthel pro parte: 25, Taf. 4, Fig. 1, 2; Taf. 5, Fig. 1–10; Taf. 6, Fig. 1–19; Taf. 7, Fig. 4, 10–14



Abb. 117. *Botryopteris sterzelii*, Wedel mit sterilem und fertilem Gabelast. Holotypus. 2. Flöz, Sonderfazies Aufhaun 195, Gittersee. MfN Berlin, 2012-162. Maßstab = 2 cm.

Fig. 117. *Botryopteris sterzelii*, shoot and bifurcated frond with a fertile and a sterile branch. Holotype. 2nd seam. Scale bar = 2 cm.

1995 „*Botryopteris* sp.“ – Barthel & Rößler: 20, Abb. 25, 26 [Abb. 26 dort irrtümlich als *Oligocarpia leptophylla* bezeichnet]

2004 „*Botryopteris* sp.“ – Barthel: 18, Abb. 1

Zur Nomenklatur: *Botryopteris burgkensis* Barthel 1976a basiert auf zwei verschiedenen Farntaxa und ist daher ungültig nach den Regeln der botanischen Nomenklatur. Es wurden damals von mir die sphenopteridischen Fiedern von *Oligocarpia leptophylla* unter ihrem jüngeren Synonym *Sphenopteris burgkensis* Sterzel einbezogen. Die nur in kleinen Fragmenten erhaltenen Typen von *Sphenopteris augustii* und anderen, morphologisch sehr ähnlichen stephanisch-unterpermischen *Sphenopteris*-Arten mit ihrer ungeklärten Synonymie sind für eine gültige Neukombination zu einer *Botryopteris*-Art aber ungeeignet. Daher erfolgte hier auch nomenklatorisch eine Revision.

Diagnose: Eine nur kohlig bekannte *Botryopteris*-Art mit locker und spitzwinklig verzweigten Achsen und dichotom geteilten Wedeln. Fertile Fiederachsen, vielfach dichotom oder katadrom übergipfelnd geteilt, mit locker stehenden terminalen Fiederchen, die aus Aggregaten dichtstehender Sori mit je 9–20 Sporangien bestehen. Sporangien birnenförmig, kurz gestielt, radiärsymmetrisch oder leicht gekrümmt, mit multiseriater Annulus in der distalen Hälfte. Sporen trilet, granulat bis vermiculiert. Sterile Fiedern sphenopteridisch.

Diagnosis: *Botryopteris*-species, only preserved as compressions. Stems acute-angled and sparsely branched. Fronds dichotomously ramified in multi-branched fertile pinnae and sphenopterid sterile pinnae. Ultimate fertile



Abb. 118. *Botryopteris sterzelii*, steriler Gabelast eines Wedels. 2. Flöz, Sonderfazies Aufhaun 195, Gittersee. MMG Dresden, SaP 1393. Maßstab = 2 cm.

Fig. 118. *Botryopteris sterzelii*, bifurcated frond. 2nd seam. Scale bar = 2 cm.

branchlets bearing the sori in clusters of 9–12 sporangia. Sporangia pyriform, radially or slightly curved, shortly petiolated with mutiseriate annulus in the distal part. Spores trilet, granulate to vermiculate.

- *Holotypus*: Pb 2012-162, Museum für Naturkunde Berlin (Abb. 117)
- *Paratypen*: SaP 1391 und SaP 1393 Museum für Mineralogie und Geologie Dresden (Abb. yy)
- *Locus typicus*: Döhlen-Becken, Schachanlage Dresden-Gittersee
- *Type locality*: Döhlen basin, mine Dresden-Gittersee.
- *Stratum typicum*: Unteres Perm, Rotliegend, Döhlen-Formation.
- *Type stratum*: Lower Permian (Rotliegend), Döhlen-Formation
- *Derivatio nominis*: Nach Johann Traugott Sterzel (1841–1914), Museumsdirektor in Chemnitz, Paläobotaniker, Autor der ersten Döhlen-Flora (1893).

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Einige kleine sterile Fiederfragmente der Pflanze waren schon sehr früh bekannt, wurden aber von Geinitz (1855) fehlbestimmt. Sterzel (1893) begründete darauf seine neue Art *Sphenopteris augusti*, verglich aber auch mit *Sphenopteris lebachensis* Weiss. Ab 1956 wurden dann in der Lette 1 des 5. Flözes im Revier Gittersee mehrere, besser erhaltene Wedelreste geborgen und mit einigen Bedenken dieser Art zugeordnet (Barthel 1958). Über die botanische Natur dieser Pteridophylle war aber nichts bekannt. Erst der Aufschluss einer fossilreichen Sonderfazies des Blumengebirges im Aufhaun 195 im Baufeld Gittersee brachte Klarheit. Die dort beobachteten Fiedern saßen an Achsen mit birnenförmigen Leitbündelquerschnitten und waren basal gegabelt. Der zweite Gabelast war fertil und trug terminal büschelförmige freie Sori mit zahlreichen Sporangien. Damit war eine Zugehörigkeit des sphenopterischen Laubes zur Farngattung *Botryopteris* erstmalig erkannt.

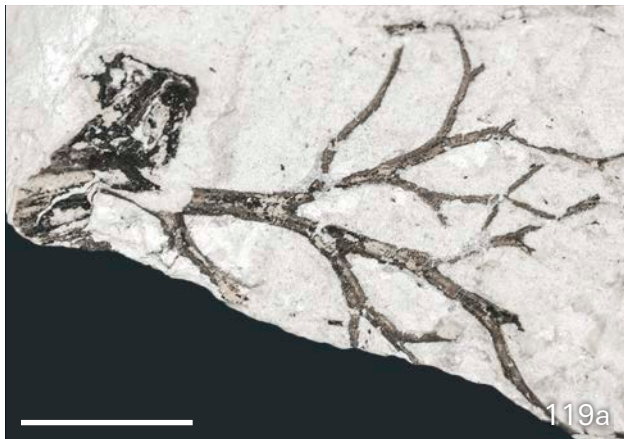


Abb. 119. *Botryopteris sterzelii*, Achse, Wedel und Adventivwurzeln. 2. Flöz, Sonderfazies Aufhaun 195, Gittersee. MMG Dresden, SaP 1391. Maßstab = 2 cm.

a. *Botryopteris sterzelii*, juveniler fertiler Gabelast. Blumengebirge, Gittersee. MMG Dresden, SaP 4694. Maßstab = 1 cm.

Fig. 119. *Botryopteris sterzelii*, shoot and bifurcated frond. Adventiveous roots. 2nd seam. Scale bar = 2 cm.

a. *Botryopteris sterzelii*, immature fertile frond. 2nd seam. Scale bar = 1 cm.

Vorkommen/Material: Alle Organe parautochthon im Blumengebirge (=1. Weiße Lette) über dem 2. Flöz, kohlig, meist räumlich erhalten. Sterile Fiedern mehrfach in der Lette 1 über dem 5. Flöz in Compression-Erhaltung. Ein Fund über dem 3. Flöz.

Beschreibung: Achsen rund, bis 20 mm Ø, Oberfläche glatt mit feinen, unregelmäßig gewundenen Linien gezeichnet. Im Querschnitt ein zentrales, birnenförmiges Leitbündel kohlig markiert (Abb. 123). Achsen sehr spitzwinklig und locker verzweigt, wobei die abzweigende Achse fast die gleiche Stärke hat (Abb. 122).

An Achsen von 10 mm Ø zweigen Achsen von Blattwedeln ab, die sich unmittelbar an der Basis in einen sterilen und einen schwächeren fertilen Abschnitt dichtom teilen (Abb. 117, 118, 121). Eine Unterscheidung von caulinaren und foliaren Achsen ist bei isolierten Fundstücken problematisch.

Sterile Wedelteile sphenopteridisch, über 10 cm lang, zwei- bis dreifach gefiedert, basale anadrome Fiedern aller Ordnungen deutlich größer als die entsprechenden katadromen Fiedern (Abb. 121 a). Fiederchen basiton, meist schmal-eiförmig mit rundem Gipfel, bis 5 mm lang, schräg ansitzend, untereinander durch einen schmalen Saum verbunden, Ränder tief gekerbt bis fiederteilig. Die 3–5 Fiederteile pro Fiederchen sind ebenfalls schmal- bis spitz-eiförmig mit stumpf-keilförmigen bis runden Gipfeln. Nervatur locker, markant auf einer relativ zarten Lamina, fiederförmig mit einfachen, bis zum Gipfel der Fiederteile reichenden Seitennerven, die nur in den basalen acroscopen Fiederchen manchmal gegabelt sind (Abb. 120).

Fertile Fiedern nur in Fragmenten bekannt, wohl ca. 5 cm groß, wedelförmig plan, aber ohne Lamina. Fiederachsen lineal, glatt, mehrfach durch pendelnde katadrome Übergipfelung und Dichotomie geteilt, basal 3 mm, terminal max. 0,5 mm breit (Abb. 119 a). Terminal an die-



Abb. 120. *Botryopteris sterzelii*, sterile Fiedern. 2. Flöz, Sonderfazies Aufhaun 195, Gittersee. MfN Berlin, PB 2012/163. Maßstab = 5 mm.

Fig. 120. *Botryopteris sterzelii*, sterile pinnae. 2nd seam. Scale bar = 5 mm.

sen Achsen 1–2 mm große Sori aus Agglomeraten von 9–20 Sporangien, sehr dicht gepackt bis aufgelockert, wohl vom Reifestadium abhängig (Abb. 124 A–D).

Sporangien lang-birnenförmig, proximal ca. 100 µm Ø, distal bis 400 µm Ø, 400–500 µm lang, mit Längsdehizens und transversalem multiseriatem Annulus im



Abb. 121. *Botryopteris sterzelii*, Wedel mit sterilem und fertilem Gabelast. 5. Flöz, Lette 1. Universität Halle, H 3-26. Maßstab = 1 cm.
a. *Botryopteris sterzelii*, sterile Fieder. 5. Flöz, Lette 1. MMG Dresden, SaP 760. Maßstab = 5 mm.

Fig. 121. *Botryopteris sterzelii*, bifurcated frond. 5th seam. Scale bar = 1 cm.
a. *Botryopteris sterzelii*, sterile pinna. Scale bar = 5 mm.

oberen Drittel aus 2–3 Reihen Zellen von ca. 100 µm Länge und verdickten Zellwänden bestehend (Abb. 124 D, E).

Isosporen in situ \varnothing 50–70 µm, triangulär bis circular, trilet mit hohem Apex, Tectae annähernd $r/1$, Äquator, Exine dick, sehr variabel ornamentiert: granulat-baculat-vermiculat (Abb. 124 F) unreife Sporen fast glatt (im Lichtmikroskop). Im System disperser Sporen zum Typ *Leiotriletes-Granulatisporites* gehörig.

Acroscop im Wedel sind die fertilen Gabeläste zu kleinen, nur 2–3fach dichotom geteilten apleboiden Fiedern reduziert (Abb. 119).

Eng mit den *Botryopteris*-Achsen vergesellschaftet sind Adventivwurzeln von 5–10 mm \varnothing mit zentralen schlauchförmigen Strängen (? Siphonostelen) und zahlreichen, büschelförmig ansitzenden linealen Seitenwurzeln (Abb. 119, 124 G).

Rekonstruktion: Die lockere, fast gleichwertige Verzweigung der Achsen lässt auf eine Wuchsform als Busch schließen. Nach der maximalen Achsenstärke von 20 mm \varnothing zu schätzen, war die Höhe nicht größer als 2–3 m. Bei anderen *Botryopteris*-Arten sind Wuchsformen als Epiphyten oder Kletterer nachgewiesen (Rothwell 1991, Rößler & Galtier 2003).

Kommentare/Vergleiche: Die Gattung *Botryopteris* Renault ist auf strukturerhaltene Achsen mit omega-förmigen Leitbündeln gegründet. Die in Döhlen kohlig erhaltenen Achsen gestatten daher keinen direkten Vergleich, und die Unterscheidung zwischen caulinaren und foliaren Achsen ist nicht möglich. Dennoch sind die ähnlichen Achsenquerschnitte, ihre Verzweigungen, die dichotome Teilung der Wedel in einen sterilen und einen fertilen Abschnitt, sowie kugelförmige Sori, annulate Sporangien und auch die Sporen Merkmale, die für eine Bestimmung als *Botryopteris* sprechen. In einigen Merkmalen, wie der Bildung aufsitzender Adventivprosse, besteht Ähnlichkeit zu *Anachoropteris* Corda. Dieser Farn ist mit Wedelstielen auch in der Bannewitz-Formation nachgewiesen worden (Barthel & Müller 2006).

Mit der stephanischen *Botryopteris forensis* gibt es mehrere Gemeinsamkeiten: die lockere spiralige Verzweigung der Achsen, die Adventivwurzeln, die kugelförmigen terminalen Sori, die Nervatur der sphenopteridischen Fiederchen und die sehr variablen Sporen. Allerdings sind dort die Sori in einer anderen Position und die lateral annulaten Sporangien sind fast doppelt so groß (Galtier & Phillips 1977). Auch ist eine epiphytische Wuchsform an *Psaronius*-Stämmen nachgewiesen (Rothwell 1991). Bei *Sonapteris*, einer Botryopteridacee

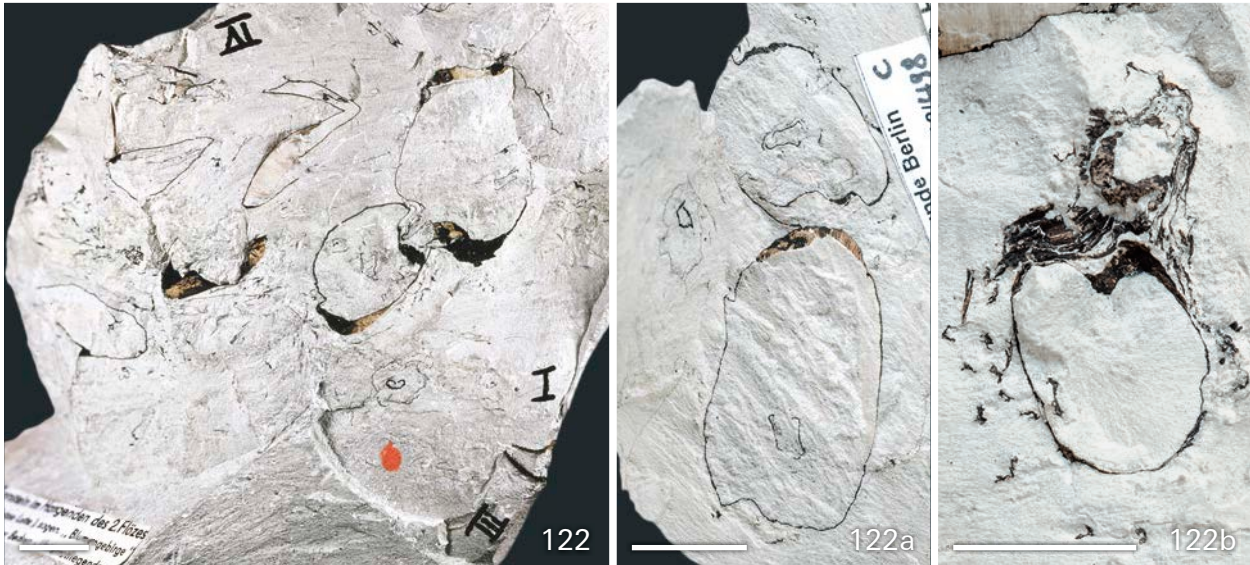


Abb. 122, 122a, 122b. *Botryopteris sterzelii*, mehrfach verzweigtes Achsensystem mit Adventivwurzeln. 2. Flöz, Sonderfazies Aufhaun 195, Gittersee. MfN Berlin, PB 2012/498. Maßstab = 1 cm.

Fig. 122, 122a, 122b. *Botryopteris sterzelii*, multiple branched shoot also, showing roots. 2nd seam, Gittersee. Scale bar = 1 cm.



Abb. 123. *Botryopteris sterzelii*, verzweigende Achse. 2. Flöz, Sonderfazies Aufhaun 195, Gittersee. MfN Berlin, 2012-251. Maßstab = 5 mm.

Fig. 123. *Botryopteris sterzelii*, branched shoot. 2nd seam. Scale bar = 5 mm.

aus dem Oberkarbon des Pilsen-Beckens, wurden ähnliche Sporen und deren ontogenetische Stadien beobachtet (Pšenička et al. 2005).

Im Variszikum und in Nordamerika sind alle strukturerhaltenen *Botryopteris*-Arten älter als unser unterpermischer Farn. Aber aus dem Perm des Parnaíba-Beckens (nordöstliches Brasilien) wurde die epiphytische bis kletternde, im Adultstadium schließlich Scheinstämme bildende *Botryopteris nollii* entdeckt (Rößler & Galtier 2003).

Das sterile Laub von den anderen sphenopteridischen Farnen der Döhlen-Formation zu unterscheiden ist oft

schwierig, vor allem wenn nur Fiederspitzen vorliegen. Mit *Oligocarpia leptophylla* kann unser Farn wegen der ähnlichen Nervatur auf den dünnen Blattspreiten verwechselt werden. *Botryopteris sterzelii* hat aber kleinere Fiederchen, die unter stumpferen Winkeln ansitzen und tiefer fiederspaltig sind; außerdem ist die Nervatur ihrer Fiederlappen meist einfach, nicht fiederförmig. Von *Sphenopteris mathetii* unterscheidet sich unser Farn durch seine Wedelarchitektur und die dünnere Lamina. Auch aus anderen oberstephanisch-unterpermischen Becken kennen wir viele morphologisch sehr ähnliche *Sphenopteris*-Fiedern, die am besten zur *Sphenopteris-mathetii*-Gruppe zusammengefasst werden, aber zu sehr verschiedenen natürlichen Taxa gehören können, selbst Pteridospermen sind nicht ausgeschlossen. Der Wissensstand bei diesen Pflanzenfossilien ist biologisch sehr unbefriedigend.

→ Abb. 124. (A–G). *Botryopteris sterzelii*, fertile Organe. 2. Flöz, Sonderfazies Aufhaun 195, Gittersee. MfN Berlin.

A/A. Fertile Fiedern. MfN Berlin, PB 2012/422. Maßstab = 2 mm.

B–E. Sporangien-Wände und Sporen. MfN Berlin, PB 2014/474. Maßstäbe: B = 100 µm; C = 5 mm; D, E = 0,4 mm.

F. Sporen in situ. Maßstab = 50 µm.

G. Rhizom im Querschnitt. MfN Berlin, PB 2013/637. Maßstab = 2 mm.

→ Fig. 124. (A–G). *Botryopteris sterzelii* fertile organs, 2nd seam.

A/A. Fertile pinnules. Scale bar = 2 mm.

B–E. Sporangium proximal part. Scale bar = 0,4 mm. Scale bars = B = 100 µm; C = 5 mm; D = 0,4 mm.

F. In situ spores. Scale bar = 50 µm.

G. *Botryopteris* root in cross section. Scale bar = 2 mm.

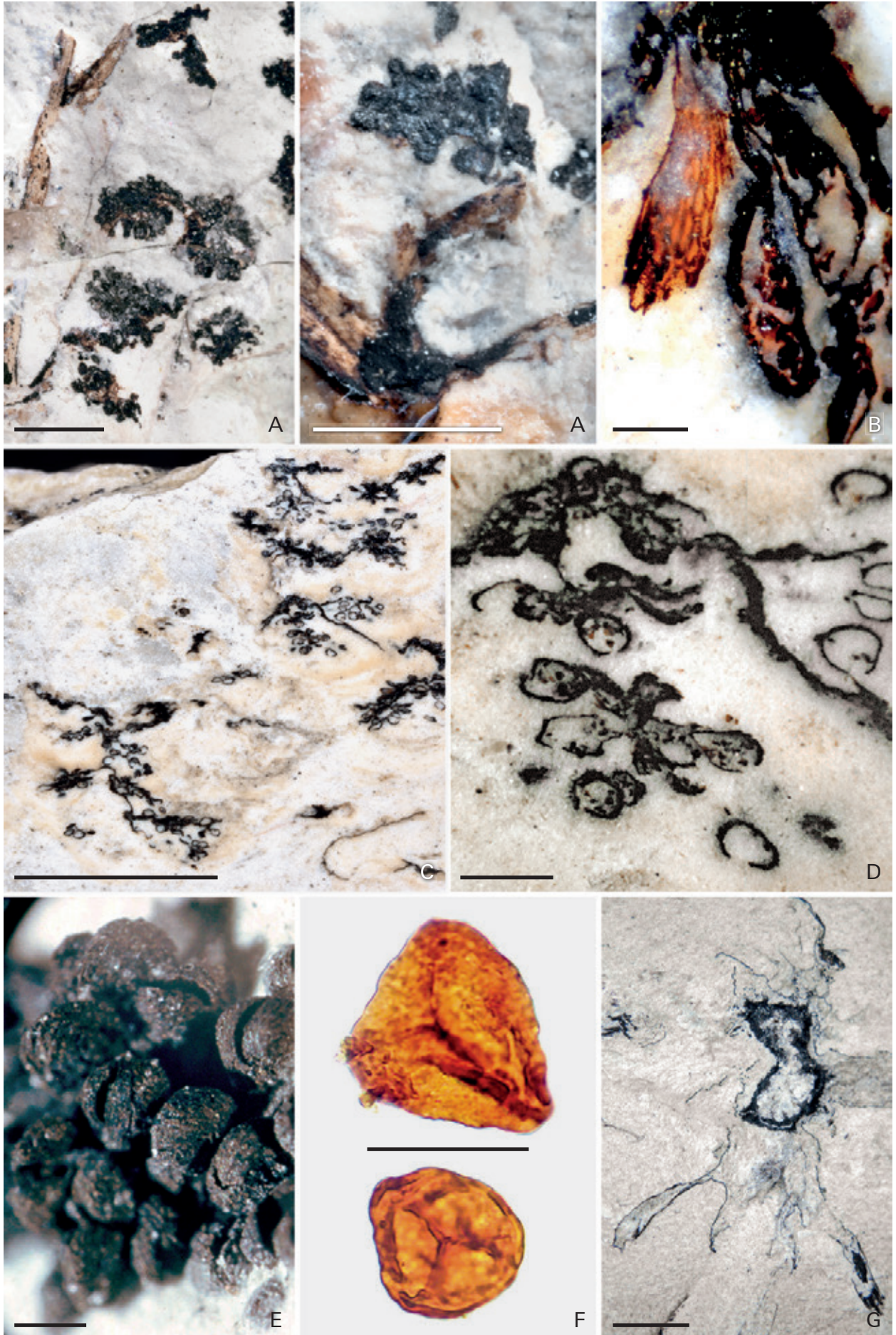




Abb. 125. *Psaronius polyphyllus*, aus O. Feistmantel (1874/75), Typus, Zeichnung A. Corda. Döhlen-Formation. Maßstab = 2 cm.

Fig. 125. *Psaronius polyphyllus*, from O. Feistmantel (1874/75), type, drawn by A. Corda, Döhlen Formation. Scale bar = 2 cm.

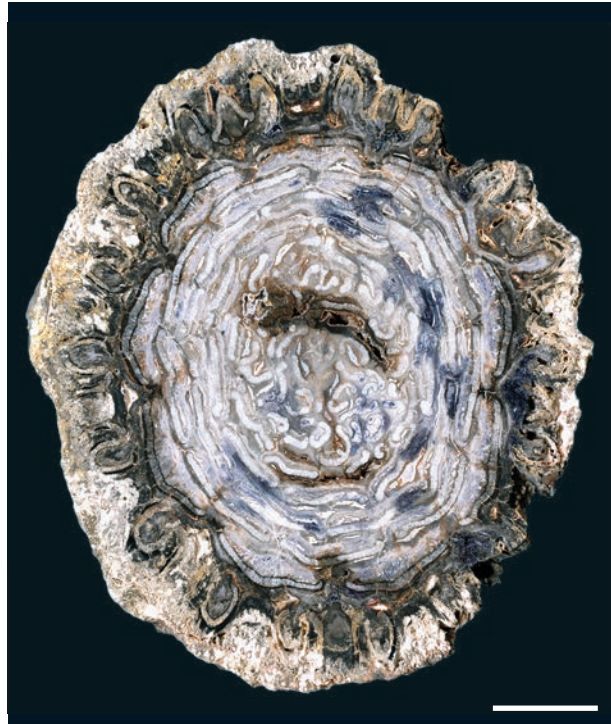


Abb. 126. *Psaronius infarctus*, Querschnitt mit 18 Blattspurbündeln in Orthostichen. Chemnitz-Becken. Museum für Naturkunde Chemnitz, K 6007. Foto: R. Rößler. Maßstab = 2 cm.

Fig. 126. *Psaronius infarctus* showing 18 leaf traces in orthostichies. Chemnitz Basin. Scale bar = 2 cm.

4. 5. Psaroniales

Psaronius polyphyllus O. Feistmantel

Abb. 125–129

1875–76 „*Psaronius polyphyllus* O. Feistm.“ – O. Feistmantel: 155, Taf. 25, Fig. 2

1893 „*Psaronius polyphyllus* O. Feistmantel“ – Sterzel: 49, Taf. VI, Fig. 14 u. 15

1893 „*Psaronius Dannenbergii* n. sp.“ – Sterzel: 51, Taf. VII, Fig. 1

2006 „*Psaronius polyphyllus* Feistmantel“ – Reichel & Schauer: 34, Abb. 2.2-15

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Große *Psaronius*-Stämme in situ kennen wir nur in kohlig erhaltener Form aus der Döhlen-Formation. Sie zeigen im Querschnitt dünne kohlige Linien als Reste der stammeigenen und Blattspurleitbündel, der Sklerenchymscheiden und -platten sowie der Luftwurzeln. Da bei dieser Erhaltung keine Zellstrukturen überliefert sind, scheiden eine differenzierte Erforschung dieser Strukturen und ein direkter Vergleich mit den strukturerhaltenen *Psaronius*-Arten aus. Wohl aber erlauben Zahl und räumliche Anordnung der Bündel eine Zuordnung zur *Psaronius*-Gruppe der vielreihig quirlig beblätterten Stämme (*Psaronii poly-*

stichi verticillati). Daneben gibt es große *Psaronius*-Stämme im Hangenden des 3. Flözes, die im Grubenfeld Bannewitz liegend bis zu 5 m Länge beobachtet, aber nur teilweise geborgen wurden (Reichel & Schauer 2006). Einige könnten auch zu den Gruppen der distich und tetra-stich beblätterten Achsen gehören.

Sterzel (1893) erkannte, dass ein von O. Feistmantel (1875/76) publizierter Fund August Cordas nicht aus der „Steinkohlenformation Böhmens“, sondern aus der Döhlen-Formation stammt, und er fand das Original in der Universität Leipzig, beschriftet mit „Zaukerode“ als Fundort und eine weitere Scheibe des gleichen Stammes in der Schachtsammlung Zaukerode (jetzt LA Freiberg). Angesichts der einmalig hohen Zahl von 30 Blattreihen (Orthostichen) versuchte Sterzel gar nicht erst, *Psaronius polyphyllus* mit anderen, strukturerhaltenen Arten zu vergleichen. Auch in seiner letzten, posthum erschienenen Arbeit erwähnte Sterzel (1918) höchstens 8 Blattreihen bei einem Chemnitzer *Psaronius infarctus*. Jetzt aber kennen wir aus der Chemnitzer Sammlung ein Exemplar mit 18 Blattspurbündeln in einem Querschnitt (Abb. 126), und ein Vergleich mit unserem kohlig erhaltenen *Psaronius polyphyllus* ist naheliegend.

Material: Der Querschnitt eines sehr frühen Stammfundes, von August Corda gezeichnet (Abb. 125). Ein prächtiger Neufund aus dem Abbau 3402 in Bannewitz, schichtparallel liegend über dem 3. Flöz, mit ca. 5 m



Abb. 127. *Psaronius polyphyllus* mit ca. 20 Blattspurbündeln an der Stamm-Peripherie. 5. Flöz Hangendes. MMG Dresden, SaP 1712. Maßstab = 5 cm.

Fig. 127. *Psaronius polyphyllus* with nearly 20 leaf traces. 5th seam. Scale bar = 5 cm.

Länge beobachtet und teilweise geborgen. Kleinere, aufrecht stehende Achsenfragmente aus dem „Blähton“ im Hangenden des 5. Flözes im Grubenfeld Gittersee.

Beschreibung: Der größte Stamm (Abb. 127), im \varnothing 30 cm, zeigt im diagenetisch kompaktierten Querschnitt zahlreiche stammeigene Leitbündel und periphere Leitbündel mit ihren Sklerenchymplatten, die aber voneinander nicht zu unterscheiden sind. An der Peripherie sind 20–24 Blattspurbündel zu erkennen, die unterschiedlich entwickelt sind und damit zu zwei übereinander folgenden, auf Lücke stehenden Wedelquirlen mit je 10–12 Wedeln gehören. Eine einheitliche Sklerenchymscheide zwischen den stammeigenen Meristelen und den Blatt-

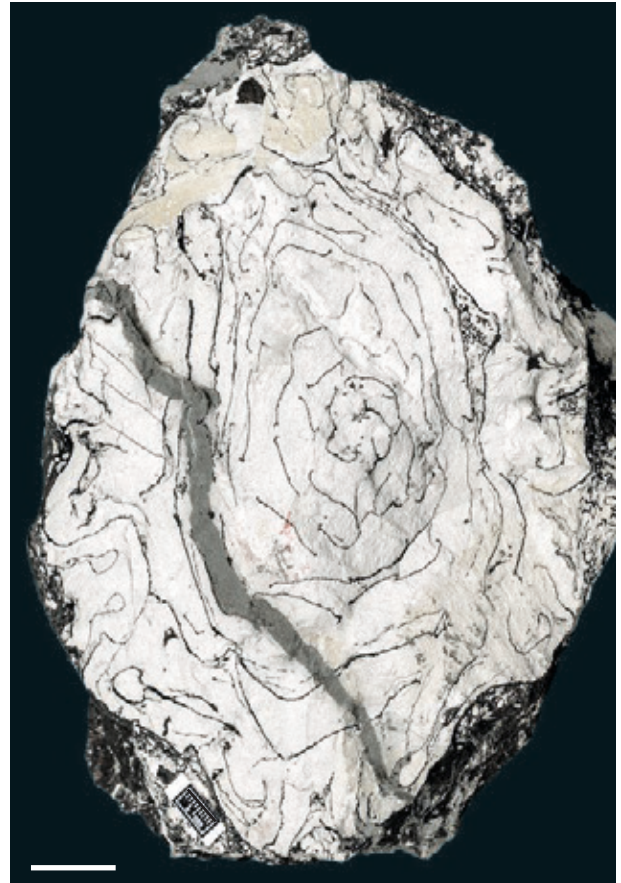


Abb. 128. *Psaronius polyphyllus* (? = *Psaronius infarctus*). 5. Flöz Hangendes, Gittersee. MMG Dresden, SaP 942. Maßstab = 2 cm.

Fig. 128. *Psaronius polyphyllus* (? = *Psaronius infarctus*). 5th seam. Scale bar = 2 cm.

spuren ist nicht sicher zu erkennen. Luftwurzeln an der Stammoberfläche fehlen.

Ein weiterer Stamm, nur wenig verformt, misst 20 cm \varnothing , die Zahl der Meristelen ist hier deutlich kleiner, ca. 16 Blattspurbündel und Teile einer längeren Sklerenchymscheide sind zu erkennen. An seiner Oberfläche sind Querschnitte eines Wurzelmantels erhalten. In Aufsicht besteht dieser aus ca. 5 mm breiten, linealen Wurzeln, wahrscheinlich Teilen des äußeren Mantels. Der Stamm wird von einer schmalen, sedimentgefüllten seismischen Spalte durchzogen (Abb. 128).

Ein dritter Querschnitt eines völlig intakten Stammes mit nur 6 cm \varnothing gehört wahrscheinlich als Basis zu den *Psaronius-polyphyllus*-Stämmen (Abb. 129). Die spiralförmige Polysteles hat hier nur wenige Meristelen, 5 Blattspurbündel sind in einem 120-Grad-Sektor erhalten. Der Wurzelmantel ist bis 2,5 cm breit. Der Stamm ragt aus der Kohle des 5. Flözes in die Pyroklastika des hangenden „Blähtons“ herauf, wobei im Inneren der graue Staubtuff biochemisch entfärbt (gebleicht) wurde. Dieser Fund entspricht weitgehend *Psaronius Dannenbergii* Sterzel 1893 aus dem Beharrlichkeitsschacht in Rippien.

Isolierte Funde von Wurzelböden im gleichen Horizont können mit Sicherheit auf diese *Psaronius*-Stämme

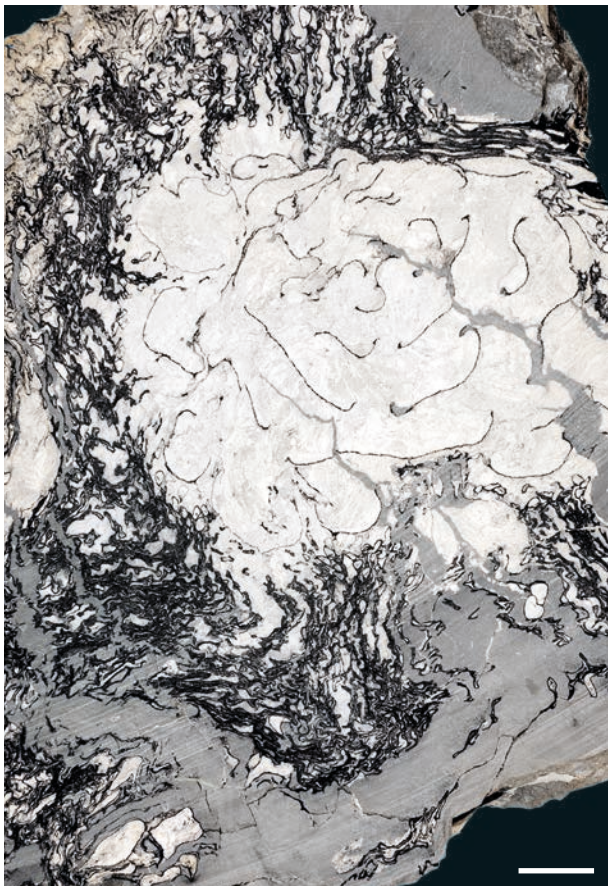


Abb. 129. *Psaronius polyphyllus*, basal mit Wurzelmantel. 5. Flöz Hangendes, Gittersee. MMG Dresden, SaP 1567. Maßstab = 1 cm.

Fig. 129. *Psaronius polyphyllus*, stem near the base, covered by the root mantle. 5th seam. Scale bar = 1 cm.

bezogen werden. Es sind freie Wurzeln aus dem äußeren Mantel mit einem \varnothing von 1,5–3 mm .

Vergleiche und Kommentare: Seit langem ist bekannt, dass bei *Psaronius*-Stämmen die Zahl der Meristelen und Blattspurbündel sowie die Größe der Stele von unten nach oben zunehmen, während der Luftwurzelmantel umgekehrt immer schmaler wird und in der Baumkrone noch nicht ausgebildet ist (Hirmer 1927). Im Pennsylvanian Nordamerikas haben mehrere ontogenetisch orientierte Untersuchungen an den Stelen von *Psaronius*-Stämmen die Entwicklung von einer kleinen Protostele an der Stammbasis bis zu einer komplizierten Dictyostele verfolgen können (Rothwell & Blicke 1982, Mickle 1984 u. a.). Viele der auf einzelne Kieselstammscheiben begründeten *Psaronius*-Arten in Mitteleuropa sind unter diesem Aspekt nur ontogenetische Stadien, was aber materialbedingt nur schwer zu revidieren ist. Für unsere *Psaronius*-Achsen aus dem Tuff über dem 5. Flöz liegt es nahe, sie ebenfalls als ontogenetische Stadien zu betrachten. Der Stamm mit dem größten Querschnitt (Abb. 127) entspräche danach der Gipfelregion eines sehr hohen Stammes – der kleinste Querschnitt mit dem breiten Wurzelmantel direkt über der Kohle des Flözes einem

basisnahen Stadium der gleichen Art (Abb. 129). Hierzu gehört sehr wahrscheinlich der von Sterzel als *Psaronius Dannenbergii* bezeichnete Fund, während *Psaronius zobelii* Sterzel nicht einmal als Farnstamm sicher ist.

Das fast alleinige Vorkommen von *Scolecopteris oreopteridia* unter den Psaronialeswedeln der Lettel und damit der Waldmoorgesellschaft im 5. Flöz lässt den Schluss zu, dass *Psaronius polyphyllus* der zugehörige Stamm war.

Psaronius sp. sp.

Abb. 130

Aus der Döhlen-Formation gibt es in Strukturhaltung nur einige silizitisch-fusitische Haldenfunde aus der Sammlung H. Cotta. Sie befinden sich als Dünnschliffe von schlecht erhaltenen Wurzelmantelfragmenten in der Sammlung Felix (Universität Leipzig) und wurden bereits von Sterzel (1893) beschrieben. Dagegen sind *Psaronius*-Stämme in Strukturhaltung besonders aus den beiden jüngeren Formationen bekannt:

Psaronius in der Niederhäslich-Formation

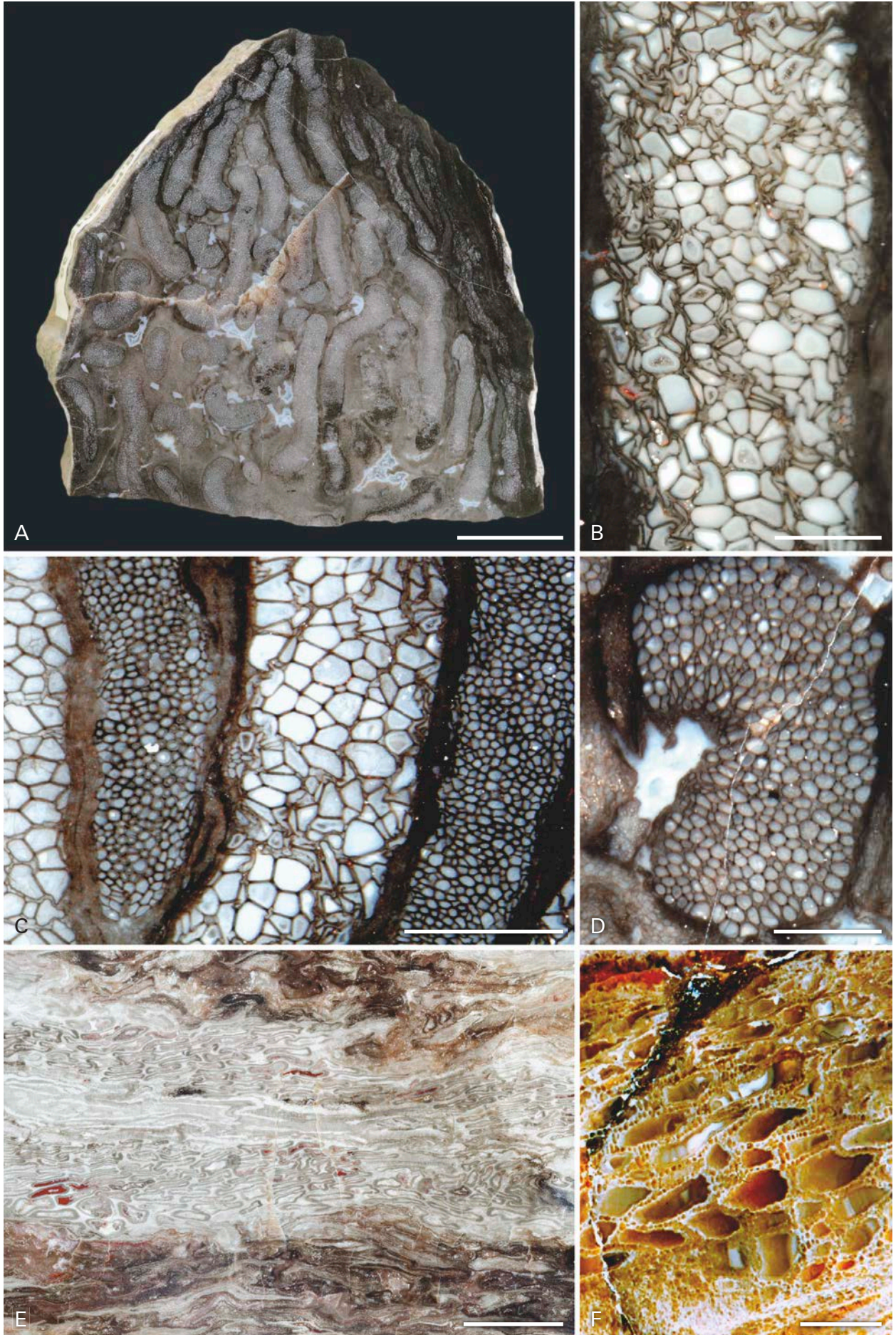
Ein besonderer *Psaronius*-Fund mit sehr gut strukturhaltenen Geweben wurde von H.-J. Weiß als Lesestein in den 1990er Jahren am Golfplatz Wilsdorf entdeckt (Abb. 130 A–D). Allerdings ist das nur ein Fragment ohne Blattspurbündel, und auch bei den Leitbündeln des Stammes fehlt die Hälfte. Im erhaltenen, stark exzentrischen Querschnitt des Stammes sind zahlreiche, klammerförmige Leitbündel zu beobachten, die aus ca. 150

→ **Abb. 130.** (A–F). *Psaronius* sp. sp., Niederhäslich- und Bannewitz-Formation. Maßstäbe: A, E = 1 mm; B–F = 200 μ m.

- A. *Psaronius infarctus*. Lesestein Golfplatz Wilsdorf, Niederhäslich-Formation. MfN Berlin, PB 2013/30.
- B–D. *Psaronius infarctus*, Details von 130 A mit Stamm- und peripheren Bündeln sowie Sklerenchym-Platten.
- E. *Psaronius* sp., Geröll in Bannewitz-Formation. Hochbehälter Burgk. MfN Berlin, PB 2013/1989.
- F. *Psaronius* sp., Aerenchym einer äußeren Wurzel. Geröll in Bannewitz-Formation, Burgk. Sammlung Müller (MMG Dresden), BU 38.2.

→ **Fig. 130.** (A–F). *Psaronius* sp. sp. different species from the Niederhäslich and Bannewitz formations. Scale bars: A, E = 1 mm; B–F = 200 μ m.

- A. *Psaronius infarctus*, boulder from the Niederhäslich Formation near the Wilsdorf golf course.
- B–D. Details from fig. 130 A.
- E. *Psaronius* sp. showing compressed stem and root mantle. Bannewitz Formation. Scale bar = 200 μ m.
- F. *Psaronius* sp., aerenchyma of the outer root. Bannewitz Formation.



μm \varnothing rundlichen Tracheiden des Metaxylems und adaxial randlichen Gruppen kleiner Protoxylemzellen bestehen. Die zentralen Leitbündel sind in dichtes parenchymatisches Grundgewebe ohne Gummigänge eingebettet. An der am besten erhaltenen Außenseite des Fragmentes ist eine mehrfache Folge von Meristelen mit teilweise polyedrischen Tracheiden zu erkennen, die von Sklerenchymplatten getrennt sind. Deren dickwandige, im Querschnitt runde Zellen mit verdickten Außenwänden sind 10–50 μm \varnothing . Die Tracheiden der peripheren Bündel gehen zentrifugal allmählich in fast polygonale Querschnitte über. Obwohl eine, die Stammbündel umfassende Sklerenchymscheide und die äußeren Blattspurbündel nicht erhalten sind, kann der Stamm als Fragment von *Psaronius infarctus* Unger bestimmt werden. Vor allem die große Zahl der Stammbündel und die von Sklerenchym umhüllten peripheren Bündel sind Artmerkmale dieses besonders in Sachsen häufigen Rotliegend-*Psaronius*.

Psaronien in der Bannewitz-Formation

Hier sind *Psaronius*-Reste als Gerölle nicht selten. Sie wurden schon vor fast 200 Jahren beobachtet und unter „Windberg bei Dresden“ in die Sammlung von Heinrich Cotta aufgenommen. Sterzel (1893) verfügte nur über sehr bescheidenes Material. Der erste Neufund (Abb. 130 E) glückte Reichel (1964) in einer Baugrube am Wasserbehälter Burgk, die wahrscheinlich eine pleistozäne Rinne aufschloss. Seit den frühen 1990er Jahren sind die *Psaronius*-Stämme regelmäßig in den Madensteinen der Schäferefelder als Gerölle nachgewiesen. Ihre Erhaltung ist aber meist schlecht und schließt eine nähere Bestimmung aus. Die Reste sind im Querschnitt häufig flach zusammengedrückt, also vor der Verkieselung in feuchtplastischem Zustand durch Setzungsdruck verformt. Das gilt vor allem für die wenigen vollständigen Stämme, für deren Stelen insgesamt und auch für die einzelnen Leitbündel (Meristelen) und Sklerenchymscheiden. Bis zu 16 dieser linearen Strukturen sind bei einigen Stämmen zu erkennen; wegen dieser großen Zahl ihrer unregelmäßig angeordneten Bündel gehören sie sicher zu den mehrreihig spiralig beblätterten *Psaronius*-Arten. Auch die häufigeren *Psaronius*-Wurzelmäntel mit den in Rindengewebe eingebetteten inneren Wurzeln und freien (äußeren) Wurzeln sind oft stark verformt, die inneren häufiger als die äußeren. Sie gehören bei diesen Erhaltungszuständen zu den typischen Madensteinfossilien des Döhlener Beckens und sind vor allem in vielen älteren Sammlungen häufig vertreten. Wegen ihrer wurmförmigen Umriss sind sie manchmal mit *Scoleopteris*-Fiederchen, den „Wurmfarnen“ verwechselt worden. Kretzschmar (2005) wies nach, dass auch zahlreiche, in der Sammlung Cotta als „Rüdigsdorf“ bezeichnete verkieselte Wurzelmäntel nicht aus NW-Sachsen, sondern wahrscheinlich aus den Madensteinen der Bannewitz-Formation stammen. Unter den Bannewitzer Madensteinen gibt es aber auch gut erhaltene *Psaronius*-Wurzeln. Selbst das zarte Aerenchym freier Wurzeln mit ihren großen Interzellularen ist gelegentlich zu erkennen (Abb. 130 F). Merkwürdig ist der häufig zu beobachtende Wechsel der Erhaltungen inner-

halb eines einzigen Stammes: stark verformte Stelen umgeben von intakten inneren Wurzeln oder verschiedene Erhaltungen innerhalb eines Wurzelmantels.

Scoleopteris Zenker emend. Stur

Abb. 131, 132

Das Döhlener Becken ist über den Generotypus *Scoleopteris elegans* Zenker Typuslokalität dieser im Karbon und Perm weltweit verbreiteten FarnGattung mit vielen Merkmalen der mesophytischen Marattiales. Die Gattung wurde von Zenker 1838 aus einem Madenstein der Bannewitz-Formation erstmalig beschrieben und benannt. Zunächst galt der Name nur für strukturerhaltene Farnfiedern (Abb. 131).

Kohlig-räumlich erhaltene *Scoleopteris*-Fiedern aus der Döhlen-Formation haben eine Brückenfunktion, weil sie die Erkenntnis von Stur (1883) über die Identität der mineralisierten mit diesen kohlig erhaltenen, früher meist *Asterotheca* Grand'Eury, jetzt auch *Cyathocarpus* Weiss emend. Cleal 2015 genannten, paläophytischen Farnfiedern stützen (Abb. 132). Auch in einer taphonomisch sehr ähnlichen Situation, in den hellen Aschentuffen von Puertollano (Spanien) gelang der Nachweis von *Scoleopteris*-Synangien in kohlig erhaltener (Brous-miche et al. 1992).

Während die Gattung *Scoleopteris* bei vielen strukturerhaltenen Arten nomenklatorisch kaum in Frage gestellt wurde und nur taxonomische Abgrenzungen zu ähnlichen Psaroniales-Synangien erörtert wurden (Mil-lay 1997 u. a.), ist der Gattungsname der kohlig erhaltenen Arten nomenklatorisch oft sehr umstritten. Da die meist benutzte *Asterotheca* Grand'Eury 1877 als jüngeres Homonym zu *Asterotheca* Presl 1838 illegitim ist, neigen mehrere Autoren zu alternativen Gattungsnamen, so Mosbrugger (1983) und Cleal (2015) zu *Cyathocarpus* Weiss. Weil in vielen Vorkommen mit mäßiger Erhaltung der fertilen Organe ihre *Scoleopteris*-Natur nicht erkennbar ist, mag diese Nomenklatur aus petrefaktenkundlicher Sicht praktisch sein – in Döhlen ist sie überflüssig.

Eine ähnliche FarnGattung mit Synangien in gleicher Position auf der Mitte der Seitennerven ist *Asterotheca* Presl. Jedoch sind hier regelmäßig 6 Sporangien lateral fest zu großen, halbkugelförmigen Synangien verwachsen. Der Generotypus *Asterotheca sternbergii* Goeppert (pro syn: *Asterotheca truncata* Rost) aus der oberstephanischen Wettin-Formation, auch in einigen Rotliegendbecken bekannt, ist in der Döhlen-Formation nicht sicher nachgewiesen. Vielleicht ist aber ein kleines Fiederchen mit großen runden Synangien, von Sterzel (1893 Taf. IV, Fig. 7) als *Discopteris* sp. bezeichnet, ein schlecht erhaltenes Fragment dieses Farnes.

Die Bestimmung der *Scoleopteris*-Arten in Compression-Erhaltung erfordert eine sehr gute Erhaltung der Nervatur und ist bei fertilen Fiederchen, deren Un-



Abb. 131. *Scoleopteris* sp., fertile Fiederchen im Längsschnitt. Madenstein in Bannewitz-Formation, Burgk. Sammlung Müller (MMG Dresden), BU 36.3-3. Maßstab = 1 cm.

Fig. 131. *Scoleopteris* sp., fertil, paradermal section. Bannewitz Formation, „maggot-stone“. Scale bar = 1 cm.



Abb. 132. *Scoleopteris oreopteridia*, fertile Fiederchen. 5. Flöz, Lette 1, Gittersee. MMG Dresden, SaP 759. Maßstab = 2 mm.

Fig. 132. *Scoleopteris oreopteridia*, fertile pinnules showing short-stalked synangia. 5th seam. Scale bar = 2 mm.

terseiten dicht mit Synangien bedeckt sind, daher meist unmöglich. Auch sterile Fiedern sind oft unbestimmbar, weil die zarten Seitennerven nicht klar zu erkennen sind. In den älteren Sammlungen der Döhlen-Formation gibt

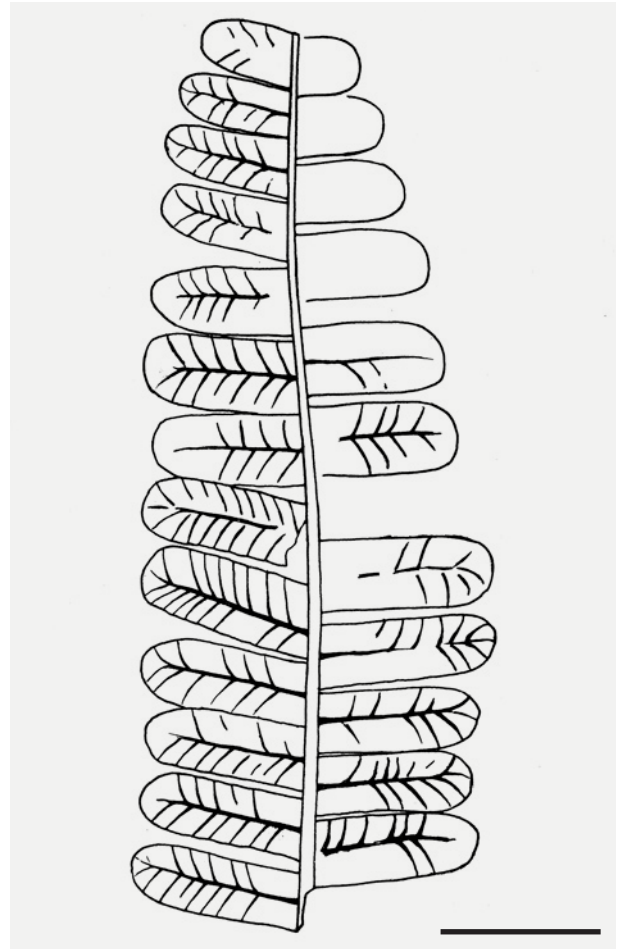


Abb. 133. *Scoleopteris arborescens*, sterile Fieder, Bannewitz-Formation. Aus Barthel (1976a).

Fig. 133. *Scoleopteris arborescens*. Sterile pinna. From Barthel (1976 a).

es zahlreiche unbestimmbare sterile und fertile *Scoleopteris*-Fiedern. Arten mit pecopteridischen Fiederchen, deren Zusammenhang mit fertilen Organen nicht sicher ist, werden hier als *Pecopteris*-Arten geführt.

Scoleopteris arborescens (Schlotheim ex Brongniart) Stur

Abb. 133

1855 „*Cyatheites arborescens* Geinitz, H. B.“ – Geinitz pro parte: 24, Taf. 28, Fig. 7–9; Taf. 35, Fig. 3

1893 „*Pecopteris* (*Scoleopteris*) *arborescens* v. Schlotheim sp.“ – Sterzel: 47, Taf. 1, Fig. 16, 17

Material: Wenige ältere Funde ohne sichere Angaben der Fundschicht. Keine sicheren Neufunde nach 1956.

Beschreibung: Zweifach plan und katadrom gefiederte Wedelfragmente mit linealen, ca. 10 mm breiten Fiedern vorletzter Ordnung. Fiederchen pecopteridisch, line-

al mit rundem Gipfel, ca. 2 mm breit und 5 mm lang, fast rechtwinklig und breit ansitzend, sehr dicht stehend. Nervatur einfach fiederförmig mit gerader Mittelader und einfachen, nur sehr selten einmal gegabelten Seitennerven.

Fertile Wedelfragmente abaxial vollständig mit Synangien bedeckt, Nervatur nicht sichtbar. Auch bei den sterilen Fiedern sind die Seitennerven nur selten klar zu erkennen.

Kommentare: Die schwierige Abgrenzung gegenüber der morphologisch sehr ähnlichen *Scolecopteris cyathea* mit den etwas größeren Fiederchen und den fast stets im oberen Drittel gegabelten Seitennerven ist jetzt am besten durch die reichen Funde in Schlotheims Typuslokalität Manebach und einen perfekt erhaltenen Wedel in Cabarz (Thüringer Wald) dokumentiert (Barthel 2009, Barthel & Brauner 2015).

Erstaunlich ist die Seltenheit des Farns in der Döhlen-Formation und im Schweinsdorfer Flöz gegenüber dem Massenvorkommen in der Bannewitz-Formation. Dort ist er nicht nur silifiziert in den Madensteinen, sondern auch als Abdruck in feinen pelitischen Zwischenschichten des anstehenden roten Hornsteins im Kaitzbachtal überliefert (Abb. 133).

***Scolecopteris oreopteridia* (Schlotheim ex Sternberg) Barthel**

Abb. 134–140

- 1855 „*Cyatheites arborescens* Schloth. sp.“ – Geinitz pro parte: 25, Taf. 5, Fig. 6
- 1958 „*Pecopteris hemitelioides* Brgt.“ – Barthel: 37, o. Abb.
- 1975 „*Scolecopteris lepidorhachis* (Zeill.) Barthel und Götzel“ – Barthel: 463, Taf. 7, Abb. 1–7
- 1976a „*Scolecopteris lepidorhachis* (Zeiller emend.) nov. comb.“ – Barthel: 40, Taf. 12, Fig. 2–12; Taf. 13, Fig. 1–20
- 1998 „*Scolecopteris oreopteridia* Schloth. (= *S. lepidorhachis* Zeiller)“ – Rößler & Barthel: 94, Taf. VII, Fig. 2–5
- 2006 „*Scolecopteris oreopteridia* (Schlotheim) Barthel“ – Reichel & Schauer: 28, o. Abb.

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Dieser im Rotliegenden und Stephan weitverbreitete und fast überall sehr häufige Farn ist in der Döhlen-Formation recht spät nachgewiesen worden. Das liegt wahrscheinlich an der einfachen, extrem tiefen Gabelung der Seitennerven, die oft sehr schwer zu erkennen ist und dadurch ungegabelte Seitennerven vortäuscht. Nomenklatorische Probleme verzögerten eine korrekte Benennung unserer Art: Zeiller (1888) hatte bei seiner hervorragenden Darstellung der Pflanze in Commeny (Frankreich) Brongniarts bildhaften Artnamen *lepidorhachis* benutzt, der aber mit einer anderen Art besetzt war. Dagegen ist Schlotheims Artnamen *oreopteridia* (1820)



Abb. 134. *Scolecopteris oreopteridia*, Fiederachsen, stark behaart. 5. Flöz, Lette 1, Gittersee. MfN Berlin, PB 1985/106. Maßstab = 1 cm.

Fig. 134. *Scolecopteris oreopteridia* pinna axis with a dense hair cover. 5th seam. Scale bar = 1 cm.



Abb. 135. *Scolecopteris oreopteridia*, sterile Fiedern. 5. Flöz, Lette 1, Gittersee. Sammlung Thümmel, TH 9. Maßstab = 6 cm.

Fig. 135. *Scolecopteris oreopteridia* sterile pinnae showing basally forked lateral veins. 5th seam. Scale bar = 6 cm.

auf eine sehr klare Beschreibung und Abbildung des Manebacher Vorkommens bezogen (Schlotheim 1804), unverändert durch Sternberg (1825) übernommen und dadurch nomenklatorisch legitimiert. Diese Zusammenhänge konnte ich erst bei der Revision der Rotliegendflora des Thüringer-Wald-Beckens nach 1980 überprüfen und auf die Döhlen-Formation übertragen (Rößler & Barthel 1998).

Vorkommen und Material: Sterile und fertile Fiedern in der Lette 1 des 5. Flözes massenhaft, dabei vereinzelt mit sehr klaren räumlichen Erhaltungen der Synangien und

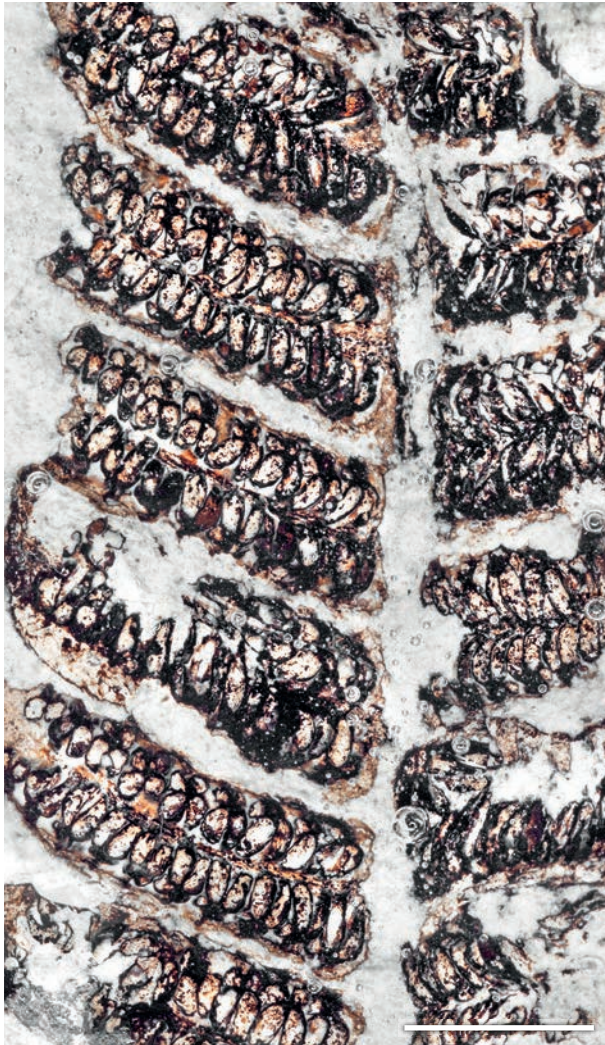


Abb. 136. *Scolecopteris oreopteridia*, fertile Fieder, Laminae vollständig mit Sporangien bedeckt. 5. Flöz, Lette 1, Gittersee. Sammlung Thümmel, TH 66. Maßstab = 5 mm.

Fig. 136. *Scolecopteris oreopteridia*, fertile pinna showing the entire lamina covered with sporangia. 5th seam. Scale bar = 5 mm.

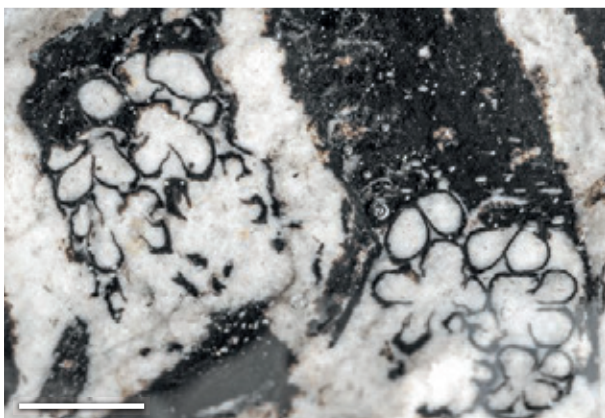


Abb. 137. *Scolecopteris oreopteridia*, fertile Fiederchen im Querschnitt. 5. Flöz, Lette 1, Gittersee. MMG Dresden, SaP 760. Maßstab = 2 mm.

Fig. 137. *Scolecopteris oreopteridia*, fertile pinnules in cross section. 5th seam. Scale bar = 2 mm.



Abb. 138. *Scolecopteris oreopteridia*, Synangien. 5. Flöz, Lette 1, Gittersee. MMG Dresden, SaP 762. Maßstab = 1 mm.

Fig. 138. *Scolecopteris oreopteridia*, two synangia in lateral view. 5th seam. Scale bar = 1 mm.

Blattspreiten. Selten im Hangenden des 3. Flözes und vereinzelte, nichthorizontierte Altfunde.

Beschreibung: Wedel sehr groß, dreifach katadrom und plan gefiedert, mit auffällig breiten und stark behaarten Achsen (Abb. 134) und pectopteridischen Fiederchen mit einfach basal gegabelten Seitennerven (Abb. 135). Wedelrhachis bis 6 cm breit, Fiederachse 1,0–1,5 cm breit, selbst dicht unter der Fiederspitze noch 8 mm breit, mit 1 mm langen Haaren bedeckt. Fiedern 2. O. lineal mit kurzer Spitze. Fiederchen lineal mit rundem Gipfel, 4–16 mm lang und 2–3 mm breit, schräg ansitzend, basal leicht herablaufend, Lamina dick (bis 0,4 mm stark), in Längs- und Querrichtung meist deutlich gekrümmt bis eingerollt. Nerven deutlich in die Lamina eingesenkt. Seitennerven unmittelbar an ihrer Basis gegabelt, bogenförmig zum Rand verlaufend und dort sehr häufig mit Calcit gefüllten kleinen runden Drüsen (Hydathoden) endend, relativ locker stehend, ca. 15 Nerven pro cm Rand.

Fertile Fiederchen sind von gleicher Form und Größe, wobei die Nervatur nur selten zu erkennen ist; meist sind die Fiederchen abaxial dicht mit zwei Reihen von parallel liegenden schmal-spindelförmigen, sehr spitz endenden Sporangien bis 1,6 mm Länge bedeckt (Abb. 136). In der selteneren kohlig-räumlichen Erhaltung erkennt man deutlich, dass 4 oder 5 freie Sporangien an einem gemeinsamen kurzen Stiel hängen (Abb. 132). Im unreifen Stadium sind die Sporangien eines Synangiums noch untereinander lateral an der Basis verwachsen. Die Sporen sind monolet, fast rund, ca. 35 µm groß, mit sehr dünner, meist sekundär stark verfalteter, fein punctater Exine. Im System disperser Sporomorphen mit *Puncta-*

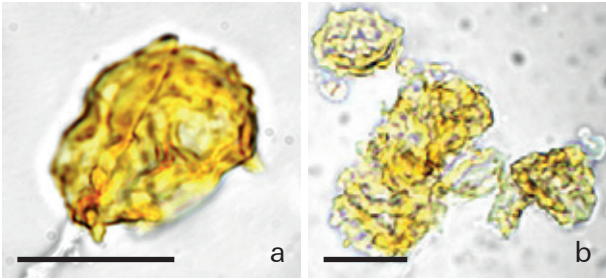


Abb. 139a, b. *Scoleopteris oreopteridia*, Sporen in situ. MfN Berlin, PB 2012-429. Maßstab = 20 µm.

Fig. 139a, b. *Scoleopteris oreopteridia*, in situ spores. 5th seam. Scale bar = 20 µm.

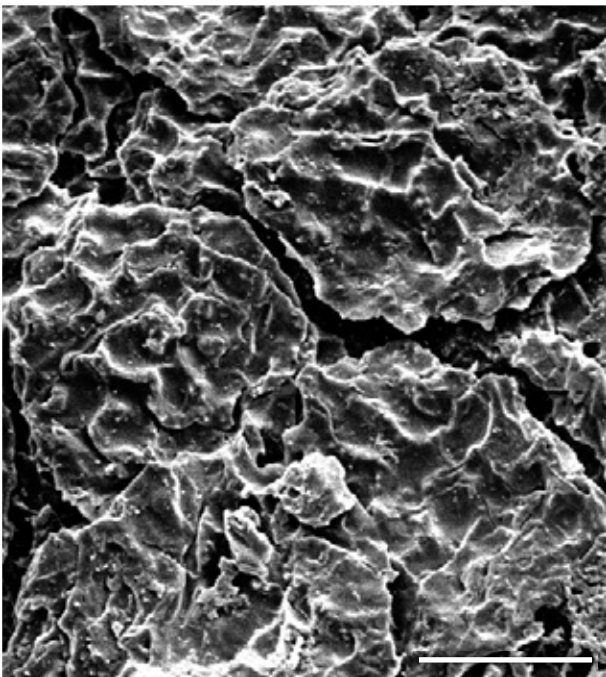


Abb. 140. *Scoleopteris oreopteridia*, Sporen in situ. MfN Berlin, PB 2012-429. Maßstab = 10 µm.

Fig. 140. *Scoleopteris oreopteridia*, in situ spores. 5th seam. Maßstab = 10 µm.

tosporites scabellus (Irmgrund) Potonié & Kremp vergleichbar (Abb. 139, 140).

Vergleiche und Kommentare: Das diagnostisch wichtigste Merkmal sind die unmittelbar am Mittelnerv einfach gegabelten Seitennerven. Wichtig sind auch die überproportional breiten, mit Stachelhaaren besetzten Fiederachsen, daher das Synonym *lepidorhachis*. Hydathoden sind dagegen kein brauchbares Merkmal, sie sind nicht immer entwickelt, und sie gibt es auch bei anderen Arten. Fertile isolierte Fiederchen sind in Compression-Erhaltung kaum zu bestimmen, weil die Lamina zusammen mit den Syngangien eine dicke kohlige Substanz bildet.

Die fertilen Fiederchen können mit dem strukturerhaltenen Vorkommen der Art in der Altendorfer Hornsteinplatte des Chemnitz-Beckens verglichen werden: Dabei zeigt sich eine weitgehend morphologische Über-

einstimmung zwischen den beiden Erhaltungszuständen (Barthel 1976a).

In Manebach, der Typuslokalität, ist der Zusammenhang von *Scoleopteris oreopteridia* mit *Caulopteris*-Stämmen und großen, den *Scoleopteris*-Wedeln homologen Aphlebien vom Typ *Aphlebia erdmannii* (Germar) Potonié nachgewiesen (Barthel 2009). Auch in der Wettin-Formation (Sammlung Simon im Museum für Naturkunde Berlin) ist *Scoleopteris oreopteridia* die häufigste *Scoleopteris*-Art, mit gut erhaltenen und sehr großen Wedelfragmenten. Damit ist der Farnwedel die am besten bekannte Beblätterung eines *Psaronius*-Baumfarnes im Stephanium und Rotliegenden der variszischen Innensenken.

In der Döhlen-Formation liegt es nahe, die fast monotypisch in der Moorgesellschaft des 5. Flözes herrschende *Scoleopteris*-Art mit den großen, vielzeilig beblätterten *Psaronius-polyphyllus*-Stämmen (siehe S. 172) in Verbindung zu bringen.

Scoleopteris hemitelioides (Brongniart) Stur

Abb. 141–144

- 1855 „*Cyatheites arborescens* Brgt.“ – Geinitz pro parte: 24, Taf. 28, Fig. 11
- 1893 „*Pecopteris hemitelioides* Brongniart“ – Sterzel: 21, Taf. 2, Fig. 1–4
- 1893 „*Pecopteris* (*Grand'Eury* an *Scoleopteris*) *Zeilleri* n. sp.“ – Sterzel: 23, Taf. 2, Fig. 4B, 5–8
- 1893 „*Pecopteris* (*Scoleopteris*) *subhemitelioides* n. sp.“ – Sterzel: 28, Taf. 2, Fig. 9; Taf. 3, Fig. 1a–f, 2. 2a
- 1959 „*Pecopteris hemitelioides* BRGT.“ – Remy, W. & Remy, R.: 232, Abb. 185
- 1976a „*Scoleopteris hemitelioides* (Brongn.) Stur“ – Barthel: 46, Taf. 14, Fig. 9–13
- 2006 „*Scoleopteris hemitelioides* (Brongniart) Stur mit Sporen vom Typ *Thymospora*“ – Reichel & Schauer: 28, Abb. 2.2-24

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Dieser Farn wurde schon früh in die Döhlen-Sammlungen aufgenommen, aber erst durch Sterzel (1893) mit der Originalbeschreibung Brongniarts (1828) verglichen und benannt. Dabei übersah Sterzel aber zunächst, dass er zwei Aspekte der gleichen Pflanze unter neuem Namen zusätzlich beschrieben hatte. Er konnte dies selbst korrigieren (1893: 30, Fußnote), denn im Becken von Commeny hatte Zeiller (1888) die Übergänge von sterilen zu fertilen Fiedern überzeugend dargestellt. Die Sporen in situ unseres Farnes wurden im Schweinsdorfer Flöz entdeckt (Barthel 1967) – es sind markante monoletete *Thymospora*-Sporomorphen. Laveine (1969) hat das im Saar-Lorraine-Becken bestätigt.

Vorkommen/Material: Unsere Kenntnisse in der Döhlen-Formation beruhen auf den aus mehreren Gruben

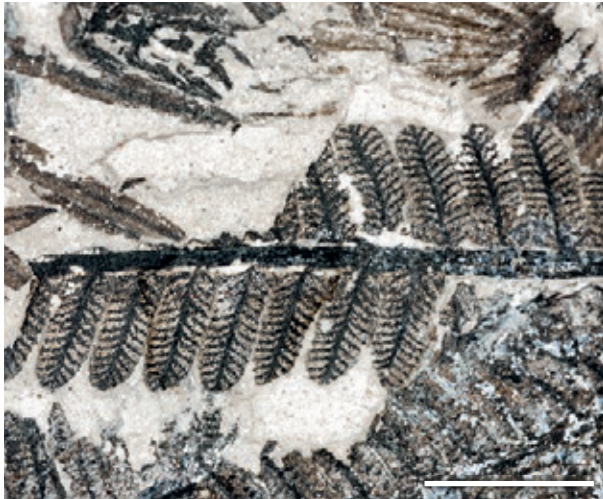


Abb. 141. *Scoleopteris hemitelioides*, sterile Fieder. MMG Dresden, SaP 1812. Maßstab = 1 cm.

Fig. 141. *Scoleopteris hemitelioides*, sterile pinna. Scale bar = 1 cm.

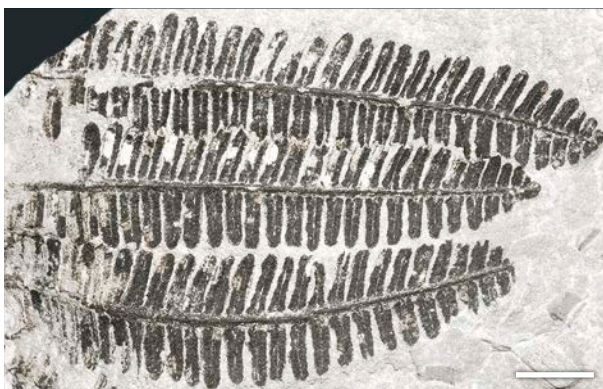


Abb. 142. *Scoleopteris hemitelioides*, fertile Fiedern. MMG Dresden, SaP 4333. Maßstab = 1 cm.

Fig. 142. *Scoleopteris hemitelioides*, fertile pinnae. Scale bar = 1 cm.

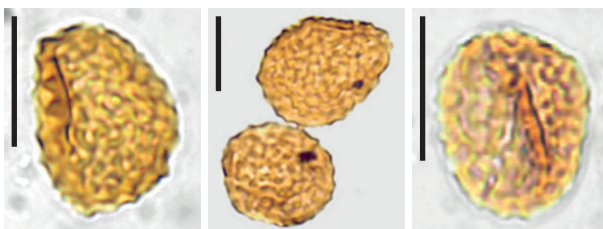


Abb. 143. *Scoleopteris hemitelioides*, Sporen in situ ex Abb. 142. MfN Berlin, PB 2012/428. Maßstab = 20 µm.

Fig. 143. *Scoleopteris hemitelioides*, in situ spores ex fig. 142. Scale bar = 20 µm.

stammenden Altfunden in den Sammlungen, die meisten wohl aus dem Hangenden des 3. Flözes; Neufunde sind selten (4. Flöz Liegendes) und bestehen aus einzelnen Fiedern vorletzter Ordnung. Hartkopf-Fröder in Reichel & Schauer (2006) erwähnt ein Massenvorkommen disperser Sporen in der Kohle des Hauptflözes.



Abb. 144. *Scoleopteris hemitelioides*, Fiederchen steril und fertil, Madenstein Burgk, Bannewitz-Formation. Sammlung G. Müller (MMG Dresden), BU 36. 3. Maßstab = 3 mm.

Fig. 144. *Scoleopteris hemitelioides* sterile and fertile pinnules in organic attachment, Bannewitz Formation, maggot stone. Scale bar = 3 mm.

Beschreibung: Wedel dreifach katadrom und plan gefiedert, Sekundärfiedern breit lineal, im terminalen Viertel allmählich zugespitzt. Fiederchen lineal mit rundem Gipfel, breit gerade bis stumpfwinklig ansitzend, 6–17 mm lang und 2–4 mm breit (Abb. 141), Mittelader gerade, nicht herablaufend, 10 bis zu 17, stets einfache und gerade Seitennerven beiderseits der Mittelader, Oberseite bei guter Erhaltung unter Lupenvergrößerung mit gescheitelten Epidermiszellen (keine Haare!).

Fertile Fiederchen in der Compression-Erhaltung meist aus zwei Reihen dicht nebeneinanderliegender lanzettförmiger Sporangien von ca. 0,6–0,8 mm Länge bestehend (Abb. 142). Bei einigen Fiederchen ist der basale Zusammenhang von einigen Sporangien zu Synangien vom Typ *Scoleopteris* zu erkennen.

Die Sporen in situ sind monolet, schwach bohnenförmig bis rundlich, mit 25–35 µm Länge relativ klein, ihre Dehizensmarke reicht über die gesamte Länge, ist aber oft nicht sichtbar. Die Skulptur der relativ kräftigen Exine ist markant cristat, wobei die einzelnen, unvollständig zu Maschen verwachsenen Coni in Höhe und Breite, aber auch in der Form (spitz bis rundlich) recht variabel sind (Abb. 143). Im System der dispersen Sporomorphen gehören die Sporen zur Gattung *Thymospora* Wilson & Venkatachala 1963.

Kommentare: Es besteht eine gute morphologische Übereinstimmung mit den Funden aus dem französischen Typusgebiet der Pflanze (Zeiller 1888). Der Farn kommt auch in den beiden jüngeren Formationen des Döhlener Beckens vor: im Schweinsdorfer Flöz mit sehr gut erhaltenen fertilen Fiedern und Sporen in situ. In den Madensteinen der Bannewitz-Formation sind die Fiederchen deutlich kleiner als in der Döhlen-Formation, was man auch von anderen Siliciterhaltungen kennt (Galtier



Abb. 145. *Scoleopteris densifolia*, Schweinsdorfer Flöz. MfN Berlin, PB 1987/174. Maßstab = 1 cm.

Fig. 145. *Scoleopteris densifolia*, sterile pinnae. Niederhäslich Formation. Scale bar = 1 cm.

1986), haben aber die gleichen Proportionen und die gleiche Nervatur, allerdings meist nur 7–11 Seitenerven. Sehr gut sind dort die langen und spitzen Synangien aus je 4–5 Sporangien im Quer- und Längsschnitt zu beobachten, wobei im unreifen Stadium der Synangien basal die sehr kräftige gemeinsame Außenwand der Sporangien auffällt. Nur die Sporen in situ sind in der Bannewitz-Formation nicht erhalten. Der Zusammenhang von sterilen und fertilen Fiederchen ist dort am gleichen Wedelfragment direkt zu beobachten (Abb. 144).

Scoleopteris densifolia (Göppert) Barthel

Abb. 145

1893 „*Pecopteris* (*Asterotheca* an Grand'Eury) *densifolia* Göppert sp.“ – Sterzel: 34, Taf. 4, Fig. 6

2006 „*Scoleopteris densifolia* (Göppert) Barthel“ – Reichel & Schauer: 28, o. Abb.

Material: Nur ein älterer Fund ohne Horizontierung.

Beschreibung: pecopteridische Fiederchen, lineal mit rundem Gipfel, bis 12 mm lang und 5 mm breit, breit ansitzend und leicht herablaufend, untereinander mit einem sehr schmalen Saum verbunden. Nervatur fiederförmig, relativ locker, mit gerader, bis kurz vor dem Gipfel deutlicher Mittelader und einfach im unteren Drittel gegabelten Seitenerven.

Kommentare: Wedelfragmente der Pflanze kommen auch im Schweinsdorfer Flöz vor (Abb. 145), wo auch die sicher zugehörigen fertilen Fiedern mit relativ langen (bis 1,5 mm), spitz endenden Sporangien und die großen trileten glatten Sporen (Ø 40–60 µm) nachgewiesen wurden (Barthel 1967, 1976a).

Taxonomisch sind diese pecopteridischen Fiederchen umstritten. Die meisten Autoren orientieren sich an den



Abb. 146. *Scoleopteris polymorpha*, sterile Fieder. 4. Flöz, Liegendes. MMG Dresden, SaP 1070. Maßstab = 1 cm.

Fig. 146. *Scoleopteris polymorpha*, sterile pinna. 4th seam. Scale bar = 1 cm.

Darstellungen von Zeiller (1888). Es bleiben aber die Bedenken über Goeperts Typusexemplar aus Peklov mit den sehr tief gegabelten Seitenerven, der von *Scoleopteris oreopteridia* Schlotheim kaum zu unterscheiden ist (Potonie 1893, Knight 1985).

Scoleopteris polymorpha (Brongniart) Stur

Abb. 146

1893 „*Pecopteris* (?*Scoleopteris* an *Acitheca*) *polymorpha* (Brongniart) Zeiller emend.“ – Sterzel pro parte: 32, Taf. 4, Fig. 2, 3

1976a „*Pecopteris* (? *Scoleopteris*) *polymorpha* Brongn. emend. Zeiler“ – Barthel: 51, Taf. 18, Fig. 8

2006 „*Pecopteris* (? *Scoleopteris*) *polymorpha* Brongniart“ – Reichel & Schauer: 28, o. Abb.

Material: Wenige Funde aus der Lette 1 des 5. Flözes und aus dem Liegenden des 4. Flözes, alles sterile Fiedern. Ältere, nicht mehr auffindbare, nichthorizontierte Funde

aus dem Carolaschacht mit sterilen und vielleicht zugehörigen fertilen Fiedern.

Beschreibung: Fragmente eines zweifach plan gefiederten Wedels mit pecopteridischen, basal leicht eingezogenen Fiederchen, 3–15 mm lang und 2–5 mm breit, Nervatur fiederförmig, schwach flexuos mit kräftiger, nicht herablaufender Mittelader und zweifach, meist im unteren Drittel gegabelten Seitennerven (Abb. 146).

Sterzel (1893) beschreibt die gut erhaltenen fertilen Fiedern als Synangien mit 4 basal verwachsenen, 3–4 mm langen, lang-gespitzten Sporangien.

Kommentare: Zeiller (1888, 1892) erkannte in seinem reichen Material aus den Becken des französischen Zentralmassivs, wie vorher schon Grand'Eury (1877), die langen spitzen Sporangien von *Pecopteris polymorpha* und bezeichnete sie als *Scolecopteris*. Die meisten anderen Autoren sehen dabei aber eine eigene Gattung *Acithea* Schimper. Auch Zодrow et al. (2006) bleiben nach einer umfangreichen Revision nomenklatorisch dabei. Über die Synangien können sie leider morphologisch nichts Neues mitteilen, wohl aber über die vielfältigen Reifestadien der Sporen in situ und die Epidermisstruktur der Fiederchen. Für mich bleibt der Farn eine *Scolecopteris*-Art mit besonders langen und spitzen Sporangien.

***Lobopteris geinitzii* (Gutbier emend. Sterzel) Wagner**

Abb. 147–150, 151

1855 „*Cyatheetes Miltoni* Artis sp.“ – Geinitz pro parte: 27, o. Abb.

1976a „*Scolecopteris polypodioides* (Sternb.) nov. comb.“ – Barthel: 48, Taf. 16, Fig. 1, 8 und 9.

2006 „*Lobopteris geinitzii* (Gutbier) Wagner“ – Barthel in Reichel & Schauer: 26, o. Abb.

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Schon Geinitz (1855, 1856) kannte die sterilen Fiedern aus mehreren Döhlener Schächten, konnte sie aber nicht von einer ähnlichen Art aus dem Westphal D des Chemnitz-Beckens unterscheiden. Unsere Art ist im Rotliegenden weit verbreitet und auch in allen drei Formationen des Döhlener Beckens ein Florenelement. Wegen der außergewöhnlich hohen Variabilität der Fiedern ist sie aber in vielen Fällen fehlbestimmt worden. Auch ich habe 1976 unter dem Eindruck der böhmischen Vorkommen (Němejc 1940, 1948) die Art nach Presl in Sternberg (1838) als *Scolecopteris polypodioides* bestimmt. Erst Wagner (1983) erkannte die Eigenständigkeit der unterpermischen Art, die schon Gutbier (1849) auf Funde aus dem Versuchsschacht in Burgstädtel (Niederhäslich-Formation) begründet hatte. Wagner (1959) hat auch die ganze Formgruppe der *Pecopteris miltonii*, zu der unsere Art gehört, als neue Gattung *Lobopteris* aufgestellt. Diese ist in



Abb. 147. *Lobopteris geinitzii*, sterile Fieder. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. MMG Dresden, SaP 4514. Maßstab = 1 cm.

Fig. 147. *Lobopteris geinitzii*, sterile pinna. 3rd seam. Scale bar = 1 cm.

den letzten Jahrzehnten weitgehend akzeptiert und durch Pšenička et al. (2009) auch durch die fertilen Organe als natürliche taxonomische Einheit charakterisiert worden. Cleal (2015) und Wittry et al. (2014) haben aber die Gattung enger gefasst und die Arten mit monoleten Sporen und meist crenulierten Fiederchenrändern als neue Gattung *Crenulopteris* ausgeschlossen.

Vorkommen und Material: In Lette 1 und 7 des 5. Flözes, im Liegenden des 4. Flözes und im Hangenden des 3. Flözes. Nur selten fertil.

Beschreibung: Wedelteile zweifach katadrom und plan gefiedert, Fiederachsen glatt, Fiedern letzter O. lineal, in eine lange Spitze auslaufend (Abb. 147). Fiederchen pecopteridisch, aber sehr variabel in Form und Größe, meist breit-lineal mit rundem Gipfel und glattrandig, 5–6 mm lang und ca. 2 mm breit, aber auch langgestreckt, bis 20 mm lang, mit gekerbten bis fiederspaltigen Rändern. Längere, gekerbte Fiederchen und deren Mittelader basiscop leicht herablaufend (Abb. 148). Seitennerven der meisten (glattrandigen) Fiederchen einmal, meist im oberen Drittel unter relativ großen Winkel (ca. 40°) gegabelt, bei kleinen Fiederchen an den Fiederspitzen Seitennerven meist einfach, bei den langen kerbrandigen Fiederchen ist der apicale Gabelast oft noch einmal gegabelt. Die Seitennervatur ist überall stark bogig (niemals flexuos) und auffällig locker (bis 0,5 mm Abstand am Rand). Bei einigen Fiedern enden die Seitennerven am Rand mit kleinen Drüsen (Hydathoden). Eine Behaarung der Lamina konnte nicht beobachtet werden.



Abb. 148. *Lobatopteris geinitzii*, sterile Fieder. 3. Flöz Hangendes. Sammlung Thümmel, TH 53. Maßstab = 2 mm.

Fig. 148. *Lobatopteris geinitzii*, sterile pinna. 3rd seam. Scale bar = 2 mm.

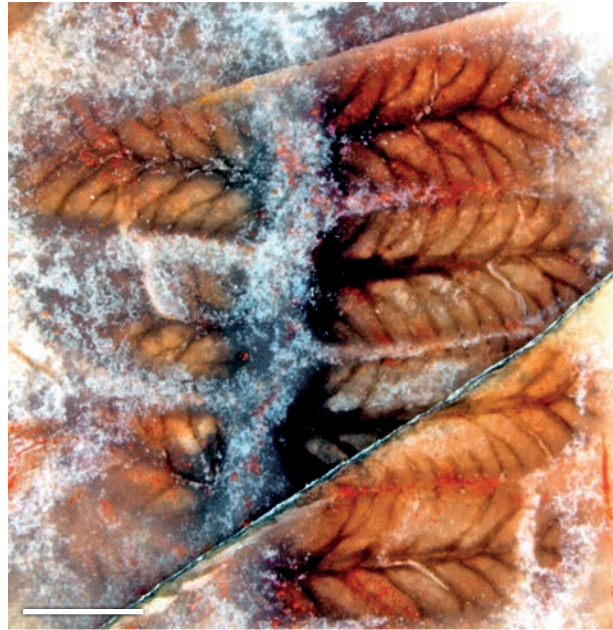


Abb. 149. *Lobatopteris geinitzii*, sterile Fiederchen. Madenstein in Bannewitz-Formation, Burgk, Sammlung Müller (MMG Dresden), BU 42.2. Maßstab = 2 mm.

Fig. 149. *Lobatopteris geinitzii*, sterile pinna silicified in maggot-stone. Bannewitz Formation. Scale bar = 2 mm.



Abb. 150. *Lobatopteris geinitzii*, Fiederachse mit sterilen Fiederchen. Madenstein Burgk. Sammlung Müller (MMG Dresden), BU 42.2. Maßstab = 5 mm.

Fig. 150. *Lobatopteris geinitzii*, pinna axis in lateral view. Bannewitz Formation. Scale bar = 5 mm.

Fertile Fiedern isomorph (Abb. 151 A, B). Radial-symmetrische (kugelförmige), knapp 1 mm große, kurz gestielte Synangien aus 4–5, vollständig verwachsenen, allseits dünnwandigen keulenförmigen Sporangien bestehend (Abb. 151 C), an den Spitzen der Seitenadern kurzgestielt anotrop und deutlich nach innen, zur Lamina gerichtet (Abb. 151 D). Sporen sehr klein, ca. 25 µm Ø, trilet, mit sehr dünner, oft sekundär verfalteter Exine (Abb. 151 E).

Kommentare und Vergleiche: Unsere Art gehört zu einer Gruppe von isomorphen pecopteridischen Farnen, deren bis 4-fach gefiederte plane Wedel sich durch einen sehr allmählichen Übergang des Fiederungsgrades auszeichnet und daher alle Übergänge von ganzrandigen über gekerbte und fiederspaltige Fiederchen bis zu freien Fie-

→ **Abb. 151. (A–F).** *Lobatopteris geinitzii*, 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. Sammlung Thümmel, TH 1.

A. Fertile Fiederchen mit terminal anotrop positionierten Synangien an den Seitenadern. Maßstäbe: A = 3 mm; B = 100 µm.

B, C, D. Synangien. Maßstab = 0,5 mm.

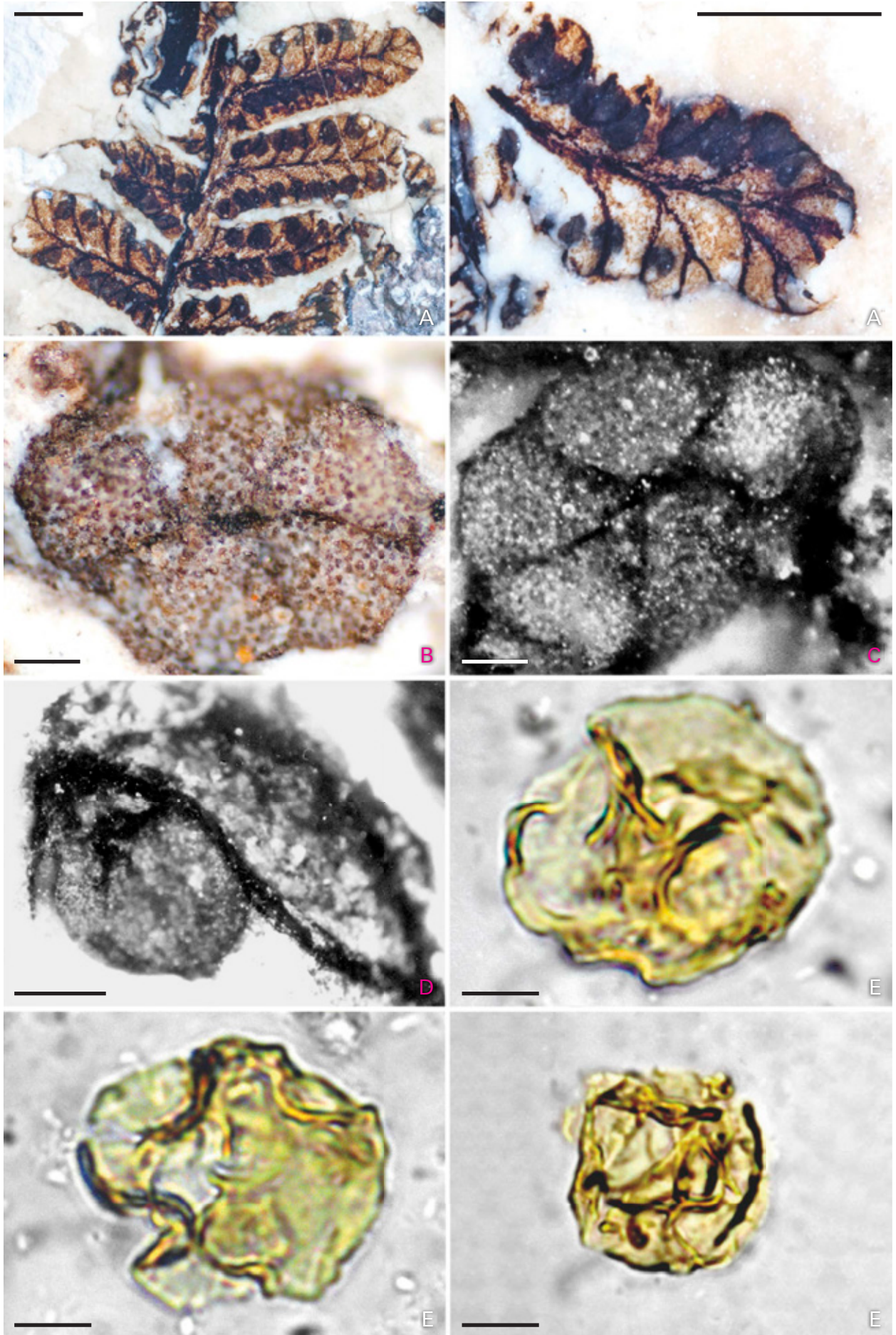
E. Sporen in situ. Maßstab = 3 µm.

→ **Fig. 151. (A–F).** *Lobatopteris geinitzii*, Döhlen Formation, 3rd seam Bannewitz coalfield.

A. Fertile pinnules showing terminally positioned synangia at the lateral veins.

B, C, D. Synangia. Scale bar = 0.5 mm.

E. In situ Spores. Scale bar = 3 µm.



derchen der nächsthöheren Ordnung zeigen. Zusammen mit einigen Besonderheiten der Nervatur (nur der jeweilige apicale Gabelast ist noch ein- oder zweimal gegabelt) und häufiger Behaarung wurden diese *Pecopteris*-Arten mit diesen Merkmalen von Corsin (1951) als Gruppe der *Pecopteris miltoni* zusammengefasst. Die meisten Arten sind oberkarbonisch, z. T. auch stratigraphisch bedeutsam. Dass aber der Nervatur-Typ *Lobopteris* selbst bei Pteridospermenwedeln vorkommen kann, haben Krings & Schultka (2010) gezeigt. Einzelne kleine sterile Fragmente dieses Farnes zu bestimmen, ist meist sehr schwierig, oft auch unmöglich. Erst mehrere Exemplare einer Fundschicht zeigen nebeneinander den typischen allmählichen Übergang von einem Fiederungsgrad zum anderen. Das gilt auch für die Nervatur, die bei größeren ganzrandigen Fiederchen nur einmal oder gar nicht gegabelt ist, während die Nervatur der kerbrandigen langen schmalen Fiederchen anderthalb- bis zweifach gegabelt ist.

Lobopteris geinitzii ist auch in der Niederhäslich-Formation (stratum typicum!) häufig: Aus dem Schweinsdorfer Flöz kennen wir neben den sehr variablen sterilen Fiedern die kleinen zarten trileten Sporen in situ (Barthel 1967, 1976a). Aus der Typuslokalität, dem Preusser'schen Versuchsschacht bei Burgstädtel gibt es nur die alten, von Gutbier (1849) und Sterzel (1893) bearbeiteten Funde in mäßiger Compression-Erhaltung.

Unter den Madensteinen der Bannewitz-Formation konnte G. Müller auffällige „Gabelfarne“ entdecken, die in Form und Nervatur den Döhleener Funden gleichen (Abb. 149, 150). Auch Hydathoden kommen dort vor, leider aber noch keine fertilen Fiederchen.

Im Chemnitz-Becken dokumentieren besonders die Funde aus der Leukersdorf-Formation den Übergang zu den fiederteiligen Fiederchen lückenlos (Barthel 1976a). Im Thüringer-Wald-Becken ist die Art unter den neuen Funden der Goldlauter-Formation morphologisch mit besonders klarer und variabler Nervatur vertreten, fertil in der Manebach-Formation sind die Synangien deutlich terminal anatrop auf den Seitenadern zu erkennen. (Barthel & Brauner 2015). Auf der Iberischen Halbinsel hat Wagner (1958b) die *Lobopteris*-Nervaturmerkmale entdeckt und nomenklatorisch fixiert. Die Art *Pecopteris laxenervosa* Wagner & Sousa 1983 aus dem Cantabrian bis Autunian mit sehr lockeren, meist einmal im oberen Drittel gegabelten Seitennerven und marginalen Synangien ist unserem Farn besonders ähnlich, vielleicht sogar identisch. Typusspezies (Generotypus) ist die euramerisch im Oberkarbon weitverbreite *Lobopteris miltonii* (Artis) Wagner emend. Cleal, die schon in der Originalpublikation von Artis (1825) mit fertilen Fiedern dargestellt wurde (Shute & Cleal 1989). Seit Sturs (1883) scharfsinnigen, aber oft von anderen Autoren missachteten Beobachtungen ist bekannt, dass sich deren Synangien von den *Scolecopteris*-Arten in Form und Position deutlich unterscheiden, wohl aber auch zu den paläophytischen Marattiaceen gehören. Seine Bestimmung als *Hawlea* Corda berücksichtigte aber nicht, dass *Hawlea* wahrscheinlich nur ein ontogenetischer Aspekt der reifen, sternförmig geöffneten Synangien ist. An Funden

aus dem oberschlesischen Karbon (Gothan 1913) und bei Kidston (1924) ist das deutlich zu sehen. Die Lage der Synangien formulierte Stur ganz klar „sori ... intra apicem nervorum“ [der Sorus der *Hawlea* ist unweit vom Abschnittsrand situiert] – also nicht median auf den Seitennerven wie bei *Scolecopteris*. Ich bin sicher, dass diese randnahe Position der Synangien wie bei *Lobopteris geinitzii* ein Aspekt ihrer terminalen, aber anatropen Stellung an den Seitennerven ist.

Die Sporangien von *Lobopteris miltonii* wurden am Holotypus aus dem Kohlenfeld Radstock in Somerset von Pšenička et al. (2009) untersucht. Deren Sporen sind ca. 40 µm groß, trilet, microverrucat und microgranulat; dispers gehören sie zu *Cyclogranisporites* oder *Apiculatisporites*. Jedoch erkannten die Autoren, wie auch Cleal (2015) wegen der mäßigen Erhaltung der Compressions nicht die Position der Synangien und der einzelnen Sporangien, was zu einer falschen Deutung führte.

Pecopteris monyi Zeiller

Abb. 152, 153

1893 „*Pecopteris Haussei* n. sp.“ – Sterzel: 30, Taf. III, Fig. 3–6

2006 „*Pecopteris monyi* Zeiller“ – Reichel & Schauer: 28, o. Abb.

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Sterzel (1893) wusste, dass seine neue Art *Pecopteris Haussei* zu Ehren des hervorragenden Döhleener Markscheiders und Geologen R. Hausse viele gemeinsame Merkmale mit der Art seines französischen Fachkollegen Zeiller (1888) aus dem Becken von Commeny hatte. Die geringen Unterschiede betreffen nur Wachstumsstadien (Behaarung, Form der Fiederchen). Inzwischen ist *Pecopteris monyi* in zahlreichen Becken des Stephans und Unteren Perms auf der Iberischen Halbinsel nachgewiesen (Wagner & Alvarez-Ramis 2010). Auch im Rotliegenden des Thüringer Waldes kennen wir sie – auch dort leider ohne fertile Fiedern (Barthel 2009). Analog zu vielen morphologisch ähnlichen *Pecopteris*-Fiedern gehört *Pecopteris monyi* sehr wahrscheinlich auch zu den *Scolecopteris*-Farnen.

Vorkommen/Material: Wenige Neufunde aus dem Hangenden des 3. Flözes – auch die Originale zu Sterzel (1893) auf hellem, mittelkörnigem Kristalltuff stammen sicher aus dieser Fundschicht. Alle Fiedern steril.

Beschreibung: Zweifach plan und katadrom gefiederte Wedelfragmente vom Typ *Scolecopteris*, aber nur steril bekannt. Achsen leicht behaart. Fiederchen pecopteridisch, lineal-schwach lanzettlich, am Gipfel abgerundet, 8–9 mm lang und 3–4 mm breit, schräg ansitzend, schwach herablaufend. Nervatur fiederförmig mit deutlichem, basal schwach herablaufendem, die Spitze erei-



Abb. 152. *Pecopteris monyi*, sterile Fieder. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. Sammlung Thümmel, TH 55. Maßstab = 2 mm.

Fig. 152. *Pecopteris monyi*, sterile pinna. 3rd seam. Scale bar = 2 mm.

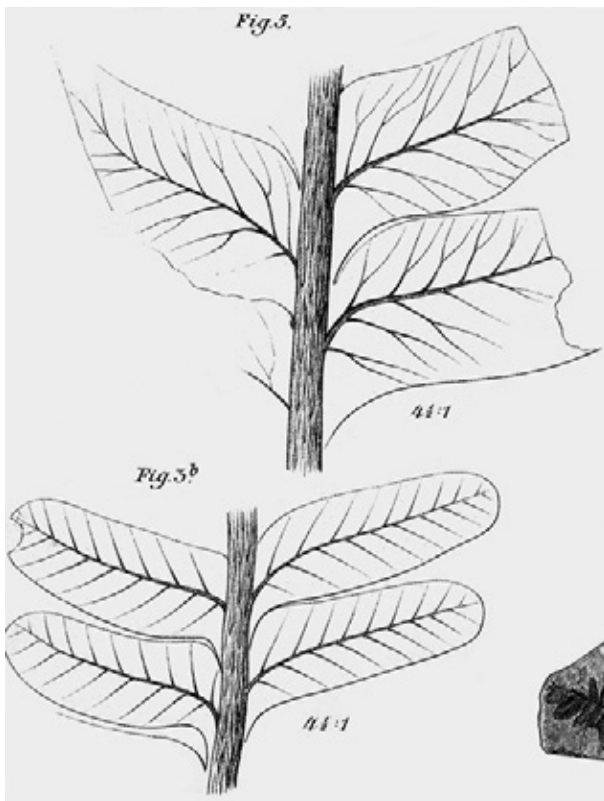


Abb. 153. *Pecopteris monyi*, aus Sterzel (1893).

Fig. 153. *Pecopteris monyi*, sterile pinna, from Sterzel (1893).

chenden Mittelnerv und meist einfachen und geraden, seltener in der Mitte gegabelten Seitennerven (Abb. 152, 153).

Vergleiche/Kommentare: Die Pflanze ist nur sicher zu bestimmen, wenn die Seitennervatur der Fiederchen zwischen einfach und einmal gegabelt wechselt. Das ist aber bei manchen Fragmenten selten oder nicht der Fall. Auch das Original zu Sterzel (1893) Taf. III, Fig. 5, ein relativ großes Wedelstück, hat nur Fiederchen mit ungegabelten Seitennerven. Eine Verwechslung mit *Scolecopteris hemitelioides* ist dann möglich, aber Form, Größe und Ansitzen der Fiederchen sowie Zahl der Seitennerven unterscheiden beide Arten. Die Art kommt wahrscheinlich auch in den Madensteinen der Bannewitz-Formation vor (Sammlung G. Müller), ist dort aber wegen der fragmentären Erhaltung der Fiedern nur schwer von den anderen Arten, besonders *Scolecopteris hemitelioides*, aber auch von *Lobatopteris geinitzii* zu trennen, und auch der Zusammenhang mit fertilen *Scolecopteris*-Fiedern ist dort noch nicht zu beweisen.

4.6. Pteridospermen

Autunia conferta (Sternberg) Kerp

Abb. 154, 155

- 1855 „*Alethopteris nervosa* Brgt. sp.“ – Geinitz pro parte: 64 und 79
- 1893 „*Callipteris praelongata* Weiss“ – Sterzel: 16, Taf. 1, Fig. 10–14
- 1907 „*Callipteris conferta* (Sternberg) Brongniart“ – Gothan in Potonié: 11, Fig. 9
- 1958 „*Callipteris praelongata* Weiss 1869“ – Barthel: 43, Taf. 10, Fig. 5
- 1976a „*Callipteris conferta* (Sternb.) Brongn.“ – Barthel: 103, Taf. 31, Fig. 5

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Schon in der Frühzeit der Paläobotanik wurden einzelne Funde aus der Auffahrung des Tiefen Elbstollns (1817–1837) oder seiner Flügelorte geborgen (Abb. 7). Im Mittelpunkt der Forschungen stand aber immer das reichere Material aus anderen Becken, besonders aus Autun (französisches Zentralmassiv), dem Saar-Nahe-Becken und Crock (Thüringer-Wald-Becken). Schrittweise gelang dort der Nachweis von fertilen Organen der Peltaspermaceen, einer auch im Mesophytikum typischen Pteridospermen-Familie (Kerp 1982) und die Dokumentation der sehr großen Fiedervariabilität (Barthel & Haubold 1980). Der eingebürgerte Gattungsnamen *Callipteris* Brongniart, ein jüngerer Homonym eines rezenten Farnes, wurde durch *Autunia* Krasser emend. Kerp ersetzt (Kerp & Haubold 1988).



Abb. 154. *Autunia conferta*, Fiederspitze I. O. MfN Berlin, Alte Sammlung, PB 2013/636. Maßstab = 1 cm.

Fig. 154. *Autunia conferta*, apex of a 1st order pinna. Scale bar = 1 cm.

Vorkommen/Material: In der Sonderfazies des „Blähtons“ im Abbau 5421 in Gittersee und mehrfach im Hangenden des 3 Flözes in Zauckerode. Meist nur Fiederfragmente als kohlige Compressions.

Beschreibung: Wedelfragmente einfach katadrom gefiedert, Fiederchen meist kurz zungenförmig, 0,5–2 cm lang, breit und herablaufend ansitzend, acroscop leicht eingeschnitten, basiscop vereinzelt geöhrt. Nervatur fiederförmig mit Nebennerven, alethopteridisch mit kräftiger Mittelader und meist einfachen, locker stehenden, nur vereinzelt gegabelten Seitennerven, die unter spitzem Winkel auf den Rand treffen und basiscop direkt aus der Fiederachse entspringen. Einige Fragmente bestehen

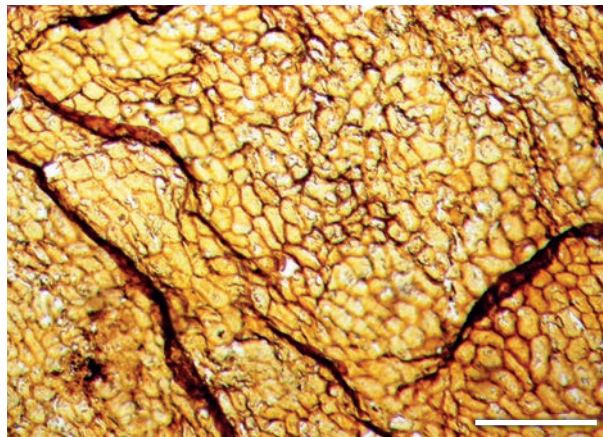


Abb. 155. *Autunia conferta*, Epidermis adaxial. 5. Flöz Hangendes. MfN Berlin, PB 2014/472. Maßstab = 200 µm.

Fig. 155. *Autunia conferta*, adaxial cuticle. Scale bar = 200 µm.

aus deutlich größeren Fiederchen mit beginnender Kerbung des Randes (Übergang zur zweifachen Fiederung) (Abb. 154).

Epidermis amphistomatisch, Unterseite sehr schwach kutinisiert, papillös, Oberseite mit deutlichen, geraden Antiklinalwänden und vereinzelt Stomata (Abb. 155).

Kommentare: Viele der von Weiss (1869–72) unterschiedenen *Callipteris*-Arten, Varietäten und Formen, so auch *Callipteris praelongata*, konnten in Crock (Thüringer Wald) auf die natürliche Variabilität von *Autunia conferta* zurückgeführt werden (Barthel & Haubold 1980). Weil die Art in Weißig und NW-Sachsen scheinbar fehlt, bezeichnete Gothan in Potonié (1907) das Vorkommen in Döhlen als „nördlicher Vorposten des *Callipteris conferta*-Areal.“

Pseudomariopteris busquetii (Zeiller) Danzé-Corsin

Abb. 156

2006 „*Pseudomariopteris busquetii* (Zeiller) Danzé-Corsin“ – Barthel & Müller: 126, Abb. 6

2006 „*Pseudomariopteris busquetii* (Zeiller) Danzé-Corsin“ – Reichel & Schauer: 29, o. Abb.

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Die Pflanze ist erst 1986 durch den Bergmann H. Hertl in wenigen, aber gut bestimmbareren Funden entdeckt worden. Die Beobachtung von Klimmhaken durch Krings et al. (2003) im Becken von Blanzky-Montceau spricht für eine kletternde Wuchsform. Das gilt auch für zwei weitere Arten der Gattung, deren taxonomische Stellung als Callistophytaeaceen durch die Studien von Krings & Kerp (1999, 2000) weitgehend gesichert ist.

Vorkommen/Material: Einzelfunde in Lette 7 des 5. Flözes.



Abb. 156. *Pseudomariopteris busquetii* (mit *Cordaites* sp.), 5. Flöz, Lette 7, Bannewitz. MMG Dresden, SaP 4675. Maßstab = 1 cm.

Fig. 156. *Pseudomariopteris busquetii* and *Cordaites* sp. 5th seam. Scale bar = 1 cm.

Beschreibung: Zweifach katadrom gefiederte Wedelreste mit unregelmäßig dreieckigen, meist tief lobierten und weit herablaufenden Fiederchen von 5–8 mm Länge. Nervatur locker und deutlich flexuos, eine Mittelader ist durch pendelnde Übergipfelung gleichwertiger Nerven angedeutet (Abb. 156).

***Dicksonites pluckenetii* (Schlotheim ex Brongniart)
Sterzel**

Abb. 157, 158

1976a „*Dicksonites pluckenetii* (Schloth.) Sterzel“ – Barthel: 107, Taf. 39, Fig. 8

2006 „*Dicksonites pluckenetii* (Schlotheim ex Brongniart) Sterzel“ – Barthel & Müller: 125, Abb. 4

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: In der Döhlen-Formation ist diese Pteridosperme erst während des Uranbergbaus mit wenigen Funden nachgewiesen wor-

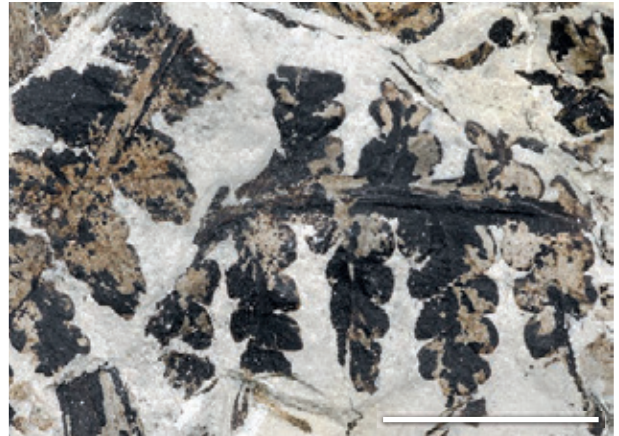


Abb. 157. *Dicksonites pluckenetii*. 5. Flöz, Lette 7. MMG Dresden, SaP 427. Maßstab = 1 cm.

Fig. 157. *Dicksonites pluckenetii*, 5th seam. Scale bar = 1 cm.



Abb. 158. *Dicksonites pluckenetii*, Fiederchen mit epidermalen Drüsen. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. Sammlung Thümmel, TH V 02. Maßstab = 5 mm.

Fig. 158. *Dicksonites pluckenetii*, pinnules with epidermal glands. 3rd seam. Scale bar = 5 mm.

den. Sterzel (1893) kannte sie aus unseren Revieren nicht; er hatte sich bei seinen bedeutenden Studien auf Material aus dem Stephanium der Wettin-Subformation und dem Westphal D des Chemnitz-Beckens gestützt. (Sterzel 1883, 1886). Die botanische Natur der Pflanze als

Callistophytacee mit einer kletternden Wuchsform ist in den letzten Jahrzehnten vor allem im Saar-Nahe-Becken, im Thüringer Wald und in Blanzky-Montceau festgestellt worden (Krings et al. 2003). Auch im Rotliegenden des Chemnitz-Beckens gibt es durch den Nachweis von *Callistophyton*-Wurzeln im Luftwurzelmantel von Psaronien Nachweise für diese Kletterpflanze (Rößler 2000).

Vorkommen: Lette 7 des 5. Flözes; Sonderfazies im Abbau 5421 zwischen 4. und 5. Flöz; 3. Flöz Hangendes in Bannewitz.

Beschreibung: Zweifach katadrom gefiederte Wedelreste, Fiederachsen geflügelt, Fiederchen unregelmäßig dreieckig bis spitz zungenförmig, bis 12 mm lang und ca. 4 mm breit, randlich gekerbt bis fiederteilig (Abb. 157), Nervatur fiederförmig, zart und relativ locker, Seitenerven meist einmal, vereinzelt zweimal gegabelt. Auf der Lamina einiger Fiederchen sehr kleine (?) Drüsen (Abb. 158).

Kommentare: Obwohl unser Material sehr arm ist, kann man auch hier die starke Variabilität der Fiederchen erkennen (Abb. 157). In Manebach (Thüringer-Wald-Becken), der Typuslokalität Schlottheims, sind die Unterschiede in dem sehr großen Fundmaterial so erheblich, dass man verschiedene Formen feststellen kann, die sich im Fiederungsgrad unterscheiden (Barthel 2009). Da auch die Wedelarchitektur von *Dicksonites pluckenitii* in einzelnen Becken unterschiedlich ist, nehmen mehrere Autoren die Existenz verschiedener Arten an. Sicher ist nur die Zugehörigkeit zu den Callistophytaceen (Meyen & Lemoigne 1986).

Callipteridium gigas (Gutbier) Weiss

Abb. 159

1976a „*Callipteridium gigas* (Gutb.) Weiss“ – Barthel: 106, Taf. 30, Fig. 2

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Ein Fund des Lehrers Süß auf der Halde des Oppelschachtes 1902 wurde von Sterzel handschriftlich in sein Chemnitzer Arbeitsexemplar der Flora (1893) nachgetragen und erschien dann in den Florenlisten. Der erste horizontal gesammelte Fund folgte erst 1968. Weitere Nachweise fehlen in der Döhlen-Formation. Die von Sterzel (1893) als „*Callipteridium gigas* Gutbier var. *minor* m.“ bezeichneten Funde aus der Niederhäslich-Formation bei Possendorf sind unbestimmbar.

Material: Nur wenige Fragmente von Fiedern vorletzter Ordnung aus dem Liegenden des 4. Flözes.

Beschreibung: Pteridophylle mit starrer einfacher Fiederung, Fiederachse glatt, dünn, Fiederchen, zungen-



Abb. 159. *Callipteridium gigas*. 4. Flöz, Liegendes, Gittersee. MMG Dresden, SaP 1168. Maßstab = 0,5 cm.

Fig. 159. *Callipteridium gigas* last order pinna. 4th seam. Scale bar = 0,5 cm.

förmig, breit ansitzend bis beiderseits der Mittelader herablaufend, ca. 10 mm lang und 3–4 mm breit (Abb. 159). Nervatur fiederförmig mit deutlicher Mittelader bis $\frac{3}{4}$ der Fiederchenlänge und sehr feinen, ein- oder zweifach in unterschiedlicher Höhe gegabelten, schräg auf den Rand treffenden Seitenerven, basal beiderseits der Mittelader unmittelbar der Fiederachse als Nebenadern entspringend.

Kommentare: Gutbiers großes, aber zerbrochenes Typus-Exemplar aus dem „Wilden Kohlengebirge“ der Härtensdorf-Formation im Chemnitz-Becken ist wesentlich variabler beblättert und zeigt auch die Zwischenfiedern der doppelt gefiederten Wedel. Epidermispräparate dieser in West- und Mitteleuropa im oberen Stephan und Rotliegenden weit verbreiteten Pteridosperme sind noch nicht gelungen und ihre systematische Stellung ist auch nicht sicher bekannt. Nach ihrer Wedelarchitektur gehört sie zu den Medullosaceen.

Barthelopteris germarii (Giebel) Zodrow & Cleal

Abb. 160, 161

1893 „*Dictyopteris Schützei* Roemer“ – Sterzel: 47, Taf. 6, Fig. 9–13

1958 „*Linopteris germari* (Giebel 1857) H. Potonié“ – Barthel: 36, Taf. IX, Fig. 1–3, Abb. 3

1962b „*Linopteris germari* (Giebel 1857) Potonie 1897“ – Barthel: 31, Taf. XXVII, Fig. 1, 4; Taf. XXVIII, Fig. 1–6

1976a „*Reticulopteris germari* (Giebel) Gothan“ – Barthel: 94, Taf. 32, Fig. 8

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Die Fiederblättchen dieser Pteridosperme sind durch ihre einfache Maschennervatur unverkennbar und seit Sterzels Mono-

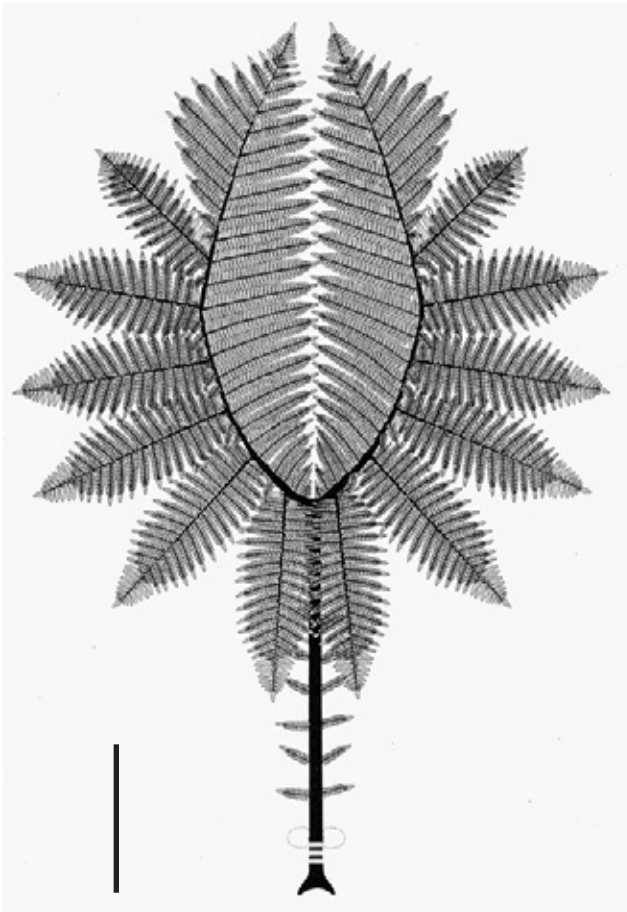


Abb. 160. *Barthelopteris germarii*, Rekonstruktion eines Wedels mit dichotomer Konfiguration außen am Gipfel der Primärfiedern. Aus Laveine & Delbeque (2011). Maßstab = 1 m.

Fig. 160. *Barthelopteris germarii*, reconstruction of a frond showing primary pinnae exhibiting an apical dichotomy on their outer side. From Laveine & Delbeque (2011). Scale bar = 1 m.

graphie (1893) in Döhlen häufig nachgewiesen. Nur ihr Name hat sich mehrfach verändert, was durch zunehmende Kenntnisse in der Wedel- und Epidermisstruktur der im Stephan und Rotliegenden weitverbreiteten Pflanze bedingt war. Die wichtigsten neuen Entdeckungen stammen aus dem Becken von Blanzky-Montceau im französischen Zentralmassiv (Kriings & Kerp 1998, Laveine & Delbeque 2011). Die ersten Epidermispräparate aber stammen aus unserer Döhlen-Formation und gelangen mir schon 1958. Sie öffneten methodisch den Weg zu einer systematischen Epidermisuntersuchung der Pteridospermen (Barthel 1962b). Die damals gewonnenen Erkenntnisse und die Unterschiede zu anderen Medullosaceen mit Maschennervatur waren für Zodrow & Cleal (1993) das Motiv, die Gattung *Barthelopteris* aufzustellen.

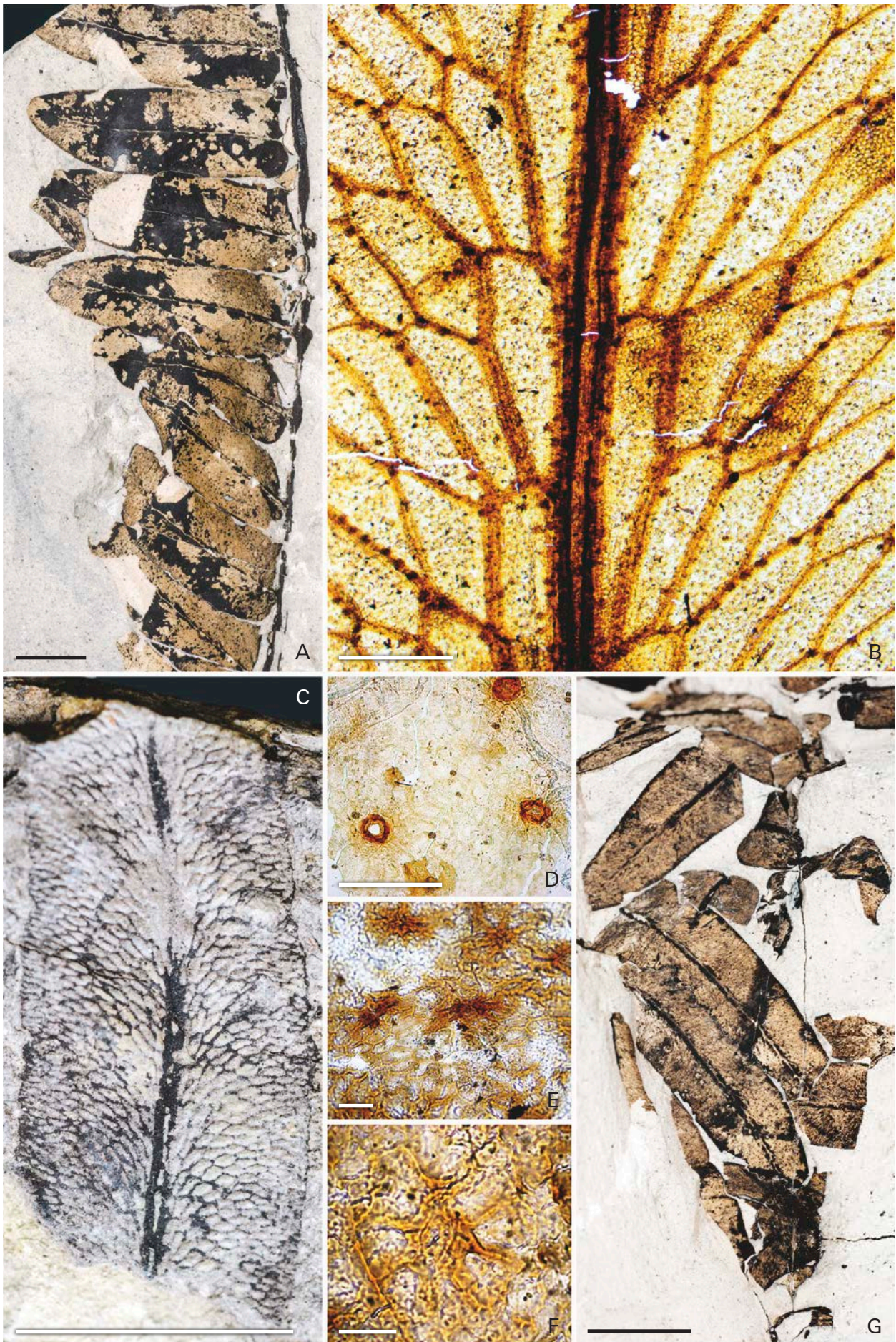
Vorkommen und Material: Häufig in der „Pyritlette“ und im Liegenden des 4. Flözes, vereinzelt im Hangenden des 3. Flözes, einzelne nichthorizontierte Funde. Das Material aus der Pyritlette im Schacht VIII, Strecke 463 W ist eine Besonderheit: durch ein angefahrenes Überta-

gebohrloch lange gewässert, war zu plastischem tonig-schluffigem Gestein umgewandelt und ließ sich mühelos schneiden, ausschlämmen und mazerieren. Dies geschah 1957 unter sehr einfachen Bedingungen im Labor der Wetterabteilung (Steiger H. Gräfe) auf dem Schacht in Döhlen.

Beschreibung: Die Döhleener Funde bestehen aus meist nur einmal unpaarig gefiederten, sehr fragmentären Wedelteilen oder isolierten Fiederchen. Diese sind sehr unterschiedlich groß, 20–70 mm lang und 5–20 mm breit, zungenförmig mit parallelen Seitenrändern, abgerundeter Spitze und herzförmiger, sehr kurz gestielter Basis. Vereinzelt sind die Fiederchen schwach sichelförmig gekrümmt. Die kräftige, schwach eingesenkte Mittelader ist bis dicht unter die Fiederchenspitze zu verfolgen, die zarten Seitennerven steigen bogenförmig auf, vernetzen sich zu kleinen, langgestreckt polygonalen, meist sechseckigen Maschen und treffen senkrecht auf den Rand (Abb. 161 A, G).

Wegen der sehr schwach kutinisierten Antiklinalwände beider Seiten und der sehr kleinen Zellen der Unterseite ist die Epidermisstruktur von *Barthelopteris germarii* schwer zu erkennen: Die Epidermis ist hypostomatisch und außerhalb der Mittelader nicht in Längszonen und Intercostalfelder differenziert. Ihre Stomata sind regellos orientiert und stehen sehr dicht; oft berühren sie sich mit ihren 6–8, schwach papillösen Nebenzellen (Abb. 161 E). Deren laterale Antiklinalwände sind streng radial orientiert. Die schmal-elliptischen Schließzellen sind 15–25 µm lang und 8–10 µm breit, nur schwach eingesenkt; ihre Pori sind gleichlang (Abb. 161 F). Die sehr kleinen Intercostalzellen der Unterseite sind unregelmäßig polygonal, nicht orientiert, 15–20 µm Ø. Langgestreckte, etwas stärker kutinisierte Zellen (bis 60 µm lang) sind auf den Bereich der Mittelader beschränkt. Auch locker in den Intercostalfeldern verstreute Trichopodien, 15–25 µm Ø, sind stärker kutinisiert und von 8–10 kleinen Nebenzellen konzentrisch umgeben. Vereinzelt treten auf der Unterseite 70 µm große rosettenförmige peltate Drüsen auf. Die Epidermiszellen der Oberseite sind deutlich größer (30–50 µm Ø) und meist hexagonal. Auch die stärker kutinisierten Trichopodien (Abb. 161 D) sind hier größer (50–80 µm Ø) und stehen in der Längszone über der Mittelader dichter als in den Intercostalfeldern.

Kommentare: So wie in den Döhlen-Fundsichten sind auch in den anderen sächsischen Vorkommen und in Thüringen bisher meist nur einfach gefiederte Wedelfragmente oder isolierte Fiederchen beobachtet worden. Anders im Becken von Blanzky-Montceau: Hier konnten Laveine & Delbeque (2011) sehr große Funde aus dem letzten französischen Steinkohlentagebau Les Fouthiaux bei Montceau untersuchen und gelangten zu einer Rekonstruktion eines gewaltigen, mindestens 2,7 m langen Wedels (Abb. 160). An dessen gegabelter Rhachis war außen eine dreifache, innen eine zweifache Fiederung sowie einfach gefiederte Fiedern direkt an der Rhachis



festzustellen. Laveine (1997) nennt diese Wedelarchitektur „bifurcat outer semipinnat.“ *Reticulopteris*-Wedel sind dagegen „bifurcat outer/inner semipinnat“, haben also symmetrische Rhachisgabeläste. Die *germarii*-Funde von Blanzky-Montceau zeichnen sich nicht nur durch ihre Größe, sondern auch durch eine bessere Erhaltung ihrer Kutikula aus, die Krings & Kerp (1998) zu wunderbaren Präparaten der Nervaturfeinstruktur verhalfen (Abb. 161 C). Außerdem konnten die Autoren hier die rosettenförmigen Epidermisstrukturen auf der Unterseite erstmalig beobachten. Ferner sind dort die Stomata größer als in Döhlen.

***Neurocallipteris neuropteroides* (Goeppert) Cleal, Shute & Zodrow**

Abb. 162

- 1958 „*Neuropteris* sp.“ – Barthel: 44, Abb. 5, Taf. 10, Fig. 3, 4
 1962a „*Neuropteris neuropteroides* (Goeppert 1836) Zeiller 1906“ – Barthel: 21, o. Abb.
 2006 „*Neurocallipteris neuropteroides* (Goeppert) Cleal, Shute & Zodrow“ – Reichel & Schauer: 29, o. Abb.

Sammlungsgeschichte: 1957 konnte ich in der Schachtanlage Birkigt/Heidenschanze an der Mündung eines Übertagebohrlochs auf plastischem Ton-/Schluffgestein einige Fiederchen freilegen, mazerieren und als Kutikula-Präparate untersuchen (Barthel 1962a). Neuere Funde gibt es nicht.

Material und Vorkommen: Lette 4 („Pyritlette“) im 5. Flöz, wenige kleine Fiederfragmente als Compressions.



Abb. 162. *Neurocallipteris neuropteroides*, einziger bisher bekannter Gabelwedel. Zwickau-Reinsdorf im Chemnitz-Becken, Planitz-Formation. Aus Goeppert (1836).

Fig. 162. *Neurocallipteris neuropteroides*, the only known dichotomous frond. Zwickau-Reinsdorf, Planitz Formation, Chemnitz Basin. From Goeppert (1836).

Beschreibung: Wedelreste einfach gefiedert. Fiederchen kurz zungenförmig, ca. 10 mm lang und 3–4 mm breit, schräg ansitzend, leicht herablaufend. Nervatur neuropteridisch-odontopteridisch fächerförmig, sehr fein und dicht, eine Mittelader fehlt, wird aber durch zwei- bis dreifach gegabelte Fächernerven und eine mediane Einsenkung der Lamina auf ein Drittel vorgetäuscht. An der Fiederchenbasis einige basiscope Nebenadern.

Epidermis hypostomatisch; Zellen der Oberseite lang-rechteckig oder -polygonal, 50–100 µm lang und 15–20 µm breit, Antiklinalwände gerade und eben; Unterseite nicht deutlich in Längszonen und Intercostalfelder differenziert; Stomata streng in parallelen Längsreihen und längsorientiert, bis 10 dicyklische Nebenzellen überragen mit kräftig kutinisierten, bis 15 µm langen Papillen die Schließzellen; auch alle anderen Zellen der Unterseite stark papillös.

Kommentare: Die weit verbreitete Medullosaceenart ist am besten aus den Härtensdorf- und Planitz-Formationen des Chemnitz-Beckens bekannt (Barthel 1976a). Es hat aber sehr lange gedauert, ehe sie taxonomisch und nomenklatorisch dort sicher definiert wurde; Goeppert (1836) hatte die Herkunft seiner Originale mit dem Unterkarbon von Landshut (Kamienna Góra) verwechselt, und Sterzel (1881b) konnte seiner vorzüglichen Revision keine Abbildungen begeben. Ich füge daher hier Goepperts Abbildung des einzigen bisher bekannten Gabel-

← **Abb. 161.** (A–G). *Barthelopteris germarii*. Maßstäbe: A, C, G = 1 cm; B = 1 mm; D–F = 20 µm.

- A. Fragment einer Sekundärfieder, 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. MMG Dresden, SaP 1308.
 B. Fiederchen-Nervatur, Schweinsdorfer Flöz, MfN Berlin, PB 2013/339.
 C. Nervatur eines Fiederchen. Becken von Blanzky-Montceau. Präparat und Foto Krings & Kerp, Universität Münster. Aus Barthel (2004). Maßstab = 0,5 cm.
 D–F. Kutikularpräparate der Ober- (D) und Unterseite (E, F). 5. Flöz, Lette 4. MfN Berlin, Präparat I-20.
 G. Fiederchen, 3. Flöz Hangendes, Bannewitz, MMG Dresden SaP 4461.

← **Fig. 161.** (A–G). *Barthelopteris germarii*. Scale bars: A, C, G = 1 cm; B = 1 mm; D–F = 20 µm

- A. Fragment of a 2nd order pinna. 3rd seam.
 B. Venation of a pinnule. Niederhäslich Formation.
 C. Venation of a pinnule. Basin of Blanzky-Montceau. Slide and photograph by M. Krings & H. Kerp, University Münster, from Barthel (2004).
 G. Pinnules. 3rd seam.

wedels aus dem Grüna-Tuff der Planitz-Formation von Zwickau-Reinsdorf ein (Abb. 162). Das Original aus der Bibliothek des Gymnasiums Magdalenaeum in Breslau ist seit 1875 verschollen, eine Gipsreplik habe ich 1966 in der Goeppert-Sammlung der Universität Wrocław gesehen. Aus dieser Fundschicht der Planitz-Formation, dem stratum typicum der Art, stammen die ältesten Pflanzenfossilien in der Paläobotanischen Sammlung des MMG Dresden (Kunzmann in Lange & Kühne 2006). Diese Abdrücke mit den grünlichen Delessitbelägen sind unverkennbare Fossilien aus den ehemaligen Tuffsteinbrüchen bei Zwickau-Reinsdorf und daher auch unbeschriftet in alten Sammlungen wiederzuerkennen (Rößler 1999).

***Neurodopteris auriculata* (Brongniart) Potonié**

Abb. 163–167

- 1976a „*Neuropteris cordata* Brongn. mit *Cyclopteris*-Basisfiedern“ – Barthel: 88, Taf. 33, Fig. 1–10
- 2006 “*Neurodopteris auriculata* Brongniart“ – Barthel in Reichel & Schauer: 29, o. Abb.

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Die neuropteridischen Fiedern der Pflanze wurden in den 1970er Jahren zusammen mit den sehr großen *Cyclopteris*-Fiedern und breiten Wedelachsen von Bergleuten über dem 3. Flöz entdeckt. Barthel (1976a) hat sie zusammen mit Funden aus dem Schweinsdorfer Flöz ausführlich dargestellt, auch mit Epidermisstruktur, aber falsch als *Neuropteris cordata* bestimmt. Gleich mehrere Fachkollegen haben das unisono korrigiert: Cleal & Shute (1995), Šimůnek (1999) und Krings (1999).

Beschreibung: Wedelfragmente zweifach plan und katastrom gefiedert (Abb. 164). Voll entwickelte Fiederchen lang-zungenförmig, bis 50 mm lang und 15 mm breit, mit abgerundetem Gipfel und herzförmig eingezogener Basis, neuropteridisch ansitzend (Abb. 163). Mittelader bis $\frac{2}{3}$ der Fiederchenlänge deutlich, aber nicht markant. Seitennerven relativ locker, unter spitzem Winkel von der Mittelader bogenförmig aufsteigend, sich bis zu vierfach gabelnd, unter stumpfem Winkel auf den Rand treffend. Fiederchen an den Fiederspitzen odontopteridisch, basalwärts in katadrom herablaufende und anadrom eingeschnürte Fiederchen („*Mixoneura*-Form“) mit kurzer Mittelader übergend.

Cyclopteris-Fiedern bis zu 20 cm Ø, mit einer fächerartigen, bis fünffach gegabelten, sehr markanten Nervatur, stengelumfassend an der bis 4,5 cm breiten Rhachis (Abb. 166, 167).

Epidermis amphistomatisch, beide Seiten deutlich in Längszonen und Intercostalfelder gegliedert (Abb. 165). Stomata nicht orientiert, haplocheil, Schließzellen 20–30 µm lang, deutlich eingesenkt, schwach kutinisiert, oft deutlich idiokutikular quergestreift, von 4–7,



Abb. 163. *Neurodopteris auriculata*, 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. MMG Dresden, SaP 1294. Maßstab = 1 cm.

Fig. 163. *Neurodopteris auriculata*, 3rd seam, Bannewitz. Scale bar = 1 cm.

meist 6 Nebenzellen, streng konzentrisch umgeben und von deren Papillen überragt. Intercostalzellen außerhalb der Stomata isodiametrisch, ca. 45 µm groß, Kutikularpapillen unterschiedlich deutlich, oft fehlend. Auch die Papillen der Stomatanebenzellen sind in einigen Präparaten schwach entwickelt. Trichopodien auf beiden Blattseiten sehr markant, ca. 60 µm Ø, mehrzellige Haare (bis 300 µm lang) nur selten erhalten.

Rekonstruktion: Die Zusammengehörigkeit der neuropteridischen Wedelteile mit den basalen *Cyclopteris*-Fiedern an der breiten Rhachis ergibt sich aus der gleichen Epidermisstruktur der Fiedern, dem gemeinsamen Vorkommen mit den gleichen Wedelachsen im gleichen Gesteinsblock der Fundschicht.

Auch im Schweinsdorfer Flöz kommen die verschiedenen Fiedern gemeinsam vor.

Große Wedelfragmente im Becken von Blanzymontceau ermöglichten Laveine & Dufour (2013) eine Rekonstruktion eines ganzen, gestielten Gabelwedels von ca. 2 m Länge – sicher nicht zu groß, wenn man an



Abb. 164. *Neurodontopteris auriculata*, 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. MMG Dresden, SaP 1295. Maßstab = 5 cm.

Fig. 164. *Neurodontopteris auriculata*, 3rd seam. Scale bar = 5 cm.

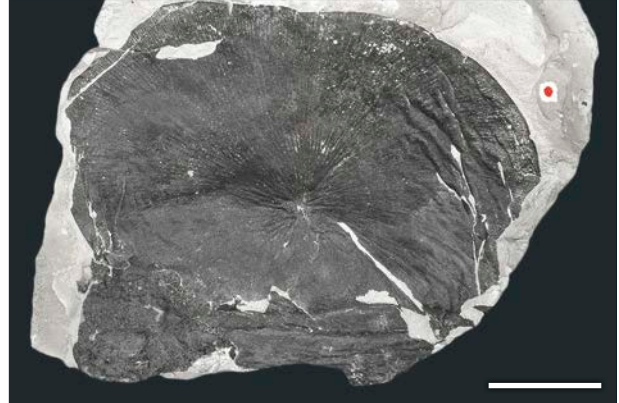


Abb. 166. *Neurodontopteris auriculata*, *Cyclopteris*-Fieder. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. MMG Dresden, SaP ex Reichel Nr. 917. Maßstab = 5 cm.

Fig. 166. *Cyclopteris*-pinna from *Neurodontopteris auriculata*. 3rd seam. Scale bar = 5 cm.



Abb. 167. *Neurodontopteris auriculata*, *Cyclopteris*-Fieder. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. Sammlung Thümmel, TH 19. Maßstab = 5 cm.

Fig. 167. *Neurodontopteris auriculata*, *Cyclopteris*-pinna. 3rd seam. Maßstab = 5 cm.

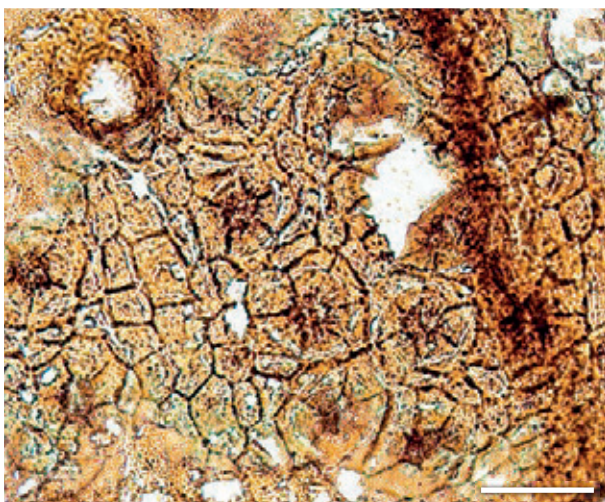


Abb. 165. *Neurodontopteris auriculata*, Epidermis. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. Epidermis, MfN Berlin, Präp.2014/471. Maßstab = 50 µm.

Fig. 165. *Neurodontopteris auriculata*, amphistomatic epidermis. 3rd seam. Scale bar = 50 µm.

unsere *Cyclopteris*-Fiedern und die 4,5 cm breite Rha-chis denkt! Die Autoren erstellen eine erweiterte Diag-nose der Art und bestätigen die eigenständige Gattung *Neurodontopteris* Potonié von einer „bifurcat inner/outer semipinnat“-Architektur und einem nur zweifachen Fie-derungsgrad gegenüber anderen neuropteridisch-odontop-teridischen Gattungen wie *Mixoneura*, *Odontopteris*, *Neuropteris*, *Laveinopteris* und *Macroneuropteris*. Die in dieser Rekonstruktionszeichnung nur angedeuteten *Cyclopteris*-Basisblätter können mit unserem Döhlen-Material bestätigt werden.

Kommentare: Im Schweinsdorfer Flöz sind die Funde von *Neurodontopteris auriculata* zahlreicher, und sie enthalten auch mehrere morphologische Übergänge zu basalen und terminalen Fiedern. Auch *Cyclopteris*-Fie-derchen sind hier variabler (Barthel 1976a, Abb. 11, Taf. 34). Die Epidermisstrukturen sind auf den dispersen und in-situ-Kutikulen häufig klarer zu erkennen, fast stets mit markanten Kutikularpapillen, besonders auf den Nebenzellen, wo sie sehr enge und unregelmäßige äußere

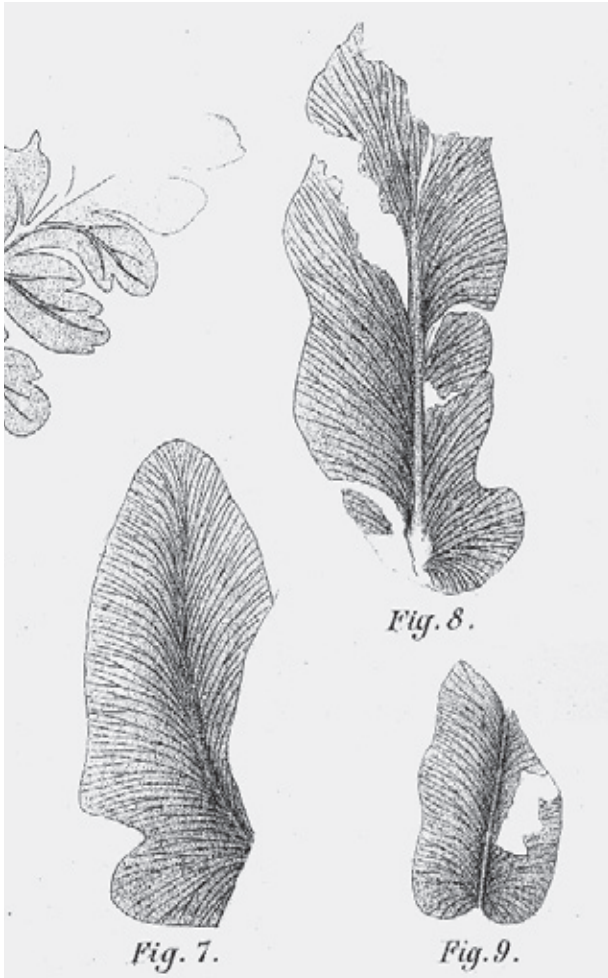


Abb. 168. *Odontopteris lingulata*. Aus Sterzel (1893).
Fig. 168. *Odontopteris lingulata*, pinnules. From Sterzel (1893).

Atemhöhlen bilden. Nur die Schließzellen sind bei den kräftigen Kutikulen des Schweinsdorfer Flözes oft nicht erhalten. Die amphistomatische Epidermisstruktur haben Šimůnek (1999) und Krings (1999) bestätigt. Krings konnte auch mit dem besser erhaltenen französischen Material den Feinbau der Stomata darstellen. *Neurodonopteris auriculata* ist damit eine der vegetativ am besten bekannten Medullosaceen.

Odontopteris lingulata (Goeppert) Schimper

Abb. 168

1893 „*Odontopteris obtusa* (Brongniart partim) Weiss“ – Sterzel: 13, Taf. I, Fig. 7, 8, 9

1976a „*Odontopteris lingulata* (Göpp.) Schimper“ – Barthel pro parte: 109, o. Abb.

In der Döhlen-Formation sind nur drei fragmentär erhaltene Fiederchen als Haldenfunde von Birkigt bekannt (Abb. 168). Wahrscheinlich sind es unpaare Endfiederchen dieser im Rotliegenden weit verbreiteten und in



Abb. 169. *Taeniopteris jejunata*. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. Sammlung Thümmel, TH V 11. Maßstab = 2 cm.

Fig. 169. *Taeniopteris jejunata* pinnules. 3rd seam. Scale bar = 2 cm.

anderen Becken sehr häufigen Medullosaceenwedel. Im Thüringer Wald und im Saar-Nahe-Becken gehören sie zu den bekanntesten Rotliegendpflanzen. Warum sie bei uns nur als Raritäten vorkommen, hängt mit dem Fehlen ihrer Standorte an trockenen Seeufnern zusammen, wo sie gewöhnlich zusammen mit Peltaspermaceen (*Autunia conferta*) und Walchien wuchsen.

Taeniopteris jejunata Grand'Eury

Abb. 169

1855 „*Alethopteris longifolia* Presl sp.“ – Geinitz pro parte: 29, Taf. 31, Fig. 9

1881 „*Taeniopteris Plauensis* nov. sp.“ – Sterzel: 341, o. Abb.

1893 „*Taeniopteris Plauensis* Sterzel“ – Sterzel: 45, Taf. 6, Fig. 2 B, 5–8

1958 „*Taeniopteris jejunata* Grand'Eury 1877 ex Zeiller 1888“ – Barthel: 41, Abb. 4, Taf. 10, Fig. 1 und 2

1962a „*Taeniopteris jejunata* Gr. Eury 1877“ – Barthel: 41, Taf. 35, Fig. 5–9; Taf. 36, Fig. 1–4

2006 „*Taeniopteris jejunata* Grand'Eury“ – Reichel & Schauer: 29, o. Abb.

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Die ersten Funde stammen 1849 aus dem Augustusschacht, und Geinitz (1855) bestimmte sie als *Alethopteris*-Fiedern. Sterzel (1881) glaubte nach Vergleich mit den französischen Vorkommen eine neue Art entdeckt zu haben. Dies bezweifelte W. Remy (1953) zu Recht, widerrief das aber später (Remy, W. & Remy, R. 1975), als er selbst mit *Taeniopteris schlotheimii* im Thüringer Wald eine überflüssige Spezies kreierte hatte. Neue Funde wurden ab 1956 vorwiegend im Grubenfeld Gittersee geborgen. Vom älteren Sammlungsmaterial gelang die Untersuchung der Epidermisstrukturen (Barthel 1962a).

Material und Vorkommen: Lette 7 und Lette 1 des 5. Flözes, Hangendes vom 3. Flöz in Gittersee, „Blumengebirge“ über dem 2. Flöz in Zuckerode.

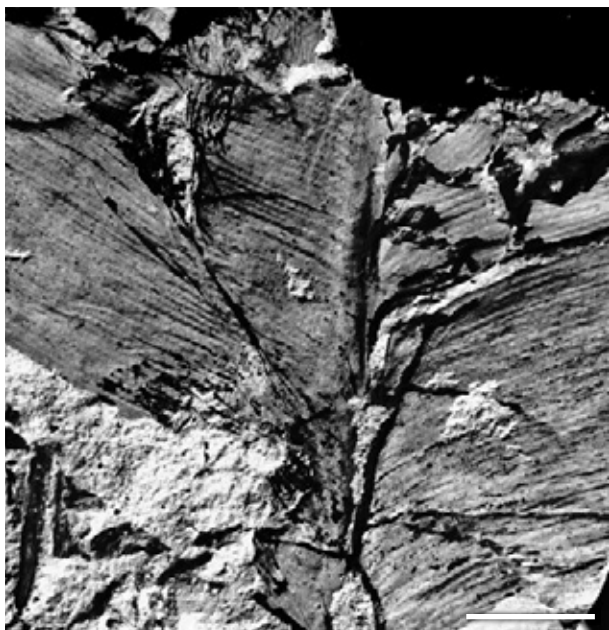


Abb. 170. *Taeniopteris abnormis*. 5. Flöz, Lette 7. Sammlung Thümmel, TH V 01. Maßstab = 1 cm.

Fig. 170. *Taeniopteris abnormis* leaf fragment. 5th seam. Scale bar = 1 cm.

Beschreibung: Wedelteile einfach gefiedert, Lamina dünn, Achse fein längsgestreift. Fiedern breit-lineal bis schmal-oval mit langer Spitze und herzförmiger, kurz gestielter Basis, bis 6 cm lang und 1,5–2 cm breit. Nervatur fiederförmig, beiderseits der Mittelader relativ locker, am Blattrand dicht; Mittelader sehr kräftig, bis in eine terminale „Träufelspitze“ reichend, Seitennerven ein- bis zweifach in unterschiedlicher Höhe gegabelt, mit 10–14 Nerven stumpfwinklig den Fiederrand erreichend (Abb. 169).

Epidermis hypostomatisch, sehr schwach kutinisiert, Oberseite mit lang-polyedrischen Zellen und vereinzelt Trichopodien, Unterseite deutlich in Längszonen und Intercostalfelder gegliedert, Stomata haplocheil, nur undeutlich parallel zu den Längszonen orientiert, schwach kutinisiert, nicht eingesenkt, monozyklisch von 4–6 Nebenzellen umgeben.

Kommentare: Die Fiedern sind in Form und Größe recht variabel, und auch die Dichte der Nervatur wechselt stark. Außerdem sind die meisten Fiedern der Hauptfundschrift „Blumengebirge“ lateral deutlich eingerollt und schwer zu erkennen. Dies erklärt die Tendenz einiger Autoren, mehrere Arten zu unterscheiden. Hierzu gehört auch *Taeniopteris tenuis* Doubinger & Vetter 1959 aus dem französischen Zentralmassiv.

Fertile Organe, wohl kleine Samenanlagen oder Mikrosynangien, sind randständig an Fiedern mit reduzierter Spreite im Thüringer Wald und im Ilfeld-Becken beobachtet worden (Remy, R. & Remy, W. 1959, Remy, W. & Remy, R. 1966). Dennoch ist die systematische Stellung der *Taeniopteris*-Arten nicht gesichert. Die Epidermisstrukturen sprechen für Pteridospermen, Mamay (1976)



Abb. 171. *Taeniopteris abnormis*. Chemnitz-Becken, Leukersdorf-Formation. Hilbersdorf. Museum für Naturkunde Chemnitz, K 298. Maßstab = 2 cm.

Fig. 171. *Taeniopteris abnormis* leaf fragment from Hilbersdorf, Chemnitz Basin, the locality with the best material of this species of all European Rotliegend basins. Scale bar = 2 cm.

sieht in den taeniopteridischen Pteridospermen den paläozoischen Ursprung der Cycadales. *Taeniopteris jejunata* kommt auch im Schweinsdorfer Flöz der Niedersächsisch-Formation vor (Reichel & Barthel 1964).

Taeniopteris abnormis Gutbier

Abb. 170, 171

2006 „*Taeniopteris abnormis* Gutbier.“ – Reichel & Schauer: 29, o. Abb.

Sammlungsgeschichte und Material: Diese typische Rotliegendepflanze ist bisher nur einmal in der Döhlen-Formation gefunden worden, mit zwei Fragmenten eines großen Blattes im Mittelfeld des Reviers Bannewitz durch Th. Thümmel aus der Lette 7 des 5. Flözes.

Beschreibung: Reste großer, ungefiederter parallelrandiger Blätter, 5–12 cm breit. Fiedernervatur mit sehr kräftiger, tief eingesenkter Mittelader und feiner, sehr dicht stehender, nur unmittelbar an der Basis gegabelter Sei-



Abb. 172. *Pecopteris integra*. 4. Flöz Liegendes. MMG Dresden, SaP 1072. Maßstab = 1 cm.

Fig. 172. *Pecopteris integra*, bipinnate fragment. 4th seam. Scale bar = 1 cm.



Abb. 173. *Pecopteris integra*. 4. Flöz Liegendes. MMG Dresden SaP 4489. Maßstab = 1 cm.

Fig. 173. *Pecopteris integra* pinna showing the typical venation. 4th seam. Scale bar = 1 cm.

tennervatur, die mit ca. 18–20 Nerven fast senkrecht den Blattrand erreicht (Abb. 170).

Kommentar: Die besten Funde der weitverbreiteten, aber nirgends häufigen Pflanze stammen aus Gutbiers Typuslokalität Zwickau-Planitz und der Leukersdorf-Formation im Chemnitz-Becken (Abb.171). Hier entdeckte O. Weber eine *Medullosa* (? *Medullosa leuckartii*) mit einer dichten Packung von Blättern im Tuffmantel des Stammes (Weber & Sterzel 1896). Aus dem Rotliegend-Travertin von Karniowice (Polen) beschrieb Lipiarski (1972) einmal kleine Samenanlagen oder Sporangien an den Blatträndern. Die vielfach genannte *Taeniopteris multinervia* Weiss 1869/72 ist nur ein jüngerer Synonym unserer Pflanze.

4.7. Pteridophylle unbekannter Stellung

Pecopteris integra (Andrae) Schimper

Abb. 172, 173

1976a „*Pecopteris integra* (Andrae) Schimper“ – Barthel: 111, Taf. 11, Fig. 9, 10

2006 „*Pecopteris integra* (Andrae) Schimper“ – Reichel & Schauer: 29, o. Abb.

Sammlungsgeschichte/Vorkommen: Die Pflanze ist erst während des Uranbergbaus in den 1970er Jahren mit wenigen Exemplaren im Liegenden des 4. Flözes gefunden worden.

Beschreibung: Zweifach katadrom und plan regelmäßig gefiederte Wedelfragmente mit großen, schräg ansitzenden, pecopteridischen, bis 10 mm langen Fiederchen, die basal acroscop eingekerbt sind und basiscop an der Fiederachse herablaufen (Abb. 172). Nervatur fiederförmig

und dünn, mit etwas schräg ansitzender Mittelader und locker stehenden Seitennerven, die im unteren Drittel ein- bis zweifach gegabelt sind und schräg auf den Rand treffen (Abb. 173).

Kommentar: Unser Vorkommen ist bisher das einzige im Rotliegenden. Auch die reicheren Funde in der Wettin-Subformation des Saale-Beckens (stratum typicum) und anderen stephanischen Becken sind nur steril. Daher ist es ungewiss, ob *Pecopteris integra* ein Farn ist. Wegen ihrer Nervatur ist sie sicher keine *Scolecoperis*-Art.

Pecopteris bredovii Germar

Abb. 174, 175

2006 „*Pecopteris bredovii* Germar“ – Barthel & Müller: 126, Abb. 5

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Dieses farnlaubige Gewächs wurde erst in den 1980er Jahren durch G. Müller im Döhlener Becken entdeckt. Obwohl es in anderen Rotliegendbecken und vor allem im Stephanium sehr häufig vorkommt, wissen wir nichts über die systematische Stellung. Fertile Organe wurden noch nicht gefunden. Auf Grund der ähnlichen Wedelstruktur und Nervatur wie bei *Dicksonites plukenetii* ist eine Zugehörigkeit zu den Callistophytaceen denkbar. Brousmiche (1983) stellt die Art unter die Synonymie des Westphal-D-Farnes *Oligocarpia gutbierii* Goepfert, wofür es aber in den Typus-Straten beider Pflanzen keinerlei Argumente gibt.

Vorkommen: Ein einzelner Fund in Lette 7 des 5. Flözes.

Beschreibung: Bis dreifach katadrom und plan gefiederte kleine Wedelreste mit deutlich flexuoser und geflügelter Fiederachse I. Ordnung, Fiederchen sehr klein, max. 5 mm lang, unregelmäßig zungenförmig, herablaufend und durch einen Saum miteinander verbunden; Nervatur



Abb. 174. *Pecopteris bredovii*. 5. Flöz, Lette 7. Sammlung G. Müller (MMG Dresden), WA 2.2. Maßstab = 1 cm.

Fig. 174. *Pecopteris bredovii*. 5th seam. Scale bar = 1 cm.



Abb. 175. *Pecopteris bredovii*. 5. Flöz, Lette 7. Sammlung G. Müller, WA 2.1. Maßstab = 1 cm.

Fig. 175. *Pecopteris bredovii* showing the thin lamina. 5th seam. Scale bar = 1 cm.

markant, locker fiederförmig und leicht flexuos, Seitener einmal gegabelt (Abb. 174, 175).

Sphenopteris mathetii Zeiller

Abb. 176–178

1893 „*Sphenopteris Deichmülleri* n. sp.“ – Sterzel: 12, Taf. I, Fig. 6

1958 „*Sphenopteris deichmülleri* Sterzel 1893“ – Barthel: 47, Taf. 11, Fig. 1, 3; Taf. 12, Fig. 1–4.

1976a „*Sphenopteris mathetii* Zeiller“ – Barthel: 110, Taf. 40, Fig. 1–7

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Sterzel (1893) verfügte bei den sphenopteridischen Farnen nur über wenige Funde, und diese waren meist sehr kleine, schlecht erhaltene Fragmente von Fiederspitzen. Auf solch spärliches Material neue Arten wie *Sphenopteris deichmülleri* zu begründen, war wissenschaftlich eigentlich nicht zu vertreten, wurde aber damals auch von anderen Autoren bei anderen Florenbearbeitungen oberkarbonisch-unterpermischer Becken so praktiziert. In der Döhlen-Formation können wir jetzt durch neue bessere Funde mit einiger Sicherheit feststellen, wozu wenigstens einige Originale Sterzels taxonomisch gehören. Dabei ist der Vergleich mit den Pflanzenfossilien aus dem Stephanium des französischen Zentralmassivs und ihren Darstellungen durch Zeiller (1888, 1892, 1906) der beste Weg. Dort stand der Kohlenbergbau damals noch in voller Blüte, und die Funde waren zahlreicher und besser erhalten

als in den deutschen Vorkommen. Die Revisionen der Sphenopteriden im Becken von Blanzky-Montceau mit dem letzten französischen Steinkohlentagebau Les Fouthiaux durch Langiaux (1984) und spanischer Vorkommen durch Alvarez-Ramis (1967) sind dabei wertvolle Ergänzungen, auch wenn sie die botanische Natur dieser Farne nicht weiter aufklären.

Vorkommen/Material: Sterile Wedelfragmente vereinzelt in der Lette 1 des 5. Flözes, Revier Gittersee, meist Ende der 1950er Jahre von R. Jülich gesammelt.

Beschreibung: Wedelfragmente dreifach katadrom gefiedert, sehr zierlich wirkend. Rhachis bis 5 mm breit, glatt, basal flexuos, im oberen Wedelteil gegabelt (Abb. 177). An der Basis der Fiedern 1. Ordnung katadrom eine apleboide Fieder mit pendelnd-übergipfelnder Teilung (Abb. 178). Fiedern 2. und 3. Ordnung schwach acroton, sehr spitz-dreieckig. Fiedern 3. Ordnung (Fiederchen) bis 15 mm lang, tief fiederteilig über fiederspaltig bis gekerbt, schräg ansitzend bis herablaufend, untereinander durch einen schmalen Saum verbunden, acroscop leicht eingeschnürt, pro Fiederchen bis zu 5 einzelne Fiederteile, wobei der basale anadrome Fiederteil deutlich am größten ist, stumpfdreieckig, glattrandig bis locker gezähnt (max. 3 Randzähne). Glattrandige Fiederteile mit je einem Seitennerv, gezähnte Fiederteile mit anderthalbfach gegabelten Seitennerven. Nervatur insgesamt sehr zart, in der relativ dicken Fiederchenlamina schwer zu erkennen (Abb. 176).

Kommentare: Eine ähnliche Situation gibt es im Thüringer Wald: Auch hier hat der Erstbeschreiber dieser Flora



Abb. 176. *Sphenopteris mathetii*. 5. Flöz, Lette 1, Gittersee. MfN Berlin, PB 1885/118. Maßstab = 1 cm.

Fig. 176. *Sphenopteris mathetii*, part of a frond. 5th seam. Scale bar = 1 cm.

Abb. 177. *Sphenopteris mathetii*, Gabelwedel. 5. Flöz, Lette 1, Gittersee. MfN Berlin, PB 2011-1251. Maßstab = 1 cm.

Fig. 177. *Sphenopteris mathetii* dichotomous frond (at the apex). 5th seam. Scale bar = 1 cm.

Abb. 178. *Sphenopteris mathetii*, Aphlebien an der Basis der Fiedern I. Ordnung. 5. Flöz, Lette 1, Gittersee. MMG Dresden, SaP 478. Maßstab = 1 cm.

Fig. 178. *Sphenopteris mathetii*, rachis with aphleboid pinnules at the base of 1st order pinnae. 5th seam. Scale bar = 1 cm.

mehrere ähnliche *Sphenopteris*-Arten mit Einzelfunden meist kleiner, schlecht erhaltener Fragmente begründet (H. Potonié 1893). Bei der Revision der Flora (Barthel 2009) wurden auch diese Taxa unter die Synonymie von *Sphenopteris mathetii* Zeiller gestellt. Dabei gibt es aber das Problem, dass auch einige weitere *Sphenopteris*-Arten aus dem Oberkarbon der Iberischen Halbinsel und des französischen Zentralmassivs unserer Art sehr ähnlich sind. Daher hat es sich eingebürgert, von einer *Sphenopteris-mathetii*-Gruppe zu sprechen. Leider wissen wir noch nichts über die botanische Natur dieser Pteridophylle. Waren es wirklich Farne?



Abb. 179. *Sphenopteris picandetii*. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. Sammlung Thümmel, TH 23. Maßstab = 1 cm.

Fig. 179. *Sphenopteris picandetii*, the first evidence in the Döhlen Basin. 3rd seam. Scale bar = 1 cm.



Abb. 180. *Sphenopteris picandetii*, Fiederspitze I. Ordnung. 3. Flöz Hangendes, Bannewitz. Sammlung Thümmel, TH 50. Maßstab = 1 cm.

Fig. 180. *Sphenopteris picandetii*, frond apex. 3rd seam. Scale bar = 1 cm.

Sphenopteris picandetii Zeiller

Abb. 179, 180

Sammlungsgeschichte und Material: Diese Pflanze ist erstmalig durch Th. Thümmel im Teilfundpunkt 3 des Baufeldes Bannewitz geborgen und zunächst unter *Sphenopteris mathetii* in der Sammlung abgelegt worden. Es sind nur wenige Funde steriler Wedelfragmente im Hangenden des 3. Flözes, meist zusammen mit anderen Farnen (*Nemejcopteris*, *Oligocarpia*).

Beschreibung: Wedelfragmente dreifach katadrom gefiedert (Abb. 179), Blattsubstanz relativ kräftig, Fiedern 1. Ordnung bis 7 cm Länge beobachtet, mit glatter Achse. Fiedern 2. Ordnung lineal, schräg ansitzend, in lange Spitzen auslaufend (Abb. 180), basal deutlich acro-

ton – die untersten basiscopen (katadromen) Fiederchen sind viel kleiner als die gegenüberstehenden acroscoopen Fiederchen. Fiedern 3. Ordnung (Fiederchen), lineal-lanzettförmig, mit deutlichem Mittelnerv, bis zu 9 mm lang und 1–1,5 mm breit, Lamina apicalwärts von tief fiederteilig über fiederspaltig bis tief gekerbt, Segmente lanzettförmig mit je einem bis in die Spitze deutlichen Seitennerv.

Kommentar: Die Fiederarchitektur ist sehr ähnlich wie bei *Sphenopteris mathetii*; deutlich verschieden sind aber die kräftige Nervatur der Fiederchen und die lanzettliche Form der Fiederchensegmente. Die Pflanze ist vor allem aus dem französischen Zentralmassiv bekannt: Becken von Commenry (Zeiller 1888) und Becken von Blanzymontceau (Langiaux 1984). Es ist nicht sicher, ob sie ein Farn war.

4.8. Cordaiten

Cordaiten sind die häufigsten Pflanzenfossilien der Döhlen-Formation. Schon H. B. Geinitz (1856) wusste dies: „Fast auf allen Werken des Plauen'schen Grundes. Blätter am häufigsten im Hangenden des Hauptflözes, Stämme mit Markcylinder oder Axe meist im Liegenden des Hauptflözes“. Selbst wenn er dies nicht persönlich untertage beobachtet hat – an diesen Aussagen der zuverlässigen Grubenbeamten ist nicht zu zweifeln; viele Fundstücke in den älteren Sammlungen beweisen dies. Mikropetrographisch ist der Nachweis eines hohen Resinitgehaltes in den Vitriten der Kohle ein Hinweis auf den großen Anteil der Cordaiten an der Moorvegetation (Christoph 1965). Auch die Beobachtungen und Aufsammlungen nach 1956 bestätigen den herausragenden Anteil von Cordaiten an der Moorvegetation der Döhlen-Formation. Nur im Hangenden des Hauptflözes konnten keine Funde beobachtet werden. Auch in den Fundschichten des Schweinsdorfer Flözes sind Cordaiten die häufigsten Pflanzenfossilien mit Wurzeln, *Artisia*-Achsen, Blättern, Samenanlagen und vor allem mit dispersen Kutikulen.

Das Studium dieser hochentwickelten Gymnospermen stößt in der Döhlen-Formation aber auf einige Hindernisse:

- Das Sammlungsmaterial ist proportional viel geringer als der Cordaitenanteil an den Fundschichten und bei dem älteren Material ungenügend dokumentiert.
- Der Zusammenhang mit Wurzelhorizonten konnte in der letzten Sammlungsphase untertage von mir nicht untersucht werden.
- Die von Barthel (1962a) beschriebenen unterschiedlichen Epidermistypen stammen aus Bulk-Mazeraten, aber die Kutikulen einzelner Cordaitenblätter sind für die taxonomische Differenzierung zu schlecht erhalten.

Ich verzichte daher auf eine nähere taxonomische Bestimmung der Döhleiner Cordaitenfunde. Der gegenwärtige Kenntnisstand ist unbefriedigend; wir wissen nicht, wie viele Cordaitenarten in der Döhlen-Formation lebten.

Cordaitenblätter

Abb. 181

Literaturzitate der Döhleiner Cordaitenblätter (auch disperser Kutikulen):

- 1855 „*Noeggerathia Beinertiana* Göppert“ – Geinitz: 42, Taf. 22, Fig. 8,9
 1886 „*Cordaites principalis* Gernar sp.“ – Sterzel pro parte: 32, Taf. 4, Fig. 8
 1962a „*Cordaites* sp., Typ 1“ – Barthel: 158, Abb. 1, Taf. I, Fig. 1–3
 1962a „*Cordaites* sp., Typ 2“ – Barthel: 158, Abb. 2, Taf. I, Fig. 4–7; Taf. II, Fig. 1 u. 2

- 1962a „*Cordaites* sp., Typ 3“ – Barthel: 159, Abb. 3, Taf. II, Fig. 3 u. 4; Taf. III, Fig. 1–3
 1965 „*Imstrihastomia regularis* nov. sp.“ – Meyen: 86, Abb. 4
 1976a „*Cordaites foliolatus* Grand Eury“ – Barthel: 124, Taf. 43, Fig. 6
 1976a „Breitblättrige Cordaiten vom Typ *Cordaites principalis-borassifolius-palmaeformis*“ – Barthel: 121, Taf. 43, Fig. 1; Taf. 44, Fig. 1–9
 1998 „Broad-leaved *Cordaites* of the *Cordaites principalis-borassifolius-palmaeformis* type“ – Rößler & Barthel: 84, Pl. III, Fig. 1

Forschungsgeschichte: Geinitz (1855) unterschied *Cordaites principalis* mit unterschiedlichen Nerven von *Noeggerathia beinertiana* mit „... Nerven von gleicher Beschaffenheit, stärker als palmaeformis ...“ Sterzel (1893) hat dann die breitblättrigen Cordaitenfunde der Döhlen-Formation pauschal als *Cordaites principalis* Gernar bezeichnet, nachdem er bei der Bearbeitung der NW-sächsischen Rotliegendflora (Sterzel 1886) umfangreiche Vergleiche mit anderen mitteleuropäischen und französischen Vorkommen angestellt hatte. Dabei konnte er keine relevanten Merkmalsunterschiede zu *Cordaites borassifolius* feststellen, verzichtete aber auf nomenklatorische Konsequenzen. Auch in meinen eigenen Studien seit 1958 bin ich zu der Einsicht gelangt, dass die breiten Cordaitenblätter morphologisch nicht näher zu bestimmen sind. Anders ist die Situation bei Blättern mit gut erhaltenen Epidermisstrukturen (siehe unten).

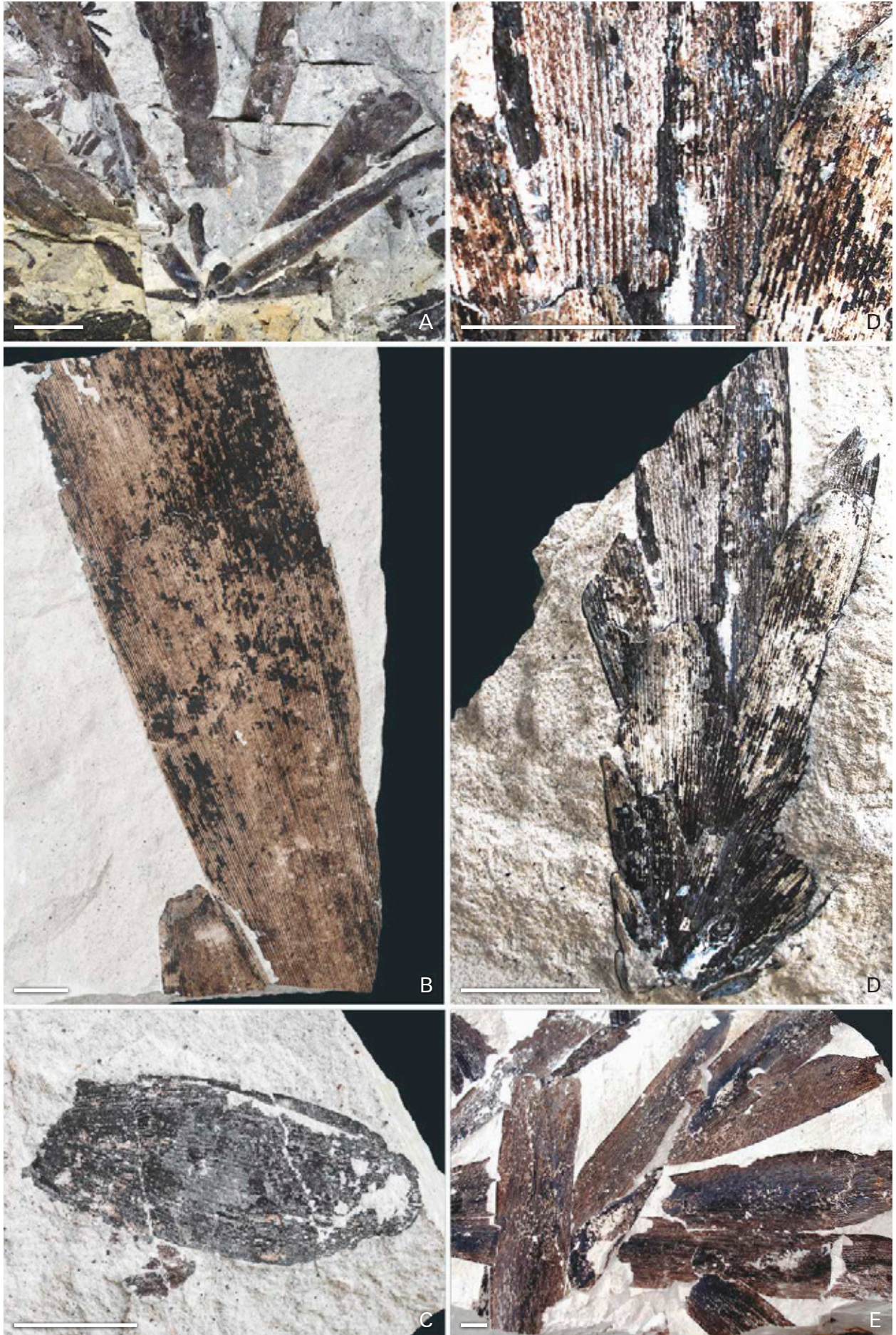
Vorkommen und Material: In fast allen Fundschichten der Döhlen-Formation, besonders im Hangenden des 5. und 3. Flözes in Gittersee und im Liegenden des 1. Flözes („Blumengebirge“ und Äquivalente). Mitunter sind die Blätter um ihre Längsachse eingerollt, erscheinen dadurch schmaler oder täuschen sogar fein längsgestreifte Achsen vor. Disperse Fragmente in der Lette 4 („Pyritlette“) des 5. Flözes. Die Erhaltung der Kutikulen ist sehr unterschiedlich und oft für eine Untersuchung nicht geeignet.

→ **Abb. 181. (A–E).** Cordaitenblätter, 3. Flöz Hangendes, Gittersee. Maßstäbe = 1 cm.

- A. Blattschopf. MMG Dresden, SaP 459.
 B. Blatt mit gleichwertigen Nerven. Sammlung Thümmel, TH 59.
 C. Juveniles Blatt. Sammlung Thümmel, TH 18.
 D, D. Blätter eines juvenilen Sprosses. Sammlung Hertl, H 2, auch Detail.
 E. Einzelne Blätter. Sammlung Hertl, H 13/14.

→ **Fig. 181. (A–E).** Cordaite leaves, 3rd seam. Scale bars = 1 cm.

- A. Tuft of leaves.
 B. *Cordaites* sp. showing homogeneous veins.
 C. Juvenile leaf.
 D, D. Leaves of an immature shoot.
 E. Isolated, homogeneous leaves.



Beschreibung: Blätter bis 8 cm breit und über 30 cm lang, breit-spatelförmig mit flach bogenförmiger, bis 0,8 cm breiter Basis und abgerundeter, bei jungen Blättern auch pfeilartiger Spitze, größte Blattbreite im oberen Drittel, spiralg an Zweigen breit ansitzend, an deren Gipfel schopfartig verdichtet (Abb. 181 A). Nervatur gleichwertig und parallel, pro 5 mm Blattbreite 10–14, bei juvenilen Blättern bis zu 20 gleichstarke Nerven (Abb. 181 B). Nur gelegentlich sind zwischen den Nerven (Leitbündeln) einzelne dünnere Linien sichtbar, die aber in Längsrichtung meist wieder verschwinden (Abb. 181 E). Soweit erkennbar, sind die Epidermen dieser Blätter amphistomatisch mit Stomata abaxial in strengen Längsreihen, aber auch in Streifen bis zu 5 Reihen Breite angeordnet und entsprechen wahrscheinlich dem „Typ 2“ bei Barthel (1976a). Einige Cordaitenzweige sind spiralg mit sehr schmalen, nur 2–3 mm breiten Blättern besetzt, die starr nach oben gerichtet sind (Abb. 182 C). Ihre Nervatur ist die gleiche wie bei den breitblättrigen Cordaiten, und auch ihre Epidermisstrukturen sind ähnlich, aber zu schlecht erhalten für eine Bestimmung. Auch dispers gibt es solche Blätter. Dazu gehören sicher auch die von Sterzel (1893) als *Poacordaites palmaeformis* Goepfert sp. bezeichneten schmalen Blätter.

Kommentare/Vergleiche: Morphologisch gehören die meisten Döhlener Blätter zu den Eucordaiten. Die nur ca. 2 cm langen Blätter sind in der Literatur auch als *Cordaites foliolatus* Grand'Eury bezeichnet worden. Hier sind es eindeutig unreife Wachstumsstadien (Abb. 181 D). Bei einigen Cordaitenarten sind nicht nur ontogenetische Stadien und große Variabilität der Blätter beobachtet, sondern auch Heterophyllie nachgewiesen worden (Rothwell & Warner 1984, Cesari & Hünicken 2013).

Anatomisch-strukturell werden im Pennsylvanian Nordamerikas und im Stephan/Autunian des französischen Zentralmassivs etwa 10 Arten *Cordaites*-Blätter unterschieden (Harms & Leisman 1961, Doubinger et al. 1995).

Ein Vergleich unserer Blätter mit diesen Arten ist kaum möglich, weil die Sklerenchymstränge zwischen den Leitbündeln bei Compressions nur selten eindeutig zu erkennen sind. Verschiedene Ober- oder Unterseiten der Blätter und deren Abdrücke, die Spaltung der kohligen Substanz bei höherer Inkohlung und der Grad ihrer bakteriellen Zersetzung sind weitere Gründe. Hinzu kommen Unterschiede zwischen den Reifegraden und Regionen eines Blattes (Šimůnek 2007). Auch ist die Zahl der strukturell erhaltenen Sklerenchymstränge auf den abaxialen und adaxialen Blattseiten primär verschieden (Harms & Leisman 1961). Crookall (1970) hat all diese Faktoren einer morphologisch nicht möglichen Artbestimmung von Cordaitenblättern überzeugend zusammengestellt, was allerdings viele Autoren nicht daran hindert, es immer wieder zu versuchen.

Vergleiche der Epidermisstrukturen von Cordaitenblättern: Eine spezifische Differenzierung der Cordaitenblätter ist bei geringer Inkohlung durch Kutikularanalyse

möglich, scheitert aber in der Praxis oft an der schlechten Erhaltung der Kutikulen sowie an subjektiven Problemen bei der Mazeration, Einbettung und Deutung der fragilen und oft kontrastarmen Kutikulen. Erfolgreich arbeitet jetzt Zbyněk Šimůnek (Prag) auf diesem Gebiet. Nach mehreren Versuchen, Morphologie und Epidermisstruktur gemeinsam taxonomisch zu nutzen (Šimůnek 2007), ist er nun der Idee von Meyen (1965) gefolgt, die dispersen Cordaitenkutikulen nomenklatorisch in ein eigenes System von Epidermisformen einzuordnen (Šimůnek & Florjan 2013). Vergleiche mit diesen Arten bleiben im Döhlener Becken aber den besonders gut erhaltenen Kutikulen im Schweinsdorfer Flöz der Niederhäslich-Formation vorbehalten. Dabei ist schon jetzt absehbar, dass die Variabilität der einzelnen „Typen“ viel größer ist als von Barthel (1962a) beschrieben.

Cordaitensprossachsen

Abb. 182

Strukturell erhaltene Funde sind nur aus den beiden jüngeren Formationen, nicht aber aus der Döhlen-Formation bekannt (siehe Kapitel 8, Anhang). Die räumlich-kohli- gen Achsen der Döhlen-Formation sind daher nur dann sicher zu erkennen, wenn sie mit quergefächertem *Artisia*-Mark verbunden sind oder Blütenzweige und Blätter tragen. Diese Achsen sind max. 12 cm Ø stark und bis 30 cm Länge aus Sammlungen bekannt. Es sind wahrscheinlich Äste. Stämme, bis zu 35 cm Ø, aufrechtstehend in den massigen hellen Pyroklastiten zwischen dem 3. und 2. Flöz, hat Reichel (1970) beobachtet. Diese sind räumlich ähnlich erhalten wie die *Petzholdtii*-Calamiten, d. h. um einen Steinkern gruppieren sich Teile des in zirkuläre Partien aufgesplitteten Holzmantels. Wegen fehlender anatomischer Strukturen ist aber eine Bestim-

→ **Abb. 182. (A–F).** Cordaitensprosse. 3. Flöz Hangendes, Gittersee. Maßstäbe = 1 mm.

- A. Beblätterte und fruktifizierende Achse. MMG Dresden, SaP 1230.
- B. *Artisia* sp., Markhöhle mit Holzmantel. MMG Dresden, SaP 1866.
- C. Juvenile Sprossspitze. Sammlung Thümmel, TH 14.
- D. Beblätterte und fruktifizierende Achse. MfN Berlin, PB 2011/1242.
- E. Beblätterter Zweig. MfN Berlin, PB 2011/1243.
- F. Beblätterter Zweig. Sammlung Thümmel, TH 10.

→ **Fig. 182. (A–F).** Lateral shoots of *Cordaites*. 3rd seam. Scale bars = 1 mm.

- A. Axis with leaves and fructifications.
- B. *Artisia* sp., pith cast and woody cylinder.
- C. Apex of juvenile shoot.
- D. Shoot with leaves and fructifications.
- E. Shoot with thin leaves.
- F. Apex of a shoot with immature leaves.



mung unsicher. Isolierte *Artisia*-Fragmente, auch mit dickem Kohlenmantel, sind in den älteren Sammlungen mehrfach vorhanden (Abb. 182 F).

Von beblätterten und blütentragenden Cordaitenachsen sind morphologisch unterschiedliche Zweige in der Döhlen-Formation bekannt: Einmal spiralg dicht mit breiten Blättern besetzt, juvenil sehr gedrängt stehend (Abb. 181 C), adult groß, terminal schopfartig aufgefächert (Abb. 181 A). Oder an tieferen Teilen der Zweige Blätter locker angeordnet, oft nach unten hängend (Abb. 182 D). An beblätterten Achsen konnten auch kleine, bis 3 cm lange fertile Seitenzweige beobachtet werden. Diese tragen spiralg kleine Zapfen, meist in der Achsel von ca. 3 mm langen Brakteen (Abb. 182 B). Grand'Eury (1877) hat aus dem Loire-Becken ähnliche Blütenorgane mit Brakteen als *Cordainthus gemmifer* beschrieben. Einzelheiten dieser kleinen, bis 3 mm Ø rundlichen Zapfen (Abb. 182 A) sind nicht zu erkennen, und damit auch nicht, ob sie männlich oder weiblich sind – das ist selbst bei Strukturhaltung unreifer Zapfen schwierig festzustellen (Rothwell 1988). Es gibt in der Döhlen-Formation auch fruchtende Zweige mit größeren Zapfen. Diese bis 8 mm großen Organe sind sicher Samenanlagen (cf. *Cordaianthus baccifer* Grand'Eury).

Cordaitenwurzeln

Abb. 183

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Cordaitenwurzeln sind in Döhlen, wie auch in anderen mitteleuropäischen Rotliegendbecken erst spät erkannt worden. Geinitz (1855) beschrieb zwar korrekt große einzelne Wurzeln, hielt sie aber für Sprossachsen, und Sterzel (1893) erwähnt sie nur unter den *Cordaites*-Fundorten. Studien über strukturhaltene siphonostele Cordaitenwurzeln im Pennsylvanian Nordamerikas durch Cridland (1964) regten mich an, die Natur dieser Döhlener „Stämme mit Markzylinder oder Axe“ (Geinitz 1855) als Cordaitenwurzeln zu betrachten. Reichel (1970) erkannte bei seinen Profilaufnahmen in den Gruben mehrere solche Wurzelböden, und schließlich halfen mir eigene Beobachtungen an Wurzelböden in Manebach (Thüringer-Wald-Becken), die Rolle der Cordaitenwaldmoore als wichtigste flözbildende Vegetation im Rotliegenden zu erkennen (Barthel 2009). Auch einige Horizonte des Schweinsdorfer Flözes bestehen aus Cordaitenwurzelböden, wobei die einzelnen bandförmigen Wurzeln dort bis zu 20 cm Länge beobachtet werden konnten (Reichel & Barthel 1964).

Vorkommen und Material: In älteren Sammlungen (H. Cotta, Geinitz, Geologisches Landesamt Freiberg) gibt es mehrere einzelne, räumlich erhaltene Wurzeln mit markierter Stele, meist herauspräpariert aus dem Gestein und stets ohne Angaben der Fundschicht, wahrscheinlich alle aus dem Niveau des Blumengebirges (Liegendes 1.

Flöz). Aus diesen Schichten stammen sicherlich auch die Fragmente der Wurzelböden mit zahlreichen, parallel orientierten Einzelwurzeln (Abb. 183 A). Ein solcher Wurzelboden wurde auch im Hangenden des 5. Flözes in der Lette 1 gefunden (Abb. 183 G). Strukturerhaltene Wurzeln sind nicht bekannt, auch nicht in den beiden jüngeren Formationen des Döhleener Beckens.

Beschreibung: Einzelne Wurzeln sehr groß, bis zu 7 cm Ø. Oberfläche feinwulstig, bei guter Erhaltung ist hier ein Gewebe aus sehr großen (bis 250 µm langen und breiten) rechteckigen, streng linear geordneten Zellen zu erkennen (Abb. 183 E a). Im Querschnitt ist ein schlauchförmiges Zentrum bis zu 2 cm Durchmesser sichtbar (Abb. 183 E). Diese großen Wurzeln sind nur als isolierte Sammlungsobjekte bekannt.

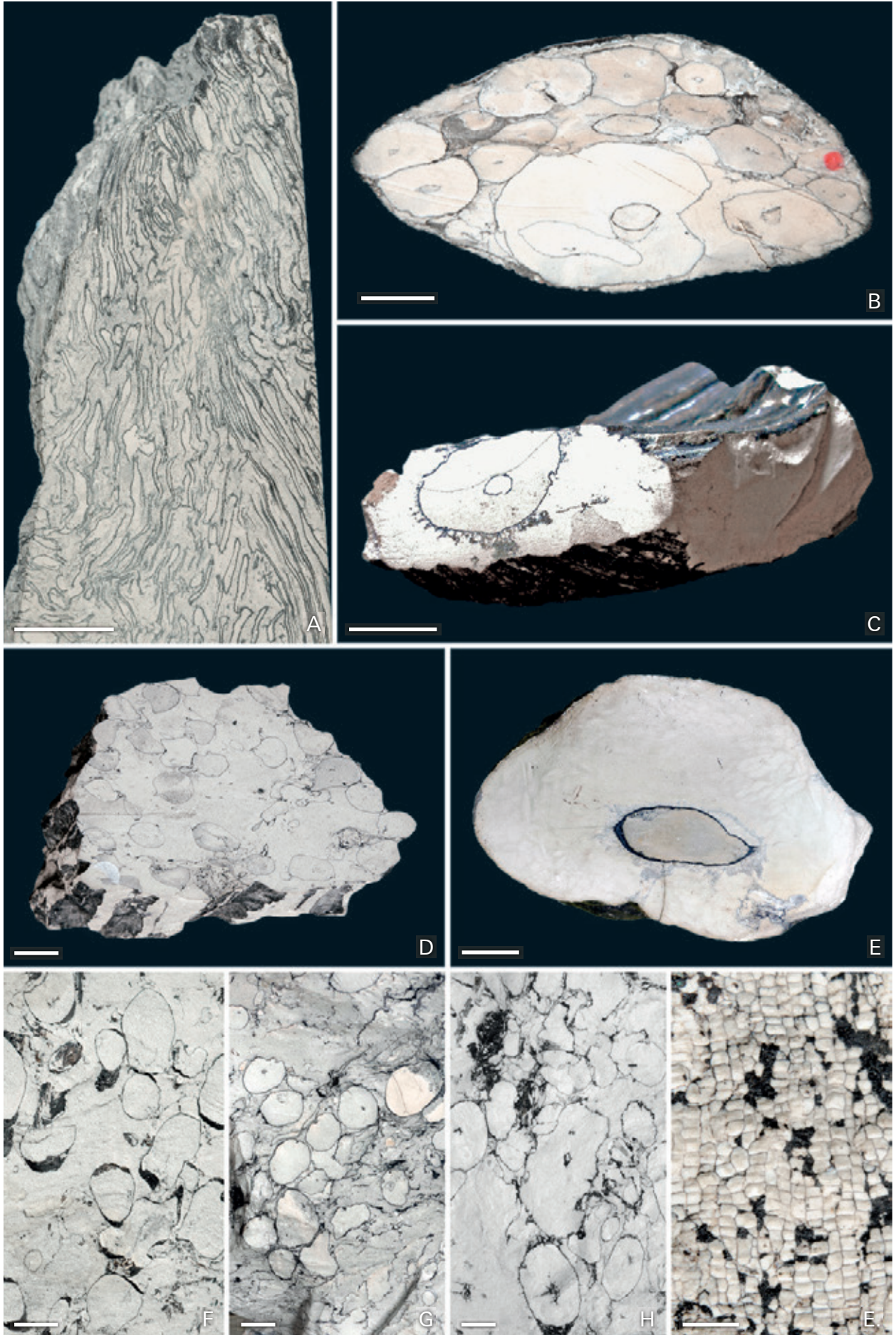
In Fragmenten intakter Wurzelböden meist kleinere, um 1 cm Ø messende, streng parallel orientierte Wurzeln mit einem kleinen zentralen sternförmigen (meist 4-strahligen) Kern, der sich nur bei größeren Wurzeln allmählich zu einem schlauchförmigen Zentrum entwickelt. Solche parallelorientierten Wurzeln wurden selbst im Inneren eines räumlich erhaltenen Calamitenstamms beobachtet (Abb. 183 C). Bei manchen, nur aus sehr kleinen schlauchförmigen Einzelwurzeln (0,1–0,5 mm Ø) bestehenden Wurzelböden sind die Zentren hohl oder nur durch

→ **Abb. 183. (A–H).** Cordaitenwurzeln. Meist 1. Flöz Liegendes. Maßstäbe: A–E = 1 cm; F–H = 0,5 cm.

- A. Stelzwurzelboden. MfN Berlin, PB 2012/250.
- B. Cordaitenwurzeln in der Markhöhle eines Calamiten. MfN Berlin, PB 2011/1247.
- C. Einzelne Cordaitenwurzel. Haldenfund. MMG Dresden, SaP 5312.
- D. Stelzwurzelboden. MfN Berlin, PB 2011/1248.
- E. Einzelne Cordaitenwurzel mit Korkgewebe auf der Oberfläche. MfN Berlin, PB 2013/1993 (ex Sammlung H. Cotta). Detail (E.; Maßstab = 1 mm).
- F. Cordaiten-Wurzelboden. Universität Leipzig, Nr. 1690.
- G. Cordaiten-Wurzelboden. MMG Dresden, SaP 1568.
- H. Cordaiten-Wurzelboden. MMG Dresden, SaP 1471.

—
→ **Fig. 183. (A–H).** Cordaite roots. Scale bars: A–E = 1 cm; F–H = 0.5 cm.

- A. Hydromorphic palaeosol.
- B. Siphonostelic Cordaite roots within a *Calamites* pith.
- C. Single Cordaite root.
- D. Hydromorphic palaeosol consisting of cordaite roots of polyarch protostelic type.
- E. Single Cordaite root with phelloderm on the surface. Detail (E.; Scale bar = 1 mm).
- F. Cordaite roots.
- G. Cordaite roots.
- H. Cordaite roots.



sternförmige Stelen markiert (Abb. 183 B). Vielleicht auch zu Cordaiten gehörende verzweigte Wurzeln sind zusammen mit Blättern aus der Fundschicht über dem 3. Flöz bekannt (Reichel & Schauer 2005, Abb. 2.2.-8).

Vergleiche und Kommentare: Das großzellige Gewebe an der Oberfläche großer Wurzeln ist bei einigen strukturerhaltenen Wurzeln aus dem Pennsylvanian Nordamerikas als Phelloderm (Korkrinde) bekannt (Cridland 1964). Der Übergang von einem stern- zum schlauchförmigen Zentrum entspricht der Ontogenie der Stele von einer polyarchen Protostele zu einer Siphonostele bzw. Eustele. Weitere anatomische Vergleiche zu den gut erforschten Coal-ball-Wurzeln Nordamerikas sind nicht möglich. Übereinstimmend sind aber die morphologischen Beobachtungen zahlreicher parallel orientierter, dichtstehender Wurzeln, die Rothwell (1988) als mangroveartige Stelzwurzeln bezeichnet hat, wobei das rein funktionell gemeint ist. Das Korkgewebe spricht für Luftwurzeln. Als *Radicitis reticulatus* Lignier im Stephanium des St.-Etienne-Beckens war dieses Gewebe erstmals als Cordaitenwurzel gedeutet worden (Lignier 1911), und schon Geinitz (1855) hatte es als „deutliche Zellen der Oberhaut“ beschrieben

Wuchs- und Lebensformen der Cordaiten

Während die Vergesellschaftungen der Cordaitenorgane in den drei wichtigen Fundschichten (Lette 1 des 5. Flözes, 3. Flöz Hangendes in Gittersee und Blumengebirge) direkt beobachtet werden konnten, sind ihre Wuchs- und Lebensformen nur indirekt zu erschließen. Weitgehend gesichert ist die Annahme einer hygrophilen Moorwaldvegetation, ebenfalls ihrer sehr nassen, palustrischen Standorte. Dafür sprechen die Stelzwurzelböden und der hohe, bis zu Carbagiliten reichende Aschengehalt der Kohlen, bzw. ihr häufiger Charakter als bituminöse Kohlen (Christoph 1965, Reichel & Schauer 2006). Die geringe Größe der sicher bekannten Cordaitenachsen deutet aber auf eine nur mittlere Höhe der Moorgehölze, vielleicht sogar auf nur strauchförmigen Wuchs hin und ist nicht vergleichbar mit den großen Bäumen der beiden jüngeren Formationen auf trockeneren Standorten. Dort kommen auch andere, größere Samenanlagen (*Cardiocarpus gutbieri*) vor. Solch eine ökologisch-morphologische Differenzierung der Cordaiten ist im Oberen Pennsylvanian und Unteren Perm Nordamerikas durch umfangreiche Studien an strukturerhaltenen Wurzeln und Sprossen vielfach belegt (Rothwell & Warner 1984, Rothwell 1988, Trivett 1992). Damit sind aber in Döhlen und Manebach (Thüringer-Wald-Becken) die als Hochwald gezeichneten Lebensbilder von Cordaitenmooren zu überdenken. Es liegt nahe, die Rekonstruktion von *Cordaites dumosum* Rothwell & Warner (1984) aus dem Upper Pennsylvanian Nordamerikas auch als Modell für die Moorcordaiten des mitteleuropäischen Rotliegenden zu übernehmen.

4.9. Diverse Gymnospermen

Dicranophyllum sp.

Abb. 184

- 1962a „Epidermis vom Koniferentyp“ – Barthel: 160, Taf. 4 und 5; Textabb. 466,
- 1964 „Conifere Typ 1“ – Barthel: 66, Taf. V, Bild 2 u. 3
- 1965 „*Srihastomia barthelii* S. Meyen, sp. nov.“ – Meyen: 85, Taf. 10, Fig. 8 und 9
- 1976a „Conifere Typ 1 Barthel 1964“ – Barthel: 131, Taf. 42, Fig. 3–5
- 1977 „*Dicranophyllum* sp.“ – Barthel: 82, Foto 13

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Beblätterte Sprosse dieser im jüngeren Oberkarbon und Rotliegenden weit verbreiteten Pflanzengattung wurden im Döhleener Becken noch nicht gefunden. Aber Bruchstücke ihrer gegabelten Nadelblätter mit sehr gut erhaltener Epidermisstruktur, 1957 aus der Pyritlette des 5. Flözes ausgeschlämmt, beweisen ihr Vorkommen außerhalb der Moore und nassen Flussebenen. Das nur 2,5 mm große Durchlichtpräparat mit zwei markanten, im Rotliegenden bisher noch nie gesehenen Stomatastreifen löste viele Überlegungen (und zunächst auch Zweifel) aus. Erst ein *Dicranophyllum*-Blatt aus dem Westphal D des Erzgebirge-Beckens mit der gleichen Epidermisstruktur klärte die Situation (Barthel 1977).

Beschreibung: Vollständiges Kutikulafragment beider Seiten eines linealen Blattes von 1,25 mm Breite, hypostomatisch, ziemlich kräftig kutinisiert, Rand papillös, abaxial streng bilateral symmetrisch mit zwei, je 160 µm breiten, streng begrenzten, nicht eingesenkten Stomatastreifen (Abb. 184). Stomata in den Streifen in 4–5 unregelmäßigen Längsreihen, in benachbarten Reihen alternierend oder dicht nebeneinander stehend und dicht aufeinander folgend, haplocheil, monozyklisch und sehr regelmäßig mit vier lateralen und zwei polaren polygonalen Nebenzellen von ca. 15–30 µm Ø. Schließzellen elliptisch-polygonal, 20–30 µm lang und 15–20 µm breit, kräftig kutinisiert, nicht eingesenkt, mit streng längsorientierten, ebenso langen Spalten (Abb. 184 detail). Zellen außerhalb der Stomatastreifen in Längsreihen, langgestreckt-rechteckig, unterschiedlich lang und breit, am Rand vereinzelt mit Papillen. Zellen der adaxialen Seite in Längsreihen, langgestreckt-rechteckig und längsorientiert, 30–80 µm lang und 10–30 µm breit, Antiklinalwände gerade und eben, kräftig kutinisiert, am Blattrand vereinzelt mit Kutikularpapillen.

Kommentare: *Dicranophyllum*-Kutikulen mit gleichen Strukturen sind auch aus dem „Wilden Kohlengebirge“ der Härtensdorf-Formation im Chemnitz-Becken bekannt (Barthel 1977, Barthel & Hauschke 2015). Eine Artbestimmung ist in beiden Vorkommen noch nicht möglich, weil die beiden Arten im Rotliegenden, *Dicra-*

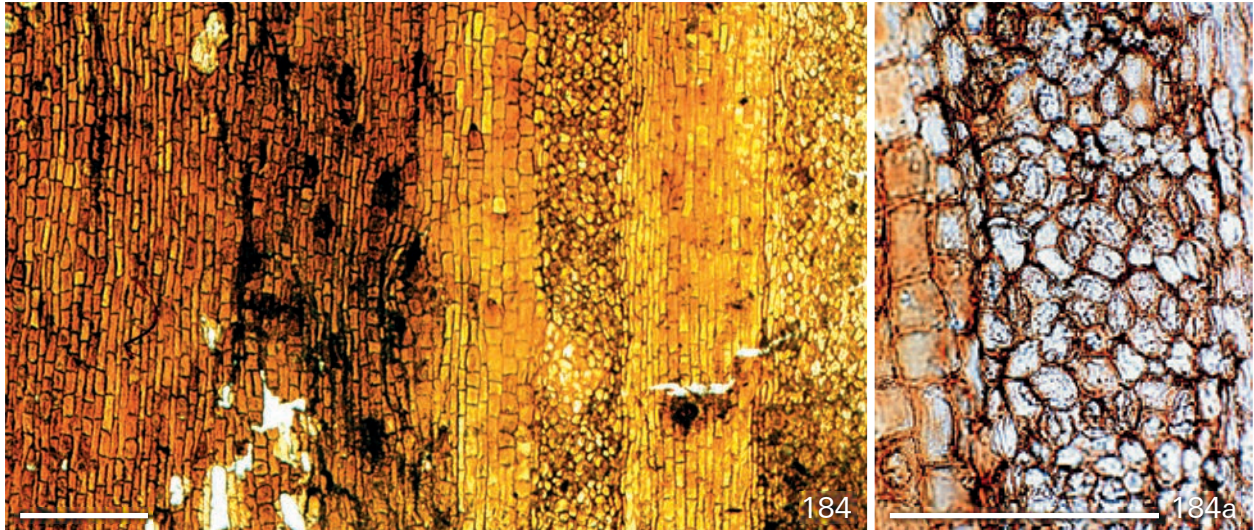


Abb. 184/184a. *Dicranophyllum* sp., Kutikula eines Nadelblattes, ab- und adaxial zusammenhängend, im Detail einzelner Stomatastreifen. 5. Flöz, Pyritlette, Grubenfeld Heidenschanze. MfN Berlin, Präp. I/9. Maßstäbe: 184 = 200 µm; 184a = 100 µm.

Fig. 184/184a. *Dicranophyllum* sp. Cuticle from a needle, adaxial and abaxial connected, 5th seam in the Heidenschanze mining area. Scale bars: 184 = 200 µm; 184a = 100 µm.



Abb. 185. *Walchia* sp., BA Freiberg, FG 105/98. Maßstab = 1 cm.

Fig. 185. *Walchia* sp., the only specimen known from the Döhlen Formation! Scale bar = 1 cm.

nophyllum gallicum Gr. Eury und *Dicranophyllum hallei* Remy & Remy wegen zu hoher Inkohlung im Thüringer Wald nicht mazeriert und verglichen werden konnten. *Dicranophyllum hallei* ist inzwischen im Saar-Nahe-Bekken morphologisch gut bekannt: es ist eine einhäusige, vielleicht krautige gymnosperme Pflanze mit getrenntgeschlechtlichen Blütenzapfen, die an unverzweigten, ca. 3 m hohen Sprossachsen mit sehr großem Mark saßen (Barthel & Noll 1999).

Koniferen

Abb. 185

Aus der Döhlen-Formation sind von Geinitz (1855) und Sterzel (1893) zwei kleine Zweige von *Walchia piniformis* Schlotheim ex Sternberg als Seltenheiten mitgeteilt worden. Nur in der Sammlung der BA Freiberg konnten diese Angaben bestätigt werden. In der Sammlung des Museums für Mineralogie und Geologie Dresden besteht dagegen der Verdacht auf Fundortverwechslung mit einem *Walchia*-Zweig in der Niederhäslich-Formation bei Schweinsdorf (SaP 4424). Einige der von Geinitz (1855) als *Lycopodites piniformis* bezeichneten Pflanzenreste (SaP 4224, 4265, 4266) sind ohnehin unbestimmbare Achsenfragmente und „cf. *Gomphostrobus bifidus* E. Geinitz“ bei Sterzel (1893) ist zu fragmentär für eine Bestimmung als Braktee eines *Walchia*-Zapfens.

Funde von Koniferen nach 1956 in der Döhlen-Formation sind mir nicht bekannt, auch die Samenanlagen vom Typ *Samaropsis* nicht. Damit bestätigt sich hier die extreme Seltenheit von Rotliegendpflanzen, die auf Standorte außerhalb der Moore und Alluvialebenen angewiesen sind: Walchien, Dicranophyllen und einige

mesophile Pteridospermen. Anders in der Niederhäslich-Formation: Hier sind Walchien und andere Koniferen häufige Florenelemente. Auch in der Bannewitz-Formation sind *Walchia*- und *Ernestiodendron*-Zweige bekannt (siehe Kapitel 8, Anhang).

Samenanlagen und Mikrosporophylle

Abb. 186

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Geinitz (1855) und Sterzel (1893) verfügten über Sammlungsmaterial, das nicht sehr umfangreich war und auch später kaum erweitert werden konnte. Nach 1956 gelang es nur sehr wenige Funde zu bergen, meist aus dem Liegenden des 4. Flöztes. Hinzu kommen einige Samenanlagen aus dem Hangenden des 3. Flöztes am Tiefen Elbstolln, die erst jetzt im Altbestand des Berliner Museums erkannt wurden (Abb. 186 A). Die Ursache für die Materialarmut der Döhlen-Formation liegt in der Seltenheit fluvatil-epiklastischer Fundschichten, in der die dispersen Samenanlagen zusammengeschwemmt wurden. Die anderen, die pyroklastisch-subautochthonen Fundschichten der Döhlen-Formation sind mit ihren Moorgesellschaften bis auf die Cordaiten ohnehin frei von Samenpflanzen.

Die fertilen Organe der Samenpflanzen sind durchweg als kohlige Compressions in mäßiger Qualität erhalten. Selbst ihre Symmetrien sind oft nicht sicher zu erkennen. Sterzel hat dennoch die Funde taxonomisch vollständig und sehr eng aufgegliedert und mehrere neue Arten, oft nur auf Basis eines einzigen Exemplares aufgestellt. Aus meiner Sicht sind diese enggefassten Taxa biologisch nicht real und bei Neufunden nicht bestimmbar. In den meisten Fällen lassen sich die dispersen Samenanlagen der Döhlen-Formation höchstens Gattungen zuordnen. Auch in anderen Vorkommen gibt es bei Samenanlagen in Compression-Erhaltung nur wenig neue Erkenntnisse – Ausnahmen, wenn auch nicht taxonomisch relevant, liefern morphologische und geochemische Studien über Kutikulen von Integumenten und Nucelli (Šimůnek & Libertin 2006, Zodrow et al. 2014).

Cardiocarpus: Bilateral symmetrische herzförmige Samenanlagen, Nucelli 12–25 mm Ø, meist von einer dünnen Kohlschicht der Sclerotesta umhüllt, vereinzelt von einem schmalen Saum der Sarcotesta umgeben: *Cardiocarpus reniformis* Geinitz (Abb. 186 A). Die kleineren Exemplare (Abb. 186 C) sind von Sterzel (1893) als *Cardiocarpus carolae* n. sp. benannt. Die in anderen Rotliegendformationen, auch in der Niederhäslich-Formation häufigen sehr großen Formen, meist als *Cardiocarpus gutbieri* Geinitz bestimmt, scheinen in der Döhlen-Formation zu fehlen. Die Zugehörigkeit der *Cardiocarpus*-Arten zu den Cordaiten gilt als sicher, wobei verschiedene Stämme gleiche Samenanlagen tragen können. Trivett & Rothwell (1991) und Trivett (1992) kommen daher nach vielen Detailstudien zum Ergebnis, dass

die spezifische Diversität der Cordaiten generell viel größer als die ihrer einzelnen Organmerkmale ist. Wir nennen das den Mosaikmodus der Evolution.

Rhabdocarpus: Das ist ein Sammelbegriff für länglich-elliptische, ungeflügelte Samenanlagen in Compression-Erhaltung mit relativ dicker kohligter Substanz der Sarcotesta. Struktur erhalten sind einige als *Mitrospermum*-Arten bekannt. Sie gelten u. a. als Cordaitenorgane. Sterzel unterschied vier Arten, wobei sein *Rhabdocarpus tomentosus* Sterzel durch die Größe von 30 mm und eine markante Mikropylärspitze auffällt (Abb. 186 D). Neu gefunden wurde *Rhabdocarpus disciformis* Sternberg var. *laevis* Weiss unter dem 4. Flöz (Abb. 186 B).

Trigonocarpus: Diese Samenanlagen sind radiärsymmetrisch, oval in Aufsicht mit dünner Sarcotesta und glatter Sclerotesta mit drei Längsrippen, 15–30 mm lang. Sie gehören sicher zu den Medullosaceen, die in der Döhlen-Formation mit vier Arten vertreten sind. Es sind nur wenige Exemplare gefunden worden, Sterzel (1893) bezeichnete sie als neue Arten: *Trigonocarpus subavellanus* (Abb. 186 E oben links) und *Trigonocarpus subpedicellatus*. Auch im Schweinsdorfer Flöz kommt die Gattung vor, hier mit *Trigonocarpus noeggerathii* (Sternberg) Brongniart.

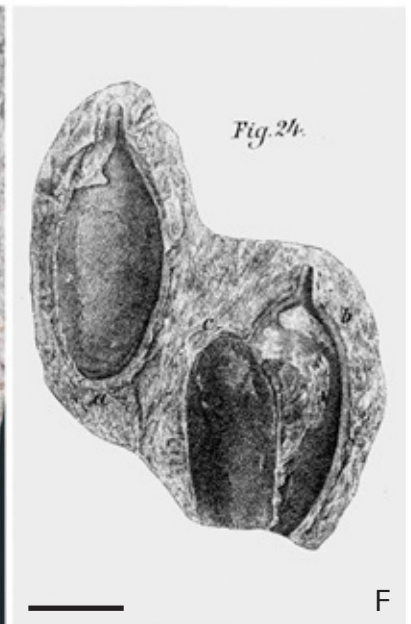
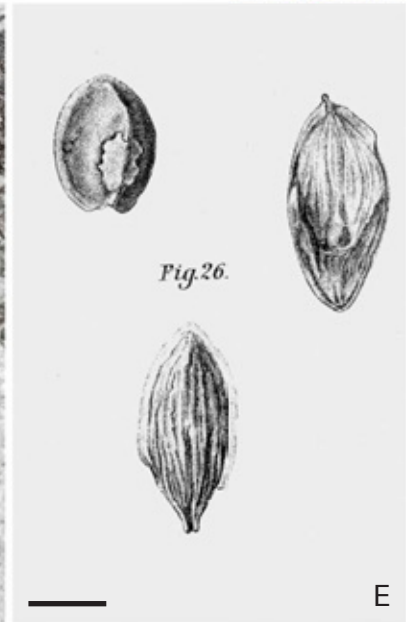
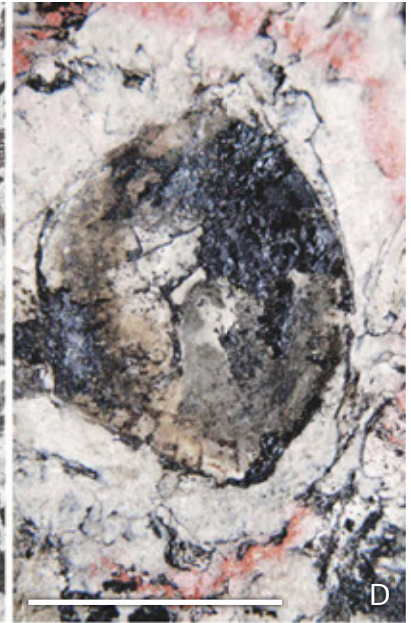
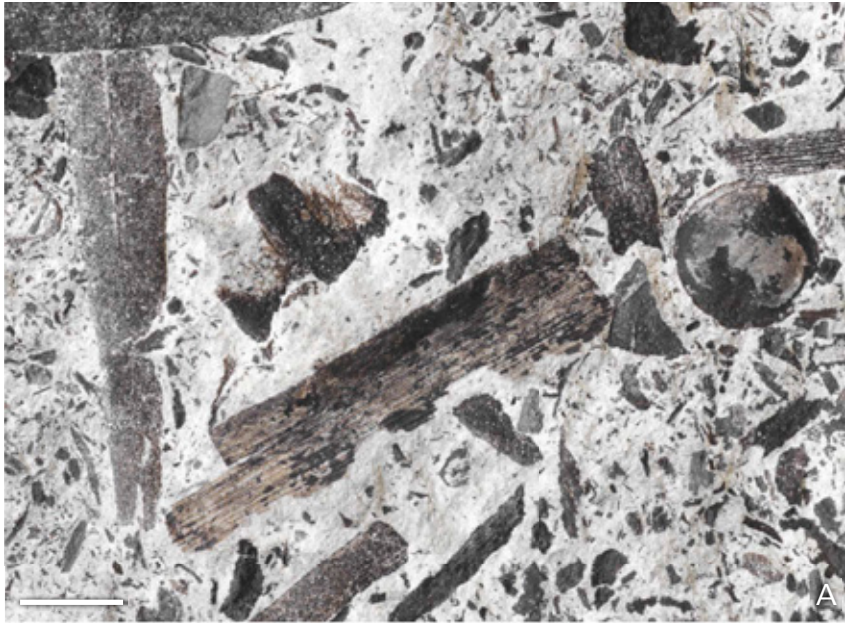
Holcospermum sulcatum (Presl) Nathorst: Dieses Fossil wurde früher meist unter den Samenanlagen darge-

→ **Abb. 186. (A–F).** Samenanlagen und Mikrosporophylle. Maßstab = 1 cm.

- A. *Cardiocarpus reniformis* und Häcksel von Cordaiten-Blättern. (?) 3. Flöz Hangendes. MfN Berlin, 2013/1986.
- B. *Rhabdocarpus disciformis* var. *laevis*, MMG Dresden, SaP 1938.
- C. *Holcospermum sulcatum*, männlicher Blütenstand. Schweinsdorfer Flöz. MfN Berlin, PB 2013/358.
- D. *Cardiocarpus carolae*. MMG Dresden, SaP 3849.
- E. *Trigonocarpus subavellanus* (oben links) und *Holcospermum sulcatum* (oben rechts und Mitte). Aus Sterzel (1893).
- F. *Rhabdocarpus tomentosus*. Aus Sterzel (1893).

—
→ **Fig. 186. (A–F).** Ovules and microsporophylls. Scale bar = 1 cm

- A. *Cardiocarpus reniformis* and fragments of *Cordaites* leaves. 3rd seam.
- B. *Rhabdocarpus disciformis* var. *laevis*.
- C. *Holcospermum sulcatum*, microsporophyll. Niederhäslich Formation.
- D. *Cardiocarpus carolae* Sterzel 1893. (unidentifiable!).
- E. *Trigonocarpus subavellanus* (top left) and *Holcospermum sulcatum* (top right and central). From Sterzel (1893).
- F. *Rhabdocarpus tomentosus*, originated from Sterzel (1893).



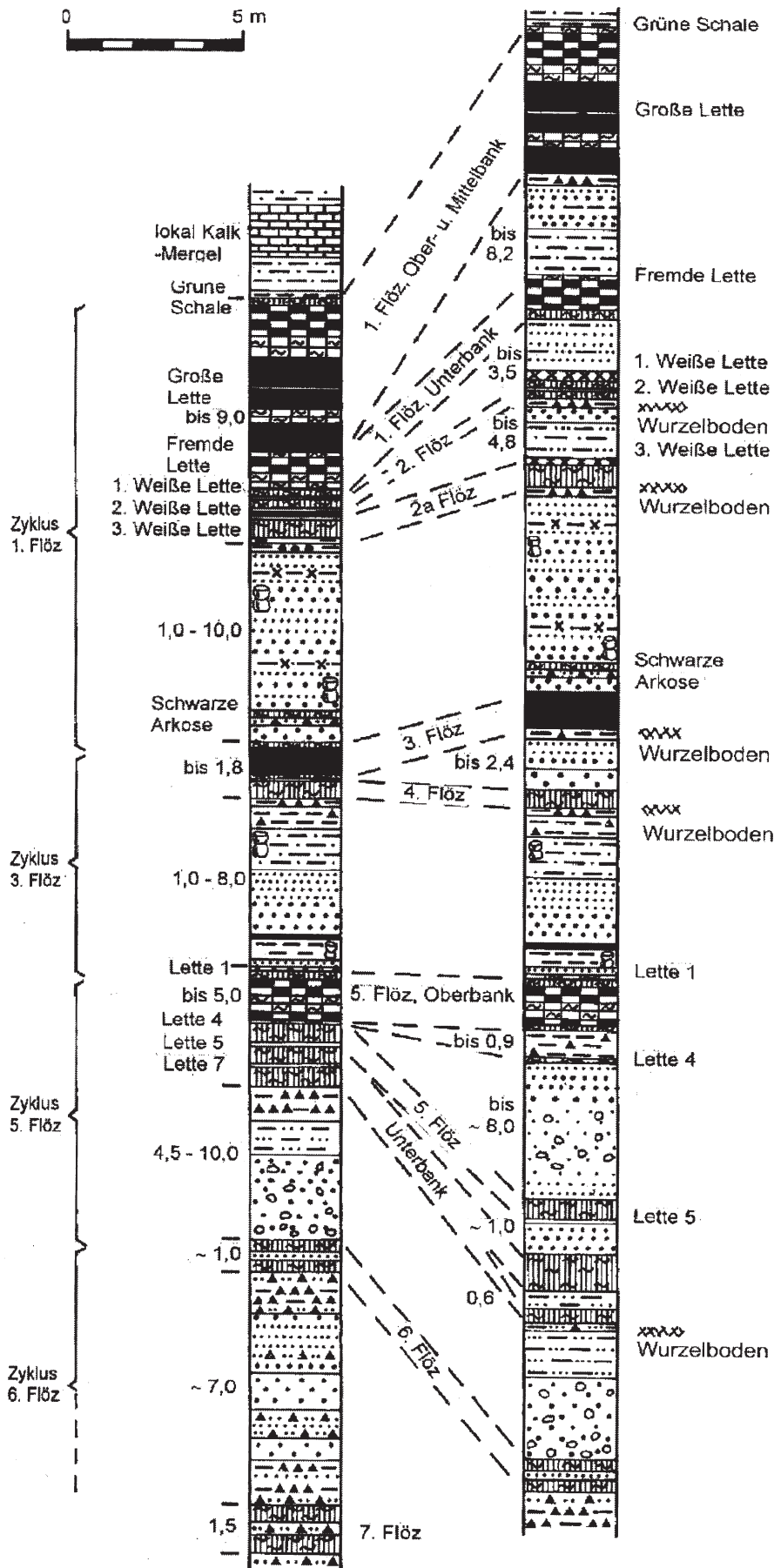


Abb. 187. Idealschichtenschnitte der Döhlen-Formation mit Fundschichten. Aus Reichel & Schauer (2006).

Fig. 187. Generalized stratigraphic section of the Döhlen Formation with plant horizons. From Reichel & Schauer (2006).



Abb. 188. Temporärer Aufschluss des 3. Flözes in Freital, Gustav-Klimpel-Straße, Baugrube 2. Geologen des Döhleener Beckens: Jörg W. Schneider (links) und Wolfgang Reichel (rechts). Foto: H. Walter 1997.

Fig. 188. Rare outcrop in the 3rd seam. The geologists of the Döhleener Basin: Jörg W. Schneider (left) and Wolfgang Reichel (right). Photo: H. Walter 1997.

stellt, ist aber ein anderes Organ: ein Mikrosporophyll, eine männliche Pteridospermen „blüte“, wahrscheinlich von Medullosaceen. Die Organe sind spindelförmig, basal und terminal spitz, 25 mm lang und 10 mm Ø. Ihre Oberfläche besteht aus zahlreichen längsorientierten, schlauchförmigen Mikrosporangien von 1 mm Ø (Abb. 186 E oben rechts und unten). Zur Mazeration auf Präpollen in situ geeignetes Material fehlt. Diese Mikrosporophylle kommen im Liegenden des 4. Flözes vor und sind auch aus dem Schweinsdorfer Flöz bekannt, dort sogar noch zu dritt an einer Achse hängend (Abb. 186 F). Erstaunliche Zusammenhänge von männlichen Medullosaceenfruktifikationen mit ihren Mutterpflanzen konnten neulich in limnischen Sedimenten der Goldlauter-Formation beobachtet werden (Barthel & Brauner 2015).

5. Fundschichten und Taphocoenosen

Abb. 187–189

Die meisten Pflanzenfossilien der Döhleener-Formation sind auf wenige, geringmächtige Horizonte („Fundschichten“) beschränkt (Abb. 187). Erst deren Entdeckung und Nutzung als feinstratigraphische Leithorizonte ab 1956 ermöglichten taphocoenotische Studien und gezielte Aufsammlungen. Diese waren aber fast ausschließlich von bergmännischen Auffahrungen und Gewinnungsarbeiten abhängig. Übertage schlossen nur einige Baugruben in der Burgwardtstraße und der Gustav-Klimpel-Straße (Abb. 188) flözführende Profile auf, deren tiefgründige Verwitterung aber solche Beobachtungen stark einschränkten.

Alle Fundschichten, mit Ausnahme des Liegenden vom 4. Flöz und der „Pyritlette“ im 5. Flöz, sind pyroklastische, meist feinkörnige, nicht oder nur schwach geschichtete helle Gesteine. Im Bergbau wurden sie von altersher als Letten bezeichnet (Hausse 1892), geologisch später meist als Tonsteine bzw. Kohlentonsteine, wenn sie Zwischenmittel im Flöz waren. Um deren Genese entspann sich früher ein Meinungsstreit: waren es „Ascheregen über dem Steinkohlenmoor“ (Stutzer 1931) oder biochemisch gesteuerte Umwandlungen epiklastischer Gesteine (Schüller & Hoehne 1951)? Durchgesetzt hat sich die Deutung dieser Gesteine als Pyroklastite, also vulkanischer Natur (Pälchen in Rösler et al. 1967). Aber es gibt auch Reaktionssäume (Abb. 189) und Hohlraumfüllungen (Abb. 189 a), die biochemisch bedingte Entglasungen, Farbwechsel und andere Veränderungen der Tuffe eindeutig belegen, und es gibt Übergänge zu epiklastischen Gesteinen. Bei allen gemeinsamen Merkmalen unterscheiden sich die einzelnen fossilführenden Tonsteine petrographisch durch ihre mineralischen Komponenten, Korngrößen, Gehalte an sulfidischen Erzen, epiklastische Anteile und Anzeichen von Fließbewegungen. Neuere petrographische Untersuchungen gibt es nur wenige, meist als Beiträge zu paläontologischen Arbeiten; es fehlt eine umfassende geologisch-petrographische Bearbeitung der Sedimente und Pyroklastite der Döhleener-Formation.

Weil es bis zum Ende des Bergbaus keine wissenschaftlich fundierten Begriffe für die meisten Zwischenmittel in den betrieblichen Dokumentationen der „Wismut“ gab, muss ich hier die alten bergmännischen Bezeichnungen für die einzelnen Schichten verwenden. Auch die alten „Brandschiefer“ gehören dazu. Zum Glück hat uns Reichel (2011) eine Übersicht über die verwirrende Vielfalt dieser alten Feldbezeichnungen und bergmännischen Begriffe gegeben.

Lette 7 des 5. Flözes

Ein bis 20 cm mächtiges Zwischenmittel im 5. Flöz, aus hellem, gelblich-grauem Tonstein über einem grobkörnigen Kristalltuff bestehend. Nach Reichel & Schauer (2005) im Grubenfeld Bannewitz mit deutlichem Wurzelboden an der Basis, der lokal linsenförmig mächtiger als „Wurzellette“ ausgebildet ist. Eine sehr artenreiche Taphocoenose aus gut erhaltenen Pflanzenresten, darunter fertile *Oligocarpia leptophylla* und die in der Döhleener-Fm. sehr seltene *Subsigillaria brardii* sowie *Sphenophylum angustifolium*.

Lette 4 des 5. Flözes, auch Pyritlette genannt

Auch sie ist ein geringmächtiges Zwischenmittel im 5. Flöz und besteht aus ca. 5 cm pyritreichem, grauem pelitischen Gestein, lokal 10–90 cm englaminierem, hell- und dunkelgrauen Ton-Siltstein überlagert. Nur einmal, 1957, konnte ich aus dieser Fundschicht in der Strecke 436 W am Schacht 8 (Birkigt) Pflanzenreste bergen. Das Gestein war dort durch warme Wässer eines Bohr-

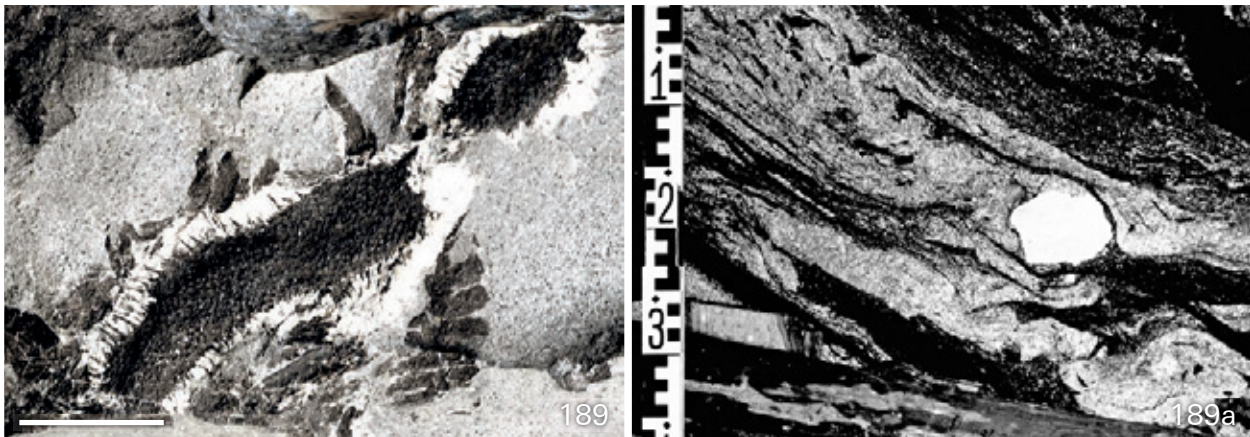


Abb. 189. Kohliger Pflanzenrest in Kristalltuff mit Tonsteinsaum, Hangendes von Lette 1 des 5. Flözes. Gittersee. MfN Berlin, PB 2011/1246. Maßstab: 189 = 1 cm.

a. Kohliger Kristalltuff im Hangenden des 3. Flözes mit Calamitenmarkhöhle, gefüllt mit weißem Tonstein. Paul-Bernd-Grube (Carolaschacht). 13. Sohle, Nordquerschlag. Foto 1956.

Fig. 189. Coalified plant fossil in crystal tuff, bordered by „Tonstein“. 5th seam. Scale bar = 1 cm.

a. Carbonaceous crystal tuff in the roof the 3rd seam with a calamite pith cast showing a filling of white „Tonstein“. Photo 1956.

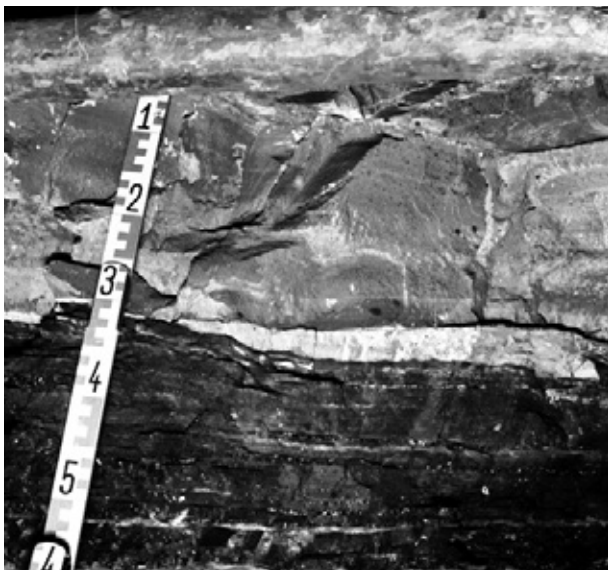


Abb. 190. Fundschicht Lette 1 im Hangenden des 5. Flözes. Grubenfeld Gittersee.

Fig. 190. Plant horizon „Lette 1“ in the roof of the 5th coal seam, Gittersee coalfield.

Lette 1 des 5. Flözes

Abb. 190, 191

Dieser Horizont war ab 1956 mehrere Jahre im Baufeld Gittersee die wichtigste Pflanzenfundschrift (Abb. 190). Selbst frische Haldenschüttungen ermöglichten noch die Bergung umfangreichen, wissenschaftlich wertvollen, aber auch schönen Sammlungsmaterials. Der Berginvalide Willi Emmrich und der damalige Praktikant Rainer Jülich waren in diesen Jahren besonders erfolgreiche Sammler. Nachteilig an dieser Fundschicht war die mechanisch schwierige Präparation: es gelang nur selten, größere Flächen freizulegen.

Die ca. 5 cm mächtige Fundschicht liegt direkt über dem 5. Flöz und besteht aus einem weißen, massigen, splittrig brechenden Gestein, stellenweise mit dunkleren Karbonateinsprenglingen. Schon in den obersten, stark aschenreichen Kohlenlagen („Brandschiefer“) des Flözes sind mm-dünne Straten des weißen Tonsteins zu beobachten.

Die Dünnschliffuntersuchung des Gesteins durch B. Gaitzsch (briefl. Mitteilung) ergab einen feinen, teilweise kristallreichen Aschentuff mit Quarzen, Feldspäten und vereinzelt Biotiten in einem entglasten Partikelgemenge. Die besonders großen (ca. 1 mm) Einsprenglinge bestehen aus rekristallisierten Karbonaten (Abb. 191a). Mit scharfer Grenze folgt im Hangenden ein dunkelgrauer, massiger Kristall- bis Lapillituff (früher „Graue Arkose“ genannt) mit dominanten Bimspartikeln, Quarz- und Feldspatkristallen sowie Extraktasten.

Die Pflanzenreste liegen schichtparallel ein- oder mehrschichtig in der weißen Fundschicht, vereinzelt auch noch an der Basis der grauen Hangendschicht, Achsen teilweise in Lebendstellung. Die Fossilien sind in

loches plastisch verformt und leicht zu präparieren. Die Schichtflächen waren dicht mit einzelnen Fiederchen von *Barthelopteris germarii* und *Neurocallipteris neuropteroides* bedeckt. Vereinzelt kamen auch Cordaitenblätter, Fiedern von *Dactylothea elaverica* und *Scolecopteris* sp. vor. Besonders wichtig war die Entdeckung von dispersen *Dicranophyllum*-Nadelblättern, durch Bulk-Mazeration zusammen mit Cordaitenkutikulen aus dem Gestein gewonnen.

Die tonig-sapropelitische Fundschicht ist sicher die Bildung eines stehenden, sauerstoffarmen Gewässers, in das die Pflanzenreste eingeweht wurden.

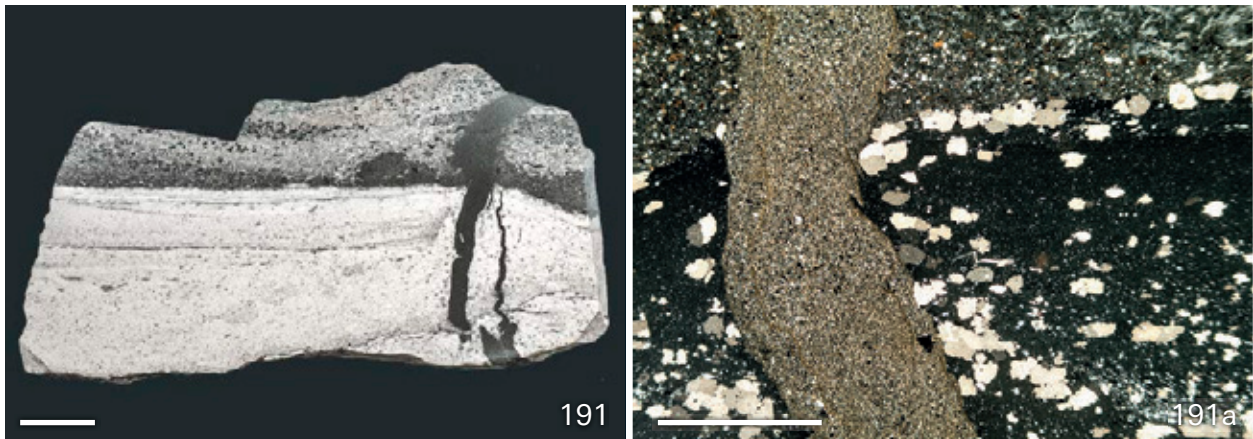


Abb. 191. Lette 1 des 5. Flözes mit seismischer Spaltenfüllung und grauem Kristalltuff im Hangenden. Anschliff. MfN Berlin, PB 2012/663. Maßstab = 1 cm.

a. Detail im polarisierten Durchlicht. Im Tonstein zahlreiche rekristallisierte Karbonate. Maßstab = 1 mm.

Fig. 191. „Lette 1“ and the grey crystal tuff (above). the plant horizons in the roof of the 5th seam with seismically induced clastic dykes. Scale bar = 1 cm.

a. Details of fig.191 in polarized transmitted light showing many newly crystalized carbonate crystals in the „Tonstein“. Scale bar = 1 mm.

großen Fragmenten morphologisch vorzüglich erhalten und bestehen meist aus nur wenigen Arten: *Annularia-spinulosa*-Blattwirtel mit *Calamostachys-tuberculata*-Ähren, Cordaitenblätter sowie *Nemejcopteris-feminaeformis*- und *Scolecoperis-oreopteridia*-Wedel. Sehr vereinzelt kommen vor: *Lobatopteris geinitzii*, *Sclecopteris polymorpha*, *Senftenbergia plumosa*, *Botryopteris sterzelii*, *Dactylothea elaverica*, *Sphenopteris mathetii*, *Taeniopteris jejuna*, *Sphenophyllum oblongifolium*, *Calamites crassicaulis* mit *Macrostachya carinata*.

Aus dem Gestein und seiner Fossilführung kann genetisch auf einen heftigen Aschenfall geschlossen werden, der die Vegetation des absinkenden Moores erstickte und dessen subaquatische Ablagerung unter Einfluss der humosen Moorwässer farblich verändert (gebleicht und entglast) hat. Für solche biochemisch bedingten Veränderungen der Vulkanasche im Moor sprechen auch Reaktionssäume um einzelne Pflanzenreste im dunkelgrauen Hangendtuff („Blähton“) und weiße Füllungen in den Stämmen von Calamiten und Psaronien, die außen von diesen dunkelgrauen Lapillituffen umhüllt werden (Abb. 129). Es gab wahrscheinlich auch eine Einwirkung des Aschenfalls auf die Moorvegetation, indem die karbonatisierten Plagioklase und andere mineralische Stoffe das Pflanzenwachstum in den letzten Moorstadien beeinflusst haben. Denn auffällig ist die sehr geringe Größe der *Annularia*-Blattwirtel und *Nemejcopteris*-Fiederchen in der Fundschicht. Alle taphonomischen Beobachtungen deuten auf eine in-situ-Einbettung der Moorvegetation unter vulkanischer Asche.

Von den dominanten Elementen der Fundschicht sind *Cordaites*, *Scolecoperis oreopteridia* und *Calamites multiramis* Organe von Gehölzen, *Nemejcopteris feminaeformis* ist ein Spreizklimmer. Daher können wir von einer Waldmoorgesellschaft aus Cordaiten, Psaronien



Abb. 192. *Calamites* sp., Hangendes vom 5. Flöz („Blähton“). Bau-feld Gittersee, Q III, Foto 1956.

Fig. 192. *Calamites* sp., in ash tuff above the 5th seam. Minefield Gittersee. Photo 1956.

und Calamiten sprechen. In dieser Zusammensetzung, mit unterschiedlichen Anteilen an Cordaiten, kennen wir sie auch aus Manebach.

„Blähton“

Abb. 192, 84

Auf den dunkelgrauen Lapillituff über der Lette 1 folgt ein hellgraues, sehr feinkörnig-massiges Gestein (Aschentuff) von 0,3–1,2 m Mächtigkeit. Sein Name beruht auf den Eigenschaften des Gesteins beim Erhitzen auf 1300 °C (Reichel 2011). Die Pflanzenfossilien dieser Fundschicht bestehen aus fertilen *Calamites-gigas*-Zweigen und aufrecht stehenden, oft großen Stämmen von *Calamites gigas*, vereinzelt auch *Calamites multi-ramis* und *Psaronius* sp. (Abb. 192). In einigen Fällen ragen Achsen aus dem 5. Flöz durch die Lette 1 und den grauen Lapillituff hinauf bis in dieses Niveau (Reichel et al. 1998, Abb. 6). Auch in dem hangenden, sehr ähnlichen Gestein konnte ich aufrecht stehende Calamitenstämme bis zu 1,5 m Länge beobachten (Abb. 84).

Liegendes vom 4. Flöz

Das ist eine ca. 40 cm mächtige Schicht aus dunkelgrauem, deutlich geschichtetem, sandig-siltigem, schwach kohligem Gestein. Die Pflanzenfossilien in Compression-Erhaltung liegen zahl- und artenreich ohne Sortierung auf den Schichtflächen. Diese Fundschicht ist eine fluviatile, epiklastische Ablagerung mit eingeschwemmten Pflanzenresten.

Ebenfalls im Liegenden des 4. Flözes, aber unsicherer stratigraphischer Reichweite, konnte im Abbau 5421 des Gitterseer Reviers eine faziell abweichende Fundschicht („Sonderfazies“) mit hellerem, weniger deutlich geschichtetem Gestein beobachtet werden (Reichel 1970). Unter den gut erhaltenen Compression-Pflanzenresten sind auch sehr seltene Döhlen-Elemente: *Sphenophyllum thonii*, *Annularia sphenophylloides*, *Asterophyllites equisetiformis*, *Autunia conferta* und *Pecopteris integra* sowie der wertvollste Fund eines fertilen vollständigen *Nemejcopteris*-Wedels.

Hangendes vom 3. Flöz

Abb. 193–195

Das ist die älteste und wichtigste paläontologische Fundschicht der Döhlen-Formation. Schon vor fast 200 Jahren wurden bei Zauckerode beim Vortrieb des Tiefen Elbstollns und seiner Flügelorte die ersten Pflanzenfossilien als wissenschaftliche Objekte gesammelt – noch ohne nähere feinstratigraphische Angaben, aber sie sind heute durch das charakteristische Gestein mit großer Sicherheit einzuordnen (Sammlungen Schlotheim, Sternberg, H. Cotta, Goepfert und Altbestand des MMG). Dieser Horizont war im alten Kohlenbergbau weniger wegen des 3. Flözes, vielmehr wegen seiner geomechanischen Standfestigkeit aufgeschlossen worden, z. B. sind die Flucht- und Wetterstrecken („Untergebirgsstrecken“)

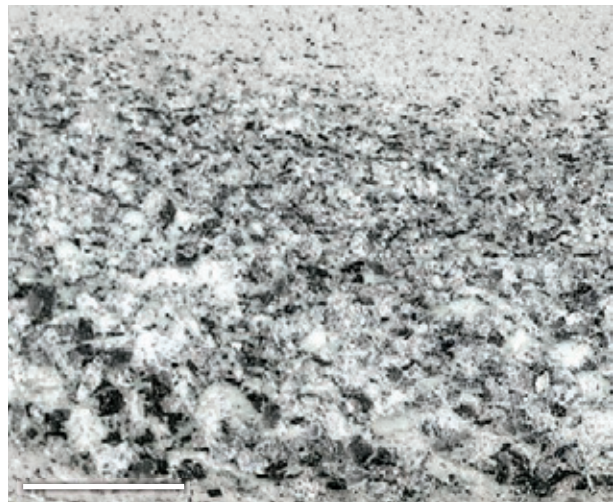


Abb. 193. Fundschicht im Hangenden des 3. Flözes, Bannewitz: Wechsel von Staub- und Kristalltuff. Maßstab = 1 cm.

Fig. 193. Plant horizon above the 3rd seam, alternate bedding of crystal tuff and ash tuff. Scale bar = 1 cm.

zwischen Döhlen und Zauckerode und auch die Flügelorte des Tiefen Elbstollns vorrangig in diesem Niveau aufgefahen worden (Reichel 2011). Es ist daher anzunehmen, dass die alten Sammlerangaben: „Tiefer Elbstolln bey Döhlen“ sich auf mehrere Fundpunkte in diesem Horizont beziehen und auch die seit 1840 aufgefahenen Untergebirgsstrecken einbeziehen. Während meiner eigenen Kartierungen im Sommer 1956 konnte ich in diesen Untergebirgsstrecken Pflanzenreste im Hangenden des 3. Flözes zwar beobachten, aber nicht bergen.

Mit dem Uranbergbau änderte sich die Situation. Ab 1969 wurde das 3. Flöz in den Revieren Gittersee und Bannewitz-Nord abgebaut und der fossilführende Horizont wurde leichter zugänglich. Von hier stammen die großen paläobotanischen Sammlungen Thümmel (Hirschbach), Hertl und Reichel (beide im MMG Dresden) und hier, auf der –180-m-Sohle im Baufeld Bannewitz-Nord gelang am 15.11.1977 dem Reviersteiger Th. Thümmel der paläozoologisch bedeutende Fund eines Arthropleuriden (Schneider & Barthel 1997).

Die Fundschicht liegt in ca. 1–1,5 m über dem 3. Flöz; in Gittersee und anderen Revieren (aber nicht in Bannewitz!) ist noch ein stark kohliges Kristalltuff mit linsenförmigen Lagen sehr aschenreicher Kohle, die „kohlige oder schwarze Arkose“ zwischengeschaltet. Die Pflanzenreste in der Fundschicht liegen in höchstens zwei Straten übereinander, eingebettet in fein- und mittelkörnige Tuffe; manche sind von einem schmalen Tonsteinsaum umgeben, bei anderen liegen mm-große Quarz- und Feldspatkristalle direkt in der Ebene der Blattflächen (Abb. 193). Die Fundschicht ist ein ca. 5 cm mächtiger Horizont nahe der Basis einer 4–8 m mächtigen Folge sehr heller Aschen- und Kristalltuffe zwischen dem 3.- und 2 A-Flöz. Diese Tuffe wurden früher als „Arkosen“ bezeichnet. Ihre pyroklastische Natur wurde erstmalig von Borbe (1959) nachgewiesen, eine neuere

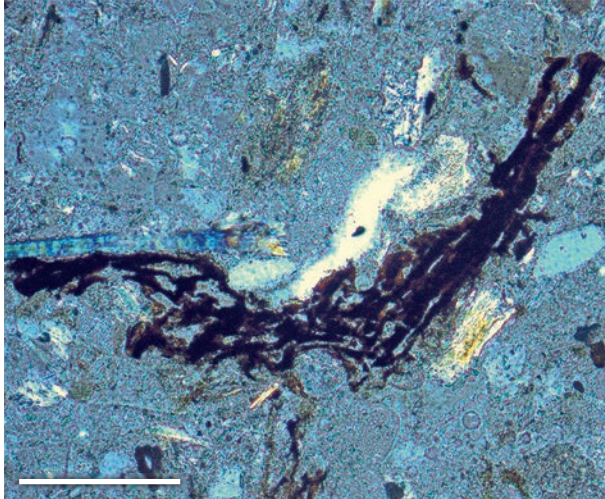


Abb. 194. Kristalltuff der Fundschicht über dem 3. Flöz, Bannewitz mit kohlig-sapropelitischen Lithoklasten. MfN Berlin. Maßstab = 1 mm.

Fig. 194. Crystal tuff from the roof of the 3rd seam showing organic lithoclasts. Scale bar = 1 mm.

petrografische Untersuchung, speziell des *Arthropleura*-Fundstückes, stammt von Fischer & Gaitzsch in Schneider & Barthel (1997). Danach besteht der hellgrau-weiße Kristalltuff aus scharfkantigen Quarzen, idiomorphen Feldspäten, Glimmerblättchen, Zirkonen und opak zersetzten Phenokristallen (Abb. 195). Der Feldspat und die Matrix sind meist stark karbonatisiert, lithoklastische Bestandteile sind Pyrit, kleine Fragmente von Pflanzengewebe und braunen, feinlamellierten sapropelitischen Gesteinen (Abb. 194).

Während das Gestein der Fundschicht und die Erhaltung der Pflanzenfossilien in allen Revieren weitgehend einheitlich sind, unterscheiden sich die in diesem Horizont eingebetteten Pflanzengesellschaften. Im Baufeld Gittersee dominieren Cordaitenblüten, -blätter und -zweige sowie Sphenophyllen, hinzu kommen einige *Taeniopteris*-Fiederchen, örtlich auch *Scolecopteris oreopteridia* und, als Einzelfund in einem etwas höheren Niveau, *Neurodontopteris auriculata*. Eine ähnliche Thanatocoenose dieser Fundschicht hat W. Reichel 1997 in einer Baugrube in Zuckerode beobachtet, und auch die schönen *Sphenophyllum*-Funde aus Alt-Burgk (Damms Delle) in der Städtischen Sammlung Freital stammen aus diesem Horizont. Im Nordfeld Bannewitz sind es dagegen vor allem Altfarne (*Senftenbergia*, *Oligocarpia*, *Botryopteris*), *Scolecopteris*-Arten, *Calamitea multiramis* und einige Pteridospermen. Alle Pflanzenreste in beiden Grubenfeldern sind vorzüglich erhalten, selbst empfindliche Organe wie die großen verzweigten Haare von *Senftenbergia*. Auch mehrere junge, noch austreibende *Scolecopteris*-Wedel und *Calamitea*-Zweige kommen hier fossil vor – eine paläobotanisch eher seltene Erscheinung, die sicher eine Folge des explosiven Vulkanismus war. Für eine subautochthone Fossilisation der Vegetation spricht auch die von Th. Thümmel dokumentierte Fundsituation in Bannewitz-Nord auf

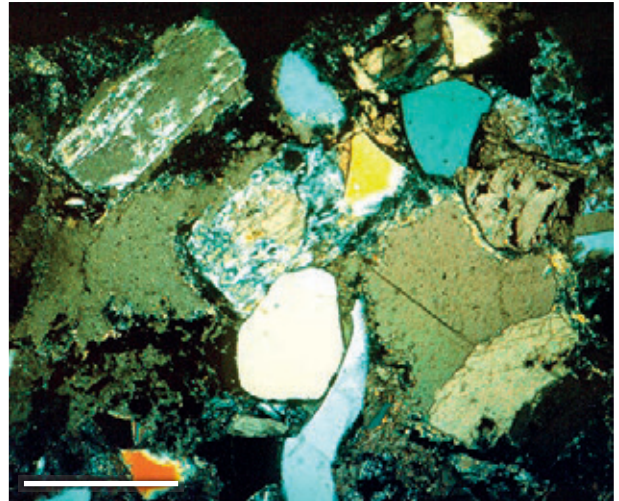


Abb. 195. Kristalltuff über dem 3. Flöz, Bannewitz. Dünnschliff, polarisiertes Licht. Maßstab = 1 mm.

Fig. 195. Crystal tuff from the roof of the 3rd seam in polarized transmitted light. Scale bar = 1mm.

kleineren Flächen: meist nur zwei Arten zusammen eingebettet, keine transportbedingte Mischung der Pflanzen. Einzelne Wurzeln sind aber selten, und Wurzelböden wurden überhaupt nicht beobachtet. Sedimentologische Beobachtungen am *Arthropleura*-Fund deuten auf kleinräumige Fließbewegungen des subaquatisch sedimentierten Aschenfalls hin. Alte Sammlungsfunde aus dem „Tiefen Elbstolln“ enthalten *Annularia*-Zweige, stark zerhäckselte Cordaitenblätter mit *Cardiocarpus*-Samenanlagen (Abb. 186 A) und auch Fiedern von *Autunia conferta* (Abb. 7).

Die floristisch unterschiedliche Zusammensetzung der beiden Thanatocoenosen lässt auf zwei Vegetationstypen schließen: eine mesophil-hygrophile Farn-Pteridospermengesellschaft auf mineralischen Standorten in Bannewitz und ein hygrophiler Cordaitenmoorwald mit spreizklimmendem und kletterndem *Sphenophyllum*-Unterwuchs in Gittersee (Schneider & Barthel 1997). Diese Moorvegetation ist nicht durch Wurzelböden gesichert, kann aber mit der palustrischen Fazies in der liegenden „kohligen Arkose“ in Verbindung gebracht werden.

Blumengebirge

Abb. 196

Auch diese Fundschicht im Hangenden des 2. Flözes war durch ihre Fossilien schon während des alten Kohlenbergbaus bekannt. Wegen ihrer stratigraphischen Position dicht unter dem 1. Flöz war sie häufig aufgeschlossen, und die dekorativen *Sphenophyllum*- oder *Annularia*-Blattwirtel regten die Bergleute wahrscheinlich zur Namensgebung an: „Blumengebirge“ (Hausse 1892). Aus dieser Fundschicht hatte Geinitz (1855) für seine mo-

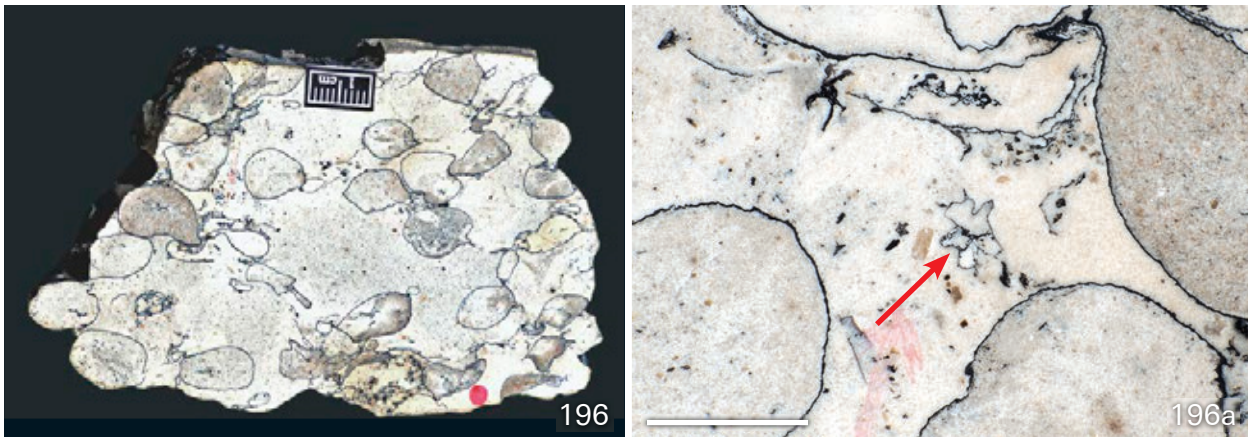


Abb. 196/196a. Cordaiten-Wurzelboden mit *Sphenophyllum*-Achse, quer. Liegendes 1. Flöz Beharrlichkeitsschacht Hänichen. MFN Berlin, PB 2011/1248. Maßstäbe: 196 = 2 cm; 196a = 5 mm.

Fig. 196/196a. Roots of cordaites together with a *Sphenophyllum* shoot in a hydromorphic palaeosol. Scale bars: 196 = 2 cm; 196a = 5 mm.

nographische Bearbeitung der sächsischen Steinkohlenformation die bedeutendsten Döhleener Pflanzenfossilien erhalten – meist aus dem Augustusschacht am Windberg und aus dem königlichen Werk in Zuckerode.

Dieses „Blumengebirge“ ist aber nicht eindeutig einem einzigen Schichtglied unter dem 1. Flöz zuzuordnen, es ist ein Sammelbegriff für fossilführende gelblich-grau gefleckte Tonsteine zwischen dem 2 A-Flöz und dem Hauptflöz, die meistens der 1. und 3. Weißen Lette entsprechen (Reichel & Schauer 2006). In dieses Intervall sind auch die Funde der *Limnopus*-Fährtenplatten durch Hausse (1910) einzuordnen (Walter & Hoffmann 2001). Aufrechtstehende, nicht näher untersuchte Calamiten- und Cordaitenachsen sind in vielen geologischen Profilen im Liegenden des 1. Flözes vermerkt (Geinitz 1856, Hausse 1892, Barthel 1958, Reichel 1970).

Die dokumentierten und geborgenen Pflanzenfossilien aus dem „Blumengebirge“ stammen aus den ab 1956 aufgeschlossenen Revieren und auch aus einer Baugrube in Zuckerode, dicht über dem 2. Flöz. Diese Fundschicht besteht in großen Teilen des Beckens aus 0,3–0,5 m mächtigem feinkörnig bis dichtem, wellig geschichtetem, gelblich-grau geflecktem, splittig brechendem Tonstein, wahrscheinlich ein durch Trübeintröme wenig umgelagerter Aschentuff. (Pälchen in Rösler et al. 1967). Unter den Pflanzenresten sind an den meisten Fundorten *Sphenophyllum*-Sprosse vorherrschend, untergeordnet mit *Nemejcopteris feminaeformis*, *Taeniopteris* und fast stets auch mit Cordaiten- und *Calamitea*-Organen. Die Funde sind unterschiedlich stark fragmentiert, von gut erhaltenen längeren *Sphenophyllum*-Zweigen über einzelne Blätter bis zu „Häcksel“ gibt es alle Übergänge. Wurzeln von Cordaiten und Sphenophyllen sind fast überall zu beobachten. An mehreren Fundorten nimmt der Anteil an Cordaitenwurzeln stark zu, um schließlich in einen reinen Wurzelboden überzugehen. Stellenweise (Beharrlichkeitsschacht Hänichen) sind diese als deutliche Stelzwurzelböden ausgebildet. Aber auch hier sind darunter *Sphenophyllum*-Achsen zu beobachten (Abb. 196).

Eine faziell besondere, rinnenförmig mächtigere Ausbildung dieser oder einer tieferen „Blumengebirgs“-schicht wurde im Grubenfeld Gittersee 1968 mit dem Aufhaun 195 angefahren. Diese lokale Bildung ist wahrscheinlich durch eine zum „Roten Ochsen“ gehörende tektonische Störung bedingt (Reichel pers. Mitteilung). Hier ist eine bis 0,95 m mächtige Schicht eines hellen, dicht-massigen Tonsteins mit zahlreichen Pflanzenresten einer artenarmen Thanatocoenose ohne Anzeichen eines Transportes entwickelt. Diese vom Steiger G. Börner ohne Funddokumentation geborgenen bräunlichen Reste bestehen fast ausschließlich aus beblätterten Sprossen von *Sphenophyllum oblongifolium* und *Botryopteris burgkensis* in vorzüglicher Erhaltung, auch mit ansitzenden Wurzeln. Seltener sind Reste von *Dactylothea elaverica*, Cordaitenblättern und *Calamostachys tuberculata*. Einige Straten sind reine Wurzelböden, die neben *Botryopteris*- und Sphenophyllen- auch Cordaiten- und *Calamitea*-Wurzeln enthalten. Zweifellos sind das die parautochthone Reste eines buschförmigen Bestands aus Altfarnen und Sphenophyllen, umgeben von höheren Gehölzen wie Calamiten und Cordaiten.

Ebenfalls aus diesem Aufhaun 195 hat Schenke (1969) transportierte und eingeregelt Calamitenstämme in petrographisch ähnlichen Schichten beschrieben, die der 1. Weißen Lette entsprechen. Dicht dabei beobachtete er im Liegenden des 2. Flözes die 3. Weiße Lette mit der Basis eines aufrechtstehenden Calamitenstammes. Auch hier stimmt seine Beschreibung mit dem Gestein von G. Börners Funden überein. Deren genaue stratigraphische Position muss daher offen bleiben.

Eine von Geinitz (1856, S. 64) erwähnte Fundschicht konnte nach 1956 nicht wieder beobachtet werden: Cordaitenblätter im unmittelbaren Hangenden des 1. Flözes. Jedoch ist die Bildung dieses Flözes, zumindest der vitrinischen und claritischen Streifenarten, aus Cordaitenwaldmooren ohnehin durch die zahlreichen Funde von Wurzelböden, Achsen und Blättern von Cordaiten im Liegenden des 1. Flözes sehr wahrscheinlich.

6. Pflanzengesellschaften

Einige der Döhleener Fundschichten ermöglichen Rückschlüsse unterschiedlichen Grades auf Pflanzengesellschaften und deren Biotope:

Bei der Lette 1 des 5. Flözes ist es schon aus geologischen Gründen sicher, dass hier die Vegetation eines absinkenden Moores am Standort eingebettet wurde. Von den dominanten Elementen sind *Cordaites*, *Scolecoperis oreopteridia*, *Psaronius polyphyllus* und *Calamitea multiramis* Organe von Gehölzen, *Nemejcopteris feminaeformis* ist ein Spreizklimmer. Daher können wir eine **Waldmoorgesellschaft aus Cordaiten, Psaronien und Calamiten** annehmen. In dieser Zusammensetzung, mit unterschiedlichen Anteilen an Cordaiten, kennen wir sie so auch aus Manebach. Diese Moor-Cordaiten bildeten aber wahrscheinlich keine „Hochwälder“, sondern besaßen eine niedrigere, stark verzweigte Wuchsform.

In einer floristisch etwas anderen Zusammensetzung sind die Waldmoore aus den Thanatocoenosen über dem 3. Flöz in Gittersee und Ausbildungen des „Blumengebirges“ im Liegenden des 1. Flözes abzuleiten: **Cordaitenmoorwälder mit *Sphenophyllum*-Unterwuchs** (spreizklimmend oder/und kletternd). Die sichersten Indizien für ihre Existenz sind die Wurzelböden (Abb. 196).

Insselförmig in diesen Wäldern waren andere **baumarme Moore** entwickelt, die fast nur aus strauchförmigen und spreizklimmenden Altfarnen (*Botryopteris* bzw. *Nemejcopteris*) und *Sphenophyllum* mit einzelnen Cordaiten und Calamiten bestanden. Dieser Moortyp ist aus verschiedenen Ausbildungen des Blumengebirges abzuleiten.

Auch innerhalb der Steinkohlenflöze sind durch den horizontalen Wechsel der Kohlenlithotypen (Reichel 1984) sehr unterschiedliche Biotope nachgewiesen, die von erzführenden sapropelitischen Kohlen der Moorseen bis zu den Glanzstreifenkohlen der Waldmoore mit vielen Abstufungen reichen.

Artenreiche mesophil-hygrophile Farn-Pteridospermengesellschaften auf mineralischen Standorten sind nur indirekt abzuleiten. Ihre wichtigste Thanaconose ist das Hangende des 3. Flözes in Bannewitz.

Calamiten, überwiegend *Calamitea multiramis*, sind als vereinzelte aufrecht stehende Stämme über dem 5., 3., und 2. Flöz in allen Revieren weitverbreitete Reste einer **hydrophilen, lockeren Vegetation**, die an der Basis des „Blähtons“ als ***Calamites-gigas*-Bestand** ausgebildet ist.

Alle Fundschichten der Döhlen-Formation waren für paläontologische Beobachtungen und Sammlungen stets vom Bergbau abhängig und daher räumlich wie zeitlich sehr begrenzt. Wir kennen deshalb sicher nur einen Teil der Döhlen-Pflanzenwelt. Aber dieser Ausschnitt ist von ungewöhnlicher Qualität und Schönheit – dank des explosiven Vulkanismus vor 295 Millionen Jahren.

7. Floristische und vegetationskundliche Vergleiche

Revidierte Florenliste der Döhlen-Formation

- Subsigillaria brardii* Brongniart
Sphenophyllum oblongifolium (Germar & Kaulfuß) Unger
Sphenophyllum angustifolium Germar
Bowmanites haussei n. sp.
Sphenophyllum thonii Mahr
Calamites gigas Brongniart mit *Metacalamostachys dumasii* (Zeiller) Barthel
Calamites multiramis Weiss mit *Annularia spinulosa* Sternberg und *Calamostachys tuberculata* (Sternberg) Weiss
Asterophyllites equisetiformis (Schlotheim ex Sternberg) Brongniart mit *Palaeostachya thuringiaca* (Weiss) Barthel
Annularia sphenophylloides (Zenker) Gutbier
Calamites crassicaulis (Renault) Kidston & Jongmans mit *Macrostachya carinata* (Germar)
Nemejcopteris feminaeformis (Schlotheim ex Sterzel) Barthel
Oligocarpia leptophylla (Bunbury) Grauvogel-Stamm & Doubinger
Botryopteris sterzelii n. sp.
Senftenbergia saxonica Barthel
Dactylothea elaverica (Zeiller) Barthel
Psaronius polyphyllus O. Feistmantel
Scolecoperis arborescens (Schlotheim ex Brongniart) Stur
Scolecoperis oreopteridia (Schlotheim ex Sternberg) Barthel & Götzelt
Scolecoperis hemitelioides (Brongniart) Stur
Scolecoperis densifolia (Goeppert) Barthel
Scolecoperis polymorpha (Brongniart) Stur
Lobopteris geinitzii (Gutbier) Wagner
Pecopteris monyi Zeiller
Autunia conferta (Sternberg) Kerp
Pseudomariopteris busquetii (Zeiller) Danzé-Corsin
Dicksonites plukenetii (Schlotheim ex Brongniart) Sterzel
Callipteridium gigas (Gutbier) Weiss

Barthelopteris germarii (Giebel) Zодrow & Cleal
Neurocallipteris neuropteroides (Göppert) Cleal, Shute & Zодrow
Neurodontopteris auriculata (Brongniart) Potonié
Taeniopteris jejuna Grand'Eury
Taeniopteris abnormis Gutbier
Dicranophyllum sp.
Cordaites sp. sp.
Artisia sp.
Cordaianthus sp. sp.
Walchia sp.
Cardiocarpus reniformis Geinitz
Rhabdocarpus disciformis Sternberg
Rhabdocarpus tomentosus Sterzel
Trigonocarpus sp. sp.
Holcospermum sulcatum (Presl) Nathorst

Vergleiche und Kommentare: Ungewöhnlich für die Florenliste einer Rotliegendformation ist hier das Fehlen bzw. die Seltenheit der Walchiaceen und anderer Koniferen, von *Sphenopteris germanica*, *Asterotheca sternbergii*, *Remia pinnatifida*, Ginkgophyten, Cycadophyten und Großalgen. Sie fehlen hier, und andere Elemente (*Dicranophyllum*, *Autunia* und andere *Peltasperma*-Arten) sind extrem selten, weil es offenbar ihre Standorte im Döhlener Becken nicht gab. Aus anderen Rotliegendbecken wissen wir, dass neben xerophil-mesophilen Standorten im „Hinterland“ vor allem die trockenen Ufer größerer, oft evaporitischer Seen die Biotope dieser Pflanzen waren. Besonders deutlich ist dies im Becken von Weißig (Barthel et al. 2010) und Boskovic (Opluštil et al. 2013), sowie auch – aber weniger stark ausgeprägt – im Saar-Nahe-Becken (Kerp et al. 2007). Größere stehende Gewässer fehlten aber in der Döhlen-Formation, weshalb hier auch keine Fische gefunden wurden.

Auch in den mesophil-hygrophilen Farn-Pteridospermesengesellschaften auf mineralischen Standorten (DiMichele et al. 2006) fehlen einige weit verbreitete und in anderen Formationen häufige Rotliegendpflanzen: *Odontopteris schlotheimii*, *Remia pinnatifida*, *Neurocallipteris planchardii*, *Alethopteris schneideri*. Hier aber ist die Ursache sicher nicht synökologischer Natur, sondern liegt in den begrenzten Aufschluss- und Sammelmöglichkeiten während des Bergbaus. So konnte die Fundschicht über dem 3. Flöz, Typ Bannewitz nur in einer kleinen Fläche ihrer Verbreitung Ende der 1970er Jahre durch T. Thümmel beobachtet und ausgebeutet werden, und die Aufschlüsse in der Lette 7 des 5. Flözes waren flächig noch begrenzter.

Bei der Armut an xerophil-mesophilen Florenelementen ist ein floristischer Vergleich mit anderen Rot-

liegendbecken nur beschränkt sinnvoll. Sterzel (1893) hat ihn unter biostratigraphischen Aspekten aber akribisch durchgeführt und kam zu dem Ergebnis, dass die Pflanzen der Döhlen-Formation am meisten mit den Floren von Manebach im Thüringer Wald und mit Kussel im Saar-Nahe-Becken übereinstimmen. Das kann ich aus heutiger Sicht bestätigen, vor allem, wenn man die entsprechenden Vegetationseinheiten direkt miteinander vergleicht, und es gilt auch für die Altersstellung als basales Unterrotliegendes (= Autunian). Daran ändert auch das seltene Vorkommen einiger typischen Westphal-D-Stephanium-Florenelemente wie *Annularia sphenophylloides*, *Pseudomariopteris busquetii* und *Macrostachya carinata* nichts. Diese kennen wir auch als seltene Funde in der sicher unterpermischen Ilmenau-Formation im Thüringer Wald (Haubold 1985). Eine feinere biostratigraphische Korrelation der Döhlen-Formation scheiterte bisher am Fehlen geeigneter tierischer Fossilgruppen wie Branchiosaurier und blattiden Insekten. Damit bleibt ihre biostratigraphische Position innerhalb der innervariscischen Rotliegendbecken vorerst unverändert (Lützner et al. 2012). Eine absolute Altersbestimmung von Zirkon in einem Pyroklastit des 5. Flözes im Tiefen Elbstolln ergab allerdings einen sehr hohen Wert von 305 Ma + 3/-3Ma (Hofmann et al. 2009).

Pflanzengeographisch ist die Döhlen-Formation Teil der innervariscischen euramerischen Florenregion. Es gibt keine Anzeichen für pflanzengeographische Besonderheiten in der Döhlen-Formation; ich kenne keine Endemismen, und die Seltenheit oder das Fehlen mehrerer Florenelemente sind durch das Fehlen einiger Biotope bedingt.

8. Fundschichten, Taphocoenen und Pflanzengesellschaften der jüngeren Formationen des Döhlener Beckens

Für Vergleiche von Florenelementen der Döhlen-Formation sind Funde aus den Niederhäslich- und Bannewitz-Formationen besonders wertvoll, weil einige Döhlener Rotliegendpflanzen hier unterschiedlich erhalten sind und dadurch anatomische Merkmale besser oder überhaupt erst sichtbar werden. Eine floristische und morphologisch-taxonomische Gesamtbearbeitung dieser Vorkommen ist mir aber nicht möglich. Das gilt vor allem für die sehr aufwendige und nicht planbare Bearbeitung der Madensteinflora der Bannewitz-Formation, denn mit neuen Elementen aus ungeschnittenen Geröllen und besser sichtbaren Merkmalen in neuen, besser orientierten Schlifflinien ist hier weiterhin zu rechnen. Bei Sammlern befindet sich noch viel Rohmaterial, und auch neue Funde als Lesesteine und bei Ausschachtungen sind noch möglich.

8.1. Niederhäslich-Formation

Abb. 197–201

Diese Formation ist paläontologisch vor allem durch die bedeutende unterpermische Amphibien- und Reptilien-Fauna aus zwei Karbonathorizonten bekannt (Werneburg 1991, Eichler & Werneburg 2010)

Die paläobotanisch wichtigste Fundschicht ist das Schweinsdorfer Flöz. Es liegt im oberen Teil der Formation, ca. 20 m über den beiden Karbonathorizonten und ist durch Lesesteine schwarzer Silizite (Hornsteine) über weite Strecken im SW des Döhlen-Beckens nachzuweisen (Reichel & Lange 2007). Ein temporärer Aufschluss dieses Flözes am Wettingrund wurde 1956 von Amateurgeologen der Freitaler Kulturbund-Fachgruppe entdeckt (Abb. 197). Am Hang des Edelstahlwerkes konnte danach das sehr differenzierte, über 5 m hohe Profil aus klastischen, kohligen und kieseligen Sedimenten von W. Reichel aufgenommen und die Pflanzenfossilien mit Hilfe von W. Emmrich geborgen werden (Reichel & Barthel 1964). Eine graue pelitische linsenförmige Schicht zwischen der obersten „Brandschiefer“- und einer Hornsteinbank enthielt gut erhaltene, große Fragmente mehrerer Medullosaceen- und *Scolecopteris*-Arten, eine weitere, stark kohlige Siltlage vor allem Calamitenorgane und Sphenophyllen. Feinkörnige helle Sandsteine bzw. Arkosen, die horizontal aus diesen Schichten hervorgehen und weitere solcher Horizonte im Liegenden der Hornsteinbank waren reich an Cordaitenresten und kohligen Pflanzenhäcksel. Wie auch die Großreste in dem pelitischen Horizont, waren diese dispersen Pflanzenteile leicht zu mazerieren und ergaben zahlreiche Durchlichtpräparate mit vorzüglich erhaltenen Kutikulen (Abb. 198), Samenanlagen, Holzelementen, Sporangien und Sporomorphen. Ihre erste Auswertung ergab eine Dominanz von Cordaiten und Koniferen (Barthel 1964). Erstmals wurden hier wahrscheinlich zu *Arthropleura* gehörende Chitintegumente nachgewiesen (Reichel & Barthel 1964: 217). Mehrere Horizonte im Aufschluss waren als Cordaitenwurzelböden zu erkennen. Wegen der geringen horizontalen Erstreckung der Fundschichten konnten Pflanzengesellschaften aus reinen Cordaitenbeständen, Farn-Farnsamern, Calamiten-Sphenophyllen sowie einer mesophil-xerophilen Coniferengesellschaft im Hinterland nur mit Vorbehalt postuliert werden. Sicher aber ist die Existenz einer von Cordaiten dominierten Moor-vegetation und der artenreichen Pflanzengesellschaften auf moornahen mineralischen Standorten, ähnlich der Situation in der Döhlen-Formation – hinzu kommt aber jetzt eine Hinterlandvegetation aus Coniferen und anderen Gymnospermen. Zu diesen gehören wahrscheinlich auch andere, baumförmige Cordaitenarten, deren verkieselte Stämme wir nur in beiden jüngeren Formationen kennen. Die taxonomische Vielfalt der Cordaitesepidermen im Aufschluss des Schweinsdorfer Flözes ist sicher auch eine Folge ihrer verschiedenen Standorte.

Das Schweinsdorfer Flöz setzt sich nach Aufschlüssen und Lesesteinkartierungen der schwarzen Hornsteine sowohl weiter nach NE als auch nach SE über Schweinsdorf, Wilmsdorf und Possendorf bis zur Hummelmühle im Lockwitztal fort, wobei das Alter der Schichten im Preußerschen Versuchsschacht Burgstädtel unsicher ist (Reichel & Lange 2007, Reichel brieflich). In seinem Verlauf werden mehrere isolierte Kieselholzvorkommen (Lesesteine) auf diesen Horizont bezogen. Das gilt besonders für Funde im oberen Poisentale (Golfplatz Wilmsdorf und Poisenteiche), die ich bisher zur Bannewitz-Formation gestellt hatte (Barthel 2002). Die Funde der Sammlung Weiß vom Golfplatz bestehen aus schwarzen und bunten Achsenfragmenten von Psaronien, Calamiten (*Arthropitys* sp.) und *Dadoxylon*-Hölzern (Abb. 199). Von den Poisenteichen stammen die großen *Dadoxylon*-Stammstücke in der Städtischen Sammlung Freital.

Ein weiteres Vorkommen von Geröll mit Kieselhölzern liegt östlich von Possendorf. Hier wurde schon vor über 200 Jahren beobachtet und gesammelt (Tauber 1799, Sammlung Schlotheim, Abb. 200). Erst vor wenigen Jahren konnten daraus erneut wichtige Funde, meist *Cordaioxylon*-Hölzer, aber auch *Psaronius*-Wurzelmäntel und Farnfiedern als Lesesteine geborgen werden (Sammlungen Reichel, Müller und Weiß).

Kieselhölzer sind nur dann als Cordaitenstämme sicher zu bestimmen, wenn sie noch Mark, Primärxylem und Blattspuren enthalten. Dies ist bei einem Fund vom Golfplatz Wilmsdorf aus der Sammlung Weiß (W 42) der Fall. Aber auch ein Kieselholz aus Possendorf (Sammlung G. Müller, Kl 44) ist sehr wahrscheinlich ein Cordaitenstamm, denn die Hoftüpfel auf den Radialwänden der Tracheiden stehen mehrreihig dicht. Dank der neuen Bearbeitungen von *Dadoxylon*-Kieselhölzern in der Pfalz, dem Chemnitz- und Innersudetischen Becken wissen wir, dass diese auf Felix (1882) zurückgehende holzanatomische Differenzierung wohl begründet ist und für eine Unterscheidung zu den Koniferenhölzern in den meisten Fällen ausreicht, wenn man zusätzlich einige Merkmale der Quer- und Tangentialschnitte im Sekundärxylem berücksichtigt (Noll et al. 2005, Noll 2012).

Die Kieselhölzer aus der Niederhäslich-Formation unterscheiden sich in einigen Merkmalen von den Hölzern in den „Madenstein“-Geröllern der Bannewitz-Formation. Dazu gehören eine wesentlich bessere und durchgängige Zellerhaltung der unverdrückten Stämme und eine häufige Schwarzfärbung sowie eine sulfidische Vererzung der Kieselsubstanz. In den Markhöhlen der Stämme kommen schöne Achat- und Quarzdrusen vor (Abb. 201). Nach dem Sammlungsmaterial zu urteilen, waren diese Hölzer auch nicht in Hornsteingerölle eingebettet.

Die schwarzen und roten Hornsteine (Cherts, auch Silizite) der Niederhäslich-Formation sind inzwischen auch zu wichtigen mikropaläontologischen Fundschichten geworden. Durch spezielle Präparationen konnte B. Eichler in Schneider & Eichler (2012) komplette, körperlich erhaltene Schwammorgane aus rotem Hornstein im



Abb. 197. Schweinsdorfer Flöz der Niederhäslich-Formation, Aufschluss am Wettingrund, Foto 1956.

Fig. 197. The „Schweinsdorfer Flöz“, the unique coal seam of the Niederhäslich-formation. Outcrop 1956.



Abb. 198. *Walchia* sp. Kutikula eines Nadelblattes. Schweinsdorfer Flöz. MfN Berlin, PB Präp. XII/69. Maßstab = 0,5 mm.

Fig. 198. *Walchia* sp. Cuticula of a needle, showing small trichopods and large hairs at the margin. Such excellent preservation is typical for bulk-macerated plant fossils in the „Schweinsdorfer Flöz“ in the Niederhäslich Formation. Scale bar = 0.5 mm.

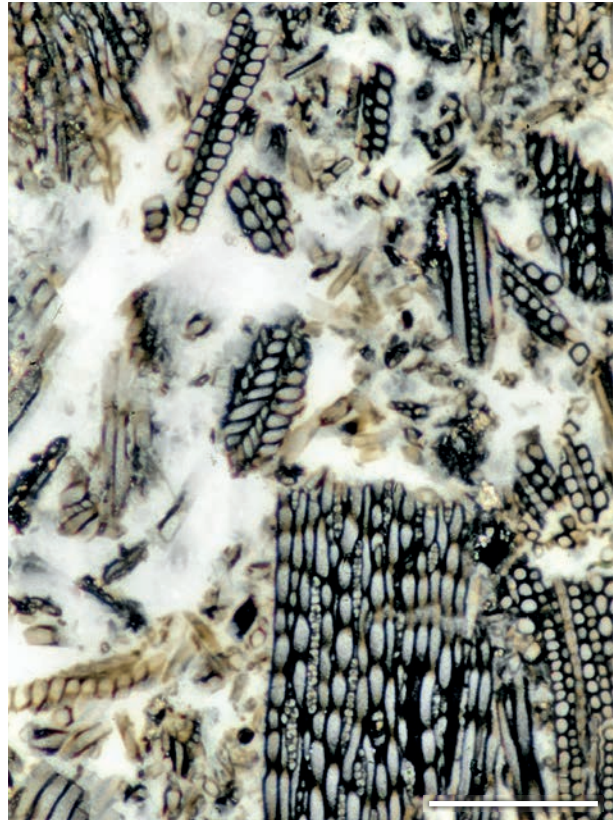


Abb. 199. *Dadoxylon* sp., zersplitterte Holzfragmente verschiedener Orientierungen. Lesestein der Niederhäslich-Formation bei Wilmsdorf. Sammlung Weiss, W 55. Maßstab = 0,5 mm.

Fig. 199. *Dadoxylon* sp., fragmented secondary xylem differently oriented in silica. Niederhäslich-formation. Scale bar = 0.5 mm.



Abb. 200. *Dadoxylon* sp., Kieselholz, stark sulfidisch vererzt. Posendorf. Wahrscheinlich von E. F. von Schlotheim während seines Studiums an der Bergakademie Freiberg (1791–1792) gesammelt. MfN Berlin, Slg Schlotheim H 113. Maßstab = 2 cm.

Fig. 200. *Dadoxylon* sp. silicified and pyritized wood. Coll. von Schlotheim at 1791–92. Scale bar = 2 cm.

Unteren Kalkflöz isolieren und damit die ältesten Süßwasserschwämme der Familie Potamolepidae in der Erdgeschichte nachweisen. Auch mehrere Lagen der Karbonathorizonte sind mikropaläontologisch bedeutsam:

Schneider & Gebhardt (1992) konnten Dasycladaceen und andere marine Kalkalgen nachweisen, deren Dauerstadien offenbar durch zyklonartige Stürme aus der Tethys eingeweht worden waren.

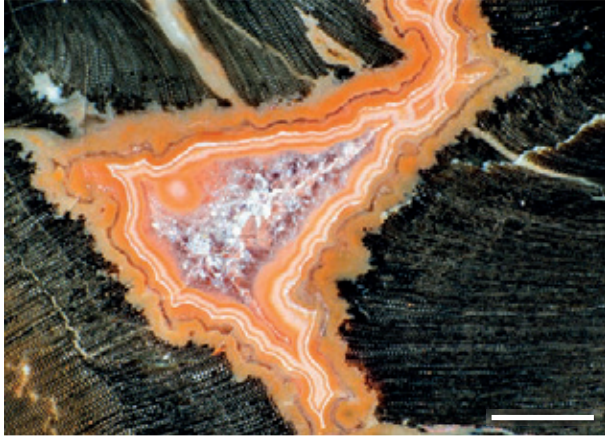


Abb. 201. *Dadoxylon* sp. mit Achatmandel. Lesestein Possendorf. Sammlung Müller (MMG Dresden), KI 44. Maßstab = 1 mm.

Fig. 201. *Dadoxylon* sp., achate inside silicified wood. Scale bar = 1 mm.

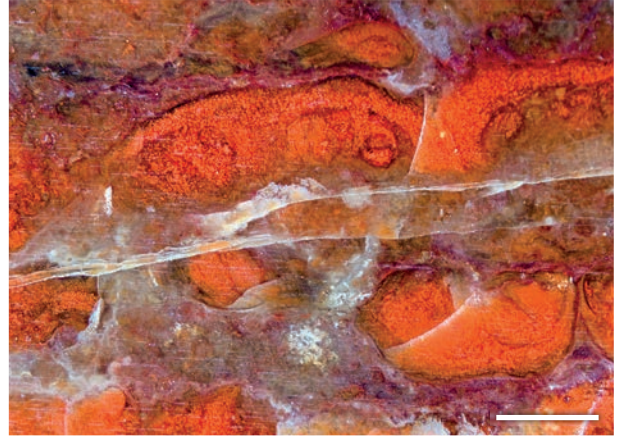


Abb. 202. Roter Hornstein der Bannewitz-Formation. Marienschacht bei 32,9 m Teufe, leg. Sterzel 1887. MfN Berlin ex Sammlung Nindl, PB 2013-1990. Maßstab = 1 mm.

Fig. 202. Red silicite from the mine shaft „Marienschacht“, collected by Sterzel 1887. Scale bar = 1 mm.

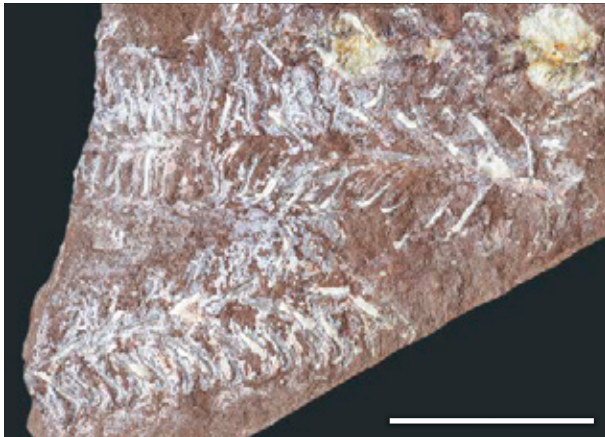


Abb. 203. *Ernestiodendron filiciforme*. Kaitzbachtal leg. W. Reichel. MfN Berlin, PB 1985/95. Maßstab = 1 cm.

Fig. 203. *Ernestiodendron filiciforme*, Bannewitz Formation. Scale bar = 1 cm.

8.2. Bannewitz-Formation

Abb. 202–204

Was ich hier in meinen Texten kurz als „Madenstein in der Bannewitz-Formation“ bezeichne, sind fossilreiche Hornsteingerölle aus einem pleistozänen oder frühceno-manen Flusssystem oder aus umgelagerten oberkretazischen Transgressionskonglomeraten. Sie stammen meist von der Hochfläche zwischen Bannewitz und Freital (Reichel & Schneider 2012). Am Käferberg bei Hänichen befindet sich ein weiteres Vorkommen. Beide Fundgebiete liegen auf Blatt Kreischa der Geologischen Spezialkarte (Pietzsch 1917, Schneider in Alexowsky et al. 1999). Auch aus anderen Teilen des Döhlener Beckens sind mehrfach ähnliche, aber meist fossilfreie Hornsteinfunde von Sammlern gemeldet worden.

Die Herkunft der Silizitgerölle ist nicht ganz sicher; geologische Beobachtungen sprechen für eine Abtragung von verschiedenen Hornsteinlinsen aus den obersten Schichten der Bannewitz-Formation und sehr kurze Transportwege innerhalb des Beckens. Das wichtigste Argument dafür sind die Vorkommen anstehender, sehr ähnlicher Hornsteine mit *Scolecoperis* aus der Teufe des Marienschachtes bei 32,9 m (Sterzel 1893, Barthel et al. 1995), siehe Abb. 202. Auch am NE-Hang des Kaitzbachtals, hier im Kontakt zu grünlichgrauen Tonsteinen mit Abdrücken von *Scolecoperis arborescens*, *Asterophyllites equisetiformis* und *Ernestiodendron filiciforme* (Abb. 203), streichen rote Hornsteine aus. Beide Hornsteine liegen ca. 35 m über dem Wachtelbergtuff innerhalb der jüngsten Schichten der Bannewitz-Formation, der „Oberen Arkosen/Fanglomerate“ (Reichel & Schneider 2012). Ähnliche dunkel-violette Schluffsteine als Zwischenlagen von Hornsteinen kommen auch als Lesesteine in Hänichen vor, hier mit einem Abdruck eines *Walchia*-Zweiges (Sammlung Weiß, H 327).

Die meisten neueren Lesesteinfunde der Madensteine stammen von den ehemaligen Schäfereifeldern zwischen den Freitaler Ortsteilen Kleinnaundorf und Burgk, die ab 1994 größtenteils mit einer Wohnsiedlung an der Kohlenstraße überbaut wurden. Dabei wurde wertvolles Material aus den Baugruben von Sammlern, besonders von H.-J. Weiß (Rabenau) und G. Müller (vormals Dresden) gerettet. Einige Hornsteine wurden 2001 in einer für fluviatile oder transgressive Gerölle sehr unnatürlich sortierten Position sowie angereicherter Menge und Größe angetroffen. Daher vermuteten die Beobachter, Wolfgang Schwarz (†) und weitere Sammler, hier Reste eines Packlagers (Geschützstellung) aus dem Feldlager der Reichstruppen im Siebenjährigen Krieg. Aus dieser Fundsituation stammt der größte und schönste Madenstein in über 240-jähriger Sammeltätigkeit (Abb. 204). Auch der Fund einer österreichischen Münze von 1762 im Siedlungsgebiet stützt die Annahme, dass sich hier um 1760 die von

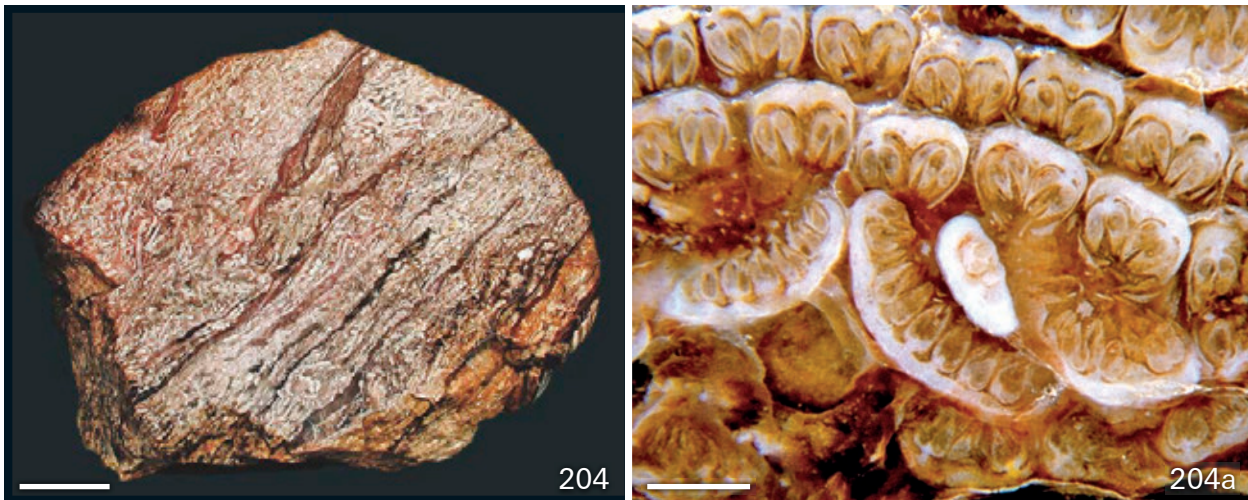


Abb. 204. Größter bisher gefundener Madenstein, Siedlung Burgk, leg. W. Schwarz (†), Sammlung Fam. Schwarz (Dresden). Auch Detail (Abb. 204a). Maßstäbe: **204** = 3 cm; **204a** = 3 mm. Ein Abschnitt dieses kostbaren Fundes befindet sich im MfN Chemnitz.
Fig. 204. The largest currently known maggot stone with well preserved *Scolecoperis*-pinnules. Also in detail (fig. 204a). Scale bars: **204** = 3 cm; **204a** = 3 mm.

Pötzsch (1803) beschriebenen „Schanzen der Österreicher und Reichstruppen mit den herausgeworfenen Hornsteinen“ befunden haben (Barthel 2002).

Die fossilführenden Gerölle bestehen überwiegend oder ausschließlich aus dreidimensional erhaltenen *Scolecoperis*-Fiederchen oder ganzen Fiedern unterschiedlicher Reifestadien in verschiedenfarbigen, oft rötlichen Siliziten. Die Erhaltung der Pflanzenteile ist durchgängig quarzmineralisiert, oft reich an Hämatit, und morphologisch meist perfekt, aber Zellstrukturen sind nur in sehr wenigen Funden und dort meist nur in einigen Geweben und Organen sichtbar. Ich kenne davon nur 11 Exemplare. Schon Sterzel (1893) wunderte sich über die Seltenheit anatomisch gut erhaltener Kieselhölzer auf den Schäfereifeldern. Daher werden die Madensteine heute fast ausschließlich über polierte Anschliffe untersucht, wobei gut orientierte, auch schichtparallele Schnitte erst seit einigen Jahren durch G. Müller hergestellt werden. Dünnschliffe (oder Peels) sind wenig sinnvoll, wurden aber früher bei einigen strukturzeigenden Funden eingesetzt (Strasburger 1874, Geinitz & Drude 1880), als die stark vergrößernde Auflichtmikroskopie noch nicht entwickelt war (Abb. 205).

Floristisch dominiert *Scolecoperis elegans*; manchmal bestehen ganze Gerölle nur aus diesen sterilen und fertilen Fiedern und Fiederchen. Hinzu kommen Fiedern anderer *Scolecoperis*-Arten, *Psaronius*-Fragmente, Achsen von Altfarnen, Calamitenorgane, *Sphenophyllum*-Achsen und *Dadoxylon*-Hölzer, wobei größere Achsen von Psaronien und Calamiten, sowie die meisten Luftwurzeln der Psaronien oft stark kompaktiert sind (Abb. 206). Nur einmal sind bisher Wedelstiele von *Anachropteris* sp., einem epiphytischen Altfarn, nachgewiesen worden (Barthel & Müller 2006).

Mehrreihige Hoftüpfel in einem *Dadoxylon*-Radialschliff hat schon Sterzel (1893) als Cordaitenholz erkannt: *Cordaioxylon compactum* var. *naundorfense*.

Algen- und andere Mikrostrukturen, besonders aus einem weiteren Vorkommen bei Hänichen, mit ausschließlich rot-gelblichen Siliziten sind noch nicht untersucht. Auch ist die gesamte Madensteinflora keineswegs schon erforscht. Hinweise auf neue Madensteinfunde und Forschungsergebnisse findet man kontinuierlich unter www.kieseltorf.de und bei den jährlichen „Hornstein-treffen“ im Museum für Naturkunde Chemnitz.

Während die Calamiten- und Sphenophyllenfunde aus den Madensteinen schon bei den jeweiligen Florenelementen der Döhlen-Formation erwähnt wurden, soll hier der namensgebende „Madenfarn“ *Scolecoperis elegans* etwas ausführlicher, aber ohne Anspruch auf eine detaillierte morphologisch-taxonomische Bearbeitung dargestellt werden.

Scolecoperis elegans Zenker

Abb. 205–210

Sammlungs- und Forschungsgeschichte: Der älteste Fund stammt aus dem Siebenjährigen Krieg und wurde von Ch. G. Pötzsch, „Conservator des Königl. Naturaliencabinets, an den Schanzen eines Feldlagers auf dem Windberg“ gesammelt. Dieses Lager, sicher auf den Schäfereifeldern errichtet, war von Österreichern und Reichstruppen 1759 bis 1761 periodisch besetzt. Eine Scheibe dieses Madensteins, der Lectotypus, befindet sich wohlbehalten in der Sammlung Blumenbach der Universität Göttingen (Abb. 207). Ein weiteres, strukturell noch besser erhaltenes Exemplar entdeckte der Sammler v. Liebenroth (1798) „auf den Feldern bei Kleinnaundorf.“ Von diesem Fund stammt das von Zenker (1838) untersuchte Original, das aber an der Universität Jena nach dem 2. Weltkrieg verschollen ist. Anatomisch ergänzt



Abb. 205. *Scoleopteris elegans*. Madensteingeröll. Original zu Geinitz & Drude (1880). MMG Dresden ex Sammlung B. Cotta, SaP 2451. Maßstab = 1 mm.

Fig. 205. *Scoleopteris elegans*, paradermal section. Maggot stone, collected by B. Cotta, original from Geinitz & Drude (1880). Scale bar = 1 mm.



Abb. 206. *Psaronius* sp. Wurzelmantel in Madensteingeröll. MfN Berlin, PB 2013/1992 ex Sammlung H. Cotta 3213. Maßstab = 1 cm.

Fig. 206. *Psaronius* sp., root mantle. Maggot stone. Coll. H. Cotta. Scale bar = 1 cm.

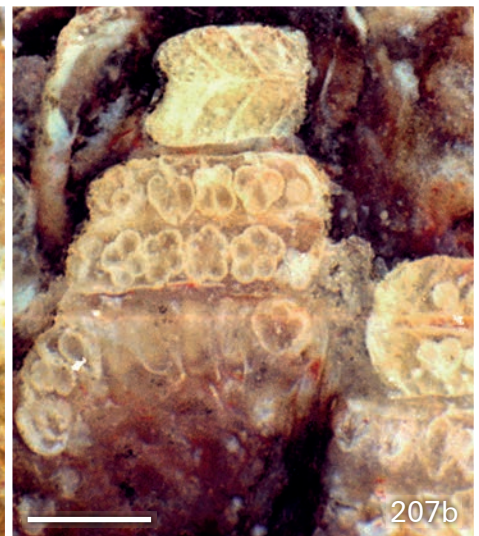


Abb. 207a/b. *Scoleopteris elegans* Zenker, Lectotypus. Madensteingeröll Burgk. Leg. Ch. F. Pötzsch um 1760. Universität Göttingen, Sammlung Blumenbach. Maßstäbe = 2 mm.

Fig. 207 a/b. *Scoleopteris elegans* Zenker. Lectotype, maggot stone, Burgk. Leg. Ch. F. Pötzsch 1760. Scale bars = 2 mm.

wurde Zenkers Darstellung durch Strasburger (1874), sowie durch Geinitz & Drude (1880) und Scott (1930).

Die ältere Sammlungs- und Forschungsgeschichte hat Solms-Laubach (1883) erschlossen und von jener der Madensteine in Chemnitz-Altendorf abgegrenzt. Dabei konnte er die Verwechslung von Schliffen aus der Sammlung B. Cotta durch Geinitz & Drude (1880) nachweisen. Sterzel (1893) profitierte sehr von dieser Darstellung und konnte die ersten neuen Funde der kartierenden sächsischen Landesgeologen in seine Flora aufnehmen. Ob H. B. Geinitz die Madensteine aus der Bannewitz-Formation und die zugehörige alte Literatur bis zum Erscheinen von Solms-Laubachs Studie 1883 überhaupt ge-

kannt hat, ist sehr zweifelhaft, denn in den „Steinkohlen Deutschlands“ (1865) erwähnt er nur „Kieselstämme im Poisenwald und im Oberen Rotliegenden des Windberges, meist als Geschiebe.“ Das Wissen um die Bannewitzer Madensteine hätte ihm wahrscheinlich die peinliche Fehlbestimmung von *Scoleopteris*-Fiedern als Myriapoden (Geinitz 1872) im Chemnitz-Becken erspart.

Die Sammlungs- und Forschungsaktivitäten der Gegenwart beginnen mit einem Fund des Bergmanns Gert Müller 1985, dem dann in den 90er Jahren das reiche Material aus den Baugruben einer Siedlung an der Kohlenstraße in Burgk folgte. Die vorläufigen, aber schon sehr detaillierten Beschreibungen und Interpretationen



Abb. 208. *Scolecopteris* sp. fertile Fiedern, quer- und längsgerollt. Madensteingeröll, Burgk. Sammlung Müller (MMG Dresden) BU 36. 3. Maßstab = 3 mm.

Fig. 208. *Scolecopteris* sp., fertile pinnule, involuted. Maggot stone Burgk. Scale bar = 3 mm.

dieser Funde (Barthel et al. 1995, Barthel & Weiß 1997, Barthel et al. 2001) wurden durch spezielle Beobachtungen von Weiß (2001, 2002) ergänzt und modifiziert.

Material: Viele hundert, meist querschnittene Madensteine mit dispersen Fiederchen und Fiedern letzter Ordnung, silifiziert in räumlicher Erhaltung, meist nicht oder nur teilweise mit Zellstruktur erhalten. Das Material ist heterogen; die verschiedenen Madensteingerölle können aus verschiedenen primären Vorkommen stammen, und innerhalb eines Madensteines können die Fiedern verschiedener *Scolecopteris*-Arten eingebettet sein (Abb. 208). Da die Silizite erhaltungsbedingt nicht durch Peel-Serien untersucht werden können und bisher fast nur spontane Querschnitte vorliegen, werden für eine Neubearbeitung besser orientierte Anschliffe notwendig sein.

Nur in oder auf wenigen Madensteine sind Form und Nervatur der Fiederchen sicher zu erkennen und scheinen in allen Aspekten so homogen, dass alle in ihnen fossilisierten Farnfragmente bedenkenlos zu *Scolecopteris elegans* gerechnet werden können. Das betrifft vor allem das Typusexemplar aus der Sammlung Blumen-

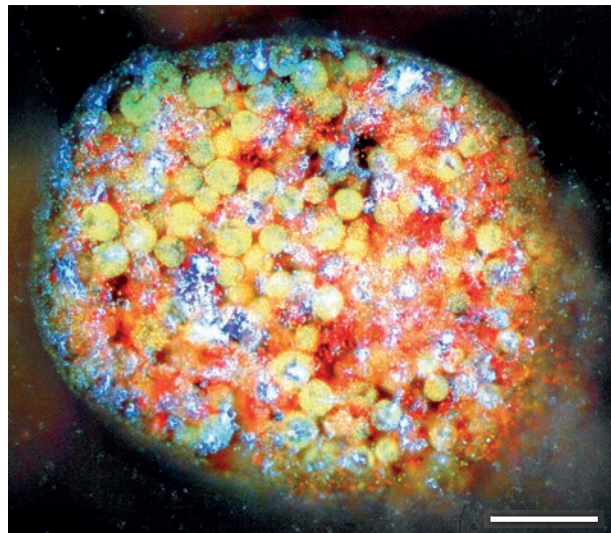


Abb. 209. *Scolecopteris elegans*, Sporangium mit triletten und deutlich skulpturierten Sporen, quer, Sammlung Weiß, Bu 51.2. Maßstab = 200 μ m.

Fig. 209. *Scolecopteris elegans*, sporangium in cross section showing in situ trilete spores. Maßstab = 200 μ m.

bach, den größten bisher gefundenen Madenstein aus der Sammlung Schwarz sowie einen Fund aus der Sammlung Wagner (Dresden). Aus diesen drei Madensteinen wird *Scolecopteris elegans* hier beschrieben (Abb. 210).

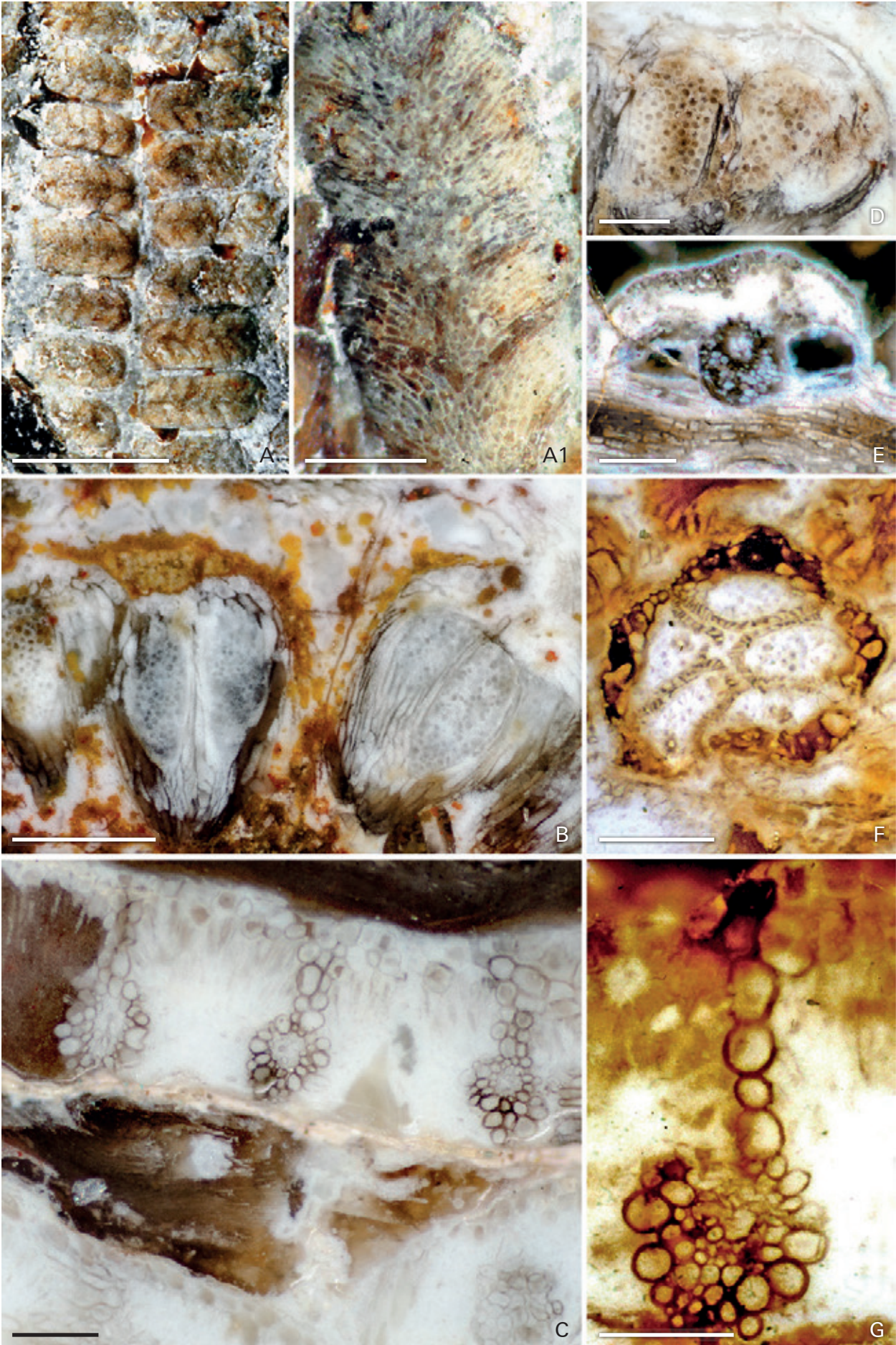
Beschreibung: Einfach katadrom und plan gefiederte Wedelfragmente, Fiederrhachis locker und zart behaart. Fiederchen pecopteridisch, breit ansitzend, lineal mit rundem Gipfel, 3–5,5 mm lang und 1,5–2,3 mm breit,

→ **Abb. 210. (A–E).** *Scolecopteris elegans*. Sammlung Wagner, Bu 8. 18.

- A, A1.** Steriles Fiederchen, Oberfläche mit Epidermisstruktur. Maßstabe: A = 5 mm; A1 = 500 μ m.
- B.** Fertiles Fiederchen im Querschnitt. Maßstab = 200 μ m.
- C.** Steriles Fiederchen, Querschnitt mit drei Seitenadern. Maßstab = 100 μ m.
- D.** Sporangien im Längsschnitt. Maßstab = 200 μ m.
- E.** Steriles Fiederchen, quer. Maßstab = 200 μ m.
- F.** Synangium in paradermal section. Maßstab = 200 μ m.
- G.** Leitbündel einer Seitenader. Maßstab = 50 μ m.

—
→ **Fig. 210. (A–E).** *Scolecopteris elegans*. Private collection Wagner.

- A, A1.** Sterile pinnules with venation, upper surface showing epidermal cells, also in detail.
- B.** Fertile pinnule, cross section. Scale bar = 200 μ m.
- C.** Transverse section of a sterile pinnule showing lateral veins. Scale bar = 100 μ m.
- D.** Sporangia, paradermal section. Scale bar = 200 μ m.
- E.** Sterile pinnule in transverse section. Scale bar = 200 μ m.
- F.** Synangium quer. Scale bar = 200 μ m.
- G.** Lateral vein in transverse section. Scale bar = 50 μ m.



Lamina der Fiederchen kräftig bis stark verdickt, meist deutlich in Querrichtung gekrümmt bis leicht eingerollt, lateral oft durch fransenförmige Trichome verlängert. Nervatur einfach fiederförmig mit gerader, kräftiger, oft stark verdickter, abaxial gelegener Mittelader und einfachen, nur sehr selten im oberen Drittel einmal gegabelten zarten Seitennerven, meist 4–6, max. 7–8 pro Fiederchenhälfte. Oft sind die Fiederchen auch längsgekrümmt, wodurch ganze Fiedern quereingerollt erscheinen. Die Mittelader ist oft schwach behaart und stets frei unter der Lamina positioniert.

Anatomische Merkmale der Fiederchen sind relativ große und polygonal-langgestreckte, scheidelförmig angeordnete, kräftig kutinisierte Epidermiszellen der Oberseite, ein meist dickes Mesophyll aus Palisaden- und Schwamm-Parenchym, ein durch eine große endoderme Scheide umhülltes und in parenchymatisches und sklerenchymatisches Gewebe eingebettetes, U-förmiges Leitbündel der abaxial prägnanten Mittelader und die tief in abaxiales Schwammparenchym eingebetteten dünnen Seitenadern, ebenfalls mit einer Bündelscheide.

Fertil sind die Fiederchen im Bau der Lamina und Nervatur morphologisch den sterilen Fiederchen gleich. Fertile Organe sind spindelförmige, apical spitze, bis zu 1 mm lange und bis 0,5 mm Ø messende Sporangien, die meist zu je 4–6, vereinzelt bis 7, überwiegend zirkulär in kurzgestielten, abaxial auf der Mitte der Seitennerven positionierten Synangien vereinigt sind. Durch stark gekrümmte fransenförmige Laminaränder sind die Synangien teilweise bis weitgehend umhüllt. Unreif sind die Sporangien lateral bis zur Spitze miteinander verwachsen, gereift nur noch basal über den Synangienstiel verbunden.

Anatomisch erhalten sind vor allem die markanten Außenwände der Synangien mit lang polygonalen Zellen, deren Antiklinalwände stark verdickt sind und bei Dehiszenz die äußere periphere Wandschicht der einzelnen Sporangien bilden. Darunter liegen die zarteren Sporangienwandzellen. Reife Sporangien von *Scolecoperis elegans* erscheinen wegen der anteiligen Synangienwände daher im Querschnitt stark asymmetrisch.

Sporen in situ ca. 40 µm Ø, rund, trilet, körnig skulpturiert; Einzelheiten sind im Auflicht nicht zu erkennen (Abb. 209).

Kommentare: Unter den variablen Merkmalen fallen besonders die erhebliche Stärke der Lamina und der große Durchmesser der Mitteladern auf. Selbst innerhalb des sonst so homogenen Materials im großen Madenstein von W. Schwarz variiert die Fiederchenstärke erheblich. In anderen Madensteinen, deren Zugehörigkeit zu *Scolecoperis elegans* nicht ganz sicher ist, erreicht die Lamina eine Dicke von 0,6 mm und die zugehörige Mittelader mit ihrem hohen Parenchymanteil 0,7 mm Ø (Barthel & Weiß 1997). Solche xeromorphen Merkmale können ein Hinweis auf besonders exponierte Sonnenblätter eines freistehenden Farnbestandes sein. Sie kommen auch bei sicheren *elegans*-Fiedern im Madenstein der Sammlung Wagner (Bu 8-18) vor.

Unser reiches Fundmaterial gibt uns einen Einblick in die erhebliche Variabilität der Farnfiedern in Abhängigkeit von Exposition und Alter der Farnwedel.

Sicher ontogenetisch bedingt sind die unterschiedliche Länge und fransenförmige Ausbildung der Fiederränder, die zusätzlich durch mehrere Schnittebenen in den Madensteinen verschieden erscheinen. Das gilt auch für die Spitzen der Sporangien und die Stiele der Synangien, die nur in genau medianen Längsschnitten sicher zu erkennen sind. Schon Sterzel (1893) hielt *Scolecoperis elegans* für perminalisierte *Pecopteris-arborescens*-Fiederchen. Dies wurde durch das neue Fundmaterial bestätigt. Zweifel hinsichtlich der vereinzelt großen Fiederchenlänge von 6–7 Seitennerven konnten durch Vergleich mit dem reichen *Scolecoperis-arborescens*-Material aus der Typuslokalität Manebach ausgeräumt werden. Auch in Thüringen können einzelne Fiederchen diese Länge erreichen, und auch dort sind die zarten Seitennerven in Oberflächenerhaltung sehr selten deutlich sichtbar (Barthel 2009).

Vergleiche der Madensteinfarne mit anderen *Scolecoperis*-Arten in Compression-Erhaltung müssen weiterhin geprüft werden. Die Erforschung von perminalisierten *Scolecoperis*-Fiedern in Frankreich und Nordamerika hat über viele Zwischenstufen von Renault (1883) bis zu den neueren Arbeiten von Millay, Lesnikowska, Stubblefield, Galtier u. a. Autoren einen sehr hohen Stand erreicht (Millay 1997). Ein direkter Vergleich unseres Materials mit den dort beschriebenen 26 *Scolecoperis*-Arten und ähnlichen Gattungen ist wegen der anatomisch weniger guten Erhaltung von *Scolecoperis elegans* noch nicht möglich.

Ausblick: Die bisherigen Untersuchungen rekonstruieren das Herkunftsgebiet der typischen Madensteine als kleine flache verlandende Eindampfungsseen mit einer dichten Ufervegetation aus artenarmen *Psaronius*-Beständen und vereinzelt Calamiten und Sphenophyllen oder als Moore. Der Transport in die konservierenden Gewässer muss durch heftige Stürme erfolgt sein: die Pflanzenteile aller Reifestadien sind in kleinen Wedelfragmenten unverwelkt erhalten und klastische Komponenten scheinen in den meisten Madensteinen zu fehlen. Da aber die fossilführenden Gerölle petrographisch und paläontologisch recht vielfältig sind, müssen wir mit mehreren Primärfundschichten (Hornsteinlinsen) und auch mit anderen Biotopen rechnen.

Die „Madensteine vom Windberg“ sind eine erdgeschichtliche Kostbarkeit im Döhlener Becken, und es war kein Zufall, dass sie von H. Prescher für ein Kapitel in seinen „Zeugnissen der Erdgeschichte Sachsens“ ausgewählt wurden (Barthel 1987). In der Wissenschaftsgeschichte der Paläontologie sind ihre Episoden vielzitierte Beispiele für das schrittweise Erkennen der Natur von Fossilien, und die Geschichte Ihrer Sammlungen und Forschungen seit 1760 ist beispiellos und noch nicht abgeschlossen. Viele Probleme der Madensteine, besonders ihrer Genese, sind noch ungeklärt und bieten unseren Nachfahren ein reiches Forschungsfeld

9. Verzeichnis der Sammlungen

Die wichtigsten öffentlichen paläobotanischen Sammlungen der Döhlen-Formation befinden sich in Dresden und Berlin. In beiden wissenschaftlichen Sammlungen sind sowohl alle älteren Fundperioden vertreten als auch große neue Aufsammlungen aus dem Uranbergbau bewahrt (Kunzmann in Lange & Kühne 2006, Barthel 1996).

- Senckenberg Naturhistorische Sammlungen Dresden. Museum für Mineralogie und Geologie. 01109 Dresden, Königsbrücker Landstr. 159. (Sammlungen Gutbier, Geinitz, Sterzel, Reichel, Petzholdt, Barthel, Hertl). Im Text abgekürzt: **MMG Dresden**.
- Museum für Naturkunde Berlin, Leibniz-Gesellschaft, 10115 Berlin, Invalidenstr. 43 (Sammlungen Schlotheim, H. Cotta, Petzholdt, Gothan, Jülich, Emmrich, Barthel). Im Text abgekürzt: **MfN Berlin**.
- Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, 09599 Freiberg, Halsbrücker Str. 31a (Sammlung Sterzel). Im Text abgekürzt **LA Geol. Freiberg**.
- Technische Universität Bergakademie Freiberg, Institut für Geologie, Bernhard von Cotta-Str. 2, 09599 Freiberg, (Sammlungen Reichel, Sterzel, Beck). Im Text abgekürzt: **BA Freiberg**.
- Museum für Naturkunde Chemnitz, Moritzstr. 20, 09111 Chemnitz, (Sammlung Sterzel).
- Muzeum Geologiczne Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławski, Ul. Cybulskiego 30, P 50-205 Wrocław (Sammlungen Goepfert, Petzholdt).
- Nationalmuseum Prag (Narodni muzeum), CZ 115 79 Praha 1, Vaclavske Namesti 68 (Sammlungen Sternberg, Corda, Němejc).
- Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Geowissenschaften und Geographie, 06120 Halle, Von-Seckendorff-Platz 3–4. (Sammlungen Germar, Sterzel, Barthel).
- Universität Leipzig, Institut für Geophysik und Geologie, Geologisch-Paläontologische Sammlung, 04103 Leipzig, Talstr. 35 (Sammlungen Felix, Petzholdt).
- Georg-August-Universität Göttingen, Geowissenschaftliches Zentrum, Goldschmidtstr. 3–5, 37077 Göttingen (Sammlung Blumenbach).
- Privatsammlung Thilo Thümmel, 01768 Hirschbach.
- Privatsammlung Dr. Hans-Jürgen Weiß, 01734 Rabenau.
- Privatsammlung Gert Müller, 52349 Düren, vom MMG Dresden erworben.
- Privatsammlung Hartmut Hertl, 01705 Freital, größtenteils vom MMG Dresden erworben.
- Privatsammlung Dr. Klaus Heller, 04107 Leipzig.
- Privatsammlung Fam. Dr. Wolfgang Schwarz, 01189 Dresden.
- Privatsammlung Torsten Loos, 01159 Dresden.
- Privatsammlung U. Wagner, 01169 Dresden.

10. Dank

Bei der Arbeit an dieser Flora haben viele Menschen sehr lange mitgewirkt, vor allem fossiliensammelnde Bergleute und forschende Geologen. Mit Dr. Wolfgang Reichel, dem früheren Döhleler Grubengeologen, arbeite ich seit 1956 zusammen, und die sorgfältig dokumentierte Sammlung des Dipl.-Bergingenieurs Thilo Thümmel steht mir seit über 40 Jahren freizügig zur Verfügung. Beide Grubenpraktiker haben meinen Text kritisch gelesen und wertvolle textliche Ergänzungen ermöglicht.

Die Pflanzenfossilien der Döhlen-Formation werden in vielen sehr unterschiedlichen Sammlungen bewahrt. Überall sind meine Wünsche nach Neubearbeitung, langfristiger Ausleihe und ergänzender Präparation großzügig erfüllt worden. Die Kustoden und Eigentümer der im Kapitel 9 genannten Sammlungen haben daher großen Anteil an dieser Flora.

Meine alte Wirkungsstätte, das Museum für Naturkunde Berlin, ermöglichte mir nach dem Ausscheiden aus dem aktiven Dienst 1992 großzügig die Fortsetzung der wissenschaftlichen Arbeiten und Nutzung aller Sammlungen, Bibliotheken, Laboratorien und Geräte. Im Museum für Mineralogie und Geologie Dresden bin ich seit fast 60 Jahren ein stets freundlich empfangener Gastforscher in der Paläobotanischen Sammlung des Hauses. In diesen beiden großen Sammlungen sorgen die Kustoden, Dr. Stephan Schultka und Dr. Lutz Kunzmann zusammen mit ihren Sammlungstechnikern geduldig und vielseitig für meine guten Arbeitsbedingungen.

Prof. Dr. Hans Kerp, Universität Münster und Prof. Dr. Ronny Rößler, Direktor des Museums für Naturkunde Chemnitz, nahmen seit Jahrzehnten aktiv Anteil an der Erforschung und Niederschrift dieser Flora, und sie halfen mir abschließend bei der Korrektur und vielseitigen Ergänzung der Textfassung.

Prof. Dr. Jörg Schneider und Dr. Birgit Gaitzsch (Bergakademie Freiberg) unterstützten mich in regionalgeologischen und petrographischen Fragen, Frau Juliane Puls (Städtische Sammlungen Freital) und Dr. Manfred Schauer (ehemals Wismut GmbH) in regionaler Bergbaugeschichte. Dr. Frederik Spindler steuerte Rekonstruktionen von Sporophyllähren bei.

Der Nestor der Karbon-Paläobotanik, Prof. Dr. Robert H. Wagner (Cordoba), hat meine Arbeiten in der Döhlen-Formation seit 1968 mit großem Interesse und vielen kollegialen Hinweisen begleitet.

Die Arbeit wäre ohne das Verständnis und vielseitige und geduldige Unterstützung meiner Frau Christa nicht möglich gewesen. Ich danke Ihr sowie allen beteiligten Freunden, Sammlern, Kustoden und Kollegen recht herzlich.

11. Literatur

- Abbott, M. L. (1958): The American species of *Asterophyllites*, *Annularia* and *Sphenophyllum*. – Bulletin of American Paleontology, **38** (174): 289–290, Ithaca.
- Alvarez-Ramis, C. (1967): Revision de los *Sphenopteris* del estefaniense Cantabrico. – Tesis Doctoral, Universidad de Madrid, Facultad de Ciencias, Sección de Biológicas, Ser. **A**, **55**: 1–210, Madrid.

- Andrae, C. J. (1844–1853) – In: Germar, E. F.: Die Versteinerungen des Steinkohlengebirges von Wettin und Löbejün im Saalkreis, 8 Hefte. – Halle (Schwetschke und Sohn).
- Artis, E. T. (1825): Antediluvian phytology, illustrated by a collection of the fossil remains of plants peculiar to the coal formations of Great Britain. 1–24 – In: J. Cumberland, Rodwell & Martin, W. Phillips, Taylor, Hessey and Nichols & Son, London.
- Barthel, M. (1958): Stratigraphische und paläobotanische Untersuchungen im Rotliegenden des Döhlener Beckens. – Jahrbuch des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie Dresden, **1958**: 6–95, Dresden.
- Barthel, M. (1962a): Mikropaläontologische Untersuchungen im Rotliegenden des Döhlener Beckens, Teil I. – Jahrbuch des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie Dresden, **1962**: 157–175, Dresden.
- Barthel, M. (1962b): Epidermisuntersuchungen an einigen inkohlten Pteridospermenblättern des Oberkarbons und Perms. – Geologie, **11** (Beiheft 33): 1–140, Berlin.
- Barthel, M. (1964): Coniferen- und Cordaiten-Reste aus dem Rotliegenden des Döhlener Beckens. – Geologie, **13** (1): 60–89, Berlin.
- Barthel, M. (1967): Sporen in situ aus dem Erzgebirgischen und Döhlener Becken. – Monatsberichte der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, **2** (4/5): 345–352, Berlin.
- Barthel, M. (1968): *Pecopteris feminaeformis* (Schlotheim) Sterzel und *Araucarites spiciformis* Andrae in Germar – Coenopterideen des Stephans und Unteren Perms. – Paläontologische Abhandlungen, **B 2** (4): 727–742, Berlin.
- Barthel, M. (1975): Neue Erkenntnisse und Fragen über Farne des Oberkarbons und des Unteren Perms. – Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität Berlin, Math. Nat. Reihe, **24** (4): 463–475, Berlin.
- Barthel, M. (1976a): Die Rotliegendflora Sachsens. – Abhandlungen des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie Dresden, **24**: 1–190, Dresden.
- Barthel, M. (1976b): Der Dresdner Arzt und Naturforscher Christian Friedrich Schulze (1730–1775) – ein Wegbereiter der Paläobotanik. – Sächsische Heimatblätter, **22** (6): 263–265, Dresden.
- Barthel, M. (1977): Die Gattung *Dicranophyllum* Gr. Eury in den varistischen Innensenken der DDR. – Hallesches Jahrbuch der Geowissenschaften, **2**: 73–86, Gotha, Leipzig.
- Barthel, M. (1980): Calamiten aus dem Oberkarbon und Rotliegenden des Thüringer Waldes. – In: Vent, W. (Hrsg.): 100 Jahre Arboretum. – 237–257, Berlin (Akademie-Verlag).
- Barthel, M. (1982): Die Pflanzenwelt. – In: Haubold, H. (Hrsg.): Die Lebewelt des Rotliegenden. – 63–131, Wittenberg (A. Ziemsen).
- Barthel, M. (1985): Johann Christian Mahr (1787 bis 1869). Goethes Fossilien Sammler im Steinkohlenvorkommen Manebach-Kammerberg. – In: Prescher, H. (Hrsg.): Leben und Wirken deutscher Geologen im 18. und 19. Jahrhundert. – 162–182, Berlin (Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie).
- Barthel, M. (1987): Der „Madenstein“ aus dem Rotliegenden des Windberges (Döhlener Senke), Freital. – In: Prescher, H. (Hrsg.): Zeugnisse der Erdgeschichte Sachsens. – 121, Leipzig (Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie).
- Barthel, M. (1989): Ein Calamit, den schon Goethe kannte. – Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität Berlin, Math. Nat. Reihe, **38** (4): 346–352.
- Barthel, M. (1996): Wie die größte Rotliegend-Sammlung in Deutschland entstand. – Natur und Museum, **126** (12): 439–448, Frankfurt a. M.
- Barthel, M. (1997): Epidermal structures of sphenophylls. – Review of Palaeobotany and Palynology, **95**: 115–127, Amsterdam.
- Barthel, M. (2000): *Annularia stellata* oder *Annularia spinulosa*? – Veröffentlichungen des Naturkundemuseums Erfurt, **19**: 37–42, Erfurt.
- Barthel, M. (2002): Die Madensteine vom Windberg. – In: Dernbach, U. & Tidwell, W. D. (Hrsg.): Geheimnisse versteinierter Pflanzen. – 65–77, Heppenheim (Verlag D'ORO).
- Barthel, M. (2004): Paläobotanische Aspekte des Döhlen-Beckens. – Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz, **27**: 17–28, Chemnitz.
- Barthel, M. (2009): Die Rotliegendflora des Thüringer Waldes. – Veröffentlichungen Naturhistorisches Museum Schleusingen, Sonderveröffentlichung **2009** (Zusammendruck von Kapiteln aus den Jahrgängen 2003–2008). Schleusingen.
- Barthel, M. (2012): *Annularia spicata* (Gutbier) Schimper – Calamitenzweige des Rotliegenden. – Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz, **35**: 17–28, Chemnitz.
- Barthel, M. & Brauner, St. (2015): Die Rotliegendflora des Thüringer Waldes. Supplementum. – Semana **30**, Schleusingen.
- Barthel, M.; Eichler, B. & Reichel, W. (2010): Die Rotliegendflora des Weißig-Beckens. – Geologica Saxonica, **56** (2): 159–192, Dresden.
- Barthel, M. & Hauschke, N. (2015): Johann Georg Bornemann und das „Wilde Kohlengengebirge“ des Chemnitz-Beckens. – Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz, **38**, Chemnitz
- Barthel, M. & Haubold, H. (1980): Zur Gattung *Callipteris* Brongniart. Teil I: Die Ausbildung von *Callipteris conferta* (Sternberg) Brongniart im mitteleuropäischen Rotliegenden. – Schriftenreihe für Geologische Wissenschaften, **16**: 49–105, Berlin.
- Barthel, M. & Kerp, H. (1992): Eine alternative Artikulation-Entwicklung im Perm. – Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität Berlin, Math. Nat. Reihe, **41** (1): 81–86, Berlin.
- Barthel, M. & Müller, G. (2006): Kletternde, spreizklimmende und epiphytische Pflanzen im Rotliegenden des Döhlen-Beckens. – Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz, **29**: 123–130, Chemnitz.
- Barthel, M.; Mütze, K. & Simon, R. (1975): Neue Funde fossiler Pflanzen aus dem Saale-Trog. – Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität Berlin, Math. Nat. Reihe, **24** (4): 475–483, Berlin.
- Barthel, M. & Noll, R. (1999): On the growth habit of *Dicranophyllum hallei* Remy et Remy. – Veröffentlichungen des Naturhistorischen Museums Schleusingen, **14**: 59–64, Schleusingen.
- Barthel, M.; Reichel, W. & Weiß, H.-J. (1995): „Madensteine“ in Sachsen. Neue Funde von *Scolecoperis elegans* Zenker in der Typuslokalität. – Abhandlungen des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden, **41**: 117–135, Dresden.
- Barthel, M. & Rößler, R. (1994): Calamiten im Oberrotliegend des Thüringer Waldes. – Was ist „*Walchia imbricata*“? – Veröffentlichungen des Naturhistorischen Museums Schleusingen, **9**: 69–80, Schleusingen.

- Barthel, M. & Rößler, R. (1995): Rotliegend-Farne in weißen Vulkan-Aschen – „Tonsteine“ der Döhlen-Formation als paläobotanische Fundschichten. – Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz, **18**: 5–24, Chemnitz.
- Barthel, M.; Rößler, R. & Weiß, H.-J. (2001): Sächsische „Madensteine“ – Irrtümer und Fortschritte. – *Geologica Saxonica*, **46/47**: 197–202, Dresden.
- Barthel, M. & Rößler, R. (2012): Pflanzen und Pflanzengesellschaften des Rotliegend. – Stratigraphie von Deutschland, X, Rotliegend, Teil I: Innervariscische Becken. Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, **61**: 79–97, Hannover.
- Barthel, M. & Weiß, H.-J. (1997): Xeromorphe Baumfarne im Rotliegenden Sachsens. – Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz, **20**: 45–56, Chemnitz.
- Baxter, R. W. (1950): *Peltastrobus reedae*: A new sphenopsid cone from the Pennsylvanian of Indiana. – *Botanical Gazette*, **112**: 174–182, Chicago.
- Bek, J.; Libertín, M.; Owens, B.; McLean, D. & Oliwkiewicz-Mikłasińska, M. (2009): The first compression Pteroretis-producing sphenophyllalean cones, Pennsylvanian of the Czech Republic. – *Review of Palaeobotany and Palynology*, **155**: 159–174, Amsterdam.
- Bek, J.; Opluštil, S. & Drábková, J. (2001): Two species of *Selaginella* cones and their spores from the Bohemian Carboniferous continental Basins of the Czech Republic. – *Review of Palaeobotany and Palynology*, **114**: 57–81, Amsterdam.
- Bek, J. & Pšenička, J. (2001): *Senftenbergia plumosa* (Artis) emend. and its spores from the Carboniferous of the Kladno and Pilsen Basins, Bohemian Massif, and some related and synonymous taxa. – *Review of Palaeobotany and Palynology*, **116**: 213–232, Amsterdam.
- Bertrand, P. (1907): Classification des Zygoteridées d'après les caractères de leurs traces foliaires. – *Compte Rendu Acad. Science*, **145**: 775–777, Paris.
- Blumenbach, J. F. (1816): Specimen archaeologiae telluris terrarumque inprimis Hannoveranarum alterum.– 24 S., Goettingae [= Göttingen] (H. Dieterich).
- Borbe, H. W. (1959): Stratigraphische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Döhleener Becken. – Unveröff. Diplomarbeit. – 1–67, 14 Abb., Halle (Geologisches Institut der Universität Halle/Saale).
- Brongniart, A. (1828): Prodrome d'une histoire des végétaux fossils. – 1–198, Strasbourg (Levrault).
- Brongniart, A. (1828–1836): Histoire des végétaux fossiles, 1. – Paris (Dufour et d'Ocagne).
- Brousmiche, C. (1976): Précisions sur les organes reproducteurs de *Nemejcopteris feminaeformis* (Schlotheim). – *Annales de la Société Géologique du Nord*, **94** (3): 233–237, Lille.
- Brousmiche, C. (1983): Les Fougères sphenopteridiennes du Bassin Houiller Sarro-Lorrain. – *Société Géologique du Nord, Publication*, **10**: 1–480, Lille.
- Brousmiche, C.; Coquel, R. & Wagner, R. H. (1992): Les *Scoleopteris* du Stephanien Supérieur du Bassin de Puertollano (Espagne). – *Geobios*, **25** (3): 323–339, Lyon.
- Cesari, S. N. & Hünicken, M. (2013): Heterophyllie in *Cordaites*-like foliage from western Gondwana. – *Review of Palaeobotany and Palynology*, **196**: 9–18, Amsterdam.
- Christoph, H.-J. (1965): Untersuchungen an den Kohlen und Carbargiliten des Döhleener Beckens. – *Freiberger Forschungshefte*, **C 184**: 1–122, Berlin.
- Cleal, Ch. (2015): The generic taxonomy of Pennsylvanian age marattialean fern frond adpressions. – *Palaeontographica*, **B 292** (1–3): 1–21.
- Cleal, Ch. J. & Shute, C. H. (1995): A synopsis of neuropteroid foliage from the Carboniferous and Lower Permian of Europe. – *Bulletin of the Natural History Museum London (Geology Series)*, **51** (1): 1–52, London.
- Corsin, P. (1951): Pécopteridées. – *Études des gîtes minéraux de la France. Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine. 1. Flore fossile*, **4**: 175–370, Loos-Nord.
- Cridland, A. A. (1964): *Amyelon* in American coal-balls. – *Palaeontology*, **7** (2): 186–209, London.
- Cridland, A. A. (1966): *Biscalitheca kansana* n. sp. (Coenopteridales, Zygoteridaceae) a compression from Lawrence Shale (Upper Pennsylvanian), Kansas, U.S.A. – *American Journal of Botany*, **53**: 987–994, St. Louis.
- Crookall, R. (1970): Fossil plants of the Carboniferous rocks of Great Britain. – *Memoires of the Geological Survey of Great Britain, 2nd sect.*, *Palaeontology*, **4** (6): 793–840, London.
- Daviero, V. & Lacoustre, R. (2000): Computer simulation of sphenopsid architecture. Part. II. *Calamites multiramis* Weiss, as an example of late Paleozoic arborescent sphenopsids. – *Review of Palaeobotany and Palynology*, **109**: 135–148.
- Di Michele, W. A.; Phillips, T. L. & Pfefferkorn, H. W. (2006): Palaeoecology of the Paleozoic pteridosperms from tropical Euramerica. – *Journal of the Torrey Botanical Society*, **133** (1): 83–118, New York.
- Döring, H. (1978): Proxigermine Sporen aus dem Autun des Döhleener Beckens (südwestlich von Dresden). – *Wissenschaftliche Beiträge der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg*, **1978**: 27–49, 7 Taf., Halle.
- Doubinger, J. & Vetter, P. (1959): Contribution à l'étude du genre *Taeniopteris* Brongniart. – *Bulletin de la Société géologique de France*, **7** (Ser.1): 932–938.
- Doubinger, J. & Grauvogel-Stamm, L. (1971): Présence du genre *Thymospora* chez *Pecopteris hemitelioides* du Mont-Pelé. – *Pollen et spores*, **13** (4): 597–607, Paris.
- Doubinger, J.; Vetter, P.; Langiaux, J.; Galtier, J. & Broutin, J. (1995): La flore fossile du bassin houiller de Saint-Étienne. – *Mémoires du Museum National D'Histoire Naturelle*, **164**: 1–335, Paris.
- Eggert, D. E. & Delevoryas, Th. (1967): Studies of Palaeozoic ferns: *Sermaya*, gen. nov. and its bearing on filicalean evolution in the Paleozoic. – *Palaeontographica*, **B 120** (5–6): 169–180, Stuttgart.
- Eichler, B. & Werneburg, R. (2010): Neufunde von Branchiosauriern aus dem Rotliegend von Freital bei Dresden im UV-Licht. – *Geologica Saxonica*, **56** (2), 137–157, Dresden.
- Feistmantel, O. (1874–1875): Die Versteinerungen der böhmischen Kohlenablagerungen. – *Palaeontographica*, **23**: 1–316, Cassel.
- Felix, J. (1882): Über die versteinerten Hölzer von Frankenberg in Sachsen. – *Sitzungsberichte der Naturforschenden Gesellschaft Leipzig*, **9**: 5–9, Leipzig.

- Galtier, J. (1986): Taxonomic problems due to preservation: comparing compression and permineralized taxa. – In: Spicer, R. A. & Thomas, B. A. (Eds.): Systematic and taxonomic approaches in palaeobotany. Syst. Ass. Spec. – **31**: 1–16, Oxford Univ. Press.
- Galtier, J. & Daviero, V. (1999): Structure and development of *Sphenophyllum oblongifolium* from the Upper Carboniferous of France. – International Journal of Plant Sciences, **160** (5): 1021–1033, Chicago
- Galtier, J. & Grambast, L. (1972): Observations nouvelles sur les structures reproductrices attribuées à *Zygopteris lacattei* (Coenopteridales de l’Autuno-Stéphanien français). – Review of Palaeobotany and Palynology, **14**: 101–111, Amsterdam.
- Galtier, J. & Phillips, T. L. (1977): La fructification de *Botryopteris forensis* Renault (Coenopteridales du Stéphanien Français): Précisions sur les Sporangies et les Spores. – Naturalia Montpellienasia, Ser. Botanique, **22**: 144–155, Montpellier.
- Geinitz, H. B. (1855): Die Versteinerungen der Steinkohlenformation in Sachsen. – 1–64, 36 Taf., Leipzig (W. Engelmann).
- Geinitz, H. B. (1856): Geognostische Darstellung der Steinkohlenformation in Sachsen mit besonderer Berücksichtigung des Rothliegenden. – 1–91, Tafeln, Leipzig (W. Engelmann).
- Geinitz, H. B. (1858): Die Leitpflanzen des Rothliegenden und des Zechsteingebirges oder der permischen Formation in Sachsen. – 1–26, 2 Taf., Dresden, Leipzig (Programm der Königlich polytechnischen Schule Dresden).
- Geinitz, H. B. (1862): Dyas oder die Zechsteinformation und das Rothliegende. Heft II. Die Pflanzen der Dyas und Geologisches. – Leipzig (Engelmann).
- Geinitz, H. B. (1872): Fossile Myriapoden in dem Rothliegenden bei Chemnitz. – Sitzungsberichte der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Isis, **1872**: 128–131, Dresden.
- Geinitz, H. B. & Drude, O. (1880): Die fossilen Pflanzen in den Hornsteinplatten des mittleren Rothliegenden von Altendorf bei Chemnitz. Nachträge zur Dyas I. – Mittheilungen aus dem Königlich mineralogisch-geologischen und prähistorischen Museum in Dresden, **3**: 1–6. Cassel.
- Geinitz, H. B.; Fleck, H. & Hartig E. (1865): Die Steinkohlen Deutschlands und anderer Länder Europas, ihre Natur, Lagerungs-Verhältnisse, Verbreitung, Geschichte, Statistik und technische Verwendung, Bd. 1: Geologie. München (Verl. Oldenbourg).
- Gensichen, O. F. (1910): An Goethe gestorben. – Velhagen & Klasing Monatshefte, **25** (1): 257–262, Leipzig.
- Georgi, M. & Börner, H. (1894): Der Kohlenbergmann in seinem Berufe. 30 Bilder aus Kohlenbergwerken mit Erläuterungen. – Freiberg (Cratz & Gerlach).
- Germar, E. F. (1844–1853): Die Versteinerungen des Steinkohlengebirges von Wettin und Löbejün im Saalkreise. – 8 Hefte, Halle (C. A. Schwetschke und Sohn).
- Goepfert, H. R. (1836): Die fossilen Farnkräuter. (Systema filicum fossilium). – Nova Acta Acad. Caesareae Leop.-Carol. Nat. curios., **17**, Suppl., Breslau und Bonn.
- Goepfert, H. R. (1864–1865): Die fossile Flora der permischen Formation. – Palaeontographica, **12**: 1–316, Cassel.
- Gothan, W. (1907): *Callipteris*. – In: Potonie, H. (Hrsg): Abbildung und Beschreibung fossiler Pflanzen. – **5** (84): 1–18, Berlin (Preußische Geologische Landesanstalt).
- Gothan, W. (1913): Die Oberschlesische Steinkohlenflora, 1. Teil. – Abhandlungen der königlich-Preußischen Geologischen Landesanstalt, Neue Folge, **75**: 278 S. Berlin.
- Grand'Eury, C. (1877): Flore Carbonifère du Département de la Loire et du Centre de la France. – Mémoires présentés par divers savants à l’Académie des Sciences, Premier partie – Botanique, 1–624, Paris.
- Grauvogel-Stamm, L. & Doubinger, J. (1975): Deux fougères fertiles du Stéphanien du Massif Central (France). – Geobios, **8** (6): 409–421, Lyon.
- Gutbier, A. von (1835): Abdrücke und Versteinerungen des Zwickauer Schwarzkohlenegebirges. – Zwickau (Richtersche Buchhandlung).
- Gutbier, A. von (1838): Über die gesonderte Lagerung des Rothliegenden und der Kohlen-Formation von Zwickau in Sachsen und die Verschiedenheit ihrer Pflanzenreste (Vortrag in der Jenaer Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte am 23. September 1836. – Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, Geologie und Petrefaktenkunde, **1838**: 197–198, Stuttgart.
- Gutbier, A. von (1843) : Pflanzen der Steinkohlenformation – In: Geinitz, H. B., (Hrsg.): Gaea von Sachsen. – 79–87, Dresden u. Leipzig (Arnoldische Buchhandlung).
- Gutbier, A. von (1849): Die Versteinerungen des Rothliegenden in Sachsen. – 1–32, 12 Tafeln, 1 Tab., Dresden u. Leipzig (Arnoldische Buchhandlung).
- Harms, V. L. & Leisman, G. A. (1961): The anatomy and morphology of certain *Cordaites* leaves. – Journal of Paleontology, **35** (5): 1041–1064, London.
- Haubold, H. (1985): Stratigraphische Grundlagen des Stephan C und Rothliegenden im Thüringer Wald. – Schriftenreihe für Geologische Wissenschaften, **23**: 1–110, Berlin.
- Hausse, R. (1892): Profile durch das Steinkohlenbecken des Plauenschen Grundes (das Döhlener Becken) bei Dresden. – Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreiches Sachsen: 1–111, 3 Taf., Leipzig.
- Hausse, R. (1910): Fossile Tierfährten im Unterrotliegenden des Steinkohlenbeckens im Plauenschen Grunde (des Döhlener Beckens) bei Dresden. – Jahrbuch für das Berg- und Hüttenwesen im Königreiche Sachsen, **1910**: 3–19, Freiberg.
- Hirmer, M. (1927): Handbuch der Paläobotanik, I: Thallophtya – Bryophyta – Pteridophyta. –München u. Berlin (Verl. R. Oldenbourg).
- Hoffmann, U. (2000): Pyroklastite und Silicite im Rotliegend des Döhlen-Becken – Stratigraphie, Genese und Paläontologie. – Diplomarbeit TU Bergakademie Freiberg, Fakultät Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau, 1–115 (unveröff.)
- Hofmann, M.; Linnemann, U.; Gerdes, A.; Ullrich, B. & Schauer, M. (2009): Timing of dextral strike-slip processes and basement exhumation in the Elbe Zone (Saxo-Thuringian Zone): the final pulse of the Variscan Orogeny in the Bohemian Massif constrained by LA-SF-ICP-MS U–Pb zircon data. – In: Murphy, J. B.; Keppie, J. D. & Haynes, A. J. (Hrsg.): Ancient Orogens and Modern Analogues. – Geological Society, London, Special Publications, **327**: 197–214, London.
- Horst, U. (1955): Eine Faulschlammkohle aus dem Döhlener Becken. – Jahrbuch des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden, **1955**: 135–141, Dresden.

- Jongmans, W. J. (1911): Anleitung zur Bestimmung der Karbonpflanzen Westeuropas, I: Thallophtyae, Equisetales, Sphenophyllales. Mededeelingen van de Rijksopsporing van Delfstoffen, 3: 1–482, Freiberg (Graz & Gerlach).
- Jongmans, W. J. & Kukuk W. (1913): Die Calamariaceen des rheinisch-westfälischen Kohlenbeckens. – Mededeelingen van's Rijks Herbarium, **20**: 1–21, Leiden.
- Keeley, J. E.; Osmond, C. B. & Raven, J. A. (1984): *Stylites*, a vascular plant without stomata adsorbs CO₂ via its roots. – *Nature*, **310**: 694–695, London.
- Kerp, H. (1984): Aspects of Permian palaeobotany and palynology, III. A new reconstruction of *Lilpopia raciborskii* (Lilpop) Conert et Schaarschmidt (Sphenopsida). – *Review of Palaeobotany and Palynology*, **40**: 237–261, Amsterdam.
- Kerp, H. (1990): The study of fossil gymnosperms by means of cuticular analysis. – *Palaios*, **5**: 548–569, Lawrence.
- Kerp, H.; Noll R. & Uhl, D. (2007): Übersicht über Pflanzengruppen und Vegetationsentwicklung im Permokarbon des Saar-Nahe-Beckens. – In: Schindler, T. & Heidtke, U. H. J. (Editoren): Kohlestümpfe, Seen und Halbwüsten. – *Pollichia*, Sonderveröffentlichung **10**: 42–74, Bad Dürkheim.
- Kerp, H. & Bomfleur, B. (2011): Photography of plant fossils – New techniques, old tricks. – *Review of Palaeobotany and Palynology*, **166**: 117–151, Amsterdam.
- Kerp, J. H. F. (1982): Aspects of Permian palaeobotany and palynology. II. On the Presence of the ovuliferous organ *Autunia milleryensis* (Renault) Krasser (Peltaspermaceae) in the Lower Permian of the Nahe area (F.G.R.) and its relationship to *Calopteris conferta* (Sternberg) Brongniart. – *Acta Botanica Neerlandica*, **31**: 417–427, Amsterdam.
- Kerp, J. H. F. & Haubold, H. (1988): Aspects of Permian palaeobotany and palynology. VIII. On the reclassification of the west- and central European species of the form-genus *Callipteris* Brongniart 1849. – *Review of Palaeobotany and Palynology*, **54**: 135–150, Amsterdam.
- Kidston, R. (1924): Fossil plants of the Carboniferous rocks of Great Britain. – *Memoires of the Geological Survey of Great Britain, Palaeobotany 2* (5): 377–522, London.
- Kidston, R. & Jongmans, W. J. (1917): A monograph of the *Calamites* of Western Europe. Flora of the Carboniferous of the Netherlands and adjacent regions, **I**. – Mededeelingen van de rijksopsporing van delfstoffen, **7**: Gravenhage.
- Knight, J. A. (1985): The stratigraphy of the Stephanian rocks of the Sobero Coalfield, León (NW-Spain) and an investigation of the fossil flora, Part III. Systematic palaeobotany: Pecopterids. – *Palaeontographica*, **B 197** (1–3): 1–80, Stuttgart.
- Kretzschmar, R. (2005): Neue Erkenntnisse zur Paläontologischen Sammlung Heinrich Cotta (1763–1844). – *Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz*, **28**: 49–56, Chemnitz.
- Krings, M. (1997): Möglichkeiten und Grenzen der Kutikularanalyse – das Beispiel der Samenfarne aus dem Stefan (Oberkarbon) von Blanzky-Montceau (Zentralmassiv, Frankreich). – *Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz*, **20**: 57–70, Chemnitz.
- Krings, M. (1999): Zum Bau der Spaltöffnungsapparate von *Neurodontopteris auriculata* (Brongniart) Potonie, einer Pteridosperme aus dem Stephan von Blanzky-Montceau (Zentralfrankreich). – *Münstersche Forschungen zur Geologie und Paläontologie*, **86**: 69–78.
- Krings, M. & Kerp, H. (1998): Epidermal anatomy of *Barthelopteris germarii* from the Upper Carboniferous and Lower Permian of France and Germany. – *American Journal of Botany*, **85** (4): 553–562, New York, St. Louis.
- Krings, M. & Kerp, H. (1999): Morphology, growth habit and ecology of *Blanzkyopteris praedentata* (GOTHAN) nov. comb., a climbing neuropteroid seed fern from the Stephanian of Central France. – *International Journal of Plant Science*, **160**: 603–619.
- Krings, M. & Kerp, H. (2000): A contribution to the knowledge of the pteridosperm genera *Pseudomariopteris* Danzé-Corsin nov. emend. and *Helenopteris* nov. gen. – *Review of Palaeobotany and Palynology*, **111**: 145–195, Amsterdam.
- Krings, M.; Kerp, H.; Taylor, TH. N. & Taylor, E. L. (2003): How Paleozoic vines and lianas got off the ground: on scrambling and climbing Carboniferous-Early Permian pteridosperms. – *Botany Review*, **69**: 204–224, Chigaco IL.
- Krings, M., Klavins, S., Taylor, T., Taylor, E., Serbet, R. & Kerp, H. (2006): Frond architecture of *Odontopteris brardii* (Pteridospermopsida, ?Medullosales): new evidence from the Upper Pennsylvanian of Missouri, U.S.A. – *Journal of Torrey Botanical Society*, **133** (1): 33–45.
- Krings, M. & Schultka, St. (2010): A seed-bearing lobatopterid frond segment from the Westphalian D (Upper Pennsylvanian) of south-central Germany. – *International Journal of Coal Geology*, **83**: 125–131, Amsterdam.
- Künstner, E. (1974): Vergleichende Inkohlungsuntersuchungen unter besonderer Berücksichtigung mikrofotometrischer Reflexionsmessungen an Kohlen, Brandschiefern und kohlehaltigen Nebengesteinen. – *Freiberger Forschungshefte*, **C 287**: 1–115, Freiberg.
- Kunzmann, L. (2005): Blumengebirge, ein fossiles Herbarium. Katalog der Ausstellung. – 1–96, zahlr. Abb., Dresden (Staatliche Naturhistorische Sammlungen Dresden, Museum für Mineralogie und Geologie).
- Kunzmann, L. (2006): Die paläobotanische Sammlung. – In: Lange, J.-M. & Kühne, E. (Hrsg.): *Das Museum für Mineralogie und Geologie in den Staatlichen Naturhistorischen Sammlungen Dresden. Von der kurfürstlichen Kunstkammer zum staatlichen Forschungsmuseum*. – *Geologica Saxonica*, **50/51**, Dresden
- Kvaček, J. & Strakova, M. (1997): Catalogue of fossil plants described in works of Kaspar M. Sternberg. – Praha (National Museum Praha).
- Langiaux, J. (1984): Flores et faunes des formations supérieures du Stéphanien de Blanzky-Montceau (Massif Central français) – stratigraphie et paléoécologie. – *Revue périodique de »la Physiophile«*, Société d'études des sciences historiques de Montceau-les-Mines. Supplement **100**: 1–270.
- Laveine, J. P. (1969): Quelques Pécoptéridinées houillères a la lumière de la palynologie, I. – *Pollen et Spores*, **11** (3): 616–668, Paris.
- Laveine, J. P. (1997): Synthetic analysis of Neuropterids. Their interest for the decipherment of Carboniferous palaeogeography. – *Review of Palaeobotany and Palynology*, **95** (1–4): 155–189, Amsterdam.

- Laveine, J. P. & Delbecq, St. (2011): The bifurcate “outer” semi-pinnate frond of the seed-fern *Barthelopteris germarii*, based on Late Pennsylvanian specimens from the Blanzly-Montceau Basin, Massif Central, France. – *Palaeontographica*, **B 287**: 1–55, Stuttgart.
- Laveine, J. P. & Dufour, F. (2013): The bifurcate “outer-inner” semi-pinnate frond of the Permo-Pennsylvanian seed-fern *Neurodopteris auriculata*, type species of the genus *Neurodopteris*. – *Palaeontographica*, **B 289** (4–6): 75–137, Stuttgart.
- Leismann, G. A. & Graves, C. (1964): The structure of the fossil sphenopsid cone *Peltastrobus reedae*. – *American Midland Naturalist*, **72**: 426–437, Notre Dame, Indiana.
- Leistikow, K. U. (1975): Ein Konzept der Equisetales-Phylogenie. – *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **13**: 140–143, Frankfurt.
- Lemoigne, Y. (1961): Études analytiques et comparées des structures internes des Sigillaires. – Thésés Faculté Science Université Lille, **107**: 489–576, Lille.
- Leutwein, F. & Rösler, H.J. (1956): Geochemische Untersuchungen an paläozoischen und mesozoischen Kohlen Mittel- und Ostdeutschlands. – *Freiberger Forschungshefte*, **C 19**: 1–196, Berlin.
- Libertín, M. & Bek, J. (2004): *Huttonia spicata* (Sternberg) emend. and its spores, the Radnice basin (Bolsovian) Carboniferous continental basins of the Czech Republic. – *Review of Palaeobotany and Palynology*, **128**: 247–261, Amsterdam.
- Libertín, M.; Opluštil, S.; Pšenička, J.; Bek, J., Sýkorová, I. & Dašková, J. (2009): Middle Pennsylvanian pioneer plant assemblage buried in situ by volcanic ash-fall, central Bohemia, Czech Republic. – *Review of Palaeobotany and Palynology*, **155**: 204–233, Amsterdam.
- Liebenroth, F. E. von (1798): Geognostische Beobachtungen und Entdeckungen in der Gegend von Dresden. – 1–120, Weissenfels (Severin-Verl.).
- Lignier, O. (1911): *Radiculites reticulatus* Lignier sont problemement des radicules de Cordaitales. – *Association Française pour l’Avancement des Sciences*, 40ème session: 509–513, Paris.
- Lipiarski, I. (1972): New data concerning the morphology of the fossil genus *Lilpopia* Conert et Schaarschmidt 1970 (= *Tristachya Lilpop* 1937). – *Acta Palaeobotanica*, **13** (2): 101–109, Warszawa/Krakow.
- Löcse, E., Meyer, J., Klein, R., Linnemann, U., Weber, J. & Rößler, R. (2013): Neue Florenzfunde in einem Vulkanit des Oberkarbons von Flöha. – *Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz*, **36**: 85–142, Chemnitz.
- Lützner, H.; Kowalczyk, G. & Schneider, J. (2012): Stratigraphische Korrelation der innervariscischen Rotliegendbecken in Deutschland. – *Stratigraphie von Deutschland X, Rotliegend, Teil I: Innervariscische Becken. Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, **61**: 861–879, Hannover.
- Mahr, o. Vornamen (1868): Über *Sphenophyllum Thonii*, eine neue Art aus dem Steinkohlengebirge von Ilmenau. – *Zeitschrift der deutschen Geologischen Gesellschaft*, **20**: 433–434, Berlin.
- Mamay, S. H. (1957): *Biscalitheca*, a new genus of Pennsylvanian coenopterids, based on its fructification. – *American Journal of Botany*, **44**: 229–239, St. Louis.
- Mamay, S. V. (1976): Paleozoic origin of the cycads. – *U.S. Geological Survey Professional Paper*, **934**: 1–48, Reston.
- Mathé, G. (1961): Geochemische und lagerstättengenetische Untersuchungen an erzführenden Kohlen des Döhlener Beckens. – Diplomarbeit, 1–127, 43 Abb., 13 Anl., Bergakademie Freiberg, (unveröff.; Standort Senckenberg Naturhistorische Sammlungen Dresden).
- Meyen, S. V. (1965): On a classification of dispersed cuticles. – *Paleontological Journal*, **1965** (4): 75–87, Moscw (in russ.)
- Meyen, S. V. & Lemoigne, Y. (1986): *Dicksonites pluckenettii* (Schlotheim) Sterzel and its affinity with Callistophytales. – *Geobios*, **19** (1): 87–97, Amsterdam.
- Mickle, J. E. (1980): *Ankyropteris* from the Pennsylvanian of Eastern Kentucky. – *Botanical Gazette*, **141**(2): 230–243, Chicago.
- Mickle, J. E. (1984): Aspects of growth and development in the Pennsylvanian age marattialean fern *Psaronius*. – *Botanical Gazette*, **145** (3): 407–419, Chicago.
- Millay, M. A. (1997): A review of permineralized Euramerican Carboniferous tree ferns. – *Review of Palaeobotany and Palynology*, **95**: 191–209, Amsterdam.
- Millay, M. A. & Rothwell, G. W. (1983): Fertile pinnae of *Biscalitheca* (Zygopteridales) from the Upper Pennsylvanian of the Appalachian Basin. – *Botanical Gazette*, **144**: 589–599, Chicago.
- Moosbrugger, V. (1983): Organische Zusammengehörigkeit zweier Fossil-Taxa als taxonomisches Problem am Beispiel der jungpaläozoischen Farnfruktifikationen *Scolecopteris* und *Acitheca*. – *Review of Palaeobotany and Palynology*, **40**: 191–206, Amsterdam.
- Naugolnykh, S. V. (2005): Permian *Calamites gigas* Brongniart 1828: the morphological concept, paleoecology and implications for paleophytogeography and paleoclimatology. – *Paleontological Journal*, **39**: 321–332, Moscw.
- Naumann, C. F. & Cotta, B. (1845): Geognostische Beschreibung des Königreichs und der angrenzenden Länderabtheilungen. Erläuterungen zu der geognostischen Karte des Königreichs Sachsen, Section X. **5**: 1–494, Dresden und Leipzig (Arnoldische Buchhandlung).
- Němejč, F. (1938): A revision of the Carboniferous and Permian floras of the coal-districts of Central Bohemia. (II. Sphenopterides: A: Coenopteridae). – *Palaeontographica Bohemica*, **16**: 1–56, Praha.
- Němejč, F. (1940): The Pecopterids of the coal districts of Bohemia. – *Sbornik Národního Musea v Praze (Acta Musei Nationalis Pragae)*, **B II** (1): 1–28, Praha.
- Němejč, F. (1948): Additional notes on *Pecopteris oreopteridia* Schl. et auct. and *P. cyathea* Schl. et auct. – *Sbornik Národního Musea v Praze (Acta Musei Nationalis Pragae)*, **B IV** (1): 1–8, Praha.
- Němejč, F. (1953): Taxonomical studies on the fructifications of Calamitaceae collected in the coal districts of Central Bohemia. – *Sbornik Národního Musea v Praze*, **B 9**: 3–62, Praha.
- Noll, R. (2012): Anatomische Beobachtungen am Sekundärxylem permischer Koniferen- und Cordaitenhölzer der Donnersberg-Formation. – *Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz*, **35**: 29–38, Chemnitz.
- Noll, R.; Rößler, R. & Wilde, V. (2005): 150 Jahre Dadoxylon – zur Anatomie fossiler Koniferen- und Cordaitenhölzer aus dem Rotliegend des euramerischen Florengbietes. – *Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz*, **28**: 29–48, Chemnitz.

- Opluštil, S.; Pšenička, J.; Libertín, M.; Bashforth, A. R.; Šimůnek, Z.; Drabková, J. & Dašková, J. (2009): A Middle Pennsylvanian (Bolsovian) peat-forming forest preserved in situ in volcanic ash: The Wetstone Horizon in the Radnice Basin, Czech Republic. – Review of Palaeobotany and Palynology, **155** (3/4): 234–274, Amsterdam.
- Opluštil, S., Šimůnek, Z., Zajíc, I. & Mencl, V. (2013): Climatic and biotic changes around the Carboniferous/Permian boundary recorded in continental basins of the Czech Republic. – Intern. Journal of Coal Geology, **119**: 114–151, Amsterdam.
- Pälchen, W. (1962): Geochemie und Mineralogie der Tonzwischenmittel in der Steinkohle des Döhlener Beckens. – Diplomarbeit, Bergakademie Freiberg, 1–80, 31 Abb., 2 Anl. (unveröff.).
- Palacký, F. (Hrsg.), (1868): Leben des Grafen Kaspar Sternberg, von ihm selbst beschrieben, nebst einem akademischen Vortrag über der Grafen Kaspar und Franz Sternberg Leben und Wirken für Wissenschaft und Kunst in Böhmen. – Prag (Friedrich Tempsky).
- Petzholdt, A. (1841): Ueber Calamiten und Steinkohlenbildung. (De Calamites et Lithranthracibus). – 8 Taf., Leipzig und Dresden (Arnoldische Buchhandlung).
- Phillips, T. L. (1974): Evolution of vegetative morphology in coenopterid ferns. – Annals of Missouri Botanical Garden, **61**: 427–461.
- Phillips, T. L. & Andrews, H. N. (1968): *Biscalitheca* (Coenopteridales) from the Upper Pennsylvanian of Illinois. – Palaeontology, **11**: 104–115.
- Phillips, T. L. & Galtier, J. (2005): Evolutionary and ecological perspectives of late Paleozoic ferns. Part I. Zygopteridales. – Review of Palaeobotany and Palynology, **135**: 165–203, Amsterdam.
- Phillips, T. L. & Galtier, J. (2011): Evolutionary and ecological perspectives of late Paleozoic ferns. Part II. The genus *Ankyropteris* and the Tedeleaceae. – Review of Palaeobotany and Palynology, **164** (1/2): 1–29, Amsterdam.
- Pietzsch, K. (1917): Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte des Königreiches Sachsen, Blatt Kreischa, Blatt-Nr. **82**: 2. Auflage, 1–108, Leipzig.
- Pietzsch, K. (1962): Geologie Sachsens. – 1–870, 300 Abb., Berlin (Deutscher Verlag der Wissenschaften).
- Pötzsch, Ch. G. (1803): Bemerkungen über das Vorkommen des Granits. – Dresden.
- Potonié, H. (1893): Über das Rothliegende des Thüringer Waldes. Teil II: Die Flora des Rothliegenden von Thüringen. – Abhandlungen der Preußischen Geologischen Landesanstalt, Neue Folge, **9**: 1–298, Berlin.
- Potonié, R. (1962): Synopsis der Sporae in situ. – Beihefte zum Geologischen Jahrbuch, **52**: 1–204, Hannover.
- Prescher, H. (1978): Goethes Sammlungen zur Mineralogie, Geologie und Paläontologie. Katalog. – 1–716, Berlin (Akademie-Verlag).
- Prescher, H. [Hrsg.] (1987): Zeugnisse der Erdgeschichte Sachsens. – 1–247, Leipzig (Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie).
- Pšenička, J. & Bek, J. (2003): Cuticles and spores of *Senftenbergia plumosa* (Artis) Bek and Pšenička from the Carboniferous of Pilsen Basin, Bohemian Massif. – Review of Palaeobotany and Palynology, **125**: 299–312, Amsterdam.
- Pšenička, J.; & Bek, J. & Rößler, R. (2005): Two new species of *Sonapteris* gen. nov. (Botryopteridaceae) based on compressions from the Upper Carboniferous (Bolsovian-Westphal D) of the Pilsen basin, Bohemian Massif. – Review of Palaeobotany and Palynology, **136**: 111–142, Amsterdam.
- Pšenička, J.; Bek, J.; Cleal, Ch.; Wittry, J. & Zodrow, E. L. (2009): Description of synangia and spores of the holotype of the Carboniferous fern *Lobatopteris miltoni*, with taxonomic comments. – Review of Palaeobotany and Palynology, **155**: 133–144, Amsterdam.
- Puls, J. (2006): Lebensbahnen. Historische Streifzüge durch die frühen Jahrhunderte der Freitaler Region. – Katalog der Sonderausstellung „Lebensbahnen – 800 Jahre Ersterwähnung von Potschappel, Döhlen und Wurgwitz“. – 1–64, Freital (Städtische Sammlungen).
- Reichel, W. (1957): Untersuchungen in den Tiefbaubetrieben Gittersee und Heidenschanze zur Klärung der Stratigraphie und Tektonik des SE-Teiles des Döhlener Beckens. – Diplomarbeit, Geol. Inst. Bergakad. Freiberg, 1–167, 24 Abb., 67 Anl., Freiberg (unveröff.).
- Reichel, W. (1966): Stratigraphie, Paläogeographie und Tektonik des Döhlener Beckens bei Dresden. – Dissertation, Geol. Inst., Bergakademie Freiberg, 1–95, 78 Abb., 85 Anl., 5 Tab., Freiberg (unveröff.).
- Reichel, W. (1970): Stratigraphie, Paläogeographie und Tektonik des Döhlener Beckens bei Dresden. – Abhandlungen des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden, **17**: 1–133, 7 Taf., 1 Tab., 11 Anl., Dresden.
- Reichel, W. (1984): Die Kohlelithotypen und ihre Bildungsräume in den Steinkohlenflözen des Döhlener Beckens bei Dresden. – Hercynia N. F., **21**: 319–334, Leipzig.
- Reichel, W. (1993): August Robert Hausse (1843–1924), Marktscheider, Geognost und Bergingenieur der Königlich-sächsischen Steinkohlenwerke im Plauenschen Grund bei Dresden. – Abhandlungen des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden, **39**: 87–108, Dresden.
- Reichel, W. (2011): Terminologie und Erläuterungen der im Döhlener Becken verwendeten geologischen Begriffe. – Senckenberg, Schriften des Museums für Mineralogie und Geologie Dresden, **17**: 1–100, Dresden.
- Reichel, W. & Barthel, M. (1964): Das „Schweinsdorfer Flöz“ des Döhlener Beckens. Neue Flözaufschlüsse und Florenfunde. – Jahrbuch des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden, **1964**: 203–247, 2 Abb., 10 Taf., 8 Anl., Dresden.
- Reichel, W. & Lange, J.-M. (2007): Cherts (Hornsteine) aus dem Döhlener Becken bei Dresden. – Geologica Saxonica, **52/53**: 117–128, Dresden.
- Reichel, W. & Schauer, M. (2006): Das Döhlener Becken bei Dresden. Geologie und Bergbau. – Bergbau in Sachsen, Bergbaumonographie, Freistaat Sachsen. Landesamt für Umwelt und Geologie/Oberbergamt, **12**: 1–341, Freiberg.
- Reichel, W.; Schneider, J.W. & Walter, H. (1998): Jungpaläozoische Biotope im Bereich des Elbelineaments / Elbtalzone in Sachsen. – Abhandlungen des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden, **43/44** (Hans Prescher Gedenkbund): 189–211, 11 Abb., Dresden.
- Reichel, W. & Schneider, J. W. (2012): Rotliegend im Döhlen-Becken. – In: Stratigraphie von Deutschland X, Rotliegend, Teil I: Innervariscische Becken. Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften. – **61**: 589–625, Hannover.

- Remy, R. & Remy, W. (1958): Beiträge zur Kenntnis der Rotliegendflora Thüringens, III. – Sitzungsberichte der Deutschen Akademie der Wissenschaften Berlin, Kl. Chemie, Geol., Biol. **1958** (3), Berlin.
- Remy, W. (1953): Untersuchungen über einige Fruktifikationen von Farnen und Pteridospermen aus dem mitteleuropäischen Karbon und Perm. – Abhandlungen der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Kl. F. Math. u. allgemeine Naturwissenschaften, **2**: 1–38, Berlin.
- Remy, W. & Remy, R. (1959): Pflanzenfossilien. Ein Führer durch die Flora des limnisch entwickelten Paläozoikums. – 1–276, Berlin (Akademieverlag).
- Remy, W. & Remy, R. (1975): Beiträge zur Kenntnis des Morphogenus *Taeniopteris* Brongniart. – Argumenta Palaeobotanica, **4**: 31–37, Münster.
- Remy, W. & Remy, R. (1978): *Calamitopteris* n. gen. und die Nomenklatur und Taxonomie von Calamites Brongniart 1828. – Argumenta Palaeobotanica, **5**: 1–10,
- Renault, B. (1893–1896): Bassin houiller et permien d'Autun et d'Épinac, IV. Flore fossile (2). – Études des gîtes minéraux de la France. Paris.
- Renault, B. & Zeiller, R. (1888–1890): Flore fossile. Études sur le terrain houiller de Commeny. – Atlas de la Société de l'Industrie Minière, Theolier, St. Etienne.
- Rosenhahn, L.; Schauer, M. & Friedrich, J. (2000): Der Tiefe Elbstolln – bedeutendes bergtechnisches Wasserhaltungsbauwerk im Döhlener Becken. – In: Schauer, M. & Brause, H. (Hrsg.): 450 Jahre Steinkohlen- und Uranerzbergbau im Raum Freital und seine heutigen Auswirkungen. – Exkursionsführer und Veröff. Gesellschaft Geologischen Wissenschaften, **208**: 41–48, Berlin.
- Rösler, H. J.; Pälchen, W.; Ossenkopf, W. & Taubert, P. (1967): Die Kohlentonsteine aus dem Steinkohlenbecken von Zwickau-Oelsnitz, Freital-Döhlen (bei Dresden) und Doberlug. – Freiburger Forschungshefte, **C 211**: 1–146, 75 Abb., 9 Tab., Leipzig.
- Rößler, R. (1999): Paläontologische Schätze im Naturalienkabinett Waldenburg. Eine Sammlung der ersten Fossilfunde in Mitteleuropa. – Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz, **22**: 65–78, Chemnitz.
- Rößler, R. (2000): The late Palaeozoic tree fern *Psaronius* – an ecosystem unto itself. – Review of Palaeobotany and Palynology, **108**: 55–74, Amsterdam.
- Rößler, R. (2007): Der erste Siegelbaum (*Sigillaria* cf. *brardii* Brongniart) aus dem Versteinerten Wald von Chemnitz. – Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz, **30**: 153–156, Chemnitz.
- Rößler, R. (2014): Die Bewurzelung permischer Calamiten – Aussage eines Schlüsselfundes zur Existenz freistehender baumförmiger Schachtelhalmgewächse innerhalb der Paläofloren des äquatornahen Gondwana. – Freiburger Forschungshefte, **C 548**: 9–37, Freiberg.
- Rößler, R. & Barthel, M. (1998): Rotliegend taphocoenoses preservation favoured by rhyolitic explosive vulcanism. – Freiburger Forschungshefte, **C 474**: 59–101, Freiberg.
- Rößler, R.; Feng, Z. & Noll, R. (2012): The largest calamite and its growth architecture – *Arthropitys bistriata* from the Early Permian Petrified Forest of Chemnitz. – Review of Palaeobotany and Palynology, **185**: 64–78, Amsterdam.
- Rößler, R. & Galtier, J. (2003): The first evidence of the fern *Botryopteris* from the Permian of the Southern Hemisphere reflecting growth diversity. – Review of Palaeobotany and Palynology, **127**: 99–124, Amsterdam.
- Rößler, R. & Noll, R. (2007a): *Calamitea* Cotta, the correct name for calamitean sphenopsids currently classified as *Calamodendron* Brongniart. – Review of Palaeobotany and Palynology, **144**: 157–180, Amsterdam.
- Rößler, R. & Noll, R. (2007b): Forschungsgeschichte, Paläobiologie und Rekonstruktion eines baumförmigen Schachtelhalmgewächses aus dem Perm: *Calamitea* Cotta 1832. – Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz, **30**: 61–82, Chemnitz.
- Rößler, R. & Noll, R. (2010): Die Calamiten der Gattung *Arthropitys* Goeppert 1864 im Versteinerten Wald von Chemnitz. – Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz, **33**: 89–112, Chemnitz.
- Rößler, R. & Thiele-Bourcier, M. (1999): Neue Organzusammenhänge eines Calamiten – taphonomische Beobachtungen im Oberkarbon des Saar-Nahe-Beckens. – Freiburger Forschungshefte, **C 481**: 49–61, Freiberg.
- Rothwell, G. W. (1988): Cordaitales. – In: Beck, C. B. (Edit.): Origin and Evolution of Gymnosperms. – 273–297, New York.
- Rothwell, G. W. (1991): *Botryopteris forensis* (Botryopteridaceae) a trunk epiphyte of the tree fern *Psaronius*. – American Journal of Botany, **78** (6): 782–788.
- Rothwell, G. W. & Blickle, A. H. (1982): *Psaronius magnificus* n. comb., a mararattialean fern from the Upper Pennsylvanian of North America. – Palaeontology, **56**: 459–468, London.
- Rothwell, G. W. & Warner, S. (1984): *Cordaixylon dumosum* n. sp. (Cordaitales). I. Vegetative structures. – Botanical Gazette, **145**: 275–291, Chicago.
- Schauer, M. & Walter, H. (2012): Das Rotliegend im Briesnitzer Becken in Dresden. – Stratigraphie von Deutschland, **X**, Rotliegend, Teil I: Innervariscische Becken: 626–632, Hannover.
- Schenk, A. (1883): Pflanzen aus der Steinkohlenformation. – In: Richthofen, R. v.: China. – **4**: 211–244, Berlin.
- Schenke, G. (1969): Die Einregelung von Calamitenachsen im I. Flözpaket des Döhlener Beckens. – Geologie **18** (10): 1206–1213, 7 Abb., Berlin.
- Scheuchzer, J. J. (1709): Herbarium Diluvianum. – Leiden (P. Vander Lugdunum Batavorum).
- Schlotheim von, E. F. (1804): Beschreibung merkwürdiger Kräuterabdrücke und Pflanzenversteinerungen. – 1–168, Gotha (Beckersche Buchhandlung).
- Schlotheim von, E. F. (1820): Die Petrefaktenkunde auf ihrem jetzigen Standpunkte, durch die Beschreibung seiner Sammlung versteinerner und fossiler Überreste des Thier- und Pflanzenreichs der Vorwelt erläutert. – Gotha (Beckersche Buchhandlung).
- Schneider, J. W. (1999) unter Mitarbeit von Jana Göbel: Jungpaläozoikum der Döhlener Senke. – In: Alexowsky, W.; Koch, E. A.; Kurze, M.; Schneider J. W.; Träger, K. & Wolf, L. (Eds.) mit Beitr. von Jana Göbel, H. Joisten, Kati Kardel, Gudrun Palme, L. Pfeiffer, R. Pohlenz, TH. Seifert, H. Weber, C.-D. Werner, W. Wilkr & Brunhild Witthauer: Geologische Karte des Freistaates Sachsen 1: 25.000, Erläuterungen zu Blatt 5048 Kreischa, 3. neu bearb. Aufl. – 38–61, 5 Abb., Freiberg.

- Schneider, J. W. & Barthel, M. (1997): Eine Taphocoenose mit *Arthropleura* (Arthropoda) aus dem Rotliegend (?Unterperm) des Döhlen Becken (Elbe-Zone, Sachsen). – Freiberger Forschungshefte, **C 466**: 183–223, 8 Abb., 9 Taf., Freiberg.
- Schneider, J. W. & Eichler, B. (2012): Oldest known potamolepid freshwater sponges (Desmospongiae) from the Early Permian Döhlen Basin, Germany. – Centenary Meeting of the Paläontologische Gesellschaft, Abstracts: **155**, Berlin.
- Schneider, J. W. & Gebhardt, U. (1992): Dasycladaceen und andere „marine“ Algen in lakustrischen Kalken des Unter-Perm (Assel) im intramontanen Döhlen Becken (Elbe-Zone, Sachsen). – Freiberger Forschungshefte **C 445**: 66–88, Leipzig.
- Schüller, A. & Hoehne, K. (1951): Zur Nomenklatur und Genese der Tonsteine. – Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte, **10**: 97–109, Stuttgart.
- Schulze, C. F. (1755): Kurtze Betrachtungen derer Kräuterabdrücke im Steinreiche. – 1–76, 6 Abb., Dresden, Leipzig (Verlag Friedrich Hekel).
- Schulze, C. F. (1759): Zufällige Gedanken über den Ursprung und über die Nutzung der bey Dresden befindlichen Steinkohlen. – 1–30, Dresden (Verlag M. Gröll).
- Schulze, C. F. (1764): Zufällige Gedanken über den Nutzen der Steinkohlen und des Torfes auf wirthschaftlichen Brennstätten. – 1–67, Dresden-Friedrichstadt, (Verlag C. H. Hagenmüller).
- Scott, D. H. (1930): On a *Scolecoperis* (*S. olivieri*, sp. n.) from the permo-Carboniferous of Autun. I. The Fructification. – Botanical Journal of the Linnean Society, **49**: 1–12, London.
- Shute, C. H. & Cleal, C. J. (1989): The holotype of the Carboniferous marattialean fern *Lobatopteris miltoni* (Artis). – Bulletin of the British Museum (Natural History) Geology, **45** (1): 71–76.
- Šimůnek, Z. (1989): Stephanian and Permian species of Alethopteris from Bohemia and Moravia. – Sborník geol. věd, Paleontologie, **30**: 123–158, Praha.
- Šimůnek, Z. (1999): Cuticles of *Neurodontopteris auriculata* (Brongniart) Potonie from the Stephanian B of the Czech Republic. – Acta Universitatis Carolinae-Geologica, **43** (4): 625–663.
- Šimůnek, Z. (2007): New Classification of the genus *Cordaites* from the Carboniferous and Permian of the Bohemian Massif, Based on Cuticle Micromorphology. – Acta Musei Nationalis Pragae, Series B, Historia Naturalis, **62** (3–4): 97–210, Praha.
- Šimůnek, Z. & Libertin, M. (2006): *Cordaites schatzlarensis* sp. nov. and *Samaropsis newberryi* (Andrews) Seward from the Westphalian (Carboniferous) of the Žacléř area (Czech Republic). – Review of Palaeobotany and Palynology, **138**: 43–62, Amsterdam.
- Šimůnek, Z. & Florjan, S. (2013): The Pennsylvanian cordaitalean dispersed cuticles from the Upper Silesian Basin (Poland). – Review of Palaeobotany and Palynology, **197**: 26–49, Amsterdam.
- Solms-Laubach, H. (1883): Zur Geschichte der *Scolecoperis* Zenk. – Nachrichten der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften und der Georg-August-Universität zu Göttingen, **2**: 26–38, Göttingen.
- Sternberg, Graf K. (1821): Versuch einer geognostisch-botanischen Darstellung der Flora der Vorwelt, **1** (2): 1–24, Leipzig.
- Sternberg, Graf K. (1825): Versuch einer geognostisch-botanischen Darstellung der Flora der Vorwelt, **1** (4): 1–48, Leipzig.
- Sternberg, Graf K. (1838): Versuch einer geognostisch-botanischen Darstellung der Flora der Vorwelt. – **2** (7), Prag.
- Sterzel, J. T. (1881a): Über die Flora der unteren Schichten des Plauenschen Grundes. – Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, **33**: 339–347, Hannover.
- Sterzel, J. T. (1881b): Paläontologischer Charakter der oberen Steinkohlenformation und des Rothliegenden im Erzgebirgischen Becken. – Bericht der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Chemnitz, **7**: 155–270, Chemnitz.
- Sterzel, J. T. (1883): Über *Dicksonites Pluckenetii* Schlotheim sp. – Botanisches Zentralblatt, **13** (8/9): 1–11, Cassel.
- Sterzel, J. T. (1886): Die Flora des Rothliegenden im nordwestlichen Sachsen. – Paläontologische Abhandlungen, **3** (4), Berlin.
- Sterzel, J. T. (1893): Die Flora des Rothliegenden im Plauenschen Grunde bei Dresden. – Abhandlungen der Mathematisch-Physikalischen Classe der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, **19**: 1–172, Leipzig.
- Sterzel, J. T. (1901): Die Flora des Rothliegenden von Ilfeld am Harz. – Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, **1901**: 417–427, Stuttgart.
- Sterzel, J. T. (1918): Die organischen Reste des Kulms und Rothliegenden der Gegend von Chemnitz. – Abhandlungen der Königlich-Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, Mathematisch-physikalische Klasse, **5**: 205–315, Leipzig.
- Stevens, L. G. & Hilton, J. (2009): Ontogeny and ecology of the filicanain fern *Oligocarpia gothanii* (Gleicheniaceae) from the Middle Permian of China. – American Journal of Botany, **96** (2): 475–486, St. Louis.
- Storch, D. & Barthel, M. (1980): Adventivwurzeln bei *Sphenophyllum*-Arten. – Zeitschrift für geologische Wissenschaften, **8** (12): 1571–1579, Berlin.
- Strasburger, E. (1874): Über *Scolecoperis elegans* Zenk., einen fossilen Farn aus der Gruppe der Marattiaceae. – Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaften, **8**: 81–95, Jena.
- Stur, D. (1883): Zur Morphologie und Systematik der Culm- und Carbonfarne. – Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, 1. Abteilung, **88** (Juli-Heft): 1–214, Wien.
- Stutzer, O. (1931): Vulkanische Aschen als Leitlagen in Kohlenflözen. – Zeitschrift für praktische Geologie **39**: 145–148, 7 Abb., Berlin.
- Süß, H. & Rangnow, P. (1984): Die Fossiliensammlung Heinrich Cottas im Museum für Naturkunde der Humboldt-Universität zu Berlin. – Neue Museumskunde, **27**: 17–30, Berlin.
- Tauber, A. (1799): Beschreibung des Plauischen Grundes bis Tharand. – In: Becker, W. G.: Vom Plauischen Grunde bei Dresden, mit Hinsicht auf Naturgeschichte und schöne Gartenkunst. – **2**, Nürnberg.
- Taylor, T. N.; Taylor, E. L. & Krings, M. (2009): Paleobotany. The Biology and Evolution of fossil plants. 2. Edit. – 1–1230, Elsevier Inc., Amsterdam.
- Thalheim, K.; Reichel, W. & Witzke, K. (1991): Die Minerale des Döhlener Beckens. – Schriften des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden, **3**: 1–131, 136 Abb., 3 Tab., 2 Grubenrisse, Dresden.
- Thomas, B. A. (1997): Upper herbaceous lycopsids. – Review of Palaeobotany and Palynology, **95**: 129–153, Amsterdam.

- Trivett, M. L. (1992): Growth architecture, structure, and relationships of *Cordaioxylon iowensis* nov. comb. (Cordaitales). – International Journal of Plant Sciences, **153** (2): 273–287, Chicago.
- Trivett, M. L. & Rothwell, G. W. (1991): Diversity among Paleozoic Cordaitales. – Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen, **183** (1–3): 289–305. Stuttgart.
- Wagner, R. H. (1958): *Pecopteris pseudobucklandi* and its general affinities. – Mededelingen van de Geologische Stichting, N. S., **12**: 25–30, Maastricht.
- Wagner, R. H. (1959): Some Stephanian pecopterids from NW Spain. – Mededelingen van de Geologische Stichting, N. S., **12**: 5–23, Maastricht.
- Wagner, R. H. (1983): A lower Rotliegend Flora from Ayrshire. – Scottish Journal. Geology, **19** (2): 135–155, Edinburgh.
- Wagner, R. H. (1989): A late Stephanian forest swamp with *Sporangiostrobus* fossilised by volcanic ash fall in the Puertollano Basin, central Spain. – International Journal of Coal Geology, **12**: 523–552, Amsterdam.
- Wagner, R. H. & Alvarez-Ramis, C. (2010): The Carboniferous floras of the Iberian Peninsula: A synthesis with geological connotations. – Review of Palaeobotany and Palynology, **162**: 239–324, Amsterdam.
- Wagner, R. H. & Sousa, L. de (1983): Two rare Pecopterids from Westphalian D and Stephanian strata in the Western Iberian Peninsula. – In: Sousa, L. de: Contributions to the Carboniferous Geology and Palaeontology of the Iberian Peninsula. – 229–240, Porto.
- Wagner, R. H. & Sousa, L. de (1985): *Oligocarpia leptophylla* (Bunbury), nomenclatorial history and description of the lectotype. – In: Anais Facult. Cienc. – Suppl. **64**: 481–490, Porto.
- Walter, H. & Hoffmann, U. (2001): Lebensspuren aus dem Rotliegend der Döhlen-Senke (Sachsen). – Freiburger Forschungshefte, **C 492**: 121–158, Freiberg.
- Wang, J., Pfefferkorn, H.W., Zhang, Yi & Feng, Z. (2012): Permian vegetational Pompeii from Inner Mongolia and its implications for landscape paleoecology and paleobiogeography of Cathaysia. – Proceedings of the National Academy of Sciences, **109** (13): 4927–4932, Washington, D.C.
- Weber, O. & Sterzel, J. T. (1896): Beiträge zur Kenntnis der Medulloseae. – Berichte der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Chemnitz, **13**: 44–143, Chemnitz
- Weiss, C. E. (1869–72): Fossile Flora der jüngsten Steinkohlenformation und des Rothliegenden im Saar-Rhein-Gebiete. – 1–250, Bonn (Verl. A. Henry).
- Weiss, C. E. (1876): Steinkohlen-Calamarien (I) mit besonderer Berücksichtigung ihrer Fructifikationen. – Abhandlungen zur Geologischen Spezialkarte von Preußen, **2** (1), Berlin.
- Weiss, C. E. (1884): Steinkohlen-Calamarien (II). – Abhandlungen zur Geologischen Spezialkarte von Preußen, **5** (2), Berlin.
- Weiß, H.-J. (2001): Keimpflanzen des Baumfarns *Scolecopteris/Psaronius* aus dem Rotliegend (Unter-Perm). – Veröffentlichungen des Naturhistorischen Museums Schleusingen, **16**: 15–16, Schleusingen.
- Weiß, H.-J. (2002): Beobachtungen zur Variabilität des „Madenfarns“. – Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz, **25**: 57–62, Chemnitz.
- Werneburg, R. (1991): Die Branchiosaurier aus dem Unterrotliegend des Döhlener Beckens bei Dresden. – Veröffentlichungen des Naturhistorischen Museums Schleusingen, **6**: 75–99, Schleusingen.
- Wittry, J.; Glasspool, I. J.; Bethoux, O.; Koll, R. & Cleal, Ch. J. (2014): A revision of the Pennsylvanian marattialean fern *Loxopteris vestita* auct. and related species. – Journal of Systematic Paleontology, DOI 10.1080/14772019.2014.936915.
- Zenker, F. C. (1837): *Scolecopteris elegans*, ein neues fossiles Farngewächs mit Fructifikation. – Linnaea, **11**: 509–512, Berlin.
- Zeiller, R. (1883): Fructifications de fougères du terrain houiller de la France. – Ann. des Sciences Natur. 6. serie, Botanique, **16**: 177–209, Paris.
- Zeiller, R. (1888): Études sur le terrain houiller de Commeny, livre 2, Flore fossile, 1. Part. – Bulletin Société Industrie Minières, **2** (3): 1–366, St. Étienne.
- Zeiller, R. (1892): Bassin houiller et Permien de Brive, Fasc. 2, Flore fossile. – Études des Gîtes Minéraux de la France, 1–132, Paris.
- Zeiller, R. (1906): Bassin houiller et Permien de Blanzay et du Creusot, Fasc. 2, Flore fossile. – Études des Gîtes Minéraux de la France, 1–266, Paris.
- Zodrow, E. L. & Cleal, C. J. (1993): The epidermal structure of the Carboniferous gymnosperm frond *Reticulopteris*. – Palaeontology, **36** (1): 65–79.
- Zodrow, E. L.; D'Angelo, J. A. & Al-Sharrah, A. (2014): Morphology and histochemistry of coalified *Trigonocarpus grandis* (Sydney Coalfield, Canada): Implications for the preservation, chemotaxonomy, and evolution of medullosean ovules. – International Journal of Coal Geology, **122**: 61–75, Amsterdam.
- Zodrow, E. L. & Gao, Z. (1991): *Leeites oblongifolis* nov. gen. et sp., (Sphenophyllaeon, Carboniferous). Sydney coalfield, Nova Scotia, Canada. – Palaeontographica, **B 223** (1–3): 61–80, Stuttgart.
- Zodrow, E. L.; Šimůnek, Z.; Cleal, C. J.; Bek, J. & Pšenička, J. (2006): Taxonomic revision of the Palaeozoic marattialean fern *Acitheca* Schimper. – Review of Palaeobotany and Palynology, **138**: 239–280.
- Zürnstein, L. (1982): Paläontologisch-geologische Untersuchungen im Permosiles des Zschonergrundes bei Dresden-Merbitz in der Elbtalzone. – Unveröff. Studienarbeit, Fachrichtung Geologie, Bergakademie Freiberg. (Archiv TU Bergakademie Freiberg).

