

Fortschritte in der Geologie von Rheinland und Westfalen

**Die Pflanzenfossilien im Westfal D,
Stefan und Rotliegend
Norddeutschlands**



Fortschritte in der Geologie von Rheinland und Westfalen

Fortschritte in der Geologie von Rheinland und Westfalen

Band 39

Die Pflanzenfossilien im Westfal D,
Stefan und Rotliegend Norddeutschlands

Von

KARL-HEINZ JOSTEN und HENDRIK W. J. VAN AMEROM

Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen
Krefeld 1999

Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.	39	168 S.	39 Abb.	4 Tab.	25 Taf.	Krefeld 1999
------------------------------------	-----------	--------	---------	--------	---------	--------------

Alle Rechte vorbehalten

© 1999 Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen
Postfach 10 80 · D-47710 Krefeld

Verfasser:

Dipl.-Geol. Dr. KARL-HEINZ JOSTEN
Kirschenallee 14 · D-47918 Tönisvorst

Dr. HENDRIK W. J. VAN AMEROM
Jos Habetsstraat 30 · NL-6419 CD Heerlen

Redaktion:

Dipl.-Geol. Dr. RAINER WOLF

Druck:

Obermann GmbH & Co KG · Krefeld

Printed in Germany/Imprimé en Allemagne

ISSN 0071-8009
ISBN 3-86029-839-9

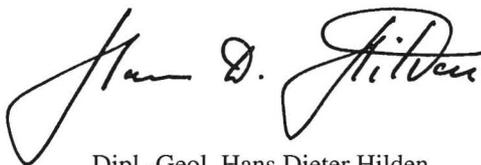
Vorwort

Mit dem vorliegenden Band „Die Pflanzenfossilien im Westfal D, Stefan und Rotliegend Norddeutschlands“ führt das Geologische Landesamt Nordrhein-Westfalen eine lange Tradition der Erforschung der vorzeitlichen Vegetation fort. Damit erfahren die früheren Veröffentlichungen über die Floren des älteren und mittleren Oberkarbons, die ebenfalls in der Schriftenreihe „Fortschritte in der Geologie von Rheinland und Westfalen“ erschienen sind, eine Weiterführung bis in die permo-karbonische Zeit.

Während die Publikationen „Die fossilen Floren im Namur des Ruhrkarbons“ (JOSTEN 1983) und „Die Steinkohlen-Floren Nordwestdeutschlands“ (JOSTEN 1991) Pflanzenfossilien der bergbaulich erschlossenen Gebiete behandeln, stammen die hier beschriebenen Pflanzen vorwiegend aus Tiefbohrungen für die Erdöl- und Erdgasexploration im norddeutschen Raum und dem südlichen Teil der Nordsee. Darin zeigt sich die enge Verzahnung der geowissenschaftlichen Grundlagenforschung mit der angewandten Paläobotanik.

Unter Einbeziehung der genannten Publikationen über die Floren des älteren und mittleren Oberkarbons gibt das vorliegende Buch abschließend einen Überblick über die Entwicklung der Pflanzenassoziationen vom frühen Oberkarbon (Namur) bis zum älteren Perm. Der Wandel der Pflanzenwelt, aber auch die auffallende Persistenz mancher Gattungen und Arten wird beschrieben. Dabei wird auch die Abhängigkeit der Flora von den ökologischen und klimatischen Umweltbedingungen aufgezeigt. In fünf Vegetationsbildern werden die Veränderungen der Flora im Laufe der Oberkarbon-Zeit – etwa 35 Millionen Jahre der Erdgeschichte – anschaulich.

Die Publikation ist für den stratigraphisch arbeitenden Geologen eine unentbehrliche Hilfe. Nicht weniger nützlich ist sie für den Studierenden der Geologie und Paläontologie, den Geologie-Techniker sowie für den Liebhaber und Sammler der Pflanzenfossilien aus der Steinkohlenzeit.



Dipl.-Geol. Hans Dieter Hilden

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung	13
2 Geologischer Überblick	14
3 Beschreibung der fossilen Pflanzen	17
3.1 <i>Articulatae</i>	17
3.1.1 <i>Calamites</i> SUCKOW	17
3.1.2 <i>Annularia</i> STERNBERG	18
3.1.3 <i>Asterophyllites</i> BRONGNIART	20
3.1.4 <i>Sphenophyllum</i> BRONGNIART	21
3.2 <i>Lycopsida</i>	23
3.2.1 <i>Lepidodendron</i> STERNBERG	23
3.2.2 <i>Lepidophloios</i> STERNBERG	23
3.2.3 <i>Bothrodendron</i> LINDLEY & HUTTON	23
3.2.4 <i>Asolanus</i> WOOD	24
3.2.5 <i>Ulodendron</i> LINDLEY & HUTTON	24
3.2.6 <i>Sigillaria</i> BRONGNIART	24
3.3 <i>Pteridophylla</i>	25
3.3.1 <i>Sphenopteris</i> BRONGNIART	25
3.3.2 <i>Eusphenopteris</i> SIMSON-SCHAROLD	26
3.3.3 <i>Mariopteris</i> ZEILLER	27
3.3.4 <i>Pecopteris</i> BRONGNIART	27
3.3.5 <i>Alethopteris</i> STERNBERG	52
3.3.6 <i>Neuropteris</i> BRONGNIART	52
3.3.7 <i>Reticulopteris</i> GOTHAN	53
3.3.8 <i>Paripteris</i> GOTHAN	54
3.3.9 <i>Linopteris</i> PRESL	54
3.3.10 <i>Odontopteris</i> STERNBERG	55
3.3.11 <i>Callipteris</i> BRONGNIART	58
3.4 <i>Cycadopsida</i>	59
3.4.1 <i>Pterophyllum</i> BRONGNIART	59
3.5 <i>Coniferopsida</i>	61
3.5.1 <i>Cordaites</i> UNGER	61
3.5.2 <i>Walchia</i> STERNBERG	62
3.5.3 <i>Ernestiodendron</i> FLORIN	63

	Seite
4 Zur Pflanzenstratigraphie des höheren Oberkarbons und Rotliegend ...	64
4.1 Westfal D	64
4.2 Stefan	71
4.3 Rotliegend	71
5 Überblick über die Entwicklung der Pflanzenassoziationen im Oberkarbon und Rotliegend	74
5.1 Namur A	74
5.2 Namur B	78
5.3 Namur C	79
5.4 Westfal A	80
5.5 Westfal B	80
5.6 Westfal C	81
5.7 Westfal D	84
5.8 Stefan – Rotliegend	90
6 Schriftenverzeichnis	94
7 Sach- und Ortsregister	152
8 Autoren- und Personenregister	158
9 Fossilregister	161

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1 Übersicht über das Oberkarbon in Deutschland und angrenzenden Gebieten	14
Abb. 2 Lage der paläobotanisch untersuchten Tiefbohrungen in Norddeutschland und im deutsch-niederländischen Grenzgebiet	15
Abb. 3 <i>Annularia spicata</i> (GUTBIER) SCHIMPER	19
Abb. 4 <i>Sphenophyllum verticillatum</i> SCHLOTHEIM	22
Abb. 5 <i>Sphenopteris germanica</i> WEISS	26
Abb. 6 <i>Pecopteris (Asterotheca) arborescens</i> (SCHLOTHEIM) STERNBERG	31
Abb. 7 <i>Pecopteris (Asterotheca) cyathea</i> (SCHLOTHEIM) BRONGNIART	33
Abb. 8 <i>Pecopteris (Asterotheca) cyathea</i> (SCHLOTHEIM) BRONGNIART	33
Abb. 9 <i>Pecopteris (Asterotheca) candolleana</i> BRONGNIART	35
Abb. 10 <i>Pecopteris (Asterotheca) lamuriana</i> HEER	36
Abb. 11 <i>Pecopteris (Asterotheca) lamuriana</i> HEER	36
Abb. 12 <i>Pecopteris (Asterotheca) hemitelioides</i> BRONGNIART	37
Abb. 13 <i>Pecopteris (Asterotheca) hemitelioides</i> BRONGNIART	37
Abb. 14 <i>Pecopteris (Asterotheca) micromiltoni</i> (BERTRAND) CORSIN	39

Abb. 15	<i>Pecopteris (Asterotheca) micromiltoni</i> (BERTRAND) CORSIN	40
Abb. 16	<i>Pecopteris (Acitheca) polymorpha</i> BRONGNIART	41
Abb. 17	<i>Pecopteris (Acitheca) polymorpha</i> BRONGNIART	41
Abb. 18	<i>Pecopteris (Nemejcopteris) feminaeformis</i> (SCHLOTHEIM)	43
Abb. 19	<i>Pecopteris (Ptychocarpus) unita</i> BRONGNIART	44
Abb. 20	<i>Pecopteris (Ptychocarpus) unita</i> BRONGNIART	44
Abb. 21	<i>Pecopteris (Ptychocarpus) unita</i> BRONGNIART	45
Abb. 22	<i>Pecopteris vestita</i> LESQUEREUX	46
Abb. 23	<i>Pecopteris vestita</i> WHITE	46
Abb. 24	<i>Pecopteris obliquenervis</i> CORSIN	47
Abb. 25	<i>Pecopteris affinis</i> BRONGNIART	49
Abb. 26	<i>Pecopteris</i> cf. <i>affinis</i> BRONGNIART	49
Abb. 27	<i>Pecopteris koenigi</i> CORSIN	50
Abb. 28	<i>Pecopteris koenigi</i> CORSIN	50
Abb. 29	<i>Pecopteris raconensis</i> (NĚMEJC) WAGNER	51
Abb. 30	<i>Odontopteris subcrenulata</i> ROST	56
Abb. 31	<i>Odontopteris osmundaeformis</i> SCHLOTHEIM	57
Abb. 32	<i>Odontopteris</i> cf. <i>osmundaeformis</i> SCHLOTHEIM	57
Abb. 33	<i>Callipteris naumanni</i> GUTBIER	59
Abb. 34	Vereinfachte Schichtenschnitte des jüngeren Oberkarbons im Osnabrücker Bergland	65
Abb. 35	Vegetationsbild des Namurs A	76 – 77
Abb. 36	Vegetationsbild des Westfals A – B	82 – 83
Abb. 37	Vegetationsbild des älteren Westfals D	86 – 87
Abb. 38	Vegetationsbild des jüngeren Westfals D	88 – 89
Abb. 39	Vegetationsbild des Stefans – Rotliegend	92 – 93

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1	Übersicht über die Spezies der Gattung <i>Pecopteris</i> vom Westfal D bis Rotliegend	28 – 29
Tab. 2	Übersicht über die Spezies der Gattung <i>Pecopteris</i> im älteren und mittleren Oberkarbon	30
Tab. 3	Stratigraphische Verbreitung und Häufigkeit der Pflanzenfossilien vom höheren Oberkarbon bis zum Rotliegend Norddeutschlands	67 – 69
Tab. 4	Stratigraphische Verbreitung und Häufigkeit der Pflanzenfossilien im höheren Oberkarbon des Saar-Lothringer Kohlenbeckens	72 – 73

Tafel 1 – 25	102 – 151
---------------------	-----------

Die Pflanzenfossilien im Westfal D, Stefan und Rotliegend Norddeutschlands

Flora, taxonomy, Westphalian D, Stephanian, Rotliegend (Lower Permian), biostratigraphy, Northern Germany

Kurzfassung: Der tiefere Untergrund von Norddeutschland und dem südlichen Teil der Nordsee wurde durch zahlreiche Explorationsbohrungen der Erdöl-Erdgas-Firmen erschlossen. Sie haben Schichten des Oberkarbons und Permokarbons erreicht und brachten umfangreiche Pflanzenfossilien vom Namur bis zum Rotliegend zutage.

Ausgehend von der Flora im Westfal C – D des Osnabrücker Berglandes (Ibbenbüren und Piesberg) werden die permokarbonischen Pflanzen (Westfal D bis Rotliegend) der Tiefbohrungen morphologisch und stratigraphisch bearbeitet. Die Beschreibungen der erstmalig in Norddeutschland gefundenen Arten sind durch Zeichnungen und Fototafeln ergänzt. Die Spezies der artenreichen Formgattung *Pecopteris* sind mit ihren charakteristischen Merkmalen in Übersichtstabellen zusammengestellt und skizziert. Zeitgleiche, aber unterschiedliche Makro- und Mikroflora im Westfal D des Emslandes werden in Zusammenhang gebracht mit paläogeographischen und ökologischen Gegebenheiten.

Das stratigraphische Vorkommen und die Häufigkeit der Pflanzenspezies in Norddeutschland wird mit dem in anderen Karbon-Gebieten verglichen, insbesondere mit dem der Niederlande, dem in Nordfrankreich, Großbritannien sowie mit der Verbreitung in den limnischen Ablagerungen des Saar-Lothringer Beckens und im französischen Zentralplateau. In zwei Tabellen ist die vertikale Verbreitung der Pflanzen vom höheren Oberkarbon bis in das Rotliegend zusammengestellt.

Abschließend wird in einer Übersicht die Entwicklung der Pflanzenassoziationen im Oberkarbon, vom tiefen Namur bis in das Rotliegend, beschrieben.

[Fossil plants in the Westphalian D, Stephanian and Rotliegend (Lower Permian) layers of Northern Germany]

Abstract: Extensive exploration in depth by oil and natural gas companies in the northern part of Germany and in the southern North Sea proved the presence of Upper Carboniferous and Permocarboniferous deposits. Many fossil plants were discovered, ranging in age from Namurian to Autunian.

Following the study of the Westphalian C – D flora of the coal deposits near Osnabrück (Ibbenbüren and Piesberg), the plant remains from the boreholes, ranging from Westphalian D to Rotliegend, have been examined morphologically and stratigraphically. Descriptions of individual species found for the first time in northern Germany are complemented by drawings and photographs. The species of the genus *Pecopteris* are arranged in a table in relation to their characteristic features. The presence of synchronous but different plant remains is attributed to their growth in special ecological environmental conditions.

The stratigraphical distribution and frequency of the different plant species from Westphalian D to Lower Permian is shown in a table. Stratigraphical comparisons with plants in the limnic Saar-Lorraine basin can be seen in another table.

In conclusion, an overview is presented of the development of plant associations from the lower Namurian to the Rotliegend layers.

[Les plantes fossiles du Westphalien D, Stéphanien et Rotliegend d'Allemagne du Nord]

Résumé : Le sous-sol profond de l'Allemagne du Nord et de la partie Sud de la Mer du Nord a été exploré par de nombreux sondages, pour la recherche du pétrole et du gaz. Ces sondages ont recoupé des faisceaux de couches du Permo-Carbonifère (du Namurien jusqu'au Rotliegend), et ont fourni de nombreux restes de plantes fossiles.

Du fait qu'elles apportent une information complémentaire de celle de la flore du Westphalien C – D du „Osnabrücker Bergland” (Ibbenbüren et Piesberg), les plantes récoltées dans la séquence s'étendant du Westphalien D au Rotliegend de ces sondages sont étudiées au point de vue systématique et stratigraphique. Les descriptions de ces espèces, qui sont rencontrées pour la première fois en Allemagne du Nord, sont complétées par des dessins et des illustrations photographiques. Les caractères distinctifs des nombreuses espèces du genre de forme *Pecopteris* sont précisés à l'aide de dessins, et sont présentés dans un tableau comparatif.

Les différences présentées par les macro- et microflores du Westphalien D en Emsland, par rapport aux ensembles contemporains, sont mises en relation avec des conditions paléogéographiques et paléoécologiques différentes.

La répartition stratigraphique des plantes fossiles rencontrées en Allemagne du Nord est comparée avec celle des autres gisements carbonifères, notamment des Pays-Bas, du Nord de la France, d'Angleterre, et des dépôts limniques de Sarre-Lorraine et du Massif Central français. Les extensions verticales des plantes, du Carbonifère supérieur au Rotliegend, sont rassemblées en deux tableaux.

Une présentation générale de la succession des associations végétales depuis le Namurien jusqu'au Rotliegend est fournie en conclusion.

1 Einleitung

Zahlreiche Bohrungen der Erdöl-Erdgas-Industrie haben im tieferen Untergrund des norddeutschen Raumes das Oberkarbon erschlossen. Das führte zu einer beträchtlichen Erweiterung unserer Kenntnisse über die Schichtenfolge und die regionale Verbreitung der Steinkohlenformation, vom norddeutschen Flachland bis in den Bereich der Nordsee.

Die Bohrungen wurden nicht vollständig gekernt. Dennoch brachten manche eine reiche und gut konservierte Flora zutage, die einen Eindruck von den Pflanzenassoziationen und der Florenfolge vermittelt. Oft liegen aber nur wenige Orientierungskerne vor, so daß die Ausbeute an pflanzlichen Abdrücken spärlich ist und die stratigraphische Einordnung entsprechend ungenau bleiben muß. Aber selbst einzelne Fossilien und solche von stratigraphisch untergeordneter Bedeutung haben sich, im Zusammenhang mit anderen Untersuchungen, für die Stratigraphie als hilfreich erwiesen, zum Beispiel bei der Auswertung von geophysikalischen Bohrlochmessungen.

Manche Pflanzen lassen infolge schlechter Erhaltung nur die Bestimmung der Gattungszugehörigkeit zu. Auch aus diesem Grund wurden die umfassenderen Gattungsbezeichnungen, insbesondere für das Formgenus *Pecopteris*, beibehalten, wie sie auch in den unten genannten Monographien angewandt sind.

Eine Vollständigkeit der Flora der einzelnen stratigraphischen Stufen und Zonen wird nicht angestrebt. Sie kann, insbesondere in den permokarbonischen Schichten, auch nicht erreicht werden, da hier nur wenige pflanzenführende Bohrkerne vorliegen. Es ist vielmehr das Ziel, die Flora aus dem norddeutschen paralischen Oberkarbon nach dem derzeitigen Stand der Aufschlüsse und Kenntnisse zu beschreiben und die bereits publizierten Monographien um das jüngere Karbon bzw. Permokarbon zu ergänzen.

Nach der Publikation der Monographien „Die fossilen Floren im Namur des Ruhrkarbons“ (JOSTEN 1983) und „Die Steinkohlen-Floren Nordwestdeutschlands“ (JOSTEN 1991) behandelt der vorliegende Band die Pflanzenfunde des jüngeren Oberkarbons, vom Westfal D bis in das Rotliegend, im Untergrund des norddeutschen Raumes. Die paläobotanisch-stratigraphische Bearbeitung dieser Bohrungen (JOSTEN 1995) erfolgte mit freundlicher Förderung durch die Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle e. V. (DGMK). Die photographischen Aufnahmen für die Tafeln verdanken wir Frau B. HÜSKES, das Lektorat wurde in vorzüglicher Weise von Frau T. HÖNING und Herrn U. ADAMS übernommen (alle Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf., Krefeld). Herrn Dr. R. H. WAGNER (Jardín Botánico de Córdoba, Spanien) danken wir für wertvolle Anregungen, die sich bei wiederholten Gesprächen und vergleichenden Untersuchungen wichtiger Pflanzenfossilien ergaben. Dabei zeigte sich für die stratigraphische Datierung der Bohrungen eine vollständige Übereinstimmung.

2 Geologischer Überblick

Die oberkarbonischen Sedimente in Norddeutschland gehören zu einem großen Ablagerungsraum, der sich nördlich des Variscischen Orogens (mit dem Rheinischen Schiefergebirge) bildete (Abb. 1). Dieses Sedimentationsbecken erstreckte sich von Großbritannien über Nordfrankreich, Belgien, die Niederlande bis in den südlichen Teil der Nordsee und in östlicher Fortsetzung bis in den Raum von Mecklenburg-Vorpommern und Oberschlesien.

Dieses Gebiet hat im Laufe der Oberkarbon-Zeit – bei stetiger Absenkung – große Sedimentfolgen aufgenommen, die in Nordwestdeutschland über 5 000 m Mächtigkeit erreichen (FIEBIG 1971, HEDEMANN & TEICHMÜLLER 1971). Gleichzeitig setzten sich die Fal-

tungsbewegungen von Südosten nach Nordwesten fort und führten zu einer Verkleinerung des Sedimentationsraumes (HEDEMANN et al. 1972). Damit änderten sich auch die Ablagerungsbedingungen. Die vorwiegend marinen Sedimente wurden mehr und mehr durch kontinentale, flözführende Ablagerungen des paraliischen Vorlandbeckens abgelöst. Die Verbindungen zum offenen Meer wurden seltener; sie bestanden nur noch vorübergehend zu Zeiten mariner Vorstöße (marine Horizonte). Die Bildung ausgedehnter Torfmoore setzte regional zu unterschiedlichen Zeiten ein: in Oberschlesien bereits im Namur A, im Aachener Gebiet im Namur B, im Ruhrgebiet im Namur C und in Mittelengland und Schottland zumeist erst im Westfal A.

Etwa gleichzeitig mit den Flözbildungen des paraliischen Kohlegürtels entstanden in festländischen Sen-



Abb. 1
Übersicht über das Oberkarbon in Deutschland und angrenzenden Gebieten

kungsgebieten die limnischen Kohlenlager (Saar-Lothringen, Niederschlesien, französisches Zentralplateau). Im Gegensatz zu den paralischen Kohlengebieten ist in den Binnenbecken die Schichtenfolge bis in das jüngste Oberkarbon und Unterperm gut entwickelt und mit der Bildung von Kohlen verbunden.



Abb. 2

Lage der paläobotanisch untersuchten Tiefbohrungen in Norddeutschland und im deutsch-niederländischen Grenzgebiet (zusammengestellt nach Unterlagen der Erdöl-Firmen)

Am Südrand des Ruhrgebietes treten oberkarbonische Schichten zutage. Nach Norden hin werden sie von jüngeren Sedimenten, vorwiegend aus dem Mesozoikum, in zunehmender Mächtigkeit überlagert. Lediglich im Osnabrücker Bergland tritt das Oberkarbon (Westfal C und D) inselartig zutage, und zwar bei Osnabrück (Piesberg und Hüggel) sowie bei Ibbenbüren (Schafberg). Das Oberkarbon, das im Untergrund Norddeutschlands durch zahlreiche Bohrungen erschlossen wurde, erstreckt sich vom deutsch-niederländischen Grenzbereich bis nach Mecklenburg-Vorpommern und etwa von der Linie Münster – Braunschweig bis in den südlichen Teil der Nordsee. Den dicht stehenden Bohraufschlüssen der Erdgasfelder im Westensland und im Weser-Ems-Gebiet südlich von Oldenburg stehen östlich der Weser nur wenige Aufschlüsse gegenüber. In der Abbildung 2 sind die Bohrungen zusammengestellt, die – vom Namur bis in das jüngste Westfal und Unterperm – eine mehr oder weniger reiche Flora zutage brachten und paläobotanisch untersucht wurden. Die taxonomische Bestimmung und stratigraphische Auswertung dieser Pflanzenfossilien von insgesamt 127 Tiefbohrungen wurde von JOSTEN (1995) veröffentlicht. In der vorliegenden Arbeit werden alle aus dem jüngeren Oberkarbon und Unteren Perm (Westfal D bis Rotliegend) stammenden Fossilien beschrieben und dargestellt, die nicht in den Monographien von JOSTEN (1983, 1991) enthalten sind.

Über die regionale Verbreitung des Westfals D, Stefans und Rotliegend im Untergrund von Norddeutschland sowie über die Schichtenfolge und Fazies haben, unter Berücksichtigung der verschiedensten geologischen Untersuchungen, unter anderen TRUSHEIM (1959), FABIAN (1963, 1971), HEDEMANN & TEICHMÜLLER (1971) und HEDEMANN (1985) veröffentlicht. Zur Sedimentologie und Klimaentwicklung in diesem Raum haben DAVID (1990) und SELTER (1990) geschrieben. Weitere geologische Untersuchungsergebnisse aus dem deutsch-niederländischen Grenzbereich wurden von BISEWSKI (1971), BLESS et al. (1977) und VAN TONGEREN & WONG (1996) publiziert.

Eine umfangreiche Übersicht über die Karbon-Ablagerungen in der Bundesrepublik Deutschland, unter Berücksichtigung der Stratigraphie, Tektonik, Vererzung, Kohlenpetrographie, Inkohlung, Fossilführung sowie der paläogeographischen Entwicklung, ist in Band 19 der „Fortschritte in der Geologie von Rheinland und Westfalen“ (Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen 1971) mit vollständiger Übersetzung in englischer und französischer Sprache veröffentlicht.

3 Beschreibung der fossilen Pflanzen

Die Beschreibung der Pflanzenfossilien bezieht sich auf die Gattungen und Spezies, die in den norddeutschen Tiefbohrungen und im Osnabrücker Karbon (bei Ibbenbüren und am Piesberg) in den Schichten des jüngeren Oberkarbons (Westfal D, Stefan) und im Rotliegend neu auftreten. Soweit es die Fossilfunde zulassen, wird dabei besonders die Variationsbreite der einzelnen Spezies berücksichtigt. Hinsichtlich der Pflanzen, die schon im tieferen Oberkarbon auftreten und bis in das Westfal D oder noch höher hinaufreichen, sei auf die früheren Bearbeitungen der Karbon-Floren (JOSTEN 1983, 1991) verwiesen. Diese Fossilien werden hier nicht neu beschrieben und bei den Gattungen nur bezüglich ihres geographischen und stratigraphischen Vorkommens angeführt. Beim Vergleich der stratigraphischen Verbreitung der Pflanzenspezies werden in erster Linie die Vorkommen im parasilischen Oberkarbon der benachbarten Länder sowie aus den limnischen Ablagerungen des Saar-Lothringer Gebietes beachtet.

Wegen der starken Entwicklung und der großen Bedeutung der Pecopteriden im Oberkarbon sowie zur besseren Differenzierung dieser Laubformen sind die Spezies in zwei Übersichtstabellen zusammengestellt. Sie geben die wichtigsten diagnostischen Merkmale wieder und vermitteln gleichzeitig ein Bild von der großen Vielfalt dieser Formgattung. Die Tabelle 1 beinhaltet die Pecopteriden der jüngeren Schichten (Westfal D – Rotliegend); ergänzend sind in der Tabelle 2 die Spezies des älteren und mittleren Oberkarbons (Namur bis Westfal D, aus JOSTEN 1991) wiedergegeben.

Bei den Abbildungen im Text und besonders auf den Tafeln ist zu berücksichtigen, daß die Auswahl gut erhaltener und fototechnisch reproduzierbarer Stücke aus den Bohrkernen begrenzt ist. Das machte sich vor allem bei der Darstellung selten vorkommender Arten bemerkbar.

3.1 *Articulatae*

3.1.1 *Calamites* SUCKOW

Die Gattung *Calamites* SUCKOW, die in den älteren und mittleren Schichten des Oberkarbons (Namur, Westfal A – C) mit 5 Untergattungen und 16 Arten vertreten ist, stellt sich im jüngeren Oberkarbon noch mit 3 Untergattungen und 6 Arten dar. Die größte Häufigkeit und Verbreitung dieser Stämme und Äste, die sich über mehr als 20 Millionen Jahre als sehr persistent in der Sumpfflora behauptet haben, ist überschritten, wenngleich sie im jüngeren Oberkarbon, insbesondere im tieferen Westfal D, noch recht häufig anzutreffen sind.

Von allen Calamiten-Stämmen sind im jüngeren Oberkarbon am häufigsten und morphologisch unverändert weiterhin die Spezies des Subgenus *Stylocalamites* vertreten:

Calamites (Stylocalamites) suckowi BRONGNIART, *Calamites (Stylocalamites) cisti* BRONGNIART und *Calamites (Stylocalamites) undulatus* STERNBERG. Deutlich seltener werden *Calamites (Diplocalamites) carinatus* STERNBERG, *Calamites (Diplocalamites) rugosus* GOTHAN und *Calamites (Calamitina) goepperti* (ETTINGSHAUSEN) WEISS angetroffen. Dabei ist *C. rugosus* bisher nur im tieferen Westfal D des Osnabrücker Karbons, bei Ibbenbüren und am Piesberg, gefunden worden. Aus älteren Schichten des norddeutschen Raumes ist die Art nicht bekannt.

Bei vielen Calamiten-Abdrücken ist die genaue Bestimmung der Spezies nicht möglich, weil auf den begrenzten Schichtflächen der Bohrkerne die Nodien oft nicht oder nur unzureichend erhalten sind.

3.1.2 *Annularia* STERNBERG

Mit den Stämmen und Ästen der Calamiten gehen auch die dazu gehörenden Laubformen vom Westfal D an deutlich zurück. Von den beiden Gattungen *Annularia* STERNBERG und *Asterophyllites* BRONGNIART bleiben nur wenige Arten, deren Anteil zudem mehr und mehr abnimmt.

Annularia stellata SCHLOTHEIM. Die stratigraphisch ältesten Stücke dieser recht großen Belaubsungsart wurden im Westfal D der Osnabrücker Karbon-Ablagerungen angetroffen. Namentlich am Piesberg, im Hangenden der Kohlenflöze Zweibänke, Dreibänke, Johannisstein und Schmitzchen ist sie recht häufig; in den darüber lagernden jüngeren Schichten wurden nur wenige und schlecht erhaltene Abdrücke gefunden. Einige Stücke der Spezies aus den norddeutschen Tiefenaufschlüssen sind ebenfalls dem Westfal D zuzuordnen (Brg. Buchhorst Z9 südlich Bremen und Esche Z4 im Westemsland).

Nach den Funden im norddeutschen Raum ist *Annularia stellata* ein charakteristisches Fossil des jüngeren Oberkarbons, ab Westfal D. In Südlomburg/Niederlande wird sie bereits im Westfal B gefunden; in Großbritannien kommt sie nach DIX (1934: 809, 812, Tab. 1 u. 2) im Westfal C (Flora-Zone G), im Westfal D (Flora-Zone H) und im Stefan (Flora-Zone I) vor. CROOKALL (1969: 725) sowie CHALONER & COLLINSON (1975: 39 – 40) geben die Art in einzelnen Gebieten als selten bereits im Westfal A, B und C an, als recht häufig im Westfal D der verschiedenen Bergbaugebiete.

Im Saar-Lothringer Gebiet kommt *Annularia stellata* im Westfal C und D vor; häufig ist die Spezies aber erst im obersten Westfal D und im gesamten Stefan anzutreffen (LAVEINE 1989).

Annularia radiata (BRONGNIART) STERNBERG, im Unteren Westfal A beginnend, reicht nur vereinzelt bis in das Westfal D. Dagegen kommt *Annularia sphenophylloides* (ZENKER) GUTBIER, die ebenfalls im Westfal A einsetzt, im Westfal D des Piesberges sehr häufig vor. Auch in den norddeutschen Bohrungen wurde *Annularia sphenophylloides* des öfteren gefunden in Schichten, die dem jüngsten Westfal und Stefan zuzuordnen sind.

***Annularia spicata* (GUTBIER) SCHIMPER**

Abb. 3

- 1911 *Annularia spicata*, JONGMANS: 263 – 264; Abb. 213
 1955 *Annularia spicata*, DIJKSTRA & VAN AMEROM: 20 – 21
 1959 *Annularia spicata*, W. REMY & R. REMY: 82; Abb. 61
 1969 *Annularia spicata*, CROOKALL: 744 – 745; Taf. 124: Fig. 3
 1971 *Annularia spicata*, GERMER: 61; Taf. 14: Fig. 2
 1984 *Annularia spicata*, LANGIAUX: 31; Fig. 48
 1986 *Annularia spicata*, BROUTIN: 47; Taf. 6: Fig. 5

Annularia spicata ist eine kleinblättrige Spezies. In einem Wirtel wurden, in lockerer Anordnung, meist 6 – 8 etwa gleich große Blättchen gezählt. In unterschiedlichen Wirteln schwankt ihre Größe stark, etwa von 1,5 – 6 mm (meist 2 – 4 mm), bei einer Breite von 0,5 – 1 mm. Ihre Form ist linear bis schwach lanzettlich, mit spitz zulaufendem Gipfel.

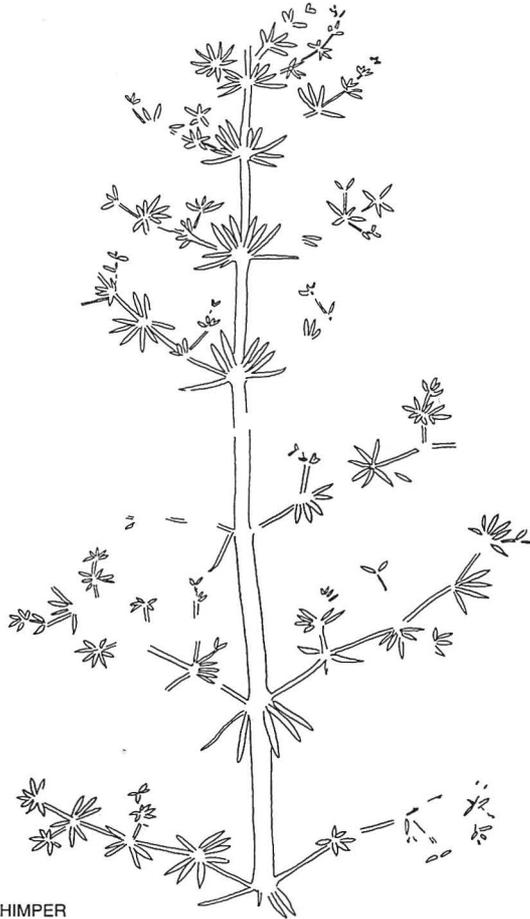


Abb. 3

Annularia spicata (GUTBIER) SCHIMPER
 (aus LANGIAUX 1984: Abb. 48);
 etwa nat. Größe

In den älteren und mittleren Westfal-Schichten hat *Annularia spicata* mehrere morphologisch nahestehende Arten. *Annularia galioides* (LINDLEY & HUTTON) KIDSTON ist durch die breitlanzettförmigen Blättchen differenziert, wobei die maximale Breite etwas oberhalb der Mitte liegt. Bei *Annularia aculeata* BELL sind, im Vergleich zu *A. spicata*, die Blättchen ausgeprägter lanzettförmig, mit der größten Breite im mittleren Teil.

Zur Differenzierung der *Annularia spicata* von weiteren kleinblättrigen *Annularia*-Arten, die im Westfal A, B und teils auch im Westfal C vorkommen, vergleiche JOSTEN (1991: 78 – 86). Die Abgrenzung der morphologisch nahestehenden Spezies ist aber oft schwierig und nur bei gutem Erhaltungszustand möglich.

Stratigraphische Verbreitung

Annularia spicata ist nur in wenigen Exemplaren in den norddeutschen Tiefbohrungen (z. B. Brg. Uelsen Z1 im Westemsland) festgestellt worden, in Schichten, die nach der Begleitflora dem Stefan zuzuordnen sind. Wahrscheinlich befinden sich einige weitere Exemplare dieser Spezies unter den Stücken, die infolge unzureichender Erhaltung nur als *Annularia* sp. bezeichnet werden konnten. Im Ruhrrevier und im Osnabrücker Karbon ist die Art bisher nicht festgestellt worden. Nach W. REMY & R. REMY (1959: 82) kommt *Annularia spicata* in besonders guten Exemplaren in Thüringen und Sachsen vor, und zwar im höchsten Westfal und besonders häufig im Stefan und im untersten Rotliegend. Im Saarkarbon ist die Spezies aus dem Stefan A, B und C bekannt (GERMER 1971).

3.1.3 *Asterophyllites* BRONGNIART

Die Zahl der Beblätterungsarten geht bei der Gattung *Asterophyllites* – wie auch bei dem Genus *Annularia* – stark zurück. Konnten im älteren Oberkarbon noch zwölf Arten morphologisch differenziert werden, sind es im jüngeren Oberkarbon nur noch zwei. Jedoch entwickelt sich bei *Asterophyllites equisetiformis* eine zweite Form mit etwas breiteren Blättchen, so daß zwei Varietäten unterschieden werden können.

Asterophyllites longifolius (STERNBERG) BRONGNIART, mit den langen, schmal-linearen Blättchen, ist seit dem tiefen Westfal A bekannt. Ganz vereinzelt wurde sie noch im Westfal D beobachtet. Im Saar-Lothringer Becken reicht die Pflanze bis in das tiefere Rotliegend hinauf (LAVEINE 1989).

Etwa die gleiche vertikale Verbreitung hat *Asterophyllites equisetiformis* (STERNBERG) BRONGNIART f. *jongmansii* VOGELLEHNER (VOGELLEHNER 1967). Diese Blattform, die im tiefen Westfal A einsetzt, ist im Westfal D noch recht häufig anzutreffen. Hier treten, neben diesen schmalblättrigen, auch etwas breitere Laubformen auf. Diese Varietät, *Asterophyllites equisetiformis* (STERNBERG) BRONGNIART f. *equisetiformis* VOGELLEHNER (Taf. 1: Fig. 1, 1 a, 2, 2 a), ist im Osnabrücker Karbon vertreten und wurde auch in den norddeutschen Tiefbohrungen angetroffen, in Schichten, die nach der Begleitflora in das Stefan oder das tiefe Unterrotliegend einzuordnen sind. Oft läßt aber die Erhaltung keine eindeu-

tige Entscheidung für diese oder jene Form zu. Von manchen Autoren (z. B. LAVEINE 1989: 34) werden die beiden Varietäten der Spezies auch nicht unterschieden.

3.1.4 *Sphenophyllum* BRONGNIART

Von allen Gattungen der Articulatae haben sich die Sphenophyllen aus den älteren Schichten am stärksten bis in das jüngere Oberkarbon durchgesetzt. Das gilt sowohl für die Artenvielfalt als auch für die Häufigkeit ihres Vorkommens.

Sphenophyllum cuneifolium (STERNBERG) ZEILLER. Die Heterophyllie aus der älteren Westfal-Zeit bleibt bei dieser Spezies auch im jüngeren Oberkarbon erhalten. Neben den flächig ausgebildeten dreieckigen Blättchen mit kurzen Zähnen am vorderen Blattrand sind andere Stücke durch tiefere Einschnitte gegliedert und auch am Vorderrand tiefer gezahnt. Beide Formen kommen nebeneinander vor und geben keinen Hinweis für die Altersdatierung. Die Spezies *Sphenophyllum cuneifolium*, die im Ruhrkarbon im Namur B beginnt, reicht bis in das Westfal D hinauf, wo sie noch mit einiger Regelmäßigkeit angetroffen wird. Diese Spezies gehört damit zu den besonders persistenten Pflanzen der Steinkohlenflora. Nach GERMER (1971) und LAVEINE (1989) stirbt *Sphenophyllum cuneifolium* aber im limnischen Saar-Lothringer Karbon-Becken bereits im Westfal C aus.

Sphenophyllum emarginatum (BRONGNIART) BRONGNIART. Die Spezies kommt vereinzelt im Westfal B vor. Vom Westfal C an wird sie immer häufiger und erreicht im Westfal D ihr Maximum. Sehr häufig wurde sie im Hangenden der Kohlenflöze am Piesberg in typischer Form angetroffen. Auch im höheren Westfal D der norddeutschen Tiefbohrungen wurde diese Art gefunden. Sie reicht wahrscheinlich bis in das Stefan hinauf. Im Saar-Lothringer Becken kommt sie vom Westfal C bis in das Stefan A vor (LAVEINE 1989).

Sphenophyllum majus (BRONN) BRONN ist eine seltenere Spezies, die im Westfal D sporadisch anzutreffen ist. Im Saar-Lothringer Karbon reicht sie bis in das Stefan B; dabei kommt die Spezies in diesen limnischen Ablagerungen insgesamt etwas häufiger vor als im paralischen Oberkarbon.

Sphenophyllum verticillatum SCHLOTHEIM

Abb. 4

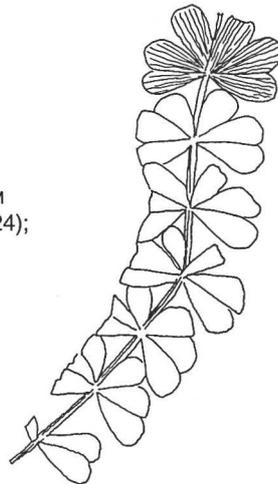
- | | |
|------|---|
| 1911 | <i>Sphenophyllum verticillatum</i> , JONGMANS: 388 – 391; Abb. 352 – 356 |
| 1923 | <i>Sphenophyllum verticillatum</i> , GOTHAN: 96; Taf. 27: Fig. 3 |
| 1958 | <i>Sphenophyllum verticillatum</i> , ABBOTT: 363 – 364; Taf. 38: Fig. 30, 31, 38 |
| 1959 | <i>Sphenophyllum verticillatum</i> , W. REMY & R. REMY: 90 – 91; Abb. 71 |
| 1968 | <i>Sphenophyllum verticillatum</i> , W. REMY & R. REMY: 74 – 75; Taf. 11: Fig. 7 – 10 |
| 1971 | <i>Sphenophyllum verticillatum</i> , GERMER: 72 – 73; Abb. 87 |
| 1982 | <i>Sphenophyllum verticillatum</i> , STORCH: 59 – 64; Taf. 15: Abb. 4 – 6 |
| 1986 | <i>Sphenophyllum verticillatum</i> , BROUTIN: 45; Abb. 14 |

Sphenophyllum verticillatum hat keilförmige Blättchen, die zu 6 im Wirtel angeordnet stehen. Sie sind meist 8 – 14 mm lang und in der Gipfelregion 6 – 8 mm breit. Der Vorder- und der Hinterrand ist gerundet und zu den seitlichen Rändern hin stärker abgerundet. Dabei zeigt der Vorderrand feine Einkerbungen mit abgerundeten „Spitzen“, in die jeweils eine Ader mündet.

Die beschriebene Spezies steht *Sphenophyllum emarginatum* (BRONGNIART) BRONGNIART sehr nahe, von der sie sich meist durch die etwas größere Ausbildung der Blättchen unterscheidet. Der distale Rand ist insbesondere am Übergang zu den seitlichen Rändern etwas stärker gerundet, als es bei *Sphenophyllum emarginatum* der Fall ist. Zudem ist die Einkerbung (Zähnung) des distalen Randes bei *Sphenophyllum verticillatum* feiner; entsprechend sind auch die Adern, die in die einzelnen „Zähnchen“ führen, feiner und gedrängter angeordnet.

Abb. 4

Sphenophyllum verticillatum SCHLOTHEIM
(aus VON SCHLOTHEIM 1804, Taf. 2: Fig. 24);
etwa nat. Größe



Stratigraphische Verbreitung

Norddeutschland: Die Spezies ist charakteristisch für die Ablagerungen des Stefans. In den norddeutschen Tiefbohrungen wurde sie vereinzelt mit einer entsprechenden Begleitflora angetroffen (Brg. Uelsen Z1 u. Uelsen Z2 im Westemsland, Varnhorn Z7 südlich Oldenburg). Es sind jedoch durchweg schlecht konservierte Blättchen, die auf den photographischen Aufnahmen die Einzelheiten, insbesondere die Zähnung, nur schlecht erkennen lassen.

Saarland: GERMER (1971) gibt *Sphenophyllum verticillatum* aus dem Stefan C an.

Europa: Nach STORCH (1982: 61) reicht die Spezies im europäischen Raum vom Stefan A bis in das Unterrotliegend (Autun); am häufigsten tritt sie im Stefan B und C auf.

3.2 Lycopsidea

Die bärlappartigen Gewächse, die rezent nur noch als unscheinbare, krautige Pflanzen oder epiphytisch leben, beherrschen in der Steinkohlenzeit – namentlich vom jüngeren Namur bis zum älteren Westfal C – mit mächtigen Bäumen das Landschaftsbild. Im jüngeren Oberkarbon gehen die Lycopsidea mit allen Gattungen und Arten stark zurück. Damit erfährt das Vegetationsbild, besonders im höheren Westfal D, eine entscheidende Veränderung.

3.2.1 *Lepidodendron* STERNBERG

Die Stämme und Äste des Genus *Lepidodendron* STERNBERG sind im Westfal D noch mit drei Spezies vertreten: *L. aculeatum* STERNBERG, *L. obovatum* STERNBERG und *L. lycopodioides* STERNBERG. Es sind, im Ruhrrevier wie in den anderen Karbon-Ablagerungen von Europa und Nordamerika, weitverbreitete und häufig anzutreffende Spezies. Zudem gehören sie zu den persistenten Pflanzen, die im Namur einsetzen und bis in das jüngste Westfal hinaufreichen. Aber nur noch im älteren Westfal D sind sie mit einiger Regelmäßigkeit zu finden. Darüber nehmen sie mehr und mehr ab, so daß sie im mittleren und höheren Westfal D nur noch vereinzelt anzutreffen sind und im gesamten Vegetationsbild dieser Zeit kaum noch in Erscheinung treten.

3.2.2 *Lepidophloios* STERNBERG

Das Genus *Lepidophloios*, das in unserem Gebiet nur mit der Spezies *Lepidophloios laricinus* STERNBERG vertreten ist, hat etwa die gleiche stratigraphische Verbreitung wie die Arten des Genus *Lepidodendron*. Im tiefen Westfal D des Osnabrücker Karbons ist die Spezies noch vereinzelt anzutreffen. In jüngeren Schichten, im Stefan und Rotliegend, ist nur ein Abdruck gefunden worden, der wegen der schlechten Erhaltung als *Lepidophloios* sp. angesprochen wurde (Brg. Esterwegen Z2 südlich Emden).

Im Saar-Lothringer Gebiet wird die Spezies von LAVEINE (1989) nur ganz sporadisch vom höchsten Westfal B bis in das Stefan B angegeben.

3.2.3 *Bothrodendron* LINDLEY & HUTTON

Bothrodendron punctatum LINDLEY & HUTTON ist eine seltene Baumart. Ihr erstes Vorkommen ist aus dem Westfal B bekannt. Im Westfal C wurde diese Spezies nicht gefunden, im Westfal D konnte sie nur mit einem Abdruck festgestellt werden (Brg. Norddeutschland 8 im Westemmland).

3.2.4 *Asolanus* WOOD

Asolanus camptotaenia – eine seltene Pflanze mit erstem Auftreten im Westfal B – ist aus dem Westfal D des Piesberges bekannt und ganz vereinzelt auch aus den norddeutschen Tiefenaufschlüssen, zum Beispiel aus der Bohrung Balderhaar Z1 im Westemsland.

In den Kohlengebieten von Südwales kommt die Art im mittleren und höheren Bereich des Westfals D vor (CLEAL 1997).

3.2.5 *Ulodendron* LINDLEY & HUTTON

Im Ruhrkarbon wurden unverzweigte Sproßstücke dieser Baumart vom Westfal A (Mittlere Bochum-Schichten) bis in das Westfal C (Lembeck-Schichten) gefunden. Es ist eine seltene Spezies. Im Westfal D der Osnabrücker Karbon-Vorkommen sowie in den norddeutschen Tiefbohrungen ist sie nicht mehr angetroffen worden. In Großbritannien wird die Art vom Namur bis in das Westfal D angegeben (CROOKALL 1966: 490).

3.2.6 *Sigillaria* BRONGNIART

Die Gattung *Sigillaria* BRONGNIART belebt in der Zeit vom Namur bis in das mittlere Westfal mit 18 Baumarten das Bild unserer Steinkohlenwälder. Im Westfal C sind noch neun Arten vertreten, doch gehen sie sowohl anteilmäßig als auch nach der Zahl der Spezies mehr und mehr zurück, und keine reicht bis in das Westfal D hinauf. In den jungen Westfal-Schichten aber konnten sich zwei neue Arten entwickeln, *Sigillaria principis* WEISS und *Sigillaria cumulata* WEISS. Beide Arten sind nur sehr kurzlebig. Sie reichen nicht über das Westfal D hinaus. Zudem sind sie recht selten; sie wurden nur im Osnabrücker Karbon, bei Ibbenbüren und am Piesberg, angetroffen.

Im jüngeren Oberkarbon der norddeutschen Tiefbohrungen sind nur vereinzelte Stammreste von Sigillarien gefunden worden in Schichten, die dem Westfal D zuzuordnen sind. Es sind rhytidolepe Arten, die durchweg schlecht erhalten sind und keine Bestimmung der Spezies zulassen.

Entsprechend den Stämmen und Ästen dieser Baumarten werden auch die Belaubungen und Fruktifikationen der Lycopsida nur noch wenig angetroffen. Die Wurzelorgane, die Stigmarien und ihre Appendices, bilden im älteren Westfal D, im Liegenden der Kohlenflöze, noch richtige ungeschichtete Wurzelböden unterschiedlicher Mächtigkeiten. Im jüngeren Westfal D und darüber sind nur noch schwach durchwurzelte Schichten oder einzelne Stigmarien und Appendices zu erkennen.

Insgesamt betrachtet entspricht die stratigraphische Verbreitung und Häufigkeit der oberkarbonischen Lycopsiden in Norddeutschland dem Vorkommen in den paralischen Ablagerungen der benachbarten Länder und in Großbritannien. Die einzelnen Gattungen

und Arten beginnen im Namur oder älteren Westfal und gehen im jüngeren Westfal mehr und mehr zurück. Ähnlich, aber zeitlich etwas später, das heißt im Grenzbereich Westfal/Stefan, wird die Entwicklung der Lycopsiden und auch der Pteridophyllen von DiMICHELE & PHILLIPS & PEPPERS (1985) und von DiMICHELE & PHILLIPS & OLMSTEAD (1987) dargestellt.

Im limnischen Ablagerungsgebiet Saar-Lothringen ist die stratigraphische Verbreitung der angeführten Lycopsiden, soweit genauere Daten der Spezies vorliegen, die gleiche wie im norddeutschen Raum. Nach GERMER (1971) und LAVEINE (1989) sind sie im Westfal D nur noch wenig vertreten und sterben zumeist ganz aus. Nur *Lepidophloios laricinus* und *Asolanus camptotaenia* konnten mit einzelnen Funden noch im Stefan nachgewiesen werden. Die Gattung *Sigillaria* tritt im Stefan mit zwei neuen Spezies auf: *Sigillaria brardi* BRONGNIART und *Sigillaria ichthyolepis* (PRESL). Keine dieser beiden Arten konnte in den norddeutschen Bohrungen nachgewiesen werden. Nur bei zwei Abdrücken könnte es sich um Sigillarien handeln. Die Erhaltung ist jedoch so schlecht, daß selbst die Bestimmung der Gattung unsicher ist. Die genannten *Sigillaria*-Spezies sind im paralischen Raum allgemein sehr selten; allerdings werden sie auch in den limnischen Ablagerungen des Saar-Lothringer Oberkarbons nur vereinzelt angetroffen.

3.3 Pteridophylla

Bei den Pteridophyllen vollzieht sich im jüngeren Oberkarbon eine besonders starke Veränderung. Viele Arten, aus fast allen Gattungen, treten im mittleren oder höheren Westfal D stark zurück und verschwinden dann gänzlich aus dem Vegetationsbild. Andere Gattungen und Arten treten neu auf oder entwickeln eine sehr große Formenfülle.

3.3.1 *Sphenopteris* BRONGNIART

Die morphologische Gattung *Sphenopteris* umfaßt sehr unterschiedliche Blattformen mit einer entsprechend großen Zahl von Arten (vgl. JOSTEN 1991: 192 – 229). Es ist die heterogenste und formenreichste Gruppe der karbonischen Pteridophyllen, die im Westfal A – B mit ihrem größten Individuenreichtum gleichzeitig die größte Artenvielfalt entwickelt. Vom Westfal C an gehen die *Sphenopteriden* dann mehr und mehr zurück. Im höheren Oberkarbon, namentlich vom jüngeren Westfal D an werden nur noch vereinzelt Blättchen der *Sphenopteris*-Formengruppe angetroffen. Dabei erlauben die sporadischen Funde kleinerer Blattreste oft nur die Bestimmung der Gattungszugehörigkeit.

***Sphenopteris germanica* WEISS**

Abb. 5; Taf. 22: Fig. 1, 1 a, 2, 2 a

- 1959 *Sphenopteris germanica*, W. REMY & R. REMY: 230 – 231; Abb. 183 a, b, c
 1978 *Sphenopteris germanica*, W. REMY: 161 – 165; Abb. 1
 1990 *Sphenopteris germanica*, KERP et al.: 213 – 214; Taf. 4: Fig. 1

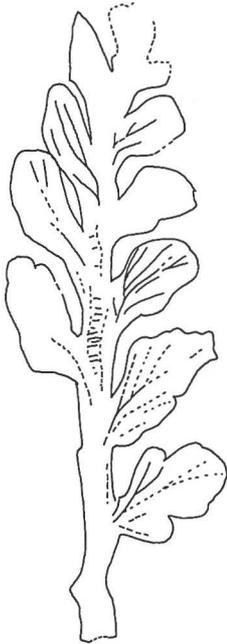


Abb. 5

Sphenopteris germanica WEISS
 Rotliegend; Bohrung Apeldorn Z2;
 4 128,5 – 4 137,5 m Teufe; Vergr. 3 x

Die kleinen bis mittelgroßen Blättchen von *Sphenopteris germanica* stehen etwas locker angeordnet und ziemlich steil aufgerichtet an der Achse. Nach einem schmalen, etwas herablaufenden basalen Teil bilden die Blättchen eine Spreite von etwa ovaler oder angenähert rhomboidaler Umrißform. Sie erreichen eine Länge von 5 – 7 mm und eine Breite von etwa 3 mm. Randlich ist stellenweise eine leichte, unregelmäßige Kerbung ausgebildet, die bei den weiter entwickelten Blättchen zu einer Lappung führen kann. Die Aderung ist bei dem vorliegenden Fossil nicht zu erkennen.

Sphenopteris germanica wurde nur in der Bohrung Apeldorn Z2 im Emsland angetroffen. Die Art ist aus dem Rotliegend bekannt (vgl. W. REMY & R. REMY 1959: 230 – 231, Abb. 183). Im Einklang mit dieser Altersdatierung steht die begleitende Flora aus demselben Teufenbereich der Bohrung Apeldorn Z2, die Abdrücke von *Ernestiodendron filiciforme* (SCHLOTHEIM) FLORIN, *Walchia piniformis* (STERNBERG) FLORIN, *Walchia* sp. und *Callipteris naumannii* GUTBIER enthält (JOSTEN 1995: 17 – 18).

3.3.2 *Eusphenopteris* SIMSON-SCHAROLD

Das Genus *Eusphenopteris* ist im jüngeren Oberkarbon nur noch mit der Spezies *Eusphenopteris striata* GOTHAN vertreten. Diese Belaubungsart, die sporadisch im Oberen Westfal A beginnt, ist im höheren Westfal C und im tieferen Westfal D besonders häufig. Sie erreicht in diesen Schichten ein deutliches Maximum, nimmt dann rasch ab und stirbt noch im Westfal D aus.

3.3.3 *Mariopteris* ZEILLER

Oft wird *Eusphenopteris striata* GOTHAN von Belaubungsformen der Gattung *Mariopteris* begleitet. Die Spezies *Mariopteris muricata* (SCHLOTHEIM) ZEILLER, *M. nervosa* (BRONGNIART) ZEILLER, *M. sauveuri* (BRONGNIART) und *M. robusta* KIDSTON treten in den älteren oder mittleren Westfal-Schichten auf und werden im tieferen Westfal D noch mit einiger Regelmäßigkeit angetroffen. Darüber nehmen sie rasch ab und reichen nicht über das Westfal hinaus.

3.3.4 *Pecopteris* BRONGNIART

Die Formgattung *Pecopteris* entwickelt sich im jüngeren Oberkarbon ausgesprochen positiv. Die Artenvielfalt und ebenso die Häufigkeit in den Pflanzengesellschaften nimmt mehr und mehr zu. Wenn in unserem Gebiet im älteren und mittleren Westfal 5 Spezies unterschieden werden konnten, sind es im jüngeren Oberkarbon wenigstens 13. Die meisten dieser Arten treten im Laufe des Westfals D erstmalig auf. Oft sind es nur vereinzelte Vorläufer einer Spezies; die Hauptverbreitung dürfte immer im Stefan liegen. Diese pecopteridischen Blattformen, die zu unterschiedlichen Fruktifikationstypen gehören, sind teils sehr schwierig zu differenzieren. Oft läßt auch der Erhaltungszustand den Verlauf der Aderung nicht genau erkennen, so daß sich nur die Gattungszugehörigkeit bestimmen läßt (Taf. 4: Fig. 1, 1 a).

Von den Pecopteriden des jüngeren Oberkarbons ist *Pecopteris (Senftenbergia) plumosa* (ARTIS) BRONGNIART ausgesprochen langlebig und bereits seit dem tieferen Namur B in unveränderter Form bekannt. Die Spezies wurde in mehreren norddeutschen Tiefbohrungen in Schichten gefunden, die nach den Begleitfloren in das Westfal D zu stellen sind (*Pecopteris (Senftenbergia) plumosa* in Brg. Adorf Z13 im Westemsland u. *P. cf. plumosa* in Brg. Sagermeer Nord Z1 südlich Oldenburg u. Brg. Nordsee D1).

Eine persistente Art ist auch *Pecopteris (Senftenbergia) pennaeformis* BRONGNIART, die im Unteren Westfal A beginnt. Aus dem nordfranzösischen Oberkarbon gibt DALINVAL (1960: 94 – 100, Abb. 15, Taf. 21 u. 22) *Pecopteris (Senftenbergia) pennaeformis* var. *major* DALINVAL an. Diese Form beginnt im Westfal B und reicht vereinzelt bis in das Westfal D hinauf. Im norddeutschen Raum ist diese Blattform im Westfal D bisher nicht gefunden worden. Zu den stratigraphisch jüngsten Exemplaren in diesem Gebiet dürften einige Stücke aus der Bohrung Bedekaspel Z1, nordöstlich Emden, gehören (Taf. 2: Fig. 1, 1 a, 2, 2 a; Taf. 3: Fig. 1, 1 a). Sie stammen aus Sedimenten mit einer reichhaltigen Pflanzenassoziation, die mit der des Westfals C, Dorsten-Schichten, im Ruhrkarbon gleichzustellen ist (vgl. JOSTEN 1995: 23 – 24).

Tabelle 1

Übersicht über die Spezies der Gattung *Pecopteris* vom Westfal D bis Rotliegend

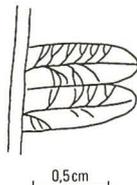
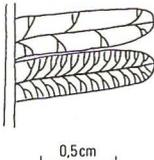
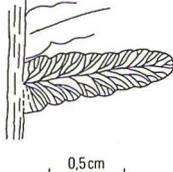
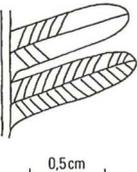
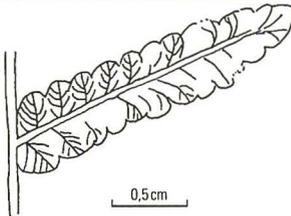
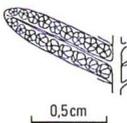
	<i>Pecopteris</i> (<i>Asterotheca</i>) <i>arborescens</i>	<i>Pecopteris</i> (<i>Asterotheca</i>) <i>cyathea</i>	<i>Pecopteris</i> (<i>Asterotheca</i>) <i>candolleana</i>	<i>Pecopteris</i> (<i>Asterotheca</i>) <i>lamuriana</i>	<i>Pecopteris</i> (<i>Asterotheca</i>) <i>hemitelioides</i>	<i>Pecopteris</i> (<i>Asterotheca</i>) <i>micromiltoni</i>
Stellung der Blättchen zur Achse	angenähert senkrecht	mehr oder weniger senkrecht	etwas schräg und oft locker angeordnet	etwas schräg, oft miteinander verwachsen	etwas schräg	etwas schräg, basal verbunden
Größe der Blättchen (vorwiegend)	klein, 2 – 5 mm lang, 1,5 – 2 mm breit	klein bis mittelgroß, 3 – 9 mm lang, 1 – 2 mm breit	mittelgroß bis groß, 5 – 12 mm lang, 2 – 3 mm breit	mittelgroß bis groß, 3 – 12 mm lang, 2 – 3 mm breit	mittelgroß, 5 – 10 mm lang, 2 – 3 mm breit	klein, 2 – 4 mm lang, 1 – 2 mm breit
Ausbildung der Seitenränder	gerade, fast parallel	gerade, angenähert parallel	gerade, fast parallel	gerade oder zumeist gewellt, etwas konisch zulaufend	gerade, parallel	gerade, angenähert parallel
Ausbildung der Aderung	einfach, Seitenadern nicht gegabelt	Mittelader oft deutlich, Seitenadern meist 1 x, sehr selten 2 x gegabelt; Gabelung zwischen Mittelader und Blattrand	Mittelader meist deutlich, Seitenadern nahe der Mittelader 1 x gegabelt	meist 3 x gegabelt und kleine Büschel bildend	Mittelader deutlich, Seitenadern starr, geradlinig, nicht gegabelt	locker, Mittelader spitzwinkelig an der Achse angesetzt, dann bogig aufwärts gerichtet, Seitenadern einfach, seltener 1 x gegabelt
Ausbildung der Achsen	längsgestreift	längsgestreift	—	fein punktiert	längsgestreift	längsgestreift, deutliche Quermale
für die Differenzierung bedeutende Merkmale	kurz-rechteckige Form der Blättchen; Seitenadern ohne Gabelung (oft schlecht zu erkennen)	lang-rechteckige Form der Blättchen; Seitenadern meist 1 x gegabelt, sehr selten 2 x	sehr schmale, rechteckige Form der Blättchen; basal oft etwas herablaufend und schwach miteinander verbunden	Blättchen meist verwachsen; bei gewellten seitlichen Rändern führen Aderbüschel in die einzelnen Abschnitte; Endblättchen länglich	Blättchen mit geraden, parallelen Seitenrändern; Seitenadern starr, geradlinig, ohne Gabelung	Blättchen ähnlich <i>P. unita</i> , lockere Aderung, Seitenadern einfach, seltener 1 x gegabelt; Endblättchen kurz, gedrungen
stratigraphische Verbreitung	Stefan – Rotliegend	Westfal D – Rotliegend	Westfal D – Rotliegend	Westfal D – Stefan	Westfal D – Rotliegend	Westfal D
halbschematische Darstellung steriler Blattformen						
und Fruktifikations-typen						

Tabelle 1 (Fortsetzung)

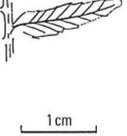
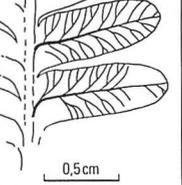
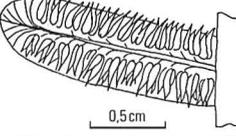
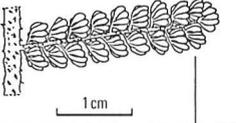
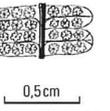
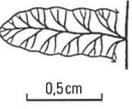
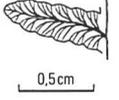
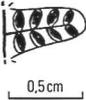
	<i>Pecopteris (Acitheca) polymorpha</i>	<i>Pecopteris (Nemejcopteris) feminaeformis</i>	<i>Pecopteris (Ptychocarpus) unita</i>	<i>Pecopteris obliquenervis</i>	<i>Pecopteris affinis</i>	<i>Pecopteris koenigi</i>	<i>Pecopteris raconensis</i>
Stellung der Blättchen zur Achse	etwas schräg	angenähert senkrecht	etwas schräg, sehr oft stark miteinander verwachsen	angenähert senkrecht	etwas schräg	angenähert senkrecht	angenähert senkrecht
Größe der Blättchen (vorwiegend)	mittelgroß, 4 – 12 mm lang, 2 – 4 mm breit	groß, 8 – 12 mm lang, 2 – 3 mm breit	klein bis mittelgroß, 3 – 8 mm lang, 2 – 3 mm breit	klein, 4 – 6 mm lang, um 2 mm breit	mittelgroß, schmal, 4 – 8 mm lang, um 2 mm breit	klein bis mittelgroß, 4 – 10 mm lang, 2 – 3 mm breit	klein bis mittelgroß, 5 – 9 mm lang, etwa 2 mm breit
Ausbildung der Seitenränder	angenähert parallel, etwas konisch zulaufend	gezahnt	etwas ellipsenförmig gebogen	etwas ellipsenförmig gebogen	gerade, angenähert parallel	gerade, weitgehend parallel	gerade, parallel
Ausbildung der Aderung	ziemlich dicht, Mittelader deutlich, Seitenadern 1 bis 2 x gegabelt, erste Gabelung nahe der Mittelader	deutlich, geradlinig, starr, nicht gegabelt	Mittelader etwas spitzwinkelig an der Achse angesetzt, dann aufwärts gerichtet, Seitenadern nicht gegabelt	Mittelader deutlich, Seitenadern meist 1 x gegabelt, selten 2 x	Seitenadern 1 x gegabelt, kurz nach Austritt aus der Mittelader	Mittelader meist deutlich, Seitenadern 1 x oder 2 x gegabelt	Seitenadern 1 x gegabelt, selten 2 x
Ausbildung der Achsen	längsgestreift	schwach punktiert	längsgestreift	—	—	—	—
für die Differenzierung bedeutende Merkmale	Blättchen basal etwas neuropteridisch eingezogen; Aderung fein, bogig und schräg auf den Rand treffend	starr wirkende Blättchen mit gezahntem Rand und ungegabelten Seitenadern	Blättchen oft stark miteinander verwachsen; Seitenadern nicht gegabelt, leicht bogig nach oben gerichtet	Blättchen basal miteinander verwachsen, Seitenadern meist 1 x gegabelt	lang-rechteckige Form der Blättchen, basal etwas verbreitert und verbunden	rechteckige Form der Blättchen; Seitenadern spitzwinkelig von der Mittelader aufsteigend, meist 2 x gegabelt	Blättchen breit ansitzend, nicht verwachsen; Seitenadern 1 x, selten 2 x gegabelt; Endblättchen kurz, gedrungen
stratigraphische Verbreitung	Westfal D – Rotliegend	Stefan – Rotliegend	Westfal D – Stefan	Westfal D – Stefan	Oberes Westfal D, ? Stefan	Westfal D, ? Stefan	Westfal D – ? Perm
halbschematische Darstellung steriler Blattformen							
und Fruktifikations-typen				—	—	—	—

Tabelle 2

Übersicht über die Spezies der Gattung *Pecopteris* im älteren und mittleren Oberkarbon

	<i>Pecopteris</i> (<i>Senftenbergia</i>) <i>plumosa</i>	<i>Pecopteris</i> (<i>Senftenbergia</i>) <i>aspera</i>	<i>Pecopteris</i> (<i>Senftenbergia</i>) <i>pennaeformis</i>	<i>Pecopteris</i> (<i>Senftenbergia</i>) <i>volkmanni</i>	<i>Pecopteris</i> (<i>Asterotheca</i>) <i>miltoni</i>
Stellung der Blättchen zur Achse	schräg	etwas schräg	angenähert senkrecht	angenähert senkrecht	angenähert senkrecht
Größe der Blättchen (vorwiegend)	klein, 2 – 6 mm lang, 1 – 2 mm breit	klein, 1 – 4 mm lang, 1 – 2 mm breit	klein, 1 – 5 mm lang, 1 – 2 mm breit	klein bis mittelgroß, 2 – 10 mm lang, 1 – 2 mm breit	klein bis mittelgroß, 2 – 9 mm lang, 2 – 4 mm breit
Ausbildung der Seitenränder	gerade oder gewellt	gerade, weniger oft gewellt	gerade, weniger oft gewellt	gerade oder gewellt	gerade oder gewellt
Ausbildung der Aderung	locker	locker	ziemlich locker	locker bis mittelmäßig dicht	mittelmäßig dicht
Ausbildung der Achsen	fein punktiert	stark punktiert	stark und dicht punktiert	Hauptachsen stark und dicht punktiert	längsgestreift
für die Differenzierung bedeutende Merkmale	Blättchen dreieckig, schräg aufwärts gerichtet	Blättchen klein, etwas mehr dreieckig als bei <i>P. pennaeformis</i>	Blättchen klein, seitliche Begrenzung weitgehend parallel	Blättchen und besonders Endlappen der Fiedern größer als bei <i>P. pennaeformis</i>	Endlappen der Fiedern kurz; Oberfläche der Blättchen filzig behaart
stratigraphische Verbreitung	Namur B – Westfal D	Namur A – C	Westfal A – C	Westfal A – C	Westfal A – C
halbschematische Darstellung steriler Blattformen					
und Fruktifikationstypen					

Als stratigraphisch neu auftretende Spezies des jüngeren Oberkarbons wurden aus den Tiefbohrungen im norddeutschen Raum folgende Arten nachgewiesen, die im Ruhrgebiet und im Osnabrücker Raum bisher nicht oder nicht sicher festgestellt werden konnten:

Pecopteris (Asterotheca) arborescens (SCHLOTHEIM) STERNBERG

Pecopteris (Asterotheca) cyathea (SCHLOTHEIM) BRONGNIART

Pecopteris (Asterotheca) candolleana BRONGNIART

Pecopteris (Asterotheca) lamuriana HEER

Pecopteris (Asterotheca) hemitelioides BRONGNIART

Pecopteris (Asterotheca) micromiltoni (BERTRAND) CORSIN

Pecopteris (Acithea) polymorpha BRONGNIART

Pecopteris (Nemejcopteris) feminaeformis SCHLOTHEIM

Pecopteris (Ptychocarpus) unita BRONGNIART

Pecopteris obliquenervis CORSIN
Pecopteris affinis BRONGNIART
Pecopteris koenigi CORSIN
Pecopteris raconensis (NĚMEJC) WAGNER

Die meisten dieser Pflanzen treten bereits in Schichten des jüngeren Westfals D auf. Die Hauptverbreitung liegt im Stefan, und mehrere Arten reichen bis in das Autun hinauf.

Eine Übersicht über die Spezies der Gattung *Pecopteris* vom Westfal D bis ins Rotliegend zeigt die Tabelle 1 (S. 28 – 29); die Zeichnungen sind zweimal vergrößert, nur *Pecopteris (Nemejcopteris) feminaeformis* ist in natürlicher Größe wiedergegeben. Die Fruktifikationen sind zum Teil aus der Literatur ergänzt, so *Acitheca* nach GRAND'EURY (1877) und STERZEL (1893). In der Tabelle 2 sind, als Ergänzung und zum Vergleich, die *Pecopteris*-Arten des älteren und mittleren Oberkarbons (Namur bis Westfal D) wiedergegeben.

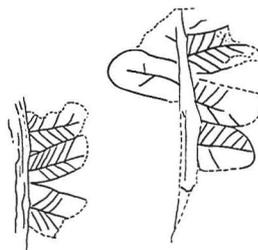
Pecopteris (Asterotheca) arborescens (SCHLOTHEIM) STERNBERG

Abb. 6; Taf. 5: Fig. 1, 1 a, 2, 2 a

- 1828 – 1837 *Pecopteris arborescens*, BRONGNIART: 310 – 311; Taf. 102: Fig. 1 u. 2; Taf. 103: Fig. 2 u. 3
 1888 *Pecopteris (Asterotheca) arborescens*, ZEILLER: 111 – 115; Taf. 11: Fig. 1 u. 2
 1924 *Asterotheca arborescens*, KIDSTON: 483 – 488; Taf. 114: Fig. 1
 1929 *Asterotheca arborescens*, CROOKALL: 55; Taf. 14: Fig. g; Taf. 26: Fig. a
 1951 *Pecopteris arborescens*, CORSIN: 326 – 330; Abb. 86; Taf. 170 – 173
 1959 *Pecopteris arborescens*, W. REMY & R. REMY: 150; Abb. 126
Pecopteris (Asterotheca) arborescens, MARTIN: 56 – 59; Abb. 37 a, b, c; Taf. O (S. 116)
 1985 *Pecopteris arborescens*, KERP & FICHTER: Taf. 12: Fig. 1 u. 2
 1989 *Pecopteris (Asterotheca) arborescens*, LAVEINE: 100; Abb. 86; Taf. 52: Fig. 1 – 4

Abb. 6

Pecopteris (Asterotheca) arborescens
 (SCHLOTHEIM) STERNBERG
 Oberes Westfal D – Stefan;
 Bohrung Kalle Z4;
 3 112,7 – 3 129,7 m Teufe;
 Vergr. 3 x



Pecopteris arborescens zeichnet sich aus durch kleine, dicht nebeneinander angeordnete Blättchen, die mit breiter Basis angenähert senkrecht an den Achsen stehen. Die seitlichen Ränder verlaufen geradlinig und fast parallel zueinander; apikal sind die Blättchen stumpf bogenförmig. Sie werden 2 – 5 mm lang und 1 – 2 mm breit. Das

Verhältnis Länge : Breite beträgt etwa 2 : 1, so daß die Umrißform kurz rechteckig ist; am Gipfel der Fiedern ist sie fast quadratisch. Die Mitteladern der Blättchen sind gerade bis fast zum Gipfel, wo sie in zwei kleine Äste aufgabeln. Die seitlichen Adern verlaufen etwas bogenförmig oder angenähert geradlinig schräg aufwärts und treffen mehr oder weniger schräg auf den Blattrand. Sie sind ungegabelt. Dadurch wirkt die gesamte Aderung ziemlich locker, ist aber oft nicht klar zu erkennen. Die Achsen zeigen eine feine Längsstreifung.

Die Art ist charakterisiert durch die kleinen, dicht angeordneten Blättchen mit der einfachen, ungegabelten Seitenaderung. Damit unterscheidet sie sich von der nahestehenden Spezies *Pecopteris (Asterotheca) cyathea* und auch von anderen morphologisch verwandten Arten.

Stratigraphische Verbreitung

Norddeutschland: *Pecopteris arborescens* wurde nur vereinzelt in einigen Tiefbohrungen angetroffen, so im Westensland in der Bohrung Kalle Z4 (3 112,7 – 3 129,7 m Teufe). Die Begleitflora in diesem Teufenbereich wird von weiteren Pecopteriden beherrscht (*P. cyathea* (SCHLOTHEIM) BRONGNIART, *P. cf. unita* BRONGNIART, *P. spp.*). Daneben kommen noch *Asterophyllites equisetiformis* (STERNBERG) BRONGNIART f. *jongmansii* VOGELLEHNER und ein kleiner Blattrest *Neuropteris* sp. vor. Diese Flora spricht für eine Altersdatierung im Grenzbereich Westfal/Stefan, wobei das tiefe Stefan nach der Pflanzenassoziation wahrscheinlicher ist.

In zwei tieferen Kernen der Bohrung Kalle Z4 (3 236,6 – 3 243,5 m und 3 283,4 bis 3 301,4 m Teufe) sind neben Pecopteriden *Neuropteris attenuata* LINDLEY & HUTTON sowie andere, kleinblättrige Neuropteriden enthalten, die aus dem Stefan nicht bekannt sind (vgl. JOSTEN 1995: 111 – 112). Damit dürfte dieser Teufenbereich im Westfal stehen.

Im Osnabrücker Karbon wurde *Pecopteris arborescens* auch in den jüngsten Schichten des Westfals D nicht gefunden, jedenfalls nicht in eindeutig bestimmbarer Erhaltung. Auch GOTHAN (1941: 51) führt die Spezies als solche nicht an. Er erwähnt nur einige, nicht sicher zu bestimmende Stücke unter der Bezeichnung *Pecopteris* typ. *cyathea-arborescens* SCHLOTHEIM und BRONGNIART.

Nordfrankreich: DALINVAL (1960) gibt im Kohlenbecken von Nordfrankreich, auch aus den jüngsten Westfal-Schichten, keinen Fund von *Pecopteris arborescens* an.

Großbritannien: Nach KIDSTON (1924: 487–488) ist die Art in den verschiedenen Karbon-Gebieten in den jüngeren Westfal-Schichten (Radstockian und Staffordian Series) verbreitet.

Saar-Lothringen: Nach LAVEINE (1989) kommt *Pecopteris arborescens* in den jüngsten Schichten des Westfals D und im Stefan A vor. GERMER (1971) gibt die Spezies vom höchsten Westfal D bis in das Stefan C an.

***Pecopteris (Asterotheca) cyathea* (SCHLOTHEIM) BRONGNIART**

Abb. 7, 8; Taf. 5: Fig. 3, 3 a, 4, 4 a; Taf. 6: Fig. 1, 1 a, 2, 2 a

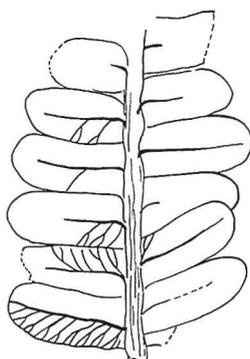
1828 – 1837 *Pecopteris cyathea*, BRONGNIART: 307 – 309; Taf. 101: Fig. 4, 4 a1888 *Pecopteris cyathea*, ZEILLER: 119 – 123; Taf. 13: Fig. 1 – 41923 *Pecopteris cyathea*, GOTHAN: 49; Taf. 13: Fig. 11929 *Asterotheca cyathea*, CROOKALL: 55; Taf. 14 f, Taf. 27 c1939 *Pecopteris cyathea*, STOCKMANS & MATHIEU: 79 – 80; Taf. 17: Fig. 1 – 51959 *Pecopteris cyathea*, W. REMY & R. REMY: 150 – 152; Abb. 1271985 *Pecopteris cyathea*, KERP & FICHTER: Taf. 11: Fig. 1, 3, 4; Taf. 12: Fig. 31989 *Pecopteris (Asterotheca) cyathea*, LAVEINE: 102; Abb. 88; Taf. 53: Fig. 1

Abb. 7

Pecopteris (Asterotheca) cyathea

(SCHLOTHEIM) BRONGNIART

Stefan; Bohrung Itterbeck-Halle Z5;

2 277,4 m Teufe; Vergr. 3 x

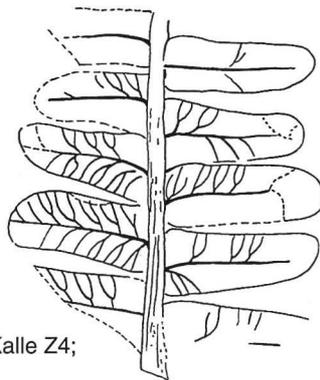


Abb. 8

Pecopteris (Asterotheca) cyathea

(SCHLOTHEIM) BRONGNIART

Oberes Westfal D – Stefan; Bohrung Kalle Z4;

3 129,7 – 3 144,0 m Teufe; Vergr. 3 x

Die Blättchen von *Pecopteris cyathea* sind klein bis mittelgroß. Sie stehen dicht angeordnet, mit breiter Basis mehr oder weniger senkrecht an der Achse. In der Länge variieren sie von 3 – 9 mm, in der Breite von 1 – 2 mm. Das Verhältnis Länge : Breite ist etwa 3 : 1. Die seitlichen Ränder verlaufen angenähert gerade und parallel zueinander, der Gipfel ist stumpf halbkreisförmig gerundet. Die Mittelader verläuft geradlinig und ist meist deutlich bis zum Gipfel der Blättchen ausgebildet. Die Seitenadern gehen leicht spitzwinkelig ab und verlaufen schräg auf den Blattrand zu. Sie sind einmal, ganz vereinzelt auch zweimal gegabelt. Insgesamt betrachtet ist die Aderung ziemlich locker. Die Achsen sind fein längsgestreift.

Pecopteris cyathea steht morphologisch den Arten *Pecopteris affinis* BRONGNIART und *Pecopteris raconensis* (NĚMEJC) WAGNER nahe, so daß die Differenzierung oft schwierig ist. Die Blättchen von *Pecopteris cyathea* sind in der Form meist etwas gedrungener und

angenähert senkrecht an der Achse angeordnet. Daneben wirken die Blättchen von *Pecopteris affinis* etwas schlanker, basal sind sie leicht verbreitert und schwach miteinander verbunden. Die Seitenadern sind, kurz nach Austritt aus der Mittelader, recht gleichmäßig einmal gegabelt; bei *Pecopteris cyathea* sind sie einmal, gelegentlich auch zweimal gegabelt.

Die Endblättchen der Fiedern sind bei *Pecopteris cyathea* recht lang, bei *Pecopteris raconensis* dagegen deutlich kürzer und gedrungener ausgebildet.

Zur Differenzierung der *Pecopteris cyathea* von *Pecopteris candolleana* siehe Seite 35.

Stratigraphische Verbreitung

Norddeutschland: Im Westfal D der Osnabrücker Karbon-Ablagerungen (bei Ibbenbüren und am Piesberg) wurden *Pecopteris cyathea* und *Pecopteris arborescens* nicht beobachtet. GOTHAN (1941: 51 – 52, Taf. 71: Fig. 1) führt beide Arten zusammen unter der Bezeichnung *Pecopteris* typ. *cyathea-arborescens* SCHLOTHEIM und BRONGNIART. Diese Stücke aus den Grenzschichten Westfal C/D im Osnabrücker Karbon sind aber nach der Beschreibung und Abbildung nicht sicher zu bestimmen und bleiben daher hier unberücksichtigt.

Pecopteris cyathea ist in den norddeutschen Tiefbohrungen des öfteren angetroffen worden, insbesondere in den Aufschlüssen des Westemlandes (u. a. Brg. Balderhaar Z1, Itterbeck-Halle Z5, Kalle Z4, Norddeutschland 8). Nach den jeweiligen Pflanzenassoziationen sind sie in das Westfal D beziehungsweise in das Stefan einzustufen.

Großbritannien: Nach KIDSTON (1924: 491) ist die Spezies im höchsten Westfal C (Staffordian Series) und besonders im höchsten Westfal D (Radstockian Series) verbreitet.

Saar-Lothringen: LAVEINE (1989) gibt die Spezies aus dem höheren Westfal D und aus dem Stefan A an.

Pecopteris (Asterotheca) candolleana BRONGNIART

Abb. 9

- 1828 – 1837 *Pecopteris Candolliana*, BRONGNIART: 305 – 306; Taf. 100: Fig. 1
 1959 *Pecopteris candolleana*, W. REMY & R. REMY: 235; Abb. 188
 1977 *Asterotheca* (al. *Pecopteris*) *candolleana*, W. REMY & R. REMY: 236 – 237; Abb. 122
 1985 *Pecopteris candolleana*, KERP & FICHTER: Taf. 14: Fig. 1 u. 2

Pecopteris candolleana zeichnet sich aus durch schmale, lang-rechteckige Blättchen. Sie sitzen, oft etwas locker angeordnet, leicht nach oben gerichtet, mit ganzer Breite an der Achse. Zumeist sind sie basal schwach miteinander verbunden. Im Vergleich mit anderen Pecopteriden sind die Blättchen mittelgroß bis groß, bei einer Länge von 5 – 14 mm und einer Breite von 2 – 3 mm. Das Verhältnis Länge : Breite ist 3 : 1 oder auch 4 : 1. Die

seitlichen Ränder verlaufen gerade, angenähert parallel oder auch leicht zum Gipfel hin zulaufend, wo sie halbkreisförmig oder schwach zugespitzt sind. Die Mittelader verläuft geradlinig bis zum Gipfel; die Seitenadern gehen unter spitzem Winkel ab, gabeln kurz nach dem Austritt aus der Mittelader einmal auf und treffen dann schräg auf den Blattrand. Insgesamt betrachtet ist die Aderung recht locker.

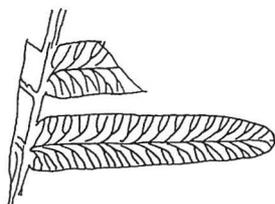


Abb. 9

Pecopteris (Asterotheca) candolleana BRONGNIART
(aus BRONGNIART 1828 – 1837, Taf. 100: Fig. 1 A);
Vergr. 3 x

Pecopteris candolleana hat große Ähnlichkeit mit *Pecopteris cyathea*. Die erstgenannte Spezies läßt sich im allgemeinen an der noch schlankeren Form der Blättchen erkennen und an der Gabelung der Seitenadern, die mit einem etwas größeren Winkel erfolgt. *Pecopteris candolleana* steht auch *Pecopteris affinis* sehr nahe (s. S. 48).

Stratigraphische Verbreitung

Norddeutschland: Nur einige kleine, schlecht konservierte Fiedern wurden in den norddeutschen Tiefbohrungen in Schichten des oberen Westfals D gefunden, die als *Pecopteris candolleana* oder *Pecopteris cf. candolleana* (Brg. Itterbeck-Halle Z5 im Westemmland) anzusprechen sind. Offensichtlich ist die Art selten.

Großbritannien: KIDSTON (1924: 492 – 495) gibt *Pecopteris candolleana* als sehr seltenes Fossil an, das nur vereinzelt im Westfal D (Radstockian Group) gefunden wurde.

Saar-Lothringen: Nach GERMER (1971) kommt *Pecopteris candolleana* nur im Stefan A vor. LAVEINE (1989) gibt die Art nicht an.

***Pecopteris (Asterotheca) lamuriana* HEER**

Abb. 10, 11; Taf. 4: Fig. 2, 2 a, 3, 4, 4 a; Taf. 7: Fig. 2, 2 a; Taf. 8: Fig. 1, 1 a; Taf. 9: Fig. 1, 1 a, 2, 2 a; Taf. 10: Fig. 1, 1 a

- 1925 *Asterotheca lamuriana*, KIDSTON: 532; Taf. 126: Fig. 1 u. 2
 1951 *Pecopteris lamurensis*, CORSIN: 312; Abb. 80; Taf. 186, 187, 188
 1968 *Asterotheca lamuriana*, W. REMY & R. REMY: 71; Taf. 8: Fig. 7 – 9
 1982 *Pecopteris lamuriana*, OLEKSYSHYN, 80 – 81; Abb. 16 E, F, G
 1986 *Pecopteris lamuriana*, BROUTIN: 33, Taf. 3: Fig. 3 – 5
 1989 *Pecopteris (Asterotheca) lamuriana*, LAVEINE: 110 – 111; Abb. 97; Taf. 60: Fig. 2; Taf. 61: Fig. 1 u. 2

Pecopteris lamuriana hat lange schmale Blättchen. Sie stehen mittelmäßig dicht angeordnet, etwas schräg an der Achse und sind mit breiter Basis angeheftet, zumeist schwach

miteinander verbunden. In der Länge messen sie 3 – 12 mm, in der Breite 1 – 3 mm. Das Verhältnis Länge : Breite ist 3 : 1 bis 4 : 1. Die seitlichen Ränder der Blättchen sind zumeist mehr oder weniger stark eingebuchtet und bilden eine konisch abgerundete Spitze. Die verhältnismäßig kräftige Mittelader ist basal schwach herablaufend. Unter spitzem Winkel entläßt sie die seitlichen Adern, die sich mehrfach aufgabeln und kleine Aderbüschel bilden. Jeweils ein solches Büschel mündet randlich in eine zungenförmige Ausbuchtung. Die Endblättchen sind länglich ausgebildet. Auf den Achsen ist eine Punktierung zu sehen.

Pecopteris lamuriana HEER steht *Pecopteris vestita* WHITE (WHITE 1899) sehr nahe. Bei vielen Stücken ist es schwer, sich für eine der beiden Arten zu entscheiden (vgl. Abb. 22 u. 23). Insofern steht der Speziesname hier für die Formengruppe *Pecopteris lamuriana* – *vestita*. GOTHAN (1941) und ebenso BROUTIN (1986) haben auf diese morphologisch sehr nahe Verwandtschaft bereits hingewiesen.

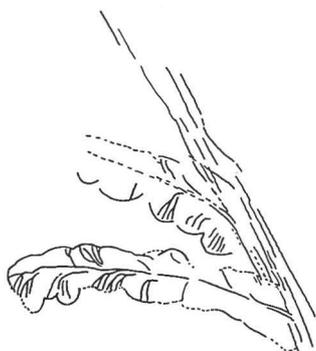


Abb. 11

Pecopteris (Asterotheca) lamuriana HEER
Stefan; Bohrung Itterbeck-Halle Z5;
2 328,4 – 2 345,8 m Teufe; Vergr. 3 x

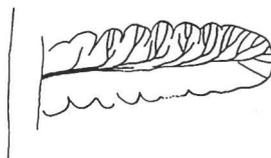


Abb. 10

Pecopteris (Asterotheca) lamuriana HEER
Westfal D; Bohrung Itterbeck-Halle Z5;
2 345,8 – 2 358,0 m Teufe; Vergr. 3 x

Stratigraphische Verbreitung

Norddeutschland: Aus dem älteren Westfal D der Osnabrücker Karbon-Ablagerungen (Ibbenbüren und Piesberg) liegen keine Stücke vor, die eindeutig zu der Spezies zu stellen sind. Die Abbildungen von GOTHAN (1941: Taf. 66: Fig. 5; Taf. 70: Fig. 3; Taf. 71: Fig. 2) aus dem Osnabrücker Karbon, dem Hangenden von Flöz Dickenberg, lassen jedoch die Aderung nicht genügend erkennen und bleiben deshalb hier unberücksichtigt. Die Art wurde aber des öfteren in den Tiefbohrungen des Westenslandes gefunden, und zwar im mittleren oder höheren Westfal D (Brg. Balderhaar Z1, Norddeutschland 8, Ratzel Z6, Wielen Z4). Einige Stücke, die zum Teil wegen der mangelhaften Erhaltung nur als *Pecopteris* cf. *lamuriana* bestimmt werden konnten, sind mit *Sphenophyllum verticillatum* SCHLOTHEIM (oder *Sphenophyllum* cf. *verticillatum*) vergesellschaftet. Das spricht für eine Altersdatierung in das Stefan (Brg. Uelsen Z1).

Großbritannien: KIDSTON (1925: 532 – 534) gibt nur zwei Fundpunkte von *Asterotheca lamuriana* an und beschreibt die Spezies als sehr seltene Pflanze aus den obersten Schichten des Westfal D (Radstockian Series, Radstockian Group).

Saar-Lothringen: Nach LAVEINE (1989) ist die Pflanze im hohen Westfal D und im Stefan A verbreitet.

Pecopteris (Asterotheca) hemitelioides BRONGNIART

Abb. 12, 13; Taf. 11: Fig. 1, 1 a, 2, 2 a

- 1828 – 1837 *Pecopteris hemitelioides*, BRONGNIART: 314 – 316; Taf. 108: Fig. 1 u. 2
 1888 *Pecopteris (Asterotheca) hemitelioides*, ZEILLER: 133 – 136; Taf. 11: Fig. 6 u. 7
 1924 *Asterotheca hemitelioides*, KIDSTON: 519 – 522, Abb. 60; Taf. 117: Fig. 1 – 5
 1951 *Pecopteris hemitelioides*, CORSIN: 345 – 347; Abb. 93; Taf. 183: Fig. 1 – 4
 1959 *Pecopteris (Asterotheca) hemitelioides*, W. REMY & R. REMY: 232 – 233; Abb. 185
 1989 *Pecopteris (Asterotheca) hemitelioides*, LAVEINE: 103; Abb. 89; Taf. 53: Fig. 2 u. 3

Abb. 12

Pecopteris (Asterotheca) hemitelioides BRONGNIART
 Westfal D; Bohrung Itterbeck-Halle Z5;
 2 459,1 – 2 477,0 m Teufe; Vergr. 3 x

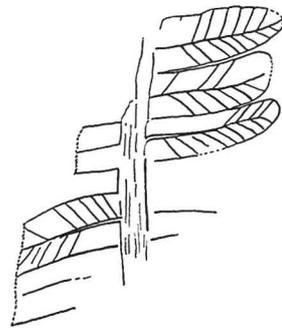
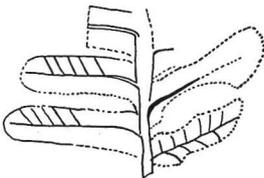


Abb. 13

Pecopteris (Asterotheca) hemitelioides BRONGNIART
 Westfal D – C; Bohrung Sagermeer Nord Z1;
 4 256,0 m Teufe; Vergr. 3 x

Pecopteris hemitelioides ist eine sehr charakteristische Spezies mit lang-rechteckiger Umrißform der Blättchen. Diese stehen, dicht angeordnet und etwas schräg aufwärts gerichtet, typisch pecopteridisch mit der gesamten Breite an der Achse. In der Länge messen sie zumeist 5 – 10 mm, in der Breite 1 – 3 mm. Das Verhältnis Länge : Breite variiert stark, etwa 3 : 1 bis 5 : 1. Die seitlichen Ränder der Blättchen verlaufen geradlinig, parallel und führen zu einem halbkreisförmig gerundeten Gipfel. Die Mittelader ist deutlich ausgeprägt. Mit spitzem Winkel führen die Seitenadern schräg aufwärts. Sie sind geradlinig starr gezeichnet und ohne jede Gabelung.

Stratigraphische Verbreitung

Norddeutschland: *Pecopteris hemitelioides* wurde in nur wenigen Stücken in den norddeutschen Tiefenaufschlüssen angetroffen, in den Bohrungen Itterbeck-Halle Z5 im Westemsland und Sagermeer Nord Z1, südlich Oldenburg. Die begleitenden Pflanzen sind

in der erstgenannten Bohrung typisch für das höhere Westfal D; bei der zweiten Bohrung sprechen sie für das ältere Westfal D bis höhere Westfal C.

Pecopteris hemitelioides beginnt lokal im höheren Westfal C, erreicht zumeist in der Zeit vom höheren Westfal D bis zum mittleren Stefan die größte Häufigkeit und führt bis in das Rotliegend hinauf (KERP & FICHTER 1985: 175; W. REMY & R. REMY 1959: 232).

Nordfrankreich: DALINVAL (1960: 175) beschreibt einen kleinen Wedelteil unter der Bezeichnung *Pecopteris* cf. *hemitelioides* BRONGNIART. Er stammt aus den tieferen Schichten des Westfals D (Assise de Bruay, Faisceau de Du Souich).

Großbritannien: Es ist eine seltene Pflanzenart, die in den obersten Schichten des Westfals C (Staffordian Series, Newcastle-Under-Lyme Group) und im hohen Westfal D (Radstockian Series, Radstockian Group) gefunden wurde (KIDSTON 1924: 522).

Saar-Lothringen: *Pecopteris hemitelioides* reicht nach LAVEINE (1989) vom höheren Westfal D bis in das Stefan B, nach CORSIN (1951) bis in das Perm. Auch KERP & FICHTER (1985: 175) geben die Art noch aus dem saarpfälzischen Rotliegend an.

Spanien: Nach WAGNER (1966: 131 – 132) reicht die Spezies vom höheren Westfal D bis in das Stefan C.

***Pecopteris (Asterotheca) micromiltoni* (BERTRAND) CORSIN**

Abb. 14, 15; Taf. 11: Fig. 3; Taf. 12: Fig. 1; Taf. 13: Fig. 1, 1 a

1937	<i>Pecopteris micro-Miltoni</i> , P. BERTRAND: 71
1951	<i>Pecopteris micromiltoni</i> , CORSIN: 298 – 300; Abb. 75; Taf. 160: Fig. 1 – 5
1960	<i>Pecopteris micromiltoni</i> , MARTIN: 39 – 41; Abb. 22 u. 23; Taf. I
1989	<i>Pecopteris (Asterotheca) micromiltoni</i> , LAVEINE: 89 – 90; Abb. 77; Taf. 44: Fig. 1 – 4
1996 a	<i>Pecopteris (Lobopteris) micromiltonii</i> , VAN AMEROM: 92; Abb. 6
1996 b	<i>Pecopteris (Lobopteris) micromiltonii</i> , VAN AMEROM: 100; Taf. 1: Fig. 9

Die einzelnen Blättchen von *Pecopteris micromiltoni* stehen in dichter Anordnung, schwach aufwärts gerichtet, oft fast senkrecht an der Achse. Sie sind breit angeheftet und miteinander verbunden. Bei den vorliegenden Stücken ist eine leichte Wölbung der Blättchen deutlich. Ihre Umrißform ist etwas rechteckig, zum Teil auch fast quadratisch. In der Länge messen sie 2 – 4 mm, bei einer Breite von 1 – 2 mm. Dabei stehen an einer Fieder oft längere und kürzere Formen unregelmäßig nebeneinander. Die seitlichen Ränder der Blättchen verlaufen parallel, apikal sind sie stumpf abgerundet. Kurze gedrungene Endblättchen schließen die Fiedern ab.

Pecopteris micromiltoni hat eine locker angeordnete Nervatur. Die Mittelader wächst spitzwinkelig aus der Achse, beschreibt einen Bogen und strebt dann mehr oder weniger geradlinig aufwärts. Kurz vor dem Gipfel teilt sie oft in zwei kleine Äste auf. In lockerer Anordnung entläßt sie unter spitzem Winkel die seitlichen Adern, die meistens einfach bleiben, seltener einmal gabeln.

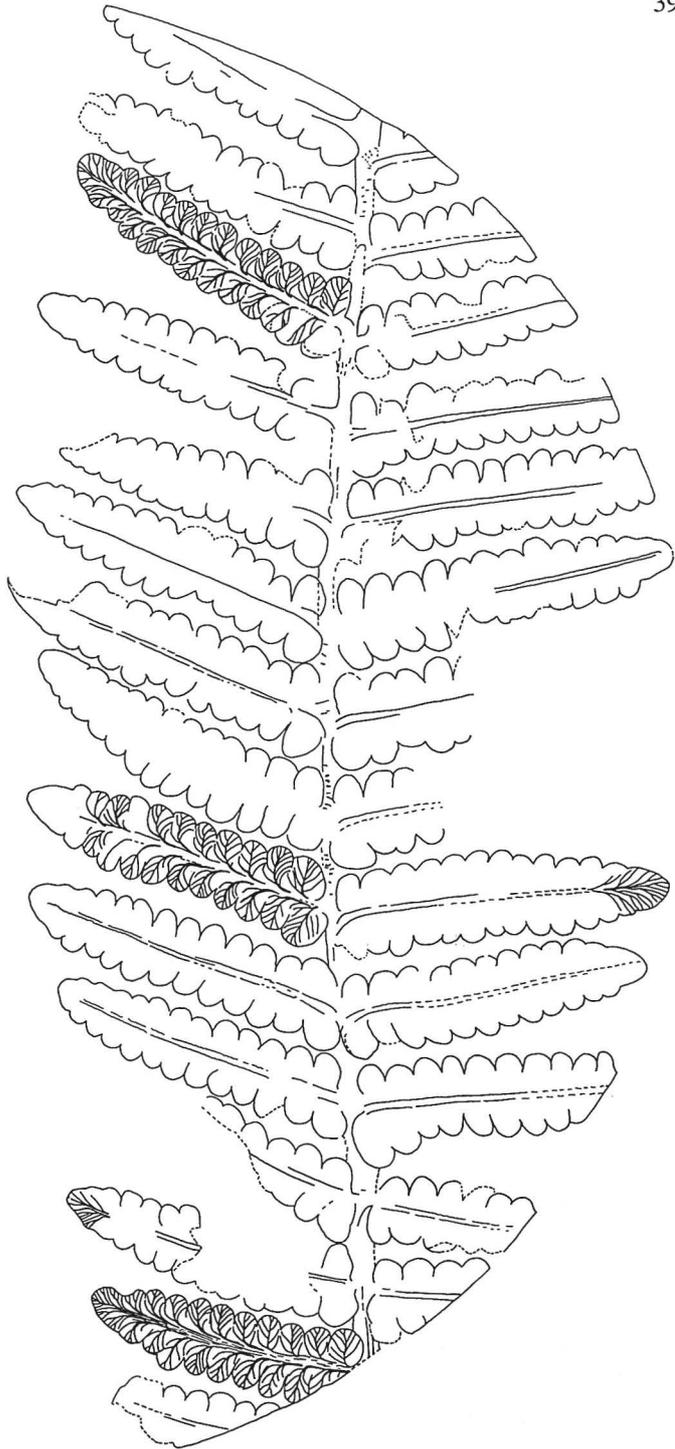


Abb. 14

Pecopteris (Asterotheca) micromiltoni (BERTRAND) CORSIN

Westfal D; Bohrung Norddeutschland 8; 2 847,0 – 2 861,6 m Teufe; Vergr. 2 x (Gegendruck von Taf. 11: Fig. 3)

Der vorliegende Wedel der Abbildung 14 (Taf. 11: Fig. 3; Taf. 12) läßt eine deutliche Längszeichnung der relativ starken Achsen letzter Ordnung erkennen und kleine, markante Quermerkmale auf der Achse vorletzter Ordnung, die ebenfalls breit und kräftig ausgebildet ist. Auf den beiden Fiedern der Abbildung 15 (Taf. 13: Fig. 1, 1 a) ist auf den Blättchen und Achsen ein leichter filziger Belag zu sehen.

Pecopteris micromiltoni schließt sich in der Form der Blättchen sowie in der Anordnung und im Verlauf der Nervatur an *Pecopteris unita* an (S. 43). Die erstere hat jedoch kleinere Blättchen, die, zumeist deutlich erkennbar, eine filzige Oberfläche haben.

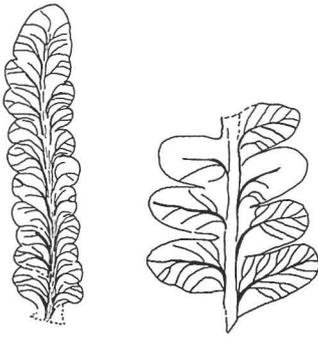


Abb. 15

Pecopteris (Asterotheca) micromiltoni
(BERTRAND) CORSIN
Westfal D; Bohrung Itterbeck-Halle Z5;
2 345,8 – 2 358,0 m Teufe; Vergr. 3 x

Stratigraphische Verbreitung

Norddeutschland: *Pecopteris micromiltoni* wurde in den Westemsland-Bohrungen Itterbeck-Halle Z5 (2 345,8 – 2 358,0 m Teufe) und Norddeutschland 8 (2 847,0 bis 2 861,6 m Teufe) in Schichten angetroffen, die nach einer reichen Begleitflora in das Westfal D gestellt werden. Ein wegen der unzureichenden Erhaltung als *P. cf. micromiltoni* bestimmter Abdruck fand sich in der Bohrung Frenswegen 5 (2 553,7 – 2 571,6 m Teufe). Mit einiger Wahrscheinlichkeit ist die Art auch in anderen Bohrungen unter der Bezeichnung *Pecopteris cf. unita* oder *Pecopteris* sp. vorhanden, wenn die Erhaltung keine sichere Bestimmung der Spezies erlaubte (JOSTEN 1995).

Großbritannien: CLEAL (1978, 1997) beschreibt die Art aus dem höchsten Westfal C und aus dem Westfal D von Südwales.

Saar-Lothringen: Nach LAVEINE (1989) kommt *Pecopteris micromiltoni* im höchsten Westfal C und im gesamten Westfal D vor, mit der größten Häufigkeit im mittleren Bereich des Westfals D. CLEAL (1984) gibt die Art vor allem aus dem Westfal D (Heiligenwald Formation) an und spricht im mittlereren Teil von der Zone der *Pecopteris (Lobopteris) micromiltoni*, die er mit den Hughes Beds in Südwales konnektiert. Nach CORSIN (1951) kommt die Art vereinzelt auch noch im tiefen Stefan vor.

***Pecopteris (Acitheca) polymorpha* BRONGNIART**

Abb. 16, 17; Taf. 14: Fig. 1, 1 a, 2, 2 a

- 1828 – 1837 *Pecopteris polymorpha*, BRONGNIART: 331; Abb. 2 – 5; Taf. 113: Fig. 1 – 6
 1888 *Pecopteris (Scoleopteris) polymorpha*, ZEILLER: 155 – 159; Taf. 16: Fig. 5 u. 6
 1925 *Acitheca polymorpha*, KIDSTON: 539 – 546; Abb. 67 – 69; Taf. 128: Fig. 1; Taf. 129: Fig. 1 – 4; Taf. 130: Fig. 3 u. 4
 1951 *Pecopteris polymorpha*, CORSIN: 318 – 321; Abb. 82; Taf. 168 – 169
 1966 *Pecopteris polymorpha*, JOSTEN: 571; Abb. 8; Taf. 6: Fig. 3, 3 a
 1966 *Polymorphopteris polymorpha*, WAGNER: 128; Taf. 26: Fig. 54 u. 55

Pecopteris polymorpha hat vorwiegend mittelgroße und schräg ansitzende Blättchen. Sie sind mit breiter Basis angeheftet, jedoch leicht herzförmig eingezogen. In der Länge variieren sie von 4 – 12 mm, in der Breite von 2 – 4 mm. Das Verhältnis Länge : Breite beträgt 2 : 1 bis 3 : 1. Die seitlichen Ränder verlaufen geradlinig, zumeist angenähert parallel oder etwas konisch gebogen; am Gipfel sind sie ellipsenförmig gerundet.

Die Mittelader ist meist recht deutlich bis zum Gipfel hin zu erkennen. Sie entläßt unter spitzem Winkel die seitlichen Adern, die ein- oder zweimal aufgabeln. Dabei erfolgt die erste Gabelung kurz nach Austritt aus der Mittelader. Die Seitenadern nehmen einen mehr oder weniger bogenförmigen Verlauf und treffen schräg auf den Rand der Blättchen. Insgesamt betrachtet ist die Aderung etwas fein und recht dicht. Die Achsen zeigen eine Längsstreifung.

Pecopteris polymorpha ist eine charakteristische Spezies, die kaum mit einer anderen Art zu verwechseln ist.

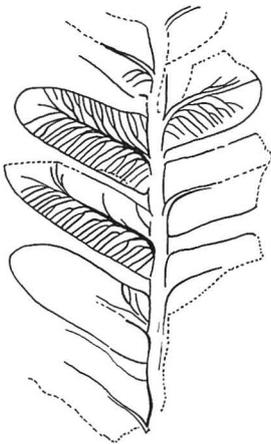


Abb. 16

Pecopteris (Acitheca) polymorpha BRONGNIART
 Westfal D; Bohrung Itterbeck-Halle Z5;
 2 438,5 – 2 441,9 m Teufe; Vergr. 3 x

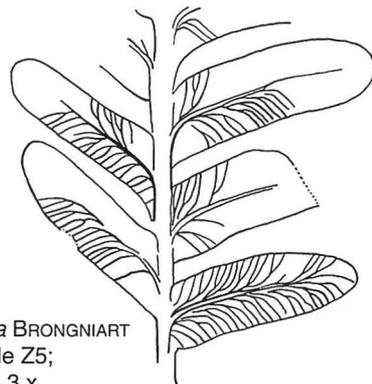


Abb. 17

Pecopteris (Acitheca) polymorpha BRONGNIART
 Westfal D; Bohrung Itterbeck-Halle Z5;
 2 438,5 – 2 441,9 m Teufe; Vergr. 3 x

Stratigraphische Verbreitung

Norddeutschland: Im Westfal D des Osnabrücker Karbons ist *Pecopteris polymorpha* nur ganz vereinzelt im Hangenden des Flözes Zweibänke angetroffen worden (JOSTEN & KÖWING & RABITZ 1984). Die Tiefbohrungen im Westensland brachten mehrere Stücke der Spezies zutage: in der Bohrung Itterbeck-Halle Z5 in Verbindung mit einer Pflanzenassoziation des höheren Westfals D und in der Bohrung Uelsen Z1 mit einer Stefan-Flora. In der Bohrung Uelsen Z3 wurde *Pecopteris polymorpha* zusammen mit einigen *Pecopteris*- und *Neuropteris*-Blättchen gefunden, die sowohl dem Westfal D als auch dem Stefan zugeordnet werden können.

Nordfrankreich: DALINVAL (1960: 180) gibt aus dem nordfranzösischen Revier *Pecopteris prepolymorpha* (BRONGNIART) aus dem Westfal D (Assise de Bruay, Faisceau de Du Souich) an und beschreibt sie als Vorläufer der typischen *Pecopteris polymorpha*.

Großbritannien: KIDSTON (1925: 545) führt die Art vom höchsten Westfal C bis in das höchste Westfal D (Staffordian und Radstockian Series) an.

Spanien: Unter dem Namen *Polymorphopteris polymorpha* wird die Spezies als recht häufig im Oberkarbon von Nordwestspanien angeführt. Sie reicht vom Mittleren Westfal D bis wenigstens in das Stefan C hinauf (WAGNER 1959: 29 – 30; 1966: 128).

Saar-Lothringen: *Pecopteris polymorpha* kommt vom Westfal D bis in das Autun vor (GERMER 1971, LAVEINE 1989).

***Pecopteris (Nemejcopteris) feminaeformis* (SCHLOTHEIM)**

Abb. 18

- | | |
|------|---|
| 1951 | <i>Pecopteris feminaeformis</i> , CORSIN: 356; Taf. 185: Fig. 4 |
| 1959 | <i>Pecopteris feminaeformis</i> , W. REMY & R. REMY: 152; Abb. 128 |
| 1960 | <i>Pecopteris feminaeformis</i> , MARTIN: 75 – 78; Abb. 60 – 62; Taf. Y (S. 124) |
| 1989 | <i>Pecopteris (Nemejcopteris) feminaeformis</i> , LAVEINE: 119 – 120; Abb. 104; Taf. 63: Fig. 3 |
| 1995 | <i>Pecopteris feminaeformis</i> , DOUBINGER et al.: 142; Abb. 158 u. 159 |

Pecopteris feminaeformis fällt durch den gezahnten Rand der Blättchen aus dem Rahmen der anderen Pecopteriden heraus; dabei zeigt die Spezies in mancher Hinsicht Ähnlichkeit mit *Pecopteris unita*.

Die Umrißform der Blättchen von *Pecopteris feminaeformis* ist länglich, angenähert rechteckig, zur Spitze hin nur leicht verjüngt. Sie sitzen fast senkrecht, mit breiter Basis, an der Achse und sind meistens schwach miteinander verbunden. Die randlichen Einkerbungen führen zu markanten spitzen Zähnen. Die Blättchen haben eine Länge von 8 – 12 mm und eine Breite von 2 – 3 mm. Das Verhältnis Länge : Breite beträgt etwa 5 : 1 oder 6 : 1.

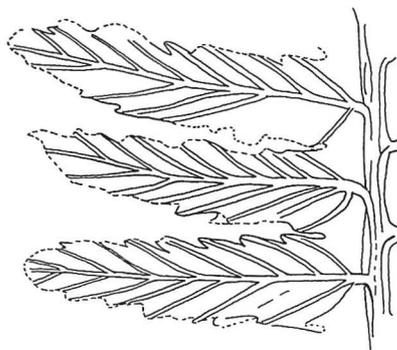
Die starre Form der Blättchen wird durch den geradlinigen Verlauf der fiederigen Aderung unterstrichen. Die Mittelader verläuft bis zur Spitze der Blättchen und entläßt unter

spitzem Winkel geradlinige Seitenadern. Diese sind ungegabelt. Jeweils eine Ader führt in einen der randlichen Zähne.

Pecopteris feminaeformis hat in der Form der Blättchen und im Verlauf der Aderung ein sehr charakteristisches Erscheinungsbild und ist mit keiner anderen Spezies zu vergleichen.

Abb. 18

*Pecopteris (Nemejcopteris)
feminaeformis* (SCHLOTHEIM)
Stefan; Decazeville,
Zentralplateau, Frankreich;
Vergr. 3 x



Stratigraphische Verbreitung

Nur aus einer der norddeutschen Bohrungen wurde ein kleines Bruchstück herauspräpariert und als *Pecopteris feminaeformis* identifiziert. Wahrscheinlich stammt das Fossil aus Schichten des Stefans; eine Begleitflora liegt nicht vor.

Saar-Lothringen: In diesem Kohlengebiet kommt die Art im Stefan und tiefen Autun vor (CORSIN 1951, GERMER 1971, LAVEINE 1989).

Saint-Étienne: Das Vorkommen von *Pecopteris feminaeformis* reicht vom tieferen Stefan bis in das Perm (DOUBINGER et al. 1995: 142).

Spanien: Nach WAGNER (1966: 79) kommt *Pecopteris feminaeformis* vom mittleren Stefan A bis in das Autun vor.

Pecopteris (Ptychocarpus) unita BRONGNIART

Abb. 19, 20, 21; Taf. 13: Fig. 3, 3 a

- 1828 – 1837 *Pecopteris unita*, BRONGNIART: 342; Taf. 116: Fig. 1 – 5
 1925 *Ptychocarpus unitus*, KIDSTON: 548 – 554; Abb. 70, 71; Taf. 131: Fig. 1 – 9
 1941 *Pecopteris unita*, GOTHAN: 50 – 51; Taf. 71: Fig. 4
 1951 *Pecopteris unita*, CORSIN: 350 – 353; Abb. 95; Taf. 189: Fig. 1 – 3; Taf. 190: Fig. 1; Taf. 191: Fig. 1 – 3
 1959 *Pecopteris unita*, W. REMY & R. REMY: 152 – 153; Abb. 129
 1966 *Pecopteris unita*, JOSTEN: 569; Abb. 3; Taf. 4: Fig. 3; non Taf. 5: Fig. 1
 1983 a *Pecopteris unita*, WAGNER: 74, 76; Taf. 43: Fig. 1, Fig. 2 (*Scolecopteris?*) *unita*
 1989 *Pecopteris (Ptychocarpus) unita*, LAVEINE: 88 – 89; Taf. 42: Fig. 6; Taf. 43: Fig. 1 – 4
 1995 *Pecopteris unita*, DOUBINGER et al.: 155, 158; Abb. 190 u. 191

Die Blattformen von *Pecopteris unita* sind sehr variabel. Oft sind sie stark miteinander verwachsen, andere stehen nahezu isoliert und sind basal nur schwach verbunden. Zwischen beiden Blattformen gibt es viele Übergänge.

Die mehr oder weniger deutlich verbundenen Blättchen der Spezies zeigen eine charakteristische Umrißform. Sie sind breit ansitzend und leicht nach oben geneigt. Die seitlichen Ränder verlaufen schwach ellipsenförmig gebogen und bilden einen halbkreisförmigen oder mehr stumpf abgerundeten Gipfel. In der Größe sind die Blättchen sehr variabel, meist liegt die Länge zwischen 4 und 8 mm, bei einer Breite von 2 – 3 mm. Entsprechend ist das Verhältnis Länge : Breite etwa 3 : 2 oder 4 : 1.

Abb. 19

Pecopteris (Ptychocarpus) unita BRONGNIART
Westfal D; Bohrung Itterbeck-Halle Z5;
2 345,8 – 2 358,0 m Teufe; Vergr. 3 x

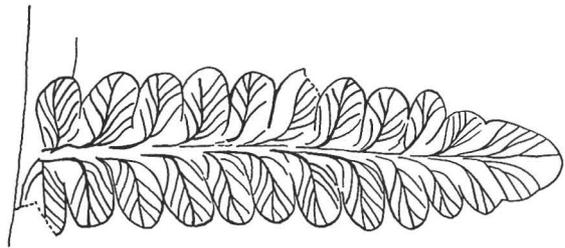
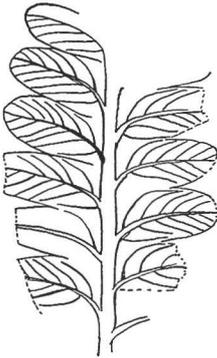
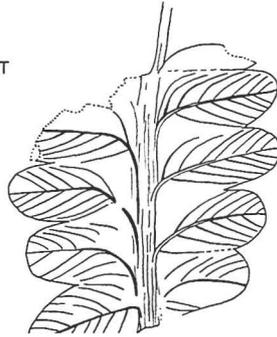


Abb. 20

Pecopteris (Ptychocarpus) unita BRONGNIART
Westfal D; Bohrung Norddeutschland 8;
2 847,0 – 2 861,6 m Teufe; Vergr. 3 x

Wie die Form der Blättchen ist auch ihre Nervatur sehr charakteristisch. Die Mittelader geht unter spitzem Winkel ab, beschreibt einen kurzen Bogen und führt dann, meist deutlich markiert, bis zum Gipfel der Blättchen. Die seitlichen Adern gehen wiederum unter spitzem Winkel ab und führen leicht bogenförmig ziemlich steil aufwärts, um schräg auf den Rand der Blättchen zu treffen. Sie sind fast immer ungegabelt; nur bei einigen Stücken wurde vereinzelt eine einfache Gabelung beobachtet.

Den Abschluß der Fiedern bilden kurze Endblättchen. Die Achsen sind fein längsgestreift.

Pecopteris unita hat mehrere morphographisch nahestehende Arten: Von *Pecopteris obliquenervis* (S. 47) ist sie durch die ungegabelten Seitenadern differenziert. Zwei weitere Spezies, *Pecopteris (Asterotheca) miltoni* (ARTIS) BRONGNIART, die vom Westfal A bis zum Westfal C verbreitet ist (JOSTEN 1991: 287 – 288), und *Pecopteris micromiltoni*, unterscheiden sich von *Pecopteris unita* durch häufigere Gabelungen der Seitenadern, aber auch durch die filzige Oberfläche der Blättchen.

Morphologisch verwandt mit der vorliegenden Spezies ist auch *Pecopteris lamuriana* HEER beziehungsweise die Formengruppe *Pecopteris lamuriana – Pecopteris vestita* WHITE (s. S. 36), was besonders bei stärker verwachsenen Blättchen zum Ausdruck kommt (Abb. 22 u. 23). Bei dieser Formengruppe neigen die Seitenadern auch öfter zur Aufgabelung; insgesamt sind die Adern steiler aufwärts gerichtet, als es bei *Pecopteris unita* der Fall ist.

In ähnlicher Weise sieht auch CLEAL die morphologischen Zusammenhänge von *Pecopteris vestita* mit anderen verwandten Arten der Gattung. In einem Brief teilt er mit:

Pecopteris/Lobatopteris vestita in my interpretation is a *L. miltoni*-like species, commonly with pinnatifid pinnules, found in the upper Westphalian D and lower Cantabrian. It differs from *L. miltoni* in having less bluntly tapered ultimate pinnae and generally slenderer pinnules. The lobes in the pinnatifid pinnules of *L. vestita* can sometimes resemble *P. unita*, in that the veins can curve upwards and meet the pinnule margin at a low angle. However, the fully developed pinnules have veins that curve in the opposite way and meet the pinnule margin at a much wider angle. The pinnules are more consistently broadly fused at the base; only the very small pinnules of *L. vestita* are so fused. The distinctive blunt- or even flat-topped pinnules of *P. unita* are not known in *L. vestita*. As with all these pecopteroid fronds, small fragments can easily be confused. However, if you have robust „*miltoni*“-like pinnules with a tapered apex, you almost certainly have *L. vestita* (or, at least, what I call *L. vestita*!).

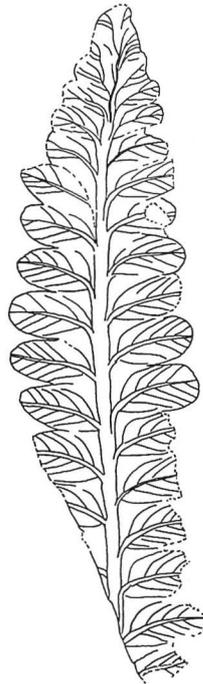


Abb. 21

Pecopteris (Ptychocarpus) unita BRONGNIART
Westfal D; Bohrung Norddeutschland 8;
2 847,0 – 2 861,6 m Teufe; Vergr. 3 x

GOTHAN (1913: 163 – 165) und BODE (1936: 46 – 47) haben schon die morphologischen Zusammenhänge und die Schwierigkeit der taxonomischen Abgrenzung, insbesondere von *Pecopteris vestita* LESQUEREUX, *P. pseudovestita* WHITE, *P. miltoni* (ARTIS) ZEILLER und *P. lamuriana* HEER beschrieben. Sie konnten keine Klarheit herbeiführen, obgleich ihnen aus Oberschlesien und aus dem Saarkarbon ein umfangreiches Fossilmaterial zur Verfügung stand.

Die hier beschriebenen Taxa verwandter Pecopteriden und der Versuch einer differentialdiagnostischen Abgrenzung ist auch kein abschließender Beitrag zu der Thematik. Dazu sind die Fossilien aus dem Osnabrücker Karbon (nur Schichten des Westfals C und älteren Westfals D sind vorhanden, und sehr oft ist die Aderung der *Pecopteris*-Blättchen nicht zu erkennen) und den Tiefbohrungen auch nicht das geeignete Ausgangsmaterial. Die Untersuchungen machten jedoch deutlich, welche Bedeutung der genaueren Kenntnis der Variationsbreite der einzelnen Taxa zukommt, die weitgehend, aber nicht nur, vom ontogenetischen Entwicklungsstadium der Fiedern und Blättchen abhängig ist. Eine morphographische Bearbeitung der Pecopteriden im Zusammenhang mit ihren Fruktifikationen (soweit gegeben) und Epidermisstrukturen dürfte Aufschluß geben über die Abgrenzung und die morphographische Variationsbreite der einzelnen Spezies, wobei die letzteren sich teilweise sogar überschneiden können.

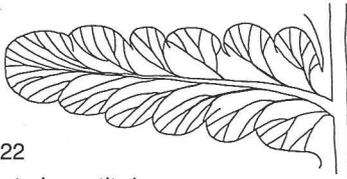


Abb. 22

Pecopteris vestita LESQUEREUX
(aus LESQUEREUX 1879/80,
Taf. 43: Fig. 1 a)
Vergr. 3 x

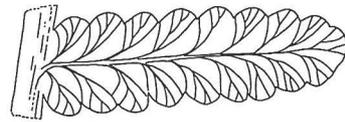


Abb. 23

Pecopteris vestita WHITE
(aus WHITE 1899, Taf. 33: Fig. 2 a)
Vergr. 3 x

Stratigraphische Verbreitung

Norddeutschland: GOTHAN (1941: 50) gibt aus dem Osnabrücker Karbon einen Abdruck mit *Pecopteris unita* an. Der genaue Fundort und die stratigraphische Position sind jedoch nicht bekannt. Es muß sich um einen seltenen Vorläufer dieser Spezies handeln. BODE (1927) erwähnt die Art nicht, und auch anderen Autoren ist sie bisher in diesem Gebiet nicht aufgefallen. Dagegen wurde sie des öfteren in den Westemsland-Bohrungen (vgl. Abb. 2, S. 15) angetroffen, in Schichten, die nach den jeweiligen Begleitfloren in das Westfal D (Brg. Balderhaar Z1, Itterbeck-Halle Z5, Neuenhaus Z2, Norddeutschland 8) beziehungsweise in das Stefan (Brg. Uelsen Z1) einzuordnen sind. Im höheren Teil der Bohrung Itterbeck-Halle Z5 wurde, unmittelbar über der Flora mit Westfal-D-Charakter, *Pecopteris unita* in mehreren Bohrkernen in einer Pflanzengemeinschaft angetroffen, die deutlich von Pecopteriden beherrscht wird (JOSTEN 1995: 104). Daneben konnte ein Abdruck als *Sphenophyllum* cf. *verticillatum* SCHLOTHEIM angesprochen werden; der schlechte Erhaltungszustand ließ eine sichere Identifizierung nicht zu. Typische Westfal-Pflanzen fehlen in dieser Pflanzengemeinschaft, die insgesamt einen jüngeren Eindruck als Westfal D vermittelt. Die Datierung in den Grenzbereich Westfal/Stefan ist naheliegend.

Nordfrankreich: Bei DALINVAL (1960) wird *Pecopteris unita* aus dem nordfranzösischen Kohlengebiet nicht angeführt.

Großbritannien: KIDSTON (1925) gibt die Art (*Ptychocarpus unitus*) aus dem obersten Westfal C als sehr seltene Spezies an, die dann nach oben, bis in das höchste Westfal D, mehr und mehr zunimmt. Das entspricht im wesentlichen den neueren Daten von CLEAL (1997), der *Pecopteris unita* im tiefen Westfal D (*Linopteris-bunburii*-Zone) als selten anführt. Im mittleren Westfal D kommt sie, zusammen mit *Pecopteris/Lobopteris micromiltoni*, in zunehmender Häufigkeit vor und reicht bis in die Zone der *Odontopteris cantabrica*.

Saar-Lothringen: *Pecopteris unita* beginnt sehr sporadisch in den obersten Schichten des Westfals C und im tiefen Westfal D. Im höheren Westfal D und im gesamten Stefan ist die Art recht häufig (CORSIN 1951, GERMER 1971, LAVEINE 1989).

Saint-Étienne: Nach DOUBINGER et al. (1995: 158) reicht die Spezies vom Westfal D bis in das Stefan.

Spanien: *Pecopteris unita* beginnt im tieferen Westfal D und reicht bis in das Autun (WAGNER 1984).

Pecopteris obliquenervis CORSIN

Abb. 24; Taf. 13: Fig. 2, 2 a

1951 *Pecopteris obliquenervis*, CORSIN: 353 – 354; Abb. 96; Taf. 197: Fig. 3

1959 *Pecopteris obliquenervis*, W. REMY & R. REMY: 153 – 154; Abb. 130 a, b

1975 *Pecopteris obliquenervis*, BOUREAU & DOUBINGER: 113; Abb. 83

Bei dem vorliegenden Pflanzenrest (Abb. 24; Taf. 13: Fig. 2, 2 a, Fieder rechts unten) stehen die Blättchen ziemlich dicht angeordnet und nahezu senkrecht an der Achse. Basal sind sie herablaufend und miteinander verbunden. In der Länge messen sie 4 – 6 mm, in der Breite um 2 mm. Die seitlichen Ränder verlaufen etwas elliptisch gebogen, der Gipfel ist halbkreisförmig gerundet. Die Mitteladern der Blättchen gehen unter spitzem Winkel ab und führen, nach einem kleinen Bogen, mehr oder weniger geradlinig zum Gipfel. Die seitlichen Adern sind ebenfalls spitzwinkelig angesetzt und verlaufen dann ziemlich steil und nur schwach gebogen zum Blattrand, den sie mit spitzem Winkel treffen. Fast in



Abb. 24

Pecopteris obliquenervis CORSIN
Westfal D; Bohrung Itterbeck-Halle Z5;
2 438,5 – 2 441,9 m Teufe; Vergr. 3 x

der Mitte zwischen der Mittelader und dem Blattrand sind sie zumeist einmal gegabelt, einzelne bleiben einfach, ohne Gabelung. Insgesamt betrachtet ist die Nervatur ziemlich locker.

Die Beschreibung der Pflanze entspricht der von CORSIN (1951). Der gesamte Habitus, auch dieses kleinen Wedelteils, läßt die Affinität zu *Pecopteris unita* erkennen. Die entscheidende Differenzierung ist die Gabelung der seitlichen Adern.

Stratigraphische Verbreitung

Norddeutschland: *Pecopteris obliquenervis* wurde nur in zwei Exemplaren in der Westemsland-Bohrung Itterbeck-Halle Z5 (2 345,8 – 2 358,0 m und 2 438,5 – 2 441,9 m Teufe) gefunden. Die Pflanzenassoziationen in diesen Teufen datieren die Schichten in das jüngere Westfal D. Es sind die ersten Stücke dieser Art, die aus diesem Raum beschrieben werden. Einige Exemplare aus den Tiefbohrungen könnten sich noch unter der Gattungsbezeichnung *Pecopteris* sp. befinden, die aber wegen allzu schlechter Erhaltung nicht genauer zu bestimmen sind.

Saarland: W. REMY & R. REMY (1959: 154) geben die Spezies aus dem Westfal D und höheren Stefan des Saarlandes und aus dem Plötzer Raum an.

Pecopteris affinis BRONGNIART

Abb. 25, 26 (cf.); Taf. 7: Fig. 1, 1 a

- | | |
|-------------|--|
| 1828 – 1837 | <i>Pecopteris affinis</i> , BRONGNIART: 306; Taf. 100: Fig. 2 u. 3 |
| 1951 | <i>Pecopteris affinis</i> , CORSIN: 333 – 335; Abb. 88; Taf. 177: Fig. 3; Taf. 184: Fig. 4 |
| 1960 | <i>Pecopteris affinis</i> , MARTIN: 61 – 63; Abb. 42; Taf. R (S. 118) |
| 1968 | <i>Pecopteris affinis</i> , VETTER: 57 – 58; Taf. 10: Fig. 1 u. 3 |
| 1975 | <i>Pecopteris affinis</i> , BOUREAU & DOUBINGER: 32 – 33; Abb. 8 |
| 1995 | <i>Pecopteris affinis</i> , DOUBINGER et al.: 133; Abb. 137 u. 138 |

Pecopteris affinis hat ziemlich dicht, angenähert senkrecht an der Achse angeordnete Blättchen. Sie sind im basalen Bereich etwas verbreitert und schwach miteinander verbunden. Damit haben die Blättchen eine etwas pyramidale Form mit zungenförmig gerundetem Gipfel. In der Länge messen sie meist 6 – 8 mm, in der Breite um 2 mm. Das Verhältnis Länge : Breite ist etwa 3 : 1 oder auch 4 : 1. Die Mittelader führt ziemlich gerade bis zum Gipfel der Blättchen; die Seitenadern gehen mit spitzem Winkel ab, gabeln kurz danach einmal auf und führen dann schräg auf den Blattrand zu. Die Aderung insgesamt erscheint etwas locker.

Pecopteris affinis steht sowohl *Pecopteris cyathea* als auch *Pecopteris candolleana* sehr nahe. Bei *P. cyathea* sind die Blättchen im Verhältnis zur Länge etwas breiter, die Seitenadern verlaufen mehr bogenförmig als bei *P. affinis*. Ein recht charakteristisches Merkmal von *P. affinis* dürfte die schwache Verbreiterung der Blättchen in ihrem unteren Bereich sein und insgesamt die leichte Verjüngung zum Gipfel hin.

Bei *Pecopteris candolleana* ist die Aderung insgesamt etwas lockerer. Die Gabelung der Seitenadern erfolgt unter etwas größerem Winkel als bei *P. affinis*. Die Differenzierung der drei genannten Spezies ist oft sehr schwierig und setzt eine entsprechend gute Erhaltung, möglichst einer Anzahl Blättchen oder eines Wedelteils, voraus.

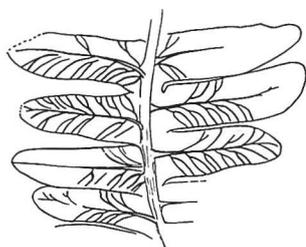


Abb. 25

Pecopteris affinis BRONGNIART
Westfal D; Bohrung Itterbeck-Halle Z5;
2 438,5 – 2 441,9 m Teufe; Vergr. 3 x



Abb. 26

Pecopteris cf. *affinis* BRONGNIART
Westfal D; Bohrung Itterbeck-Halle Z5;
2 345,8 – 2 358,0 m Teufe; Vergr. 3 x

Stratigraphische Verbreitung

Norddeutschland: *Pecopteris affinis* ist eine seltene Art. Sie wurde nur in der Bohrung Itterbeck-Halle Z5 (Westemland) in einer Pflanzengesellschaft des oberen Westfal D festgestellt.

Saar-Lothringen: CORSIN (1951) gibt die Art aus dem Westfal D (Assise de la Houve, Zone de Saint-Avoid) an. Auch dort ist die Spezies nur selten vertreten.

Südfrankreich: Nach MARTIN (1960) kommt die Spezies im Kohlenbecken von La Mure (Isère) im tiefen Stefan A vor. VETTER (1968) gibt sie aus dem Stefan B und C im Kohlenbecken von Decazeville an. Im Gebiet von Saint-Étienne reicht sie vom Westfal D bis in das Stefan (DOUBINGER et al. 1995: 133).

Pecopteris koenigi CORSIN

Abb. 27, 28; Taf. 15: Fig. 1, 1 a, 2, 2 a

1951 *Pecopteris koenigi*, CORSIN: 269 – 272; Abb. 65; Taf. 145: Fig. 2, 2 a, 2 b

1966 *Pecopteris* cf. *koenigi*, JOSTEN: 570; Abb. 5; Taf. 6: Fig. 2

Die Blättchen von *Pecopteris koenigi* sind von lang-rechteckiger Umrißform und stehen angenähert senkrecht an der Achse, ziemlich dicht aneinander, so daß sie sich randlich fast berühren. Sie sind breit inseriert, aber nicht oder nur schwach herablaufend. In der Länge variieren die Blättchen von 4 – 10 mm (meist 7 – 9 mm), in der Breite von 2 – 3 mm. Das Verhältnis Länge : Breite schwankt zumeist um 3 : 1. Die seitlichen Ränder verlaufen weitgehend parallel und bilden einen halbkreisförmigen Gipfel. Die Mittelader wächst spitzwinkelig aus der Achse, biegt bald aufwärts und verläuft ziemlich geradlinig, um sich

kurz vor der Spitze in zwei kleine Äste zu teilen. Die Seitenadern gehen wiederum spitzwinkelig aus der Mittelader hervor und verlaufen leicht flexuos schräg zum Blattrand. Dabei erfolgt eine erste Gabelung bald nach Austritt aus der Mittelader, wonach der obere Ast sehr oft nochmal aufgabelt. Die Aderung insgesamt ist etwas locker. Die Endblättchen der Fiedern sind sehr klein.

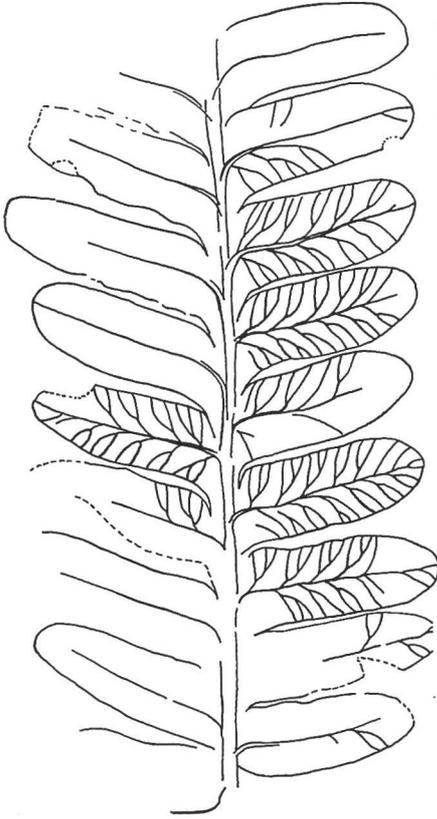


Abb. 27

Pecopteris koenigi CORSIN
Westfal D, Liegendes von Flöz Johannisstein;
Piesberg bei Osnabrück; Vergr. 3 x

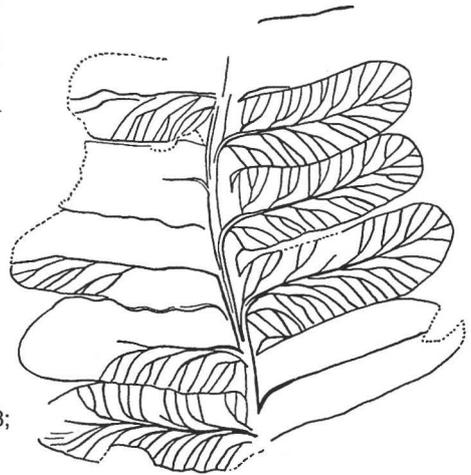


Abb. 28

Pecopteris koenigi CORSIN
Westfal D; Bohrung Norddeutschland 8;
2 847,0 – 2 861,6 m Teufe; Vergr. 3 x

Die hier dargestellten Pflanzen stimmen in den wesentlichen diagnostischen Merkmalen mit dem Original von CORSIN (1951) überein; jedoch sind hier die Blättchen basal etwas stärker herablaufend ausgebildet. Dennoch wird das Stück als *Pecopteris koenigi* angesprochen, von der bislang nur wenige Exemplare bekannt geworden sind, so daß die Variationsbreite noch unklar ist.

Stratigraphische Verbreitung

Pecopteris koenigi ist eine sehr seltene Spezies. Die beschriebenen Stücke stammen aus dem Westfal D des Osnabrücker Karbons (Piesberg, Liegendes von Flöz Johannisstein) und aus der Bohrung Norddeutschland 8 im Westemmland, wo sie in Begleitung einer typischen Westfal-D-Flora gefunden wurden.

CORSIN (1951) hat die Art aus dem Saar-Lothringer Karbon beschrieben. Das stratigraphische Alter (Westfal D oder ? Stefan) ist nicht genauer bekannt.

Pecopteris raconensis (NĚMEJC) WAGNER

Abb. 29; Taf. 16: Fig. 1, 1 a, 2, 2 a

- 1925 *Asterotheca lepidorachis*, KIDSTON: 525 – 528; Abb. 61; Taf. 127: Fig. 1, 1 a, 1 b, ? 2, 2 a
- 1940 *Asterotheca raconensis*, NĚMEJC: 24
- 1966 *Pecopteris* cf. *koenigi*, JOSTEN: 570; Abb. 5; Taf. 6: Fig. 2
- 1977 *Pecopteris raconensis*, ŠETLÍK: 335; Taf. 7: Fig. 1
- 1983 *Pecopteris raconensis*, WAGNER & LEMOS DE SOUSA: 145 – 147; Taf. 2: Fig. 3, 4, 5
- 1983 a *Pecopteris raconensis*, WAGNER: 74, 76, 82, 86; Taf. 43: Fig. 4; Taf. 45: Fig. 1 – 4, 6, 7

Pecopteris raconensis hat lang-rechteckige Umrißformen der Blättchen, die, mit breiter Basis angeheftet, angenähert rechtwinkelig von der Achse abgehen. Sie sind 3 – 9 mm lang (meist um 5 mm) und etwa 2,5 mm breit. Die seitlichen Ränder verlaufen geradlinig und parallel zueinander; der Gipfel ist halbkreisförmig oder etwas stumpf abgerundet. Die Mittelader wächst etwas spitzwinkelig aus der Achse und führt, nach einem kurzen Bogen, geradlinig zum Gipfel der Blättchen. Sie entläßt unter spitzem Winkel die seitlichen Adern, die recht steil aufwärts steigen und schräg auf den Rand treffen. Sie sind meist einmal, mitunter aber auch zweimal gegabelt. Insgesamt erscheint die Nervatur ziemlich locker. Die Endblättchen sind auffallend kurz und gedrunzen.

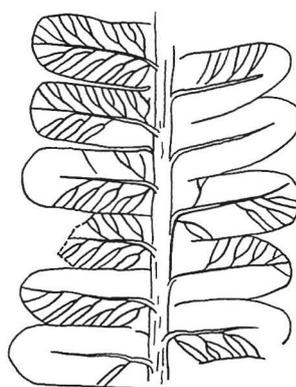


Abb. 29

Pecopteris raconensis (NĚMEJC) WAGNER
Westfal D; Bohrung Norddeutschland 8;
2 847,0 – 2 861,6 m Teufe; Vergr. 3 x

Die Spezies hat Ähnlichkeit mit *Pecopteris koenigi* CORSIN, bei der aber die Seitenadern in der Regel zweimal aufgabeln. Ferner besteht eine Affinität zu *Pecopteris bucklandi* BRONGNIART; diese Spezies ist durch stärker an der Achse herablaufende Blättchen differen-

ziert. Von *Pecopteris cyathea* unterscheidet sich die vorliegende Spezies durch kurze, gedrungene Endblättchen der Fiedern.

Stratigraphische Verbreitung

Norddeutschland: Die beschriebenen Stücke aus der Bohrung Norddeutschland 8 im Westemsland wurden in Assoziation mit einer typisch jungwestfälischen Flora angetroffen.

Großbritannien: Die Pflanze (*Asterotheca lepidorachis*) wird von KIDSTON (1925) aus dem obersten Westfal D angegeben.

Tschechien: Im Kohlendistrikt von Böhmen liegt das Hauptvorkommen der Spezies im Westfal D, doch soll sie vereinzelt auch noch im tiefen Stefan vorkommen (NĚMEJC 1940, ŠETLÍK 1977, ŠIMŮNEK 1994).

Spanien und Portugal: Das Vorkommen von *Pecopteris raconensis* wird von WAGNER (1983 b) und WAGNER & LEMOS DE SOUSA (1983) aus dem Oberen Westfal D und aus dem Kantabrium angegeben.

3.3.5 *Alethopteris* STERNBERG

Das Genus *Alethopteris* ist im älteren Westfal D noch mit mehreren Spezies vertreten. Aber nur *Alethopteris serli* (BRONGNIART) GÖPPERT wurde im untersuchten Gebiet noch mit einiger Regelmäßigkeit gefunden (Taf. 17: Fig. 1 – 3; Taf. 18: Fig. 1). Dagegen wurden *A. lonchitica* (SCHLOTHEIM) STERNBERG, *A. grandini* (BRONGNIART), *A. michauxi* BUISINE (bisher nur im Grenzbereich Westfal C/D gefunden) und *A. pontica* ZEILLER (bisher nur am Piesberg, über Flöz Dreibänke) selten angetroffen (JOSTEN 1991). Im mittleren oder höheren Bereich des Westfals D stirbt die Gattung mit allen Arten aus.

3.3.6 *Neuropteris* BRONGNIART

Die Blättchen der Gattung *Neuropteris* gehören in allen Westfal-Schichten zu den häufigsten Fossilien der farnlaubigen Gewächse.

Mit dem stratigraphisch ersten Auftreten von *Neuropteris ovata* HOFFMANN ist definitionsgemäß die Grenze Westfal C/D verbunden. Das ist im Ibbenbürener Karbon über dem Flöz Dickenberg, dem Locus typicus und Stratum typicum dieser Spezies (HOFFMANN 1826, SALTZWEDEL 1969). Analog den anderen stratigraphischen Grenzen im Ruhrkarbon wird die Oberkante von Flöz Dickenberg als Grenzschicht Westfal C/D angesprochen.

Neuropteris ovata wird über den Kohlenflözen im tieferen Westfal D mit einiger Regelmäßigkeit gefunden, doch erreicht die Art nirgends eine bemerkenswerte Häufigkeit. Daneben sind vereinzelt *Neuropteris heterophylla* BRONGNIART und recht oft *Neuropteris*

tenuifolia SCHLOTHEIM vertreten. *Neuropteris dussarti* LAVEINE wurde bisher nur am Piesberg bei Osnabrück, im Hangenden des Flözes Dreibänke, nachgewiesen (JOSTEN & LAVEINE 1984).

Häufiger als die genannten Arten sind im Westfal D *Neuropteris attenuata* LINDLEY & HUTTON sowie *Neuropteris scheuchzeri* HOFFMANN vertreten (Taf. 19: Fig. 1 u. 2). Sie erreichen im tieferen Westfal D das Maximum ihrer Verbreitung und sind in fast allen Pflanzengesellschaften über den Kohlenflözen häufig zu beobachten.

Neuropteris sp.

Taf. 22: Fig. 3, 3 a, 4, 4 a

Eine großblättrige Form des Genus *Neuropteris* wurde in der Emsland-Bohrung Apeldorn Z2 (4 128,5 – 4 137,5 m Teufe) gefunden. Das Fossil ist um 3 cm lang und etwa 1,5 cm breit. Die Aderung ist recht fein und verläuft bogenförmig zum Blattrand, der mehr oder weniger rechtwinkelig getroffen wird.

Das Blatt ist schlecht erhalten und läßt sich nicht genau bestimmen. Es zeigt Ähnlichkeit mit *Neuropteris cordata* BRONGNIART, die im höheren Stefan und Rotliegend verbreitet ist. Mit dieser stratigraphischen Datierung harmoniert die begleitende Flora aus demselben Kernmarsch. In dieser Assoziation dominieren *Walchia piniformis*, *Ernestiodendron filiciforme* und *Walchia* sp.; daneben wurden einzelne Blättchen von *Sphenopteris germanica* WEISS und *Callipteris naumanni* gefunden (JOSTEN 1995: 17 – 18).

Der beschriebene Blattrest hat auch Ähnlichkeit mit *Neuropteris scheuchzeri* HOFFMANN, mit der er zunächst identifiziert wurde (JOSTEN 1966: 627). Bei *Neuropteris scheuchzeri* würde es sich um einen späten Nachläufer dieser Spezies handeln, die praktisch in der Westfal-Zeit oder im frühen Stefan aus dem Vegetationsbild verschwindet.

3.3.7 *Reticulopteris* GOTHAN

Das Genus *Reticulopteris* ist im norddeutschen Oberkarbon nur mit einer Spezies, *Reticulopteris münsteri* (EICHWALD) GOTHAN bekannt. Diese Belaubungsart ist im Westfal D, am Piesberg bei Osnabrück, ein häufiges und charakteristisches Fossil. Dagegen ist die Spezies in den norddeutschen Tiefbohrungen bemerkenswert selten, obgleich das Westfal D dort von vielen Bohrungen erschlossen wurde. In den Bohrungen Norddeutschland 8 (Westemsland) und Nordsee D1 wurden jeweils ein beziehungsweise zwei fragliche Blattreste von *Reticulopteris* in Schichten des Westfal D gefunden (JOSTEN 1995: 128, 138).

Die Bohrung Rehden 21 (östlich Diepholz, zwischen Osnabrück und Bremen) brachte eine Übergangsform von *Neuropteris semireticulata* (JOSTEN 1962) zu *Reticulopteris münsteri* (EICHWALD) GOTHAN mit einer Pflanzengesellschaft des mittleren bis höheren Westfal C. Außerdem wurde nur noch in der Bohrung Rehden 23 (oberes Westfal C – tiefes Westfal D) ein Abdruck von *R. münsteri* angetroffen (JOSTEN 1995: 159 – 165).

3.3.8 *Paripteris* GOTHAN

Die älteste Spezies dieses Genus, *Paripteris gigantea* (STERNBERG) GOTHAN, ist gleichzeitig die langlebige. Sie tritt bereits im Namur B auf und reicht bis in das Westfal D. In diesen jungen Schichten ist sie allerdings nur in wenigen Exemplaren, am Piesberg im Bereich des Flözes Johannisstein, festgestellt worden.

3.3.9 *Linopteris* PRESL

Linopteris neuropteroides (GUTBIER) ZEILLER, eine der wenigen Beblätterungsarten mit maschenförmiger Aderung, tritt im Ruhrrevier im höheren Westfal C (Lembeck-Schichten), namentlich über den Kohlenflözen Odin, Parsifal und Siegfried, geradezu massenhaft auf und bildet damit in diesem Gebiet eine gute Zeitmarke.

Stratigraphische und regionale Verbreitung

In der Ibbenbürener Karbon-Scholle wurde ein ähnlich häufiges Vorkommen wie im Ruhrrevier festgestellt, aber stratigraphisch etwas früher, und zwar im Hangenden des Flözes 2, das der Flözgruppe Kobold-Loki im Ruhrgebiet entsprechen dürfte (JOSTEN & TEICHMÜLLER 1971: Taf. 1). Als jüngstes Vorkommen im Ibbenbürener Karbon ist *Linopteris neuropteroides* im tieferen Westfal D über dem Flöz Buchholz-Flottwell festgestellt worden.

Von den norddeutschen Bohrungen brachten nur die Bohrungen Rehden 19, 21 und 23 (östlich von Diepholz) jeweils in einem Kernmarsch eine größere Anzahl Einzelblättchen von *L. neuropteroides* zutage (JOSTEN 1995: 159 – 163).

Das häufige Vorkommen der Art im Oberen Westfal C des Ruhrgebietes und Ibbenbürens findet Parallelen in Nordfrankreich (JOSTEN & LAVEINE 1984) und in Südwales. Dabei ist aber festzustellen, daß die Pflanze in Nordfrankreich bis hoch in das Westfal D hinaufreicht, während sie im tiefen Westfal D des Piesberges bei Osnabrück nicht mehr und in den norddeutschen Tiefenaufschlüssen nur in den oben genannten Bohrungen Rehden 19, 21 und 23 angetroffen wurde. Man kann wohl annehmen, daß dort im Westfal D auf relativ kleinem Raum pflanzenökologische Differenzierungen vorliegen, die aber derzeit noch nicht genauer zu erfassen sind.

Saar-Lothringen: *Linopteris neuropteroides* beginnt im höchsten Westfal B und reicht bis in das ältere Westfal D (P. BERTRAND 1930, LAVEINE 1989).

Linopteris obliqua BUNBURY (Taf. 20: Fig. 1 – 5) konnte in den Osnabrücker Karbon-Ablagerungen nicht nachgewiesen werden. Im Westemsland wurde die Spezies mit jeweils ein oder mehreren Exemplaren in folgenden Bohrungen festgestellt: Itterbeck-Halle Z6, Norddeutschland 8, Ratzel Z6 und Wielen Z7. Mit den Begleitfloren wurden die Schichten in das Westfal D gestellt. Diese Altersdatierung entspricht dem Vorkommen von *Linopteris*

obliqua in Nordfrankreich (LAVEINE 1967), in Südwales (CLEAL 1978) und auch im limnischen Saar-Lothringer Karbon-Becken (CLEAL 1984, LAVEINE 1989).

3.3.10 *Odontopteris* STERNBERG

Die Formgattung *Odontopteris* umfaßt sehr unterschiedliche Blättchen, die sowohl pecopteridischen, alethopteridischen als auch neuropteridischen Habitus erkennen lassen. Charakteristisch ist die Ausbildung der parallel verlaufenden Aderung, bei der mehrere Adern nebeneinander von der Achse in die Blättchen einmünden. Eine Mittelader ist nicht ausgebildet; allenfalls kann eine solche angedeutet sein.

Stratigraphisch sind die *Odontopteriden* typische Pflanzen des Stefans und Rotliegend. Nur vereinzelt treten Vorläufer im höheren Westfal D auf. In den älteren Schichten des Westfals D, wie sie im Osnabrücker Gebiet aufgeschlossen sind, kommt die Gattung noch nicht vor.

Odontopteris subcrenulata ROST

Abb. 30; Taf. 21: Fig. 1, 1 a

- | | |
|------|---|
| 1923 | <i>Odontopteris subcrenulata</i> , GOTHAN: 65; Taf. 15: Fig. 1 |
| 1956 | <i>Odontopteris subcrenulata</i> , VETTER: Taf. 1: Fig. 2 |
| 1959 | <i>Odontopteris subcrenulata</i> , W. REMY & R. REMY: 193; Abb. 163 |
| 1968 | <i>Odontopteris subcrenulata</i> ROST var. <i>subcrenulata</i> DOUBINGER & REMY, W. REMY & R. REMY: 63 – 64; Taf. 4: Fig. 3 – 5 |
| 1971 | <i>Odontopteris subcrenulata</i> , GERMER: 58; Abb. 71 u. 108; Taf. 13: Fig. 3 |
| 1971 | <i>Odontopteris subcrenulata</i> , DOUBINGER & GERMER: 143 – 144; Abb. 19 |
| 1986 | <i>Odontopteris subcrenulata</i> , BROUTIN: 39 – 40; Taf. 4: Fig. 7 |

Die Blättchen von *Odontopteris subcrenulata* sind in ihrer Umrißform sehr verschieden, teils quadratisch bis mehr trapezförmig oder auch lang zungenförmig mit neuropteridischem Charakter. Sie stehen dicht angeordnet und zumeist sich leicht überlappend, etwas aufwärts gerichtet an der Achse. Dabei sind sie mit der gesamten Breite angeheftet, etwas an der Achse herablaufend und leicht miteinander verbunden. In der Länge variieren sie zumeist von 6 – 10 mm, bei einer Breite von 5 – 8 mm. Die seitlichen Ränder der Blättchen sind etwas gewölbt, die Gipfel abgerundet.

Die Aderung ist typisch odontopteridisch angeordnet, wobei die einzelnen Adern in der gesamten Anwachsbreite der Blättchen parallel zueinander aus der Achse hervorgehen. Sie verlaufen dann mehr oder weniger bogenförmig zum Rand hin und gabeln mehrfach auf. In der Mittelregion der Blättchen kann infolge der Gabelung und der dichten Anordnung eine Mittelader angedeutet sein.

Die Endlappen der Fiedern sind relativ breit und erreichen etwa die doppelte bis dreifache Länge der seitlichen Blättchen.



Abb. 30

Odontopteris subcrenulata ROST
wahrscheinlich Stefan; Bohrung Frenswegen 5;
2 752,0 m Teufe; Vergr. 3 x

Stratigraphische Verbreitung

Norddeutschland: *Odontopteris subcrenulata* wurde nur vereinzelt im Westemland in den Bohrungen Frenswegen 5 und Uelsen Z1 angetroffen. Die Art ist hauptsächlich im Stefan verbreitet, doch reicht sie lokal bis in das Rotliegend hinauf. Die Begleitflora in der erstgenannten Bohrung ist arm und kann sowohl dem Stefan als auch dem Unteren Rotliegend zugeordnet werden. Dagegen spricht die Pflanzenassoziation der Bohrung Uelsen Z1 mit *Annularia spicata*, *Sphenophyllum verticillatum*, *Odontopteris subcrenulata*, *Odontopteris* sp. für die Datierung in das Stefan (JOSTEN 1995).

W. REMY & R. REMY (1977: 294) geben *Odontopteris subcrenulata* als stratigraphische Charakterspezies des Stefans an. Sicher hat die Art in diesen Schichten ihre Hauptverbreitung, doch ist sie, wenigstens lokal, auch im Autun noch anzutreffen (GERMER 1971, DOUBINGER 1956, BROUTIN 1986).

***Odontopteris osmundaeformis* SCHLOTHEIM**Abb. 31, 32; Taf. 23: Fig. 1, 1 a; Taf. 21: Fig. 2, 2 a (*O. cf. osmundaeformis*)1959 *Odontopteris osmundaeformis*, W. REMY & R. REMY: 249 – 251; Abb. 1991968 *Odontopteris osmundaeformis*, W. REMY & R. REMY: 77 – 78; Taf. 12: Fig. 5;
Taf. 13: Fig. 5 – 6; Taf. 14: Fig. 11977 *Odontopteris osmundaeformis*, W. REMY & R. REMY: 297; Abb. 170

Die Spezies hat halbkreisförmige bis mehr trapezförmige Umrißformen der Blättchen. Sie stehen dicht nebeneinander, doch überlappen sie sich in der Regel nicht. Der Ansatz an der Achse ist breit. In der Spitzenregion der Fiedern können sie leicht miteinander verwachsen sein, sonst stehen die Blättchen isoliert nebeneinander. In der Länge variieren sie etwa von 4 – 10 mm, in der Breite von 3 – 7 mm. Die Adern sind etwas locker, typisch odontopteridisch parallel angeordnet, wobei sie ein- oder zweimal aufgabeln.

Abb. 31

Odontopteris osmundaeformis SCHLOTHEIM
Rotlliegend; Bohrung Apeldorn Z2;
4 036,0 – 4 044,5 m Teufe; Vergr. 3 x

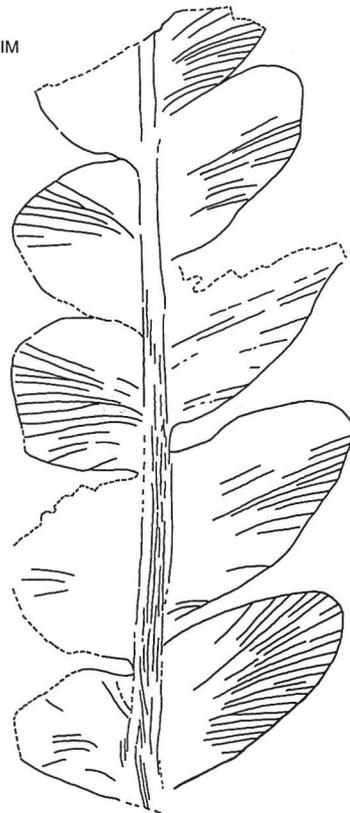
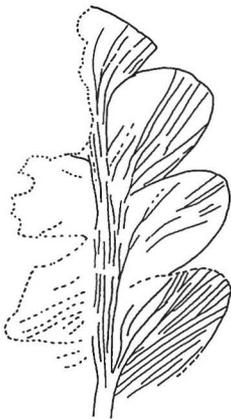


Abb. 32

Odontopteris cf. osmundaeformis SCHLOTHEIM
Stefan – Rotlliegend; Bohrung Varnhorn Z7;
4 062,1 m Teufe; Vergr. 3 x

Odontopteris osmundaeformis und *Odontopteris subcrenulata* sind morphologisch sehr nahestehende Spezies. Bei der erstgenannten Art sind die Blättchen meist etwas kleiner ausgebildet, und die Aderung ist etwas lockerer.

Stratigraphische Verbreitung

Norddeutschland: Von *Odontopteris osmundaeformis* wurde eine gut erhaltene Fieder in der Bohrung Apeldorn Z2 (Emsland) gefunden. Das Stück (später Fund aus dem Bohrkern) belegt mit der übrigen Pflanzenassoziation – besonders mit *Sphenopteris germanica*, *Callipteris naumanni*, *Walchia piniformis* und *Ernestiodendron filiciforme* – die Datierung der Kernstrecke in das Rotliegend (JOSTEN 1995: 17 – 18). Ein weiterer Abdruck von *Odontopteris osmundaeformis* ist, mit einer Stefan-Begleitflora, in der Bohrung Uelsen Z1 im Westemsland von FIEBIG geborgen worden (JOSTEN 1995: 191).

Die Hauptverbreitung von *Odontopteris osmundaeformis* liegt in den Schichten des Autuns, doch sind Vorläufer aus den jüngsten Ablagerungen des Stefans bekannt. So geben W. REMY & R. REMY (1977: 297) *Odontopteris osmundaeformis* nur aus dem Rotliegend an. Aus dem Saar-Lothringer Oberkarbon wird sie von GERMER & KNEUPER (1967), GERMER (1971) sowie von LAVEINE (1989) nicht angeführt. Auch aus dem Karbon von Decazeville in Südfrankreich wird sie von VETTER (1956) nicht erwähnt. Dagegen gibt DOUBINGER (1956: 40, 72, 119 – 120) die Art im Becken von Saint-Étienne vom Stefan C bis in das höhere Autun an. Dem entspricht die stratigraphische Verbreitung im Karbon-Gebiet von West Virginia in den USA. Hier reicht das Vorkommen nach GILLESPIE & PFEFFERKORN (1979) vom höheren Stefan (Monongahela Group) bis in das Autun (Dunkard Formation). Nach DARRAH (1969: 44) kommt *Odontopteris osmundaeformis* auch schon in tieferen Schichten des Stefans (Severy, Conemaugh-Gruppe) vor (vgl. auch WAGNER & LYONS 1997).

3.3.11 *Callipteris* BRONGNIART

Die Laubformen des Genus *Callipteris* sind sehr unterschiedlich ausgebildet. Teils haben sie pectopteridischen oder alethopteridischen Habitus, teils zeigen sie mehr sphenopteridischen Charakter. Typisch für die Gattung sind die Zwischenfiedern. Das Hauptvorkommen der *Callipteris*-Arten liegt in den Schichten des Rotliegend.

Callipteris naumanni GUTBIER

Abb. 33; Taf. 23: Fig. 2, 2 a

1923	<i>Callipteris naumanni</i> , GOTHAN: 64; Taf. 21: Fig. 2
1956	<i>Callipteris naumanni</i> , DOUBINGER: 106; Abb. 9 a; Taf. 9: Fig. 1 u. 2
1977	<i>Callipteris naumanni</i> , W. REMY & R. REMY: 285, 288; Abb. 161
1983	<i>Callipteris naumanni</i> , HAUBOLD: 465 – 481; Abb. 1 – 4; Taf. 1 – 3
1985	<i>Callipteris naumannii</i> , KERP & FICHTER: 258; Taf. 29: Fig. 3; Taf. 30: Fig. 1 u. 2

Bei *Callipteris naumanni* sind die Blättchen in lockerer Anordnung schräg und deutlich an der Achse herablaufend angeheftet. Sie sind relativ klein, 5 – 8 mm lang und etwa 3 mm breit. Randlich sind sie durch kleine Einkerbungen schwach gegliedert, womit sie

einen etwas sphenopteridischen Habitus erhalten. Die Blattfläche wird von kräftigen Adern durchzogen, die angenähert parallel zueinander aus der Achse hervorgehen. Soweit eine Mittelader zu erkennen ist, tritt sie gegenüber der gesamten Nervatur nicht besonders hervor.

Callipteris naumanni ist eine morphologisch gut charakterisierte Pflanze, die kaum Anlaß zu Verwechslungen mit anderen Blattformen gibt.

Stratigraphische Verbreitung

Über das Vorkommen der Gattung *Callipteris* in verschiedenen Gebieten und den stratigraphischen Wert als Leitfossil hat KERP (1986) geschrieben.

Norddeutschland: *Callipteris naumanni* ist in den norddeutschen Tiefbohrungen nur mit einem Exemplar angetroffen worden, in der Bohrung Apeldorn Z2 im Emsland. Die Einstufung in das Rotliegend wird durch eine entsprechende Pflanzengesellschaft belegt (s. bei *Odontopteris osmundaeformis*, S. 58, u. JOSTEN 1995: 17 – 18).

Callipteris naumanni ist eine charakteristische Pflanze des Rotliegend und namentlich aus Sachsen und Thüringen (HAUBOLD 1983) sowie aus dem saarpfälzischen Gebiet (KERP & FICHTER 1985) beschrieben worden.

Frankreich: DOUBINGER (1956) beschreibt *Callipteris naumanni* aus verschiedenen Rotliegend-Gebieten in Frankreich. Zeitlich frühere Vorkommen des Genus *Callipteris*, aus Schichten des Stefans, gibt DOUBINGER (1979) an.

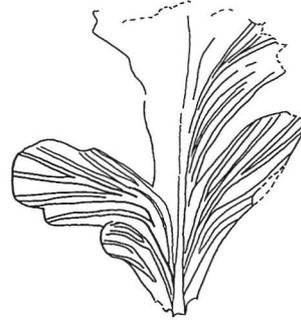


Abb. 33

Callipteris naumanni GUTBIER
Rotliegend; Bohrung Apeldorn Z2;
4 128,5 – 4 137,5 m Teufe;
Vergr. 3 x

3.4 Cycadopsida

3.4.1 *Pterophyllum* BRONGNIART

Pterophyllum sp.

Taf. 25: Fig. 3, 3 a

1966

Pterophyllum sp., JOSTEN: 576; Abb. 11; Taf. 11: Fig. 5

Die cycadeenartigen Gewächse erreichen im Mesozoikum ihre große Entwicklung, doch treten die ersten Vorläufer dieser Gymnospermengruppe bereits im Paläozoikum auf. Die ältesten Blattformen sind unter dem Gattungsnamen *Pterophyllum* zusammengefaßt und aus Unterrotliegend-Schichten des Schwarzwaldes bekannt geworden (SANDBERGER 1864). Mit einem kleinen Wedelrest konnte die Pflanzengruppe in einem der norddeutschen

Tiefenaufschlüsse, in der Bohrung Wielen Z3 (Westemland, 2 388,5 m Teufe), nachgewiesen werden (JOSTEN 1966: 576, Abb. 15, Taf. 11: Fig. 5).

Das vorliegende Fossil ist knapp 4 cm lang. Von der 2 mm breiten Achse gehen die einzelnen Blattabschnitte angenähert rechtwinkelig ab. Sie stehen in ziemlich lockerer Anordnung gegenständig oder mehr alternierend und sind basal durch einen schmalen Saum verbunden, so daß sie breit angeheftet erscheinen. Die Blättchen haben eine Länge von 5 mm; in der Breite variieren sie von 1 – 2 mm. Sie sind linear, parallelrandig und werden von drei bis fünf einfachen, feinen, parallel ausgerichteten Längsadern durchzogen. An der Basis laufen sie zum Teil zusammen und münden, soweit der Erhaltungszustand diese Details erkennen läßt, spitzwinkelig in die Achse ein. Die Epidermis läßt sich nicht gewinnen.

Nach dem gesamten Habitus gehört der Pflanzenrest zur morphographischen Gattung *Pterophyllum* BRONGNIART. Eine genaue Bestimmung der Spezies ist nicht möglich. Es dürfte sich jedoch um eine Spezies aus dem Formenkreis um *Pterophyllum blechnoides* SANDBERGER handeln, wie sie SANDBERGER (1864), GOTHAN (1923: 169, Abb. 140) sowie STORCH (1992) aus dem Unterrotliegend des Schwarzwaldes beschrieben haben. Dabei zeigt das vorliegende Stück, im Vergleich zu den abgebildeten Fossilien aus dem Schwarzwald, sehr kleine Blätter.

Die stratigraphische Einordnung der beschriebenen Pflanze aus der Bohrung Wielen Z3 ist nicht ganz eindeutig. Oberhalb von diesem Fundpunkt wurden in der Bohrung – im Teufenbereich 2 347,0 – 2 387,5 m – nur kleine Bruchstücke von *Calamites* sp., *Pecopteris* sp. und *Stigmaria*-Appendices gefunden (JOSTEN 1995: 207 – 208). Bei *Pecopteris* sp. könnte es sich nach dem Umriß der Blättchen um ein Fiederchen aus dem Formenkreis *Pecopteris lamuriana* – *vestita* handeln, die besonders im höheren Westfal D und im Stefan A verbreitet sind. Die beiden anderen Pflanzenreste sind für eine genauere Altersdatierung ohne Bedeutung. Unterhalb des *Pterophyllum*-Fundpunktes brachte die Bohrung – im Bereich 2 414,0 – 2 432,0 m und tiefer – eine Pflanzenassoziation des jüngeren Westfals (tieferes bis mittleres Westfal D) zutage.

Nach dieser Flora ist der vorliegende Fund von *Pterophyllum* ins höhere Westfal D oder ins ältere Stefan einzuordnen, wobei das Westfal wahrscheinlicher ist. Damit handelt es sich um eines der stratigraphisch ältesten Stücke dieser Blattformen und im norddeutschen Raum um das älteste Stück überhaupt. In diesem Zusammenhang ist auch ein Fund aus England von Interesse. ARBER (1912: 98 – 99, Taf. 5: Fig. 2 u. 4) beschreibt ein kleines Bruchstück *Pterophyllum* sp. aus der Westfal-Stufe, das mit dem vorliegenden Pflanzenrest identisch sein könnte.

3.5 Coniferopsida

3.5.1 *Cordaites* UNGER

Von den stattlichen Cordaiten-Bäumen sind es zumeist die lang-lanzettförmigen Blätter, die uns fossil begegnen. Im euramerischen Raum ist *Cordaites principalis* (GERMAR) GEINITZ sehr verbreitet und die weitaus häufigste Art der Gattung. Sie tritt bereits im tiefen Namur A auf und reicht in morphologisch unveränderter Form bis in das jüngste Westfal und, wengleich weniger häufig, bis in das jüngste Stefan hinauf.

In den jungen oberkarbonischen Schichten der norddeutschen Tiefbohrungen wurden des öfteren kleine Bruchstücke von Cordaiten-Blättern beobachtet, die aber keine genaue Bestimmung der Spezies zuließen. Unter diesen als *Cordaites* sp. angesprochenen Abdrücken dürften sich, neben *Cordaites principalis*, auch Stücke von *Cordaites palmaeformis* (GÖPPER) WEISS und *Cordaites borassifolius* (STERNBERG) UNGER befinden.

Bemerkenswert ist die ausgesprochene Persistenz dieser großen Blattformen, insbesondere der seit dem tiefen Namur dominant auftretenden Spezies *Cordaites principalis*, in den limnischen Ablagerungen ebenso wie im paralischen Raum. Aus dem Saar-Lothringer Karbon gibt GERMER (1971) *Cordaites principalis* und *Cordaites palmaeformis* vom mittleren Westfal (St.-Ingbert-Schichten) bis in das Stefan C (Breitenbach-Schichten) an; ebenso beschreibt LAVEINE (1989) aus dieser Schichtenfolge *Cordaites* sp., ohne Bestimmung einer Spezies.

Walchiaceae

Die frühere Gattungsbezeichnung *Walchia* STERNBERG wurde von FLORIN (1938 – 1945) nach den Epidermisstrukturen in mehrere Gattungen aufgeteilt. Danach sind die häufigsten Funde den Gattungen *Lebachia* und *Ernestiodendron* zuzuordnen. Hier werden die Gattungsnamen *Walchia* STERNBERG und *Ernestiodendron* FLORIN sensu VISSCHER & KERP & CLEMENT-WESTERHOF (1986) gewählt. Für nicht genauer zu bestimmende Zweigstücke wird die Bezeichnung *Walchia* sp. beibehalten (Taf. 24: Fig. 4; Taf. 25: Fig. 2, 2 a). Im norddeutschen Raum sind bislang nur zwei Spezies, *Walchia piniformis* STERNBERG und *Ernestiodendron filiciforme* (STERNBERG) FLORIN, gefunden worden.

Mit dem Auftreten der Walchien erlangten die Koniferen im Oberkarbon eine besondere Bedeutung. Sie besiedelten trockenere Standorte („well drained“) und gehören, wie auch die Callipteriden, nicht zur flözbildenden Fazies. Die Lebensbilder der Landschaft erfuhren mit den Walchien eine markante Bereicherung. Sie waren von baumartigem Wuchs mit fiederig verzweigten Seitenästen. In ihrem Aussehen sind sie manchen heutigen Araucariengewächsen sehr ähnlich, so der *Araucaria excelsa* (Norfolktanne, Zimmeranne), die eine regelmäßige pyramidale Wuchsform hat und eine Höhe bis etwa 60 m erreicht. Ähnlich ist auch die chilenische *Araucaria araucana* (MOLINA) KOCH, die mit kegelförmiger oder mehr rundlicher Krone und geradem, schlankem Stamm bis etwa 30 m hoch wird.

Für die stratigraphische Altersdatierung liefern die Walchien wichtige Charakterarten der trockeneren Standorte. Natürlich können Vertreter der flözbildenden Pflanzenassoziationen, namentlich Calamiten, Sphenophyllen, Lepidophyten und Pecopteriden neben pflanzlichen Relikten trockenerer Standorte im Sediment eingebettet liegen; insbesondere können Sporen und Pollen aus größerer Entfernung eingeweht sein. Diese ökologisch unterschiedlichen Standorte brauchen räumlich nicht weit voneinander entfernt zu liegen und können sich auch zeitlich gegenseitig verdrängen.

3.5.2 *Walchia* STERNBERG

Walchia piniformis STERNBERG

Taf. 24: Fig. 1, 1 a, 3; Taf. 25: Fig. 1

- | | |
|------|---|
| 1948 | <i>Walchia (Lebachia) piniformis</i> , MÄGDEFRAU: 184 – 187; Abb. 147 a, b, c |
| 1954 | <i>Lebachia (Walchia) piniformis</i> , GOTHAN & WEYLAND: 345 – 349; Abb. 336 |
| 1959 | <i>Lebachia (al. Walchia) piniformis</i> , W. REMY & R. REMY: 220 – 221; Abb. 176 |
| 1966 | <i>Walchia piniformis</i> , JOSTEN: 577; Taf. 12: Fig. 1, 1 a |
| 1979 | <i>Lebachia piniformis</i> , DOUBINGER & BRANCHET & LANGIAUX: Taf. 1: Fig. 2 |
| 1985 | <i>Walchia piniformis</i> , KERP & FICHTER: Taf. 34: Fig. 1–4 |
| 1990 | <i>Walchia piniformis</i> , KERP et al.: 221; Taf. 5: Fig. 1 u. 4 |

Die Spezies zeichnet sich aus durch recht dicht stehende, nadelartige Blätter. Sie gehen spitzwinkelig von der Achse ab, beschreiben einen leichten Bogen und sind, insgesamt betrachtet, aufrecht an der Achse ausgerichtet. Basal sind sie an der Achse deutlich herablaufend. Meist haben sie eine Länge von 5 – 7 mm und messen an der Basis bis zu 1 mm in der Breite. Ihre Form ist schmal und lang zugespitzt.

Stratigraphische Verbreitung

Norddeutschland: *Walchia piniformis* ist in den Emsland-Bohrungen Apeldorn Z2 (mit einer reichen Begleitflora, s. S. 58 bei *Odontopteris osmundaeformis*) und Esterwegen Z2 sowie in der ostdeutschen Bohrung Schadewalde 2/75 gefunden worden (JOSTEN 1995). Es ist die häufigste Spezies der Pflanzengruppe und wird als Charakterspezies des Autuns angesprochen. Sie erreicht im Autun ein deutliches Maximum ihres Vorkommens. Die ersten Vorläufer treten aber bereits im Stefan auf; einzelne Funde sind sogar aus Westfal-Schichten bekannt.

Saar-Lothringen: GUTHÖRL (1957: Abb. 5, zu S. 15) gibt aus dem Stefan B neben *Odontopteris subcrenulata* auch *Lebachia piniformis* an. Aus der geologischen Sammlung in Saarbrücken erwähnt GERMER (1971: 75) die stratigraphisch ältesten Funde von *Lebachia piniformis* aus dem Stefan A.

Böhmen: ŠETLÍK (1975) beschreibt *Walchia*-Zweige aus dem Stefan und auch in Verbindung mit einer Westfal-D-Flora.

Großbritannien: SCOTT (1974) sowie SCOTT & CHALONER (1983) geben die ältesten Walchien an: *Ernestiodendron* FLORIN aus dem Stefan, *Lebachia* FLORIN aus dem Westfal D und *Swillingtonia* SCOTT & CHALONER aus dem Westfal B (Yorkshire).

USA: Nach LYONS & DARRAH (1989 a, 1989 b) treten die ersten *Walchia*-Arten im Westfal C und D auf und sind vom mittleren Teil des Landes (Colorado, Oklahoma) bis in den östlichen Teil des Appalachen-Beckens (Pennsylvania) und in Nova Scotia vertreten.

3.5.3 *Ernestiodendron* FLORIN

Ernestiodendron filiciforme (STERNBERG) FLORIN

Taf. 24: Fig. 2, 2 a

- 1959 *Ernestiodendron filiciforme*, W. REMY & R. REMY: 220, 222; Abb. 177 a, b
 1979 *Ernestiodendron filiciforme* var. *gracile*, DOUBINGER & BRANCHET & LANGIAUX: Taf. 1: Fig. 3
 1985 *Ernestiodendron filiciforme*, KERP & FICHTER: Taf. 39: Fig. 3 u. 4
 1986 *Ernestiodendron filiciforme*, BROUTIN: 65; Taf. 11: Fig. 8 u. 13
 1990 *Ernestiodendron filiciforme*, KERP et al.: 221 – 228; Taf. 5: Fig. 2 u. 3

Wie bei der vorigen Spezies sind die seitlichen Äste fiederig verzweigt und mit nadelartigen Blättern besetzt. Diese gehen angenähert senkrecht von der Achse ab und biegen dann sichelförmig nach oben um, so daß sie mit der Spitze mehr oder weniger parallel zur Achse aufwärts gerichtet sind. Basal sind die Blättchen nicht an der Achse herablaufend. Meist erreichen sie eine Länge von 7 – 8 mm. Mit einer basalen Breite von 1 – 2 mm sind die Blättchen von *Ernestiodendron filiciforme* etwas breiter als die von *Walchia piniformis*. Beide Spezies sind im allgemeinen durch die unterschiedlichen Blattformen gut zu bestimmen. Zudem ist die Belaubung bei *Ernestiodendron filiciforme* etwas lockerer.

Stratigraphische Verbreitung

Ernestiodendron filiciforme wurde in den Bohrungen Apeldorn Z2 und Schadewalde 2/75 angetroffen, jeweils in Assoziation mit *Walchia piniformis* (JOSTEN 1995). Beide Arten, die meist zusammen gefunden werden, sind charakteristisch für die Schichten des Autuns. Ähnlich wie *Walchia piniformis* tritt auch *Ernestiodendron filiciforme* bereits in älteren Schichten auf. So geben DOUBINGER (1956: 41) *Ernestiodendron filiciforme* aus dem höheren Stefan in Frankreich und WAGNER & LEMOS DE SOUSA (1983: 134) aus dem tieferen Stefan C in Portugal an.

4 Zur Pflanzenstratigraphie des höheren Oberkarbons und Rotliegend

Die Entwicklung der Pflanzenwelt im Laufe des Oberkarbons und Rotliegend – sowohl der einzelnen Arten und Gattungen als auch der Pflanzenassoziationen – erlaubt eine stratigraphische Gliederung der Schichtenfolge. Sie ergibt sich aus der vertikalen Verbreitung der Pflanzen, wobei neben der Hauptverbreitung eventuelle frühe Vorläufer und ebenso späte Nachläufer der Spezies zu beachten sind (s. Tab. 3, S. 67 – 69, Tab. 4, S. 72 – 73, u. JOSTEN 1991: 355 – 358). Die Untersuchung möglichst umfangreicher Pflanzenassoziationen schützt vor der Überbewertung solcher Vor- und Nachläufer; sie vermittelt ein Bild der ökologischen Gegebenheiten und führt zu zuverlässigen Altersdatierungen.

Bei der Untersuchung von Bohrungen steht allerdings nur eine begrenzte Anzahl Fossilien zur Verfügung, und die Florenfolge ist bei den zumeist nur vereinzelt angesetzten Kernmärschen nicht zu erkennen. Das macht natürlich die stratigraphische Einstufung schwieriger und läßt, im Vergleich zu anderen Aufschlüssen, meist nur eine weniger detaillierte Gliederung zu.

Ökologisch bedingte Unterschiede von Pflanzenassoziationen sind im flözführenden Oberkarbon meist von untergeordneter Bedeutung, da die Fossilfunde durchweg der flözführenden Fazies angehören. Jedoch im deutsch-niederländischen Grenzgebiet, bei Hastenrath, wurde im tiefen Namur eine hygrophile Flora neben mesophilen Pflanzenresten gefunden (vgl. S. 75 u. VAN AMEROM & JOSTEN & GAJPL 1997). Aus dem Namur des Ostraukarwiner Steinkohlengebietes hat HAVLENA (1971) ebenfalls zeitgleiche, aber ökologisch unterschiedliche Pflanzen beschrieben und unterscheidet eine hygrophile von einer mesophilen Beckenflora. Aus dem limnischen Raum von Westeuropa (Frankreich, Spanien) haben BROUTIN et al. (1986) zeitgleiche Floren mit Stefan- und Autun-Charakter beschrieben.

Auch im höheren Oberkarbon der nordwestdeutschen Ablagerungen, namentlich vom höheren Westfal D an, treten ökologische Unterschiede der Floren in Erscheinung. In zunehmendem Maße muß hier mit Pflanzen trockenerer Standorte gerechnet werden (s. S. 68).

4.1 Westfal D

Das Westfal D beginnt definitionsgemäß mit dem ersten Auftreten von *Neuropteris ovata* HOFFMANN. Im Ruhrgebiet kommt die Art noch nicht vor; dort dürfte die Westfal C/D-Grenze etwa 80 bis 100 m oberhalb der jüngsten Karbon-Schichten der Bohrung Specking 1 liegen (JOSTEN 1991: 366). Im Karbon des Osnabrücker Berglandes liegt das erste Vorkommen der Leitspezies in Ibbenbüren über dem Flöz Dickenberg (Abb. 34). Es wird mit dem Flöz Zweibänke am Piesberg gleichgestellt, wo *Neuropteris ovata* aber bis-

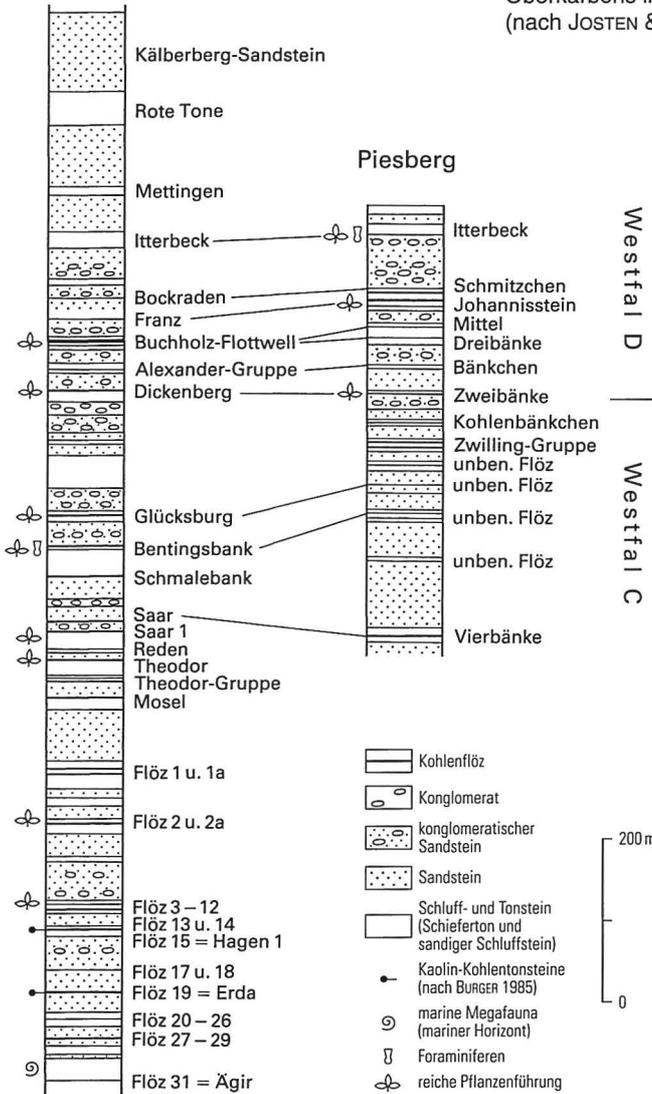
Ibbenbüren
(Schafberg)

Abb. 34

Vereinfachte Schichtenschnitte des jüngeren Oberkarbons im Osnabrücker Bergland (nach JOSTEN & KÖWING & RABITZ 1984)

lang nicht festgestellt wurde. Dort ist die Spezies aus den Dachschichten der Flöze Dreibänke, Mittel und Johannisstein bekannt, doch wurde sie immer nur vereinzelt, allenfalls in einigen wenigen Exemplaren angetroffen.

Neuropteris ovata wird zwar im Westfal D mit einiger Regelmäßigkeit gefunden, doch ist die Spezies, namentlich in den tiefsten Schichten, eine recht seltene Pflanze. Das ist für ein stratigraphisches Leitfossil ein Nachteil, besonders bei der Bearbeitung von Bohrkernen. Bei der Suche nach anderen biostratigraphischen Indizien für das tiefe Westfal D bietet sich nach den Untersuchungen im norddeutschen Raum *Annularia stellata*

SCHLOTHEIM an, obwohl die Spezies in anderen Gebieten auch aus älteren Schichten angegeben wird (vgl. S. 18). Daneben ist *Asterophyllites equisetiformis* (STERNBERG) BRONGNIART f. *equisetiformis* VOGELLEHNER zu nennen. Diese etwas breitblättrige Laubform wurde im Ruhrrevier, auch in den jüngsten Schichten des Westfals C, nicht angetroffen. Sie ist aber im tiefen Westfal D des Piesberges nicht selten und reicht in den norddeutschen Tiefbohrungen bis in das Stefan und Rotliegend. Über die Flora im Westfal D des Lothringer Karbon-Gebietes und den Vergleich mit anderen Gebieten hat LAVEINE (1977) geschrieben.

In den inselartigen Karbon-Aufbrüchen des Osnabrücker Berglandes – bei Ibbenbüren, am Hüggel und am Piesberg bei Osnabrück – sind die Schichten des älteren Westfals D gut aufgeschlossen (JOSTEN & KÖWING & RABITZ 1984). Sie führen in den Dachschichten der Kohlenflöze eine arten- und individuenreiche Flora. Die stratigraphisch wichtigsten Pflanzen des älteren Westfals D, vom Flöz Dickenberg beziehungsweise Flöz Zweibänke (Grenze Westfal C/D) bis zu den jüngsten erschlossenen Tonsteinen im Bereich von Flöz Itterbeck (Abb. 34), sind:

- Calamites (Stylocalamites) suckowi* BRONGNIART
- Calamites (Stylocalamites) undulatus* STERNBERG
- Calamites (Diplocalamites) rugosus* GOTHAN
- Calamites (Calamitina) goepperti* (ETTINGSHAUSEN) WEISS
- Annularia stellata* SCHLOTHEIM
- Annularia radiata* BRONGNIART
- Annularia sphenophylloides* (ZENKER) GUTBIER
- Asterophyllites longifolius* (STERNBERG) GOTHAN
- Asterophyllites equisetiformis* (STERNBERG) BRONGNIART
- Sphenophyllum emarginatum* (BRONGNIART) BRONGNIART
- Lepidodendron obovatum* STERNBERG
- Asolanus camptotaenia* WOOD
- Sigillaria principis* WEISS
- Sigillaria cf. tessellata* BRONGNIART
- Eusphenopteris striata* (GOTHAN) E. O. NOVIK
- Mariopteris nervosa* (BRONGNIART) ZEILLER
- Mariopteris sauveuri* (BRONGNIART)
- Mariopteris robusta* KIDSTON
- Pecopteris* spp.
- Alethopteris serli* (BRONGNIART) GÖPPERT
- Alethopteris grandini* (BRONGNIART)
- Neuropteris tenuifolia* SCHLOTHEIM
- Neuropteris attenuata* LINDLEY & HUTTON
- Neuropteris dussarti* LAVEINE
- Neuropteris ovata* HOFFMANN
- Neuropteris scheuchzeri* HOFFMANN
- Reticulopteris münsteri* (EICHWALD) GOTHAN
- Cordaites principalis* (GERMAR)

Die Pflanzengemeinschaft entspricht im wesentlichen der der Pflanzenzone H von DIX (1934) in Großbritannien und der der Assise de Bruay, Faisceau de Du Souich, in Nordfrankreich (LAVEINE 1967).

Außerhalb der Karbon-Aufbrüche des Osnabrücker Berglandes ist das Westfal D (neben älteren und jüngeren Schichten) im tiefen Untergrund von Norddeutschland durch die Bohrtätigkeit der Erdöl-Erdgas-Industrie erschlossen worden. Diese Bohrungen wurden in der Mehrzahl paläobotanisch untersucht (vgl. Abb. 2 u. JOSTEN 1995). Obgleich in den meisten Bohrungen nur relativ wenige Abschnitte gekernt wurden, gibt doch die Vielzahl der Aufschlüsse ein umfassendes Bild von der Vegetation der jüngsten Westfal-Zeit. Dabei sind vor allem die Tiefenaufschlüsse im Westensland, namentlich die Bohrungen Itterbeck-

Tabelle 3

Stratigraphische Verbreitung und Häufigkeit der Pflanzenfossilien vom höheren Oberkarbon bis zum Rotliegend Norddeutschlands

	<i>Stylocalamites suckowi</i> <i>Stylocalamites cisti</i> <i>Stylocalamites undulatus</i> <i>Diplocalamites carinatus</i> <i>Diplocalamites rugosus</i> <i>Calamites goepperti</i> <i>Calamitina</i> sp.	<i>Annularia stellata</i> <i>Annularia radiata</i> <i>Annularia sphenophylloides</i> <i>Annularia spicata</i>	<i>Asterophyllites longifolius</i> <i>Asterophyllites equisetiformis</i> f. <i>jongmansii</i> <i>Asterophyllites equisetiformis</i> f. <i>equisetiformis</i>	<i>Sphenophyllum cuneifolium</i> <i>Sphenophyllum emarginatum</i> <i>Sphenophyllum majus</i> <i>Sphenophyllum verticillatum</i>	<i>Lepidodendron aculeatum</i> <i>Lepidodendron obovatum</i> <i>Lepidodendron lycopodioides</i>	<i>Lepidophloios taricinus</i>	<i>Lepidostrobophyllum lanceolatum</i>	<i>Asolanus camptotaenia</i>	<i>Sigillaria principis</i> <i>Sigillaria cumulata</i> <i>Sigillaria brardi</i>	<i>Stigmaria-Appendices</i>
Rotliegend	—	—	.....	—	—	—	—	—	—	—
Stefan	—	—	.....	—	—	—	—	—	.....	—
Westfal D	—	—	.....	—	—	—	—	—	.....	—
Oberes Westfal C	—	—	.....	—	—	—	—	—	.....	—

Verbreitung der Pflanzenspezies: — häufig — mehrfach vereinzelt

Halle Z5, Neuenhaus Z2, Norddeutschland 8, Ratzel Z2, Ratzel Z3, Ratzel Z6, Wielen Z4 und Wielen Z7 zu nennen.

Von besonderem paläobotanischem und geologischem Interesse ist die Bohrung Norddeutschland 8, die in mehreren Kernmärschen eine typische Westfal-D-Makroflora zutage förderte. In dieser Schichtenfolge wurde von DÖRING & WINTGEN (1996) eine Mikroflora festgestellt, die für ein deutlich „jüngeres Alter“ spricht, für höheres Stefan B bis Stefan C. Über und zum Teil zwischen den Schichten mit diesen „jüngeren Sporenformen“ liegt wieder eine charakteristische Makro-Pflanzengemeinschaft des Westfals D (JOSTEN 1995).

Diese unterschiedlichen Floren im Bereich der Ems-Senke werden als zeitgleiche, aber ökologisch unterschiedliche Assoziationen gedeutet (JOSTEN 1995: 222 – 227). Das ist im

Tabelle 3 (Fortsetzung)

	Rotliegend	Stefan	Westfal D	Oberes Westfal C
<i>Sphenopteris coemansi</i>		
<i>Sphenopteris obtuse-dentata</i>		
<i>Sphenopteris (Oligocarpia) bronngiarti</i>		
<i>Sphenopteris (Crossothea) crepini</i>		
<i>Sphenopteris</i> sp.		
<i>Alloiopteris angustissima</i>		
<i>Alloiopteris</i> cf. <i>erosa</i>		
<i>Eusphenopteris striata</i>			||||	||||
<i>Mariopteris muricata</i>		
<i>Mariopteris nervosa</i>			||	||
<i>Mariopteris sauveuri</i>		
<i>Mariopteris robusta</i>		
<i>Margaritopteris coemansi</i>		
<i>Pecopteris plumosa</i>	
<i>Pecopteris arborescens</i>	
<i>Pecopteris cyathea</i>	
<i>Pecopteris candolleana</i>	
<i>Pecopteris lamurtana</i>	
<i>Pecopteris hemitelioides</i>	
<i>Pecopteris micromiltoni</i>	
<i>Pecopteris polymorpha</i>	
<i>Pecopteris feminaeformis</i>	
<i>Pecopteris unita</i>	
<i>Pecopteris obliquenervis</i>	
<i>Pecopteris affinis</i>	
<i>Pecopteris koenigi</i>	
<i>Pecopteris raconensis</i>	
<i>Pecopteris</i> sp.	

Verbreitung der Pflanzenspezies: ||| häufig — mehrfach vereinzelt

Zusammenhang mit einem enger gewordenen Ablagerungsraum zu sehen, der zu ökologischen (faziellen) Unterschieden auf kleinerem Raum führte. So findet sich heute neben der Vegetation der feuchten Gebiete eine zeitgleich entstandene Pflanzengesellschaft der trockeneren Standorte, wie sie sonst aus dem Stefan und Rotliegend bekannt ist. Dazu kommen sicher auch klimatische (? kleinklimatische) Veränderungen. Erste Anzeichen eines trockener werdenden Klimas sind bereits im Westfal C zu erkennen (JOSTEN 1962). Im tiefen Westfal D und im Stefan deuten auch die primär rot gefärbten Sedimente auf eine zunehmende Aridität des Klimas hin (HEDEMANN & TEICHMÜLLER 1971: 139; JOSTEN & KÖWING & RABITZ 1984: 18). Diese Überlegungen werden durch die Untersuchungsergebnisse von SELTER (1990) gestützt, der in der variscischen Gebirgsbildung einen starken Einfluß auf das Klima (höhere Aridität infolge Regenschatten) und die Ausbildung der

Tabelle 3 (Fortsetzung)

<i>Alethopteris lonchitica</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Alethopteris serri</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Alethopteris corsini</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Alethopteris michauxi</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Alethopteris grandini</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Alethopteris pontica</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Alethopteris bertrandi</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Neuropteris heterophylla</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Neuropteris tenuifolia</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Neuropteris semireticulata</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Neuropteris dussarti</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Neuropteris attenuata</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Neuropteris ovata</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Neuropteris scheuchzeri</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Neuropteris</i> sp.	.....	.....	.....	.....
<i>Reticulopteris münsteri</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Paripteris gigantea</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Paripteris pseudogigantea</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Paripteris linguaeifolia</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Linopteris neuropteroides</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Linopteris obliqua</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Odontopteris subcrenulata</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Odontopteris osmundaeformis</i>	.....	.....	.....	.....
.....
<i>Callipteris naumanni</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Pterophyllum</i> sp.	.....	.....	.....	.....
<i>Cordaites principalis</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Cordaites palmaeformis</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Cordaites</i> sp.	.....	.....	.....	.....
<i>Walchia piniformis</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Ernestiodendron filiciforme</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Walchia</i> sp.	.....	.....	.....	.....

Paläoböden im nordwestdeutschen Oberkarbon sieht. Außerdem mögen auch geringe morphologische Höhenunterschiede der Landschaft, vielleicht von nur wenigen Metern, das Vegetationsbild mit geprägt haben.

Um diese „junge Sporenssoziation“, die im Liegenden und im Hangenden von einer Westfal-D-Makroflora begleitet wird, in ihrer vertikalen und regionalen Verbreitung genauer zu erfassen, wurden weitere Sedimentproben aus der Bohrung Norddeutschland 8 und ebenso aus verschiedenen Teufen der Bohrungen Adorf Z11, Adorf Z13, Frenswegen 5, Itterbeck-Halle Z5 und Kalle Z4 im Geologischen Landesamt Nordrhein-Westfalen aufbereitet. Außer vereinzelt Sporenformen wurden aber keine Palynomorphen gefunden.

Dagegen führten umfangreiche Untersuchungen an der niederländischen Bohrung De Lutte-6 (mit einem vollständig gekerntem Karbon-Profil und einer charakteristischen Westfal-D-Makroflora) zu denselben Ergebnissen wie bei der Bohrung Norddeutschland 8. Auch dort wurde im tieferen Westfal D, oberhalb des Itterbeck-Horizontes (Abb. 34), eine Mikroflora mit „Stefan-Charakter“ angetroffen. VAN DER ZWAN et al. (1993) schreiben dazu:

The presence in Westphalian D of palynofloras of distinct Stephanian aspect in the well De Lutte-6 indicates a lateral coexistence of „Westphalian“ and „Stephanian“ microfloras during a certain period of time. This feature may be compared to the rejuvenation of floras at the Carboniferous-Permian transition (BROUTIN et al. 1990) suggesting the lateral coexistence of „Stephanian“ and „Autunian“ floras during a variable time span. The relatively early occurrence of the *Potonieisporites* abundance in Well De Lutte-6 can be explained in the same way: by local environmental conditions becoming more favourable for „Stephanian“ elements.

Die beiden Tiefenaufschlüsse im deutsch-niederländischen Grenzgebiet stehen nur wenige Kilometer voneinander entfernt (Abb. 2) und lassen sich gut konnektieren (VAN TONGEREN & WONG 1996).

In diesem Zusammenhang ist auch die Bohrung Haaksbergen 1 von Interesse, die südwestlich der Bohrung De Lutte-6 niedergebracht wurde (BLESS & LOBOZIAK & STREEL 1977). Dort wurde in einer 1,6 m mächtigen Sedimentschicht des obersten Westfals C eine für diesen Zeitabschnitt sehr untypische Mikroflora angetroffen, wie sie sonst aus dem Stefan und Autun bekannt ist. Sie wird dort in den stratigraphisch gut belegten Westfal-Schichten als „Hinterland-Flora“, als Vertreter eines trockeneren Standortes im Bereich des Mittelniederländischen Hochs, beschrieben.

Wie im deutsch-niederländischen Grenzgebiet sind ähnliche „zeitgleiche Vorkommen von unterschiedlichen Pflanzen“ auch aus anderen Gebieten bekannt (JOSTEN 1995: 224 – 225). So geben beispielsweise WAGNER & SPINNER (1972) aus dem Westfal D des Forest-of-Dean-Kohlengebietes (Gloucestershire, England) eine Mikrosporenssoziation an, die einer Stefan-Mikroflora vergleichbar ist.

Während das Westfal D im norddeutschen Raum in zahlreichen Tiefenaufschlüssen erkundet werden konnte, sind Schichten mit einer Stefan- oder Rotliegend-Flora nur durch wenige Bohrungen erschlossen worden, und dann auch nur in kurzen Kernstrecken (HEDEMANN 1985). Somit liegen aus diesem stratigraphischen Bereich auch nur wenige Pflanzenfossilien vor (JOSTEN 1995).

4.2 Stefan

Das Stefan beginnt mit einem Basissandstein, der diskordant über stratigraphisch verschiedenen Abschnitten des Westfals D oder Westfals C liegt (HEDEMANN 1985). Eine für das Stefan recht typische Flora hat FIEBIG (unveröff. Ber., s. JOSTEN 1995: 191) aus der Bohrung Uelsen Z1 im Westemsland geborgen:

Annularia spicata GUTBIER
Sphenophyllum verticillatum SCHLOTHEIM (mehrere Stücke)
Sphenophyllum cf. *emarginatum* (BRONGNIART) BRONGNIART
Pecopteris unita BRONGNIART
Pecopteris lamuriana HEER
Pecopteris polymorpha BRONGNIART
Lebachia sp.
Odontopteris subcrenulata ROST
Odontopteris osmundaeformis SCHLOTHEIM

Die Spezies sind zum Teil auch im Westfal D oder im Unterrotliegend anzutreffen, doch spricht die Assoziation als ganze für ein Stefan-Alter, vielleicht für das höhere Stefan.

Mit einiger Wahrscheinlichkeit hat auch die Bohrung Frenswegen 5 im Westemsland Stefan durchbohrt, jedoch ist, außer einem Exemplar von *Odontopteris subcrenulata* ROST (Abb. 30), die Begleitflora wenig aussagekräftig (JOSTEN 1995: 62 – 64).

4.3 Rotliegend

Die Flora des Rotliegend aus den norddeutschen Tiefbohrungen wird am besten in der Bohrung Apeldorn Z2 im Emsland (Abb. 2) vorgestellt, die nachstehende Spezies zutage brachte:

Calamites sp.
Annularia sphenophylloides (ZENKER) GUTBIER
Asterophyllites equisetiformis (STERNBERG) BRONGNIART
Sphenopteris germanica WEISS
Pecopteris cf. *lamuriana* HEER
Pecopteris sp.
Neuropteris sp. (großblättrige Form)
Odontopteris osmundaeformis SCHLOTHEIM
Callipteris naumanni GUTBIER
Walchia piniformis STERNBERG
Ernestiodendron filiciforme (SCHLOTHEIM) FLORIN
Walchia sp.

Diese Pflanzengesellschaft ist zunächst charakterisiert durch das Hervortreten der Koniferen mit *Walchia piniformis* und *Ernestiodendron filiciforme*. Daneben sind *Sphenopteris germanica*, *Odontopteris osmundaeformis* und *Callipteris naumanni* für die Altersdatierung wichtig. Als Seltenheit ist auch ein großblättriger Abdruck zu nennen, der wegen mangelhafter Erhaltung nur als *Neuropteris* sp. angesprochen werden kann (s. S. 53). Solche Blattformen, zum Beispiel *Neuropteris auriculata* BRONGNIART, kommen im Stefan und im Rotliegend vor.

In der Tabelle 3 ist die stratigraphische Verbreitung der Pflanzenfossilien vom höheren Oberkarbon bis zu den Rotliegend-Schichten Norddeutschlands, aus den Tiefbohrungen

Tabelle 4
Stratigraphische Verbreitung und Häufigkeit der Pflanzenfossilien
im höheren Oberkarbon des Saar-Lothringer Kohlenbeckens
(nach LAVEINE 1989)

	<i>Stylocalamites suckowi</i>	<i>Stylocalamites cisti</i>	<i>Annularia stellata</i>	<i>Annularia sphenophylloides</i>	<i>Asterophyllites longifolius</i>	<i>Asterophyllites equisetiformis</i>	<i>Sphenophyllum cuneifolium</i>	<i>Sphenophyllum emarginatum</i>	<i>Sphenophyllum majus</i>	<i>Lepidodendron aculeatum</i>	<i>Lepidophloios laricinus</i>	<i>Asolanus camptaenia</i>	<i>Sigillaria brandi</i>	<i>Sphenopteris crepini</i>	<i>Alliopteris erosa</i>	<i>Mariopteris muricata</i>	<i>Mariopteris nervosa</i>	<i>Margartopteris coemansi</i>	<i>Pecopteris plumosa</i>	<i>Pecopteris arborescens</i>	<i>Pecopteris cyathea</i>	<i>Pecopteris lamuriana</i>	<i>Pecopteris hemiteioides</i>	<i>Pecopteris micromiltoni</i>	<i>Pecopteris polymorpha</i>	<i>Pecopteris feminaeformis</i>	<i>Pecopteris unita</i>
Rotliegend																											
Stefan	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Westfal D	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Oberes Westfal C	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Verbreitung der Pflanzenspezies: — häufig vereinzelt

und den Osnabrücker Karbon-Vorkommen, zusammengestellt. Dabei sind drei Häufigkeitsstufen (häufig, mehrfach, vereinzelt) unterschieden. Zum Vergleich zeigt Tabelle 4 die stratigraphische Verbreitung und Häufigkeit der Pflanzenfossilien im höheren Oberkarbon des Saar-Lothringer Kohlenbeckens, soweit die einzelnen Spezies bei LAVEINE (1989) angeführt sind.

Die Übereinstimmung der stratigraphischen Verbreitung in dem limnischen und dem paralischen Raum ist insgesamt betrachtet gut. Einzelne Spezies im Saar-Lothringer Gebiet zeigen eine etwas größere vertikale Verbreitung. Das dürfte in erster Linie auf die umfangreicheren Fossilfunde aus diesen Kohlenrevieren zurückzuführen sein, denen im nord-

deutschen Raum nur die Funde aus dem Osnabrücker Karbon (älteres Westfal D) und aus den Tiefbohrungen gegenüberstehen. Einige Differenzierungen dürften aber auch in den unterschiedlichen Lebensräumen zu sehen sein. So ist *Annularia stellata* SCHLOTHEIM in den paralischen Ablagerungen eine charakteristische Pflanze des Westfals D; im Saar-Lothringer Gebiet ist die Spezies bereits im Westfal C nicht selten. *Neuropteris attenuata* LINDLEY & HUTTON (al. *N. rarinervis* BUNBURY) ist im paralischen Gebiet häufig und reicht bis in das höhere Westfal D und damit deutlich höher als in den Saar-Lothringer Ablagerungen, wo sie im höheren Westfal B und tieferen Westfal C verbreitet ist. *Reticulopteris münsteri* (EICHWALD) GOTHAN ist im Westfal C und D der paralischen Ablagerungen ein häufiges und charakteristisches Fossil, das im Saar-Lothringer Gebiet fehlt.

<i>Alethopteris serli</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Alethopteris grandini</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Neuropteris tenuifolia</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Neuropteris rarinervis (attenuata)</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Neuropteris ovata</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Neuropteris scheuchzeri</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Paripteris pseudogigantea</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Paripteris linguaeifolia</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Linopteris neuropteroides</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Linopteris obliqua</i>	.....	.....	.....	.....
<i>Cordaites</i> sp.	.....	.....	.....	.....

5 Überblick über die Entwicklung der Pflanzenassoziationen im Oberkarbon und Rotliegend

Die Flora vom tiefen Oberkarbon bis zum tiefen Perm (Rotliegend) fand im Zusammenhang mit der Kohlebildung günstige Voraussetzungen für eine fossile Erhaltung. Im Vergleich mit anderen Formationen der Erdgeschichte wurde daher, besonders in den Hangendschichten der Kohlenflöze, eine reichhaltige Flora konserviert (s. JOSTEN 1983, 1991). Es ist die Vegetation der Feuchtgebiete – eine Waldmoorflora –, die neben dem Individuenreichtum eine große Formenfülle entwickelt hat. Dagegen ist die Flora der höheren Lagen, der Abtragungsgebiete des Variscischen Gebirges, kaum bekannt.

Nach FORSTER & WARRINGTON (1985) ist das Oberkarbon zeitlich vor 290 ± 5 bis 325 ± 5 Millionen Jahren einzuordnen, wovon das Namur etwa 15 Millionen und das Westfal und Stefan jeweils etwa 10 Millionen Jahre umfassen. In dieser Zeit herrschte allgemein ein warmes und feuchtes Klima vor. Entsprechend zeigt die Sumpfflora – insgesamt betrachtet – ein recht einheitliches Bild. Es gab sicher kleinere klimatische Schwankungen, die nicht nur das Landschaftsbild (zunehmende Verlandung) verändert haben, sondern auch zu Veränderungen der Pflanzenassoziationen und einzelner Pflanzen führten. Naturgemäß vollziehen sich derartige Veränderungen ganz allmählich, so auch der Übergang vom Oberkarbon zur klimatisch trockeneren Rotliegend-Zeit.

5.1 Namur A

Untere Arnsberg-Schichten (Goniatiten-Zonen E2, H)

In diesem tiefen Oberkarbon (Abb. 35*, S. 76 – 77) sind in Westdeutschland nur wenige pflanzenführende Schichten aufgeschlossen; dagegen wurde in Südlomburg/Niederlande und im benachbarten Gebiet von Belgien eine reiche Flora dieses Alters geborgen (vgl. JOSTEN 1983).

In einem neueren Fundpunkt bei Hastenrath (Hastenrather Kalkwerke, östlich von Aachen), der sehr wahrscheinlich im mittleren Namur A (Goniatiten-Zone E2, Arnsbergian) einzuordnen ist, wurde eine Pflanzengemeinschaft geborgen, die einen Einblick in diese

* Die Vegetationsbilder (Abb. 35 – 39) zeigen, soweit das möglich ist, lebensnahe Pflanzenassoziationen. Sie wurden nach der in den betreffenden Schichten vorherrschend angebotenen Flora zusammengestellt. Dabei sind die einzelnen Pflanzen nach den Rekonstruktionen in der nachstehenden Literatur gezeichnet: BUISINE (1961), CORSIN (1947), CRIDLAND (1964), DALINVAL (1960), DiMICHELE & PHILLIPS (1995), DOUBINGER & VETTER (1950), FLORIN (1938 – 1945), HIRMER (1927), LAVEINE & LEMOIGNE & ZHANG (1993), MÄGDEFRAU (1948, 1953), SCHAARSCHMIDT (1968), SCRIBAN (1947), STUR (1887).

frühoberkarbonische Vegetation gibt (VAN AMEROM & JOSTEN & GAUPL 1997). Neben Stämmchen von *Archaeocalamites* sp., *Asterophyllites tenuifolius* (STERNBERG) BRONGNIART und *Sphenophyllum tenerrimum* ETTINGSHAUSEN wurden Abdrücke von *Lepidodendron*, *Lepidostrobophyllum* und *Stigmaria*-Wurzeln gefunden. Außerdem konnten erfreulich viele Pteridophyllen der Gattungen *Rhodea* oder *Diplotmema*, *Sphenopteris* und *Lyginopteris* gesammelt werden sowie nachstehende Spezies:

Sphenocyclopteridium bertrandii STOCKMANS & WILLIÈRE
Eusphenopteris hollandica GOTHAN & JONGMANS
Mariopteris renieri STOCKMANS & WILLIÈRE
Mariopteris mosana WILLIÈRE
Pecopteris aspera BRONGNIART
Alethopteris tectensis STOCKMANS & WILLIÈRE
Neuraethopteris schlehani STUR
Neuropteris trnavkiana PURKYŇOVÁ

Die Pflanzengemeinschaft von Hastenrath ist mit der nahegelegenen Epen-Flora in den Niederlanden und in Belgien vergleichbar.

Etwas jünger, im Namur A (Goniatiten-Zone H, Chokiérian – Alportian), wird die Flora des Ziegeleiaufschlusses Uhlenbruch (älterer Teil des Aufschlusses) im Ruhrkarbon (südlich von Haßlinghausen) eingestuft (JOSTEN 1983: 158). Hier sind insbesondere folgende Spezies vertreten:

Calamites (Mesocalamites) cistiiformis STUR
Calamites (Mesocalamites) renieri STOCKMANS & WILLIÈRE
Calamites (Mesocalamites) sp.
Calamites (Calamitina) sp.
Asterophyllites gothani LEGGEWIE & SCHONEFELD
Sigillaria sp. (rhytidolepe Art, vereinzelt)
Eusphenopteris hollandica GOTHAN & JONGMANS
Pecopteris (Senftenbergia) aspera BRONGNIART
Neuropteris mathieui STOCKMANS & WILLIÈRE

Im Vergleich zur Flora aus dem unteren und mittleren Namur A von Belgien fehlen im Aufschluß Haßlinghausen in den jüngsten Schichten des Namurs A *Sphenophyllum tenerrimum* ETTINGSHAUSEN, die zierlichen Blätter der *Sphenopteris*-Arten sowie die Gattung *Rhodea* (al. *Rhodeopteridium*)-Pflanzen, die im älteren und mittleren Namur A von Belgien charakteristische Florenelemente darstellen.

Aus Südlimburg, etwa 10 km östlich von Hastenrath, hat JONGMANS (1927) eine interessante Flora beschrieben, die allgemein als Gulpen-Flora bekannt wurde. Sie ist charakterisiert insbesondere durch *Sphenophyllum tenerrimum* ETTINGSHAUSEN, *Gulpenia limburgensis* GOTHAN & JONGMANS und *Sphenopteris gulpeniana* GOTHAN & JONGMANS. Es sind durchweg kleinblättrige Pflanzen, die den Eindruck einer verdrifteten Pflanzengemeinschaft machen (VAN AMEROM & JOSTEN 1978). Sie setzt sich zusammen aus Pflanzen



Pteridophyllen (*Sphenopteris*, *Eusphenopteris*, *Mariopteris*, *Alethopteris*, *Neuraethopteris*, *Neuropteris* u.a.)

Abb. 35 Vegetationsbild des Namurs A



Calamiten

Lepidodendren, *Lepidophloios*, Sigillarien

Pteridophyllen

Sphenopteriden, *Gulpenia limburgensis*

Sphenophyllen

trockenerer Standorte (upland flora) und mehr feuchtigkeitsliebenden (hygrophilen) Arten. Diese Gulpen-Flora wird heute als etwa zeitgleich mit der Epen-Flora aus Südlimburg in das Namur A (Arnsbergian und Chokiérian) eingestuft (VAN AMEROM & JOSTEN & GAJPL 1997).

Vergleichbare Pflanzengemeinschaften haben VAN LECKWIJCK & STOCKMANS (1956) aus dem deutsch-belgischen Grenzgebiet und ebenso LEARY (1981) aus dem Namur A von Illinois/USA beschrieben.

5.2 Namur B

Obere Arnsberg-Schichten (Goniatiten-Zone R1)

Im älteren Namur B (Kinderscoutian) sind die Mesocalamiten weiterhin sehr häufig und beherrschen das Vegetationsbild. Daneben wurden vereinzelt Lepidodendren und Sigillarien beobachtet. Von den Pteridophyllen sind *Mariopteris acuta* BRONGNIART, *Pecopteris (Senftenbergia) plumosa* (ARTIS) BRONGNIART und besonders das Genus *Neuraethopteris* mit den Spezies *N. neuropteroides* SUSTA, *N. larischi* SUSTA und *N. densifolia* JOSTEN vertreten. *Eusphenopteris hollandica* GOTHAN & JONGMANS ist noch häufig. Dagegen sind die kleinblättrigen *Sphenopteris*- und *Rhodea*-Arten des Namurs A nicht mehr vorhanden. Insgesamt betrachtet unterscheidet sich die Pflanzengesellschaft der Oberen Arnsberg-Schichten nicht wesentlich von der des Namurs A, jedoch tritt die Gattung *Neuraethopteris* mit mehreren Arten und auch anteilmäßig stärker hervor.

Hagen- und Vorhalle-Schichten (Goniatiten-Zone R2)

Das jüngere Namur B (Marsdenian) lieferte aus dem südlichen Ruhrkarbon eine sehr reiche Flora. Dominierend bleiben die Mesocalamiten mit mehreren Arten der *Annularia*- und *Asterophyllites*-Beblätterung. Die Lepidodendren bleiben noch recht selten, während die Gattungen *Lepidophloios* und *Sigillaria* wenigstens lokal öfter angetroffen werden. Als später Nachläufer einer älteren Flora wird der Einzelfund von *Eleutherophyllum hamatum* JOSTEN (JOSTEN 1983: 66 – 70) gewertet. Die Pteridophyllen entwickeln eine größere Formenfülle. Oft treten *Eusphenopteris hollandica* GOTHAN & JONGMANS und *Mariopteris acuta* BRONGNIART auf, aber auch *Alloiopteris (Corynepteris) angustissima* (STERNBERG) H. POTONIÉ, *Alethopteris lonchitica* (SCHLOTHEIM) STERNBERG, *Neuraethopteris neuropteroides* SUSTA, *Neuraethopteris larischi* SUSTA, *Neuraethopteris schlehani* STUR, *Paripteris gigantea* (STERNBERG) GOTHAN und lokal auch *Cordaites principalis* (GERMAR) GEINITZ sind recht häufig. Sehr vereinzelt wurden in den Vorhalle-Schichten die ersten Exemplare von *Alethopteris valida* BOULAY, *Alethopteris decurrens* (ARTIS) ZEILLER und

Neuropteris obliqua (BRONGNIART) ZEILLER angetroffen. Seltener, aber stratigraphisch charakteristisch für das jüngere Namur B sind *Mariopteris mosana* WILLIÈRE, *Alethopteris tectensis* STOCKMANS & WILLIÈRE und *Alethopteris edwardsi* STOCKMANS & WILLIÈRE.

Das plötzliche Hervortreten der Pteridophyten in den höheren Schichten des Namurs B ist zum Teil auf die guten Untersuchungsmöglichkeiten in den pflanzenreichen Aufschlüssen von Ziegeleibetrieben zurückzuführen. Es ist aber auch von entwicklungsge- schichtlicher und stratigraphischer Bedeutung. Das geht aus parallelen Entwicklungen im deutsch-belgisch-niederländischen Grenzgebiet hervor (JOSTEN 1983).

5.3 Namur C

Sprockhövel-Schichten (Goniatiten-Zone ? R2 – G1)

Wie im mittleren und älteren Namur wird im Namur C das Vegetationsbild stark von den Mesocalamiten und den dazugehörigen *Annularia*- und *Asterophyllites*-Laubformen dominiert. Vereinzelt ist *Sphenophyllum cuneifolium* (STERNBERG) ZEILLER anzutreffen. Die Lepidodendren und Sigillarien gewinnen anteilmäßig mehr und mehr an Bedeutung. Gleichzeitig werden die farnlaubigen Gewächse differenzierter, so daß sie mit einem ansehnlichen Artenreichtum auftreten. Dabei nehmen die Spezies der Gattung *Neuralethopteris* und *Paripteris gigantea* (STERNBERG) GOTHAN die vorherrschende Stellung ein. Für die Altersdatierung ist das erste Auftreten von *Lyginopteris bäumleri* (ANDRAE) H. POTONIÉ von Bedeutung. Bei den Mariopteriden lassen sich fünf Spezies unterscheiden, davon erreicht aber nur *Mariopteris acuta* BRONGNIART das höhere Namur C und die Westfal-Stufe.

In den obersten Schichten des Namurs, im Bereich der Kohlenflöze Hauptflöz – Sarnsbänkgen, wurden die ersten Abdrücke von *Calamites (Strylocalamites) undulatus* STERNBERG angetroffen. Von dort an nimmt das Subgenus *Mesocalamites* deutlich ab, und die Calamiten mit an der Nodiallinie alternierenden Rippen nehmen entsprechend mehr und mehr zu. Das ist die einzige erkennbare Veränderung der Calamiten-Stämme im Oberkarbon. Etwa gleichzeitig, das heißt im Grenzbereich Namur/Westfal, ist auch in der Beblätterung der Calamiten eine starke Veränderung zu erkennen. Typische Namur-Formen wie *Annularia filiformis* GOTHAN & JONGMANS, *Annularia subradiata* STOCKMANS & WILLIÈRE, *Asterophyllites hagenensis* FIEBIG & LEGGEWIE, *Asterophyllites gothani* LEGGEWIE & SCHONEFELD, *Asterophyllites namuriana* STOCKMANS & WILLIÈRE, *Asterophyllites tener* JONGMANS & GOTHAN sowie *Asterophyllites unguis* JONGMANS & GOTHAN sterben im höheren Namur aus und werden im Westfal durch andere Blattformen ersetzt.

Im Namur C treten im Ruhrkarbon die ersten Kohlenflöze auf. Die Hangendschichten der Flöze führen zumeist eine gut konservierte Flora. Diese unterscheidet sich nicht von der Flora in den tieferliegenden, flözfreien Schichten. Mit der Kohlebildung ist somit keine Veränderung des Vegetationsbildes verbunden (JOSTEN 1983).

5.4 Westfal A

Witten- und Bochum-Schichten

Im Westfal A (Abb. 36, S. 82 – 83) setzt sich bei den Calamiten-Stämmen die Entwicklung aus dem oberen Namur fort. So wie die Mesocalamiten zurücktreten, werden die typischen Vertreter der Westfal-Stufe häufiger. Die dazugehörenden Laubformen aus dem Namur sind verschwunden; an ihre Stelle treten im Westfal A eine Reihe anderer Spezies, insbesondere *Annularia radiata* (BRONGNIART) STERNBERG, *Annularia ramosa* WEISS, *Annularia jongmansii* WALTON, *Annularia sphenophylloides* (ZENKER) GUTBIER und *Annularia microphylla* SAUVEUR.

Die Lepidodendren und Sigillarien entwickeln in der Differenzierung der Stammstrukturen eine große Artenvielfalt. Gleichzeitig erfahren die Pteridophyten in den Laubformen fast aller Genera eine starke Entwicklung. Bei den sphenopteridischen Blattformen sind es vor allem die mit *Renaultia*- und *Zeilleria*-Fruktifikationen.

Als stratigraphisch wichtige neu auftretende Spezies sind zu nennen:

- Lyginopteris hoeninghausii* (BRONGNIART) H. POTONIÉ
- Eusphenopteris obtusiloba* (BRONGNIART) E. O. NOVIK
- Palmatopteris furcata* (BRONGNIART) H. POTONIÉ
- Mariopteris demoucourtii* ZEILLER
- Neuralethopteris rectinervis* KIDSTON
- Lonchopteris eschweileri* ANDRAE
- Lonchopteris rugosa* BRONGNIART
- Linopteris neuropteroides* (GUTBIER) ZEILLER

Mit den *Lonchopteris*- und *Linopteris*-Arten treten im Westfal A die ersten Pflanzen mit einer Maschenaderung auf und kündigen damit eine neue phylogenetische Entwicklung der Blätter an.

5.5 Westfal B

Essen- und Horst-Schichten

Das Westfal B ist eine Zeit, in der die Gesamtentwicklung der Flora sehr ruhig verläuft; das Vegetationsbild des Westfal A bleibt im wesentlichen erhalten. Weder bei den Articulaten (Schachtelhalmgewächse) noch bei den Lycopsiden (Bärlappgewächse) ist eine größere Veränderung zu erkennen. Einige Arten treten neu auf, doch bleiben sie zu meist selten und sind somit stratigraphisch von untergeordneter Bedeutung, wie *Annularia pseudostellata* H. POTONIÉ, *Bothrodendron punctatum* LINDLEY & HUTTON sowie einige farmlaubige Gewächse.

In den Essen-Schichten wurde auffallend häufig *Lonchopteris rugosa* BRONGNIART angetroffen, aber nur im zentralen Bereich des Ruhrkarbons. In nördlicher Richtung geht die Art deutlich zurück. Sie wurde in keinem der norddeutschen Tiefenaufschlüsse beobachtet, obwohl mehrere Aufschlüsse aus dem entsprechenden stratigraphischen Bereich eine gute Flora zutage brachten (z. B. die Brg. Bevergern 1 westlich Osnabrück, Dorfmark Z1 südlich Hamburg, Randzel 1 und Hohe Hörn Z1, beide südlich Borkum). Dagegen ist die Spezies in der Bohrung Straeten 1 bei Heinsberg (nördlich von Aachen) wieder vertreten.

5.6 Westfal C

Dorsten- und Lembeck-Schichten

Für die Articulaten bringt die Zeit des Westfals C nur bei den Beblätterungsarten Veränderungen. *Annularia sphenophylloides* (ZENKER) GUTBIER und *Sphenophyllum emarginatum* (BRONGNIART) BRONGNIART, die vereinzelt bereits im Westfal B auftreten, nehmen im aufsteigenden Profil mehr und mehr zu. Die Lycopsiden zeigen keine Differenzierung; der Höhepunkt dieser Pflanzen ist überschritten und viele Spezies, insbesondere der Sigillarien, sterben aus. Nur die Pteridophyllen zeigen eine positive Entwicklung. An die Stelle mehrerer ausfallender Arten treten neue; andere Spezies werden plötzlich auffallend häufig gefunden und setzen damit eine deutliche Zeitmarke, wie *Alethopteris corsini* BUISINE und *Neuropteris semireticulata* JOSTEN.

Neben einigen weiteren Pteridophyllen, die in den Lembeck-Schichten erstmalig vorkommen, verdient *Linopteris neuropteroides* (GUTBIER) ZEILLER besondere Beachtung. Die Art beginnt im Oberen Westfal A (Bochum-Schichten) und ist im höheren Westfal B (Horst-Schichten) und tieferen Westfal C (Untere Dorsten-Schichten) des Ruhrkarbons ausgesprochen selten. Dann nimmt die Häufigkeit der Pflanze bis in die Lembeck-Schichten auffallend zu und kennzeichnet besonders die Abschnitte mit den Flözgruppen Odin, Parsifal und Siegfried. Ähnlich verhält sich *Linopteris neuropteroides* auch im Ibbenbürener Karbon, wo die Art etwas früher gehäuft vorkommt, nämlich im Bereich des Flözes 2, das etwa der Flözgruppe Kobold-Loki des Ruhrreviers entspricht.



Lepidodendren

Calamiten

(*Stylocalamites*,

Diplocalamites,

Calamitina)

Pteridophyllen (*Alethopteris*, *Mariopteris* u. a.)

Sphenophyllen

Abb. 36 Vegetationsbild des Westfals A – B



Lepidodendren, Sigillarien

Pteridophyllen (*Neuropteris*, *Eusphenopteris* u. a.)

5.7 Westfal D

Das ältere Westfal D (Abb. 37, S. 86 – 87) ist aus dem Osnabrücker Karbon mit einer reichen Flora aus dem Hangenden der Kohlenflöze gut bekannt (JOSTEN & KÖWING & RABITZ 1984). Es enthält noch häufig die persistenten Arten *Calamites (Stylocalamites) suckowi* BRONGNIART, *Calamites (Stylocalamites) cisti* BRONGNIART und *Calamites (Stylocalamites) undulatus* STERNBERG. Daneben wird vereinzelt *Calamites (Calamitina) goepperti* (ETTINGSHAUSEN) STERNBERG und als neu hinzukommende Spezies *Calamites (Diplocalamites) rugosus* GOTHAN gefunden. Charakteristisch sind *Annularia stellata* SCHLOTHEIM und *Asterophyllites equisetiformis* (STERNBERG) BRONGNIART f. *equisetiformis* VOGELLEHNER neben dem häufigen Vorkommen von *Sphenophyllum emarginatum* (BRONGNIART) BRONGNIART.

Die Lepidodendren treten mehr und mehr zurück; nur *Lepidodendron obovatum* STERNBERG, *Lepidodendron lycopodioides* STERNBERG und gelegentlich auch *Lepidophloios laricinus* STERNBERG sowie *Asolanus camptotaenia* WOOD werden noch angetroffen. Die Sigillarien der älteren Westfal-Schichten sind nicht mehr vorhanden. An ihre Stelle treten jetzt *Sigillaria principis* WEISS und *Sigillaria cumulata* WEISS, die aber beide nur selten gefunden werden.

Bei den Pteridophyllen ist die artenreiche Gattung *Sphenopteris* noch mit einigen Spezies vertreten, die aber stratigraphisch keine nennenswerte Bedeutung haben. Von den Eusphenopteriden ist nur noch *Eusphenopteris striata* (GOTHAN) E. O. NOVIK vorhanden, die auch zahlreich anzutreffen ist. Außerdem kommen noch *Mariopteris nervosa* (BRONGNIART) ZEILLER, *Mariopteris sauveuri* (BRONGNIART) und *Mariopteris robusta* KIDSTON vor. Die Gattung *Pecopteris* tritt mit neuen Arten auf und gewinnt zunehmend an Bedeutung. *Alethopteris lonchitica* (SCHLOTHEIM) STERNBERG, die sich vom Namur B an in unveränderter Form darstellt, tritt neben *Alethopteris serli* (BRONGNIART) GÖPPER nur noch vereinzelt auf. Bemerkenswert sind *Alethopteris grandini* (BRONGNIART) und *Alethopteris pontica* ZEILLER über einigen Flözen, wenngleich beide Arten keine größere Häufigkeit erreichen (JOSTEN 1991: 303 – 304). Häufig sind dagegen *Neuropteris tenuifolia* SCHLOTHEIM, *Neuropteris attenuata* LINDLEY & HUTTON, *Neuropteris scheuchzeri* HOFFMANN und *Reticulopteris münsteri* (EICHWALD) GOTHAN. Die Art *Linopteris neuropteroides* (GUTBIER) ZEILLER, die im Oberen Westfal C sehr häufig vorkommt, wurde im Osnabrücker Karbon bei Ibbenbüren gelegentlich noch bis zum Flöz Buchholz-Flottwell gefunden. *Neuropteris dussarti* LAVEINE, die am Piesberg über dem Flöz Dreibanke in einer größeren Anzahl anzutreffen ist, konnte in den norddeutschen Bohrungen nicht nachgewiesen werden.

Die Spezies des Genus *Paripteris* sind bereits mit dem Westfal C weitgehend aus dem Florenbild verschwunden. Nur *Paripteris gigantea* (STERNBERG) GOTHAN wurde im Westfal D des Piesberges, im Bereich von Flöz Johannisstein, noch in einzelnen Exemplaren gesehen und *Paripteris pseudogigantea* (H. POTONIÉ) GOTHAN im Westfal D der Bohrung Nordsee D1.

Von den Gymnospermen soll *Cordaïtes principalis* (GERMAR) GEINITZ erwähnt werden. Diese etwas derben Blattformen haben sich seit dem Namur A in morphologisch unveränderter Form erhalten und wurden auch im älteren Westfal D noch lokal häufiger angetroffen.

Die hier umrissene Flora des älteren Westfals D zeigt noch stark den Charakter der mittleren Westfal-Zeit, wengleich eine Anzahl Spezies ausfallen und andere neu auftreten. Es ist eine kontinuierliche Überleitung zur Flora des jüngeren, flözfreien Westfals D, das in einer Anzahl Bohrungen im norddeutschen Raum erschlossen wurde.

Im jüngeren Westfal D (Abb. 38, S. 88 – 89), oberhalb von Flöz Itterbeck, dem jüngsten Kohlenflöz am Piesberg (Abb. 34, S. 65), werden die Stämme der Gattung *Calamites* weiterhin oft gefunden, doch nehmen sie im aufsteigenden Profil ab, ebenso die dazugehörenden Laubformen. Am häufigsten wird noch *Annularia sphenophylloides* (ZENKER) GUTBIER angetroffen, daneben auch *Annularia stellata* SCHLOTHEIM, eine für das Westfal D charakteristische Spezies. *Asterophyllites equisetiformis* (STERNBERG) BRONGNIART f. *jongmansii* VOGELLEHNER und *Asterophyllites equisetiformis* (STERNBERG) BRONGNIART f. *equisetiformis* VOGELLEHNER sind noch nebeneinander anzutreffen, doch wird die letztgenannte Form mit den breiteren Blättchen häufiger. *Sphenophyllum emarginatum* (BRONGNIART) BRONGNIART ist jetzt mit Abstand die häufigste Spezies des Genus, wengleich *Sphenophyllum cuneifolium* (STERNBERG) ZEILLER auch noch vorkommt.

Von den Lycopsida (Bärlappgewächse) sind die mächtigen Bäume der Gattungen *Lepidodendron*, *Lepidophloios*, *Asolanus* und auch *Sigillaria* weitgehend verschwunden. Nur sehr vereinzelt werden noch *Lepidodendron aculeatum* STERNBERG, *Lepidodendron lycopodioides* STERNBERG und *Lepidophloios laricinus* STERNBERG gefunden oder auch ein Vertreter der Gattung *Sigillaria* (*S. cumulata* WEISS oder *S. brardi* BRONGNIART). Gelegentlich werden auch *Stigmaria*-Appendices, die schlauchartigen Wurzelorgane der Lepidophyten, im Sediment festgestellt.

Auch bei den Pteridophyllen gibt es eine starke Veränderung. Die Gattungen *Sphenopteris*, *Alloiopteris*, *Eusphenopteris* und *Mariopteris* verschwinden fast ganz aus dem Vegetationsbild. Nur sehr selten wurden einzelne Blattformen in den Bohrungen beobachtet, die aber durchweg schlecht erhalten waren.

Ebenso sind von der Gattung *Alethopteris* die meisten Spezies nicht mehr vertreten; nur *Alethopteris serli* (BRONGNIART) GÖPPERT wird noch gefunden und ganz vereinzelt auch *Alethopteris lonchitica* (SCHLOTHEIM) STERNBERG.

Ausgesprochen positiv verläuft die Entwicklung der Gattung *Pecopteris*, die sich sowohl in der Zahl der Arten als auch der Individuen stark entfaltet. Wenn in der Westfal-Zeit noch vier *Pecopteris*-Arten unterschieden werden, lassen sich im jüngeren Oberkarbon und Rotliegend wenigstens fünfzehn Formspezies differenzieren; davon treten die meisten erstmalig im Westfal D auf und werden zum Hangenden hin häufiger.

Die Gattung *Neuropteris* ist auch im jüngeren Westfal D noch mit mehreren Arten vertreten. *Neuropteris tenuifolia* SCHLOTHEIM ist selten, dagegen werden *Neuropteris atte-*



Pecopteriden, Neuropteriden

Cordaiten (oben)

Eusphenopteriden

Calamites (Calamitina)

Sphenophyllen, Calamiten

Alethopteriden

Abb. 37 Vegetationsbild des älteren Westfals D



Lepidodendren

Sigillarien

Lepidophloios

Calamiten

Sphenophyllen

Lepidodendron-Stämme mit Stigmarien



Pecopteriden (dominierend)

Cordaiten

Calamiten, Sphenophyllen

Abb. 38 Vegetationsbild des jüngeren Westfals D



Pecopteriden (dominierend)

Alethopteriden
(*A. serli*, *A. lonchitica*)

Neuropteriden
(*N. attenuata*, *N. scheuchzeri*, *N. ovata*)

Reticulopteris münsteri
(vereinzelt)

nuata LINDLEY & HUTTON, das Leitfossil *Neuropteris ovata* HOFFMANN und vor allem *Neuropteris scheuchzeri* HOFFMANN mit ziemlicher Regelmäßigkeit angetroffen.

Es ist bemerkenswert, daß *Reticulopteris münsteri* (EICHWALD) GOTHAN, die im tieferen Westfal D des Piesberges häufig vorkommt, in den jüngsten Westfal-Schichten der Tiefbohrungen in Norddeutschland nur sehr vereinzelt angetroffen wurde (vgl. S. 53). Ähnliches wurde auch schon bei *Lonchopteris rugosa* BRONGNIART beobachtet, die im zentralen Bereich des Ruhrkarbons häufig ist, aber in den norddeutschen Tiefenaufschlüssen nicht mehr auftaucht (vgl. S. 81).

Schließlich bleiben die *Cordaites*-Blätter zu erwähnen, die seit dem tiefen Namur in sehr persistenter Form auch im jüngeren Westfal D noch vorkommen. Man gewinnt den Eindruck, daß sie zwar nicht mehr so oft gefunden werden; aber wo sie auftreten, sind sie, selbst in den Bohrkernen, meist in mehreren Exemplaren vorhanden.

5.8 Stefan – Rotliegend

Die beiden Zeitabschnitte Stefan und Rotliegend (Abb. 39, S. 92 – 93) sind floristisch zu trennen, wenn eine ausreichende Flora vorliegt. Die wenigen norddeutschen Bohrungen in diesem stratigraphischen Bereich förderten aber bei kleinen Kernstrecken nur begrenzte Pflanzengemeinschaften zutage, die zumeist eine Altersdatierung sowohl in das Stefan als auch in das Unterrotliegend zulassen.

Die Calamiten-Stämme vom Typ *Stylocalamites suckowi* BRONGNIART sind des öfteren angetroffen worden und auch die Beblätterungsform *Asterophyllites equisetiformis* (STERNBERG) BRONGNIART f. *equisetiformis* VOGELLEHNER. Daneben ist *Sphenophyllum emarginatum* (BRONGNIART) BRONGNIART recht häufig und besonders *Sphenophyllum verticillatum* SCHLOTHEIM.

Die Lycopsiden sind praktisch mit allen Gattungen aus dem Florenbild verdrängt und ebenso die typischen Pteridophyllen der Westfal-Zeit, insbesondere die Spezies der Gattungen *Mariopteris*, *Alethopteris*, *Reticulopteris* und *Linopteris*. Auch die Neuropteriden der Westfal-Zeit sind verschwunden. Allenfalls wurden einzelne *Neuropteris*-Blättchen (? *N. attenuata* LINDLEY & HUTTON, *N. ovata* HOFFMANN) im Grenzbereich Westfal/Stefan angetroffen, in Schichten, die mangels typischer Pflanzenspezies oder einer ausreichenden Pflanzengesellschaft nicht genauer datiert werden konnten.

An die Stelle der kleinblättrigen Neuropteriden treten andernorts großblättrige Spezies wie *Neuropteris auriculata* BRONGNIART und *Reticulopteris germari* GIEBEL. Sie wurden aber in den norddeutschen Bohrungen nicht angetroffen, jedenfalls nicht in bestimmbarer Erhaltung. Nur in wenigen roten Sedimenten, oberhalb der „eigentlichen“ pflanzenführenden Schichten, wurden einige, nicht genauer bestimmbare Abdrücke gesehen, so in der Bohrung Apeldorn Z2 (s. S. 53).

Die Gattung *Pecopteris* drängt jetzt in großer Zahl und Artenvielfalt absolut dominierend in das Vegetationsbild (Abb. 39). Charakteristisch für das Stefan sind *Sphenophyllum verticillatum* SCHLOTHEIM und *Odontopteris subcrenulata* ROST. Beide Spezies haben im Stefan ihre Hauptverbreitung, doch reichen sie bis in das Unterrotliegend hinauf.

Als charakteristische Pflanzen des Rotliegend wurden in der Bohrung Apeldorn Z2 im Emsland *Sphenopteris germanica* WEISS, *Odontopteris osmundaeformis* SCHLOTHEIM, *Callipteris naumanni* GUTBIER sowie jeweils in mehreren Exemplaren *Walchia piniformis* STERNBERG, meist zusammen mit *Ernestiodendron filiciforme* (STERNBERG) FLORIN, angetroffen. Namentlich von *Walchia piniformis* sind „Vorläufer“ aus dem Stefan bekannt (JOSTEN 1995: 222 – 227), so daß bei sporadischen Funden, ohne entsprechende Begleitflora, die stratigraphische Einordnung unsicher ist. Ebenso ist das Vorkommen des Genus *Callipteris* bereits in Schichten des Stefans bekannt (s. S. 59).



Walchien

Pecopteriden
(dominierend)

Odontopteriden, *Sphenopteris germanica*

Odontopteride

Abb. 39 Vegetationsbild des Stefans – Rotliegend



Pecopteriden

Walchien

Calamiten, Sphenophyllen

Pecopteriden

6 Schriftenverzeichnis

- ABBOTT, M. L. (1958): The American Species of *Asterophyllites*, *Annularia*, and *Sphenophyllum*. – Bull. amer. Paleont., **38** (174): 289 – 390, 5 Tab., Taf. 35 – 49; Ithaca/N. Y.
- AMEROM, H. W. J. VAN (1996 a): The biostratigraphy of borehole 'De Lutte-6' (East Twente, the Netherlands). – Meded. Rijks geol. Dienst, **55**: 83 – 98, 6 Abb., 1 Taf., 1 Anh.; Haarlem.
- AMEROM, H. W. J. VAN (1996 b): A new bryophyte species (*Hepaticites tortuosus* nov. sp.) from the Westphalian D in borehole De Lutte-6, Twente, the Netherlands. – Meded. Rijks geol. Dienst, **55**: 99 – 106, 4 Abb., 1 Taf.; Haarlem.
- AMEROM, H. W. J. VAN; JOSTEN, K.-H. (1978): Geologisch-paläobotanische Exkursion im Grenzgebiet Belgien – Niederlande – Bundesrepublik Deutschland. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenb., **34**: 71 – 96, 14 Abb.; Frankfurt/Main.
- AMEROM, H. W. J. VAN; JOSTEN, K.-H.; GAJPL, R. (1997): An interesting association of fossil plants from the lower Upper Carboniferous of North Rhine-Westphalia (Hastenrath, Germany). – Rev. Palaeobot. and Palynol., **95**: 285 – 304; Amsterdam.
- ARBER, E. A. N. (1912): A Note on some Fossil Plants from the Kent Coal-Field. – Geol. Mag., N. S., **9**: 98 – 99, Taf. V; London.
- BERTRAND, P. (1930): Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine, **1**, Flore fossile, 1, Neuroptéridées. – In: Ministre des travaux publics par le Service des Topographies souterraines [Hrsg.]: Études des gîtes minéraux de la France: 58 S., 8 Abb., 30 Taf.; Lille (Danel).
- BERTRAND, P. (1937): Tableaux des flores successives du Westphalien Supérieur et du Stéphaniens. – Compte Rendu / Congrès pour l'Avancement des Études de Stratigraphie du Carbonifère, **1**: 67 – 79, 4 Tab.; Maestricht (van Aelst). – [Congr. Avancem. Ét. Stratigr. Carbonif. <2., 1935, Heerlen>]
- BISEWSKI, L. (1971): Das jüngere Oberkarbon der Bohrung Norddeutschland 8 bei Bentheim. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **18**: 263 – 280, 2 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Krefeld.
- BLESS, M. J. M.; BOUCKAERT, J.; CALVER, M. A.; GRAULICH, J. M.; PAPROTH, E. (1977): Palaeogeography of Upper Westphalian deposits in NW Europe with reference to the Westphalian C North of the mobile Variscan belt. – Meded. Rijks geol. Dienst, N. S., **28** (5): 101 – 147, 15 Abb., 1 Tab., 4 Taf.; Heerlen.
- BLESS, M. J. M.; LOBOZIAK, S.; STREEL, M. (1977): An Upper Westphalian C „hinterland“ mikroflora from the Haaksbergen-I Borehole (Netherlands). – Meded. Rijks geol. Dienst, N. S., **28** (5): 135 – 147, 2 Abb., 1 Tab., 4 Taf.; Heerlen.
- BODE, H. (1927): Palaeobotanisch-stratigraphische Studien im Ibbenbürener Carbon. – Abh. preuß. geol. L.-Anst., N. F., **106**: 72 S., 3 Abb., 2 Taf.; Berlin.
- BODE, H. (1936): Palaeobotanisch-stratigraphische Untersuchungen im Saarbrücker Karbon. – Abh. preuß. geol. L.-Anst., N. F., **171**: 39 – 82, 2 Abb., 1 Taf.; Berlin.
- BOUREAU, É.; DOUBINGER, J. (1975): Traité de Paléobotanique, **4** (2), Pteridophylla. – 768 S., 599 Abb.; Paris (Masson).
- BRONGNIART, A. (1828 – 1837): Histoire des végétaux fossiles, **1 + 2**. – V – XII + 488 S., 171 Taf. [Bd. 1]; 72 S., 28 Taf. [Bd. 2]; Paris, Amsterdam (Dufour u. d'Ocagne). – [Facsimile-Ed., **18**; Berlin (Junk) 1915]
- BROUTIN, J. (1986): Étude paléobotanique et palynologique du passage Carbonifère Permien dans le Sud-Ouest de la péninsule ibérique. – 165 S., 48 Abb., 30 Taf.; Paris (Centr. Nat. Rech. Sci.) – [Cahiers de Paléontologie]

- BROUTIN, J.; DOUBINGER, J.; FARJANEL, G.; FREYTET, P.; KERP, H.; LANGIAUX, J.; LEBRETON, M. L.; SEBBAN, S.; SATTI, S. (1990): Le renouvellement des flores au passage Carbonifère – Permien: approches stratigraphique, biologique, sédimentologique. – C. R. Acad. Sci. (Paris), (2) **311**: 1 563 – 1 569; Paris.
- BROUTIN, J.; DOUBINGER, J.; LANGIAUX, J.; PRIMEY, D. (1986): Conséquences de la coexistence de flores à caractères stéphanien et autunien dans les bassins limniques d'Europe occidentale. – Mém. Soc. géol. France, N. S., **149**: 15 – 25, 5 Abb., 2 Taf.; Paris.
- BUISINE, M. (1961): Contribution à l'étude de la flore du terrain houiller. Les Aléthroptéridées du Nord de la France. – Ét. géol. Atlas Topogr. souterr., **1** (4): 317 S., 31 Abb., 3 Tab., 74 Taf.; Lille.
- BURGER, K. (1985): Die Kohlentonsteine im Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlenrevier. Erkenntnisstand 1983. – Compte Rendu / Congrès International de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère, **4**: 211 – 234, 11 Abb., 5 Taf.; Madrid (Inst. geol. min. España). – [Congr. Internat. Stratigr. Géol. Carbonif. <10., 1983, Madrid>]
- CHALONER, W. G.; COLLINSON, M. E. (1975): An illustrated key to the commoner British Upper Carboniferous plant compression fossils. – Proc. geol. Assoc. London, **86** (1): 1 – 44, zahlr. Abb., 1 Tab.; London.
- CLEAL, C. J. (1978): Floral biostratigraphy of the upper Silesian Pennant Measures of South Wales. – Geol. J., **13** (2): 165 – 194, 8 Abb., 10 Tab., 2 Taf.; Liverpool.
- CLEAL, C. J. (1984): The Westphalian D floral biostratigraphy of Saarland (Fed. Rep. Germany) and a comparison with that of South Wales. – Geol. J., **19**: 327 – 351, 11 Abb.; Liverpool.
- CLEAL, C. J. (1997): The palaeobotany of the upper Westphalian and Stephanian of southern Britain and its geological significance. – Rev. Palaeobot. and Palynol., **95**: 227 – 253, 9 Abb.; Amsterdam.
- CORSIN, P. (1947): Reconstitutions de Pécoptéridées: genres *Caulopteris* LINDLEY & HUTTON, *Megaphyton* ARTIS et *Hagiophyton* nov. gen. – Ann. Soc. géol. Nord, **67**: 6 – 25, 4 Abb., 4 Taf.; Lille.
- CORSIN, P. (1951): Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine, **1**, Flore fossile, 4, Pécoptéridées. – In: Ministère des travaux publics par le Service des Topographies souterraines [Hrsg.]: Études des gîtes minéraux de la France: Text: 171 – 370, 99 Abb., Atlas: Taf. 108 – 199; Loos (Danel).
- CRIDLAND, A. A. (1964): *Amyelon* in American Coal-Balls. – Palaeontology, **7**, 2: 186 – 209, 8 Abb., 5 Taf.; London.
- CROOKALL, R. (1929): Coal Measure Plants. – 80 S., 39 Taf.; London (Arnold).
- CROOKALL, R. (1966 – 1969): Fossil Plants of the Carboniferous Rocks of Great Britain. – Mem. geol. Surv. Gr. Brit., Palaeont.; London.
(1966): **4** (4): XIII – XX, 355 – 571, Abb. 107 – 159, Taf. 82 – 106.
(1969): **4** (5): XXI – XXVIII, 573 – 792, Abb. 160 – 224, Taf. 107 – 150.
- DALINVAL, A. (1960): Contribution à l'étude des Pécoptéridées. Les Pecopteris du bassin houiller du Nord de la France. – Ét. géol. Atlas Topogr. souterr., **1** (3): 222 S., 36 Abb., 2 Tab., 61 Taf.; Lille.
- DARRAH, W. C. (1969): A critical review of the Upper Pennsylvanian floras of the eastern United States with notes on the Mazon Creek Flora of Illinois. – 220 S., 80 Taf.; Gettysburg/Pa. (Eigenverl.).
- DAVID, F. (1990): Sedimentologie und Beckenanalyse im Westfal C und D des nordwestdeutschen Beckens : Teilbericht 3 zum DGMK-Gemeinschaftsvorhaben 384, Sedimentologie des Oberkarbons: 271 S., 108 Abb., 27 Tab., 10 Taf.; Hamburg (Dt. Wiss. Ges. f. Erdöl, Erdgas u. Kohle).

- DIJKSTRA, S. J.; AMEROM, H. W. J. VAN (1995): Fossilium Catalogus, 2, Plantae. – **96**: 156 S.; Amsterdam (Kugler).
- DI MICHELE, W. A.; PHILLIPS, T. L. (1995): The reponse of hierarchially structured ecosystems to long-term climatic change: a case study using tropical peat swamps of Pennsylvanian age. – In: STANLEY, S. M.; KNOLL, A. H.; KENNETT, J. P. [Hrsg.]: Effects of Past Global Change on Life: 134 – 155. – [Ersch.-Ort nicht zu ermitteln (Nat. Res. Council., Stud. Geophys.)]
- DI MICHELE, W. A.; PHILLIPS, T. L.; OLMSTEAD, R. G. (1987): Opportunistic evolution: abiotic environmental stress and the fossil record of plants. – *Rev. Palaeobot. and Palynol.*, **50**: 151 – 178, 6 Abb.; Amsterdam.
- DI MICHELE, W. A.; PHILLIPS, T. L.; PEPPERS, R. A. (1985): The influence of climate and depositional environment on the distribution and evolution of Pennsylvanian coal-swamp plants. – In: TIFFNEY, B. H. [Hrsg.]: Geological factors and the evolution of plants: 223 – 256, 4 Abb.; New Haven/Conn. (Yale Univ. Press).
- DIX, E. (1934): The sequence of floras in the upper Carboniferous, with special reference to South Wales. – *Trans. roy. Soc. Edinburgh*, **57**: 789 – 838, 4 Abb.; Edinburgh.
- DÖRING, H.; WINTGEN, C. (1996): Stratigraphie des Oberkarbons: Palynologische Untersuchungen. – *DGMK-Forsch.-Ber.*, **459-3/2**: 243 S., 2 Taf., 30 Anl.; Hamburg (Dt. Wiss. Ges. f. Erdöl, Erdgas u. Kohle). – [Interner Bericht, Stand Februar 1996]
- DOUBINGER, J. (1956): Contribution à l'étude des flores Autuno-Stéphaniennes. – *Mém. Soc. géol. France, N. S.*, **35** (1 – 2): 180 S., 20 Abb., 8 Tab., 17 Taf.; Paris.
- DOUBINGER, J. (1979): Aperçu général des flores du Stéphanien B, C et D(?) dans les bassins houillers de la France. – In: *Compte Rendu / Congrès International de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère*, **3**: 141 – 147, 2 Abb.; Moscow (Nauka). – [Congr. Internat. Stratigr. Géol. Carbonif. <8., 1975, Moscow>]
- DOUBINGER, J.; BRANCHET, M.; LANGIAUX, J. (1979): Présence de *Callipteris flabellifera* WEISS dans le Stéphanien de Blanzay – Montceau (Massif Central, France). – *Rev. périod. Physioth.*, *Soc. Ét. Sci. natur. et hist. Montceau-les-Mines*, **91**: 67 – 72, 1 Tab., 1 Taf.; Dijon.
- DOUBINGER, J.; GERMER, R. (1971): Die Gattung *Odontopteris* im Saarkarbon. – *Palaeontographica*, **B 136**: 129 – 147, 21 Abb., Taf. 45 – 47; Stuttgart.
- DOUBINGER, J.; VETTER, P. (1950): Description d'une nouvelle espèce d'*Odontopteris* – *O. Bourranensis*. – *Ann. Soc. géol. Nord*, **70**: 161 – 174, 3 Abb., 1 Taf.; Lille.
- DOUBINGER, J.; VETTER, P.; LANGIAUX, J.; GALTIER, J.; BROUTIN, J. (1995): La flore fossile du bassin houiller de Saint-Étienne. – *Mém. Mus. nat. d'Hist. natur.*, **164**: 357 S., 395 Abb., 10 Tab., 1 Kt.; Paris.
- FABIAN, H.-J. (1963): Das Jungpaläozoikum zwischen Diepholz und Twistringen (Konzession Ridderade) und seine Erdgasführung. – *Erdöl-Z., Kongr.-Ausg.*: 33 – 49, 13 Abb., 2 Tab.; Wien, Hamburg.
- FABIAN, H.-J. (1971): Stratigraphie und Tektonik. – In: *Die Karbon-Ablagerungen in der Bundesrepublik Deutschland. Eine Übersicht. III A. 4. Das Oberkarbon im Untergrund von Nordwestdeutschland und dem angrenzenden Nordseebereich.* – *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.*, **19**: 87 – 100, 6 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Krefeld.
- FIEBIG, H. E. R. (1971): Entwicklung der Schichtenmächtigkeiten. – In: *Die Karbon-Ablagerungen in der Bundesrepublik Deutschland. Eine Übersicht. III A. 1. Das Rhein-Ruhr-Revier.* – *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.*, **19**: 35 – 40, 7 Abb.; Krefeld.
- FLORIN, R. (1938 – 1945): Die Koniferen des Oberkarbons und des unteren Perms. – *Palaeontographica*, **B 85**: 1 – 729; Stuttgart.

- FORSTER, S. C.; WARRINGTON, G. (1985): Geochronology of the Carboniferous, Permian and Triassic. – Mem. geol. Soc., **10**: 99 – 113, 1 Abb.; London.
- Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen [Hrsg.] (1971): Die Karbon-Ablagerungen in der Bundesrepublik Deutschland : Eine Übersicht. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **19**: VIII + 242 S., 79 Abb., 15 Tab., 8 Taf.; Krefeld.
- GERMER, R. (1971), unter Mitarb. von DOUBINGER, J.; WEINGARDT, H. W.: Leitfossilien in der Schichtenfolge des Saarkarbons. – Beih. geol. L.-Aufn. Saarld., **3**: 124 S., 89 Abb., 18 Taf.; Saarbrücken.
- GERMER, R.; KNEUPER, G. (1967): Zur Biostratigraphie des Saarkarbons. – Bergfreiheit, **32**: 169 – 177, 10 Abb.; Herne.
- GILLESPIE, W. H.; PFEFFERKORN, H. W. (1979): Distribution of commonly occurring plant megafossils in the proposed Pennsylvanian System stratotype – In: Field Trip, **1** / International Congress of Carboniferous Stratigraphy and Geology: 87 – 96, 1 Abb., 1 Tab., 3 Taf.; Falls Church/Va. (Amer. Geol. Inst.). – [Congr. Internat. Carbonif. Stratigr. Geol. <9., 1979, Washington, Urbana>]
- GOTHAN, W. (1913): Die Oberschlesische Steinkohlenflora. I. Teil. Farne und farnähnliche Gewächse (Cycadofilices bezw. Pteridospermen). – Abh. kgl. preuß. geol. L.-Anst., N. F., **75**: 278 S., 17 Abb., 53 Taf.; Berlin.
- GOTHAN, W. (1923): Karbon und Perm – Pflanzen. – In: GÜRICH, G. [Hrsg.]: Leitfossilien, **3**: 187 S., 144 Abb., 2 Tab., 48 Taf.; Berlin (Borntraeger).
- GOTHAN, W. (1941): Die Steinkohlenflora der westlichen paralischen Steinkohlenreviere Deutschlands. – Abh. R.-Stelle Bodenforsch., N. F., **196**: 54 S., Taf. 49 – 71; Berlin.
- GOTHAN, W.; WEYLAND, H. (1954): Lehrbuch der Paläobotanik. – 535 S., 419 Abb.; Berlin (Akademie-Verl.).
- GRAND'EURY, F. C. (1877): Flore Carbonifère du Département de la Loire et du Centre de la France. – Mém. Acad. Sci. Inst. France, **24** (1): 348 S., Atlas Taf. 1 – 34, A – D; Paris.
- GUTHÖRL, P. (1957): Querschnitt durch das Saar-Lothringische Karbon. – Palaeontographica, **B 102**: 1 – 70, 20 Abb., zahlr. Tab., 16 Taf., 5 Beil.; Stuttgart.
- HAUBOLD, H. (1983): Zur Gattung *Callipteris* BRONGNIART. Teil III. Die sterile Befiederung von *Callipteris naumanni* (GUTBIER) STERZEL. – Z. geol. Wiss. **11**: 465 – 481, 5 Abb., 1 Tab., 3 Taf.; Berlin.
- HAVLENA, V. (1971): Die zeitgleichen Floren des europäischen Oberkarbons und die mesophile Flora des Ostrau-Karwiner Steinkohlenreviers. – Rev. Palaeobot. and Palynol., **12**: 245 – 270, 5 Abb.; Amsterdam.
- HEDEMANN, H.-A. (1985): Das nordwestdeutsche Oberkarbonbecken, sein Erdgas und seine Kohleflöze. – Compte Rendu / Congrès International de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère, **2**: 15 – 29, 15 Abb.; Madrid (Inst. Geol. Min. España). – [Congr. Internat. Stratigr. Géol. Carbonif. <10., 1983, Madrid>]
- HEDEMANN, H.-A.; FABIAN, H. J.; FIEBIG, H.; RABITZ, A. (1972): Das Karbon in marin-paralischer Entwicklung. – Compte Rendu / Congrès International de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère, **1**: 29 – 47, 10 Abb.; Krefeld (Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.). – [Congr. Internat. Stratigr. Géol. Carbonif. <7., 1971, Krefeld>]
- HEDEMANN, H.-A.; TEICHMÜLLER, R. (1971): Die paläogeographische Entwicklung des Oberkarbons. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **19**: 129 – 142, 6 Abb., 2 Tab.; Krefeld.
- HIRMER, M. (1927), mit Beitr. von PIA, J.; TROLL, W.: Handbuch der Paläobotanik, **1**, Thallophyta – Bryophyta – Pteridophyta. – 708 S., 817 Abb.; München, Berlin (Oldenbourg).

- HOFFMANN, F. (1826): Untersuchungen über die Pflanzen-Reste des Kohlengebirges von Ibbenbühen und vom Piesberge bei Osnabrück. – Arch. Bergb. u. Hüttenwes. (Karsten's Arch., 1. R.), **13** (2): 266 – 282; Berlin.
- JONGMANS, W. J. (1911): Anleitung zur Bestimmung der Karbonpflanzen West-Europas, **1**, Thallophytae, Equisetales, Sphenophyllales. – Meded. Rijksopspor. Delfst., **3**: 482 S., 390 Abb.; 's-Gravenhage.
- JONGMANS, W. J. (1927): Beschrijving der boring Gulpen (No. 106). – Jversl. geol. Bur. nederl. Mijnggeb. Heerlen, **1926**: 54 – 69; Heerlen.
- JOSTEN, K.-H. (1962): *Neuropteris semireticulata*, eine neue Art als Bindeglied zwischen den Gattungen *Neuropteris* und *Reticulopteris*. – Paläont. Z., **36**: 33 – 45, 5 Abb., 3 Taf.; Stuttgart.
- JOSTEN, K.-H. (1966): Zur Flora des jüngeren Karbons (Westfal C bis Stefan) in Nordwestdeutschland und ihr Vergleich mit anderen Gebieten. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **13**, 1: 565 – 644, 24 Abb., 1 Tab., 18 Taf.; Krefeld.
- JOSTEN, K.-H. (1983): Die fossilen Floren im Namur des Ruhrkarbons. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **31**: 327 S., 112 Abb., 10 Tab., 56 Taf.; Krefeld.
- JOSTEN, K.-H. (1991): Die Steinkohlen-Floren Nordwestdeutschlands. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **36**: Text-Bd. 434 S., 232 Abb., 29 Tab.; Taf.-Bd. 451 S., 220 Taf.; Krefeld.
- JOSTEN, K.-H. (1995): Stratigraphie des Oberkarbons: Untersuchung der Makrofloren. – DGMK-Forsch.-Ber., **459-3/1**: 239 S., 2 Tab.; Hamburg (Dt. Wiss. Ges. f. Erdöl, Erdgas u. Kohle).
- JOSTEN, K.-H.; KÖWING, K.; RABITZ, A. (1984): Oberkarbon. – In: KLASSEN, H. [Hrsg.]: Geologie des Osnabrücker Berglandes: 7 – 77, 20 Abb., 1 Tab., 4 Taf., 3 Anl.; Osnabrück (Naturwiss. Mus.).
- JOSTEN, K.-H.; LAVEINE, J.-P. (1984): Paläobotanisch-stratigraphische Untersuchungen im Westfal C – D von Nordfrankreich und Nordwestdeutschland. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **32**: 89 – 117, 4 Abb., 11 Taf.; Krefeld.
- JOSTEN, K.-H.; TEICHMÜLLER, R. (1971): Zusammenfassende Übersicht über das höhere Oberkarbon im Ruhrrevier, Münsterland und Ibbenbürener Raum. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **18**: 281 – 292, 1 Taf.; Krefeld.
- KERP, J. H. F. (1986): On *Callipteris* BRONGNIART from the European Rotliegend Basins. III. Aspects of Permian Palaeobotany and Palynology. X. The West- and Central European species of the genus *Autunia* KRASSER emend. KERP (Peltaspermeaceae) and the form-genus *Rhachiphyllum* KERP (callipterid foliage): 37 – 251, 14 Abb., 51 Taf.; Utrecht. – [Proefschr.]
- KERP, J. H. F.; FICHTER, J. (1985): Die Makrofloren des saarpfälzischen Rotliegenden (? Oberkarbon – Unter-Perm; SW-Deutschland). – Mainzer geowiss. Mitt., **14**: 159 – 286, 3 Abb., 19 Tab., 42 Taf.; Mainz.
- KERP, J. H. F.; POORT, R. J.; SWINKELS, H. A. J. M.; VERWER, R. (1990): Aspects of Permian Palaeobotany and Palynology. IX. Conifer-dominated Rotliegend Floras from the Saar-Nahe Basin (? Late Carboniferous – Early Permian; SW-Germany) with special reference to the reproductive Biology of Early Conifers. – Rev. Palaeobot. and Palynol., **62**: 205 – 248, 9 Abb., 11 Taf.; Amsterdam.
- KIDSTON, R. (1924 – 1925): Fossil Plants of the Carboniferous Rocks of Great Britain. – Mem. geol. Surv. Gr. Brit., Palaeont.; London.
(1924): **2** (5): 377 – 522, Abb. 32 – 60, Taf. 92 – 122.
(1925): **2** (6): 523 – 681, Abb. 61 – 99, Taf. 123 – 153.

- LANGIAUX, J. (1984): Flores et faunes des formations supérieures du Stéphanien de Blanzly – Montceau (Massif Central français). Stratigraphie et Paléoécologie. – Rev. périod. Physioph., Soc. Ét. Sci. natur. et hist. Montceau-les-Mines, **60** (100, Beil.): 270 S., 347 Abb., 7 Taf.; Dijon.
- LAVEINE, J.-P. (1967): Contribution à l'étude de la flore du terrain houiller. Les Neuroptéridées du Nord de la France. – Ét. géol. Atlas Topogr. souterr., **1** (5): Text 344 S., 48 Abb., 4 Tab., 14 Taf., Taf.-Bd. 84 Taf.; Lille.
- LAVEINE, J.-P. (1977): Report on the Westphalian D. – In: HOLUB, V. M.; WAGNER, R. H. [Hrsg.]: Symposium on Carboniferous Stratigraphy: 71 – 87, 4 Tab., 2 Taf.; Prague (Geol. Surv.). – [UGS Subcommiss. Carbonif. Stratigr., Field and Gen. Meeting <1973, Prague>]
- LAVEINE, J.-P. (1989): Guide paléobotanique dans le terrain houiller sarro-lorrain. – 154 S., 112 Abb., Atlas 64 Taf.; Freyming. – [Documents des Houillères du bassin de Lorraine]
- LAVEINE, J.-P.; LEMOIGNE, Y.; ZHANG, S. (1993): General characteristics and paleobiogeography of the Parispermaceae (genera *Paripteris* GOTHAN and *Linopteris* PRESL), pteridosperms from the Carboniferous. – Palaeontographica, **B 230**: 81 – 139, 20 Abb., 15 Taf.; Stuttgart.
- LEARY, R. L. (1981): Early Pennsylvanian Geology and Palaeobotany of the Rock Island County, Illinois, Area. 1. Geology. – Rep. Invest. Illinois State Mus., **37**: 88 S., 35 Abb., 3 Tab., 7 Taf., 5 Anl.; Springfield/Ill.
- LECKWIJCK, W. VAN; STOCKMANS, F. (1956): Sur la limite entre les assises namuriennes d'Andenne et de Chokier (Belgique orientale et district d'Aix-la-Chapelle). – Bull. Soc. belge Géol., Paléont. et Hydrol., **65**: 292 – 306, 1 Abb., 1 Anh.; Bruxelles.
- LESQUEREUX, L. (1879/80): Description of the coal flora of the carboniferous formation in Pennsylvania and throughout the United States, **1** (Tl. 1 + 2). – 694 u. 63 S.; Atlas 18 S., 87 Taf.; Harrisburg/Penn. (Second Geol. Surv. Pennsylvania, Rep. of Progress, P).
- LYONS, P. C.; DARRAH, W. C. (1989 a): Earliest Conifers of North America: Upland and/or Paleoclimatic Indicators? – Palaios, **V** (4): 480 – 486, 3 Abb.; Tulsa/Okla.
- LYONS, P. C.; DARRAH, W. C. (1989 b): Paleoenvironmental and Paleocological Significance of Walchian Conifers in Westphalian (Late Carboniferous) Horizons of North America. – Compte Rendu / Congrès International de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère, **3**: 251 – 261, 3 Abb., 1 Taf.; Nanjing. – [Congr. Internat. Stratigr. Géol. Carbonif. <11., 1987, Beijing>]
- MÄGDEFRAU, K. (1948): Vegetationsbilder der Vorzeit. – 21 S., 18 Taf.; Jena (Fischer).
- MÄGDEFRAU, K. (1953): Paläobiologie der Pflanzen, 2. Aufl. – 438 S., 321 Abb.; Jena (Fischer).
- MARTIN, S. (1960): Les Pécoptéridées du Bassin Houiller de La Mure (Isère). Leur Signification Stratigraphique. – Trav. Labor. Géol. Fac. Sciences, Mém., **1**: 126 S., 63 Abb., Taf. A – Z.; Gap.
- NĚMEJC, F. (1940): The Pecopterides of the coal districts of Bohemia. – Sb. nar. Mus. II B, No. 1, Geol. et Palaeont., **1**: 1 – 28; Praha.
- OLEKSYSHYN, J. (1982): Fossil plants from the Anthracite Coal Fields of Eastern Pennsylvania. – Gen. Geol. Rep., (4) **72**: 157 S., 27 Abb.; Harrisburg/Pa.
- REMY, W. (1978): Die *Sphenopteris-germanica*-Gruppe in den „Süplinger-Schichten“ (Flechtlinger Höhenzug) – Ein Beleg für das Autun-Alter. – Argumenta palaeobot., **5**: 161 – 165, 1 Abb.; Münster.
- REMY, W.; REMY, R. (1959): Pflanzenfossilien : Ein Führer durch die Flora des limnisch entwickelten Paläozoikums. – 285 S., 209 Abb., 2 Taf.; Berlin (Akademie-Verl.).
- REMY, W.; REMY, R. (1968): Atlas wichtiger stratigraphischer Leit- und Charakterarten im eura-merischen Florenbereich. – Argumenta palaeobot., **1**: 55 – 86, 18 Taf.; Münster (Eigenverl.).

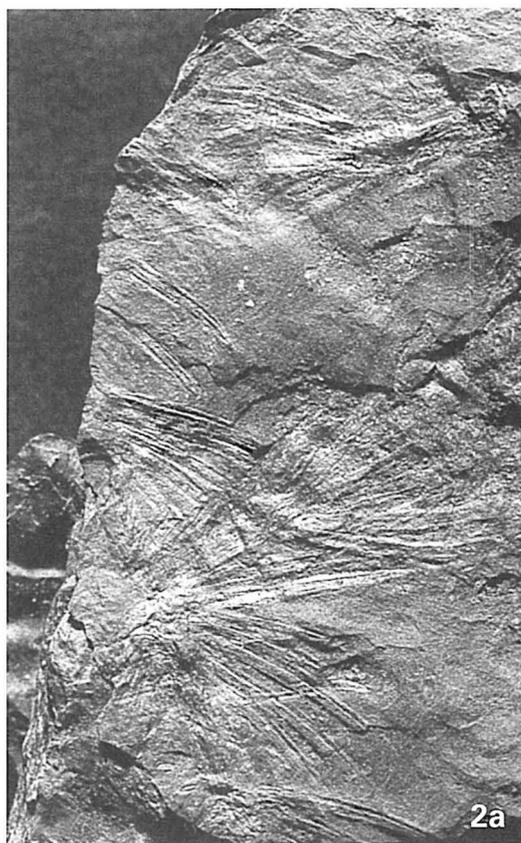
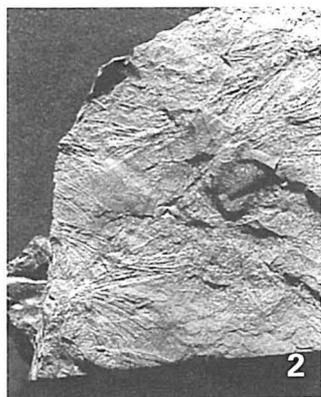
- REMY, W.; REMY, R. (1977): Die Floren des Erdaltertums : Einführung in Morphologie, Anatomie, Geobotanik und Biostratigraphie der Pflanzen des Paläophytikums. – 468 S., 248 Abb.; Essen (Glückauf).
- SALTZWEDEL, K. (1969): Revision der *Imparipteris ovata* (HOFFMANN) GOTHAN, 1, Typus und Typoid-Material von locus typicus. – *Argumenta palaeobot.*, **3**: 131 – 162, 14 Abb., 1 Tab., 4 Taf.; Münster.
- SANDBERGER, F. (1864): Die Flora der oberen Steinkohlenformation im badischen Schwarzwalde. – *Verh. naturwiss. Ver. Karlsruhe*, **1**: 30 – 36, Taf. II – IV; Karlsruhe.
- SCHAARSCHMIDT, F. (1968): Paläobotanik, **1**. – 107 S., 61 Abb., 3 Tab., 6 Taf.; Mannheim, Zürich (Bibliogr. Inst.).
- SCHLOTHEIM, E. F. VON (1804): Beschreibung merkwürdiger Kräuter-Abdrücke und Pflanzen-Versteinerungen : Ein Beitrag zur Flora der Vorwelt, 1. Abt. – 68 S., 14 Taf.; Gotha (Becker).
- SCOTT, A. C. (1974): The earliest conifer. – *Nature*, **251** (5477): 707 – 708, 4 Abb.; London.
- SCOTT, A. C.; CHALONER, W. G. (1983): The earliest fossil conifer from the Westphalian B of Yorkshire. – *Proc. roy. Soc. London*, **B 220**: 163 – 182, 36 Abb., 1 Tab., 4 Taf.; London.
- SCRIBAN, R. (1946): Le *Sphenopteris striata* GOTHAN. – *Ann. Soc. géol. Nord*, **66**: 179 – 209, 5 Abb.; Lille.
- SELTNER, V. (1990): Sedimentologie und Klimaentwicklung im Westfal C/D und Stefan des nordwestdeutschen Oberkarbon-Beckens : Teilbericht 4 zum DGMK-Gemeinschaftsvorhaben 384, Sedimentologie des Oberkarbons. – 311 S., 88 Abb., 10 Tab., 2 Taf.; Hamburg (Dt. Wiss. Ges. f. Erdöl, Erdgas u. Kohle).
- ŠETLÍK, J. (1975): Les représentants du genre *Lebachia* FLORIN dans les dépôts anté-autunien de Bohême. – *Bull. Soc. belge Géol.*, **84**: 43 – 46; Bruxelles.
- ŠETLÍK, J. (1977): Results on Recent Investigations on the Carboniferous Flora of Bohemia. – In: HOLUB, V. M.; WAGNER, R. H. [Hrsg.]: *Symposium on Carboniferous Stratigraphy*: 315 – 340, 12 Taf.; Prague (Geol. Surv.). – [IUGS Subcommis. Carbonif. Stratigr., Field and Gen. Meeting <1973, Prague>]
- ŠIMŮNEK, Z. (1994): Megafloora of tuffaceous interbeds in coal seams of the Nýřany Member (Westphalian D) at the Dobré štěstí Mine in the Plzeň Basin (Czech Republic). – *Věstn. českého geol. Ústavu*, **69** (2): 31 – 46, 3 Abb., 4 Tab., 6 Taf.; Praha.
- STERZEL, J. T. (1893): Die Flora des Rotliegenden im Plauenschen Grunde bei Dresden. – *Abh. kgl.-sächs. Ges. Wiss., math.-phys. Cl.*, **19**: 167 S., 13 Taf.; Leipzig.
- STOCKMANS F.; MATHIEU, F.-F. (1939): La flore paléozoïque du bassin houiller de Kaiping (Chine). – In: MATHIEU, F.-F. [Hrsg.]: *La stratigraphie du bassin houiller de Kaiping (Chine)*: 51 – 164, 34 Taf.; Bruxelles (Mus. roy. Hist. natur. Belg.).
- STORCH, D. (1982): *Sphenophyllum emarginatum* und *Sphenophyllum verticillatum* – eine nomenklatorische Studie. – *Abh. u. Ber. Mus. Natur Gotha*, **11**: 59 – 64, 1 Taf.; Gotha.
- STORCH, D. (1992): *Pterophyllum blechnoides* aus dem Unterrotliegenden des Schwarzwalds. – *Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ.*, **34**: 383 – 394, 3 Abb.; Freiburg i. Br.
- STUR, D. (1887): Die Carbon-Flora der Schatzlarer Schichten. Abtheilung 2: Die Calamarien der Carbon-Flora der Schatzlarer Schichten. – In: *Beiträge zur Kenntniss der Flora der Vorwelt*, Bd. 2, Abt. 2. – *Abh. kaiserl.-kgl. geol. R.-Anst. Wien*, **11** (2): 240 S., 43 Abb., 17 Taf.; Wien.
- TONGEREN, P. C. H. VAN; WONG, T. E. [Hrsg.] (1996): The 'De Lutte' Project. A multidisciplinary study of the Late Carboniferous in east Twente, the Netherlands. – *Meded. Rijks geol. Dienst*, **55**: 146 S., 66 Abb., 4 Tab., 12 Taf., 2 Anh., 1 Anl.; Haarlem.

- TRUSHEIM, F. (1959): Ergebnisse der Tiefbohrung Groothusen Z 1 bei Emden (Ostfriesland). – Erdöl-Z., **75**: 273 – 278; Wien, Hamburg.
- VETTER, P. (1956): Die Stratigraphie und Paläobotanik des Kohlenbeckens von Decazeville. – Z. dt. geol. Ges., **107** [Jg. 1955]: 15 – 22, 1 Abb., 1 Taf.; Hannover.
- VETTER, P. (1968): Géologie et Paléontologie des Bassins Houillers de Decazeville, de Figeac et du Déroit de Rodez, **2**, Étude Paléontologique. – 194 S., 31 Abb., 7 Tab., 49 Taf.; Aurillac (Houillères du Bassin d'Aquitaine, Albi).
- VISSCHER, H.; KERP, J. H. F.; CLEMENT-WESTERHOF, J. A. (1986): Aspects of Permian Palaeobotany and Palynology. VI. Towards a flexible System of naming Palaeozoic Conifers. – Acta bot. neerl., **35** (2): 87 – 99; Amsterdam.
- VOGELLEHNER, D. (1967): Die Flora des Stefans an der Hohengeroldseck bei Lahr (Mittlerer Schwarzwald). I. Sphenophyta (Sphenophyllales und Equisetales). – Ber. naturforsch. Ges. Freiburg, **57**: 133 – 168, 15 Abb.; Freiburg i. Br.
- WAGNER, R. H. (1959): *Pecopteris pseudobucklandi* ANDRAE and its general affinities. – Meded. geol. Sticht., N. S., **12**: 25 – 30, Taf. 14 – 16.; Maastricht.
- WAGNER, R. H. (1966): Palaeobotanical Dating of Upper Carboniferous Folding Phases in NW Spain. – Mem. Inst. geol. y min. España, **66** (1965): 169 S., 1 Abb., 77 Taf.; Madrid.
- WAGNER, R. H. (1983 a): Late Westphalian D and early Cantabrian floras of the Guardo Coalfield. – In: WAGNER, R. H.; FERNÁNDEZ GARCIA, L. G.; EAGAR, R. M. C.: Geology and Palaeontology of the Guardo Coalfield (NE Leon – NW Pelencia), Cantabrian Mts.: 57 – 91, 3 Abb., 1 Tab., 48 Taf.; Madrid (Inst. geol. y min. España).
- WAGNER, R. H. (1983 b): The palaeogeographical and age relationships of the Portuguese carboniferous floras with those of other parts of the Western Iberian Peninsula. – Mem. Serv. geol. Port.; **29**: 153 – 177, 1 Abb., 14 Tab.; Lisboa.
- WAGNER, R. H. (1984): Megafloral Zones of the Carboniferous. – Compte Rendu / Congrès International de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère, **2**: 109 – 134; Southern Illinois (Univ. Press, Carbondale & Edwardsville). – [Congr. Internat. Stratigr. Géol. Carbonif. <9., 1979, Washington, Urbana>]
- WAGNER, R. H.; LEMOS DE SOUSA, M. J. (1983): The Carboniferous Megafloras of Portugal – A revision of identifications and discussion of stratigraphic ages. – Mem. Serv. geol. Port., **29**: 127 – 152; 18 Taf.; Lisboa.
- WAGNER, R. H.; LYONS, P. C. (1997): A critical analysis of the higher Pennsylvanian megafloras of the Appalachian region. – Rev. Palaeobot. and Palynol., **95**: 255 – 283, 8 Taf.; Amsterdam.
- WAGNER, R. H.; SPINNER, E. (1972): The Stratigraphic Implications of the Westphalian D Macro- and Microflora of the Forest of Dean Coalfield (Gloucestershire), England. – In: Report / International Geological Congress, Section 7, Paleontology: 428 – 437, 2 Abb.; Montreal. – [Internat. Geol. Congr. <24., 1972, Montreal>]
- WHITE, D. (1899): Fossil Flora of the Lower Coal Measures of Missouri. – Monogr. U. S. geol. Surv., **37**: 467 S., 73 Taf.; Washington.
- ZEILLER, R. (1888): Études sur le Terrain Houiller de Commentry, Flore Fossile, 1. – 366 S., 2 Abb., Atlas 42 Taf.; Saint-Étienne (Théolier).
- ZWAN, C. J. VAN DER; LAAR, J. G. M. VAN DE; PAGNIER, H. J. M.; AMEROM, H. W. J. VAN (1993): Palynological, ecological and climatological synthesis of the Upper Carboniferous of the Well De Lutte-6 (East Netherlands). – Compte Rendu / Congrès International de la Stratigraphie et Géologie du Carbonifère et Permien, **1**: 167 – 186, 8 Abb., 3 Taf.; Buenos Aires. – [Congr. Internat. Stratigr. Géol. Carbonif. Perm. <12., 1991, Buenos Aires>]

Tafel 1

- Fig. 1 *Asterophyllites equisetiformis* (STERNBERG) BRONGNIART f. *equisetiformis*
VOGELLEHNER
Westfal D – Stefan
Bohrung Fehndorf 2T; 3 372,6 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 1 a Vergrößerung von Fig. 1
Vergr. 3 x
- Fig. 2 *Asterophyllites equisetiformis* (STERNBERG) BRONGNIART f. *equisetiformis*
VOGELLEHNER
Westfal D – Stefan
Bohrung Fehndorf 2T; 3 372,8 m Teufe
- Fig. 2 a Vergrößerung von Fig. 2
Vergr. 3 x

Tafel 1



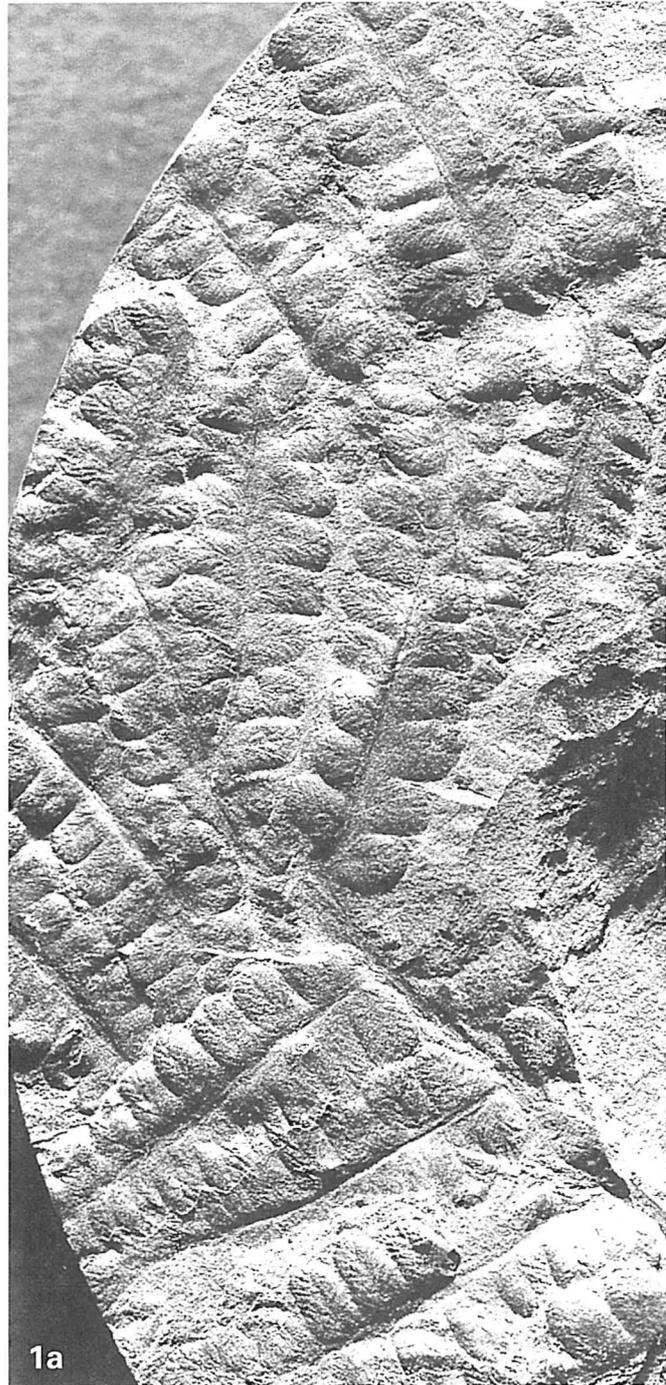
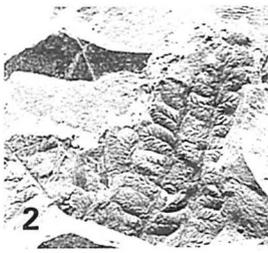
Tafel 2

Fig. 1 – 2 *Pecopteris (Senftenbergia) pennaeformis* BRONGNIART var. *major* DALINVAL
Westfal C
Bohrung Bedekaspel Z1; 4 908,8 – 4 924,8 m Teufe
nat. Größe

Fig. 1 a Vergrößerung von Fig. 1
Vergr. 3 x

Fig. 2 a Vergrößerung von Fig. 2
Vergr. 3 x

Tafel 2

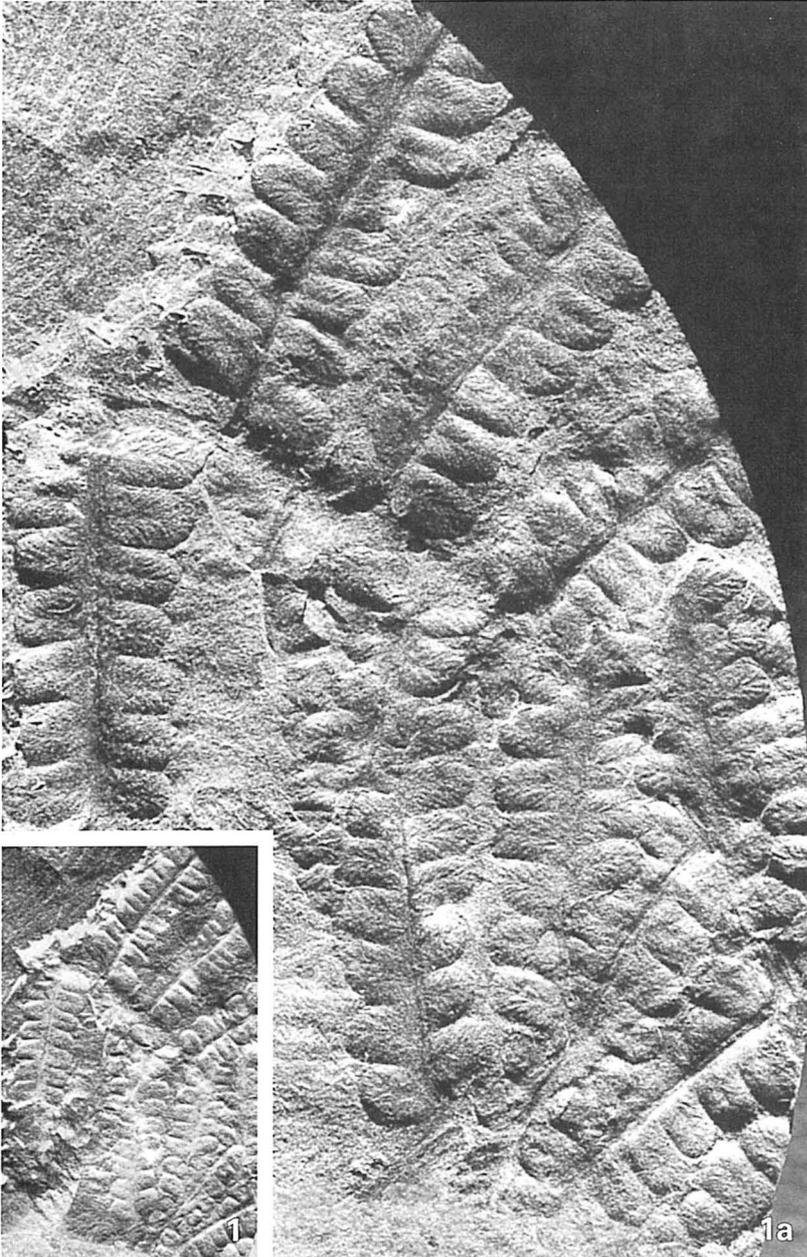


Tafel 3

Fig. 1 *Pecopteris (Senftenbergia) pennaeformis* BRONGNIART var. *major* DALINVAL
Gegendruck von Taf. 2: Fig. 1
Westfal C
Bohrung Bedekaspel Z1; 4 908,8 – 4 924,8 m Teufe
nat. Größe

Fig. 1 a Vergrößerung von Fig. 1
Vergr. 3 x

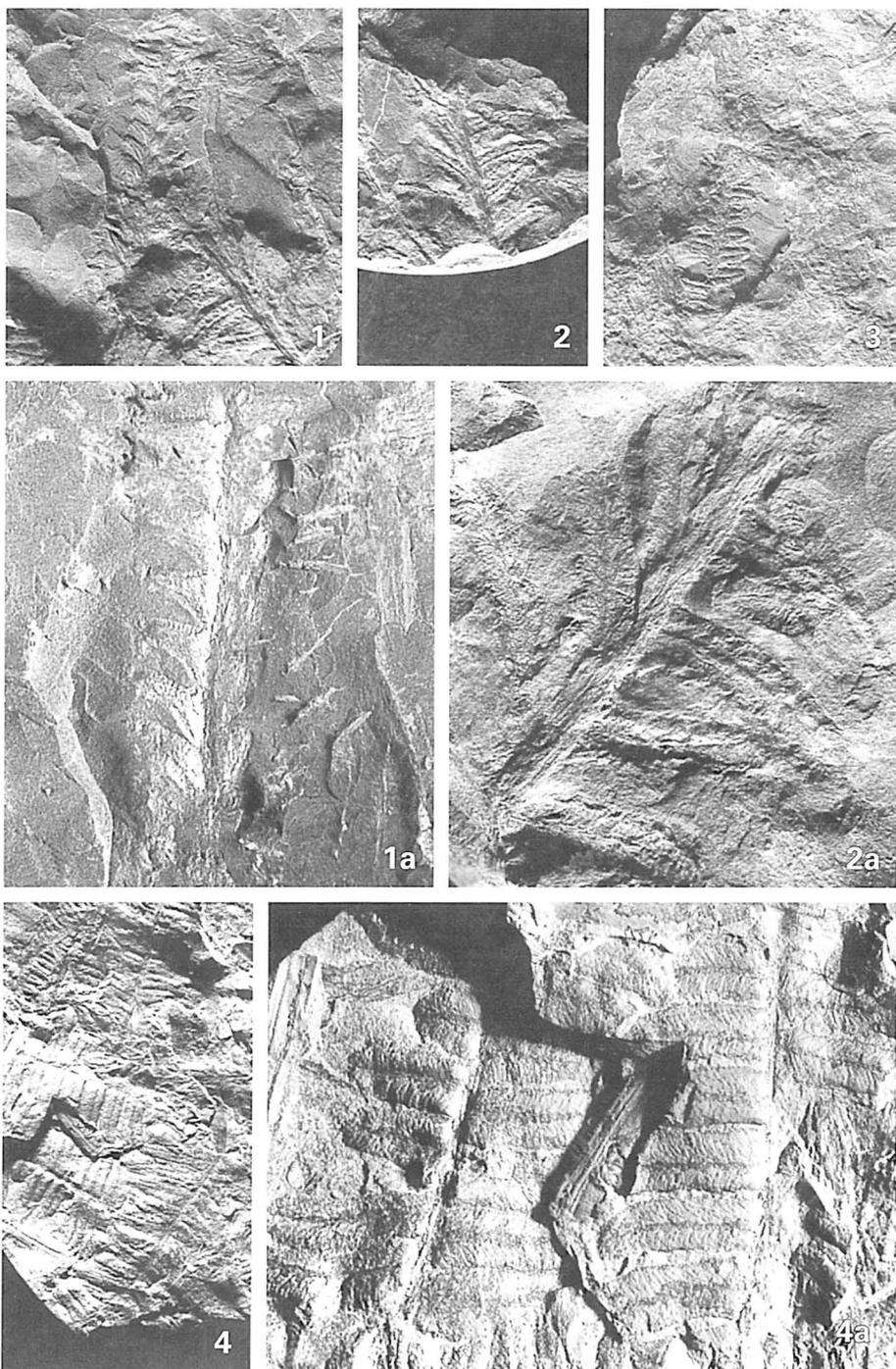
Tafel 3



Tafel 4

- Fig. 1 *Pecopteris* spp.
Stefan
Bohrung Itterbeck-Halle Z5; 2 328,4 – 2 345,8 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 1 a Vergrößerung von Fig. 1
Vergr. 3 x
- Fig. 2 *Pecopteris (Asterotheca) lamuriana* HEER
Stefan
Bohrung Itterbeck-Halle Z5; 2 328,4 – 2 345,8 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 2 a Vergrößerung von Fig. 2
Vergr. 3 x
- Fig. 3 *Pecopteris* cf. (*Asterotheca*) *lamuriana* HEER
Stefan
Bohrung Itterbeck-Halle Z5; 2 328,4 – 2 345,8 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 4 *Pecopteris (Asterotheca) lamuriana* HEER
Westfal D
Bohrung Itterbeck-Halle Z5; 2 438,5 – 2 441,9 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 4 a Vergrößerung von Fig. 4
Vergr. 3 x

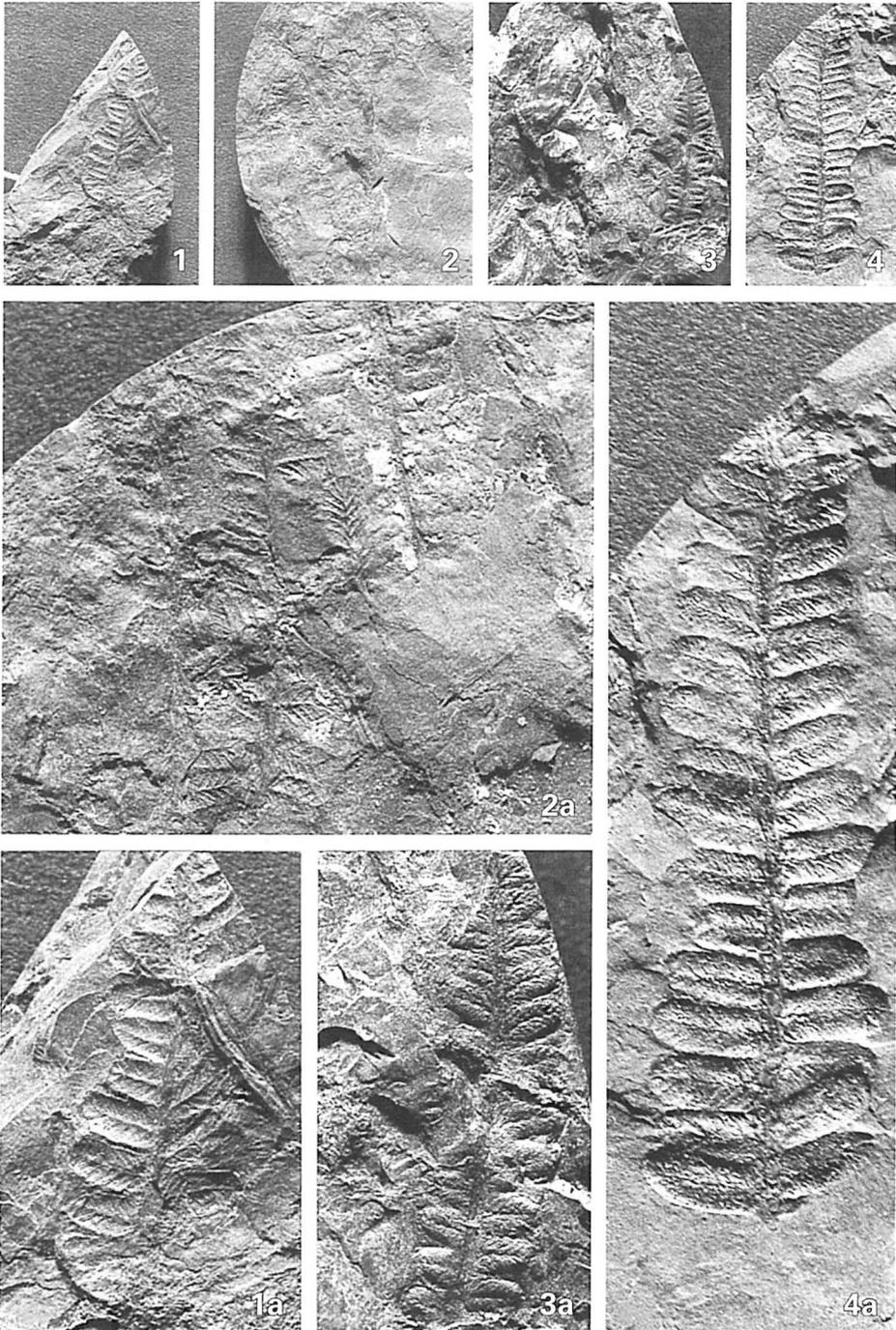
Tafel 4



Tafel 5

- Fig. 1 *Pecopteris (Asterotheca) arborescens* (SCHLOTHEIM) STERNBERG
Oberes Westfal D – Stefan
Bohrung Kalle Z4; 3 112,7 – 3 129,7 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 1 a Vergrößerung von Fig. 1
Vergr. 3 x
- Fig. 2 *Pecopteris (Asterotheca) arborescens* (SCHLOTHEIM) STERNBERG
Oberes Westfal D – Stefan
Bohrung Kalle Z4; 3 112,7 – 3 129,7 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 2 a Vergrößerung von Fig. 2
Vergr. 3 x
- Fig. 3 *Pecopteris* cf. *(Asterotheca) cyathea* (SCHLOTHEIM) BRONGNIART
Westfal D
Bohrung Itterbeck-Halle Z5; 2 345,8 – 2 358,0 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 3 a Vergrößerung von Fig. 3
Vergr. 3 x
- Fig. 4 *Pecopteris (Asterotheca) cyathea* (SCHLOTHEIM) BRONGNIART
Stefan
Bohrung Itterbeck-Halle Z5; 2 277,4 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 4 a Vergrößerung von Fig. 4
Vergr. 3 x

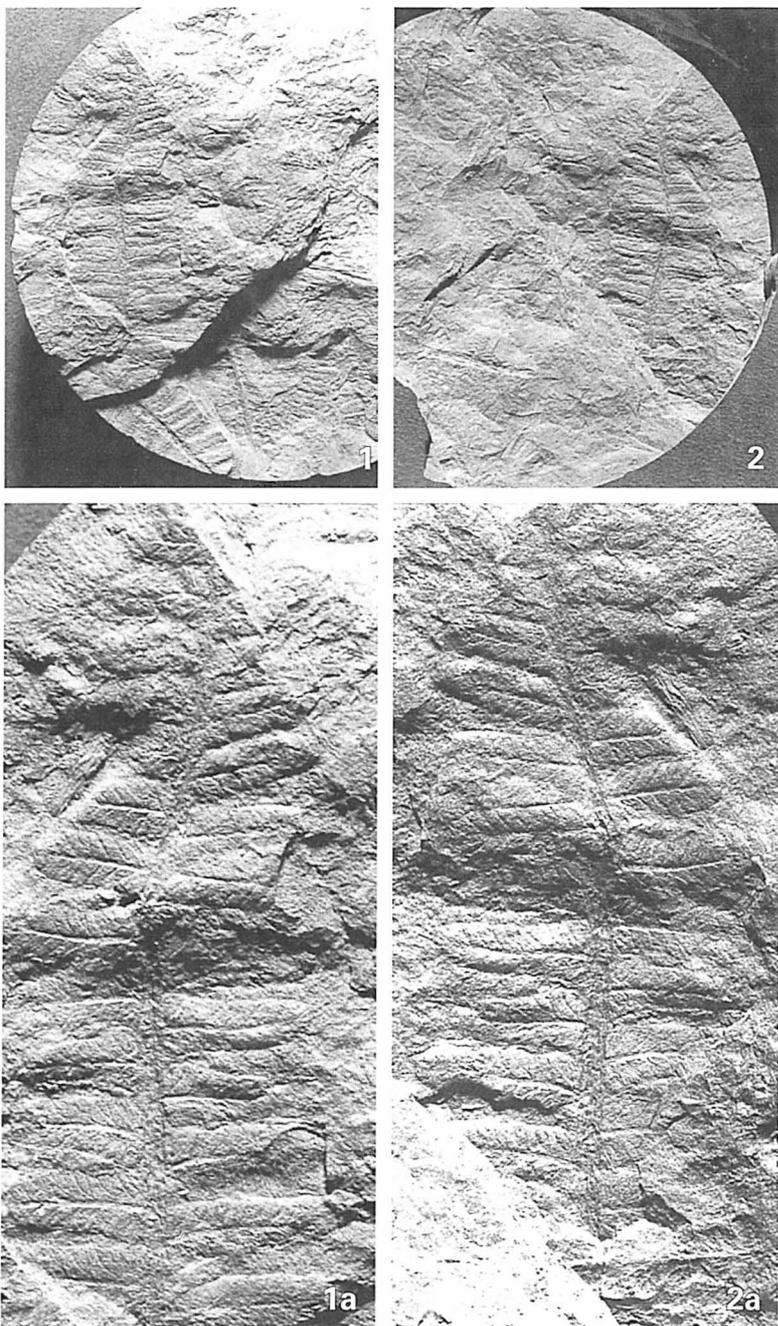
Tafel 5



Tafel 6

- Fig. 1 *Pecopteris (Asterotheca) cyathea* (SCHLOTHEIM) BRONGNIART
Oberes Westfal D – Stefan
Bohrung Kalle Z4; 3 129,7 – 3 144,0 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 1 a Vergrößerung von Fig. 1
Vergr. 3 x
- Fig. 2 *Pecopteris (Asterotheca) cyathea* (SCHLOTHEIM) BRONGNIART
Gegendruck von Fig. 1
nat. Größe
- Fig. 2 a Vergrößerung von Fig. 2
Vergr. 3 x

Tafel 6



Tafel 7

- Fig. 1 *Pecopteris affinis* BRONGNIART
Westfal D
Bohrung Itterbeck-Halle Z5; 2 438,5 – 2 441,9 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 1 a Vergrößerung von Fig. 1
Vergr. 3 x
- Fig. 2 *Pecopteris (Asterotheca) lamuriana* HEER
Westfal D
Bohrung Itterbeck-Halle Z5; 2 345,8 – 2 358,0 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 2 a Vergrößerung von Fig. 2
Vergr. 3 x

Tafel 7



Tafel 8

Fig. 1 *Pecopteris (Asterotheca) lamuriana* HEER
oben und unten Einzelblättchen von *Linopteris obliqua* (BUNBURY)
Westfal D
Bohrung Norddeutschland 8; 2 567,2 – 2 583,7 m Teufe
nat. Größe

Fig. 1 a Vergrößerung von Fig. 1
Vergr. 3 x

Tafel 8



Tafel 9

- Fig. 1 *Pecopteris (Asterotheca) lamuriana* HEER
Westfal D
Bohrung Itterbeck-Halle Z5; 2 477,0 – 2 484,0 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 1 a Vergrößerung von Fig. 1
Vergr. 3 x
- Fig. 2 *Pecopteris (Asterotheca) lamuriana* HEER
Stefan
Bohrung Itterbeck-Halle Z5; 2 328,4 – 2 345,8 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 2 a Vergrößerung von Fig. 2
Vergr. 3 x

Tafel 9

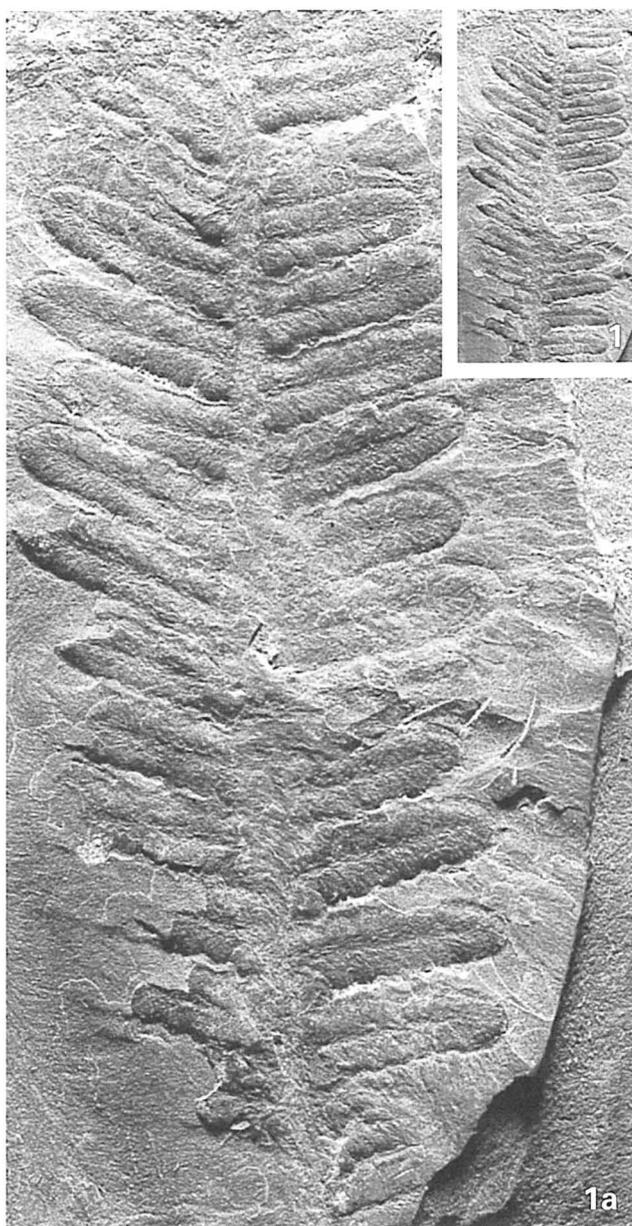


Tafel 10

Fig. 1 *Pecopteris (Asterotheca) lamuriana* HEER
Gegendruck von Taf. 9: Fig. 1
Westfal D
Bohrung Itterbeck-Halle Z5; 2 477,0 – 2 484,0 m Teufe
nat. Größe

Fig. 1 a Vergrößerung von Fig. 1
Vergr. 3 x

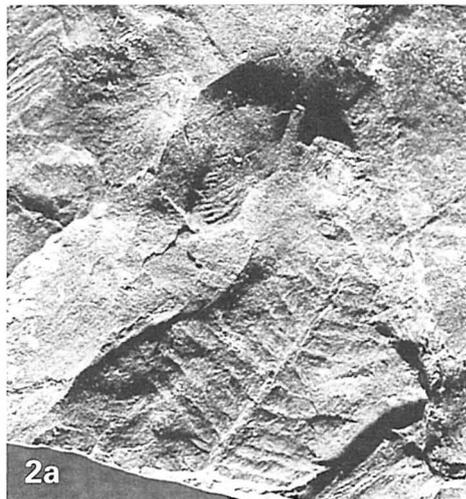
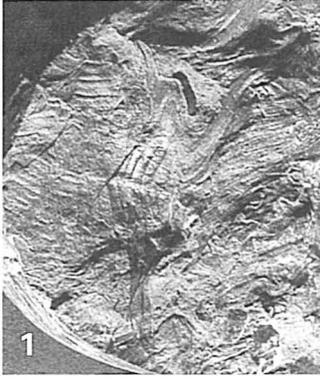
Tafel 10



Tafel 11

- Fig. 1 *Pecopteris (Asterotheca) hemitelioides* BRONGNIART
Westfal D
Bohrung Sagermeer Nord Z1; 4 256,0 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 1 a Vergrößerung von Fig. 1
Vergr. 3 x
- Fig. 2 *Pecopteris (Asterotheca) hemitelioides* BRONGNIART
Westfal D
Bohrung Itterbeck-Halle Z5; 2 459,1 – 2 477,0 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 2 a Vergrößerung von Fig. 2
Vergr. 3 x
- Fig. 3 *Pecopteris (Asterotheca) micromiltoni* (BERTRAND) CORSIN
Westfal D
Bohrung Norddeutschland 8; 2 847,0 – 2 861,6 m Teufe
nat. Größe
Vergrößerung s. Taf. 12: Fig. 1

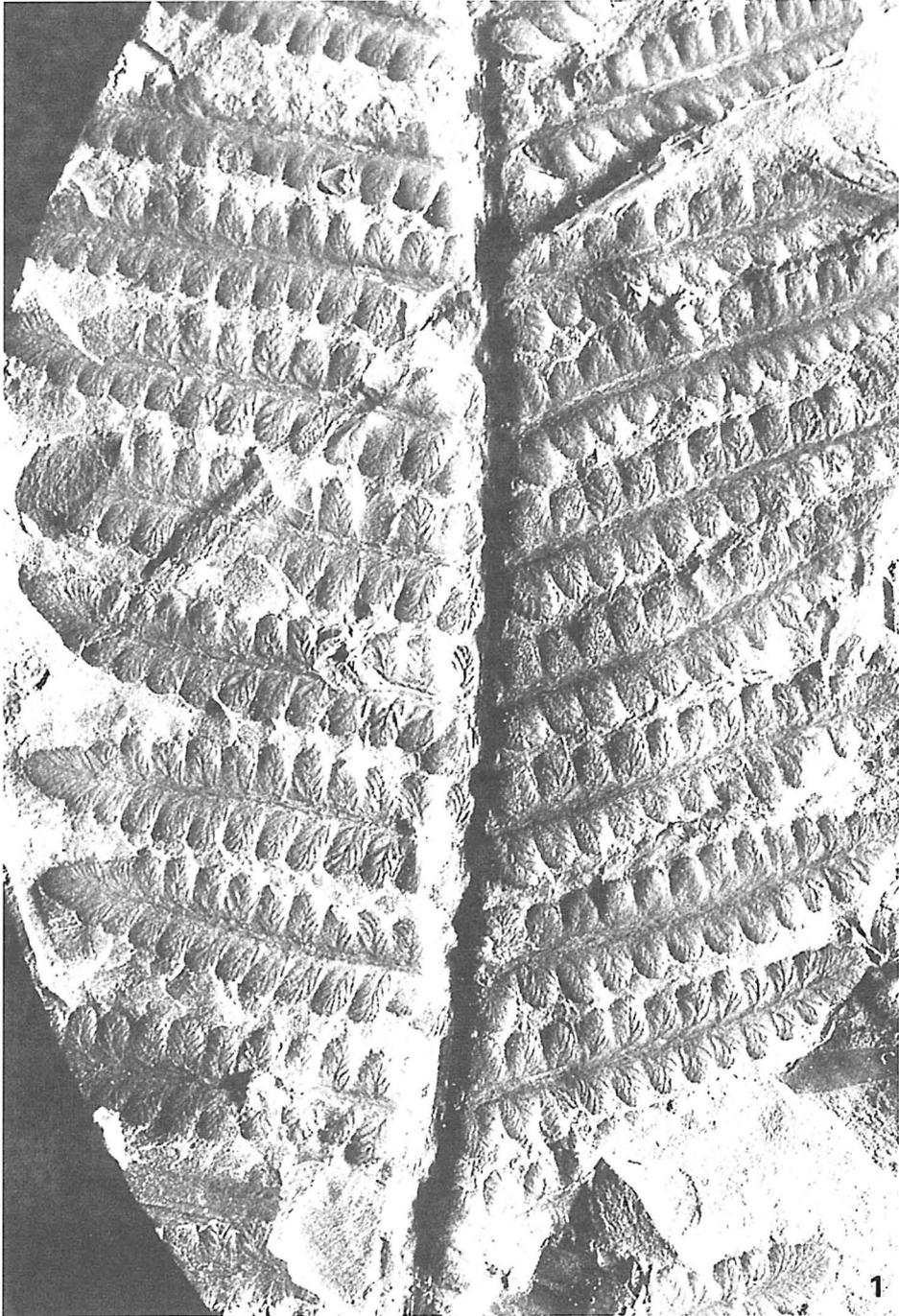
Tafel 11



Tafel 12

- Fig. 1 *Pecopteris (Asterotheca) micromiltoni* (BERTRAND) CORSIN
Vergrößerung von Taf. 11: Fig. 3
Vergr. 3 x

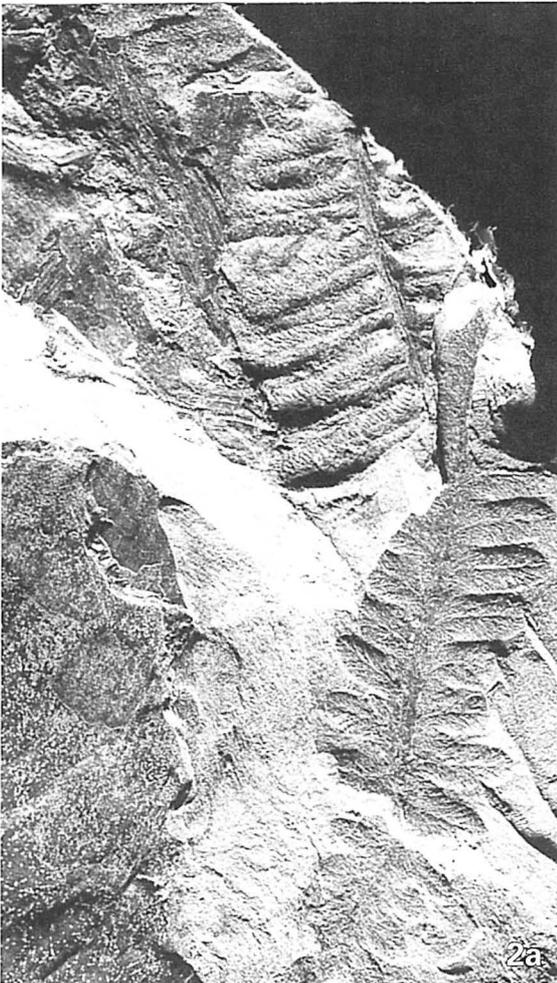
Tafel 12



Tafel 13

- Fig. 1 *Pecopteris (Asterotheca) micromiltoni* (BERTRAND) CORSIN
Westfal D
Bohrung Itterbeck-Halle Z5; 2 345,8 – 2 358,0 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 1 a Vergrößerung von Fig. 1
Vergr. 3 x
- Fig. 2 *Pecopteris obliquenervis* CORSIN (unten)
Pecopteris cf. polymorpha BRONGNIART (oben)
Westfal D
Bohrung Itterbeck-Halle Z5; 2 438,5 – 2 441,9 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 2 a Vergrößerung von Fig. 2
Vergr. 3 x
- Fig. 3 *Pecopteris (Ptychocarpus) unita* BRONGNIART
oben: Einzelblättchen von *Neuropteris attenuata* LINDLEY & HUTTON
Westfal D
Bohrung Itterbeck-Halle Z5; 2 345,8 – 2 358,0 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 3 a Ausschnitt von Fig. 3
Vergr. 3 x

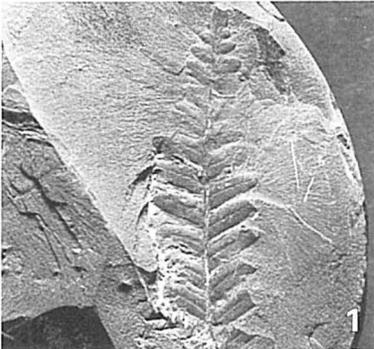
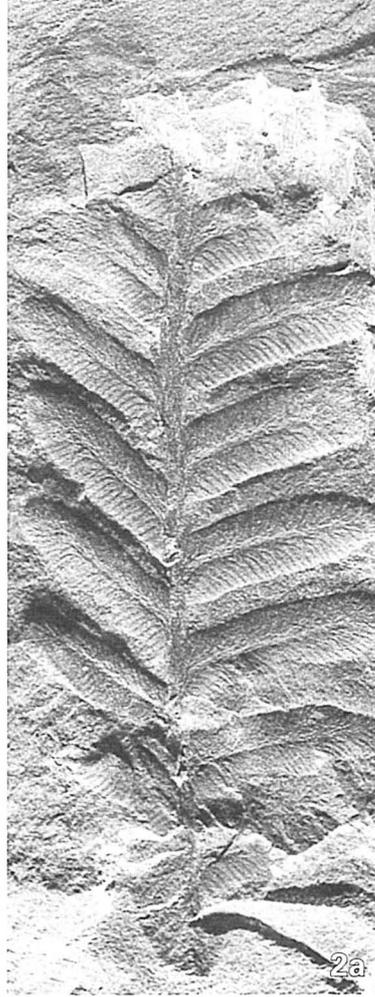
Tafel 13



Tafel 14

- Fig. 1 *Pecopteris (Acitheca) polymorpha* BRONGNIART
Westfal D
Bohrung Itterbeck-Halle Z5; 2 438,5 – 2 441,9 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 1 a Vergrößerung von Fig. 1
Vergr. 3 x
- Fig. 2 *Pecopteris (Acitheca) polymorpha* BRONGNIART
Westfal D
Bohrung Itterbeck-Halle Z5; 2 438,5 – 2 441,9 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 2 a Vergrößerung von Fig. 2
Vergr. 3 x

Tafel 14



Tafel 15

- Fig.1 *Pecopteris koenigi* CORSIN
Westfal D
Piesberg bei Osnabrück; Liegendes von Flöz Johannisstein
nat. Größe
- Fig. 1 a Vergrößerung von Fig. 1
Vergr. 3 x
- Fig. 2 *Pecopteris koenigi* CORSIN
Westfal D
Bohrung Norddeutschland 8; 2 847,0 – 2 861,6 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 2 a Vergrößerung von Fig. 2
Vergr. 3 x

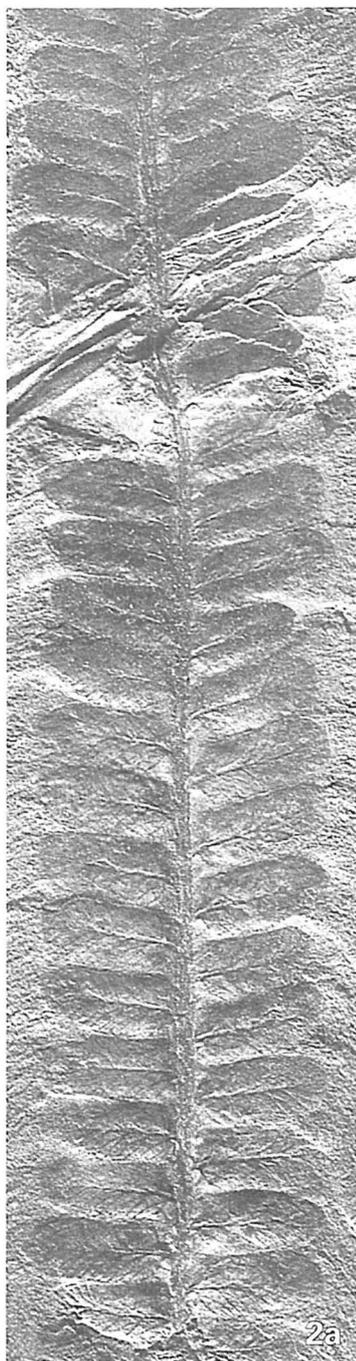
Tafel 15



Tafel 16

- Fig. 1 *Pecopteris raconensis* (NĚMEJC) WAGNER
Westfal D
Bohrung Norddeutschland 8; 2 847,0 – 2 861,6 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 1 a Vergrößerung von Fig. 1
Vergr. 3 x
- Fig. 2 *Pecopteris raconensis* (NĚMEJC) WAGNER
Gegendruck von Fig. 1
nat. Größe
- Fig. 2 a Vergrößerung von Fig. 2
Vergr. 3 x

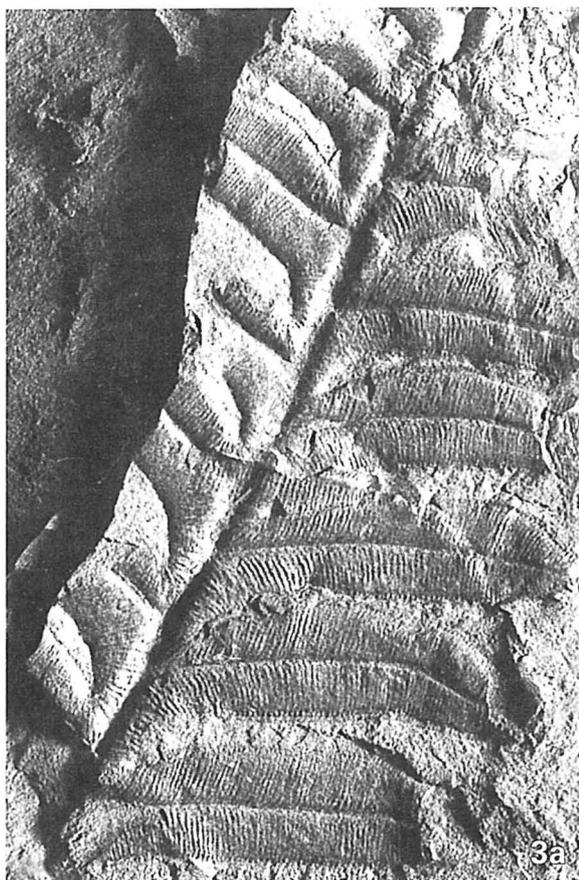
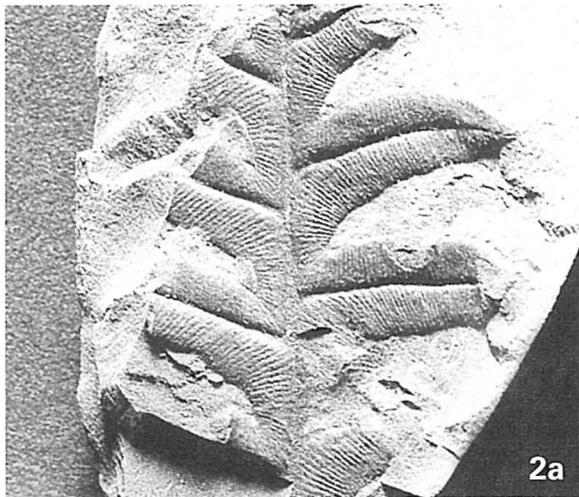
Tafel 16



Tafel 17

- Fig. 1 *Alethopteris serli* (BRONGNIART) GÖPPERT
Westfal D
Bohrung Norddeutschland 8; 2 847,0 – 2 861,6 m Teufe
nat. Größe
Vergrößerung s. Taf. 18: Fig. 1
- Fig. 2 *Alethopteris serli* (BRONGNIART) GÖPPERT
Westfal D
Bohrung Norddeutschland 8; 2 567,2 – 2 583,7 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 2 a Vergrößerung von Fig. 2
Vergr. 3 x
- Fig. 3 *Alethopteris serli* (BRONGNIART) GÖPPERT
Westfal D
Bohrung Norddeutschland 8; 2 567,2 – 2 583,7 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 3 a Vergrößerung von Fig. 3
Vergr. 3 x

Tafel 17



Tafel 18

Fig. 1 *Alethopteris serli* (BRONGNIART) GÖPPERT
Westfal D
Vergrößerung von Taf. 17: Fig. 1
Vergr. 3 x

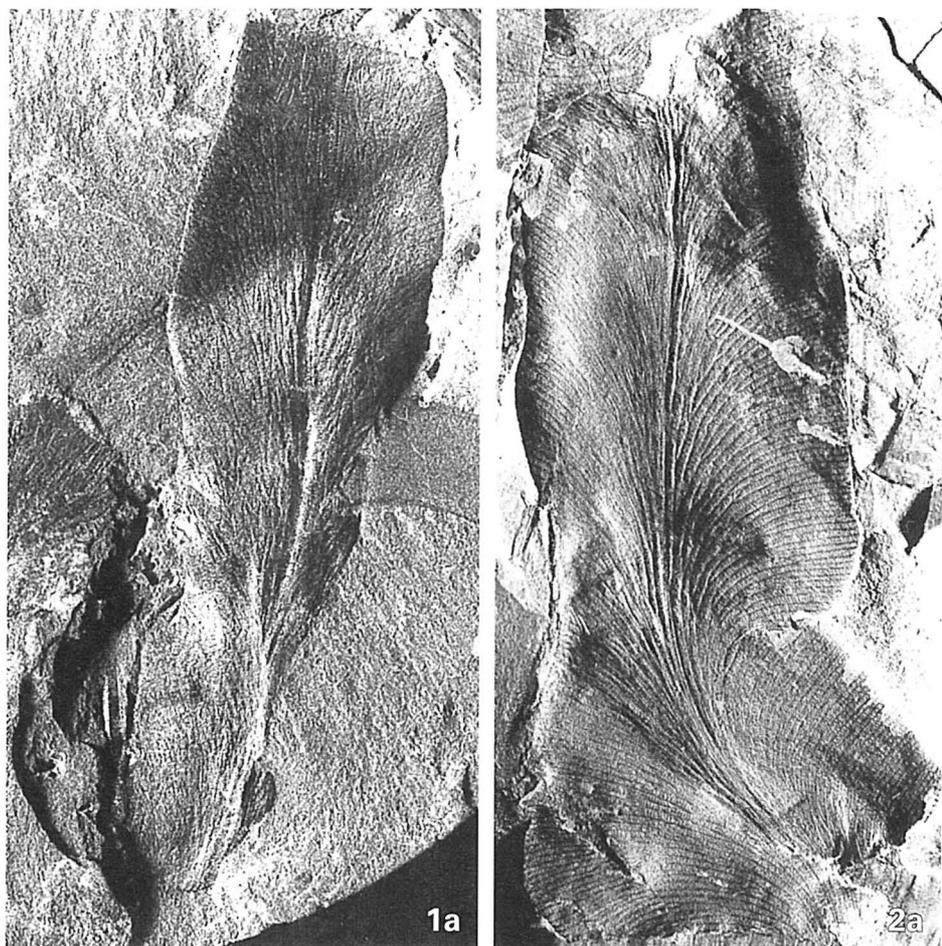
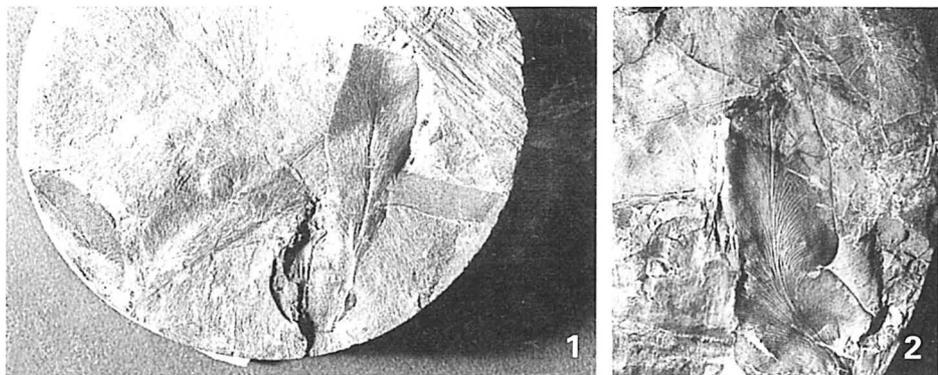
Tafel 18



Tafel 19

- Fig. 1 *Neuropteris scheuchzeri* HOFFMANN
Westfal C
Bohrung Itterbeck-Halle Z5; 2 982,0 – 2 998,6 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 1 a Vergrößerung von Fig. 1
Vergr. 3 x
- Fig. 2 *Neuropteris scheuchzeri* HOFFMANN
Westfal D
Bohrung Itterbeck-Halle Z5; 2 438,5 – 2 441,9 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 2 a Vergrößerung von Fig. 2
Vergr. 3 x

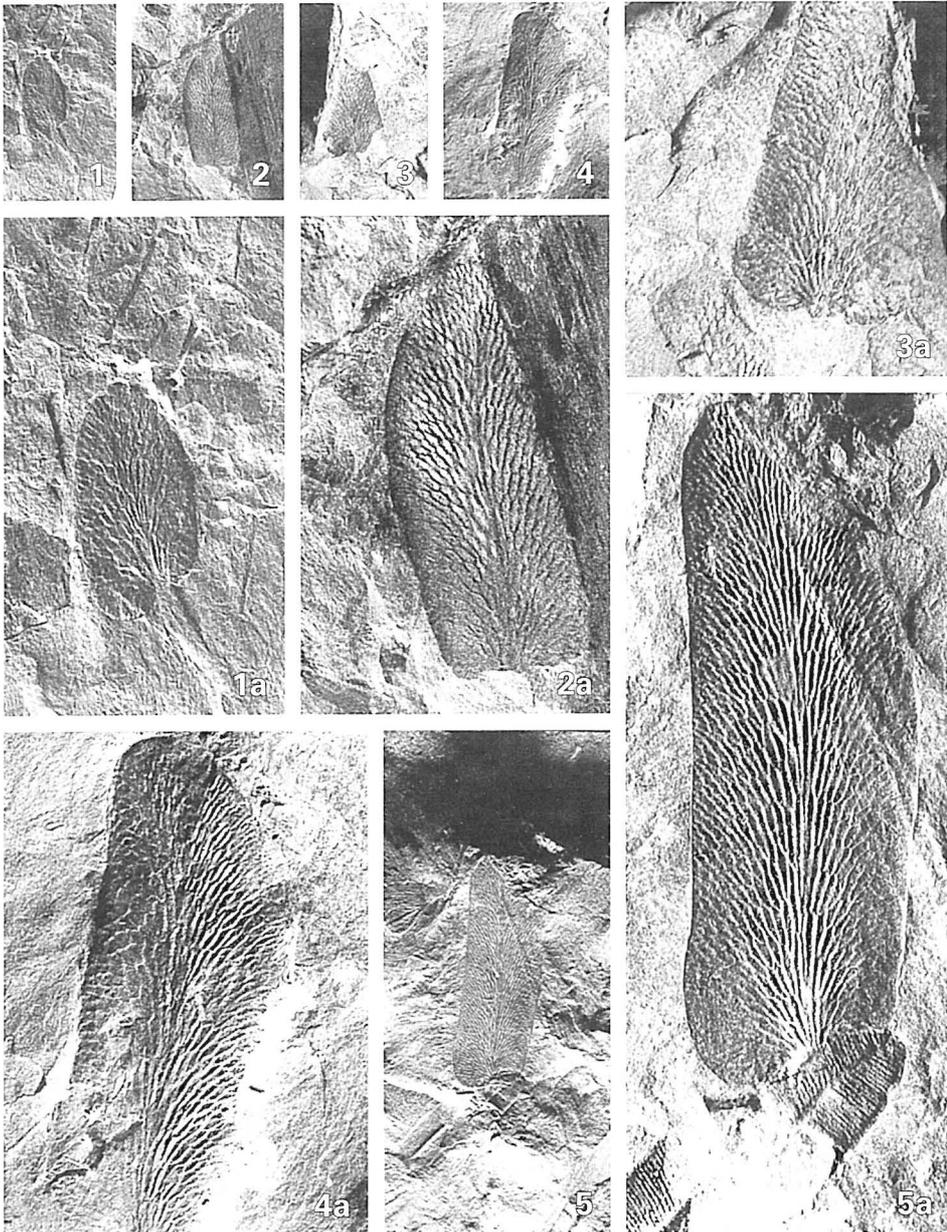
Tafel 19



Tafel 20

- Fig. 1 – 2 *Linopteris obliqua* (BUNBURY)
Westfal D
Bohrung Norddeutschland 8; 2 567,2 – 2 583,7 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 1 a Vergrößerung von Fig. 1
Vergr. 3 x
- Fig. 2 a Vergrößerung von Fig. 2
Vergr. 3 x
- Fig. 3 *Linopteris obliqua* (BUNBURY)
Westfal D
Bohrung Itterbeck-Halle Z6; 2 351,5 – 2 353,0 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 3 a Vergrößerung von Fig. 3
Vergr. 3 x
- Fig. 4 – 5 *Linopteris obliqua* (BUNBURY)
Westfal D
Bohrung Norddeutschland 8; 2 567,2 – 2 583,7 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 4 a Vergrößerung von Fig. 4
Vergr. 3 x
- Fig. 5 a Vergrößerung von Fig. 5
Vergr. 3 x

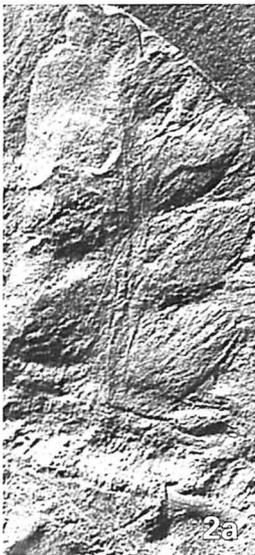
Tafel 20



Tafel 21

- Fig. 1 *Odontopteris subcrenulata* ROST
Stefan (wahrscheinlich)
Bohrung Frenswegen 5; 2 752,0 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 1 a Vergrößerung von Fig. 1
Vergr. 3 x
- Fig. 2 *Odontopteris* cf. *osmundaeformis* SCHLOTHEIM
Stefan – Rotliegend
Bohrung Varnhorn Z7; 4 062,1 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 2 a Vergrößerung von Fig. 2
Vergr. 3 x

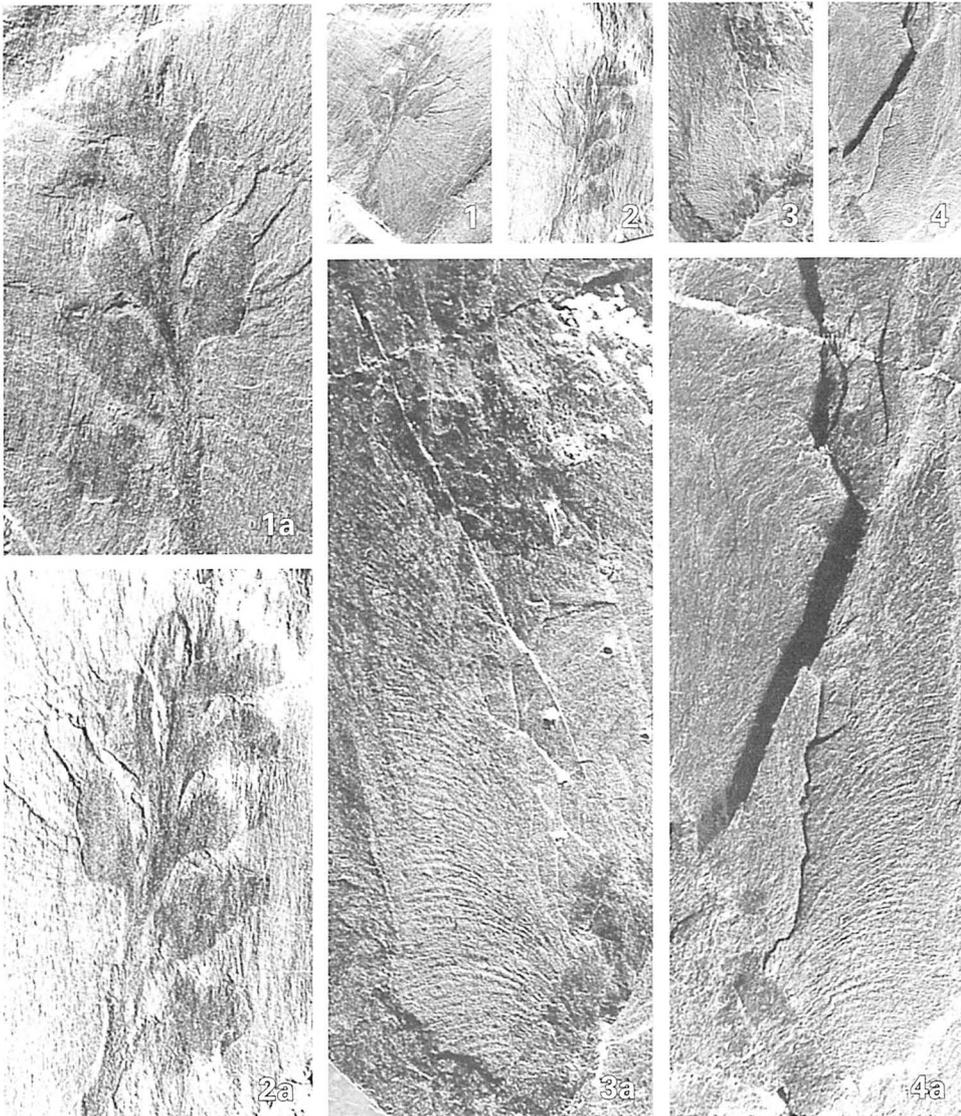
Tafel 21



Tafel 22

- Fig. 1 *Sphenopteris germanica* WEISS
Rotliegend
Bohrung Apeldorn Z2; 4 128,5 – 4 137,5 m Teufe (K 6)
nat. Größe
- Fig. 1 a Vergrößerung von Fig. 1
Vergr. 3 x
- Fig. 2 Gegendruck von Fig. 1
- Fig. 2 a Vergrößerung von Fig. 2
Vergr. 3 x
- Fig. 3 *Neuropteris* sp. (großblättrige Form)
Rotliegend
Bohrung Apeldorn Z2; 4 128,5 – 4 137,5 m Teufe (K 6)
- Fig. 3 a Vergrößerung von Fig. 3
Vergr. 3 x
- Fig. 4 Gegendruck von Fig. 3
nat. Größe
- Fig. 4 a Vergrößerung von Fig. 4
Vergr. 3 x

Tafel 22



Tafel 23

- Fig. 1 *Odontopteris osmundaeformis* SCHLOTHEIM
Rotliegend
Bohrung Apeldorn Z2; 4 036,0 – 4 044,5 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 1 a Vergrößerung von Fig. 1
Vergr. 3 x
- Fig. 2 *Callipteris naumanni* GUTBIER
Rotliegend
Bohrung Apeldorn Z2; 4 128,5 – 4 137,5 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 2 a Vergrößerung von Fig. 2
Vergr. 3 x

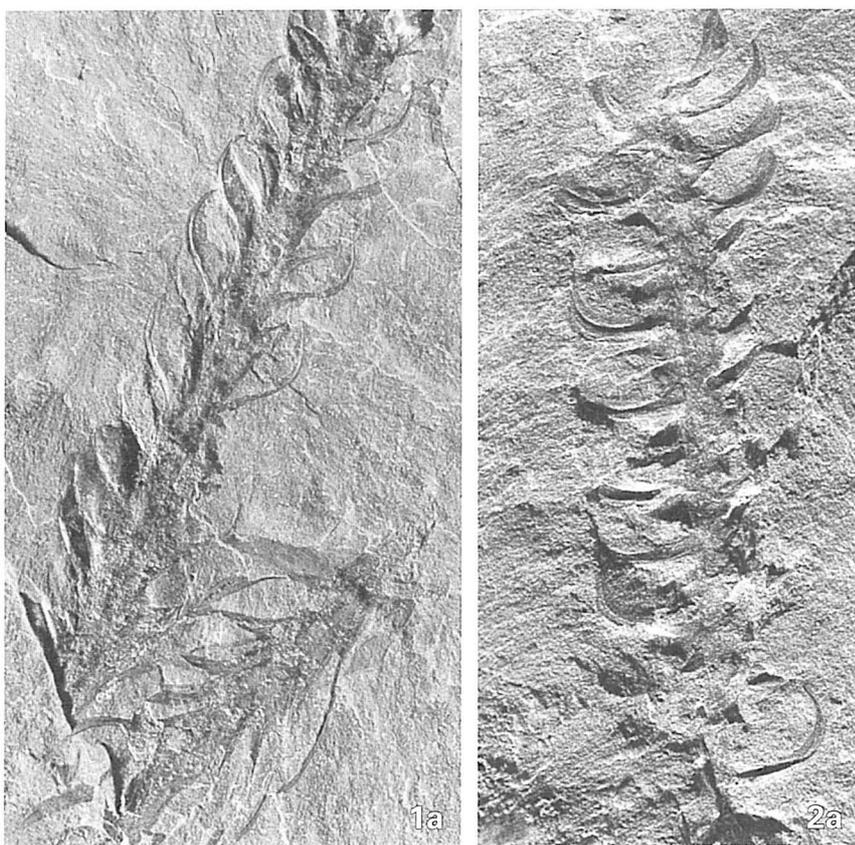
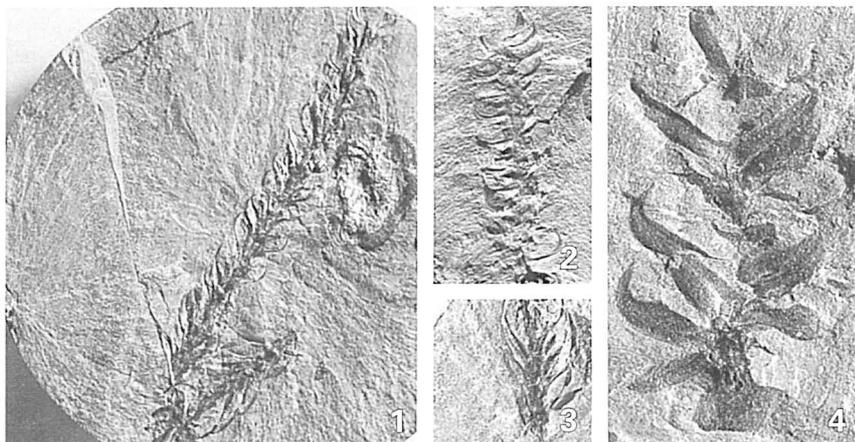
Tafel 23



Tafel 24

- Fig. 1 *Walchia piniformis* STERNBERG
Stefan – Rotliegend
Bohrung Apeldorn Z2; 4 036,0 – 4 044,5 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 1 a Vergrößerung von Fig. 1
Vergr. 3 x
- Fig. 2 *Ernestiodendron filiciforme* (STERNBERG) FLORIN
Stefan – Rotliegend
Bohrung Apeldorn Z2; 4 036,0 – 4 044,5 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 2 a Vergrößerung von Fig. 2
Vergr. 3 x
- Fig. 3 *Walchia piniformis* STERNBERG
Stefan – Rotliegend
Bohrung Apeldorn Z2; 4 036,0 – 4 044,5 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 4 *Walchia* sp.
Stefan – Rotliegend
Bohrung Apeldorn Z2; 4 036,0 – 4 044,5 m Teufe
Vergr. 3 x

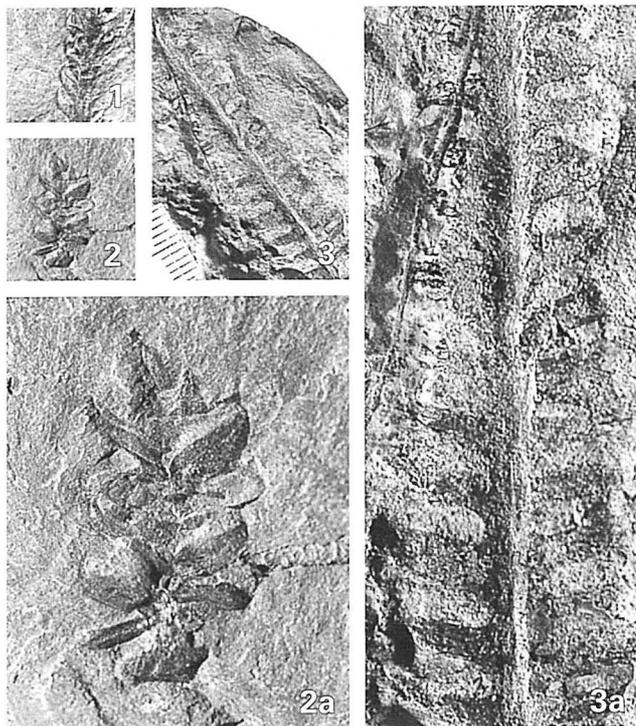
Tafel 24



Tafel 25

- Fig. 1 *Walchia piniformis* STERNBERG
Stefan – Rotliegend
Bohrung Apeldorn Z2; 4 036,2 – 4 044,5 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 2 *Walchia* sp.
Stefan – Rotliegend
Bohrung Apeldorn Z2; 4 036,0 – 4 044,5 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 2 a Vergrößerung von Fig. 2
Vergr. 3 x
- Fig. 3 *Pterophyllum* sp.
? Westfal D
Bohrung Wielen Z3; 2 388,5 m Teufe
nat. Größe
- Fig. 3 a Vergrößerung von Fig. 3
Vergr. 3 x

Tafel 25



7 Sach- und Ortsregister

Fette Seitenzahlen beziehen sich auf die wichtigsten Textstellen;
kursive Seitenzahlen beziehen sich auf die Tafeln.

- Aachen 74, 81
 Aachener Gebiet 14
 Alethopteren 86 – 89
 Alportian 75
 Altersdatierung 64
 Appalachen-Becken 63
 Appendices s. Stigmarien (Appendices)
 Araucariengewächse 61
 Aridität 69
 Arnsberg-Schichten 74, 78
 Articulatae 17, 21, 80, 81
 Assise de Bruay 38, 42, 67
 Assise de la Houve 49
 Autun 22, 31, 42, 43, 47, 56, 58, 62, 64,
 70
- Bärlappgewächse** 80, 85
 Basissandstein 71
 Belgien 14, 74, 75
 Bochum-Schichten 24, 80, 81
 Böhmen 52, 62
 Bohrung Adorf Z6 15
 – Adorf Z11 15, 70
 – Adorf Z13 15, 27, 70
 – Alfeld-Elze Z1 15
 – Anderten T1 15
 – Annaveen Z1 15
 – Apeldorn Z2 15, 26, 53, 57 – 59, 62,
 63, **71**, 90, **91**, 144, 146, 148, 150
 – Bahrenborstel Z2 15
 – Balderhaar Z1 15, 24, 34, 36, 46
 – Bedekaspel Z1 15, 27, 104, 106
 – Bethermoor Z1 15
 – Bevergern 1 15, 81
 – Blenhorst Z1 15
 – Bockraden 3 15
 – Bommelsen Z1 15
 – Börger Z1 15
 – Borkenwithe 1 15
 – Brüggen Z1 15
 – Buchhorst Z4 15, 18
 – Buchhorst Z9 15
- Bohrung Cappeln Z1 15
 – De Lutte-6 15, **70**
 – Deblinghausen Z4 15
 – Donar 5 15
 – Dorfmark Z1 15, 81
 – Emlichheim Nord Z3 15
 – Emlichheim T1 15
 – Emlichheim Z7 15
 – Emlichheim Z9 15
 – Emshörn Z1 15
 – Esche Z3 15
 – Esche Z4 15, 18
 – Esterwegen Z2 15, 23, 62
 – Fehndorf 2T 15, 102
 – Fehndorf 3Z 15
 – Frenswegen 5 15, 40, 56, 70, **71**,
 142
 – Getelo Z1 15
 – Gronau Epe 1 15
 – Gronau Z1 15
 – Groothusen Z1 15
 – Groothusen Z2 15
 – Groothusen Z3 15
 – Groothusen Z4 15
 – Haaksbergen 1 15, **70**
 – Hamwiede Z2 15
 – Hamwiede Z3 15
 – Hamwiede Z5 15
 – Haren Z1 15
 – Harpstedt Z1 15
 – Hebelermeer Ost Z1 15
 – Hebelermeer Z2 15
 – Heitberge Z1 15
 – Hemmelte Z1 15
 – Hengstlage Nord Z1 15
 – Hiltrup 1 15
 – Hohe Hörn Z1 15, 81
 – Holthusen Z2 15
 – Hoya Z1 15
 – Hoya Z2 15
 – Hoyel Z1 15
 – Ibbenbüren IV 15

- Bohrung Iburg 4 15
- Idsingen Z1 15
 - Isselburg 3 15
 - Itterbeck-Halle Z5 15, 33 – 37, 40 – 42, 44, 46 – 49, **67**, 70, 108, 110, 114, 118, 120, 122, 126, 128, 138
 - Itterbeck-Halle Z6 15, 54, 140
 - Itterbeck-Halle Z7 15
 - Kalle Z4 15, 31 – 34, 70, 110, 112
 - Kampen Z1 15
 - Karl Mahne 2 15
 - Lauenau Z1 15
 - Lippspringe 15
 - Lünten Z1 15
 - Lütje Hörn Z1 15
 - Münsterland 1 15
 - Neuenhaus Z2 15, 46, **68**
 - Norddeutschland 8 15, 23, 34, 36, 39, 40, 44 – 46, 50 – 54, **68**, **70**, 116, 122, 130, 132, 134, 140
 - Nordsee A1 15
 - Nordsee C1 15
 - Nordsee D1 15, 27, 53, 84
 - Nordsee E1 15
 - Nordsee M1 15
 - Oberlanger Tenge Z1 15
 - Osnabrück-Holte Z1 15
 - Päpsen Z1 15
 - Rahden Z1 15
 - Randzel 1 15, 81
 - Ratzel Z2 15, **68**
 - Ratzel Z3 15, **68**
 - Ratzel Z5 15
 - Ratzel Z6 15, 36, 54, **68**
 - Rehden 19 15, 54
 - Rehden 21 15, 53, 54
 - Rehden 23 15, 53, 54
 - Sagermeer Nord Z1 15, 27, 37, 122
 - Sagermeer Z1 15
 - Sagermeer Z2 15
 - Salzbergen Z4 15
 - Schadewalde 2/75 62, 63
 - Schale Z1 15
 - Scheeßel Z1 15
 - Schneeren Ost Z1 15
 - Sellien 3Z 15
 - Siedenburg Z4 15
- Bohrung Siegelsum Z1 15
- Specking 1 64
 - Staffhorst Z1 15
 - Staffhorst Z2 15
 - Steinheim 1 15
 - Stolzenau Z1 15
 - Straeten 1 81
 - Uelsen Z1 15, 20, 22, 36, 42, 46, 56, 58, **71**
 - Uelsen Z2 15, 22
 - Uelsen Z3 15, 42
 - Uttum Z1 15
 - Vardingholt 1 15
 - Varnhorn Z7 15, 22, **57**, 142
 - Verden Z1 15
 - Versmold 1 15
 - Victorbur Z1 15
 - Walsrode Z1A 15
 - Wedehof 2T 15
 - Wielen Z3 15, 60, 150
 - Wielen Z4 15, 36, **68**
 - Wielen Z7 15, 54, **68**
 - Wietingsmoor Z2 15
- Borkum 81
- Braunschweig 16
- Breitenbach-Schichten 61
- Bremen 18, 53
- Calamiten 17, 62, 76, 77, 82, 83, 86 – 90, 92, 93
- Callipteriden 61
- Cantabrian 45
- Charakterspezies 56
- Chokiérian 75, 78
- Colorado 63
- Coniferopsida 61
- Cordaiten 61, 86 – 89
- cycadeenartige Gewächse 59
- Decazeville 43, 49, 58
- deutsch-belgisches Grenzgebiet 78
- deutsch-belgisch-niederländisches Grenzgebiet 79
- deutsch-niederländisches Grenzgebiet 15, 64, 70
- Diepholz 53, 54

- Dorsten 81
 Dorsten-Schichten 27, 81
 Dunkard Formation 58
- E**
 Emden 27
 Emsland 11, 26, 53, 58, 59, 62, 68, 71, 91
 England 60, 70
 Epen-Flora 75, 78
 Epidermis 46, 61
 Essen-Schichten 80, 81
 Europa 22, 23
 Eusphenopteriden 84, 86, 87
- F**
 Faisceau de Du Souich 38, 42, 67
 farnlaubige Gewächse 80
 Fazies 61, 64
 Feuchtgebiete 69, 74
 Flora-Zone G 18
 – H 18, 67
 – I 18
 Florenbild s. Vegetationsbild
 Flöz 1 u. 1a 65
 – 2 54, 81
 – 2 u. 2a 65
 – 3 – 12 65
 – 13 u. 14 65
 – 15 65
 – 17 u. 18 65
 – 19 65
 – 20 – 26 65
 – 27 – 29 65
 – 31 (Ägir) 65
 – Bänkchen 65
 – Bentingsbank 65
 – Bockraden 65
 – Buchholz-Flottwell 54, 65, 84
 – Dickenberg 36, 52, 64 – 66
 – Dreibänke 18, 52, 53, 65, 84
 – Franz 65
 – Glücksburg 65
 – Hauptflöz 79
 – Itterbeck 65, 66, 85
 – Johannisstein 18, 50, 51, 54, 65, 84
 – Kohlenbänkchen 65
 – Mettingen 65
- Flöz Mittel** 65
 – Mosel 65
 – Odin 54
 – Parsifal 54, 81
 – Reden 65
 – Saar 65
 – Saar 1 65
 – Sarnsbänksgen 79
 – Schmalebank 65
 – Schmitzchen 18, 65
 – Siegfried 54, 81
 – Theodor 65
 – Vierbänke 65
 – Zweibänke 18, 42, 64, 66
Flözgruppe Alexander 65
 – Kobold-Loki 54, 81
 – Odin 81
 – Theodor 65
 – Zwilling 65
Forest-of-Dean-Kohlengbiet 70
Frankreich 43, 59, 63, 64
französisches Zentralplateau 11, 15, 43
Fruktifikationen 24, 27, 80
- G**
Gloucestershire 70
Goniatiten-Zone R2 – G1 79
 – E2 74
 – H 74, 75
 – R1 78
 – R2 78
Großbritannien 11, 18, 24, 32, 34, 35, 37, 38, 40, 42, 47, 52, 63, 67
Gulpen-Flora 75, 78
Gymnospermen 59, 85
- H**
Hagen 78
Hamburg 81
Haßlinghausen 75
Hastenrath 64, 74, 75
Heiligenwald Formation 40
Heinsberg 81
Heterophyllie 21
Hinterland-Flora 70
Horst-Schichten 80, 81
Hüggel 16, 66
Hughes Beds 40
hygrophile Flora (Arten) 64, 78

- Ibbenbüren 11, 17, 18, 24, 34, 54, 64 – 66, 84
 Ibbenbürener Karbon 52, 54, 81
 Illinois/USA 78
 Inkohlung 16
 Itterbeck-Horizont 70
- Kälberberg-Sandstein 65
 Kantabrium 52
 Karbon 66
 Kinderscoutian 78
 Klima **69**
 Klimaentwicklung 16
 Kohlebildung 74
 Kohlenflöze 52
 Kohlenpetrographie 16
 Koniferen 61, 72
- La Mure (Isère) 49
 Leitfossil 59, 64
 Lembeck-Schichten 24, 81
 Lepidodendren 76 – 80, 82 – 84, 86, 87
 Lepidophyten 62, 85
 limnisch 15, 17, 21, 25, 61, 64, 73
Linopteris-bunburii-Zone 47
 Locus typicus 52
 Lothringer Karbon 66
 Lower Permian 11
 Lycopsidea 23 – 25, 80, 81, 85, 90
- Makroflora 70
 marine Sedimente 14
 Mariopteriden 79
 Marsdenian 78
 Mecklenburg-Vorpommern 14, 16
 Mesocalamiten 78 – 80
 mesophile Flora 64
 Mesozoikum 59
 Mikroflora 70
 Mittelengland 14
 Mittelniederländisches Hoch 70
 Münster 16
- Namur 11, 13, 16, 17, 23, 24, 31, 64, 79, 90
 – A 14, 61, **74** – 76, 78, 85
 Namur B 14, 21, 27, 54, **78**, 79, 84
 – C 14, **79**
 Neuropteriden 86 – 90
 Newcastle-Under-Lyme Group 38
 Niederlande 14, 75
 Niederschlesien 15
 Nodien 18
 Nordamerika 23
 norddeutsches Oberkarbon 13
 Norddeutschland 11, 15, 24, 35 – 37, 40, 42, 46, 48, 49, 52, 56, 58, 59, 62, 67
 Nordfrankreich 11, 14, 32, 38, 42, 47, 54, 55, 67
 nordfranzösisches Oberkarbon 27
 Nordsee 14, 16
 Nordwestspanien 42
 Norfolkkanne 61
 Nova Scotia 63
- Oberkarbon 11, 13, 16, 17, 21, 27, 64, 65, 72 – 74, 85
 Oberkarbon-Zeit 14
 Oberschlesien 14, 45
 Odontopteriden 92, 93
 Oklahoma 63
 ökologische Unterschiede **64**, 68, 69
 Oldenburg 16, 22, 27, 37
 ontogenetische Entwicklung 46
 Osnabrück 16, 50, 53, 54, 66, 81, 130
 Osnabrücker Bergland 11, 16, 30, 55, 64 – 67
 Osnabrücker Karbon 17, 18, 20, 24, 32, 34, 36, 42, 46, 51, 54, 73, 84
 Ostrau-Karwiner Steinkohlenebiet 64
- Paläoböden 70
 paläogeographische Entwicklung 16
 Paläozoikum 59
 Palynoflora 70
 paralisch 13, 14, 17, 21, 24, 25, 61, 73
 Pecopteriden 17, 62, 86 – 89, 92, 93
 Pennsylvania 63
 Perm 43, 74
 Permokarbon 11, 13
 persistente Arten 84, 90
 Persistenz 61

- Pflanzenassoziationen (-gesellschaften)
 11, 27, 42, 64, 69, 72, 74
 Pflanzenstratigraphie 64
 phylogenetische Entwicklung 80
 Piesberg 11, 16 – 18, 21, 24, 34, 50, 51,
 53, 54, 64 – 66, 84, 85, 90, 130
 Plötzer Raum 48
 Portugal 52, 63
 Pteridophyllen 25, 75 – 77, 79 – 85, 90
 Punktierung 36
- Radstockian** 32
 – Group 35, 37, 38
 – Series 34, 37, 38, 42
 Regenschatten 69
 Rheinisches Schiefergebirge 14
 rhytidolepe Arten 24
 Rotliegend 11, 13, 16, 17, 20, 23, 26,
 31, 38, 53, 55 – 59, 64, 66, 69, **71**, 72,
 74, 85, **90**, 92, 142, 144, 146, 148, 150
 Rotliegend-Flora 70
 Ruhrgebiet 14, 20, 23, 30, 54, 64, 66
 Ruhrkarbon 21, 27, 75, 78, 79, 81, 90
- Saarbrücken 62
 Saarkarbon 20, 45
 Saarland 22, 48
 Saar-Lothringen 15, 32, 34, 35, 37, 38,
 40, 42, 43, 47, 49, 54, 62
 Saar-Lothringer Karbon 21, 25, 51, 58,
 61, **73**
 Saar-Lothringer Kohlenbecken 11, 17,
 18, 20, 21, 23, 55, 72, 73
 saarpfälzisches Gebiet 59
 Sachsen 20, 59
 Saint-Étienne 43, 47, 49, 58
 Schachtelhalmgewächse 80
 Schaffberg 65
 Schottland 14
 Schwarzwald 59, 60
 Severy, Conemaugh-Gruppe 58
 Sigillarien 24, 76 – 84, 86, 87
 Spanien 38, 42, 43, 47, 52, 64
 Sphenophyllen 62, 76, 77, 82, 83, 86 –
 89, 92, 93
 Sphenopteriden 76, 77
- Sprockhövel-Schichten 79
 St.-Ingbert-Schichten 61
 Staffordian 42
 – Series 32, 34, 38
 Stefan 11, 16 – 18, 20, 21, 23, 25, 31 –
 34, 36, 38, 40, 43, 46 – 49, 51 – 53,
 55 – 58, 60 – 64, 66, 69, 70, **71**, 72,
 90 – 92, 102, 108, 110, 112, 118, 142,
 148, 150
 – A 20, 22, 32, 34, 35, 37, 43, 49, 62
 – B 20 – 23, 38, 49, 62, 68
 – C 20, 22, 32, 38, 42, 49, 58, 61, 63,
 68
 Steinkohlenflora 21
 Steinkohlenwälder 24
 Stephanian 70
 Stigmarien (Appendices) 24, 86, 87
 Stratigraphie 16
 Stratum typicum 52
 Südfrankreich 49, 58
 Südlimburg 18, 74, 75, 78
 Südwales 24, 40, 54
 Sumpfflora 17, 74
- Tektonik** 16
 Thüringen 20, 59
 Tiefbohrungen 59
 Torfmoore 14
 trockenere Standorte **69, 70**
 Tschechien 52
- Uhlenbruch 75
 Unteres Perm 15, 16
 Unterrotliegend 20, 22, 59, 60, 71, 90,
 91
 upland flora 78
 USA 58, 63
- Variationsbreite 46
 Varietät 20
 Variscisches Gebirge (Orogen) 14, 69,
 74
 Vegetationsbild 23, 25, 74, **76**, 78 – 80,
 82, 84, **85**, **86**, **88**, 91, **92**
 Vererzung 16
 Vorhalle-Schichten 78

- Walchien 92, 93
 Waldmoorflora 74
 well drained 61
 Weser 16
 Weser-Ems-Gebiet 16
 West Virginia 58
 Westdeutschland 74
 Westemsland 16, 20, 22, 27, 32, 34 –
 37, 40, 42, 46, 48, 49, 51 – 54, 56, 58,
 60, 67, 71
 Westeuropa 64
 Westfal 16, 18, 20, 23 – 25, 27, 32, 52,
 61, 62, 70, 79
 – A 14, 17, 18, 20, 25, 26, 45, **80** – 82
 – A, Unteres 27
 – B 17, 18, 20, 21, 23 – 25, 27, 54, 63,
 73, **80** – 82
 – C 11, 16 – 18, 27, 34, 37, 38, 40, 46,
 47, 52, 64 – 66, 70, 71, 73, **81**, 84,
 104, 106, 138
 Westfal C, Oberes 84
 – D 11, 13, 16 – 18, 20, 21, 23 – 27,
 31, 32, 34 – 42, 44 – 55, 60, 62 – **64**,
 65 – 71, 73, **84** – 86, 88, 90, 102, 108,
 110, 114, 116, 118, 120, 122, 126, 128,
 130, 132, 134, 136, 138, 140, 150
 – D, Oberes 33, 52, 110, 112
 Westfal-D-Makroflora 68, 70
 Westfal/Stefan 32, 46, 90
 Westphalian 70
 Witten 80
 Wurzelböden 24
 Wurzelorgane s. Stigmarien (Appendices)
 Yorkshire 63
 Zimmertanne 61
 Zone de Saint-Avoid 49

8 Autoren- und Personenregister

Kursive Seitenzahlen beziehen sich auf die Tafeln.

- Abbott, M. L. 21
 Amerom, H. W. J. van 19, 38, 64, 75,
 78, s. auch van der Zwan et al. 70
 Andrae, C. 79, 80
 Arber, E. A. N. 60
 Artis, E. T. 27, 45, 78
- Bell, W. A. 20
 Bertrand, P. 30, 38, 40, 54, 122, 124,
 126
 Bisewski, L. 16
 Bless, M. J. M. 16, 70
 Bode, H. 45, 46
 Bouckaert, J., s. Bless et al. 16
 Boulay, N. 78
 Boureau, É. 47, 48
 Branchet, M. 63
 Brongniart, A. 18, 20 – 22, 24, 25, 27,
 30 – 35, 37, 38, 41 – 45, 48, 49, 51 –
 53, 58 – 60, 66, 71, 72, 75, 78 – 81,
 84, 85, 90, 102, 104, 106, 110, 112,
 114, 122, 126, 128, 134, 136
 Bronn, H. G. 21
 Broutin, J. 19, 21, 35, 36, 55, 56, 63, 64,
 70, s. auch Doubinger et al. 42, 43,
 47 – 49
 Buisine, M. 74
 Bunbury, C. J. F. 73, 116, 140
 Burger, K. 65
- Calver, M. A., s. Bless et al. 16
 Chaloner, W. G. 18, 63
 Cleal, C. J. 24, 40, 45, 47, 55
 Clement-Westerhof, J. A. 61
 Collinson, M. E. 18
 Corsin, P. 30, 31, 35, 37 – 43, 47 – 51,
 74, 122, 124, 126, 130
 Cridland, A. A. 74
 Crookall, R. 18, 19, 24, 31, 33
- DalINVAL, A. 27, 32, 38, 42, 47, 74, 104,
 106
 DARRAH, W. C. 58, 63
- David, F. 16
 Dijkstra, S. J. 19
 DiMichele, W. A. 25, 74
 Dix, E. 18, 67
 Döring, H. 68
 Doubinger, J. 42, 43, 47 – 49, 55, 56,
 58, 59, 62, 63, 74, s. auch Broutin et
 al. 64
- Eichwald, E. 53, 66, 73, 84, 90
 Ettingshausen, C. von 18, 66, 75, 84
- Fabian, H.-J. 16, s. auch Hedemann
 et al. 14
 Farjanel, G., s. Broutin et al. 70
 Fichter, J. 31, 33, 34, 38, 58, 59, 62, 63
 Fiebig, H. E. R. 14, 58, 71, 79
 Florin, R. 26, 61, 63, 71, 74, 91, 148
 Forster, S. C. 74
 Freytet, P., s. Broutin et al. 70
- Gaipl, R. 64, 75, 78
 Galtier, J., s. Doubinger et al. 42, 43, 47 –
 49
 Geinitz, H. B. 61, 78, 85
 Germar, E. F. 61, 66, 78, 85
 Germer, R. 19 – 22, 25, 32, 35, 42, 43,
 47, 55, 56, 58, 61, 62
 Giebel, C. G. 90
 Gillespie, W. H. 58
 Göppert, H. R. 61, 66, 84, 85, 134, 136
 Gothan, W. 18, 21, 26, 27, 32 – 34, 36,
 43, 45, 46, 53 – 55, 58, 60, 62, 66, 73,
 75, 78, 79, 84, 90
 Grand'Eury, F. C. 31
 Graulich, J. M., s. Bless et al. 16
 Gutbier, A. von 18, 19, 26, 54, 58, 59,
 66, 71, 80, 81, 84, 85, 91, 146
 Guthörl, P. 62
- Haubold, H. 58, 59
 Havlena, V. 64

- Hedemann, H.-A. 14, 16, 69 – 71
 Heer, O. 30, 35, 36, 45, 71, 108, 114, 116, 118, 120
 Hirmer, M. 74
 Hoffmann, F. 52, 53, 64, 66, 84, 90, 138
 Hutton, W. 20, 23, 24, 32, 53, 66, 73, 80, 84, 90, 126
- Jongmans, W. J. 19, 21, 75, 78, 79
 Josten, K.-H. 16, 17, 20, 25 – 27, 32, 41 – 43, 45, 46, 49, 51 – 54, 56, 58 – 60, 62 – 64, 66 – 71, 74, 75, 78, 79, 81, 84, 91
- Kerp, J. H. F. 26, 31, 33, 34, 38, 58, 59, 61 – 63, s. auch Broutin et al. 70
 Kidston, R. 20, 27, 31, 32, 34, 35, 37, 38, 41 – 43, 47, 51, 52, 66, 80, 84
 Kneuper, G. 58
 Koch, K. H. E. L. 61
 Köwing, K. 42, 66, 69, 84
- Laar, J. G. M. van de, s. van der Zwan et al. 70
 Langiaux, J. 19, 62, 63, s. auch Doubinger et al. 42, 43, 47 – 49, s. auch Broutin et al. 64, 70
 Laveine, J.-P. 18, 20, 21, 23, 25, 31 – 35, 37, 38, 40, 42, 43, 47, 53 – 55, 58, 61, 66, 67, 73, 74, 84
 Leary, R. L. 78
 Lebreton, M. L., s. Broutin et al. 70
 Leckwijck, W. van 78
 Leggewie, W. 75, 79
 Lemoigne, Y. 74
 Lemos de Sousa, M. J. 51, 52, 63
 Lesquereux, L. 45, 46
 Lindley, J. 20, 23, 24, 32, 53, 66, 73, 80, 84, 90, 126
 Loboziak, S. 16, 70
 Lyons, P. C. 58, 63
- Mägdefrau, K. 62, 74
 Martin, S. 31, 38, 42, 48, 49
 Mathieu, F.-F. 33
 Molina, G. 61
- Němejč, F. 31, 33, 51, 52, 132
 Novik, E. O. 66, 80, 84
- Oleksyshyn, J. 35
 Olmstead, R. G. 25
- Pagnier, H. J. M., s. van der Zwan et al. 70
 Paproth, E., s. Bless et al. 16
 Peppers, R. A. 25
 Pfefferkorn, H. W. 58
 Phillips, T. L. 25, 74
 Poort, R. J., s. Kerp et al. 26
 Potonié, H. 78 – 80, 84
 Presl, C. B. 25, 54
 Primey, D., s. Broutin et al. 64
 Purkyňová, E. 75
- Rabitz, A. 42, 66, 69, 84, s. auch Hedemann et al. 14
 Remy, R. 19 – 21, 26, 31, 33 – 35, 37, 38, 42, 43, 47, 48, 55 – 58, 62, 63
 Remy, W. 19 – 21, 26, 31, 33 – 35, 37, 38, 42, 43, 47, 48, 55 – 58, 62, 63
 Rost, W. 56, 71, 91, 142
- Saltzwedel, K. 52
 Sandberger, F. 59, 60
 Satta, S., s. Broutin et al. 70
 Sauveur, J. 80
 Schaarschmidt, F. 74
 Schimper, W. P. 19
 Schlotheim, E. F. von 18, 21, 22, 26, 27, 30 – 34, 36, 42, 43, 46, 52, 53, 57, 66, 71, 73, 78, 84, 85, 90, 91, 110, 112, 142, 146
 Schonefeld, W. 75, 79
 Scott, A. C. 63
 Scriban, R. 74
 Sebban, S., s. Broutin et al. 70
 Selter, V. 16, 69
 Šetlík, J. 52, 62
 Simson-Scharold, E. 26
 Šimůnek, Z. 52
 Spinner, E. 70
 Sternberg, K. 18, 20, 21, 23, 26, 30 – 32, 52, 54, 55, 61 – 63, 66, 71, 75, 78 – 80, 84, 85, 90, 91, 102, 110, 148, 150
 Sterzel, J. T. 31

- Stockmans, F. 33, 75, 78, 79
Storch, D. 21, 22, 60
Streel, M. 16, 70
Stur, D. 74, 75
Suckow, A. G. 17
Susta, V. 78
Swinkels, H. A. J. M., s. Kerp et al. 26
- Teichmüller, R. 14, 16, 54, 69
Tongeren, P. C. H. van 16, 70
Trusheim, F. 16
- Unger, F. 61
- Verwer, R., s. Kerp. et al. 26
Vetter, P. 48, 49, 55, 58, 74, s. auch
Doubinger et al. 42, 43, 47 – 49
Visscher, H. 61
Vogellehner, D. 20, 32, 66, 84, 85, 90,
102
- Wagner, R. H. 31, 33, 38, 41 – 43, 47,
51, 52, 58, 63, 70, 132
Walton, J. 80
Warrington, G. 74
Weiss, Ch. E. 18, 24, 26, 53, 61, 66, 71,
80, 84, 85, 91, 144
Weyland, H. 62
White, D. 36, 45, 46
Willière, Y. 75, 79
Wintgen, C. 68
Wong, T. E. 16, 70
Wood, H. C. 23, 24, 66, 84
- Zeiller, R. 21, 27, 31, 33, 37, 41, 45, 52,
54, 66, 78 – 81, 84, 85
Zenker, F. C. 18, 66, 71, 80, 81, 85
Zhang, S. 74
Zwan, C. J. van der 70

9 Fossilregister

Fette Seitenzahlen beziehen sich auf die wichtigsten Textstellen;
kursive Seitenzahlen beziehen sich auf die Tafeln.

nach Gattungen alphabetisch geordnet

- Acitheca* 31
Acitheca polymorpha 41
Alethopteris **52**, 76, 77, 82, 83, 85, 90
Alethopteris bertrandi 69
Alethopteris corsini 69, 81
Alethopteris decurrens 78
Alethopteris edwardsi 79
Alethopteris grandini 52, 66, 69, 73, 84
Alethopteris lonchitica 69, 78, 84, 85, 88, 89
Alethopteris michauxi 52, 69
Alethopteris pontica 52, 69, 84
Alethopteris serli 52, 66, 69, 73, 84, 85, 88, 89, 134, 136
Alethopteris tectensis 75, 79
Alethopteris valida 78
Alloiopteris 85
Alloiopteris angustissima 68
Alloiopteris erosa 72
Alloiopteris cf. erosa 68
Alloiopteris (Corynepteris) angustissima 78
Annularia **18**, 20, 78, 79
Annularia aculeata 20
Annularia filiformis 79
Annularia galioides 20
Annularia jongmansii 80
Annularia microphylla 80
Annularia pseudostellata 80
Annularia radiata 18, 66, 67, 80
Annularia ramosa 80
Annularia sp. 20
Annularia sphenophylloides 18, 66, 67, 71, 72, 80, 81, 85
Annularia spicata **19**, 20, 56, 67, 71
Annularia stellata **18**, 65 – 67, 72, 73, 84, 85
Annularia subradiata 79
Araucaria araucana 61
Araucaria excelsa 61
Archaeocalamites sp. 75
Asolanus **24**, 85
Asolanus camptotaenia 24, 25, 66, 67, 72, 84
Asterophyllites 18, **20**, 78, 79
Asterophyllites equisetiformis 20, 66, 71, 72
Asterophyllites equisetiformis f. *equisetiformis* 20, 66, 67, 84, 85, 90, 102
Asterophyllites equisetiformis f. *jongmansii* 20, 32, 67, 85
Asterophyllites gothani 75, 79
Asterophyllites hagenensis 79
Asterophyllites longifolius 20, 66, 67, 72
Asterophyllites namuriana 79
Asterophyllites tener 79
Asterophyllites tenuifolius 75
Asterophyllites unguis 79
Asterotheca arborescens 31
Asterotheca cyathea 33
Asterotheca hemitelioides 37
Asterotheca lamuriana 35, 37
Asterotheca lepidorachis 51, 52
Asterotheca raconensis 51
Asterotheca (al. *Pecopteris*) *candolleana* 34
Bothrodendron **23**
Bothrodendron punctatum 23, 80
Calamites **17**, 85
Calamites rugosus 18
Calamites sp. 60, 71

- Calamites (Calamitina)* 86, 87
Calamites (Calamitina) goepperti 18, 66, 84
Calamites (Calamitina) sp. 75
Calamites (Diplocalamites) carinatus 18
Calamites (Diplocalamites) rugosus 18, 66, 84
Calamites (Mesocalamites) cistiiformis 75
Calamites (Mesocalamites) renieri 75
Calamites (Mesocalamites) sp. 75
Calamites (Stylocalamites) cisti 18, 84
Calamites (Stylocalamites) suckowi 18, 66, 84
Calamites (Stylocalamites) undulatus 18, 66, 79, 84
Calamitina 82, 83
Calamitina goepperti 67
Calamitina sp. 67
Callipteris 58, 59, 91
Callipteris naumanni 26, 53, 58, 59, 69, 71, 72, 91, 146
Callipteris naumannii 58
Cordaites 61
Cordaites borassifolius 61
Cordaites palmaeformis 61, 69
Cordaites principalis 61, 66, 69, 78, 85
Cordaites sp. 61, 69, 73, 90
Cycadopsida 59

Diplocalamites 82, 83
Diplocalamites carinatus 67
Diplocalamites rugosus 67
Diplomema 75

Eleutherophyllum hamatum 78
Ernestiodendron 61, 63
Ernestiodendron filiciforme 26, 53, 58, 61, 63, 69, 71, 72, 91, 148
Ernestiodendron filiciforme var. gracile 63
Eusphenopteris 26, 76, 77, 82, 83, 85
Eusphenopteris hollandica 75, 78
Eusphenopteris obtusiloba 80
Eusphenopteris striata 26, 27, 66, 68, 84

Gulpenia limburgensis 75 – 77

Lebachia 61
Lebachia piniformis 62
Lebachia sp. 71
Lebachia (Walchia) piniformis 62
Lepidodendron 23, 75, 85 – 87
Lepidodendron aculeatum 23, 67, 72, 85
Lepidodendron lycopodioides 23, 67, 84, 85
Lepidodendron obovatum 23, 66, 67, 84
Lepidophloios 23, 76 – 78, 85 – 87
Lepidophloios laricinus 23, 25, 67, 72, 84, 85
Lepidophloios sp. 23
Lepidostrobophyllum 75
Lepidostrobophyllum lanceolatum 67
Linopteris 54, 80, 90
Linopteris bunburii 47
Linopteris neuropteroides 54, 69, 73, 80, 81, 84
Linopteris obliqua 54, 69, 73, 116, 140
Lobatopteris miltoni 45
Lobatopteris vestita 45
Lonchopteris 80
Lonchopteris eschweileri 80
Lonchopteris rugosa 80, 81, 90
Lycopsidea 23
Lyginopteris 75
Lyginopteris bäumleri 79
Lyginopteris hoeninghausi 80

Margaritopteris coemansi 68, 72
Mariopteris 27, 76, 77, 82, 83, 85, 90
Mariopteris acuta 78, 79
Mariopteris dersoncourtii 80
Mariopteris mosana 75
Mariopteris muricata 27, 68, 72
Mariopteris nervosa 27, 66, 68, 72, 84
Mariopteris renieri 75
Mariopteris robusta 27, 66, 68, 84
Mariopteris sauveuri 27, 66, 68, 84
Mesocalamites 79

- Neuralethopteris* 76 – 78, 79
Neuralethopteris densifolia 78
Neuralethopteris larischi 78
Neuralethopteris neuropteroides 78
Neuralethopteris rectinervis 80
Neuralethopteris schlehani 75, 78
Neuropteris 42, **52**, **53**, 76, 77, 82, 83, 90
Neuropteris attenuata 69, 73, 85, 88 – 90
Neuropteris auriculata 72, 90
Neuropteris cordata 53
Neuropteris dussarti **53**, 66, 69, 84
Neuropteris heterophylla 52, 69
Neuropteris mathieui 75
Neuropteris obliqua 78
Neuropteris ovata 52, **64** – 66, 69, 73, 88 – 90
Neuropteris rarinervis 73
Neuropteris rarinervis (attenuata) 73
Neuropteris scheuchzeri **53**, 66, 69, 73, 84, 88 – 90, 138
Neuropteris semireticulata **53**, 69, 81
Neuropteris sp. 32, **53**, 69, 71, 72, 144
Neuropteris tenuifolia 52, 66, 69, 73, 84, 85
Neuropteris trnavkiana 75
- Odontopteris** **55**
Odontopteris cantabrica 47
Odontopteris osmundaeformis **57** – 59, 62, 69, 71, 72, 91, 146
Odontopteris cf. *osmundaeformis* 57, 142
Odontopteris sp. 56
Odontopteris subcrenulata **55** – 57, 62, 69, 71, 91, 142
Odontopteris subcrenulata var. *subcrenulata* 55
- Palmatopteris furcata* 80
Paripteris **54**, 84
Paripteris gigantea 54, 69, 78, 79, 84
Paripteris linguaeifolia 69, 73
- Paripteris pseudogigantea* 69, 73, 84
Pecopteris 11 – 13, **27**, 31, 42, 46, 84, 85
Pecopteris affinis 29, 31 – 35, 48, 49, **68**, 114
Pecopteris cf. *affinis* 49
Pecopteris arborescens **31**, 32, 34, 68, 72
Pecopteris aspera 75
Pecopteris bucklandi 51
Pecopteris candolleana 34, 35, 48, 49, 68
Pecopteris cf. *candolleana* 35
Pecopteris Candolliana 34
Pecopteris cyathea 32 – 35, 48, 52, 68, 72
Pecopteris feminaeformis **42**, 43, 68, 72
Pecopteris hemitelioides 37, 38, 68, 72
Pecopteris cf. *hemitelioides* 38
Pecopteris koenigi 29, 31, **49** – 51, 68, 130
Pecopteris cf. *koenigi* 49, 51
Pecopteris lamurensis 35
Pecopteris lamuriana 35, 36, 45, 60, 68, 71, 72
Pecopteris cf. *lamuriana* 36, 71
Pecopteris micro-Miltoni 38
Pecopteris micromiltoni 38, 40, 45, 68, 72
Pecopteris cf. *micromiltoni* 40
Pecopteris miltoni 45
Pecopteris obliquenervis 29, 31, 45, 47, 48, 68, 126
Pecopteris plumosa 68, 72
Pecopteris cf. *plumosa* 27
Pecopteris polymorpha 41, 42, 68, 71, 72
Pecopteris cf. *polymorpha* 126
Pecopteris prepolyomorpha 42
Pecopteris pseudovestita 45
Pecopteris raconensis 29, 31, 33, 34, 51, 52, 68, 132
Pecopteris sp. 40, 48, 60, 68, 71
Pecopteris spp. 66, 108
Pecopteris typ. *cyathea-arborescens* 32, 34

- Pecopteris unita* 40, 42 – 48, 68, 71, 72
Pecopteris cf. *unita* 32, 40
Pecopteris vestita 36, 45, 46, 60
Pecopteris (Acitheca) polymorpha 29, 30, 41, 128
Pecopteris (Asterotheca) arborescens 28, 30, 31, 110
Pecopteris (Asterotheca) candolleana 28, 30, 34, 35
Pecopteris (Asterotheca) cyathea 28, 30, 32, 33, 110, 112
Pecopteris cf. (*Asterotheca*) *cyathea* 110
Pecopteris (Asterotheca) hemitelioides 28, 30, 37, 122
Pecopteris (Asterotheca) lamuriana 28, 30, 35, 36, 108, 114, 116, 118, 120
Pecopteris cf. (*Asterotheca*) *lamuriana* 108
Pecopteris (Asterotheca) micromiltoni 28, 30, 38 – 40, 122, 124, 126
Pecopteris (Asterotheca) miltoni 30, 45
Pecopteris (Lobopteris) micromiltoni 40
Pecopteris (Lobopteris) micromiltonii 38
Pecopteris (Nemejcopteris) feminaeformis 29 – 31, 42, 43
Pecopteris (Ptychocarpus) unita 29, 30, 43 – 45, 126
Pecopteris (Scoleopteris) polymorpha 41
Pecopteris (Senftenbergia) aspera 30, 75
Pecopteris (Senftenbergia) pennaeformis 27, 30
Pecopteris (Senftenbergia) pennaeformis var. *major* 27, 104, 106
Pecopteris (Senftenbergia) plumosa 27, 30, 78
Pecopteris (Senftenbergia) volkmanni 30
Pecopteris/Lobopteris micromiltoni 47
Pecopteris/Lobopteris vestita 45
Polymorphopteris polymorpha 41, 42
Potonieisporites 70
Pteridophylla 25
Pterophyllum 59, 60
Pterophyllum blechnoides 60
Pterophyllum sp. 59, 60, 69, 150
Ptychocarpus unitus 43, 47

Renaultia 80
Reticulopteris 53, 90
Reticulopteris germari 90
Reticulopteris münsteri 53, 66, 69, 73, 84, 88 – 90
Rhodea 75, 78
Rhodea (al. *Rhodeopteridium*) 75

Scoleopteris? *unita* 43
Sigillaria 24, 25, 78, 85
Sigillaria brardi 25, 67, 72, 85
Sigillaria cumulata 24, 67, 84, 85
Sigillaria ichthyolepis 25
Sigillaria principis 24, 66, 67, 84
Sigillaria sp. 25, 75
Sigillaria cf. *tesselata* 66
Sphenocyclopteridium bertrandii 75
Sphenophyllum 21
Sphenophyllum cuneifolium 21, 67, 72, 79, 85
Sphenophyllum emarginatum 21, 22, 66, 67, 72, 81, 84, 85, 90
Sphenophyllum cf. *emarginatum* 71
Sphenophyllum majus 21, 67, 72
Sphenophyllum tenerrimum 75
Sphenophyllum verticillatum 21, 22, 36, 56, 67, 71, 90, 91
Sphenophyllum cf. *verticillatum* 36, 46
Sphenopteris 25, 75 – 78, 84, 85
Sphenopteris coemansi 68
Sphenopteris crepini 72
Sphenopteris germanica 26, 53, 58, 71, 72, 91 – 93, 144
Sphenopteris gulpeniana 75
Sphenopteris obtuse-dentata 68
Sphenopteris sp. 68
Sphenopteris (Crossotheca) crepini 68
Sphenopteris (Oligocarpia) brongniarti 68

Stigmaria 60, 67, 75, 85
Stylocalamites 17, 82, 83
Stylocalamites cisti 67, 72
Stylocalamites suckowi 67, 72, 90
Stylocalamites undulatus 67
Swillingtonia 63

Ulodendron 24

Walchia 61 – 63

Walchia piniformis 26, 53, 58, 61 – 63,
69, 71, 72, 91, 148, 150

Walchia sp. 26, 53, 61, 62, 69, 71, 148,
150

Walchia (Lebachia) piniformis 62

Zeilleria 80

nach Arten alphabetisch geordnet

- aculeata*, *Annularia* 20
aculeatum, *Lepidodendron* 23, 67, 72,
85
acuta, *Mariopteris* 78, 79
affinis, *Pecopteris* 29, 31, 33 – 35, **48**,
49, 68, 114
cf. *affinis*, *Pecopteris* 49
angustissima, *Alloiopteris* 68
angustissima, *Alloiopteris (Corynepteris)*
78
araucana, *Araucaria* 61
arborescens, *Asterotheca* **31**
arborescens, *Pecopteris* 31, 32, 34, 68,
72
arborescens, *Pecopteris (Asterotheca)*
28, 30, 31, 110
aspera, *Pecopteris* 75
aspera, *Pecopteris (Senftenbergia)* 30,
75
attenuata, *Neuropteris* 69, 73, 85, 88 –
90
auriculata, *Neuropteris* 72, 90
- bäumleri*, *Lyginopteris* 79
bertrandi, *Alethopteris* 69
bertrandii, *Sphenocyclopteridium* 75
blechnoides, *Pterophyllum* 60
borassifolius, *Cordaites* 61
- brardi*, *Sigillaria* 25, 67, 72, 85
brongniarti, *Sphenopteris (Oligocarpia)*
68
bucklandi, *Pecopteris* 51
- camptotaenia*, *Asolanus* 24, 25, 66, 67,
72, 84
candolleana, *Asterotheca* (al. *Pecopteris*)
34
candolleana, *Pecopteris* 34, 35, 48, 49,
68
cf. *candolleana*, *Pecopteris* 35
candolleana, *Pecopteris (Asterotheca)*
28, 30, **34**, 35
cantabrica, *Odontopteris* 47
carinatus, *Calamites (Diplocalamites)*
18
carinatus, *Diplocalamites* 67
cisti, *Calamites (Stylocalamites)* 18, 84
cisti, *Stylocalamites* 67, 72
cistiiformis, *Calamites (Mesocalamites)*
75
coemansi, *Margaritopteris* 68, 72
coemansi, *Sphenopteris* 68
cordata, *Neuropteris* **53**
corsini, *Alethopteris* 69, 81
crepini, *Sphenopteris* 72
crepini, *Sphenopteris (Crossotheca)* 68

- cumulata*, *Sigillaria* 24, 67, 84, 85
cuneifolium, *Sphenophyllum* 21, 67, 72, 79, 85
cyathea, *Asterotheca* 33
cyathea, *Pecopteris* 32 – 35, 48, 52, 68, 72
cyathea, *Pecopteris* (*Asterotheca*) 28, 30, 32, **33**, 110, 112
cyathea, *Pecopteris* cf. (*Asterotheca*) 110
cyathea-arborescens, *Pecopteris* typ. 32, 34

decurrens, *Alethopteris* 78
densifolia, *Neuralethopteris* 78
dernoncourti, *Mariopteris* 80
dussarti, *Neuropteris* 53, 66, 69, 84

edwardsi, *Alethopteris* 79
emarginatum, *Sphenophyllum* 21, 22, 66, 67, 72, 81, 84, 85, 90
cf. *emarginatum*, *Sphenophyllum* 71
equisetiformis, *Asterophyllites* 20, 66, 71, 72
equisetiformis f. *equisetiformis*, *Asterophyllites* 20, 66, 67, 84, 85, 90, 102
equisetiformis f. *jongmansi*, *Asterophyllites* 20, 32, 67, 85
erosa, *Alloiopteris* 72
cf. *erosa*, *Alloiopteris* 68
eschweileriana, *Lonchopteris* 80
excelsa, *Araucaria* 61

feminaeformis, *Pecopteris* 42, 43, 68, 72
feminaeformis, *Pecopteris* (*Nemejcopteris*) 29, 30, 31, **42**, 43
filiciforme, *Ernestiodendron* 26, 53, 58, 61, **63**, 69, 71, 72, 91, 148
filiciforme var. *gracile*, *Ernestiodendron* 63
filiformis, *Annularia* 79
furcata, *Palmatopteris* 80

galioides, *Annularia* 20
germanica, *Sphenopteris* **26**, 53, 58, 71, 72, 91 – 93, 144

germari, *Reticulopteris* 90
gigantea, *Paripteris* 54, 69, 78, 79, 84
goepperti, *Calamites* (*Calamitina*) 18, 66, 84
goepperti, *Calamitina* 67
gothani, *Asterophyllites* 75, 79
grandini, *Alethopteris* 52, 66, 69, 73, 84
gulpeniana, *Sphenopteris* 75

hagenensis, *Asterophyllites* 79
hamatum, *Eleutherophyllum* 78
hemitelioides, *Asterotheca* 37
hemitelioides, *Pecopteris* 37, 38, 68, 72
cf. *hemitelioides*, *Pecopteris* 38
hemitelioides, *Pecopteris* (*Asterotheca*) 28, 30, **37**, 122
heterophylla, *Neuropteris* 52, 69
hoeninghausi, *Lyginopteris* 80
hollandica, *Eusphenopteris* 75, 78

ichthyolepis, *Sigillaria* 25

jongmansi, *Annularia* 80

koenigi, *Pecopteris* 29, 31, **49** – 51, 68, 130
cf. *koenigi*, *Pecopteris* 49, 51

lamurensis, *Pecopteris* 35
lamuriana, *Asterotheca* 35, 37
lamuriana, *Pecopteris* 35, 36, 45, 60, 68, 71, 72
cf. *lamuriana*, *Pecopteris* 36, 71
lamuriana, *Pecopteris* (*Asterotheca*) 28, 30, **35**, 36, 108, 114, 116, 118, 120
lamuriana, *Pecopteris* cf. (*Asterotheca*) 108
lanceolatum, *Lepidostrobophyllum* 67
laricinus, *Lepidophloios* 23, 25, 67, 72, 84, 85
larischi, *Neuralethopteris* 78
lepidorachis, *Asterotheca* 51, 52
limburgensis, *Gulpenia* 75 – **77**
linguaefolia, *Paripteris* 69, 73
lonchitica, *Alethopteris* 69, 78, 84, 85, 88, 89

- longifolius*, *Asterophyllites* 20, 66, 67, 72
lycopodioides, *Lepidodendron* 23, 67, 84, 85
- majus*, *Sphenophyllum* 21, 67, 72
mathieui, *Neuropteris* 75
michauxi, *Alethopteris* 52, 69
micro-Miltoni, *Pecopteris* 38
micromiltoni, *Pecopteris* 38, 40, 45, 68, 72
cf. *micromiltoni*, *Pecopteris* 40
micromiltoni, *Pecopteris* (*Asterotheca*) 28, 30, **38** – 40, 122, 124, 126
micromiltoni, *Pecopteris* (*Lobopteris*) 40, 47
micromiltonii, *Pecopteris* (*Lobopteris*) 38
microphylla, *Annularia* 80
miltoni, *Lobopteris* 45
miltoni, *Pecopteris* 45
miltoni, *Pecopteris* (*Asterotheca*) 30, 45
mosana, *Mariopteris* 75
münsteri, *Reticulopteris* 53, 66, 69, 73, 84, 88 – 90
muricata, *Mariopteris* 27, 68, 72
- namuriana*, *Asterophyllites* 79
naumanni, *Callipteris* 26, 53, **58**, 59, 69, 71, 72, 91, 146
naumannii, *Callipteris* 58
nervosa, *Mariopteris* 27, 66, 68, 72, 84
neuropteroides, *Linopteris* 54, 69, 73, 80, 81, 84
neuropteroides, *Neuraethopteris* 78
- obliqua*, *Linopteris* 54, 69, 73, 116, 140
obliqua, *Neuropteris* 78
obliquenervis, *Pecopteris* 29, 31, 45, 47, 48, 68, 126
obovatum, *Lepidodendron* 23, 66, 67, 84
obtus-dentata, *Sphenopteris* 68
obtusiloba, *Eusphenopteris* 80
osmundaeformis, *Odontopteris* **57** – 59, 62, 69, 71, 72, 91, 146
- cf. *osmundaeformis*, *Odontopteris* 57, 142
ovata, *Neuropteris* 52, 64 – 66, 69, 73, 88 – 90
- palmaeformis*, *Cordaites* 61, 69
pennaeformis, *Pecopteris* (*Senftenbergia*) 27, 30
pennaeformis var. *major*, *Pecopteris* (*Senftenbergia*) 27, 104, 106
piniformis, *Lebachia* 62
piniformis, *Lebachia* (*Walchia*) 62
piniformis, *Walchia* 26, 53, 58, **61** – **63**, 69, 71, 72, 91, 148, 150
piniformis, *Walchia* (*Lebachia*) 62
plumosa, *Pecopteris* 68, 72
cf. *plumosa*, *Pecopteris* 27
plumosa, *Pecopteris* (*Senftenbergia*) 27, 30, 78
polymorpha, *Acitheca* 41
polymorpha, *Pecopteris* 41, 42, 68, 71, 72
cf. *polymorpha*, *Pecopteris* 126
polymorpha, *Pecopteris* (*Acitheca*) 29, 30, **41**, 128
polymorpha, *Pecopteris* (*Scolecopteris*) 41
polymorpha, *Polymorphopteris* 41, 42
pontica, *Alethopteris* 52, 69, 84
prepolymorpha, *Pecopteris* 42
principalis, *Cordaites* 61, 66, 69, 78, 85
principis, *Sigillaria* 24, 66, 67, 84
pseudogigantea, *Paripteris* 69, 73, 84
pseudostellata, *Annularia* 80
pseudovestita, *Pecopteris* 45
punctatum, *Bothrodendron* 23, 80
- raconensis*, *Asterotheca* 51
raconensis, *Pecopteris* 29, 31, 33, 34, **51**, 52, 68, 132
radiata, *Annularia* 18, 66, 67, 80
ramosa, *Annularia* 80
rarinervis, *Neuropteris* 73
rarinervis, *Neuropteris* (*attenuata*) 73
rectinervis, *Neuraethopteris* 80
renieri, *Calamites* (*Mesocalamites*) 75
renieri, *Mariopteris* 75

- robusta*, *Mariopteris* 27, 66, 68, 84
rugosa, *Lonchopteris* 80, 81, 90
rugosus, *Calamites* 18
rugosus, *Calamites* (*Diplocalamites*)
 18, 66, 84
rugosus, *Diplocalamites* 67
- sauveuri*, *Mariopteris* 27, 66, 68, 84
scheuchzeri, *Neuropteris* 53, 66, 69, 73,
 84, 88 – 90, 138
schlehani, *Neuraethopteris* 75, 78
semireticulata, *Neuropteris* 53, 69, 81
serli, *Alethopteris* 52, 66, 69, 73, 84, 85,
 88, 89, 134, 136
sphenophylloides, *Annularia* 18, 66, 67,
 71, 72, 80, 81, 85
spicata, *Annularia* 19, 20, 56, 67, 71
stellata, *Annularia* 18, 65 – 67, 72, 73,
 84, 85
striata, *Eusphenopteris* 26, 27, 66, 68,
 84
subcrenulata, *Odontopteris* 55 – 57, 62,
 69, 71, 91, 142
subcrenulata var. *subcrenulata*, *Odonto-*
pteris 55
subradiata, *Annularia* 79
suckowi, *Calamites* (*Stylocalamites*) 18,
 66, 84
suckowi, *Stylocalamites* 67, 72, 90
- tectensis*, *Alethopteris* 75, 79
tener, *Asterophyllites* 79
tenerrimum, *Sphenophyllum* 75
tenuifolia, *Neuropteris* 52, 66, 69, 73,
 84, 85
tenuifolius, *Asterophyllites* 75
 cf. *tesselata*, *Sigillaria* 66
trnavkiana, *Neuropteris* 75
- undulatus*, *Calamites* (*Stylocalamites*)
 18, 66, 79, 84
undulatus, *Stylocalamites* 67
unguis, *Asterophyllites* 79
unita, *Pecopteris* 40, 42 – 48, 68, 71, 72
 cf. *unita*, *Pecopteris* 32, 40
unita, *Pecopteris* (*Ptychocarpus*) 29,
 30, 43 – 45, 126
unita, *Scolecopteris*? 43
unitus, *Ptychocarpus* 43, 47
- valida*, *Alethopteris* 78
verticillatum, *Sphenophyllum* 21, 22,
 36, 56, 67, 71, 90, 91
 cf. *verticillatum*, *Sphenophyllum* 36, 46
vestita, *Lobatopteris* 45
vestita, *Pecopteris* 36, 45, 46, 60
vestita, *Pecopteris/Lobatopteris* 45
volkmanni, *Pecopteris* (*Senftenbergia*)
 30