

Fossile Pflanzen aus dem Oberkarbon bei Albringhausen (Wetter, Ennepe-Ruhr-Kreis, Nordrhein-Westfalen)

MARCUS LUBIENSKI

Kurzfassung

Von zwei Fundorten aus dem Oberkarbon im südlichen Ruhrgebiet werden Pflanzenfossilien vorgestellt und phylogenetisch eingeordnet. Zugleich wird ein kurzer Überblick über die geologische Geschichte des Ruhrkarbons gegeben.

Abstract: Fossil plants from the Upper Carboniferous of Albringhausen (Wetter, Ennepe-Ruhr Kreis, North Rhine-Westphalia, Germany)

Fossil plants from two sites within the Upper Carboniferous of the Southern Ruhr area are presented and phylogenetically classified. Additionally a brief overview of the geological history of the Carboniferous within the Ruhr area is given.

Die Arbeit ist meinem Großvater, WACLAW LUBIENSKI (1900-1996), gewidmet, der in jungen Jahren seine polnische Heimat verließ, um im Ruhrgebiet als 14-Jähriger im Steinkohlenbergbau zu arbeiten. Wie so viele andere hat er damit Kultur und Geschichte dieser Region nachhaltig geprägt und beeinflusst. Unter Tage war er an der Bergung eines fossilen Baumstumpfes beteiligt, der auf dem Werksgelände der Zeche Oespel in Dortmund ausgestellt war.

1 Einleitung

Das Ruhrgebiet und die angrenzenden Gebiete südlich der Ruhr blicken zurück auf eine jahrhundertealte Kultur, die maßgeblich geprägt ist durch den Steinkohlenbergbau. Da Steinkohlenformationen auf Grund der besonderen Entstehungsbedingungen zumeist besonders reich an Fossilien, insbesondere Pflanzenfossilien sind, wurde der industrielle Abbau der Kohle von Anfang an auch begleitet von paläobotanischem Interesse. Die Erforschung der Flora der Karbonzeit kann daher auch als ein Schwerpunkt der neueren Paläobotanik bezeichnet werden (JOSTEN 2005). Unzählige Pflanzenfossilien, die in Gruben, in Übertageaufschlüssen sowie bei Tiefbohrungen gewonnen wurden, haben dazu geführt, dass man sich heute ein recht detailliertes Bild von den Lebensformen und -bedingungen in den karbonischen Kohlesümpfen machen kann. Dabei sind derartige paläobotanische Untersuchungen nicht nur für phylogenetische, paläoökologische, pflanzengeographische und paläoklimatische Fragestellungen innerhalb der botanischen Wissenschaft von Bedeutung, sondern können auch für die biostratigraphische Gliederung der einzelnen Sedimentabfolgen herangezogen werden (JOSTEN 1962 & 2005). Sie sind damit auch für die Geologie von großem Wert.

Mit dem Ende des Kohlenbergbaus im Ruhrgebiet ist der Paläobotanik zwar eine wichtige Fossilienquelle abhanden gekommen, gleichwohl bietet das Ruhrgebiet durch anthropogene Übertageaufschlüsse an Straßen, Bahntrassen und Steinbrüchen sowie durch natürliche Felsvorkommen entlang des Ruhrtals nach wie vor die Möglichkeit, Überreste von 300 Mio. Jahre alten Pflanzengesellschaften zu finden. Dabei ist insbesondere das südliche Ruhrgebiet von Interesse, da hier die zugleich ältesten "produktiven", also flözführenden Schichten zu Tage treten und somit leicht zugänglich sind.

2 Das Ruhrkarbon

Das Erdzeitalter des Karbons umschreibt den Zeitraum von vor 358 bis 296 Mio. Jahren. Es lässt sich unterteilen in einen älteren Abschnitt, das Unterkarbon und einen jüngeren Abschnitt, das Oberkarbon (von vor 326,5 bis 296 Mio. Jahren).

Tab. 1: Stratigraphische Einordnung der Sprockhöveler Schichten (Namur C) (mod. nach SCHÖLLMANN 2005).
 Tab. 1: Stratigraphic classification of the Sprockhöveler Schichten (Namurian C).

System	Serie	Stufe	Formation	Zeit (Beginn vor Mio. Jahren)	
Karbon (vor 358 bis 296 Mio. Jahren)	Oberkarbon	Stefan(ium)	C		305
			B		
			A		
		Westfal(ium)	D	Osnabrück-Formation	316,5
			C	Lembeck-Formation	
				Dorsten-Formation	
			B	Horst-Formation	
				Essen-Formation	
			A	Bochum-Formation	
				Witten-Formation	
	Namur(ium)	C	Sprockhövel-Formation	317,25	
		B	Kaisberg-Formation	326,5	
			Ziegelschiefer-Formation		
		A	Grauwacken-Quarzit-Formation		
Unterkarbon	Viseum		345,5		
	Tournaisium		358		

Dieses wiederum ist gegliedert in drei Stufen, das Namur (A bis C), das Westfal (A bis D) und das Stefan (A bis C) (Tab. 1). Die an den Probenstellen angeschnittenen Schichten gehören zur Sprockhövel-Formation (Sprockhöveler Schichten) und sind dem Namur C zuzuordnen, einem Zeitabschnitt, der vor ungefähr 317,25 Mio. Jahren begann und ca. 750.000 Jahre andauerte.

Das Karbon im Ganzen ist charakterisiert durch das in diesem Zeitraum außergewöhnlich große Ausmaß an Kohlenbildung. Diese beginnt bereits im Oberdevon auf der Bäreninsel in der Arktis und wandert im Verlaufe des Karbons über Nord-, West-, Mittel- und Osteuropa, Nordamerika bis nach Sibirien und China, um schließlich in Südafrika, Südamerika und Australien noch bis ins Perm fortzudauern (HESEMANN 1978).

Die Kohlenformationen Nordwestdeutschlands, und somit auch die des Ruhrgebietes, entstanden im Zeitabschnitt des Oberkarbons. Zu dieser Zeit lagen die Landmassen, die heute Mitteleuropa bilden, in Äquatornähe. Das feucht-warme Klima begünstigte eine entsprechend üppige, tropische Vegetation, zu der auch die Kohlesümpfe gehörten.

Zu Beginn des Oberkarbons begann der auf der Südhalbkugel gelegene, geschlossene Kontinentalblock Gondwana nach Norden zu driften und mit den Landmassen der Nordhalbkugel (Laurussia) zu kollidieren. Dadurch entstand nicht nur später der zusammenhängende Großkontinent Pangäa, sondern auch ein 8000 km langes, von Nordamerika über Nordwestafrika bis nach Europa reichendes Faltengebirge, das sog. Variscische Gebirge. Im Norden dieses Gebirgszuges in Europa senkte sich in Folge dieser Auffaltung eine Vortiefe ein, die von Polen bis Irland reichte und mit dem Ozean in Verbindung stand (SCHÖLLMANN 2005). Diese wird als subvariscische Saumsenke bezeichnet. Die Sedimente des Oberkarbons, die diese Senke aufgenommen hat, stammen größtenteils vom südlich gelegenen Gebirgszug, der heute noch in Form des Rheinischen Schiefergebirges erhalten ist. Sie sind in Nordwestdeutschland mehr als 5000 m mächtig (JOSTEN 1991a). Im Zuge der Ablagerung wurde das Meer nach und nach zurückgedrängt und es entstanden ausgedehnte Ebenen auf Meereshöhe, sog. paralische Gebiete. In diesen

flachen Gebieten bildeten sich bald entlang von Flussniederungen, aber auch in den Tälern des Gebirges üppige Sumpfwälder (SCHÖLLMANN 2005).

Diese geologische Geschichte spiegelt sich in den Sedimenten der subvariscischen Saumsenke wider. Während im Namur A noch marine Sedimente vorherrschen, treten ungefähr ab dem Namur B vermehrt limnisch-fluviatile Ablagerungen auf. Damit verbunden ist auch das in diesem Zeitraum beginnende Auftreten von Kohleflözen, also der Übergang vom sog. flözleeren zum flözführenden (produktiven) Oberkarbon. Die Flözbildung erfolgte dabei in sich rhythmisch wiederholenden Zyklen, in denen sich die Schwankungen des Grundwasserspiegels in der flachen, küstennahen Landschaft zeigen (JOSTEN 1991a). Dabei wurden die Waldmoore immer wieder vom Meer überflutet und von Sedimenten überlagert, die heute das Hangendgestein der Flöze bilden. Damit ist auch jedes der ca. 350 Flöze des Oberkarbons prinzipiell gleich aufgebaut: Im Liegenden befindet sich ein Wurzelboden (Stigmarien-Schiefer), von dem die Torfbildung im Waldmoor ausging, darauf folgt das Flöz selbst (von wenigen cm bis zu 4 m Mächtigkeit), gefolgt von einer Tonsteinschicht im Hangenden, die meist assoziiert ist mit fossilienreichen Schichten. Diese sind besonders reich an Pflanzenfossilien und vermitteln einen Eindruck der "im Schlamm ertrunkenen" Vegetation (JOSTEN 1991a). Darüber befindet sich dann eine Sediment- bzw. Sandsteinschicht von unterschiedlicher Mächtigkeit.

Die Bildung von Flözen setzte allerdings nicht überall gleichzeitig ein. So begann sie im Aachener Raum bereits im Namur A, im Ruhrgebiet und im Münsterland aber erst im Namur C (DROZDZEWSKI & WREDE 1994). Die hier vorgestellten Fossilfunde stammen aus diesem Zeitraum der beginnenden Flözbildung im Ruhrgebiet (Flöz Besserdich und Schieferbank) und liegen somit im Bereich der ältesten Kohleflöze im Ruhrgebiet.

3 Das Gebiet

Die ehemalige Bahnstrecke Witten-Schwelm (auch Elbschetalbahn genannt) (MTB 4609/24), die in den Jahren 1911 bis 1934 gebaut und 1983 endgültig stillgelegt wurde, durchschneidet auf ihrem Abschnitt zwischen Albringhausen und dem Silschede Tunnel zum Teil recht tief die Gesteinsschichten des Oberkarbons. Dabei handelt es sich um die Sprockhöveler Schichten, die dem Namur C (beginnend vor ca. 317 Mio. Jahren) zuzuordnen sind.

Auf dieser Strecke werden mehrere Steinkohlenflöze angeschnitten, darunter die Flöze "Wasserbank", "Hauptflöz", "Schieferbank" und "Sarnsbank" (MICHELAU & STAHL 1952). Die Schlucht hat eine bemerkenswerte Tiefe (Einschnitttiefe am Tunnel ca. 30 m) und starke Hangneigung (stellenweise bis zu 45°). Westlich von Albringhausen befindet sich direkt an der alten Bahntrasse am Südwesthang des Böllbergs der seit 1932 betriebene Steinbruch der Firma KÜLPMANN. Diese baut den sog. Besserdich-Sandstein ab, der nach dem schmalen nur ca. 30 cm mächtigen Flöz "Besserdich" benannt ist. Auf diesem Gelände befand sich von 1934 bis 1967 ebenfalls die Zeche Neu-Wülfingsburg, die unter Tage die mächtigeren Flöze "Neuflöz", "Wasserbank" und "Hauptflöz" abbaute (MÜGGE & al. 2005).

An zwei Stellen entlang der Trasse wurden verschiedene fossile Pflanzenreste gefunden, worüber im Folgenden berichtet werden soll. Die Bestimmung erfolgte anhand der Arbeiten von JOSTEN (1983 & 1991a & b), begnügt sich aber zumeist mit der Gattung. Das Sippenpektrum deckt sich mit den für diesen Zeitabschnitt publizierten Taxa (JOSTEN 1983 & 1991a & b).

Die stratigraphische Zuordnung konnte nur näherungsweise vorgenommen werden. Hierfür wurde die geologische Karte des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlengebietes (MICHELAU & STAHL 1952) benutzt.

4 Fossile Pflanzen

Fundort 1 (Site 1):

Steinbruch Firma KÜLPMANN, Südwesthang des Böllberg, nordwestlich Albringhausen, Wetter, Ennepe-Ruhr-Kreis; MTB 4609/22, Geograph. Koordinaten: N 51°22'26.5"/E 07°18'36.3"; Stratigraphie: vermutl. Flöz Besserdich, Untere Sprockhöveler Schichten, Namur C, Oberkarbon; Abraummateriale, brüchiger Tonschiefer

Lepidodendron STERNBERG (*Lepidodendraceae*, *Lepidodendrales*, *Lycophyta*), Abb. 1-12.

Mit dem Namen *Lepidodendron* werden Abdrücke der Stämme und Äste der großen baumförmigen Bärlappe (Schuppenbäume) des Karbons bezeichnet. Gelegentlich finden sich Äste mit noch anhaftenden Blättern, wie in den meisten hier gezeigten Fällen. Innerhalb der Gattung *Lepidodendron* (mit langgestreckten Blattpolstern) sind aus dem Namur C zwei Arten bekannt: *L. aculeatum* und *L. obovatum* (JOSTEN 1991a). Die hier gezeigten Exemplare scheinen aber eher zu *L. lycopodioides* zu gehören, einer Art, die eigentlich im Unteren Westfal auftritt und bislang nur einmal im Namur C gefunden worden ist (JOSTEN 1991a & 2005). *Bothrodendron*, mit einer Art (*B. minutifolium*) aus dem Namur C bekannt (JOSTEN 1991a), hat kleinere Blätter als *Lepidodendron* und scheidet daher aus.

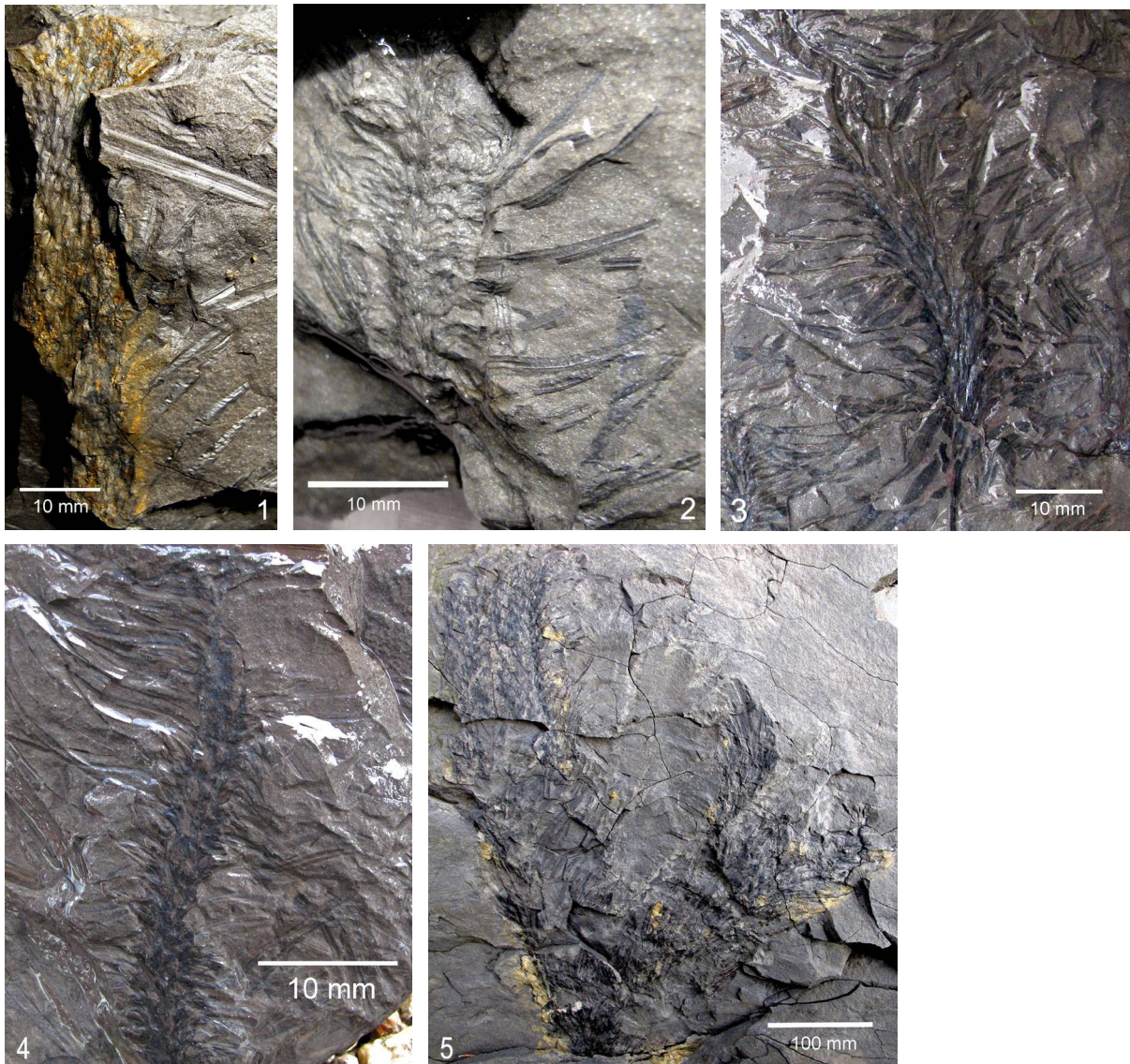


Abb. 1-5: *Lepidodendron* spec. von Fundort 1 (Namur C, Oberkarbon). Äste/Astspitzen mit Blättern.

Fig. 1-5: *Lepidodendron* spec. from site 1 (Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]). branches/branch tips with leaves.

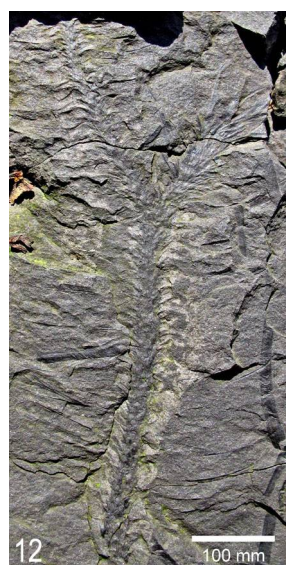
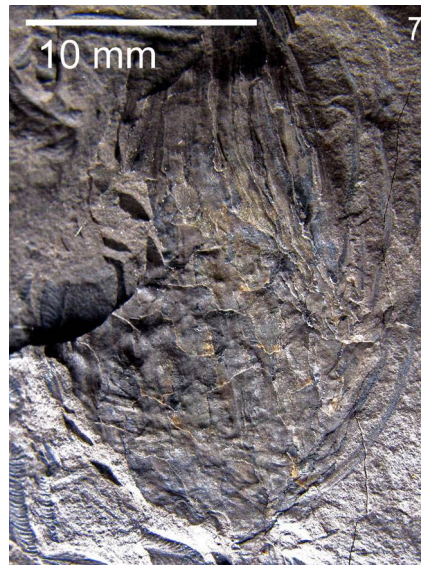


Abb. 6-12: *Lepidodendron* spec. von Fundort 1 (Namur C, Oberkarbon). Äste/Astspitzen mit Blättern.

Fig. 6-12: *Lepidodendron* spec. from site 1 (Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]). branches/branch tips with leaves.

***Lepidophloios* STERNBERG (*Lepidodendraceae*, *Lepidodendrales*, *Lycophyta*),**

Abb. 13-16

Den *Lepidodendren* in der Wuchsform sehr ähnlich, aber insgesamt kleiner sind die Arten der Gattung *Lepidophloios* (Schuppenrinden-Bäume). Die Gattung unterscheidet sich von *Lepidodendron* deutlich durch die querrhombischen Blattpolster (Abb. 16). Aus dem Oberkarbon Nordwestdeutschlands ist lediglich ein Vertreter bekannt: *L. laricinus*.

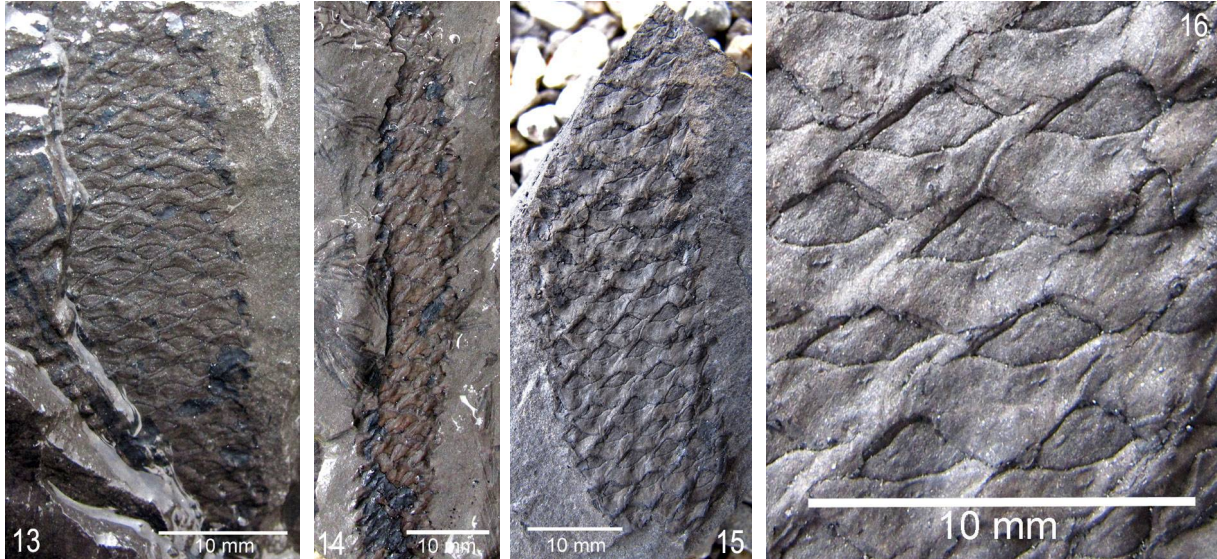


Abb. 13-16: *Lepidophloios* spec. von Fundort 1 (Namur C, Oberkarbon) mit den für die Gattung charakteristischen breiten Blattpolstern.

Fig. 13-16: *Lepidophloios* spec. from site 1 (Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]) showing characteristic broad leaf cushions.

***Lepidostrobus* BRONGNIART (*Lepidodendraceae*, *Lepidodendrales*, *Lycophyta*),**

Abb. 17.

Die Formgattung *Lepidostrobus* umfasst die zapfenförmigen Fruktifikationsorgane von *Lepidodendron* bzw. *Lepidophloios*. Obwohl mehrere Arten beschrieben worden sind, ist die Zuordnung zu den unterschiedlichen vegetativen Sprossen zumeist noch unklar (JOSTEN 1991a). Das hier abgebildete Exemplar ist allein schon aufgrund der stark fortgeschrittenen Verwitterung nicht weiter bestimmbar.



Abb. 17: *Lepidostrobus* spec., verwittertes Exemplar eines Lepidodendraceen-Zapfens von Fundort 1 (Namur C, Oberkarbon).

Fig. 17: *Lepidostrobus* spec., weathered specimen of a lepidodendrid cone from site 1 (Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]).

***Lepidostrobohyllum* HIRMER (*Lepidodendraceae*, *Lepidodendrales*, *Lycophyta*)**

Abb. 18-21

Gelegentlich werden isolierte Sporophylle der Lepidodendraceen-Zapfen gefunden. Sie werden dann als *Lepidostrobohyllum* bezeichnet. Die häufigste Form, der auch die hier vorgestellten Exemplare ähneln, ist *L. lanceolatum*.

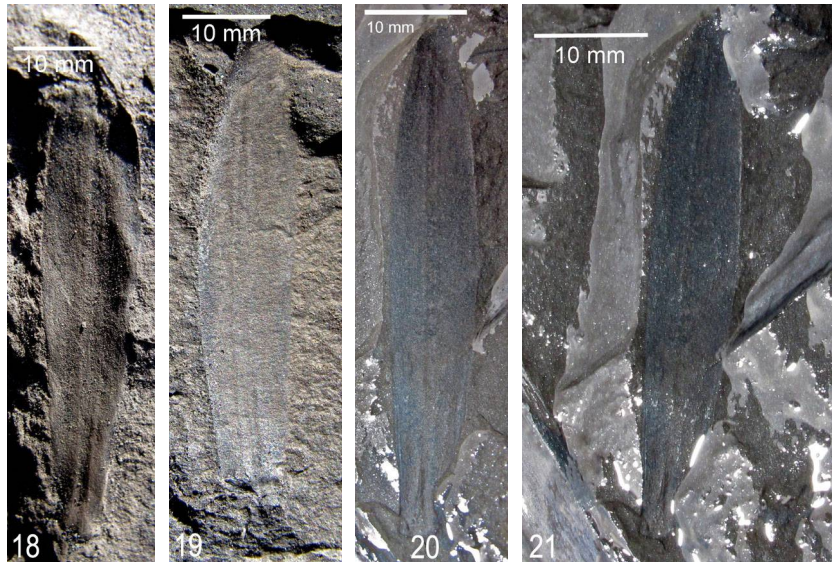


Abb. 18-21: *Lepidostrobohyllum* spec., isolierte Sporophylle von Lepidodendraceen-Zapfen (Fundort 1, Namur C, Oberkarbon).

Fig. 18-21: *Lepidostrobohyllum* spec.: isolated sporophylls of lepidodendrid cones (site 1, Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]).

***Sigillaria* BRONGNIART (*Sigillariaceae*, *Lepidodendrales*, *Lycophyta*)**, Abb. 22-24.

Die mit den Lepidodendren verwandte Gattung *Sigillaria* (Siegelbäume) war ein sehr auffälliges und prägendes Element der Pflanzengesellschaften des karbonischen Steinkohlenwaldes. Mit 18 Arten im Zeitraum zwischen Namur und Mittlerem Westfal war sie zugleich sehr artenreich (JOSTEN & VAN AMERON 1999).

Sigillarien hatten im Gegensatz zu den Lepidodendren keine reich verzweigten Baumkronen, sondern waren meist unverzweigt oder einfach gegabelt und trugen in der Spitzenregion einen Schopf aus langen, nadelartigen Blättern. Diese hinterließen nach dem Abfallen charakteristische Narben. Je nach Anordnung dieser Blattnarben ergeben sich unterschiedliche Rindenstrukturen, wonach sich die *Sigillaria*-Arten in zwei Gruppen unterteilen lassen (JOSTEN 1991a): Eusigillarien mit in Längsrippen angeordneten Blattnarben und Subsigillarien mit Rinden ohne Längsrippen. Die dargestellten Abdrücke zeigen sehr ausgeprägte Längsrippen, auf denen die Blattnarben mit deutlichen Abständen sitzen. Damit gehören sie klar zur Gruppe der Eusigillarien und innerhalb dieser zu den sog. rhytidolepen Arten, im Gegensatz zu den favularischen Arten mit dichtgedrängt stehenden Blattnarben, die ein bienenwabenartiges Muster ergeben.

Sowohl im Hinblick auf die Rindenmorphologie, als auch bei Berücksichtigung der stratigraphischen Verbreitung handelt es sich wahrscheinlich um *S. schlotheimiana*.

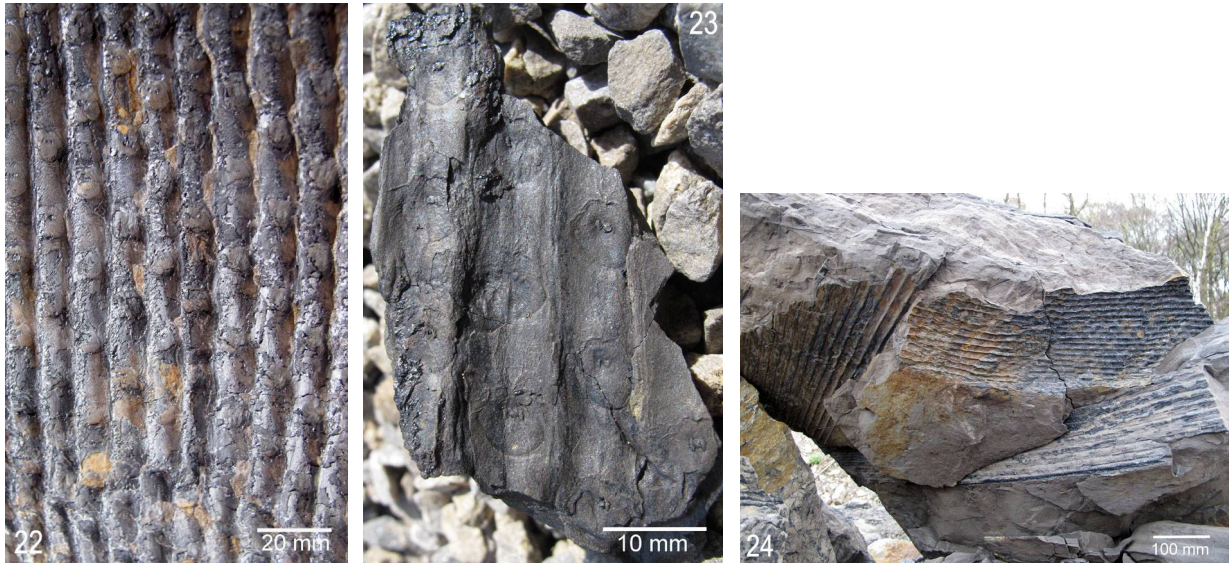


Abb. 22-24: *Sigillaria* cf. *schlotheimiana* von Fundort 1 (Namur C, Oberkarbon).

Fig. 22-24: *Sigillaria* cf. *schlotheimiana* from site 1 (Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]).

***Sigillariophyllum* GRAND'EURY (*Sigillariaceae*, *Lepidodendrales*, *Lycophyta*),**
Abb. 25-27.

Die nadelartigen Blätter der Sigillarien werden mit dem Namen *Sigillariophyllum* bezeichnet. Nicht selten sind sie im abgefallenen Zustand mit Sediment überdeckt worden und so erhalten geblieben. Sie sind unspezifisch und werden daher nicht weiter differenziert.

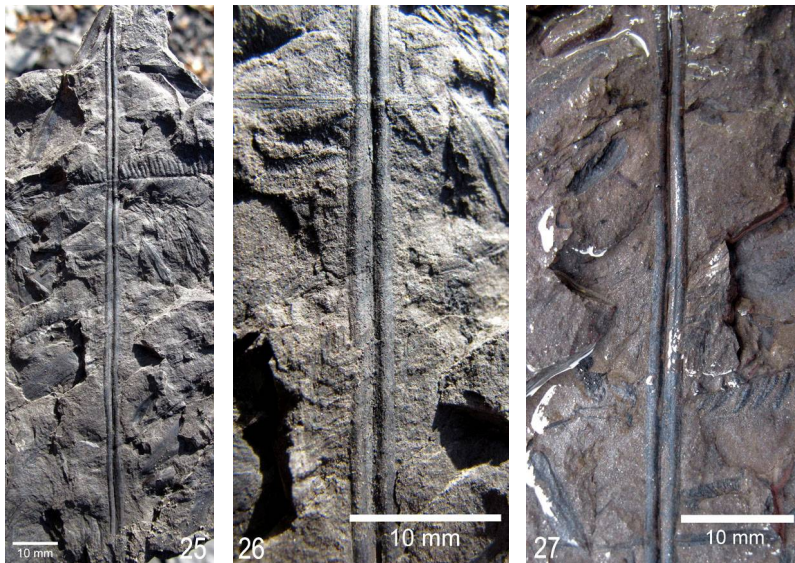


Abb. 25-27: *Sigillaria* (*Sigillariophyllum* spec.), abgefallene, nadelartige Blätter (Fundort 1, Namur C, Oberkarbon).

Fig. 25-27: *Sigillaria* (*Sigillariophyllum* spec.), detached, needle-like leaves (site 1, Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]).

***Stigmaria* BRONGNIART (*Lycophyta*),** Abb. 28-34.

Unter dem Namen *Stigmaria* werden die sprossartigen Wurzelorgane der meisten Lepidophyten zusammengefasst, insbesondere der im Karbon häufigen Gattungen *Lepidodendron* und *Sigillaria*. Sie sind bei diesen Gattungen sehr einheitlich ausgebildet und lassen sich daher nicht weiter zuordnen. *Stigmaria*-Fossilien sind typisch für die fossilen Wurzelböden unmittelbar unter den Kohleflözen, die sie oft in großer Menge breit ausladend und dichotom verzweigt durchziehen. Sie befinden sich in ihrer originären Wachstumsposition, gelegentlich auch mit Baumstümpfen assoziiert und repräsentieren so die tatsächliche Lebenssituation im

karbonischen Kohlesumpf. Die runden Narben auf den Oberflächen der Stigmarien (Abb. 31) stammen von schlauchförmigen Wurzeln, sog. Appendices (Abb. 32), die sie rundherum umgeben (Abb. 34). Die häufigste Art ist *S. ficoides*.

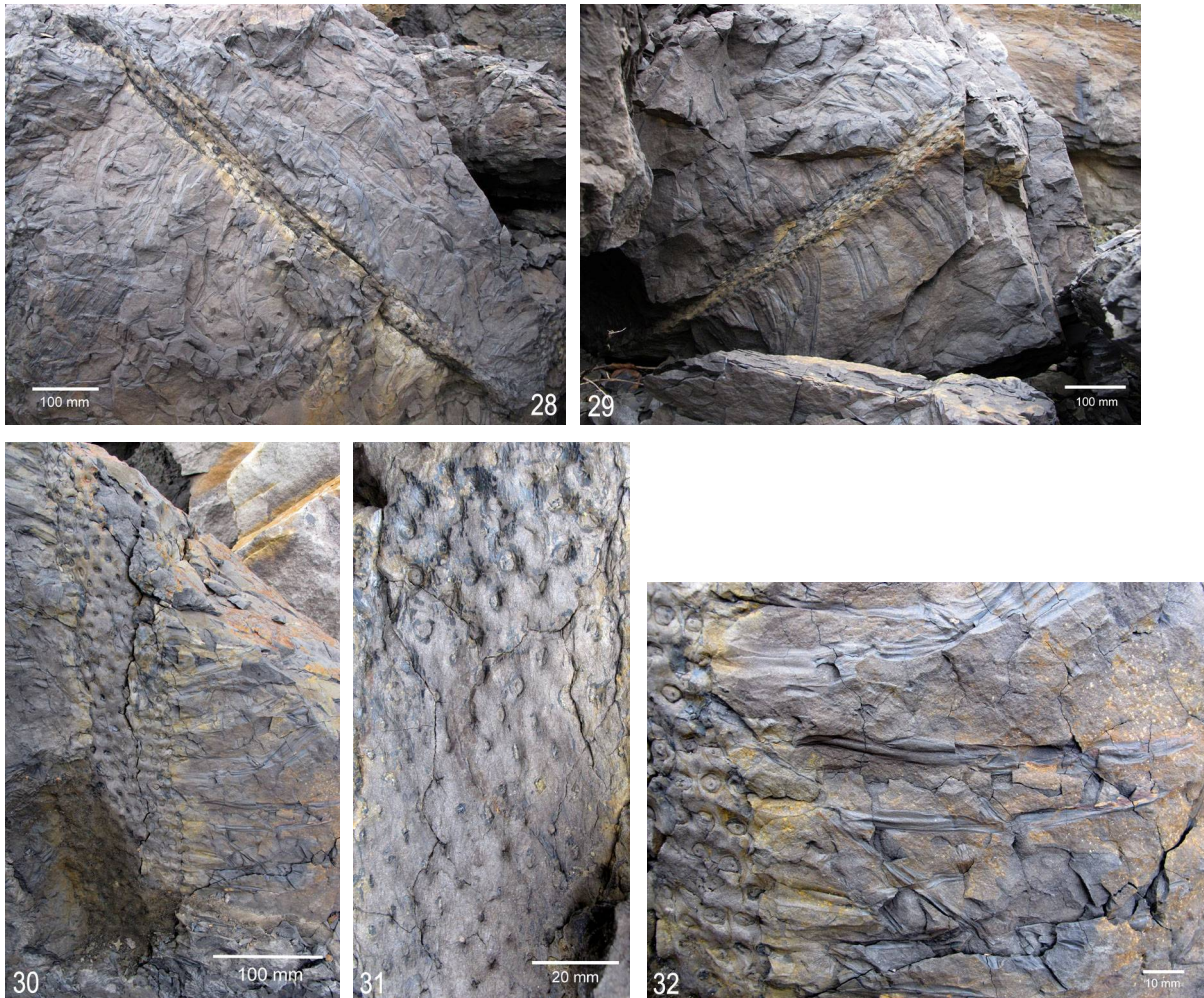


Abb. 28-32: *Stigmaria* spec., unterirdische Wurzelorgane der Lepidodendraceen mit Wurzel-Anhängseln (Appendices) in undifferenziertem Schieferthon, der den fossilen Wurzelboden im Kohlesumpf darstellt (Fundort 1, Namur C, Oberkarbon).

Fig. 28-32: *Stigmaria* spec., lepidodendrid subterranean rhizomorphs with root appendages found in unstratified shale representing the fossil underclay of the coal swamp (site 1, Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]).



Abb. 33-34: *Stigmaria* spec. in fossilem Wurzelboden, die radiäre Anordnung der Appendices zeigend (Fundort 1, Namur C, Oberkarbon).

Fig. 33-34: *Stigmaria* spec. in fossil underclay showing the radially attached appendages (site 1, Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]).

***Calamites* SUCKOW (*Calamitaceae*, *Equisetales*, *Sphenophyta*)**, Abb. 35-40.

Bei der Gattung *Calamites* handelt es sich um die fossilen Überreste der Sprossachsen der baumförmigen karbonischen Schachtelhalme. Sie wird in Abhängigkeit des Verlaufsmusters der längs laufenden Rillen und Rippen an der Nodiallinie sowie des Verzweigungsmusters des Hauptstammes in fünf Untergattungen unterteilt: *Mesocalamites*, *Stylocalamites*, *Crucicalamites*, *Diplocalamites* und *Calamitina* (JOSTEN 1991a). Davon kommen für den hier beschriebenen Fundort stratigraphisch nur *Mesocalamites* und *Stylocalamites* in Frage (JOSTEN 2005). Einige Exemplare lassen eine wellen- bis zickzackförmige Nodiallinie erkennen und zeigen vereinzelte und unregelmäßig auftretende Astmale, was eher für *Stylocalamites* sprechen würde. Außerdem zeigen einige Abdrücke einen ausgeprägten wellenförmigen Verlauf der Rippen (Abb. 39), was typisch für *Stylocalamites undulatus* ist (JOSTEN 1991a). Es ist allerdings gut möglich, dass es sich bei den vorliegenden Fossilien um mehrere Taxa handelt.

Die *Calamites*-Stämme erreichten Höhen von bis zu 20 m und auf Grund der Bildung von sekundärem Xylem (Verholzung, vgl. EGGERT 1962) Stammdurchmesser von etwa 60 cm (RÖSSLER & NOLL 2006). Sie hatten eine zentrale Markhöhle, die sich bei der Überschichtung mit Sediment füllen konnte und so zur Bildung der häufig zu findenden Marksteinkerne führte (JOSTEN 1991 a). Diese Markhöhle war umgeben von einem z. T. recht mächtigen Holzkörper, was sehr eindrucksvoll an den vollständig versteinerten und somit anatomisch erhaltenen Stämmen des versteinerten Waldes von Chemnitz zu sehen ist (RÖSSLER & NOLL 2006, 2007 & 2010). Nach der Marksteinkerntheorie zeigt die Oberflächenstruktur solcher Fossilien lediglich das Relief des Markkerns und nicht die äußere Oberfläche der gesamten Pflanze, deren Durchmesser in Wirklichkeit viel größer war. Neuere Untersuchungen jedoch legen überzeugend dar, dass es sich in den allermeisten Fällen solcher "Marksteinkern"-Fossilien nicht um Hohlräume ausgüsse des Markkernes, sondern, ähnlich wie bei den Stammfossilien der baumförmigen Lepidophyten, um Ausgüsse des gesamten Stammes handelt. Somit würde das charakteristische Längsriefenmuster der *Calamites*-Fossilien die tatsächliche äußere Oberflächenstruktur der Pflanzen und auch deren tatsächlichen Durchmesser wiedergeben (DIMICHELE & FALCON-LANG 2012).

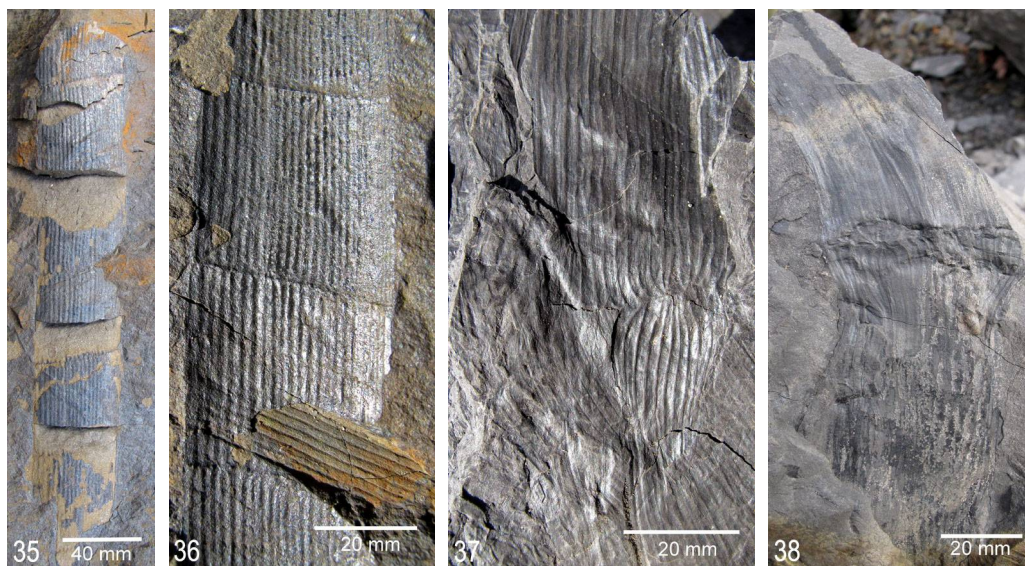


Abb. 35-38: *Calamites* spec., Steinkerne und Abdrücke von Fundort 1 (Namur C, Oberkarbon).

Fig. 35-38: *Calamites* spec., pith casts and compression-impression fossils of *Calamites* spec. from site 1 (Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]).

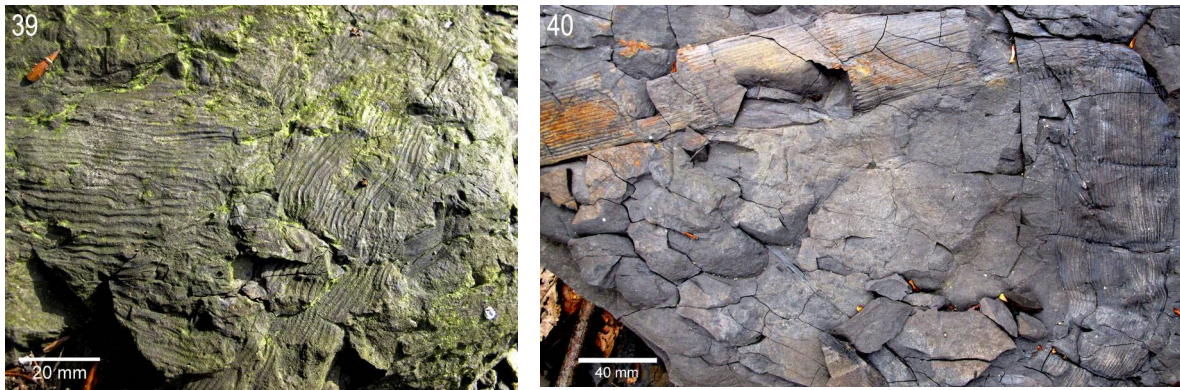


Abb. 39-40: *Calamites* spec., Steinkerne und Abdrücke von Fundort 1 (Namur C, Oberkarbon).

Fig. 39-40: *Calamites* spec., pith casts and compression-impression fossils from site 1 (Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]).

Wie sie mit einer solchen Hohlkörperarchitektur auch ohne sekundäres Dickenwachstum derartige Wuchshöhen erreichen könnten, wurde, angelehnt an das Wachstum und die Anatomie der rezenten Schachtelhalme, an Hand von Computersimulationen und biomechanischen Studien gezeigt (SPATZ & al. 1998b, DAVIERO & al. 2000, DAVIERO & LECOUSTRE 2000). Die größten rezenten *Equisetum*-Arten, die immerhin noch Wuchshöhen von über 5 m erreichen, wie z. B. das südamerikanische *E. giganteum*, aber auch große einheimische Arten, wie z. B. *E. hyemale* oder *E. telmateia*, verfügen nicht über ein sekundäres Dickenwachstum und können nur angelehnt an die umgebende Vegetation aufrecht stehen (SPATZ & al. 1998a, SPECK & al. 1998, HUSBY 2009).

***Asterophyllites* BRONGNIART (*Calamitaceae*, *Equisetales*, *Sphenophyta*)**, Abb. 41-50.

Bei der Gattung *Asterophyllites* handelt es sich um eine Formgattung, unter der man (neben der Gattung *Annularia*) die fossilen Überreste der Beblätterung der Stämme und jüngeren Sprosse der Gattung *Calamites*, der großen baumförmigen Schachtelhalme der karbonischen Sümpfe, zusammenfasst (JOSTEN 1991a, TAYLOR & al. 2009). Im Unterschied zu den *Annularia*-Arten, bei denen die lanzett- oder schwach spatelförmigen, quirlständigen Blätter flach in einer Ebene ausgebreitet sind, stehen diese bei *Asterophyllites* zwar auch quirlständig, aber an den Achsen aufwärts gerichtet und sind schmal-linealisch. Außerdem sind sie länger als bei *Annularia* und erreichen immer das darüberliegende Nodium.

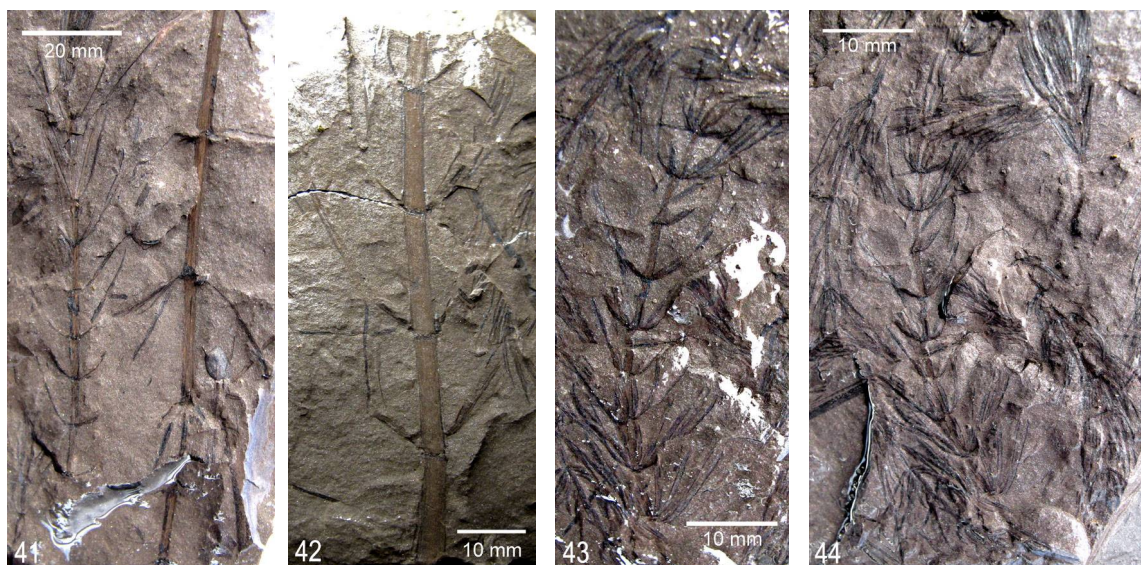


Abb. 41-44: *Asterophyllites* spec., beblätterte Zweige (Fundort 1, Namur C, Oberkarbon).

Fig. 41-44: *Asterophyllites* spec., leafy twigs (site 1, Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]).

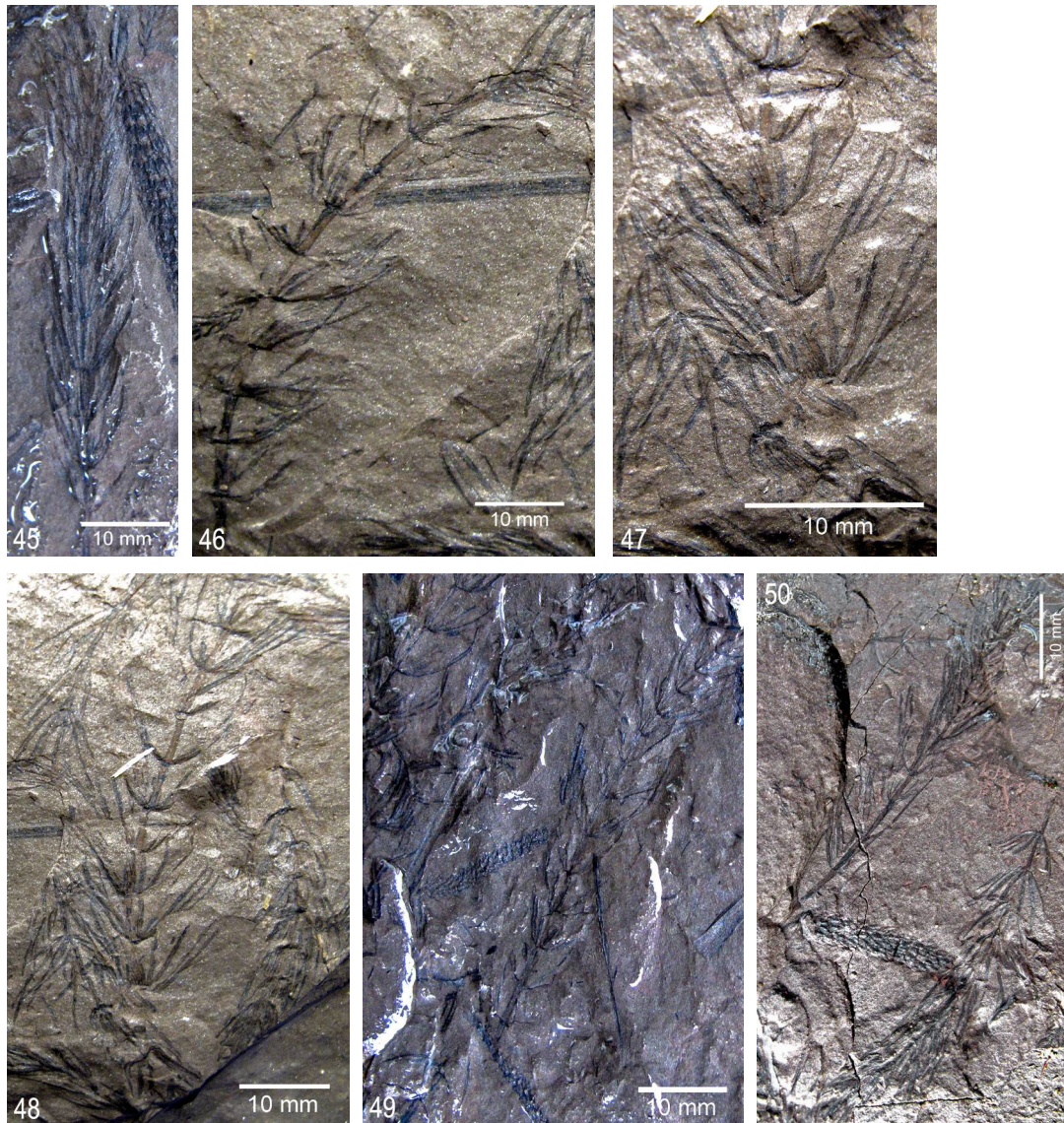


Abb. 45-50: *Asterophyllites* spec., beblätterte Zweige (Fundort 1, Namur C, Oberkarbon).

Fig. 45-50: *Asterophyllites* spec., leafy twigs (site 1, Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]).

Asterophyllites und *Annularia* sind künstliche Gattungen, die oft nicht sauber voneinander zu trennen sind (JOSTEN 2005). Für das Ruhrkarbon (Namur C) kommen die Arten *Asterophyllites gothani*, *A. tener*, *A. heimansi* und *A. hagenensis* in Frage. Aus den angrenzenden älteren Schichten (Namur B) ist noch *A. namuriana*, aus den angrenzenden jüngeren Schichten (Westfal A) sind *A. longifolius*, *A. equisetiformis*, *A. grandis*, *A. charaeformis*, *A. paleaceus* und *A. lycopodioides* beschrieben (JOSTEN 1991a & 2005).

***Calamostachys* SCHIMPER (*Calamitaceae*, *Equisetales*, *Sphenophyta*),**

Abb. 51-62.

Auch *Calamostachys* ist eine Formgattung und bezeichnet die zapfenförmigen Fruktifikationen (Sporophyllstände) der Calamiten. Nach der Art der Ansatzstellen der Sporangioophoren (Sporangienträger) unterscheidet man zwei Gattungen: *Calamostachys* und *Palaeostachya* (JOSTEN 1991a).

Einige Fundstücke zeigen Zweige mit mehreren *Calamostachys*-Sporophyllständen (Abb. 51) sowie solche in organischer Verbindung mit *Asterophyllites*-Zweigen (Abb. 52 & 53).

Obwohl ein Großteil der Calamiten isospor war, also nur einen Typ von Sporen bildeten (*Calamospora*), kam auch Heterosporie vor, also die Bildung von männlichen Mikrosporen und weiblichen Makrosporen (TAYLOR & al. 2009), wie das zum Beispiel bei den rezenten Brachsenkräutern (*Isoetaceae*), Moosfarren (*Selaginellaceae*), Schwimmpfarren (*Salvinia-ceae*), Algenfarren (*Azollaceae*) und Kleefarren (*Marsileaceae*) der Fall ist. Der Höhepunkt der Heterosporie bei den Calamiten waren wohl die Sporophyllstände von *Calamocarpon* (BAXTER 1963), bei denen der gesamte Makrogametophyt im Makrosporangium verblieb und als eine Ausbreitungseinheit fungierte (STEWART & ROTHWELL 1993). Dies kam im Prinzip der Bildung echter Samen sehr nahe. In *Calamocarpon*-Strobili fanden sich zudem Mikrosporen, die ähnlich den modernen Schachtelhalmsporen Hapterenbänder besaßen. Während die rezenten *Equisetum*-Sporen zwei Hapterenbänder mit vier Hapteren haben, besaßen die *Calamocarpon*-Sporen sehr wahrscheinlich nur ein Hapterenband mit drei Hapteren (*Elaterites triferens*, BAXTER & LEISMAN 1967).

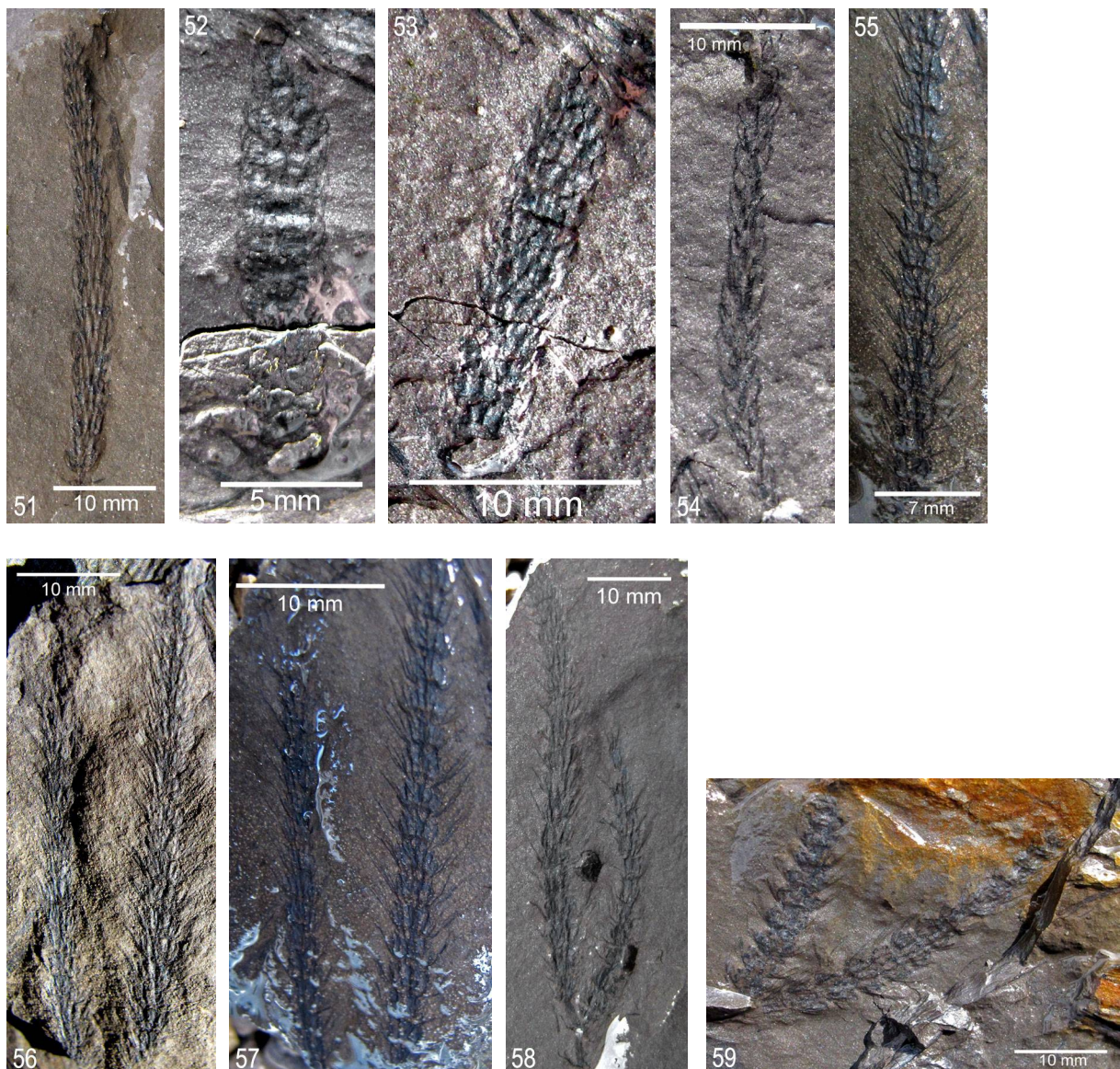


Abb. 51-59: *Calamostachys* spec., Sporophyllstände (= Zapfen, Strobili) von Calamiten (Fundort1, Namur C, Oberkarbon).

Fig. 51-59: *Calamostachys* spec., Calamitean cones (site 1, Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]).



Abb. 60: *Calamostachys* spec.: Zweige mit mehreren Sporophyllständen (Fundort 1, Namur C, Oberkarbon).

Fig. 60: *Calamostachys* spec.: Branches bearing numerous cones (site 1, Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]).

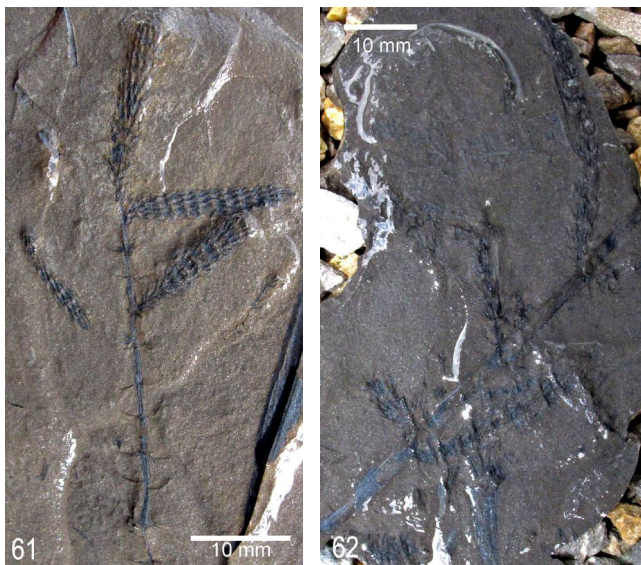


Abb. 61-62: *Asterophyllites* spec., Zweige mit *Calamostachys*-Strobili in organischer Verbindung (Fundort 1, Namur C, Oberkarbon).

Fig. 61-62: *Asterophyllites* spec., twigs with *Calamostachys* cones attached (site 1, Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]).

***Sphenophyllum* BRONGNIART (*Sphenophyllales*, *Sphenophyta*), Abb. 63-64.**

Die Keilblattgewächse (*Sphenophyllales*) sind eine für das Karbon charakteristische Gruppe kleiner, krautartiger Gewächse. Sie sind mit den Schachtelhalmen verwandt und teilen mit diesen die Gliederung der Sprosse durch Nodien. Gefunden werden meist die radial ausgebreiteten und nach distal keilförmig verbreiterten (an die Fiedern der Farngattung *Marsilea* erinnernden), gezähnten Blätter in Form von Blattwirteln.

Die hier gefundenen Exemplare gleichen der Art *S. cuneifolium*, die vom Namur B bis zum Westfal D bekannt ist und zu den häufigen Fossilien der Karbon-Flora zählt. Eine weitere von der stratigraphischen Verbreitung in Frage kommende Art ist *S. laurae*, neben sechs weiteren aus dem Karbon beschriebenen Arten (JOSTEN 2005).

Sphenophyllum-Arten lassen sich anhand ihrer epidermalen Eigenschaften in zwei Gruppen unterteilen: Arten mit schwacher Kutikula, großen Zellen und ungeschützten Stomata und Arten mit kräftig ausgeprägter Kutikula, kleinen Zellen und in der Epidermis versenkten Stomata (BARTHEL 1997, vgl. auch YAO & al. 2000). Diese Unterschiede legen eine unterschiedliche Paläoökologie nahe, die der ersten Gruppe eher hygrophytische und der zweiten eher mesophytische Eigenschaften zuweist (BARTHEL 1997). *S. cuneifolium* gehört zur Gruppe 1 und weist daher auf eine Sumpfflora hin. Interessanterweise findet sich eine ähnliche epidermale Differenzierung bei den ebenfalls zu den *Sphenophyta* zählenden rezenten Schachtelhalmen zwischen den Untergattungen *Equisetum* und *Hippochaete*.

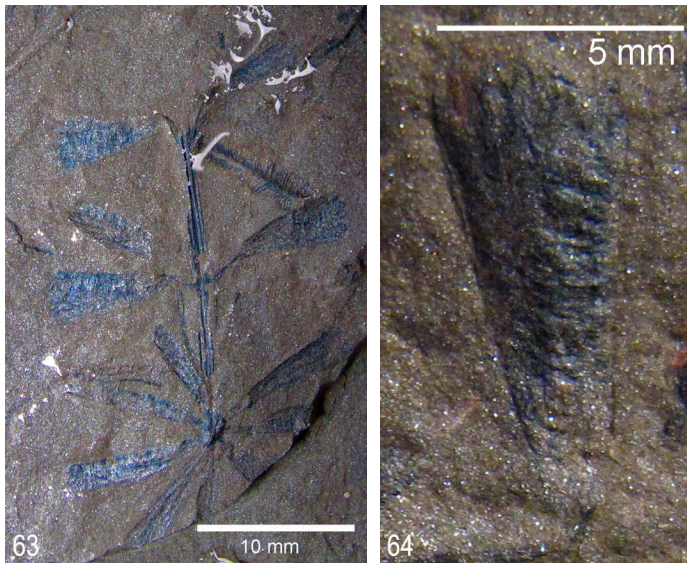


Abb. 63: *Sphenophyllum* spec., Sprossstück mit drei Blattwirteln (Fundort 1, Namur C, Oberkarbon).

Fig. 63: *Sphenophyllum* spec., Shoot fragment with three leaf whorls (site 1, Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]).

Abb. 64: *Sphenophyllum* spec., einzelnes Blatt mit gezähntem distalen Blattrand (Fundort 1, Namur C, Oberkarbon).

Fig. 64: *Sphenophyllum* spec., single leaf showing dentate distal leaf margin (site 1, Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]).

***Alloiopteris* H. POTONIÉ (*Zygopteridaceae*, *Zygopteridales*, *Pteridophyta*),**

Abb. 65-69.

Die Formgattung *Alloiopteris* umfasst die sterilen Abdrücke einer Gruppe von frühen, vom Devon bis zum Perm vorkommenden, farnartigen Pflanzen, den sog. "coenopteriden" Farnen (TAYLOR & al. 2009). Es handelt sich hierbei um echte Farne, die man mit fertilen Fossilien der Formgattung *Corynepteris* in Verbindung bringt (JOSTEN 1991a). Obwohl stratigraphisch noch weitere Arten in Frage kämen (JOSTEN 1991a), handelt es sich bei den vorliegenden Abdrücken offensichtlich um *A. angustissima*.

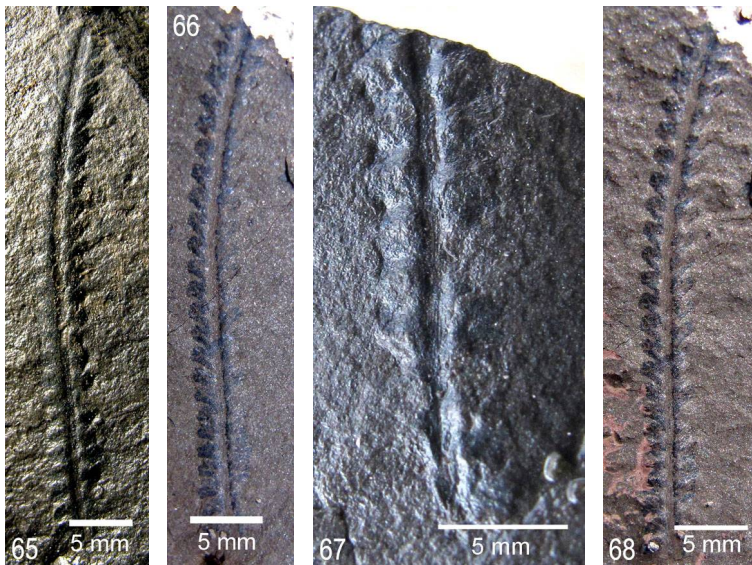


Abb. 65-68: *Alloiopteris* spec., isolierte Blattfiedern (Fundort 1, Namur C, Oberkarbon).

Fig. 65-68: *Alloiopteris* spec., isolated pinnae (site 1, Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]).



Abb. 69: *Alloiopteris* spec., gefiedertes Blatt (Fundort 1, Namur C, Oberkarbon).

Fig. 69: *Alloiopteris* spec., pinnate leaf (site 1, Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]).

***Pecopteris* BRONGNIART (*Psaroniaceae*, *Marattiales*, *Pteridophyta*)**, Abb. 70-75.

Die Gattung *Pecopteris* wird für Blatt-Fossilien verwendet, die man mit dem paläozoischen Baumfarn *Psaronius* in Verbindung bringen kann (TAYLOR & al. 2009). Dieser gehört zur Ordnung der *Marattiales*, einer Gruppe ursprünglicher Farne, die noch heute mit den rein tropisch und subtropisch verbreiteten *Marattiaceae* und den Gattungen *Angiopteris*, *Christensenia*, *Danaea* und *Marattia* vertreten ist (CAMUS 1990).

Für das Namur C sind aus dem Ruhrkarbon bislang zwei Arten bekannt: *P. plumosa* und *P. aspera* (JOSTEN 1991a). Die vorliegenden Stücke ähneln aber eher *P. polymorpha*, einer Art, die aus den fossilen Floren des Ruhrkarbons bislang nicht bekannt ist (JOSTEN 1991a). Ähnlich wie viele Vertreter der Samenfarne, einer Gruppe von hauptsächlich paläozoisch verbreiteten und baumförmigen (oder auch lianenartigen) Pflanzen mit farnähnlicher Belaubung aber bereits pollen- und samentragenden Fortpflanzungsorganen (JOSTEN & VAN AMERON 2003, KRINGS & al. 2005, TAYLOR & al. 2009), waren auch *Pecopteris* bzw. *Psaronius* in den Floren des Oberkarbons charakteristisch für sehr wasserreiche Standorte, also typische Sumpfpflanzen (VAN AMERON & al. 1997).

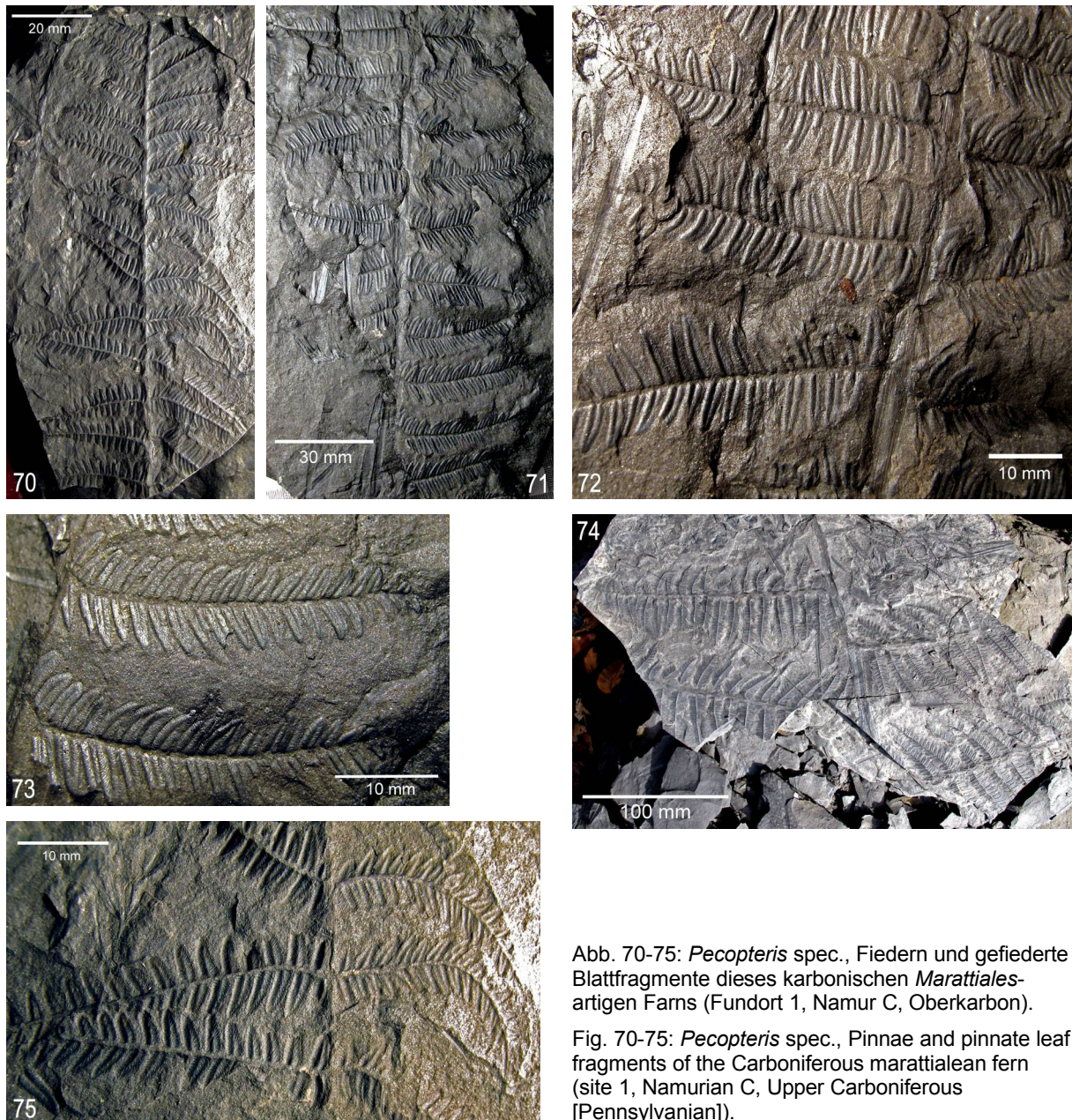


Abb. 70-75: *Pecopteris* spec., Fiedern und gefiederte Blattfragmente dieses karbonischen *Marattiales*-artigen Farns (Fundort 1, Namur C, Oberkarbon).

Fig. 70-75: *Pecopteris* spec., Pinnae and pinnate leaf fragments of the Carboniferous marattialean fern (site 1, Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]).

Fundort 2 (Site 2):

Östlicher Hang der Eisenbahnschlucht (ehem. Elbschetalbahn), südl. der Brücke in der Nähe des Wirtshauses "Am Hax", zw. Albringhausen und Silschede, auf der Grenze Wetter / Gevelsberg, Kreis Ennepe-Ruhr; MTB 4609/24, Geograph. Koordinaten: N 51°21'37.3" / E 07°18'44.5"; Stratigraphie: Flöz Schieferbank, Obere Sprockhöveler Schichten, Namur C, Oberkarbon; Sandstein mit kohlehaltigen Einschlüssen.

***Calamites* SUCKOW (*Calamitaceae*, *Equisetales*, *Sphenophyta*), Abb. 76-80.**

Die gefundenen *Calamites*-Steinkerne und Abdrücke sind wegen des schlechten Erhaltungszustandes nicht weiter bestimmbar, da die für die Ermittlung der Untergattung wichtige Nodiallinie fehlt oder nicht zu erkennen ist. Am wahrscheinlichsten handelt es sich aber um Vertreter der Untergattungen *Mesocalamites* oder *Stylocalamites* (siehe oben).

Ein *Calamites*-Abdruck aus der unmittelbaren Nähe, in den Tonschiefer-Lagen im Hangenden dieser Schicht, zeigt am Nodium versetzte Rippen (Abb. 80), was zu einer zickzackförmigen Nodiallinie führt. Dieses spricht für einen Vertreter der Untergattung *Stylocalamites*.



Abb. 76-77: *Calamites* spec., Steinkerne von Fundort 2 (Namur C, Oberkarbon).

Fig. 76-77: *Calamites* spec., Pith casts from site 2 (Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]).

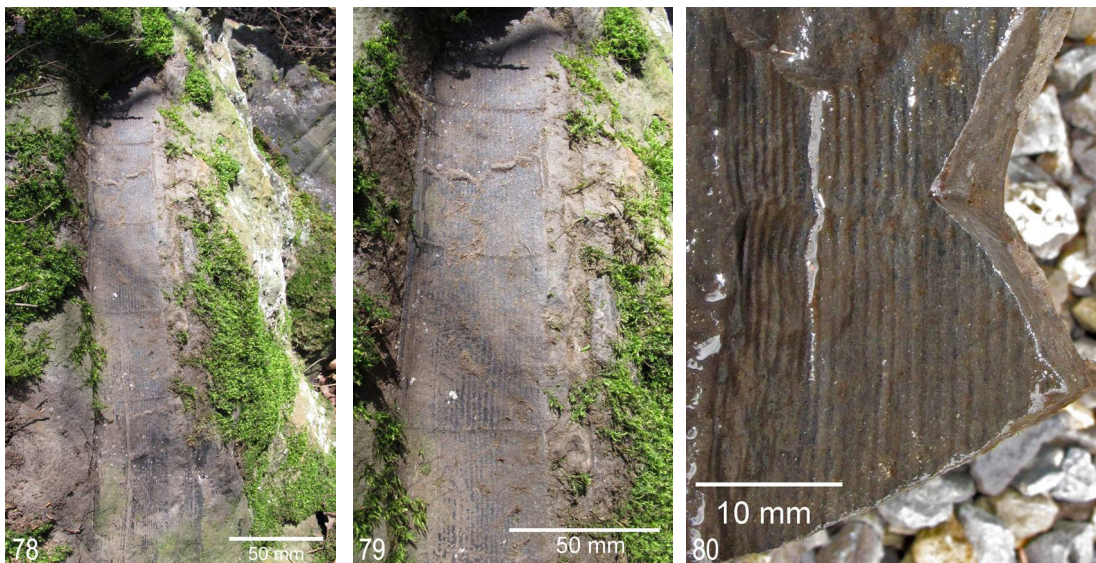


Abb. 78-80: *Calamites* spec., Abdrücke von Fundort 2 (Namur C, Oberkarbon).

Fig. 78-80: *Calamites* spec., impressions from site 2 (Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]).

***Cordaites* (Cordaitales, Coniferophyta), Abb. 81-82**

Die Cordaiten waren eine Gruppe von paläozoischen Vorläufern der Koniferen, also echten Gymnospermen mit für Nacktsamer typischen Blüten (*Cordaitanthus*) und Samen. Zumeist werden Abdrücke der großen lang-lanzettförmigen oder bandartigen, bis zu einem Meter langen, streng parallelernervigen Blätter gefunden, oft allerdings nur in Bruchstücken, wie auch im Fall der hier vorgestellten Funde. Die drei aus den oberkarbonischen Sedimenten beschriebenen Arten, *C. principalis*, *C. borassifolius* und *C. palmaeformis*, unterscheiden sich in der Anordnung der feinen Blattadern und der Anzahl der dazwischen liegenden Baststränge. Die Bestimmung allein auf Grund dieses Merkmals erscheint aber nicht zufriedenstellend (JOSTEN 1991a).

Sowohl von der Blattaderung her als auch auf Grund der bekannten stratigraphischen Verbreitung (JOSTEN 1991a) gehören die vorliegenden Exemplare offensichtlich zu *C. principalis*.

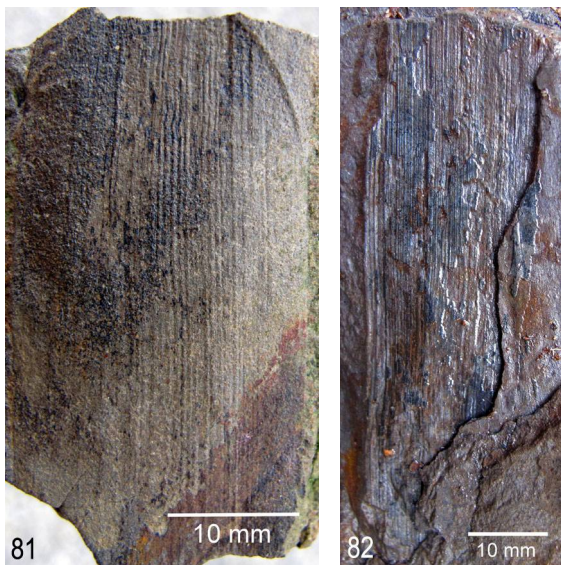


Abb. 81-82: *Cordaites* spec., Blattfragmente (Fundort 2, Namur C, Oberkarbon).

Fig. 81-82: *Cordaites* spec., leaf fragments (site 2, Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]).

***Artisia* STERNBERG (Cordaitales, Coniferophyta), Abb. 83-92**

Bei der Formgattung *Artisia* handelt es sich um Marksteinkerne, genauer um Hohlraumausgüsse des Marks der Baumstämme der Gattung *Cordaites*. *Artisia*-Steinkerne zeigen ein charakteristisches Muster aus Querriefen und sind im Vergleich zu den Blättern eher seltene Fossilien. Der Markkern der Cordaiten-Stämme, die vollständig erhalten unter den Namen *Cordaixylon*, *Pennsylvanioxylon* oder *Mesoxylon* bekannt sind, nahm dabei nur einen kleinen Teil am Gesamtdurchmesser des Stammes ein. Obwohl aus den Steinkohlenflore Nordwestdeutschlands mehrere *Cordaites*-Arten bekannt geworden sind (siehe oben), lassen sich die *Artisia*-Fossilien nur sehr schwer auf Artniveau unterscheiden bzw. einer der *Cordaites*-Arten zuordnen. Insgesamt sind zur Zeit nur zwei *Artisia*-Arten akzeptiert, diese stehen einer weitaus höheren Zahl an beschriebenen *Cordaites*-Arten gegenüber und es wird vermutet, dass die Ausbildung des querriefigen Marks der Stämme nicht sehr spezifisch war und verschiedene *Cordaites*-Arten durchaus die gleichen *Artisia*-Markkerne haben können (ŠIMŮNEK & al. 2009). Da sich in unmittelbarer Nähe des Fundortes kleine Bruchstücke von *Cordaites*-Blättern fanden, die wahrscheinlich zu *C. principalis* gehören (siehe oben), könnten die *Artisia*-Stücke dieser Art zugeordnet werden.

Bemerkenswert ist der beschriebene Fundort auch deshalb, weil die von dünnen Kohlestreifen durchzogene Sandsteinschicht, in der die insgesamt 38 cm *Artisia*-Steinkern-Fossi-

lien gefunden wurden, eine Längsriefung zeigt, die sehr an einen fossilen Baumstamm erinnert (Abb. 86 & 87). Diese Längsriefung stammt von einer mehrere Zentimeter mächtigen Schicht, bei der es sich um fossiles Holz handeln könnte (Abb. 88 & 89), die einen inneren Sandsteinkern leicht bogenförmig umschließt. Im Zentrum dieses Sandsteinkernes befindet sich umgeben von einer dünnen Kohleschicht der *Artisia*-Steinkern (Abb. 90 & 91). Dieser hat ungefähr einen Durchmesser von 4 cm und wird in seiner Längenausdehnung sicher über das geborgene Stück hinausgehen und im Inneren des Felsens weiter verlaufen. Mehrere kleinere, noch in den Sandsteinfels eingebettete *Artisia*-Kerne liegen in unmittelbarer Nähe des Hauptkernes (Abb. 92). Diese vorgefundene Situation lässt vermuten, dass es sich um einen vollständig erhaltenen fossilen *Cordaites*-Stamm handelt. Dieser hat in seiner Gesamtheit eine Länge von 2,60 m und einen geschätzten Durchmesser von 60 cm.

Experimentell ließe sich diese Theorie untermauern, indem man von der fossilen Holzschicht Dünnschliffe anfertigt und diese mikroskopisch untersuchen würde. Da sich fossile (und auch rezente) Hölzer bis zu einem gewissen Grad anhand ihrer anatomischen Eigenschaften bestimmten Verwandtschaftsgruppen zuordnen lassen, und große, isolierte Stücke des sekundären Xylems (= Holz) der Cordaiten z. B. unter dem Namen *Dadoxylon* beschrieben sind (vgl. TAYLOR & al. 2009), wäre eine Bestimmung oder Eingrenzung zumindest möglich. Andererseits ist bekannt, dass Holz des *Dadoxylon*-Typs nicht nur von den Cordaiten, sondern auch von einer großen Anzahl verschiedener paläo- und mesozoischer Pflanzengruppen gebildet wurde (STEWART & ROTHWELL 1993). Darunter befinden sich baumförmige Samenfarne, Glossopteriden (eine gondwanische Pflanzengruppe des Perm, deren phylogenetische Einordnung umstritten ist [vgl. WHITE 1986], die von einigen Autoren aber zu den Samenfarne gestellt werden [TAYLOR & al. 2009]), Progymnospermen (eine devonisch-karbonische Pflanzengruppe mit Gymnospermen-Holz aber farnähnlicher Fortpflanzung über Sporen) und Araucariaceen. Die beschriebene Fundortsituation mit *Artisia*-Fossilien in einer oberkarbonischen Sandsteinschicht würde aber in Kombination mit *Dadoxylon*-Holz einen *Cordaites*-Stamm sehr wahrscheinlich machen.



Abb. 83-85: *Artisia* spec., versteinerte Markkerne eines karbonischen Cordaiten-Stammes mit der typischen Querriefung, hervorgerufen durch Querwände (= Diaphragmen) im ursprünglichen Mark inmitten eines größeren verholzten Stammes (Fundort 2, Namur C, Oberkarbon).

Fig. 83-85: *Artisia* spec., pith casts of a Carboniferous cordaite stem showing the typical horizontal ribbing caused by horizontal septations (= diaphragms) in the original pith centered in a large lignified stem (site 2, Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]).

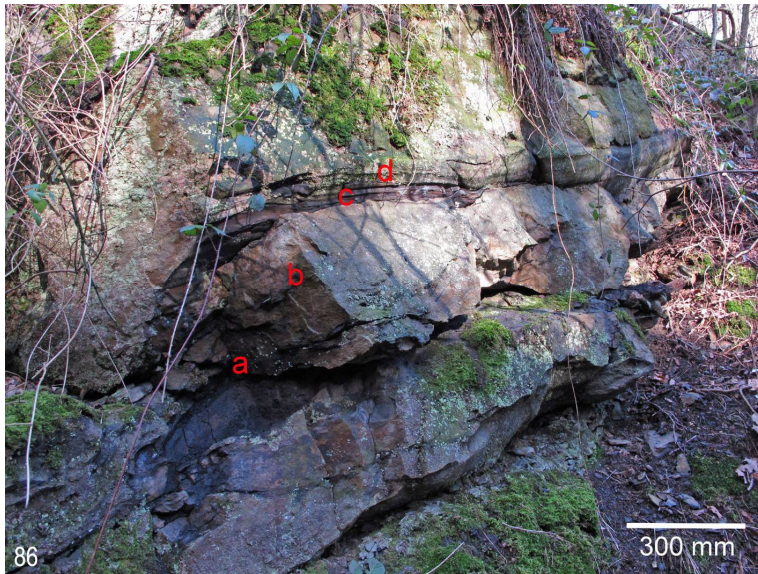


Abb. 86: Fundort 2, die tatsächliche Fundlage der *Artisia*-Markkerne (a) zeigend. Diese sind umgeben von mehreren Dezimetern Sandstein (b), die wiederum von einer dünnen Schicht fossilen Holzes (c) umgeben sind, die in der sich anschließenden Sandsteinschicht (d) ein längsgestreiftes Muster hervorruft (Namur C, Oberkarbon).

Fig. 86: Site 2, showing in situ situation of the *Artisia* pith casts (a), surrounded by several decimetres of sandstone (b), itself surrounded by a small arched layer of fossil wood (c) giving rise to a longitudinal ribbed pattern in the sandstone layer above (d) (Namurian C, Upper Carboniferous [Pennsylvanian]).

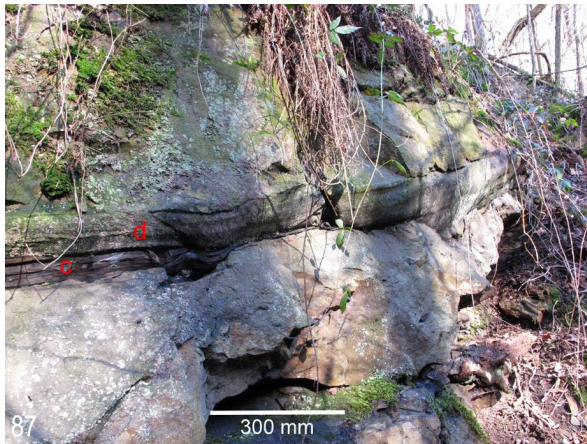


Abb. 87: Längsgestreiftes Muster in Schicht (d) mit fossilem Holz (c).

Fig. 87: Longitudinal ribbing of layer (d) with fossil wood (c).

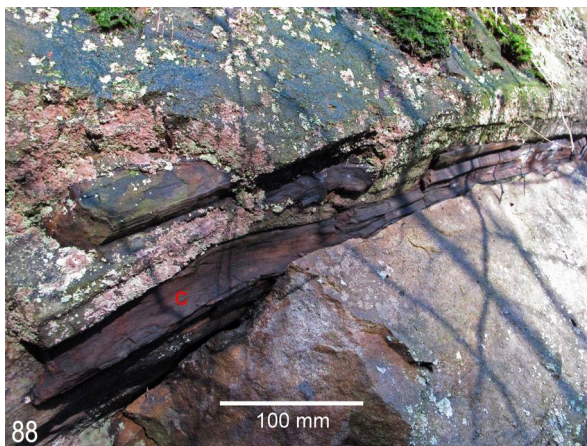


Abb. 88-89: Schmale Schicht fossilen Holzes (c) zwischen Schicht (d) und (b) (vgl. Abb. 86).

Fig. 88-89: Thin layer of fossil wood (c) between layers (d) and (b) (see Fig. 86).



Abb. 90-91: *Artisia* spec., Markkern (Pfeil) in Originallage (90) und teilweise herausgelöst (91).

Fig. 90-91: *Artisia* spec., pith cast (arrow) in situ (90) and partly drawn out (91).



Abb. 92: *Artisia* spec., kleinerer Abdruck in unmittelbarer Nähe des Hauptkernes (siehe (a) in Abb. 86).

Fig. 92: *Artisia* spec., smaller impression found in close proximity to the main cast (see (a) in fig. 86).

Literatur

- AMERON, 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. Palynol.* 95: 285-304.
- BARTHEL, M. 1997: Epidermal structures of sphenophylls. – *Rev. Palaeobot. Palynol.* 95: 115-127.
- BAXTER, R. W. 1963: *Calamocarpon insignis*, a new genus of heterosporous, petrified calamitean cones from the American Carboniferous. – *Amer. J. Bot.* 50: 469-477.
- BAXTER, R. W. & LEISMAN, G. A. 1967: A Pennsylvanian calamitean cone with *Elaterites triferens* spores. – *Amer. J. Bot.* 54: 748-754.
- CAMUS, J. M. 1990: *Marattiaceae*. In: KUBITZKI, K. (Hrsg.): *The Families and Genera of Vascular Plants. Vol. 1. Pteridophyta and Gymnosperms*. – Berlin, Heidelberg u. a.: 174-180.
- DAVIERO, V. & LECOUSTRE, R. 2000: Computer simulation of sphenopsid architecture. Part II. *Calamites multiramis* WEISS, as an example of Late Paleozoic arborescent Sphenopsids. – *Rev. Palaeobot. Palynol.* 109: 135-148.
- DAVIERO, V., MEYER-BERTHAUD, B. & LECOUSTRE, R. 2000: Computer simulation of sphenopsid architecture. I. Principles and methodology. – *Rev. Palaeobot. Palynol.* 109: 121-134.
- DI MICHELE, W. A. & FALCON-LANG, H. J. 2012: Calamitean "pith casts" reconsidered. – *Rev. Palaeobot. Palynol.* 173: 1-14.
- DROZDZEWSKI, G. & WREDE, V. 1994: Faltung und Bruchtektonik – Analyse der Tektonik im Subvariscikum. – *Fortschr. Geol. Rheinld. Westf.* 38: 7-187.
- EGGERT, D. A. 1962: The ontogeny of Carboniferous arborescent *Sphenopsida*. – *Palaeontographica Abt. B* 110: 99-127.
- HESEMANN, J. 1978: *Geologie. Eine Einführung in erdgeschichtliche Vorgänge und Erscheinungen*. – Paderborn, München, Wien, Zürich.
- HUSBY, C. E. 2009: *Ecophysiology and biomechanics of Equisetum giganteum in South America*. – Diss., Florida International Univ., Miami.
- JOSTEN, K.-H. 1962: Die wichtigsten Pflanzen-Fossilien des Ruhrkarbons und ihre Bedeutung für die Gliederung des Westfals. – *Fortschr. Geol. Rheinld. Westf.* 3: 753-772.
- JOSTEN, K.-H. 1983: Die fossilen Floren im Namur des Ruhrkarbons. – *Fortschr. Geol. Rheinld. Westf.* 31: 1-327.

- JOSTEN, K.-H. 1991a: Die Steinkohlen-Floren Nordwestdeutschlands. – Fortschr. Geol. Rheinld. Westf. 36 (Text-Bd.): 1-434.
- JOSTEN, K.-H. 1991b: Die Steinkohlen-Floren Nordwestdeutschlands. – Fortschr. Geol. Rheinld. Westf. 36 (Tafel-Bd.): 1-451.
- JOSTEN, K.-H. 2005: Florenstratigraphie des Oberkarbons in Nordwestdeutschland. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg 254: 119-132.
- JOSTEN, K.-H. & AMERON, H. W. J. VAN 1999: Die Pflanzenfossilien im Westfal D, Stefan und Rotliegend Norddeutschlands. – Fortschr. Geol. Rheinld. Westf. 39: 1-168.
- JOSTEN, K.-H. & AMERON, H. W. J. VAN 2003: Die Flora des Namur B aus Hagen-Vorhalle. – Geol. Paläont. Westf. 61: 5-303.
- KRINGS, M., GREWING, A., KLAVINS, S. D., TAYLOR, T. N. 2005: *Karinopteris* und *Mariopteris*: Wuchsform und Ökologie. In: HENDRICKS, A. (Hrsg.): Als Hagen am Äquator lag. Die Fossilien der Ziegeleigrube Hagen-Vorhalle. – Münster: 198-207.
- MICHELAU, P. & STAHL, A. 1952: Geologische Karte des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlengebietes. Dargestellt an der Karbonoberfläche. Blatt Haßlinghausen/Blatt Hagen. – Amt für Bodenforschung. Landesamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.)
- MÜGGE, V., WREDE, V. & DROZDZEWSKI, G. 2005: Von Korallenriffen, Schachtelhalmen und dem Alten Mann. Ein spannender Führer zu 22 Geotopen im mittleren Ruhrtal. – Essen.
- RÖSSLER, R. & NOLL, R. 2006: Sphenopsids of the Permian (I): The largest known anatomically preserved calamite, an exceptional find from the petrified forest of Chemnitz, Germany. – Rev. Palaeobot. Palynol. 140: 145-162.
- RÖSSLER, R. & NOLL, R. 2007: *Calamitea* COTTA, the correct name for calamitean sphenopsids currently classified as *Calamodendron* BRONGNIART. – Rev. Palaeobot. Palynol. 144: 157-180.
- RÖSSLER, R. & NOLL, R. 2010: Anatomy and branching of *Arthropitys bistrata* (COTTA) GOEPPERT – New observations from the Permian petrified forest of Chemnitz, Germany. – Internat. J. Coal Geol. 83: 103-124.
- SCHÖLLMANN, L. 2005: Die Welt im Karbon. In: HENDRICKS, A. (Hrsg.): Als Hagen am Äquator lag. Die Fossilien der Ziegeleigrube Hagen-Vorhalle. – Münster: 24-29.
- ŠIMŮNEK, Z., OPLUŠTIL, S. & DRÁBKOVÁ, J. 2009: *Cordaites borassifolius* (STERNBERG) UNGER (*Cordaitales*) from the Radnice Basin (Bolsovian, Czech Republic). – Bull. Geosciences 84: 301-336.
- SPATZ, H.-C., KÖHLER, L. & SPECK, T. 1998a: Biomechanics and functional anatomy of hollow-stemmed sphenopsids. I. *Equisetum giganteum* (*Equisetaceae*). – Amer. J. Bot. 85: 305-314.
- SPATZ, H.-C., ROWE, N., SPECK, T. & DAVIERO, V. 1998b: Biomechanics of hollow stemmed sphenopsids: II. *Calamites* – to have or not to have secondary xylem. – Rev. Palaeobot. Palynol. 102: 63-77.
- SPECK, T., SPECK, O., EMANNS, A. & SPATZ, H.-C. 1998: Biomechanics and functional anatomy of hollow stemmed sphenopsids: III. *Equisetum hyemale*. – Bot. Acta 111: 366-376.
- STEWART, W. N. & ROTHWELL, G. W. 1993: Paleobotany and the evolution of plants, ed. 2. – Cambridge.
- TAYLOR, T. N., TAYLOR, E. L. & KRINGS, M. 2009: Paleobotany. The biology and evolution of fossil plants, ed. 2. – Amsterdam u. a.
- WHITE, M. E. 1986: The Greening of Gondwana. The 400 Million year story of Australia's plants. – Sydney.
- YAO, Z.-Q., LIU, L.-J., MAPES, G. & ROTHWELL, G. W. 2000: Leaf morphology and cuticular features of *Sphenophyllum* in the *Gigantopteris* flora from South China. – Rev. Palaeobot. Palynol. 110: 67-92.

Danksagung

Mein Dank gilt der Firma NATURSTEIN KÜLPMANN (Wetter) für die Erlaubnis auf dem Betriebsgelände Fossilien sammeln zu dürfen. Herrn Dipl.-Geol. C. HARTKOPF-FRÖDER (Geologischer Dienst NRW, Krefeld) danke ich für Hinweise zu möglichen paläobotanischen Ansprechpartnern und Herrn Prof. Dr. M. KRINGS (München) für die kritische Begutachtung des Manuskriptes sowie wichtige Hinweise zur Literatur und Hilfen und Korrekturen zu einigen Bestimmungen. Besonderen Dank schulde ich Frau R. JOSTEN (Tönisvorst) für die Überlassung zahlreicher Originalpublikationen ihres verstorbenen Mannes.

Anschrift des Autors

MARCUS LUBIENSKI
 Am Quambusch 25
 58135 Hagen
 E-Mail: m.lubienski@gmx.de