



Calamiten-Fragmente in permzeitlichen Hornsteinen aus den spätneogenen bis frühpleistozänen Flußsystemen Sachsens und Brandenburgs

Jörn Lies, Leipzig

Kurzfassung

Der Beitrag stellt Hornsteine aus den pleistozänen Flußsystemen der Elbe in Sachsen und Brandenburg und der Mulde in Sachsen vor, in denen neben vielen anderen fossilen Pflanzenresten auch immer wieder Calamiten-Fragmente überliefert sind. Ergänzt werden diese Stücke durch vereinzelte Funde aus anstehenden Vorkommen aus dem Altenburger Land.

Das vornehmliche Ziel der Arbeit ist eine fotografische Dokumentation exemplarischer Stücke und ein dadurch möglicher Wissenstransfer bezüglich der Interpretation der abgebildeten Pflanzenfragmente.

Abstract

The contribution presents cherts from the pleistocene river systems of the Elbe in Saxony and Brandenburg and the Mulde in Saxony, in which calamite fragments are repeatedly found alongside many other fossil plant remains. These pieces are supplemented by isolated finds from deposits in the Altenburger Land.

The primary aim of the work is a photographic documentation of exemplary pieces and a possible transfer of knowledge regarding the interpretation of the depicted plant fragments.

1 Einführung

Hornsteine bzw. Kieseltorfe gehören zu den faszinierendsten und rätselhaftesten Pflanzenfossilien, da sie schon ihrer Natur nach nur schwer zu entschlüsseln sind (Barthel et al. 2001; Rößler et al. 2006; Mencl & Benčová 2010; Trümper et al. 2019, 2023a, 2023b; Lies & Rößler 2024). Sie enthalten stark zersetztes und damit oftmals unzureichend erhaltenes Pflanzenmaterial, und man muss sich bei ihnen damit abfinden, dass die wechselvolle Taphonomie der Pflanzenreste nicht nur die Botanik selbst, sondern immer auch den langen Weg der Fossilisation und die geologische Geschichte nach der Einbettung reflektiert. Gleichzeitig kann gerade diese Rätselhaftigkeit zu den spannendsten Erkenntnissen führen, wenn man es schafft, ihre Geheimnisse wenigstens etwas zu lüften und trotz der „dünnen“ Ausgangslage die pflanzlichen und geografischen Grundlagen zu rekonstruieren.

Da sicher ansprechbare Gattungen und Familien eines Lebensraumes immer auch zu weiteren Erkenntnissen über eben diesen führen können, halte ich es für wichtig, an dieser Stelle Wissen über exemplarische Calamiten-Fragmente zusammenzuführen und die Interpretation bestimmter Pflanzen-Fragmente so für nachfolgende Bearbeiter zu erleichtern.

In den allermeisten Fällen dürfte eine artgenaue Bestimmung der erhaltenen Fragmente jedoch nicht möglich sein. Der Erhaltungszustand ist häufig so unvollständig, dass diagnostisch relevante Merkmale, insbesondere die Struktur der radialen Tracheidenwände (Rößler et al. 2007), nicht in ausreichendem Maße überliefert sind. Oft ist es nicht nur die Erhaltung, sondern auch die winzige Größe der Fragmente, die einer exakten Bestimmung im Wege steht: Bei Calamitenarten ist auch die Verzweigung relevant für eine Artbestimmung. Diese ist bei kleinen Stücken, wie man sie in Flussschottern findet, aber nie auswertbar. Eine zweifelsfreie taxonomische Zuordnung der Calamitenreste ist daher vielfach nicht möglich und man kann hier momentan nur zu Indizien oder einer indirekten Herleitung greifen.

Anschrift des Autors

Jörn Lies, Hardenbergstraße 5, 04275 Leipzig, E-Mail: info@joernlies.com



Abb. 1 | Calamiten-Fragment in einem Hornstein aus der Kiesgrube Laut, Slg. Gehlert, Bildbreite (zukünftig BB abgekürzt) ca. 52 mm, D-116-28A.

2 Grundsätzliches zu Calamiten und deren Zerfallserscheinungen

Calamiten gehören zu den verbreitetsten und am häufigsten vorkommenden Pflanzenfossilien in den kontinentalen Ablagerungen des Oberkarbons und Unterperms (Barthel 2001, 2004; Hilton et al. 2001; Freytet et al. 2002; Martín-Closas & Galtier 2005; Kerp et al. 2007). Im Vergleich zu der Flut von Abdruckerhaltungen und Markraumausgüssen, welche das Bild der Calamiten dominieren, sind größere Stämme in anatomischer Erhaltung eher selten (Rößler & Noll 2006). Aber nur Letztere ermöglichen einen paläobiologischen Kenntnisfortschritt (Rößler & Noll 2010).

Da es kaum möglich ist nachzuweisen, welcher fossile Calamitenstamm zu welchem *Calamites*-Marksteinkern gehört, werden die anatomisch erhaltenen Reste traditionell in drei fossile Gattungen eingeteilt. Basis dieser Klassifikation sind sowohl Unterschiede der Parenchymzellen innerhalb der Primärparenchymstrahlen (im Falle von *Arthropitys* und *Arthroxylon*) als auch die Existenz unterschiedlicher Tracheidentypen im Holz (*Calamitea*). Die Parenchymzellen innerhalb der interfazikulären Markstrahlen sind bei *Calamitea* und *Arthropitys* nicht unterscheidbar. Typisch für beide sind orthogonale Zellen in dachziegelartiger Anordnung im Radialschnitt (Rößler & Noll 2007). Zu weitergehenden anatomischen Unterscheidungen und Charakteristika bezüglich *Arthropitys* und *Calamitea* vergl. besonders Rößler & Noll (2007, 2010).

Wegen des durch die interfazikulären Strahlen segmentierten Holzes (vergl. Abb. 2–4) sind Calamiten-Reste häufig auch bei schlechteren Erhaltungen noch erkennbar und identifizierbar (vergl. Abb. 8–10). Dieser Umstand ist ein Plus für die Untersuchung von Hornsteinen. Zusätzlich kann die sichere Ansprache von Holz- bzw. Calamiten-Resten in Hornsteinen die zunehmende Zersetzung (vergl. Abb. 13–16) eines Holztyps in Abhängigkeit von den jeweiligen taphonomischen Bedingungen nachweisen.

Die durch fortschreitende Zersetzung hervorgerufenen Segmentierungen bei Calamiten, Medullosen und Stigmarien (Abb. 3, 11 & 19) hängen mit dem radial stark gegliederten Gewebeaufbau und mit höheren Parenchym-



Abb. 2 | Fragmentierter Querschnitt von *Calamitea striata* (Cotta 1832) aus der Sammlung des Mus. f. Naturk. Chemnitz (Inv.-Nr. K3947). Gut erkennbar ist die flügelartige Erhaltung einzelner Segmente, Größe ca. 8 × 9 cm.



Abb. 3 | Detail aus Abb. 2, einzelnes flügelartiges Calamiten-Fragment mit durch interfazikuläre Strahlen getrennten Holzsegmenten, BB ca. 26 mm.



Abb. 4 | Detail aus Abb. 3, einzelne Holzsegmente in Zellerhaltung und interfazikuläre Strahlen, BB ca. 7 mm.

anteilen insgesamt zusammen. Durch diese Segmentierungen sind solche Gewebe geneigt, bei Druck an den Gewebekanten Verschiebungen und damit auch Ablösungen zuzulassen.

Durch seitlichen Druck radial abgelöste und in den offenen Markraum verlagerte Holzpakete (Abb. 2) sowie das im Vergleich zu *Arthropityx* deutlich häufigere Auftreten von Längsbrüchen sprechen für eine geringere Bruchresistenz von *Calamitea*-Stämmen. Als mögliche Ursachen gelten der meist weniger mächtig entwickelte Holz-

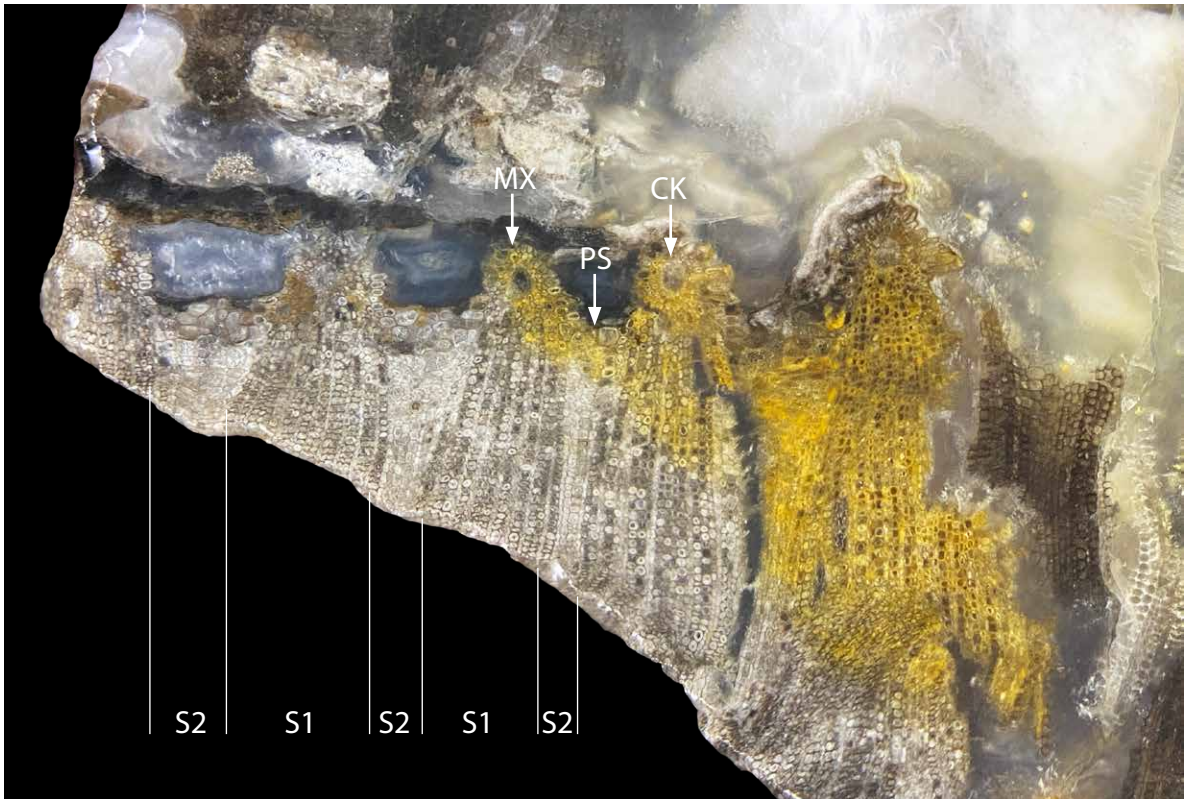


Abb. 5 | Calamiten-Fragment (*Arthropitys*) mit Carinalkanälchen, Feldfund Nähe Aabenberg (Landkreis Roth), MX=Metaxylem, PS= Primärparenchymstrahl, CK=Carinalkanal, S1=große dickwandige Tracheiden, S2=Parenchymzellen der interfaszikulären Strahlen, Slg Wiesenmüller, BB ca. 8 mm.

körper und der ausgeprägt heterogene Holzbau. Das Parenchym ist bei *Calamitea* überwiegend in den interfaszikulären primären Markstrahlen konzentriert und damit weniger gleichmäßig verteilt als bei *Arthropitys*. Zusammen mit der radialen Segmentierung und dem Auftreten unterschiedlicher Tracheidentypen dürfte dies die mechanische Stabilität des Holzes vermindert und seinen Zerfall entlang bestimmter Strukturebenen begünstigt haben (Rößler & Noll 2007).

Dass bestimmte Erhaltungsbilder auch beim Fehlen eindeutiger diagnostischer Merkmale eine Zuordnung zu den Calamiten ermöglichen können, lässt sich besonders gut an dem in den Abbildungen 13–16 dargestellten Stück nachvollziehen. Der Erhaltungszustand der Zellen variiert innerhalb des Fossils erheblich, wobei die äußeren Bereiche deutlich besser erhalten sind als die inneren. Dieser Unterschied wird insbesondere im Vergleich der Abb. 14 und 16 mit Abb. 15 deutlich: Während erstere noch weitgehend erhaltene Zellstrukturen zeigen, sind die



Abb. 6 | *Calamitea*-Fragment aus Chemnitz-Hilbersdorf, Größe ca. 6 × 2,5 cm.



Abb. 7 | Zylindrisch gegliederte Strukturen in einem Hornstein von Priefel, BB ca. 5,5 cm, #0328.



Abb. 8 | Anatomisch erhaltenes Calamiten-Fragment in einem Hornstein von Linda (Landkreis Leipzig, Sachsen), die breiten interfazikulären Strahlen und die Holzsegmente sind typisch für Calamiten, Slg. Roderer, BB ca. 25 mm.



Abb. 9 | Detail aus Abb. 8, interfazikuläre Strahlen, BB ca. 3 mm.



Abb. 10 | Detail aus Abb. 8, Tracheidenreihen, BB ca. 3 mm.

Zellen in Abb. 15 größtenteils degeneriert; vermutlich sind dort lediglich die ehemaligen Zellzwischenräume beziehungsweise deren Abdrücke überliefert. Eine derart rudimentäre Erhaltung ist für zahlreiche Calamiten-Fragmente in den hier untersuchten Hornsteinen charakteristisch und schließt eine Abbildung von interfazikulären Strahlen ohne Zellerhaltung fast immer mit ein. Das dargestellte Stück kann daher als Referenz für die taxonomische Einordnung und Interpretation weiterer, vergleichbar erhaltener Calamiten-Fragmente dienen (Abb. 12 & 20–24).

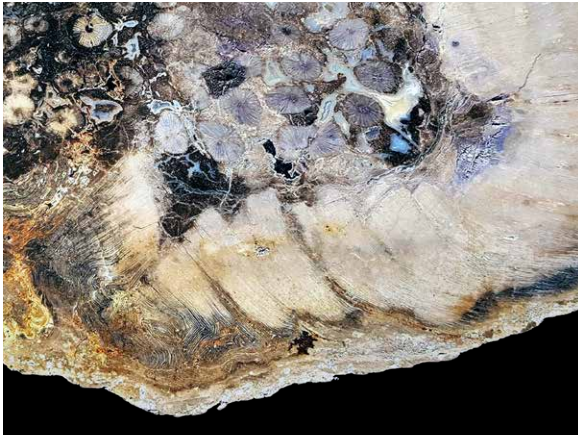


Abb. 11 | Flügelige Strukturen können auch durch den Zerfall von Medullosen entstehen, wie hier in der unteren Bildhälfte zu sehen, *Medullosa stellata* (Chemnitz, Sachsen), Slg. Moore, BB ca. 10 cm.



Abb. 12 | Stark zersetztes Calamiten-Fragment in einem Hornstein von Priefel mit nur noch rudimentär erhaltenen Holzstrukturen und interfaszikulären Strahlen, BB ca. 50 mm, #0594.

Der Vollständigkeit halber ist darauf hinzuweisen, dass auch Medullosen und Stigmarien ähnliche Zerfalls- und Erhaltungserscheinungen aufweisen können (vgl. Abb. 11 & 19). Welche Bedeutung sie im Fossilbericht der permischen Hornsteine Sachsens besitzen, ist derzeit jedoch noch ungeklärt. In den bislang untersuchten Stücken konnten Medullosen nicht zweifelsfrei nachgewiesen werden.

3 Flügelförmige und federförmige Pflanzenfragmente

Beim intensiven Studium permzeitlicher Hornsteine fielen mir immer wieder bestimmte Strukturen auf, die sich mit einiger Regelmäßigkeit zu wiederholen schienen und in Hornsteinen verschiedenster Herkünfte enthalten waren. Es handelte sich dabei um einzelne, vom ehemaligen Querschnitt abgespaltene Holzsegmente, deren zelluläre Erhaltung zwar unvollständig, aber gegeben war und die oftmals quer bzw. schräg zur horizontalen Schichtung der Hornsteine eingelagert waren (Abb. 7 & 29).

Zur Beschreibung dieser wiederkehrenden Formmuster werden im Folgenden die bildhaften Arbeitsbegriffe „flügelförmig“ und „federförmig“ verwendet. „Flügelförmig“ bezeichnet unkompaktierte abgespaltene Holzsegmente (Abb. 17 & 3), während „federförmig“ längliche Strukturen bzw. Achsquerschnitte beschreibt, die durch ihre starke Kompaktion im Zusammenspiel mit dem typischen Muster der interfaszikulären Strahlen federförmig ausfransen (Abb. 18 & 20, 25, 28 & 35). Die Begriffe dienen ausschließlich der deskriptiven Erfassung des überlieferten Erscheinungsbildes und stellen keine morphologische oder taxonomische Deutung dar.

Erste Anhaltspunkte boten hier Stücke von Priefel (Abb. 7 & 29), in denen sich schräg zur Schichtung eingebettete Pflanzenfragmente fanden, die eine Segmentierung und rudimentär erhaltene Zellen aufwiesen. Die Gebilde sind klar von dem sie umgebenden feinlaminierten Material abgegrenzt, und die flügelförmig, zylindrisch gegliederte Struktur der einzelnen in Zellerhaltung überlieferten Gebilde erinnert stark an Calamiten- oder Stigmarien-Fragmente. Erstere sind zum Beispiel auch aus Chemnitz-Hilbersdorf bekannt und zeigen in rudimentärer Erhaltung dort ganz ähnliche Muster (vergl. die Abb. 6 und 7). Zwar zeigt der fossil überlieferte Zustand in diesen Stücken meist keine Erhaltung bis auf Zellniveau, die überlieferten Pflanzenreste können aber durchaus als anatomisch erhalten angesehen werden, da die einzelnen Zellen zumindest als rudimentäre Steinkerne erhalten geblieben sind.

In den Abb. 2–4 sind Calamiten-Fragmente abgebildet, die den strukturellen Zerfall ganzer Querschnitte durch radiale Rupturen entlang der interfaszikulären Strahlen zeigen. Aus diesem Umstand ergibt sich die für Calamiten typische Erhaltung einzelner, leicht gegeneinander verschobener Segmente von Stammquerschnitten, wie sie sich in den Hornsteinen anhand fortgeschrittener Zersetzung betroffener, kleiner Stämmchen abbildet (Abb. 3 & 8) und in der sich als wiederkehrendes Muster die für diese Erhaltung typische Flügelform ergibt. Besonders das



Abb. 13–16 Die Entwicklung von Markstrahlen und Holzfaszikeln von *Arthropitys bistrata* vom Markholraum bis zum äußeren Bereich des Sekundärxylems, Bildhöhe des linken Bildes ca. 25 mm, BB der oberen rechten Bilder ca. 3 mm, BB des unteren rechten Bildes ca. 1,3 mm, #0390.

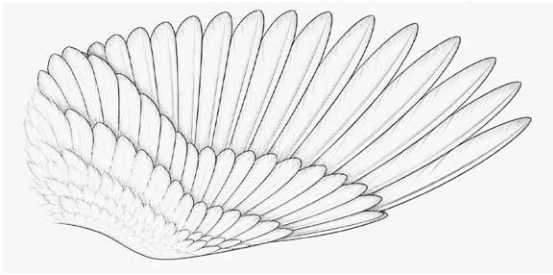


Abb. 17 | Schematische Darstellung eines Vogelflügels mit Handschwingen, Armschwingen und Deckgefeder.

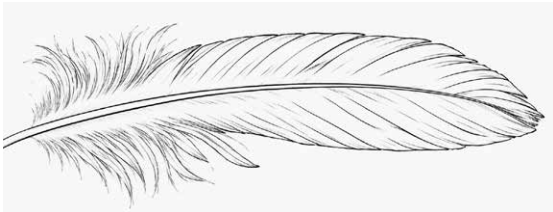


Abb. 18 | Schematische Darstellung einer Vogelfeder mit Kiel und einzelnen Fiederchen.



Abb. 19 | Stigmarien-Fragment aus der Slg. d. Mus. f. Naturk. Chemnitz mit typischen Zerfallserscheinungen, BB ca. 50 mm.



Abb. 20 | Detail aus Abb. 25 – deutlich sichtbare interfaszikuläre Strahlen und Holzsegmente, die im Randbereich der Achse tangential gequetscht erscheinen, Slg. Gehlert, BB ca. 6 mm, D-116-28A.

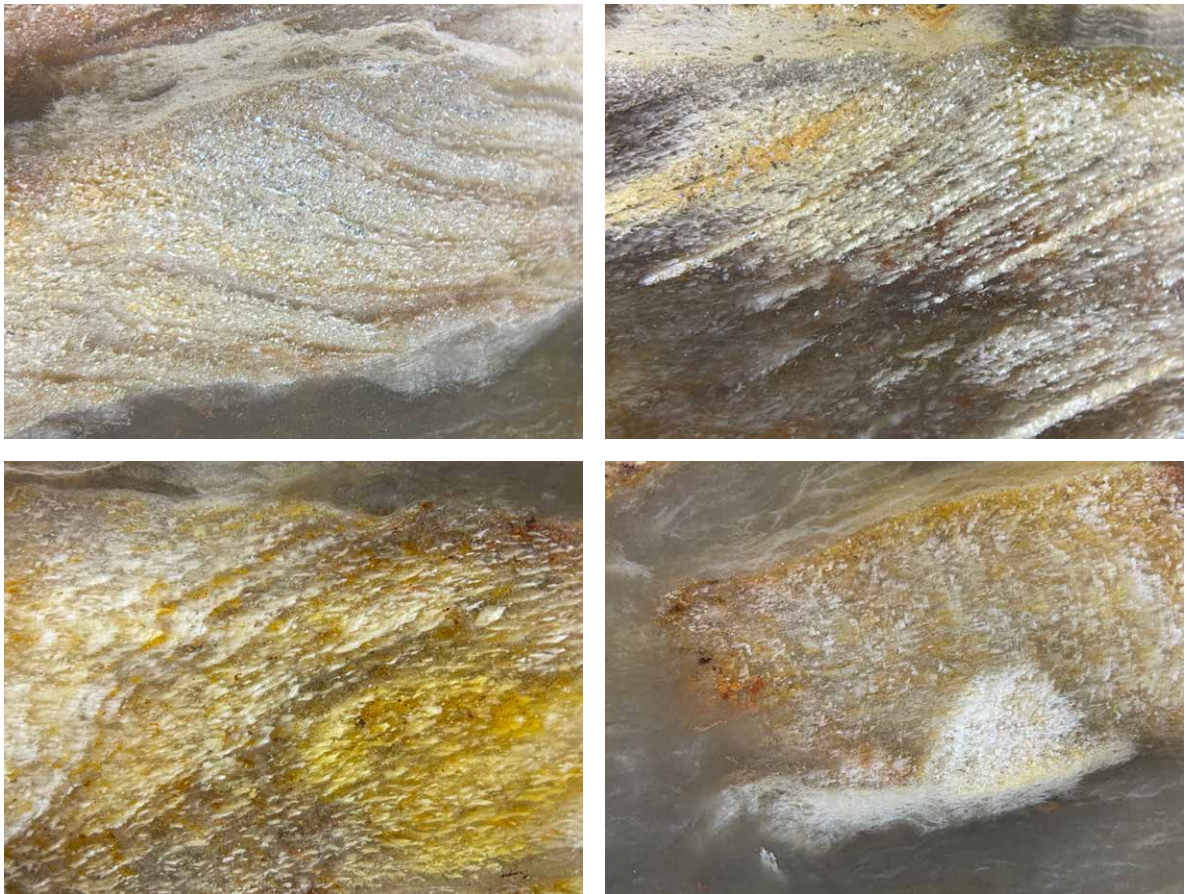


Abb. 21–24 | Details aus Abb. 25 – interfaszikuläre Strahlen und Holzsegmente, die im Zentrum der Achse radial gestaucht erscheinen, Slg. Gehlert, BB jeweils ca. 6 mm, D-116-28A.

Stück aus Abb. 8 kann dabei als wichtiger Hinweisgeber für schlechter erhaltene Stücke dienen, bei der Ansprache mit Calamitaceae richtig zu liegen.

Radial angeordnete Zellreihen mit Segmentierung, von denen in Hornsteinen oft nur zusammengefallene oder halbe Achsfragmente überliefert sind, kennt man im Allgemeinen von Calamiten, deren keilförmig segmentierte Fragmente und kräftige Markstrahlen hinweisgebende Merkmale sein können (Lies et al. 2024). Eindeutige Merkmale für Calamiten, zum Beispiel Carinalkanäle oder eine skulpturierte radiale Tracheidenwand, fehlen in dieser Erhaltung allerdings.

Da Calamiten an den interfaszikulären Strahlen eine Sollbruchstelle haben und bei fortgeschrittener Zersetzung bzw. mechanischer Beanspruchung schnell zerfallen, ist es nicht verwunderlich, dass sich solcherart zerfallene Fragmente in den Hornsteinen finden lassen.

Zu berücksichtigen ist jedoch, dass auch Holzquerschnitte ohne eine Segmentierung durch interfaszikuläre Strahlen, wie sie bei Stigmarien, Medullosen und grundsätzlich auch bei jedem Gymnospermenholz vorkommen, in ähnlich geformte Fragmente zerfallen können. Die an den Rändern dieser Fragmente ausgebildeten Winkel sind in solchen Fällen jedoch meist weniger spitz. Zudem erscheinen die gegeneinander verschobenen Segmente oder Keile in der Regel voluminöser und weisen weichere, stärker gerundete Konturen auf (vergl. Abb. 11 für Medullosen und Abb. 19 für Stigmarien).

Das verlässlichste Merkmal für eine Zuordnung zu den Calamiten bilden in solchen Fällen die interfaszikulären Strahlen. Ihr Erhaltungszustand kann zwar erheblich variieren (Abb. 8–10, 13–16, 20, 25–30, 35, 37–41), bei Calamiten sind sie jedoch zumindest rudimentär und in der einen oder anderen Form regelmäßig nachweisbar.



Abb. 25 | Calamiten-Fragment in einem Hornstein aus der Kiesgrube Lauta, Slg. Gehlert, BB ca. 50 mm, D-116-28A.



Abb. 26 | Calamiten-Fragment in einem Hornstein von Torno/Leippe (Senftenberger Elbelauf), Slg. Gehlert, BB ca. 75 mm, D-131-06B.



Abb. 27 | Calamiten-Fragment in einem Hornstein aus der Kiesgrube Lauta (Senftenberger Elbelauf), Slg. Gehlert, BB ca. 47 mm, D-116-07.



Abb. 28 | Calamiten-Fragment in einem Hornstein von Bocka/Kraschwitz, Slg. Gebhardt, BB ca. 90 mm.



Abb. 29 | unbestimmte Pflanzenachsen in einem Hornstein von Priefel, BB ca. 11 mm, #0392.



Abb. 30 | Hornstein aus dem Mausbach bei Rüdigsdorf, BB ca. 43 mm, #0609.



Abb. 31 | Teilweise zersetztes Calamiten-Fragment in Hornstein, Mausbach bei Rüdigsdorf, BB ca. 70 mm, #0609.



Abb. 32 | Calamiten-Fragment am oberen Rand eines Hornsteins aus der Kiesgrube Laußnitz I bei Ottendorf-Okrilla, Slg. Gehlert, BB ca. 70 mm, D-085-09.



Abb. 33 | Calamiten-Fragment in einem Hornstein aus der Ton- und Kiesgrube Sallgast bei Klingmühl, überliefert in rotem Hämatit und kristallinem Quarz, Slg. Gehlert, BB ca. 28 mm, D-066-03.



Abb. 34 | Detail aus Abb. 33, erkennbar besonders der gut erhaltene Markhohlraum und die rudimentär erhaltenen Holzstrukturen/interfaszikulären Strahlen, Slg. Gehlert, BB ca. 6 mm, D-066-03.

4 Anatomisch erhaltene Calamiten-Fragmente

Neben den flügeligen Erhaltungsformen zerfallener Stammquerschnitte treten immer wieder auch anatomisch erhaltene Längs- bzw. Schrägschnitte kleinerer Calamiten-Achsen in den vorliegenden Hornsteinen auf. Diese sind von der Zuordnung zu einer bestimmten Gattung aufgrund des nur unzureichend erhaltenen Zellmaterials quasi ausgenommen, sind aber in vielen Fällen durch eindeutige Merkmale, die interfaszikulären Strahlen und deren rudimentär erhaltenen Fragmente, trotzdem zweifelsfrei als Calamiten-Reste identifizierbar (Abb. 20–22 und 25–33).

In den Abb. 13–16 ist die Entwicklung von Markstrahlen und Holzfaszikeln von *Arthropitys bistrata* von einem sehr guten Erhaltungszustand hin zu einem relativ schlechten Erhaltungszustand abgebildet. In den schlechteren Erhaltungszuständen haben sich in diesem Stück nur noch die fragmentarischen Reste von Zellwänden erhalten. Diese Erhaltungsform ist für die Interpretation von Calamitenfragmenten in Hornsteinen von besonderer Bedeutung, da sie dort häufig in ähnlicher Ausprägung auftritt. Über den gesamten Holzkörper hinweg und weiß hervortretend sind lediglich die Zellzwischenräume der einzelnen Tracheidenreihen erhalten, der Rest des Gewebes erscheint in strukturlosem, einfarbigem Chalcedon (Abb. 13 & 15). In den Hornsteinen tritt dieses Erhaltungsbild zudem vielfach in komprimierter oder deformierter Form auf.

Unklar bleibt, ob diese Ausprägung auf einen bereits teilweise fortgeschrittenen Zersetzungsprozess zurückzuführen ist oder ob sie unterschiedliche Fossilisationsformen ursprünglich in vergleichbarem biologischem Zustand befindlicher Gewebe darstellt. Dennoch lässt sich die im unteren Bereich von Abb. 13 erkennbare schlech-

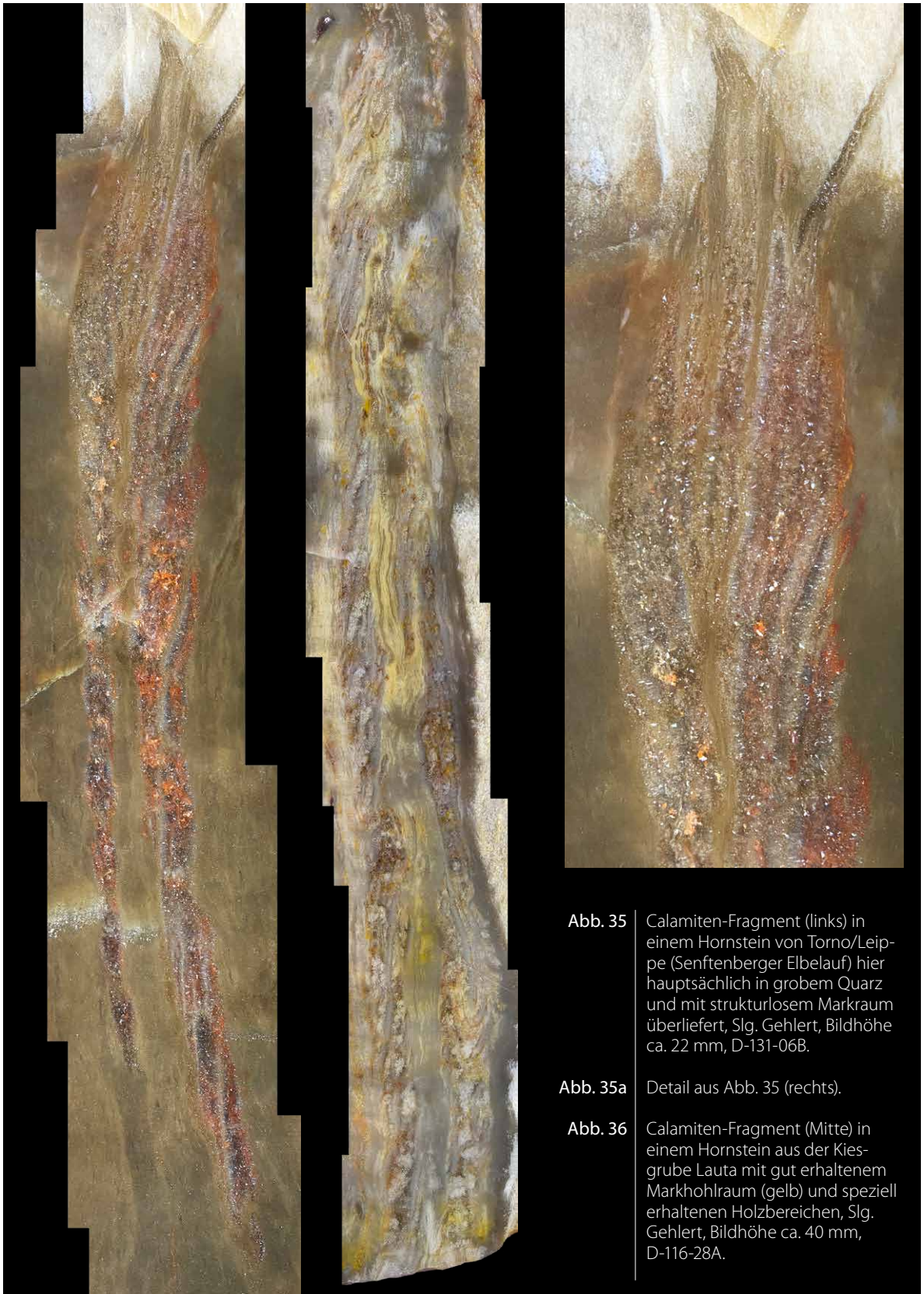


Abb. 35 Calamiten-Fragment (links) in einem Hornstein von Torno/Leip-
pe (Senftenberger Elbelauf) hier
hauptsächlich in grobem Quarz
und mit strukturlosem Markraum
überliefert, Slg. Gehlert, Bildhöhe
ca. 22 mm, D-131-06B.

Abb. 35a Detail aus Abb. 35 (rechts).

Abb. 36 Calamiten-Fragment (Mitte) in
einem Hornstein aus der Kies-
grube Lauterbach mit gut erhaltenem
Markhohlraum (gelb) und speziell
erhaltenen Holzbereichen, Slg.
Gehlert, Bildhöhe ca. 40 mm,
D-116-28A.



Abb. 37 | Calamiten-Fragment in einem Hornstein aus der Kiesgrube Lauta (Senftenberger Elbelauf) mit interfaszikulären Strahlen und Holzsegmenten, Slg. Gehlert, BB ca. 6 mm, D-116-07.

tere Erhaltung kontinuierlich bis zu den besser erhaltenen Gewebestrukturen im oberen Bildbereich verfolgen. Dieser Übergang kann daher als Vergleichs- und Identifikationsmerkmal für ähnlich erhaltene Calamitenfragmente herangezogen werden.

5 Größe der Pflanzenachsen und Rückschlüsse auf den Lebensraum

Auffällig ist, dass in den Hornsteinen eher kleinere und mittlere Größen von Calamiten-Querschnitten vorkommen. Die tatsächliche Größe kann nur als Schätzwert angegeben werden, da bei einem Schnitt oder Bruch selten bis nie komplette und horizontal zur Wuchsrichtung angeschnittene Querschnitte getroffen werden und die Stücke bereits stark fragmentiert bzw. komprimiert sind. Die tatsächlichen Querschnitte dürften zwischen wenigen Millimetern bis wenigen Zentimetern mit einigen Ausnahmen bis etwa 9 cm variieren.

Die meisten Fragmente sind in eine für Hornsteine typische, kleinteilige und kompaktierte Matrix aus Blättern und anderen abgestorbenen Pflanzenteilen eingebettet, was im Allgemeinen für eine lakustrin-fluviale Fazies, also einen Ablagerungsraum im Bereich kleinerer Seen, Tümpel und Fluß-Altarme spricht (Trümper et al. 2023a, 2023b; Lies & Rößler 2024).

Ungeklärt ist, weshalb in den untersuchten Hornsteinen keine größeren Stammquerschnitte von Calamiten nachgewiesen wurden bzw. zur Einbettung gelangten. Eine mögliche Erklärung könnte darin bestehen, dass die jeweiligen Standorte kein langfristig stabiles und kontinuierliches Wachstum ermöglichten. Da die vorliegenden Stücke aus Ablagerungsräumen von Gewässern, Uferzonen oder regelmäßig überfluteten Bereichen stammen, ist denkbar, dass wiederkehrende Überschwemmungen im Wechsel mit Trockenphasen zu erheblichen Störungen

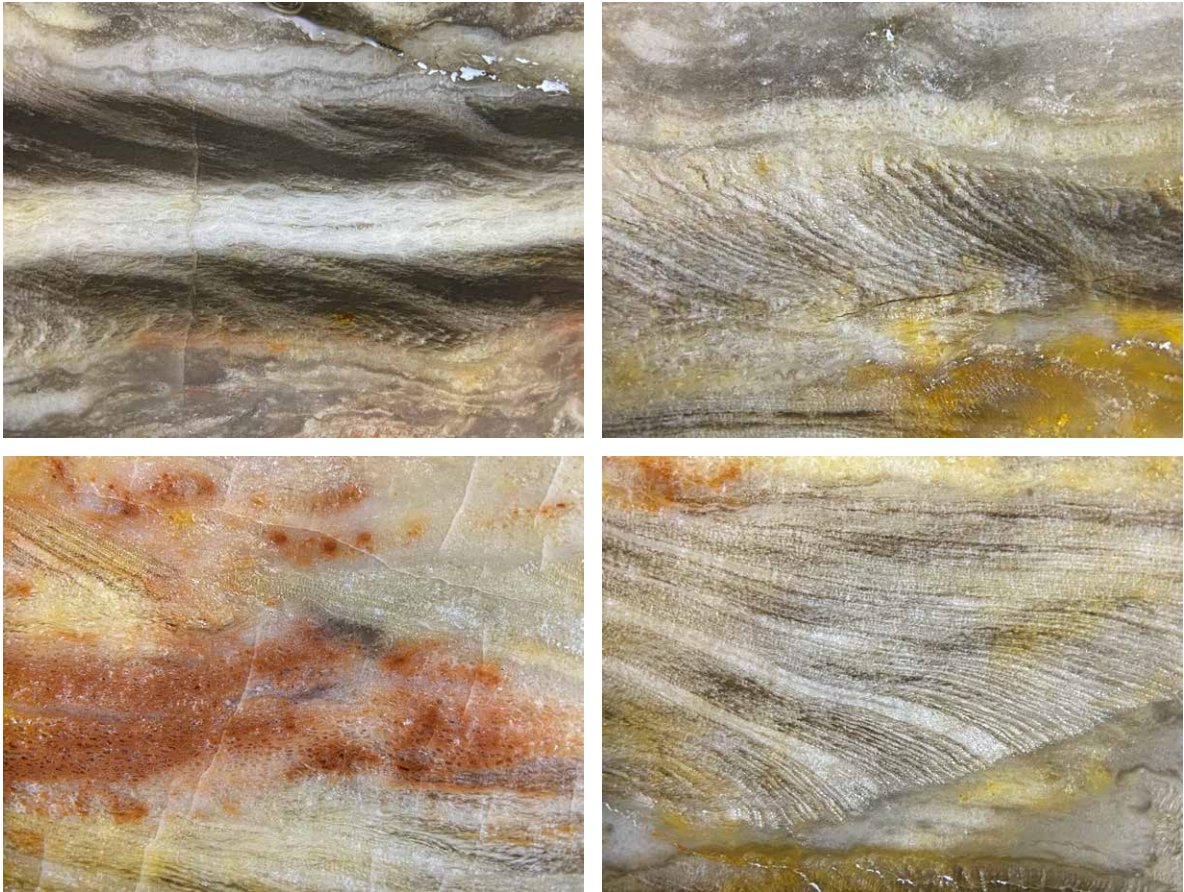


Abb. 38–41 | Calamiten-Fragment in einem Hornstein aus der Kiesgrube Lauta mit deutlich sichtbaren interfaszikulären Strahlen, Holzsegmenten (Abb. 39 & 41) und Markhohlraumfüllung (Abb. 38 & 40), Slg. Gehlert, BB jeweils ca. 6 mm, D-116-07.

gen der Standortbedingungen führten. Solche Umweltveränderungen könnten das wiederholte Absterben vergleichsweise junger Pflanzen begünstigt und damit die Entwicklung älterer, stärker dimensionierter Stämme verhindert haben.

6 Die Interpretation einzelner Elemente

Die Interpretation pflanzlicher Strukturen in Hornsteinen ist mit erheblichen Unsicherheiten verbunden. In der Regel lässt sich nicht eindeutig bestimmen, in welcher Orientierung oder Schnittebene eine Achse im Schliff erfasst wurde. Darüber hinaus dürften weder das ursprüngliche Wachstum der Pflanze noch ihre Einbettung in das Sediment und die nachfolgende Kompression im pflanzenanatomischen Sinne idealtypisch verlaufen sein. Erschwerend kommt der häufig stark variable Erhaltungszustand der pflanzlichen Gewebe hinzu. Eine taxonomische Einordnung kann daher vielfach nur auf der Grundlage mehrerer Indizien erfolgen und erlaubt oftmals lediglich eine Annäherung an bestimmte Aussagen. Ein Ziel zukünftiger Untersuchungen könnte deshalb zunächst darin bestehen, fragmentarisch erhaltene Calamitenhölzer anhand ihrer Merkmalskombinationen als eher *Calamitea*-artig oder eher *Arthropitys*-artig ansprechen zu können.

Für eine solche Einordnung können Unterschiede im anatomischen Aufbau und im daraus resultierenden Zerfallsbild grundsätzlich von Bedeutung sein. Das Holz von *Calamitea* ist durch eine ausgeprägte radiale Segmentierung sowie durch die Verteilung von Parenchym und unterschiedlichen Tracheidentypen strukturell heterogen aufgebaut (Rößler & Noll 2007). Es erscheint daher plausibel, dass dieser Aufbau die Art und Weise beeinflusste, in der das Holz während der Zersetzung, Einbettung und Fossilisation überliefert wurde. Einzelne Erhaltungsmerk-



Abb. 42 | Calamiten-Fragment in einem Hornstein aus der Ton- und Kiesgrube Lauta mit einem ausgeprägten und gut überlieferten Markhohlraum, aber schlecht überlieferten Holzkeilen, Slg. Gehlert, BB ca. 8 mm, D-116-28A.

male, etwa interfazikuläre Strahlen oder radial begrenzte Holzsegmente, erlauben für sich genommen jedoch keine eindeutige Zuordnung zu *Calamitea* oder *Arthropitys*, da vergleichbare Strukturen in beiden Gattungen auftreten.

Der Markraum von *Calamitea* ist weitgehend gewebefrei, lediglich im perimedullären Bereich erkennen wir häufig schalenförmige Parenchymplatten, die ursprünglich ringartig separiert zwischen den Nodien angeordnet waren (Rößler et al 2007). In einigen Pflanzenachsen ist das Markparenchym – besonders bei der im Allgemeinen eher rudimentären Überlieferung in Hornsteinen – teilweise erstaunlich gut erhalten (siehe Abb. 33, 34 & 45) und ausführlichere Untersuchungen könnten hier eventuell Hinweise auf konkrete Artzugehörigkeiten liefern.

Bei der Interpretation der Fragmente ist zudem die unterschiedliche Häufigkeit beider Gattungen im ursprünglichen Pflanzenbestand beziehungsweise im Fossilbericht zu berücksichtigen. *Calamitea* ist in der Chemnitzer Sammlung deutlich seltener vertreten als *Arthropitys*. Unter der Annahme, dass die relative Häufigkeit in der Sammlung zumindest näherungsweise die ursprünglichen Häufigkeitsverhältnisse widerspiegelt, wäre daher auch mit einer geringeren Zahl fragmentarisch erhaltener *Calamitea*-Reste zu rechnen. Diese Annahme lässt sich zumindest durch die quantitativen Verhältnisse innerhalb der Sammlung stützen, auch wenn mögliche Unterschiede hinsichtlich Erhaltung, Transport, Einbettung und Sammlungsselektion berücksichtigt werden müssen. Ein weiteres Indiz für Calamiten-Fragmente in Hornsteinen scheint das federig-lose Ausfransen mancher Pflanzenachsen an den Randbereichen der Schnitte in Kombination mit oftmals vorhandenen „Holzstrahlen“ und einer jeweils sehr typischen Erhaltung des Markkerns zu sein (vergl. dazu besonders Abb. 46 und die Abb. 34 & 45), die besonders in Stücken von Priefel vorliegt (Lies & Rößler 2024 Kapitel 7.5) und eine wiederholt und regelmäßig auftretende Form der Überlieferung von schmalen braunen Achsen und hellem Mark zeigt, bei denen es sich aufgrund von immer gleichen Eigenschaften auch um stark zersetzte und sehr stark komprimierte Calamiten-Fragmente handeln könnte (Lies & Rößler 2024 Kapitel 7.5). Die Gründe für die schlechtere Erhaltung dieser Achsen vermute ich in der deutlich stärkeren Kompression der betreffenden, weiter unten im Sediment liegenden Stücke



Abb. 43 | Detail aus Abb. 12: Indizien für Calamiten-Fragmente: schwach überlieferte interfazikuläre Strahlen und Reste erhaltener Zellen, BB ca. 6 mm.



Abb. 44 | Detail aus Abb. 12: Im Vergleich zu Abb. 43 nur ein paar Millimeter weiter – gerade noch identifizierbare Holzstrukturen eines Calamiten, BB ca. 6 mm.

in Kombination mit der in Abb. 12 & 44 dokumentierten Erhaltungsform einzelner Calamiten-Achsen. Es lässt sich jedoch nicht mit Sicherheit sagen, ob es sich bei den betreffenden Pflanzenachsen um Calamiten-Achsen handelt. Prinzipiell könnte es sich auch um Koniferen-Achsen handeln, denn auch diese zeigen bei schlechterer Erhaltung vermutlich eine ähnliche Erhaltung des Marks, und nur die Achsen, in denen interfazikuläre Strahlen mit Bestimmtheit noch erkannt werden können, sind sicher als Calamiten-Achsen anzusprechen.

Viele kleinere bzw. jüngere Calamiten-Achsen sind zudem wahrscheinlich oft nicht zweifelsfrei als solche zu identifizieren oder können leicht als solche übersehen werden, da die zarten Achsen unter besonders starker Kompression ihre wichtigste Eigenschaft zur optischen Identifikation vermutlich verlieren: Die interfazikulären Strahlen sind oftmals nur rudimentär bis gar nicht überliefert. Und so können die wenigen Beispiele, bei denen eine Identifikation gerade noch möglich ist, auch als Hinweisgeber für schlechter erhaltene Fragmente dienen.

Auch in den Hornsteinen der hier beschriebenen Flußgerölle treten wiederholt braune Achsen mit weiß überliefertem Mark auf. An einigen dieser Achsen sind interfazikuläre Strahlen erhalten und sie sind als Calamiten-Achsen zu identifizieren (Abb. 33, 34 & 45). Teilweise treten aber auch Achsen mit optisch und morphologisch gleichen Charakteristiken auf (überliefertes Mark, „Holzstrahlen“ und faserige Erhaltung/ehemalige interfazikuläre Strahlen), bei denen interfazikuläre Strahlen nicht mehr eindeutig bzw. nur indirekt zu identifizieren sind (Abb. 35 und 36).

Wenn man den kreisrunden Querschnitt eines Calamiten auf einen Bruchteil seines Durchmessers komprimiert, müssten sich tendenziell besonders in den im Verhältnis zum Radius weniger komprimierten Randbereichen des Querschnittes die interfazikulären Strahlen deutlicher erhalten haben. Denn während die oben und unten liegenden Segmente radial extrem gestaucht und komprimiert werden, werden die außen liegenden Segmente nur tangential bzw. umfänglich zusammen gequetscht. Dabei dürfte sich das Zellmaterial, das in den radial gestauchten Bereichen liegt, eher homogenisieren bzw. zerstört werden, d. h. der Kontrast bzw. Unterschied zwischen interfazikulären Strahlen und Holzsegmenten nähme ab, während sich das Material, das sich im tangential gequetschten Bereich befindet, eher im „Originalkontrast“ bzw. besserer Zellerhaltung erhalten könnte (Abb. 49). Indikatoren für diese These finden sich in den Abb. 20–24 und 45, in denen die interfazikulären Strahlen in den tangential gequetschten Bereichen jeweils in einer deutlich besseren Erhaltung überliefert sind.

Natürlich spielt auch die Lage der Pflanzen-Fragmente in einer Hornsteinlinse eine Rolle, denn sie zeigt als Indiz auch die Dauer und den Druck der Kompression an. Eher unten liegende Stücke wurden der Kompression viel länger ausgesetzt und haben dabei zwangsläufig auch höhere Kompressionsdrücke erfahren als eher oben liegende Stücke. Für die Beurteilung dieses Zustandes ist es natürlich essenziell, zu wissen, wo Oben und Unten im Stück liegen. Auch hierfür können wieder nur Indizien herangezogen werden.

In den Hornsteinen von Priefel ist immer wieder eine Volumenvarianz einzelner Pflanzenachsen in Abhängigkeit zur vertikalen Lage der Achsen innerhalb eines Stückes zu beobachten. Das heißt, in höher gelegenen Bereichen ist grundsätzlich weniger Kompression zu beobachten als in tiefer liegenden Bereichen. Auch einzelne Pflanzen-

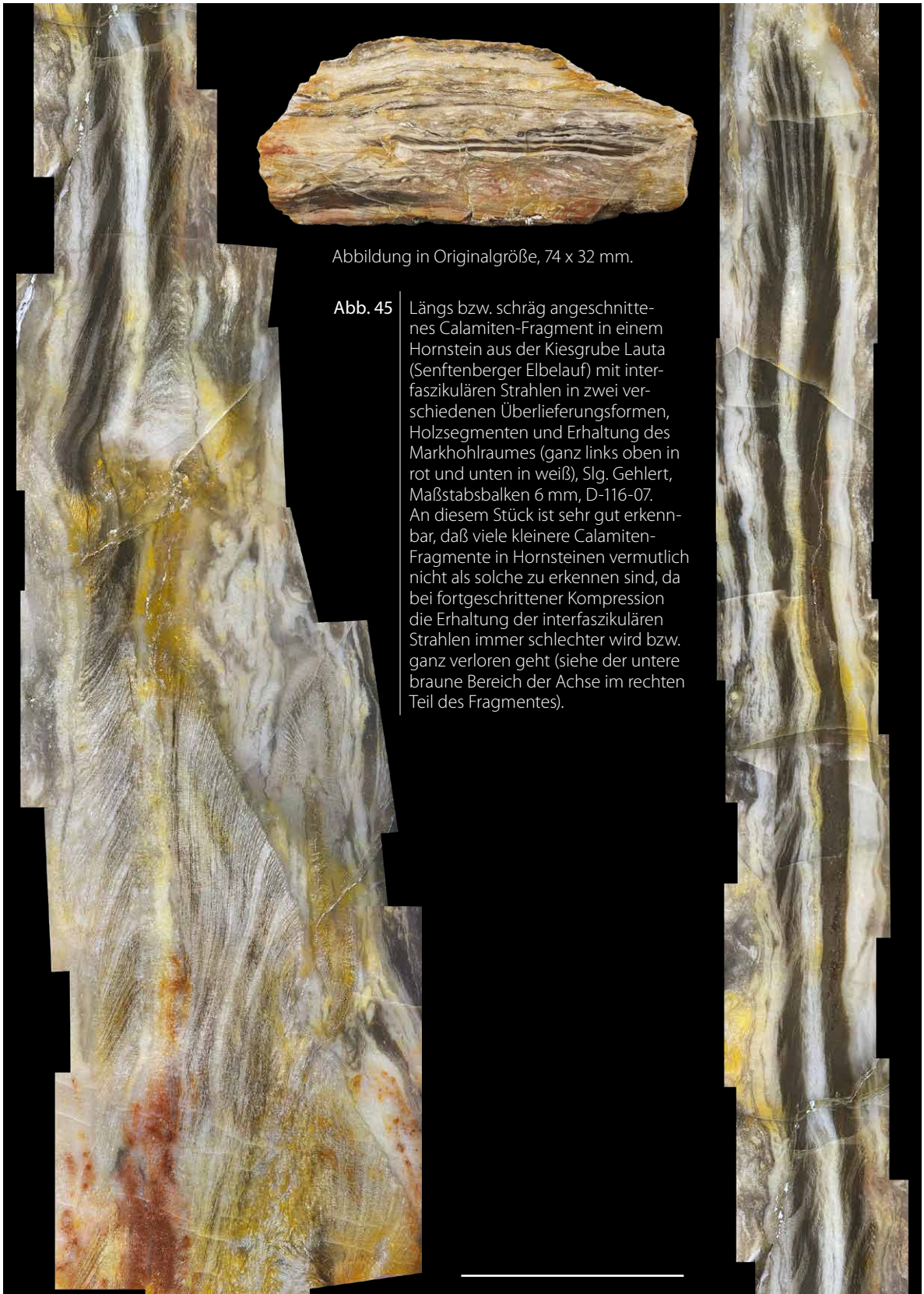


Abbildung in Originalgröße, 74 x 32 mm.

Abb. 45 | Längs bzw. schräg angeschnittenes Calamiten-Fragment in einem Hornstein aus der Kiesgrube Lauta (Senftenberger Elbelauf) mit interfaszikulären Strahlen in zwei verschiedenen Überlieferungsformen, Holzsegmenten und Erhaltung des Markhohlraumes (ganz links oben in rot und unten in weiß), Slg. Gehlert, Maßstabsbalken 6 mm, D-116-07. An diesem Stück ist sehr gut erkennbar, daß viele kleinere Calamiten-Fragmente in Hornsteinen vermutlich nicht als solche zu erkennen sind, da bei fortgeschrittener Kompression die Erhaltung der interfaszikulären Strahlen immer schlechter wird bzw. ganz verloren geht (siehe der untere braune Bereich der Achse im rechten Teil des Fragmentes).



Abb. 46 | Unbestimmte Pflanzenachsen, u. A. links außen (vergl. Abb 29), in der oberen Bildmitte und in der unteren Bildhälfte (weiße Pfeile) und der Randbereich eines (?)Calamiten-Fragmentes (roter Pfeil, vergl Abb 47), Größe ca. 7,5 x 13 cm, #0392.

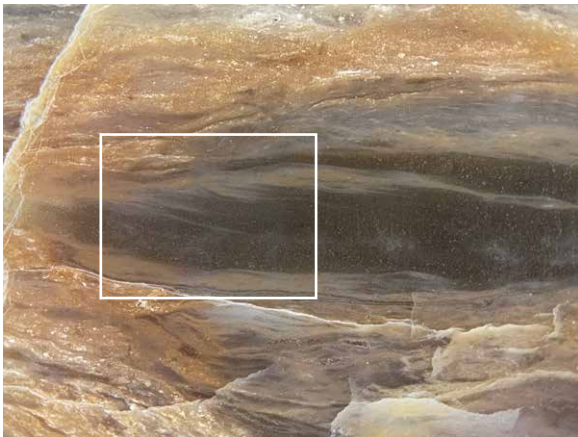


Abb. 47 | Detail aus Abb 46 – Ein Indiz für Calamiten-Fragmente: schwach überlieferte interfazikuläre Strahlen, BB ca. 6 mm.



Abb. 48 | Detail aus Abb. 47 – möglicherweise Reste interfazikuläre Strahlen in der Vergrößerung, vergl. dazu Abb. 44 eines relativ sicher bestimmten Calamiten, BB ca. 2 mm.

Fragmente erscheinen in höher gelegenen Bereichen eher unkomprimiert und bruchstückhaft eingeschwemmt (Lies et al. 2024) und in tiefer liegenden Bereichen eher gleichmäßig komprimiert. Selbst die Silifizierung ist in höher liegenden Bereichen oft lückenhafter, die höher liegenden Achsen neigen zur Hohlraumbildung und sekundärer Verkieselung bzw. Verquarzung (vergl. Abb. 50 im linken Teil der eingebetteten Achse).



Abb. 49 | Komprimierte Calamiten-Achse, lila markierte Bereiche sind eher radial gestaucht, während grün markierte Bereiche eher tangential gequetscht erscheinen.



Abb. 50 | Hornstein von Priefel, an dem sich die Oben-Unten-Ausrichtung anhand von Indizien ableiten lässt: Eine Pflanzenachse in der Mitte, darunter eine eher eben-horizontale Schichtung, darüber eine direkt über dem Zentrum der Achse am stärksten aufgewölbte Schichtung, Größe ca. 6 × 11 cm, #0463.



Sammlungs-Nr. D-066-03, 52 x 30 mm.



Sammlungs-Nr. D-116-07, 74 x 32 mm.



Sammlungs-Nr. D-085-09, 83 x 29 mm.



Sammlungs-Nr. D-116-28A, 55 x 50 mm.



Sammlungs-Nr. D-131-06B, 99 x 70 mm.

Abb. 51 | Alle Abbildungen aus der Sammlung Werner Gehlert in Originalgröße, (D – 116 KG Lautaa; D – 066 KG Sallgast und D – 131 Felder Torno/ Leippe; D – 085 KG Laußnitz I bei Ottendorf-Okrilla).

Auch eingebettete Pflanzenfragmente, bei denen sich Sediment nur in einer Richtung aufwölbt, können Oben-unten im Material anzeigen. Denn vermutlich schichtet sich eine Wölbung eher oben auf, als dass sie sich in bereits komprimiertes und eher verdichtetes Material nach unten eindrückt (Abb. 50).

7 Ausblick

Es wurden zum ersten Mal Hornsteine bzw. Kieseltorfe aus dem sächsischen und brandenburger Raum ausführlich vorgestellt und fotografisch dokumentiert. Dabei wurde besonders versucht, sich an den im Material immer wieder ähnlich überlieferten Fossilbericht anzunähern und dabei besonders Calamiten-Fragmente in ihrer für das Material typischen Erhaltung zu identifizieren und zu beschreiben. Auch wenn die Zuordnung zu konkreten Gattungen aufgrund der starken Kompaktion schwierig bleibt, ist die Zuordnung zu Calamitaceae eindeutig und kann damit einen weiteren Puzzlestein zum Verständnis permzeitlicher Lebensräume liefern.

Literatur

- Barthel, M. (2001): Pflanzengruppen und Vegetationseinheiten der Manebach-Formation. – Beitr. Geol. Thüringen N.F., **8**: 93-123.
- Barthel, M.; Rößler, R. & Weiß, H. J. (2001): Sächsische „Madensteine“ – Irrtümer und Fortschritte, GEOLOGICA SAXONICA 46/47 S. 97-202; Dresden.
- Barthel, M. (2004): Die Rotliegendflora des Thüringer Waldes. Teil 2: Calamiten und Lepidophyten. – Veröff. Naturhist. Mus. Schleusingen, **19**: 19-48.
- Freytet, P.; Galtier, J.; Ronchi, A.; Schneider, J. W.; Tintori, A. & Werneburg, R. (2002): Early Permian continental biota from Southeastern Sardinia (Ogliastra and Gerrei). – Rend. Soc. Paleont. Ital., **1**: 169-176.
- Henkel, Th.; Peltzer, M. (2004): Kartierbericht Erläuterungen zur geologischen Karte von Kohren-Sahlis, Universität Leipzig.
- Hilton, J.; Wang, S.-J.; Galtier, J. & Li, C.-S. (2001): An Early Permian plant assemblage from the Taiyuan Formation of northern China with compression/impression and permineralized preservation. – Rev. Palaeobot. Palynol., **114**: 175-189; Amsterdam.
- Lies, J.; Rößler, R. (2024): Der Hornstein von Priefel – Ein Fossilvorkommen aus dem Perm bei Altenburg. – Veröff. Mus. f. Naturk. Chemnitz, **47**: S. 15-58.
- Martin-Closas, C. & Galtier, J. (2005): Plant taphonomy and paleoecology of Late Pennsylvanian intramontane wetlands in the Graissessac-Lodève Basin (Languedoc, France). – Palaios: **20**: 249-265.
- Kerp, H.; Noll, R. & Uhl, D. (2007): Vegetationsbilder aus dem saarpfälzischen Permokarbon. In: Schindler, T. & Heidtke, U. H. J. (Hrsg.): Kohlesümpfe, Seen und Halbwüsten. – Pollichia Sonderveröffentlichung Nr. **10**: 76-109.
- Mencl, V.; Benčová, Y. (2010): Zkameněliny Novopacka, Město Nová Paka.
- 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; Amsterdam.
- Rößler, R.; Thuß, K.H.; Lapp, M. & Kretzschmar, R. (2006): Zur Geologie, Stratigraphie und Fossilführung permischer Silizite im Raum Zwickau, Veröff. Mus. f. Naturk. Chemnitz, **29**: 135-156; Chemnitz.
- Rößler, R.; Noll, R. (2007): Forschungsgeschichte, Paläobiologie und Rekonstruktion eines baumförmigen Schachtelhalmgewächses aus dem Perm: *Calamitea* Cotta 1832. – Veröff. Mus. f. Naturk. Chemnitz, **30**: S. 61-82.
- Rößler, R.; Noll, R. (2010): Die Calamiten der Gattung *Arthropitys* Goeppert 1864 im Versteinerten Wald von Chemnitz – Veröff. Mus. f. Naturk. Chemnitz, **33**: S. 89-112.
- Trümper, S.; Wernburg, R.; Schneider, J. W. (2019): Geologisches Profil und Fossilführung des Geotops am Kammerberg (Manebach-Formation, Unterrotliegend) in Manebach/Thüringen, Veröffentlichungen des Naturhistorischen Museums Schloss Bertholdsburg Schleusingen, **34**: 3–10; Schleusingen.
- Trümper, S.; Hellwig, A.; Krings, M. & Rößler, R. (2023a): Mikrobengesteine aus Manebach – einzigartige Archive permischer Mikrowelten. – Semana, **38**: 57–69; Schleusingen.
- Trümper, St.; Vogel, B.; Germann, S.; Werneburg, R.; Schneider, J. W.; Hellwig, A.; Linnemann, U.; Hofmann, M. & Rößler, R. (2023b): Decoding the drivers of deep-time wetland biodiversity: insights from an early Permian tropical lake ecosystem. – Palaeontology, **66** (3), e12652: 39 S.

Anmerkungen und Dank

Die Nummern hinter den Abbildungsnummern sind Sammlungsnummern meiner privaten Sammlung, d. h. alle z. B. so (#0371) gekennzeichneten Stücke stammen aus meiner eigenen Sammlung. Alle anders gekennzeichneten Stücke stammen aus anderen Sammlungen und sind mit dem Namen und ggf. der Sammlungsnummer des Besitzers oder Finders versehen.

Slg. Gehlert:	Sammlung Werner Gehlert, Lausitz
Slg. Wiesenmüller:	Sammlung Wolfgang Wiesenmüller, Fürth
Slg. Roderer:	Sammlung André Roderer, Altenburg
Slg. Moore:	Sammlung Douglas Moore, USA
Slg. Gebhardt:	Sammlung Lutz Gebhardt, Altenburg

Mein besonderer Dank gilt an dieser Stelle Werner Gehlert aus der Lausitz, der mir viele der hier abgebildeten Stücke zur Verfügung gestellt hat und mich seit Jahren mit seinem Wissen zur Paläobotanik und Wissenschaftlichkeit unterstützt und freizügig sein hart erarbeitetes Wissen dazu teilt. Zusätzlich danke ich Michael Laaß für das spontane und professionelle Anfertigen der Vorlagen für die Abb. 3 & 4. Prof. Rößler danke ich wie immer für die Möglichkeit der Veröffentlichung, für die ich sehr dankbar bin.