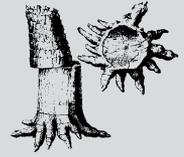


# Algeninkrustierte Pflanzenfossilien aus Nordamerika und Europa

Marian Timpe, Rostock



## Kurzfassung

Algeninkrustierte Kieselhölzer werden von drei Fundstellen in Nordamerika und Europa beschrieben. Das erste Beispiel zeigt fossile, in situ überlieferte Bäume aus der oberjurassischen Purbeck-Formation mit Aufschlüssen an der Kanalküste von Dorset im Süden des Vereinigten Königreiches. Um die aufrecht stehenden oder liegenden Stämme und Verzweigungen der hier dominierenden Konifere *Protocupressinoxylon purbeckensis* Francis 1983 sind Süßwasserstromatolithen entwickelt. Diese bildeten sich in einem randlich marinen Lebensraum, wobei es während der regressiven Phasen zu Bodenbildung kam und während der transgressiven Phasen die Stromatolithen wuchsen.

Gut erhaltene Kieselhölzer von Gymnospermen und Angiospermen wurzeln noch in den Paläoböden und wurden in einem randlichen Playasee-Komplex der eozänen Green River-Formation im Westen der USA mit dicken Algenmänteln umkrustet.

Aus den miozänen Vulkanoklastiten im Norden Sardinien konnte silifiziertes Holz nachgewiesen werden, welches in Form kleiner algenumkrusteter Stämmchen und Verzweigungen vorliegt.

## Abstract

Observations at 3 deposits with algae coated silicified wood in North America and Europe are described. The first are fossil trees preserved in situ in the Upper Jurassic Purbeck Formation with outcrops at the channel coast of Dorset in southern UK. Around upright tree stumps and lying trunks and branches of the dominant conifer *Protocupressinoxylon purbeckensis* Francis 1983 freshwater tufa stromatolites are developed. These are formed in a marginal marine setting during series of regressive events with the genesis of soils and transgressive events with the growth of the stromatolites.

Well preserved silicified trunks of gymnosperms and angiosperms still rooted in the palaeosol and thick covered by algae mantles are a result of marginal settings in an ancient playa-lake-complex of the Eocene Green River Formation in the western United States. Silicified wood in dimensions of small trunks and branches coated by algae mantle were excavated from miocene volcanoclastic rocks in northern Sardinia, province of Sassari. In situ conditions of the Sardinian deposits are not proved.

Algeninkrustierte Pflanzenfossilien sind aus verschiedenen geologischen Epochen und von verschiedenen Fundpunkten auf der ganzen Welt bekannt. Meistens tritt dieses Phänomen jedoch nur untergeordnet und als fazielle Besonderheit an der jeweiligen Fundstelle in Erscheinung. Beispiele aus Deutschland sind die stromatolithischen Bildungen aus dem Permokarbon des Saar-Nahe-Beckens von Kusel oder ähnliche Bildungen in Nordwestsachsen aus der Gegend um Leisnig. An dieser Stelle sollen erste Beobachtungen von 3 Fundpunkten oberjurassischen, paläogenen und neogenen Alters aus Nordamerika und Europa vorgestellt werden, für die das Auftreten algeninkrustierter Pflanzenfossilien typisch ist, um Gemeinsamkeiten zu beschreiben und Besonderheiten hervorzuheben.

## Versteinerter Wald der oberjurassischen Purbeck-Formation in Südingland

Etwa 2 Autostunden südwestlich von London im Südteil der Grafschaft Dorset, befinden sich im Gebiet zwischen Portesham im Westen und Swanage im Osten Aufschlüsse der oberjurassischen Purbeck-Formation, aus der seit über 200 Jahren Funde permineralisierter Pflanzenfossilien stammen. Die Küste ist Teil der als UNESCO-Weltnaturerbe geschützten Jurassic Coast. Weltberühmt ist die Region für Ihre Ichthyosaurier- und Ammonitenfunde. Eine Stufe des Oberjura ist nach dem hier gelegenen Dorf Kimmeridge benannt.

Bereits zu Beginn des 18. Jahrhunderts berichteten Steinbrucharbeiter über Funde aufrecht stehender, versteinerter Baumstubben von der Isle of Portland. Zum Beispiel beschreibt DAMON (1884), dass in einem Steinbruch auf Portland auf wenigen Quadratyards ( $1 \text{ yr}^2 = 0,84 \text{ m}^2$ ) 7 aufrecht stehende Baumstubben und 2 aufrecht stehende „Cycadeen“ freigelegt wurden. Die Cycadophyten-Stämme wurden von den Steinbrucharbeitern damals für Krähenester, die aus den Bäumen gefallen waren, gehalten (Abb. 9 und 10).

## Zahlreiche natürliche und künstliche Aufschlüsse

Aufschlüsse der Purbeck Formation befinden sich z.B. um Portesham, Chalbury, Poxwell (aufgelassene Steinbrüche), auf der Isle of Portland (z. T. Steinbrüche in Betrieb) und an der Kanalküste östlich von Lulworth Cove, im Bereich des „Fossil Forest“. Letzterer befindet sich in einem militärischen Sperrgebiet, ist von einem massiven Zaun umgeben und militärisch bewacht. Der Zutritt ist nur an wenigen Wochenenden im Jahr möglich, wenn die Gates zur Lulworth Range offiziell geöffnet werden.

## Der „Fossil Forest“ von Lulworth Cove

Lulworth Cove ist nach der fast kreisrunden Bucht benannt, die durch einen schmalen Durchbruch mit dem Englischen Kanal verbunden ist. In einem Besucherzentrum kann man sich über die Geologie, Flora und Fauna sowie die Geschichte der Region informieren. Ein Wanderweg führt am Ufer der Bucht entlang zu deren Ostende. Von dort erreicht man nach rund 300 m das nur selten geöffnete Tor zum Sperrgebiet. Direkt hinter dem Zaun führt ein Weg bis auf halbe Höhe



**Abb. 1** Blick über Lulworth Cove nach Osten über die „Jurassic Coast“ mit dem „Versteineren Wald“



**Abb. 2** Das Kliff mit dem "Versteinerten Wald" etwa 10 m über dem Englischen Kanal

des Kliffs, wo sich der "Fossil Forest" befindet. Am Kliff sind auf einem schmalen, ca. 10 m über der Brandung gelegenen Plateau auf mehreren 100 m Länge die nach Norden einfallenden Schichten der oberjurassischen Purbeck Formation abgeschlossen. Zahlreiche ring-, dom- oder kuppelförmige Aufwölbungen ohne und mit Zentralloch und Gesamtdurchmesser zwischen 0,7 und 1,5 m sowie lang gestreckte, schwellenförmige Aufwölbungen bis zu 4 m Länge sind zu sehen.

Besucht man den "Fossil Forest", läuft man am Kliff auf harten, oolithischen, bioklastischen Kalksteinen, dem "Portland Stone". Darüber folgt der dunkelbraune bis schwarze, Kalksteingerölle enthaltende Paläosol, das "Great Dirt Bed". Die Wurzeln aufrecht stehender, silifizierter Baumstubben sind in diesem ehemaligen Bodenhorizont verankert. Die aufrechten, silifizierten Stubben und zylindrischen Hohlräume ehemaliger Baumstubben reichen bis zu 1 m in das überlagernde "Soft Cap", einen stromatolithischen Kalkstein, hinein. Den Abschluss des Kliffs bilden evaporitische Serien mit Gips.

Die beschriebenen, schwellenförmigen Aufwölbungen repräsentieren auf dem Paläosol liegende Baumstämme, die lagenweise von Kalk abscheidenden Algen umkrustet wurden. Bei den ringförmigen Gebilden mit Zentralloch handelt es sich um Stammbasen aufrechter Stämme, die ebenfalls

von Kalk abscheidenden Algen konzentrisch inkrustiert wurden und verrotteten, ehe sie silifiziert wurden (Abb. 3 bis 6). Es existieren alte photographische Aufnahmen, die zeigen, dass einige der heutigen zentralen Hohlräume vor über 100 Jahren vollständig mit silifizierten Stämmen ausgefüllt waren. Diese wurden offenbar durch Souvenirjäger im Laufe der Zeit heraus gebrochen. An den Innenseiten der zentralen Hohlräume sind z. T. Rindenstrukturen erkennbar. Die Basis der Algenbioherme sitzt jeweils einem dunkelbraunen bis schwarzen, ca. 15 cm bis 20 cm starken Horizont auf, bei dem es sich um das "Great Dirt Bed", den oberjurassischen Paläosol, handelt (Abb. 7). Dieser enthält bis faustgroße Klaster des aufgearbeiteten Portland Stone. Den Paläosol durchziehen zahlreiche Wurzeln, die an den ehemals vorhandenen Stammbasen der Bäume ansaßen. Die Wurzeln reichen an keiner Stelle bis in den unterlagernden, harten, marin gebildeten Kalkstein, den Portland Stone.

In Steinbrüchen auf der Isle of Portland sind 1 bis 2 weitere, geringer mächtige Paläosol-Horizonte, die von stromatolithischen Kalksteinen getrennt werden, entwickelt ("Basal Dirt Bed" und "Lower Dirt Bed").

Weiter westlich, im Gebiet von Portesham, tritt als Äquivalent des Paläosol "Great Dirt Bed" ein harter Silizit, der "Portesham Charophyte Chert" mit Fragmenten von Charophyten, *Equisetum* sp., *Brachyphyllum* sp., Samen und Teilen silifizierter Araucarienzapfen (*Araucarites sizerae*) auf.

Holzanatomische Untersuchungen an zahlreichen Proben durch FRANCIS (1983) ergaben, dass es sich bei über 90% aller identifizierbaren Überreste um Koniferen des Typs *Protocupressinoxylon* ECKHOLD 1922 handelt. Einige wenige untersuchte Hölzer gehörten zum Form-Genus *Araucarioxylon* Kräusel und *Circoporoxylon* Kräusel. FRANCIS (1983) stellte im Ergebnis seiner Untersuchungen die Art *Protocupressinoxylon purbeckensis* sp. nov. auf.

Anhand silifizierter, bis zu 20 m langer Stammabschnitte von *Protocupressinoxylon purbeckensis* an denen ansitzende Äste gefunden werden konnten, rekonstruierte FRANCIS (1983) die Pflanzen als aufrechte, gerade, gedrungene Stämme mit kurzen Ästen und flachen Wurzeln im Boden (Abb. 11). Stammsegmente werden in den Steinbrüchen meist ohne die massiven Algenkalkmäntel geborgen, so dass die ausgeprägten, bis 50 mm tiefen Längsriefen oder -furchen auf den Stammoberflächen gut erkennbar sind (Abb. 8). Die Kieselhölzer besitzen hellgraue bis hellbraune Farben, wobei die



**Abb. 3 bis 6**  
schwollen-, dom- oder kuppelförmige Aufwölbungen  
repräsentieren algenüberkrustete, ehemalige Standorte  
liegender Baumstämme oder stehender Stubben



**Abb. 7** das "Great Dirt Bed", ein 15 bis 20 cm starker Paläosol, überlagert von stromatolithischen Kalken



**Abb. 8**

ca. 2,5 m hoher Stammabschnitt von *Protocupressinoxylon purbeckensis*, der vor dem Portland Hights Hotel aufgestellt wurde.



**Abb. 9 und 10**

*Cycadeoidea*-Funde aus Steinbrüchen der Isle of Portland, im Portland Museum ausgestellt; Durchmesser der Fundstücke je rund 30 cm



**Abb. 11**  
Rekonstruktion von *Protocupressinoxylon purbeckensis* (nach FRANCIS 1983);  
Höhe rund 9 m, Durchmesser der Stammbasis rund 1,0 m



**Abb. 12**  
Querschnitt von *Protocupressinoxylon purbeckensis*,  
Durchmesser rund 25 cm

äußeren Oberflächen weißgrau sind (Abb. 12). Die Erhaltung holzanatomischer Details ist bei Fundstücken, die dem Verfasser vorliegen, meist sehr gut.

Die Herkunft der Kieselsäure ist nicht abschließend geklärt. Möglich sind vulkanische oder organische Quellen. In der Literatur beschriebene Vergleiche mit der Coorong Lagoon in Südaustralien begründeten die Theorie, dass die Kieselsäure organisch durch saisonale Änderungen der Salinität des Wassers ausgefällt wurde. Während der Perioden hoher photosynthetischer Aktivitäten, z.B. durch starkes Algenwachstum in der Lagune, steigt der pH-Wert im Wasser bis auf Werte, die ausreichend hoch für die Löslichkeit ( $\text{pH} > 9$ ) der Kieselsäure aus detritischem Quarz, Tonmineralen und Diatomeen sind. Aus diesem kieselensäurereichen Wasser wird Opal-Cristobalit-Gel während der Trockenzeit mit sinkendem pH-Wert infolge niedrigerer photosynthetischer Aktivität durch Absterben der Pflanzen abgeschieden. Große Mengen absterbender organischer Substanz am Grund der Lagune führten zu sinkendem pH-Wert und zur Mobilisierung der Kieselsäure, die algenumkrustete und -überdeckte Baumstubben und liegende Stämme durchdringen konnte und diese so silifizierte.

## Paläoökologie

Durch detaillierte Untersuchungen in zahlreichen Aufschlüssen und Studien an einer großen Zahl geborgener Pflanzenreste wurde folgender Lebensraum rekonstruiert (z.B. PERRY 2007): Gymnospermen-dominierte Wälder entwickelten sich entlang der Purbeck-Lagune während mehrerer, kleinerer, regressiver Phasen des oberjurassischen Meeres, so dass Bodenbildung ermöglicht wurde. Der Rand der Lagune mit den dort wachsenden Pflanzen wurde während transgressiver Phasen von steigendem, hypersalinem Wasser überschwemmt. Algen und algengebundener Detritus umkrusteten Baumstubben und liegende Stämme unter subaquatischen Bedingungen. Nachfolgend wurden die inkrustierten Pflanzenreste silifiziert. So finden sich heute in Steinbrüchen und an Küstenkliffs aufrecht stehende, silifizierte, von konzentrischen Mänteln Kalk abscheidender Algen umgebene Baumstubben, die in den Paläosol-Horizonten, den sogenannten „Dirt Beds“, mit Wurzeln verankert sind. Anhand der Dichte aufrecht stehender Stubben ist zu schlussfolgern, dass die Bäume vergleichbar mit modernen Wäldern wuchsen.

## USA, Wyoming, Green-River-Formation, Eozän

Im Dreiländereck der US-Bundesstaaten Utah, Colorado und Wyoming liegt auf rund 65.000 km<sup>2</sup> das Verbreitungsgebiet der mitteleozänen Green-River Formation, bezeichnet nach dem gleichnamigen Fluss. Weltbekannt sind die hellbeigen bis hellbraunen Kalkmergel, die vielfältige und hervorragend erhaltene Tetrapoden-, Wirbellosen- und Pflanzenfunde und Überreste einer reichhaltigen Ichthyofauna lieferten. Das Fossil-Butte-Member des Fossil Lake (spätes Untereozän) und das Laney-Member des Lake Gosiute (Unteres Mitteleozän) sind die produktivsten, fossilführenden Horizonte innerhalb der Green-River-Formation. Die eindrucksvollsten und besterhaltendsten Funde stammen aus Steinbrüchen in der Gegend von Kemmerer/Wyoming. Am bekanntesten ist *Knightsia eocaena*, ein heringsähnlicher Fisch, von dem auf einigen der geborgenen Kalkmergelplatten über 100 Exemplare gefunden wurden.

Die lakustrinen Ton- und Siltsteine der Green-River-Formation repräsentieren Ablagerungen eines paläozänen bis eozänen Seesystems im Gebiet der heutigen Bundesstaaten Utah, Wyoming und Colorado, welches vergleichbar mit rezenten Playa-Lake-Komplexen ist (SURDAM & WOLFBAUER 1975). Als Lebensraum der Flora und Fauna wurden 3 flache Seen rekonstruiert, die sich im mittleren Paläogen in intramontanen Becken der sich auffaltenden Rocky Mountains während der laramischen Phase bildeten. Der Sedimenteintrag aus den umliegenden Gebirgszügen begründet die Vielfalt der limnischen Sedimente von Sand- und Siltsteinen über feinlaminierte, kalkige Tonsteine bis hin zu Evaporiten. Zwischengeschaltete, tuffitische Horizonte repräsentieren den Eintrag aus den nördlich und südlich gelegenen Vulkanfeldern (Absaroka- und Challis-Vulkanfelder). SMITH et al. (2008) rekonstruierten anhand von <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar Datierungen an Sanidinen und Biotiten aus 22 Aschenlagen und 3 Lagen vulkanoklastischer Sande eine rund 8 Millionen Jahre andauernde Sedimentationsgeschichte im Gebiet des Green River-Beckens, Piceance Creek Beckens und Uinta-Beckens. Zwischen unterem Ypresium (53,5 Millionen Jahre) und mittlerem Lutetium (45,2 Millionen Jahre) lässt sich der Sedimenteintrag in die Becken belegen. Das Sedimentationsmaximum war zwischen 49,0 und 47,5 Mill. Jahren mit >1 m/1000 Jahren zu verzeichnen.

## Fossile Hölzer aus dem mittleren Eozän

Altgleich mit der beschriebenen Fauna sind die Vorkommen von silifizierten Hölzern im Südwesten von Wyoming, im so genannten Eden-Valley, das sich um die Städtchen Farson und Eden erstreckt. Im Eden-Valley lassen sich 3 Vorkommen fossiler Hölzer unterscheiden:

- Big Sandy Reservoir im zentralen Teil,
- Oregon Buttes im Osten,
- „Blue Forest“ am Westrand des Eden Valley.

Die bisher beschriebenen Taxa fossiler Hölzer lassen sich 3 verschiedenen Paläo-Lebensräumen zuordnen:

- Uferbereiche von Seen/Schwemmland/Überflutungsebenen,
- trockene, höher gelegene Abhänge,
- Hochebenen.



**Abb. 13**  
*Knightsia eocaena*; Länge 10 cm; Kemmerer/Wyoming



**Abb. 14**  
*Diplomystus* sp., Länge 17 cm; Kemmerer/Wyoming

## „Blue Forest“ – Kieselhölzer mit blauem Chalcedon

Beim so genannten „Blue Forest“ im Sweetwater County handelt es sich um einen echten versteinerten Wald, denn größere Stämme werden aufrecht stehend, mit Wurzelwerk im Untergrund verankert, in kalkig/tuffitischen Schichten gefunden. Die aufrecht stehenden Baumstubben reichen bis zu 0,75 m in die überlagernden Schichten hinein. Die Fotos der Ausgrabungen stellte mir freundlicherweise Michael John Kolesar aus Fargo/North Dakota zur Verfügung. Er ist Vorsitzender des Lake Agassiz Rock Club und besitzt eine Grabungslizenz für den Blue Forest. Kennzeichnend und namensgebend für den Blue Forest ist, dass in den silifizierten, hell- bis dunkelbraunen und fast schwarzen Hölzern und den sie umgebenden, hellbeigen Mänteln kalkabscheidender Algen häufig blauer Chalcedon enthalten ist. Schrumpfungsrisse, die mit Chalcedon ausgefüllt sind, bildeten sich häufig an der Naht Kambium/Rinde. Anscheinend waren Rinde und inkrustierende Algen so fest miteinander verwachsen, dass das Kambium beim Schrumpfungsprozess als „Schwächezone“ fungierte und sich Risse bilden konnten, die später mineralisiert wurden. Auf Börsen, in Museen oder Privatsammlungen sind häufig Kieselhölzer aus dem Blue Forest ohne Algenmantel zu sehen. Dieses Bild



**Abb. 15**  
frei gegrabener, aufrecht stehender Kieselholzstamm mit teilweise entferntem Algenmantel



**Abb. 16**  
Michael John Kolesar, Fargo North Dakota beim Begutachten des Grabungserfolgs

täuscht, denn die amerikanischen Sammler schlagen bei der Bergung oftmals die dicken und schweren Algenkalkmäntel (mit der meist vorhandenen Rinde) von den Kieselholzachsen ab! So entsteht der falsche Eindruck, dass Kieselhölzer aus dem Blue Forest außen von nierig-traubigem Chalcedon umgeben sind und keine Rinde besitzen.

Achsendurchmesser liegen am häufigsten zwischen 1 cm und 10 cm. Selten sind Stammsegmente bis 30 cm Durchmesser (ohne die Algenmäntel) geborgen worden. Die Kalkmäntel inkrustierender Algen sind stets sehr dick und übersteigen den Durchmesser der inkrustierten Achsen um ein Vielfaches. Achsen, deren Durchmesser 1 cm beträgt, sind mit Kalkmänteln bis zu 4 cm Stärke umgeben. An 10 cm starken Achsen habe ich Kalkmäntel von 50 cm Stärke beobachtet. Zur Morphologie der Stammoberflächen lassen sich aufgrund der Inkrustationen keine Angaben machen. In einigen Stammquer-



**Abb. 17** zwei teilweise ausgegrabene, aufrecht stehende Kieselholzstämmе mit Algenmantel im Blue Forest bei Fontenelle



**Abb. 18** liegender Kieselholzstamm mit dickem Algenmantel; freigelegt in etwa 0,5 m Tiefe; Blue Forest bei Fontenelle

schnitten sind Astspuren zu erkennen. Zuwachszonen sind bei den Hölzern schwach und unregelmäßig ausgebildet, so dass sie wohl weniger jahreszeitliche Zyklen, als vielmehr Extrembedingungen (wie trockenere Perioden oder Phasen der Versalzung des Grundwassers) widerspiegeln.

Unter den silifizierten Hölzern sind am häufigsten Angiospermen (monocotyle und dicotyle), seltener Gymnospermen und als Seltenheiten Farne (z.B. *Acrostichum hesperium*) und Equiseten.

Ähnliche Bildungen algeninkrustierter Kieselholzachsen sind seit den 1950er Jahren weiter südlich, aus einem Canyon nördlich von Price im Carbon County, Bundesstaat Utah, bekannt. Diese Region bildete im Eozän den südlichen Rand des oben beschriebenen Green-River-Beckens.



**Abb. 19** unbestimmtes Angiospermenholz mit dickem Algenmantel; Durchmesser 14 cm



**Abb. 20** unbestimmtes Angiospermenholz, Stammsegment mit Rinde und dickem Algenmantel; Höhe rund 15 cm

**Abb. 21**

unbestimmtes Angiospermenholz mit viel blauem Chalcedon;  
Stammbasis mit ansitzenden, silifizierten Wurzeln;  
Höhe 15 cm, Durchmesser 12 cm

An einzelnen Stücken ist der Befall mit holzerstörenden Organismen an 2-3 mm breiten Bohr- oder Fraßgängen zu erkennen. In sehr klarem Chalcedon, der Schrumpfungszonen in Kieselhölzern ausfüllt, finden sich gelegentlich Ostracodenschalen (Kalkschalen von Muschelkrebsen).

### Paläoökologie

Als Lebensraum für die subtropischen Gewächse kann der Uferbereich eines flachen Sees, in dem ein starkes Wachstum kalkbildender Algen herrschte, rekonstruiert werden:

- Bäume kamen in Wuchsposition unter subaquatische Bedingungen,
- wurden sehr rasch von kalkbildenden Algen konzentrisch umwachsen,



**Abb. 22** Achse des Farnes *Acrostichum hesperium* mit Algenmantel; Blue Forest bei Fontenelle; Durchmesser 4 cm

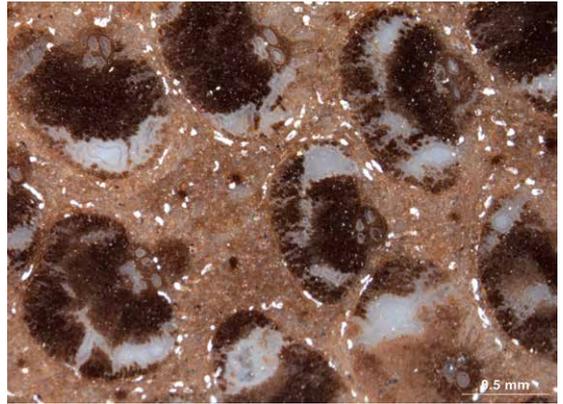


**Abb. 23**

Querschnitt von *Palmoxylon* sp. mit dünnem Algenmantel; Durchmesser 26 cm

**Abb. 24**

Leitbündel von *Palmoxylon* sp. mit 0,7 bis 1,0 mm Durchmesser in großzelligem Grundgewebe



**Abb. 25** kleine Laubholzachse mit dickem Algenmantel; Blue Forest; Durchmesser 4 cm

**Abb. 26**

unbestimmtes Angiospermenholz mit ausgeprägten Schrumpfungsmarkmalen; Durchmesser 4 cm



- Hölzer trockneten und schrumpften innerhalb der Kalkmäntel,
- tuffitreiche Schlämme wurden in die Seen gespült und füllten die Randbereiche auf,
- zirkulierende, kieselsäurereiche Wässer infiltrierten die inkrustierten Pflanzen,
- in Schrumpfungsrissen bildete sich Chalcedon, Hölzer mit den Kalkmänteln wurden silifiziert.

## Ein fast ausgebeutetes Vorkommen

Ein einheimischer Sammler berichtete mir, dass fossile Hölzer auf dem Gebiet des Blue Forest auf über der Hälfte seiner Fläche bereits ausgebeutet sind und dass es von Seiten der Behörden Überlegungen gibt, das Gebiet unter Schutz zu stellen. Graben ist im Blue Forest ohnehin nur mit staatlicher Lizenz, die auch eine Mengenbegrenzung beinhaltet, erlaubt.



**Abb. 27**  
unbestimmtes Angiospermenholz mit Bohr- oder Fraßgängen und Ostracodenschalen im klaren Chalcedon; Blue Forest bei Fontenelle; Durchmesser 15 cm



**Abb. 28**  
Detail aus Abb. 27 zeigt einen Bohr- oder Fraßgang im Angiospermenholz



**Abb. 29**  
Detail aus Abb. 27 mit chalcedongefüllten Schrumpfungsrissen im Angiospermenholz



**Abb. 30**  
Detail aus Abb. 20 mit undeutlichen Zuwachszonen

## Italien, Sardinien, Provinz Sassari

In Vorbereitung auf eine Sardinien-Reise stieß ich vor einigen Jahren beim Studium eines Naturreiseführers auf einen kleinen Abschnitt, der sich dem versteinerten Wald der Anglona widmete. Die vielsagende Beschreibung „man könnte die aufgehäuften grauen Röhren auch für abgekippten Schutt halten“, weckte mein Interesse. Auch EXEL (1986) beschreibt im Geologischen Führer Sardinien im Kapitel „Das Tertiär“ in wenigen Zeilen lakustrische Ablagerungen bei Perfugas und Martis mit verkieselten Pflanzenresten von *Glyptostrobus*, *Poacites*, *Quercus*, *Salix*, etc.

## Fundgebiet im Nordwesten Sardiniens

Im Nordwesten Sardiniens, in der Provinz Sassari, finden sich im Gebiet östlich von Chiaramonti bis Perfugas auf mehreren 100 km<sup>2</sup> Fundstellen von Kieselhölzern, pflanzenführenden Hornsteinen, silifizierten Algen und äußerst seltenen Wirbeltierfossilien.



**Abb. 31**  
Blick vom Castello in Chiaramonti in nordöstliche Richtung über die vulkanogen geprägte Landschaft; die Flächen mit den hellen Tuffiten sind sehr gut zu erkennen.

Die Fundstellen sind an ausgedehnte, vulkanoklastische, marin/brackisch überprägte Serien (andesitische bis trachytische Tuffite) gebunden, die im genannten Gebiet weit verbreitet sind und ein Ergebnis des prähelvetischen Vulkanismus im Nordwestteil Sardinien darstellen.

Bereits an der Straße Tempio Pausania – Sassari weisen Schilder mit der Aufschrift „Foresta petrificata Carrucana“ auf eine etwa 3.000 m<sup>2</sup> große, von einer rund 1 m hohen Mauer umgebene Fläche hin, auf der die erwähnten, röhrenförmigen Gebilde abgelagert wurden. Vermutlich sind sie von umliegenden Feldern aufgesammelt und zu diesem Gelände des geplanten Paläobotanik-Parkes transportiert worden. Es liegen also keine In-Situ-Verhältnisse vor.

GREGOR (2000) prägte für die markanten, nachfolgend gezeigten Gebilde den Begriff „Algenstotzen“. Diese besitzen meist eine zylinder-, amphoren- oder röhrenförmige Gestalt. Sie sind bis mehrere Meter hoch, erreichen Durchmesser bis 1,5 m und bestehen aus Lagen konzentrisch aufgebauter, silifizierter Kalkmäntel, die von Rotalgen (*Corallinaceae* und *Peyssonneliaceae*) und algenstabilisiertem Detritus gebildet wurden. Oft besitzen diese Gebilde ein Zentralalloch, das mit Sedimenten oder einer jüngeren Rotalgengeneration ausgefüllt ist. Die äußere Oberfläche ist knollig-blumenkohlartig ausgebildet.

## Kieselhölzer mit Kalkalgenmänteln

Etwa ein Drittel aller bisher untersuchten Groß-Stotzen (>0,5 m Länge) enthalten im Inneren Kieselhölzer. Dabei handelt es sich nach ersten Einschätzungen um Koniferenhölzer. Die Durchmesser der Kieselholzachsen schwanken zwischen 5 cm und 20 cm. Meist liegen die Kieselhölzer zentral, untergeordnet auch randlich in den Algengebilden. Nach lagenweiser Inkrustation der Hölzer sind diese offenbar gemeinsam mit den dicken Algenmänteln silifiziert worden. Die hellen, bis zu 1 m dicken Algenmäntel umgeben allseitig die Kieselhölzer, die dunkle Farbtöne (braun, dunkelgrau bis schwarz) aufweisen. Zuweilen finden sich schlecht erhaltene Kieselhölzer in den Algenmänteln, so dass der Schluss nahe liegt, dass inkrustierte Stämme und Äste teilweise verfaulten, bevor Verkieselungsprozesse einsetzen.

Ob auch die Algenstotzen mit Zentralalloch und z.T. Riefungsstrukturen an den Innenwandungen (Rindenstrukturen?) ursprünglich Hölzer enthielten, diese verfaulten oder aufgelöst wurden, so dass sich teilweise weitere Algenenerationen im Inneren bilden konnten, oder ob es sich um anorganische Bildungen handelt (z. B. röhrenförmige Algenmäntel um subaquatische Gas- oder Soleaustritte), muss durch Detailuntersuchungen geklärt werden.

Groß-Stotzen mit und ohne inkrustierte Kieselhölzer finden sich umgelagert entlang von Straßen, Wegen, an Feldrändern oder als Dekoration auf Grundstücken oder sie wurden zum Bau von Denkmälern oder an religiösen Orten verwendet. Sie kommen aber auch in autochthoner bis parautochthoner Lage aufrecht stehend innerhalb der Tuffite vor.



**Abb. 32**  
auf dem Gelände des zukünftigen Paläobotanik-Parkes  
abgelagerte „Algenstotzen“



**Abb. 33**  
„Algenstotzen“ von 1 m Durchmesser mit Zentralloch und  
innen liegender Riefung (Rindenstrukturen?)



**Abb. 34**  
„Algenstotzen“ von knapp 2 m Länge und 1,2 m  
Durchmesser, randlich liegende Koniferenachse



**Abb. 35**  
„Algenstotzen“ aus Abb. 34 mit 2 Koniferenachsen



**Abb. 36**  
Detail der etwa 15 cm starken Koniferenachse



**Abb. 37** etwa 6,5 cm starke Koniferenachse umgeben  
von einem rund 55 cm starken Algenmantel

**Abb. 38**

10 cm starkes Koniferenholz mit dickem Algenmantel; Ausstellungsstück im Lichthof des Museums in Perflugas

### Kieselhölzer mit Algenmänteln

In den Tuffiten finden sich bei beharrlicher Suche auch kleinere vasen- oder napfförmige Gebilde, bei denen es sich um algeninkrustierte Kieselhölzer in sehr guter Erhaltung handelt (Abb. 39 und 40). Die Dimensionen der erhaltenen Kieselhölzer legen den Schluss nahe, dass es sich um kleinere Äste oder Zweige handelt.

Die Tatsache, dass die Algenmäntel Astgabeln und selbst die Zweigspitzen vollständig, konzentrisch und gleichmäßig umschließen (Abb. 41 und 42), belegt nach meiner Auffassung, dass die Inkrustationen subaquatisch in aufrechter (Wuchsposition?) der Bäume erfolgt sein müssen.

Holzanatomische Details sind häufig hervorragend erhalten, wie die nachfolgenden Abbildungen belegen. So zeigen die Koniferenhölzer sehr gut erhaltenes Mark und keilförmiges Primärxylem. Die großvolumigen Harzkanäle sind sehr gut zu erkennen. Selten sind Stauchungs- oder Knickungszonen zu beobachten. Im Detail sind blockige Bruchzonen zu erkennen, die mit klarem Chalcedon ausgefüllt sind. Häufig ist auf Rissen durch Algenwachstum gebildeter Kalk vorhanden, der die Kieselholzachsen außen und an den Bruchflächen umschließt (Abb. 50 bis 52).

**Abb. 39**

algeninkrustierter Koniferenzweig, Durchmesser 7 cm, Länge 14 cm



**Abb. 40**  
algeninkrustierte Koniferenachse,  
Durchmesser 6 cm; blasig-traubige Oberfläche  
des Algenkalkes

**Abb. 42**  
Detail aus Abb. 41 mit der inkrustierten  
Zweigspitze



**Abb. 41**  
vollständig inkrustierter Koniferenzweig im Längsschnitt,  
Länge 7 cm



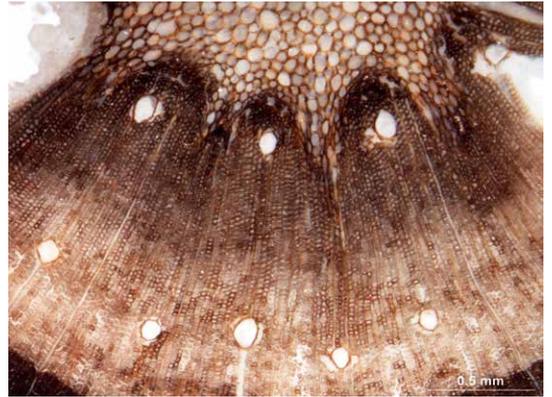
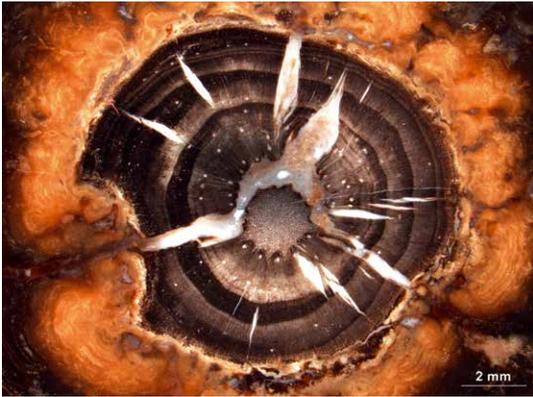


Abb. 43, 44

algenkrustierte Koniferenachse und Detail des Überganges Mark-Xylem; großvolumige Zellen im Xylem-Harzkanäle

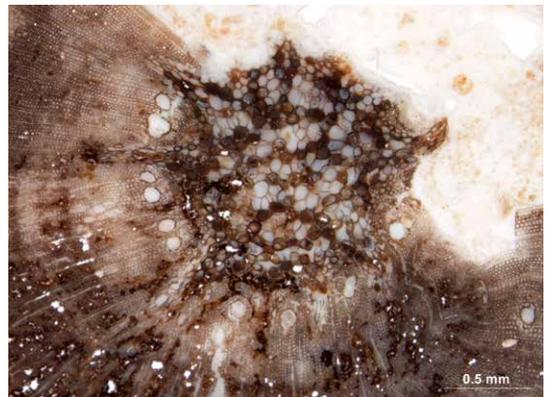


Abb. 45, 46 algenkrustierte Koniferenachse und Detail des Marks

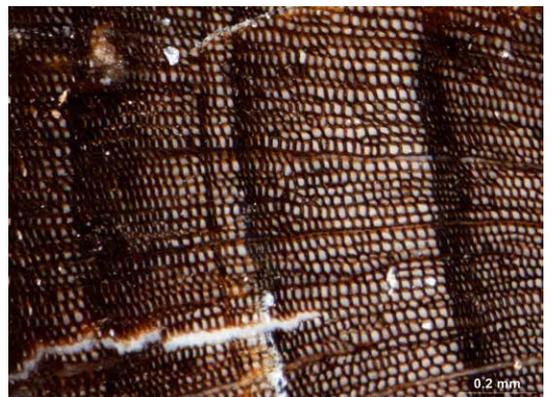


Abb. 47, 48

deutlich entwickelte Zuwachszonen in einem Koniferenholz als Zeichen ausgeprägter, jahreszeitlicher Zyklizität



Abb. 49 Knickungs- oder Stauchungszone in einer Koniferenachse

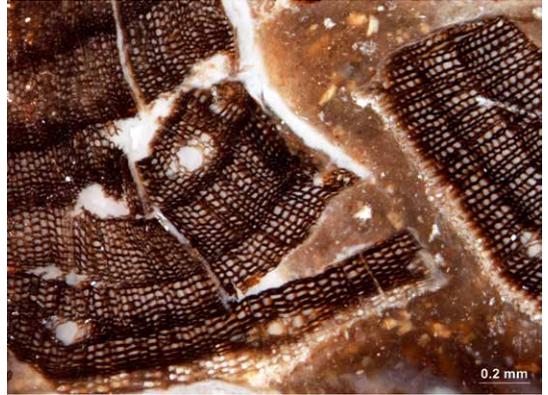


Abb. 50, 51, 52 Risse durch Kieselholzachsen sind mit Chalcedon oder durch Algenwachstum gefüllt

## Hervorragende Palmenfunde

Große Seltenheiten stellen Funde von Palmenstammfragmenten dar, an denen bis jetzt in keinem Fall Algenmäntel festgestellt wurden, wie das bei Koniferenhölzern die Regel ist. Gefunden wurden komplette Palmenstammsegmente bis 1,0 m Länge und bis 30 cm Durchmesser, sowie Palmenfragmente in Form weniger Zentimeter umfassender Bruchstücke und Splitter. Die Palmenhölzer weisen hell- bis dunkelbräunliche Farben auf. Einzelne Bereiche mit blauem Chalcedon bilden dann einen sehr schönen Kontrast zu den braunen Farbtönen.



Abb. 53 Querschnitt von *Palmoxylon* sp., Durchmesser 15 cm



Abb. 54

Querschnitt von *Palmoxylon* sp., Bildbreite 10 mm

## Fossilführende Silizite

An zahlreichen natürlichen und künstlichen Aufschlüssen (Geländestufen, Bacheinschnitte, Straßenböschungen, Bahneinschnitte) sind bis zu 20 m hohe Tuffitprofile aufgeschlossen. Sehr gut sind die hell- bis blaugrauen und dunkelgrauen bis schwarzen, 15 cm bis 50 cm starke Hornsteinbänke zu erkennen, die in unregelmäßigen Abständen in die Tuffite eingeschaltet sind. Bei den Hornsteinen handelt es sich um sehr zähe und harte, muschelrig brechende Silizite/Cherts.

Meist liegen die Hornsteinbänke in den tuffitischen Serien  $\pm$ horizontal. An einem Einschnitt der Bahnlinie Tempio P. - Sassari ist ein etwa 15 m hohes Profil aufgeschlossen, in dem die Hornsteinbänke intensiv gefaltet, verbogen und zerbrochen sind.

Nur die dunklen, fast schwarzen Chertvarietäten sind reich an Kieselholzachsen und pflanzlichem Detritus (Abb. 57). Am frischen Bruch ist an den schwarzen Siliziten ein sehr intensiver bitumenartiger Geruch wahrzunehmen.

Sehr auffällig ist die absolute Dominanz von Koniferenhölzern in den Siliziten. Nur wenige Funde von Angiospermenhölzern waren bis jetzt zu verzeichnen. Die Kieselholzachsen in Siliziten besitzen Durchmesser zwischen 5 mm und 5 cm und sind stets fast vollständig algenummantelt, wie die nachfolgenden Abbildungen zeigen. Typisch ist weiterhin, dass Risse in den Kieselhölzern und Risse zwischen Hölzern und Algenmänteln (Schrumpfungsrisse?) sehr häufig mit weißem bis hellblauem Chalcedon ausgefüllt sind. Diese Tatsache lässt Parallelen zum „Blue Forest“ im US-Bundesstaat Wyoming erkennen, bei dem die Kieselhölzer ebenfalls algenummantelt sind (Abb. 55 und 56).

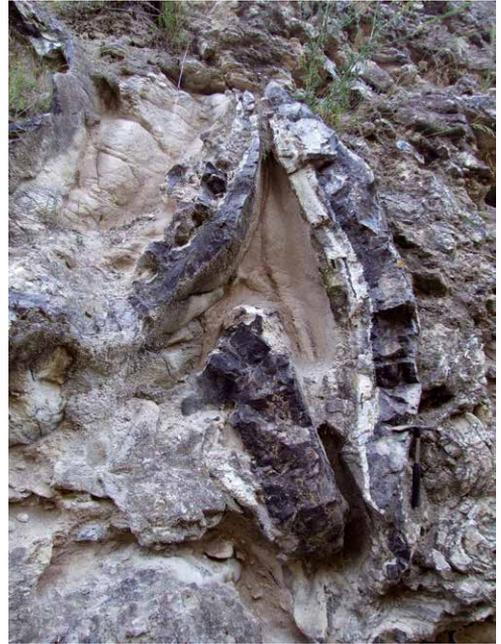
Die wenigen bisher gefundenen, silifizierten Angiospermenhölzer aus der Fundregion stammen ausschließlich aus den Hornsteinen/Cherts und treten dort zusammen mit Gymnospermenhölzern auf. Es handelt es sich um Achsen zerstreut porigen Holzes mit Durchmessern zwischen 8 und 15 mm, die ebenfalls algeninkrustiert sind.

Zuwachszonen sind bei den Koniferen- und Angiospermenhölzern gleichermaßen deutlich ausgebildet. Dieser Fakt lässt eine ausgeprägte jahreszeitliche Zyklizität des Wachstumsprozesses vermuten. Auffallend ist, dass überwiegend Kieselholz-Achsen mit kleinen Durchmessern (5-50 mm) gefunden werden. Das größte Stammsegment, das ich bisher gesichtet habe, ist ein Koniferenholz von 15 cm Durchmesser. Möglicherweise repräsentieren die gefundenen Pflanzen die überlieferten Reste einer Pioniervegetation. Denkbar wäre auch, dass Achsen mit größeren Durchmessern einfach nicht erhalten sind (möglicherweise durch Unterschiede im Grad der Silifizierung). Zu beobachten ist, dass der Erhaltungszustand der Kieselhölzer mit steigendem Achsendurchmesser schlechter wird. Bereiche mit hervorragend erhaltenem Xylem gehen fleckenartig in völlig strukturlosen Chalcedon über. Diese Erscheinung ist sowohl in der Quer- als auch in der Längserstreckung der Achsen zu beobachten.

Hinweise auf in-situ-Verhältnisse der Pflanzenfossilien auf Sardinien sind bis dato nicht gefunden worden. Zwar existieren Funde von Cherts, die mit Palmenrhizomen durchzogen sind, eindeutige Organzusammenhänge zwischen Achsen und ansitzenden Wurzeln gibt es bis jetzt jedoch nicht. Hier könnten Aufgrabungen an der Basis mehrerer Algenstotzen, die



**Abb. 55, 56**  
Hornsteinbänke stark verfault in tuffitischen Serien am Einschnitt der Bahnlinie



**Abb. 57**  
Chertbank mit einer großen, rund 30 cm langen, von Algenkalk inkrustierten Kieselholzachse auf der Unterseite



in aufrechter Position innerhalb der Tuffite stehen, Klarheit schaffen. Weiterhin wäre die detaillierte Bearbeitung von Dünnschliffen der Kieselhölzer und fossilführenden Cherts wünschenswert, um so Hinweise zur Paläoökologie der Fundstellen zu erhalten. Wahrscheinlich scheint ein küsten- oder lagunennaher, vorwiegend aus Koniferen und untergeordnet aus Palmen und Angiospermen bestehender Baumbestand, der in transgressiven Phasen zumindest teilweise überflutet wurde. Möglich ist auch der Eintrag standortfremder Treibhölzer in den Untersuchungsraum. Unter subaquatischen Bedingungen muss die lagenweise Inkrustation der Pflanzenachsen mit Rhodophyceen erfolgt sein. Nachfolgend wurden Pflanzenachsen und inkrustierende Algenmäntel silifiziert. Zu welchem Zeitpunkt die Überdeckung mit Tuffen/Tuffiten und die Silifizierung der inkrustierten Pflanzen erfolgte, kann derzeit nur spekuliert werden. Infolge von Umlagerungen (z. B. subaquatisch oder durch tektonische Vorgänge?) wurden Algengebilde umgekippt und zerbrochen, so dass sich heute im Gelände Fragmente inkrustierter Kieselhölzer finden.



Abb. 58, 59 algeninkrustierte Koniferenachse in einem Chert und Detail des Marks

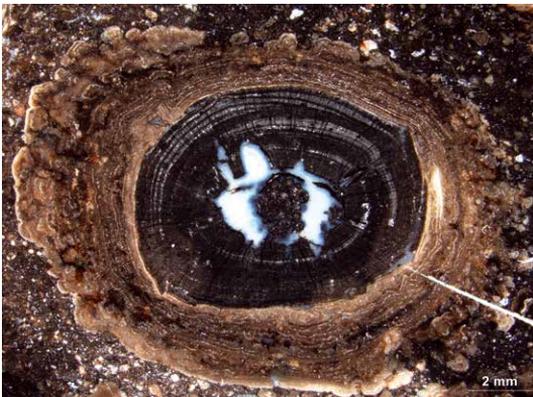


Abb. 60 algeninkrustierte Koniferenachse im Chert, z. T. in Chalcedon umgewandelt

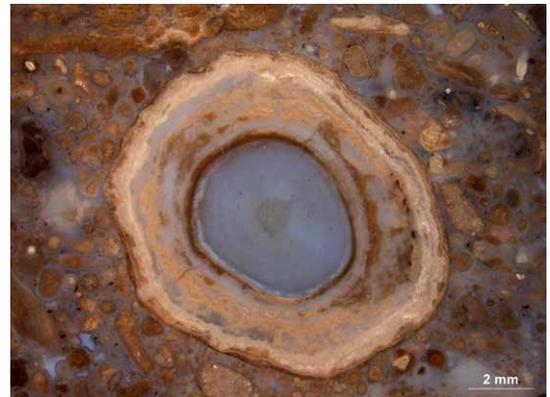


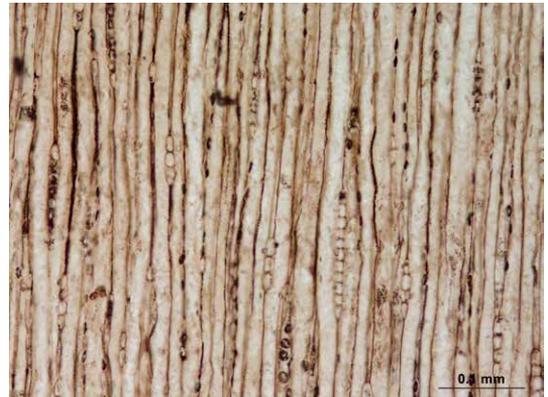
Abb. 61 algeninkrustierte Angiospermenachse, fast vollständig in blauen Chalcedon umgewandelt



Abb. 62 und 62a algeninkrustierte Angiospermenachse im Chert und Detail des zerstreutporigen Holzes



**Abb. 63**  
algeninkrustierte Angiospermenachse in einem Chert; zum Zentrum geht das Kieselholz in strukturlosen Chalcedon über



**Abb. 64a und 64b** Radial- und Tangentialschnitt an einem Koniferenholz; Dünnschliff; Probe Ma09-02

## Literatur

- DAMON, R. (1884): Geology of Weymouth, Portland and the coast of Dorset from Swanage to Bridport-on-the-sea; with Natural History and Archaeological Notes. 2nd ed. Weymouth, 250 S.
- EXEL, R. (1986): Sardinien – Geologie, Mineralogie, Lagerstätten, Bergbau. Sammlung Geologischer Führer, **80**: 177 S.; Stuttgart (Gebr. Bornträger).
- FRANCIS, J. E. (1983): The dominant conifer of the jurassic Purbeck formation, England. – *Palaeontology*, **26**, 2: 277-294.
- GREGOR, H.-J.; EXEL, R.; HOLLEIS, P.; MOUSSAVIAN, E.; SPANO, C. & THEWALT, U. (2000): Der „fossile Wald“ auf Sardinien (Tertiär) – Neue Erkenntnisse zur Entstehung und Genese eines Phänomens. – *Documenta naturae*: 1-117.
- PERRY, C.T. (2007): Freshwater tufa stromatolites in the basal Purbeck Formation (Upper Jurassic), Isle of Portland, Dorset. – *Geological Journal*, **29**, 2: 119-135.
- SANBORN, A.F. & GOODWIN, J.C. (1965): Green River Formation at Raven Ridge, Uintah County, Utah. – *The Mountain Geologist*, **2**, 3: 109-114.
- SMITH, M.E.; CAROLL, A.R. & SINGER, B.S. (2008): Synoptic reconstruction of a major ancient lake system: Eocene Green River Formation, western United States. – *Geological Society of America Bulletin*, **120**: 54-84.
- SURDAM, R.C. & WOLFBAUER, C.A. (1975): Green River Formation, Wyoming: A Playa-Lake Complex. – *Geological Society of America Bulletin*, **86**: 335-345.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz](#)

Jahr/Year: 2010

Band/Volume: [33](#)

Autor(en)/Author(s): Timpe Marian

Artikel/Article: [Algeninkrustierte Pflanzenfossilien aus Nordamerika und Europa 5-26](#)