

Taphonomische Untersuchungen im Mobile-Delta, Alabama, USA - Teil 1: Zusammensetzung der Floren in den verschiedenen Environments

Christa-Charlotte HOFMANN, Reinhard ZETTER,
David K. FERGUSON, Wien & Robert A. GASTALDO, Auburn

Mit 2 Abbildungen und 1 Tabelle

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird die Vegetation des Mobile-Deltas (Alabama, USA) vorgestellt, verschiedenen Habitaten zugeordnet und die am häufigsten vorkommenden Pflanzen aufgelistet. Dieses Vorgehen bildet eine wichtige Grundlage für die weitere Bearbeitung der Sediment- und Wasserproben, die auf Pollen- und Sporeneintrag und Palynofacies untersucht werden sollen. Die Abschätzung ob die Vegetation azonal oder zonal ist, ob die Pflanzen windblütig oder insektenblütig sind und ob es Elemente gibt, die in mehreren Lebensräumen vorkommen erleichtert die Interpretation des Palynomorphengehaltes in Sediment und Wasser. Diese Vorgehensweise und die damit gewonnenen Daten sind die Basis für die paläoökologischen Auswertungen tertiärer Sedimentgesteine.

Abstract

In this paper an overview of the wetland vegetation of the Mobile Delta (Alabama, USA) is presented. The most common plants found are listed in a table, along with information on life-form and pollination mechanisms. The extent to which the vegetation is azonal or zonal, and whether some plants occur in different habitats represents critical information for the interpretation of the palynomorph content in sediment- and water-samples. This data base and methodology provides a useful tool for the palaeoecological analysis of Tertiary sedimentary rocks.

Einleitung

Rezente Beobachtungen an Transport- und Ablagerungsprozessen von Pollen und detritischem pflanzlichem Material in terrestrischen und marinen sedimentären Environments sollen zur Interpretation und Identifikation fossiler Ablagerungen beitragen. Erste Arbeitsansätze dieser Art wurde von TRAVERSE (1994) zusammengefaßt und von VAN WAVERN & VISSCHER (1994) vorgelegt. Ob diese Vorgehensweise wirklich auf fossile Sedimentgesteine des Tertiärs anwendbar ist, wird in Zukunft mit dieser und folgenden Untersuchungen überprüft werden. Das Mobile-Delta im Südosten der Vereinigten Staaten eignet sich als Untersuchungsgebiet besonders, da sich das dort herrschende Klima und die vorkommende Vegetation gut mit den tertiären Ablagerungsräumen vergleichen läßt.

Das Mobile-Delta befindet sich nach SCHULTZ (1988) im Bereich der immerfeuchten Subtropen. Die hier auftretenden Regenmengen bleiben das ganze Jahr über gleich hoch, da sich dieses Areal an der Ostseite der amerikanischen Festlandmasse in 25 bis 35° Breite befindet. Die sich während des Sommers über den Festlandmassen bildenden Hitzetiefs ("Monsuntiefs") bewirken, daß von Westen ozeanische wassergesättigte Luftmassen herangeführt werden und abregnen. Die Niederschläge betragen durchschnittlich 1700mm pro Jahr (O'NEIL & METTEE, 1982) und die Jahresmitteltemperatur 20°Celsius. Im Besonderen werden die Küstenbereiche von Zyklonen und Starkregen heimgesucht, deren Niederschläge dann bis zu 100 mm pro Stunde betragen können (SCHULTZ, 1988).

Methodik

Fortbewegung und Probennahme im Mobile-Delta war nur in einem Boot mit Außenbootmotor möglich. An dreißig unterschiedlichen Lokalitäten entlang der Hauptflüsse, kleinen Sumpfwässerungsrinnen und Seen wurden Sedimentproben genommen. Wichtige Grundlage für jegliche Weiterbearbeitung des Probenmaterials in taphonomischer Sicht war die Erfassung der umgebenden Vegetation. Die Vorgehensweise basiert auf dem Aufsammeln und Bestimmen der meisten Pflanzen in den jeweiligen Biotopen, bzw. den sedimentären Environments. Hierbei sollte auch grob abgeschätzt werden welche Arten häufig oder nicht so häufig vorkommen und welche Arten der azonalen Vegetation angehören. Folglich wurde die umgebende Vegetation an den Ufern und in den Sumpfwäldern der jeweiligen Probennahmestellen notiert und Herbariumsmaterial gesammelt, um von jeder Pflanze ein Belegstück zu haben. Das Pflanzenmaterial wurde mit Hilfe von Literatur (BROWN & KIRKMAN, 1993; DUNCAN & DUNCAN, 1988; ELEUTHERIUS, 1990; TINER, 1993) und Dr. John FREEMAN vom Auburn University Herbarium bestimmt, der uns auch

Blütenbelegmaterial als Vergleichsmaterial für die Pollenidentifikation zur Verfügung stellte. Die nächsten Schritte wurden im Labor durchgeführt. Es wurden Kutikularpräparate von den Blättern angefertigt und Pollenaufbereitungen der Blüten des Herbarmaterials durchgeführt. Diese Präparate werden als Vergleichsmaterial für die organischen Partikel in den Sediment- und Wasserproben herangezogen.

Wasserhaushalt und sedimentärer Untergrund

Das Mobile-Delta liegt im östlichen Teil des Tieflandes der Golfküste im Südosten der Vereinigten Staaten von Amerika (Abb. 1). Die lateral stark begrenzte progradierende Sequenz baut sich aus spätpleistozänen und holozänen, alluvialen Sedimenten und Terrassenablagerungen auf und wird als Ergebnis spätpleistozäner Meeresspiegelschwankungen und der Absenkung des Mobile Grabens aufgefaßt (COPELAND, 1982; SMITH, 1988).

Das Wassereinzugsgebiet des Mobile Deltas beträgt 114737 km² und ist, was den Sedimentabtransport angeht, mit einer jährlichen Suspensionsfracht von 4,27 Millionen Tonnen und einer unbekanntenen Menge an Bodenfracht pro Jahr das drittgrößte Flußsystem der Vereinigten Staaten (CURTIS et al., 1984). Die Menge des Wasserabflusses ist von Regen- und Trockenzeiten abhängig und variiert zwischen 2830 cm³/sec (Juni bis November) und 141500 cm³/sec (Februar bis April) (GASTALDO, 1989). Etwa 46400 Hektar des Mobile-Deltas werden von Sumpf- und Feuchtbiotopen eingenommen, den sogenannten "Wetlands", die sich im unteren Teil und im Übergangsbereich des Deltas zwischen den Hauptwasserarmen des Tensaw, des Apalachee, des Blackeley und des Mobile Flusses befinden. Die Sumpfbereiche werden von kleinen träge fließenden Flüssen entwässert (Maple Creek, Lizard Creek, Bear Creek, Tallapoosa Bayou, Minette Creek, etc.).

Die Vegetation des Deltas ist durch die hohe Feuchtigkeit, den hohen jährlichen Niederschlägen von ca. 1700mm pro Jahr (O'NEIL & METTEE, 1982) und dem subtropischen Klima (20°C im Jahresmittel) geprägt und wird botanisch zu der *Quercus falcata/Quercus laurifolia* Provinz gezählt (DAUBENMIRE, 1978). Es ist aber zusätzlich anzumerken, daß die Entwicklung, bzw. die Zusammensetzung der Pflanzendecke, nicht nur vom dem Wasserhaushalt sondern auch vom sedimentären Environment gesteuert wird.

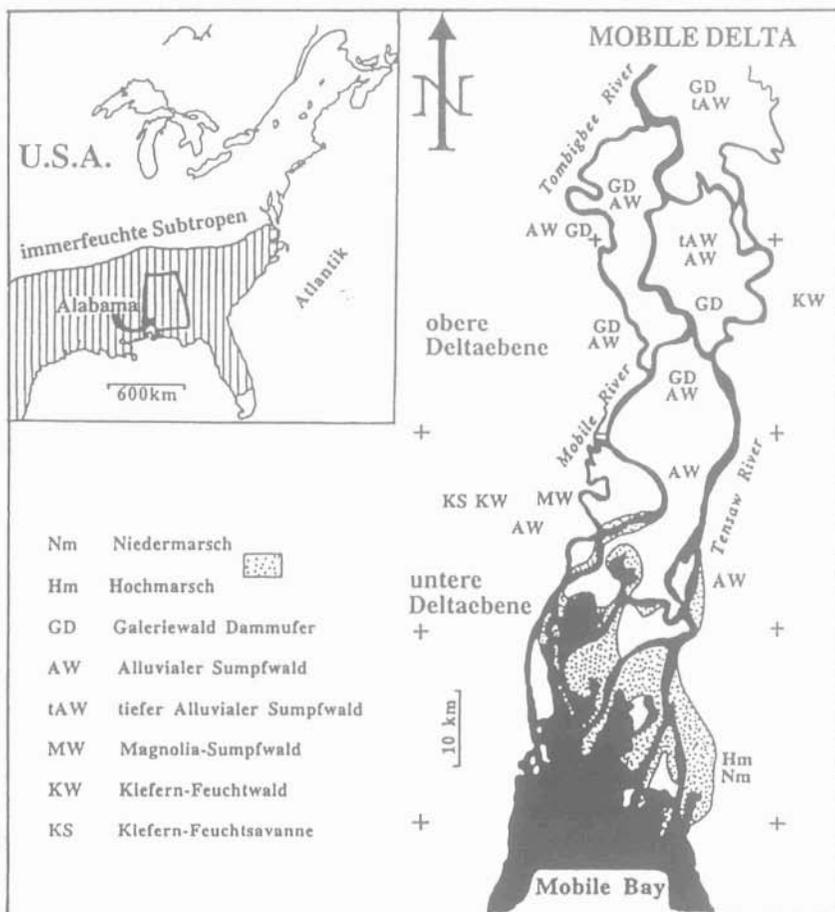


Abb. 1: Karte des Mobile-Deltas (Alabama) im südöstlichen Teil von Amerika und grobe Einteilung der Vegetationstypen in den unterschiedlichen Deltabereichen.

Der Wasserhaushalt in den jeweiligen Biotopen wird von den Niederschlägen, dem Grundwasserspiegel (Länge der Überflutungsereignisse, Flußsystem) und der Durchlässigkeit bzw. der Undurchlässigkeit der unterliegenden Sedimente kontrolliert. Mit steigenden Niederschlägen in den regenreichen Zeiten steigt der Grundwasserspiegel und Gebiete mit niedrigem Relief werden überflutet. Je nach Relief und Durchlässigkeit des Untergrundes kann die Überflutungsdauer variieren: permanent überflutet, regelmäßig und für lange oder kurze Zeit überflutet oder unregelmäßig nur bei extremen Regenzeiten überflutet. In küstennahen Gebieten können Hochwasserstände vom Tidenhub beeinflusst sein. Der Tidenhub beträgt im gesamten Delta ca. 0,46m (O'NEIL & METTEE, 1982), wobei dieser stark von der jeweiligen Windrichtung kontrolliert wird.

Mit der Niederschlagsmenge und dem Tideneinfluß sind Salinitätsschwankungen in den Marschen und Wasserkörpern verbunden. Starker Regen kann brackische Gebiete aussüßen. Dann wiederum kann Meerwasser durch starke auflandige Winde in diese Areale eindringen und diese salin überprägen. Viele Marschpflanzen sind deshalb durch eine ausgeprägte Salztoleranz charakterisiert (*Juncus roemerianus* und *Spartina* spp.).

Die sedimentären Prozesse, die den Untergrund aufbauen, sind vom Flußsystem abhängig, da die Fließgeschwindigkeit einen wesentlichen Faktor für Transport und Ablagerung des klastischen Sedimentgehaltes darstellt. Die Fließgeschwindigkeit variiert im Laufe des Jahres, in den regenreichen Zeiten ist sie höher als in den trockenen Perioden. Folglich ist die Transportkraft des Wassers in den regenreichen Zeiten höher, es wird daher im Flußbett aktiv gröber klastisches Material flußabwärts transportiert, bzw. umgelagert, oder an den steilen Prallhängen der Uferdämme erodiert. Im Gegensatz dazu wird das feinkörnigere Material (Ton und Silt), welches in Suspension vorliegt, während des Hochwassers auf den Dammufern (meistens Silt) und den dahinter liegenden Überflutungsebenen (meistens Ton) abgelagert.

Durch diese langsame doch relativ regelmäßige Ablagerung in der Nähe der Flußarme entsteht ein charakteristisches Kleinrelief. Die siltigen bis teilweise feinstsandigen Uferdämme werden höher aufgeschüttet und sind besser durchlässig. Sie sind von vielen, aber weniger fluttoleranten Pflanzen bewachsen als die dahinter liegenden siltig-tonigen alluvialen Überflutungsebenen, welche in sich noch gegliedert werden können: Die vom Fluß am weitest entfernten Gebiete zeigen den geringsten Eintrag an elastischem Material und liegen deshalb morphologisch am tiefsten. Zusätzlich neigen sie zu Staunässe, da reine Tonsedimente wasserundurchlässig sind (tiefe alluviale Überflutungsebenen). Diese Gegebenheiten tragen dazu bei, daß solche Areale am längsten unter Wasser stehen und in ihnen nur extrem überflutungstolerante Pflanzenarten existieren können (*Taxodium distichum*, *Nyssa aquatica*, *N. sylvatica*, *Carya aquatica*).

Charakterisierung und Einteilung der Vegetation des Mobile-Deltas

Das als mit "Wetlands" bezeichnete bewachsene Areal des Mobile-Deltas wurde botanisch in drei Kategorien eingeteilt (STOUT et al., 1982): 9,2% Marschland, das sich entlang der Küste bzw. rund um den Mobile-Estuar aus salziger bis brackischer Niedermarsch und Hochmarsch zusammensetzt (deutsche Definition nach KNAPP, 1965: Salzmarsch und Brackwassergebüsch), 3,2% ständig überflutete Senken (nach KNAPP, 1965: Gesellschaften von untergetauchten Wasserpflanzen) die von verschiedenen subaquatischen oder schwimmenden

Makrophyten bewachsen sind, und der Rest besteht aus unterschiedlichen Sumpfwäldern („Swamps“ STOUT et al., 1982). Die letztere ist die umfassendste Kategorie und wird von sechs unterschiedlichen Sumpfwaldtypen eingenommen: 29,4% alluvialer und 30,5% tiefer alluvialer Sumpfwald (nach KNAPP, 1965: *Taxodium-Nyssa*-Sumpfwald der Auenbereiche und Moor-*Taxodium-Nyssa*-Wald der flußfernen Gebiete), 23,1% Galeriesumpfwald, 2,8% dichtbestandener Magnolia-Sumpfwald, 0,7% schlecht entwässerter Kiefern-Feuchtwald (nach KNAPP, 1965: Moor-Kiefern-Wälder), 0,5% schlecht entwässerte Kiefern-Feuchtsavanne (nach KNAPP, 1965: vergleichbar mit dem Pocosin-Moorgebüsch). Schon aus dieser einfachen Charakterisierung geht hervor, daß die Pflanzendecke stark vom fluviatil-deltatischen Wasserhaushalt und Sedimentation abhängig ist, das heißt hauptsächlich der azonalen Vegetation zuzuordnen ist. Gemischt azonal/zonal werden die Verhältnisse im oberen Deltabereich und an den Deltaflanken.

In dieser Arbeit sollen von den unterschiedlichen Pflanzenvergesellschaftungen (Abb. 2) nur die charakteristischen und jeweils häufigsten Pflanzen aufgeführt werden (Tab. 1).

(A) Salzige bis brackige Niedermarsch (Nm) und Hochmarsch (Hm)

Die physiogeographische Gestalt des Marschlandes ist eintönig flach und von kleinen Entwässerungskanälen durchzogen. Die geringfügig höhere Sedimentaufschüttung an der vom Meer abgewandten Seite führt zu einem minimalen Reliefunterschied, der stark von der Vegetation reflektiert wird. Man kann deutlich zwischen der hauptsächlich nur von Gräsern bewachsenen Niedermarsch und dem von mehr mit Sträuchern bestandenen höher gelegenen Brackwassergebüsch unterscheiden (Abb. 2). Da das Marschland vom Tidenhub, bzw. vom Meerwasser beeinflusst ist, spielt die unterschiedliche Salinität (Salzwasser, Brackwasser, Süßwasser) eine Rolle in der Zusammensetzung der Pflanzendecke.

Pflanzen der Niedermarsch stehen mit den Wurzeln, den unteren Achsenabschnitten und Blättern während der Flut oder während der regenreichen Zeit unter Wasser. Die Vegetation wird von Grasartigen, wie z.B. Cyperaceen, Juncaceen und Poaceen dominiert, es kommen aber auch andere Pflanzen zerstreut oder lokal angehäuft vor (*Taxodium distichum*, *Nyssa sylvatica*). Lokal leicht erhöhte, kleine Rücken werden von wenigen Sträuchern, Bäumen oder weniger salz- und überflutungstoleranten Arten eingenommen und leiten zum Brackwassergebüsch über, wo die meisten Arten keinen höheren Salinitäten und längeren Überflutungsperioden ausgesetzt sind. Auch hier herrscht die grasartige Vegetation vor, doch ist das vermehrte Auftreten von Kräutern, Großkräutern

und Holzgewächsen sehr deutlich zu erkennen. Fast alle grasartigen, hier dominant vorkommenden Pflanzen, sind Windbestäuber, d.h. die Pollen werden vom Wind weitertransportiert. Die Pollenproduktion solcher Gebiete ist deshalb sehr hoch.

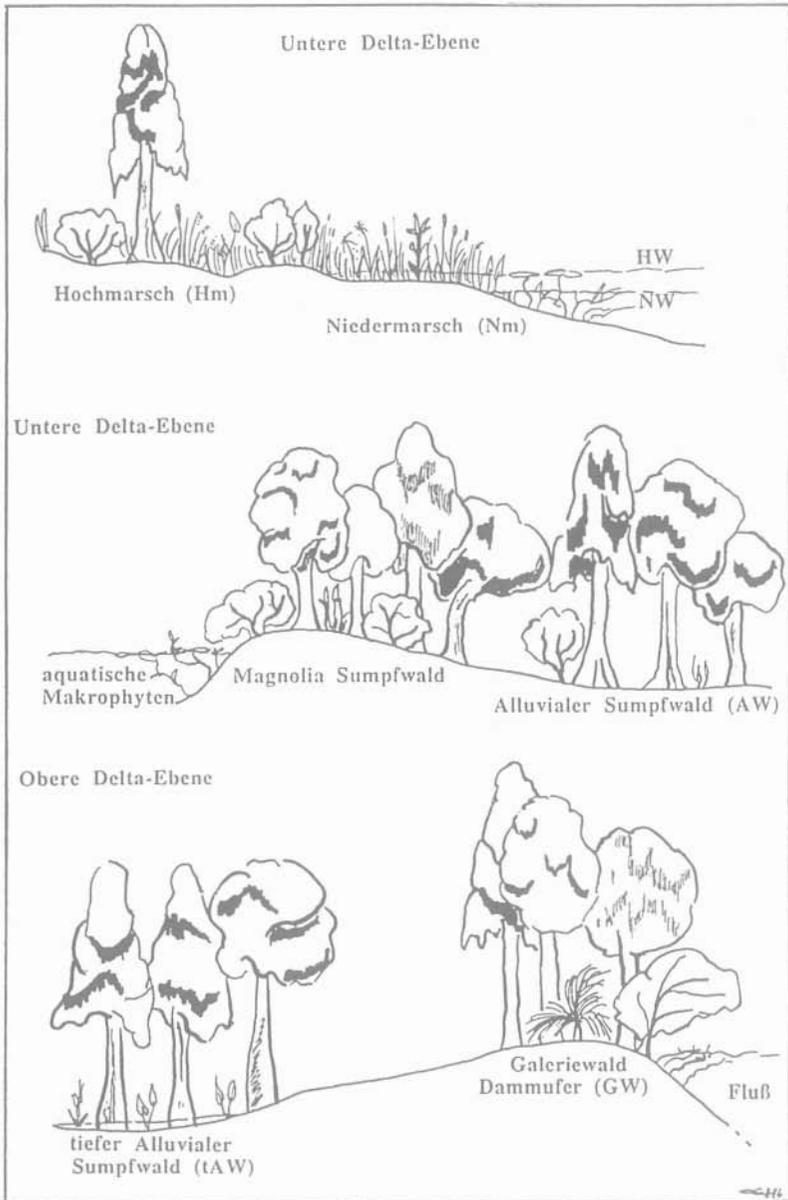


Abb. 2: Schematische Skizze der verschiedenen Vegetationstypen des Mobile-Deltas

Tabelle 1: Auflistung der am häufigst vorkommenden Pflanzen des Mobile-Deltas und deren Einteilung in die verschiedenen Vegetationstypen (größtenteils nach STOUT et al. 1982 und TNER 1993). Zusätzliche Information besteht in der Klassifizierung der Lebensform und Bestäubungsmechanismus.

Familie	Gattung	Art	Bestäubung	Lebensform	Nm	Hm	üS	GD	AW	tAW	MW	KW	KS
Aceraceae	<i>Acer</i>	<i>rubrum</i>	Insekten	Baum				X	X	X	X		
Betulaceae	<i>Alnus</i>	<i>serrulata</i>	Wind	Strauch					X				
Vitaceae	<i>Ampelopsis</i>	<i>arborea</i>	Insekten	Liane				X	X				
Asclepiadaceae	<i>Asclepias</i>	<i>spp.</i>	Insekten	perenn. Kraut	X				X	X		X	X
Asteraceae	<i>Aster</i>	<i>spp.</i>	Insekten	perenn. Kraut	X							X	
Betulaceae	<i>Betula</i>	<i>nigra</i>	Wind	Baum				X					
Convolvulaceae	<i>Calystegia</i>	<i>sepium</i>	Insekten	kraut. Schlingpfl.		X							
Bignoniaceae	<i>Campsis</i>	<i>radicans</i>	Insekten	Liane				X	X				
Cyperaceae	<i>Carex</i>	<i>spp.</i>	Wind	perenn. Grasartige	X	X		X	X	X	X		
Betulaceae	<i>Carpinus</i>	<i>caroliniana</i>	Wind	Strauch				X					
Juglandaceae	<i>Carya</i>	<i>aquatica</i>	Wind	Baum				X	X	X		X	
Ulmaceae	<i>Celtis</i>	<i>sp.</i>	Wind	Baum				X					
Ceratophyllaceae	<i>Ceratophyllum</i>	<i>demersum</i>	Wasser	Tauchpflanze			X						
Cupressaceae	<i>Chamaecyparis</i>	<i>thyoides</i>	Wind	Baum							X		
Apiaceae	<i>Cicuta</i>	<i>maculata</i>	Insekten	perenn. Kraut	X								
Cyperaceae	<i>Cladium</i>	<i>jamaicense</i>	Wind	perenn. Grasartige	X								
Clethraceae	<i>Clethra</i>	<i>alnifolia</i>	Insekt/Wind	Strauch							X		X
Cyrtillaceae	<i>Cliftonia</i>	<i>monophylla</i>	Insekten	Strauch							X		X
Commelinaceae	<i>Commelina</i>	<i>virginica</i>	Insekten	perenn. Kraut				X	X	X			

Tabelle 1: Fortsetzung

Familie	Gattung	Art	Bestäubung	Lebensform	Nm	Hm	üS	GD	AW	tAW	MW	KW	KS
Rosaceae	<i>Crataegus</i>	<i>sp.</i>	Insekten	Strauch				X					
Cyperaceae	<i>Cyperus</i>	<i>spp.</i>	Wind	perenn. Grasartige	X							X	
Cyrillaceae	<i>Cyrilla</i>	<i>racemiflora</i>	Insekten	Strauch							X		X
Cyrillaceae	<i>Cyrilla</i>	<i>racemiflora</i>	Insekten	Strauch							X		X
Ebenaceae	<i>Diospyros</i>	<i>virginiana</i>	Insekten	Baum				X	X			X	
Poaceae	<i>Echinochloa</i>	<i>crus-galli</i>	Wind	perenn. Gras	X	X							
Pontederiaceae	<i>Eichhornia</i>	<i>crassipes</i>	Insekten	Schwimmpflanze			X						
Hydrocharitaceae	<i>Elodea</i>	<i>canadensis</i>	Wasser	Tauchpflanze			X						
Asteraceae	<i>Eupatorium</i>	<i>spp.</i>	Insekten	perenn. Kraut		X				X			
Oleaceae	<i>Fraxinus</i>	<i>caroliniana</i>	Wind	Baum				X	X	X			
		<i>pennsylvanica</i>	Wind	Baum				X	X	X			
Malvaceae	<i>Hibiscus</i>	<i>moscheutos</i>	Insekten	perenn. Kraut		X							
Hypericaceae	<i>Hypericum</i>	<i>fasciculatum</i>	Insekten	Strauch									X
		<i>myrtifolia</i>	Insekten	Strauch									X
		<i>virginicum</i>	Insekten	Kraut				X		X	X		
Aquifoliaceae	<i>Ilex</i>	<i>coriacea</i>	Insekten	Strauch							X		X
		<i>vomitorea</i>	Insekten	Strauch				X	X		X	X	
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i>	<i>sagittata</i>	Insekten	kraut. Schlingpfl.		X							
Iteaceae	<i>Itea</i>	<i>virginica</i>	Insekten	Strauch				X	X	X	X		
Juncaceae	<i>Juncus</i>	<i>roemerianus</i>	Wind	perenn. Grasartige	X								
Malvaceae	<i>Kosteletzkya</i>	<i>virginica</i>	Insekten	perenn. Kraut		X							

Tabelle 1: Fortsetzung

Familie	Gattung	Art	Bestäubung	Lebensform	Nm	Hm	üS	GD	AW	tAW	MW	KW	KS
Ericaceae	<i>Leucothoe</i>	<i>axillaris</i>	Insekten	Strauch							X		
Magnoliaceae	<i>Liriodendron</i>	<i>tulipifera</i>	Insekten	Baum							X		
Hamamelidaceae	<i>Liquidambar</i>	<i>styraciflua</i>	Wind	Baum				X	X	X			
Onagraceae	<i>Ludwigia</i>	<i>spp.</i>	Insekten	Uferpflanze	X				X	X			
Ericaceae	<i>Lyonia</i>	<i>lucida</i>	Insekten	Strauch							X		X
Lythraceae	<i>Lythrum</i>	<i>lineare</i>	Insekten	perenn. Kraut	X	X							
Magnoliaceae	<i>Magnolia</i>	<i>grandiflora</i>	Insekten	Baum							X		X
		<i>virginiana</i>	Insekten	Baum					X		X		X
Myricaceae	<i>Myrica</i>	<i>cerifera</i>	Wind	Strauch		X			X		X		X
Nelumbonaceae	<i>Nelumbo</i>	<i>lutea</i>	Insekten	Wasserpflanze			X						
Nymphaeaceae	<i>Nuphar</i>	<i>lutea</i>	Insekten	Wasserpflanze			X						
	<i>Nymphaea</i>	<i>spp.</i>	Insekten	Wasserpflanze			X						
Nyssaceae	<i>Nyssa</i>	<i>sylvatica</i>	Wind	Baum	X			X	X	X	X		X
Nyssaceae	<i>Nyssa</i>	<i>aquatica</i>	Wind	Baum				X	X	X			
Polypodiaceae	<i>Onoclea</i>	<i>sensibilis</i>	Wind	kletternder Farn					X	X			
Oleaceae	<i>Osmanthus</i>	<i>americana</i>	Insekten	Strauch							X		
Osmundaceae	<i>Osmunda</i>	<i>regalis</i>	Wind	kraut. Farn				X	X		X		
Poaceae	<i>Panicum</i>	<i>spp.</i>	Wind	perenn. Gras	X	X			X	X		X	
Araceae	<i>Peltandra</i>	<i>virginica</i>	Insekten	Uferpflanze	X					X	X		
Lauraceae	<i>Persea</i>	<i>palustris</i>	Insekten	Baum					X		X		X

Tabelle 1: Fortsetzung

Familie	Gattung	Art	Bestäubung	Lebensform	Nm	Hm	üS	GD	AW	tAW	MW	KW	KS
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>elliottii</i>	Wind	Baum							X	X	X
		<i>palustris</i>	Wind	Baum								X	X
Ulmaceae	<i>Planera</i>	<i>aquatica</i>	Wind	Baum				X		X			
Platanaceae	<i>Platanus</i>	<i>occidentalis</i>	Wind	Baum				X	X				
Pontederiaceae	<i>Pontederia</i>	<i>cordata</i>	Insekten	Uferpflanze	X								
Salicaceae	<i>Populus</i>	<i>heterophylla</i>	Wind	Baum				X	X	X			
Potamogetaceae	<i>Potamogeton</i>	<i>spp.</i>	Wass/Insek.	Schwimm/tauch.			X						
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>laurifolia</i>	Wind	Baum				X	X	X	X		
		<i>lyrata</i>	Wind	Baum				X	X				
		<i>hemispherica</i>	Wind	Baum									X
		<i>michauxii</i>	Wind	Baum				X	X				
		<i>nigra</i>	Wind	Baum				X			X		
		<i>phellos</i>	Wind	Baum				X					
		<i>virginiana</i>	Wind	Baum				X				X	
Cyperaceae	<i>Rhynchospora</i>	<i>spp.</i>	Wind	perenn. Grasartige	X				X		X	X	X
Ericaceae	<i>Rhododendron</i>	<i>viscosum</i>	Insekten	Strauch									X
Palmae/Arecaceae	<i>Sabal</i>	<i>minor</i>	Insekten	strauch .Palme				X	X	X			
Alismataceae	<i>Sagittaria</i>	<i>latifolia</i>	Insekten	Uferpflanze	X					X			
Salicaceae	<i>Salix</i>	<i>nigra</i>	Insekten	Baum							X		
Salviniaceae	<i>Salvinia</i>	<i>"auriculata"</i>	Wasser	Schwimmpflanze			X						
Saururaceae	<i>Saururus</i>	<i>cernuus</i>	Insekten	perenn. Kraut	X			X	X	X			

(B) Ständig überflutete Senken (üS)

Diese Lebensräume stehen in Beziehung zu langsam fließenden bis stehenden flachen Gewässern mit hohem bis mittlerem Nährstoffgehalt und können relativ große Wasserflächen einnehmen. Beispiele dafür finden sich in abgeschnittenen Buchten (bays), Totarmen, Seen, oder schmale lange Bereiche auf flach einfallenden Uferböschungen entlang träge fließender Kanäle. Viele Makrophyten sind im schlammigen Untergrund verwurzelt, die am häufigsten vorkommenden Arten sind *Myriophyllum* spp., *Elodea canadensis* und *Ceratophyllum* spp., es gibt aber auch freischwimmende Arten, die bei ansteigender Fließgeschwindigkeit oder Wind verdriftet werden können (*Eichhornia crassipes*). Bei den subaquatischen Arten werden die Pollen via Wasser transportiert, die meisten mit schwimmenden Blättern und aufragenden Blüten sind insekten- und/oder windblütig.

(C) Galeriewälder der natürlichen Dammufer (GD)

Langgezogene, erhöhte und gut entwässerte Sedimentkörper entlang der Flußarme werden als natürliche Dammufer bezeichnet und treten in der oberen Delta-Ebene auf (Abb. 1 und 2). Auf diesen kann sich eine Vegetation entwickeln, die sich aus vielen, nicht nur fluttoleranten Arten zusammensetzt, da diese Bereiche nur kurzzeitig, während des Wasserhöchststandes im Spätwinter und Frühjahr, überschwemmt werden. Die Zusammensetzung der Vegetation ist hier deshalb vielseitiger und bildet insbesondere in dem Randbereich zum Wasser hin mehr Synusien aus (Lianen, krautiger und verholzter Unterwuchs, Epiphyten). Die häufigsten Vertreter sind hier trotz allem Bäume (*Acer rubrum*, *Betula nigra*, *Carya* spp., *Fraxinus* spp., *Liquidambar styraciflua* etc.), da der stellenweise dichte Kronenzusammenschluß zu geringen Lichtintensitäten am Boden führt und deshalb dort weniger Unterwuchs aufkommen läßt.

(D) Alluvialer Sumpfwald (AS) und tiefer Alluvialer Sumpfwald (tAS)

Die alluvialen Sumpfwälder befinden sich auf den Überflutungsebenen im oberen Teil des Mobile-Deltas (Abb. 1 und 2) und sind jährlich für unterschiedliche Zeit überschwemmt. Da die alluvialen Flächen lokal Reliefunterschiede aufweisen können, z.B. erhöhte Rücken und Sedimentationsfächer die durch Dammuferbrüche bedingt sind, oder Depressionen, ist die Dauer des erhöhten Wasserpegels variabel. In höheren Lagen ist die Überflutungsdauer viel kürzer als in den Depressionen, in denen das Wasser für sehr lange Zeit stehen kann. In den tiefen alluvialen Sumpfwäldern halten sich daher nur sehr überflutungstolerante Bäume, die einen recht dichten Kronenzusammenschluß

bilden (*Taxodium distichum*, *Nyssa* spp.). Daher existiert relativ wenig verholzter Unterwuchs und krautige Vegetation, die man aus den Uferpflanzen-Gemeinschaften kennt. Die Bäume sind meist windblütig, der Unterwuchs und die Krautartigen, mit Ausnahme der Cyperaceen und Poaceen, hauptsächlich insektenblütig. Die Artenvielfalt nimmt mit zunehmenden positiven Relief und Drainage zu, da sich die Arten der tiefen alluvialen Sumpfwälder dort mit den Arten der alluvialen Sumpfwälder vermischen, die weniger überflutungstolerant sind (*Carya aquatica*, *Fraxinus* spp., *Itea virginica*, *Platanus occidentalis*, *Populus heterophylla*, *Quercus* spp., *Myrica cerifera*).

(E) Magnolia-Sumpfwald (MS)

Das Habitat der Magnolia-Sumpfwälder (Abb. 1 und 2) ist morphologisch mit dem der Galeriewälder der natürlichen Dammufer vergleichbar. Magnolia-Sumpfwälder treten mehr in der unteren Deltaebene auf und Galeriewälder mehr in der oberen Deltaebene, beide Vegetationseinheiten können aber in der mittleren Deltaebene ineinander übergehen. Die Überflutungsdauer kann hier je nach Position im Delta variieren, doch eine gute Durchlüftung, bzw. Entwässerung ist durch einen mehr sandigen Untergrund gegeben. Der teilweise namengebende Baumbestand aus *Magnolia grandiflora*, *M. virginiana*, *Persea palustris* und Pflanzenarten der Galeriewälder kann sehr dicht sein, sodaß nur schattentolerante Arten als Unterwuchs vorkommen. Der meist immergrüne Baumbestand setzt sich aus insekten- und windblütigen Arten zusammen, der spärliche Unterwuchs aus meist insektenblütigen.

(F) Kiefer-Feuchtwald (KW) und Kiefer-Feuchtsavanne (KS)

Diese beiden Typen kommen auf schlecht entwässerten Böden vor und meistens als Übergang zwischen Alluvialen Sumpfwald und dem Kiefern-Eichen Wäldern des höher gelegenen Hinterlandes. Die dominanteste Gattung ist Pinus (*Pinus elliottii*, *P. palustris*). Treten in diesem Bereich wiederholt Waldbrände auf, lockert sich die Kronenschicht auf und geht in eine Feucht-Savanne über, die von vielen Grasartigen und Kräutern bewachsen ist. Diese beiden Typen sind sehr selten. Die dominanten Elemente sind hauptsächlich windblütig.

Allgemeine taphonomische Bedeutung der Pflanzengesellschaften

Welchen Wert haben diese Untersuchungen für die Paläobotanik? Die Vegetation und die sedimentären Environments können generell sehr gut mit denen des marin beeinflussten Tertiärs von Europa verglichen werden, da viele Gattungen

und verwandte Arten die im europäischen Tertiär vorkamen, heute unter anderem die südöstlichen Feuchtgebiete von Amerika besiedeln. Grundsätzlich ist anzumerken, daß die hier rezent beschriebenen botanischen, hydrologischen und sedimentologischen Gegebenheiten des küstennahen Mobile-Deltas auch auf die mehr limnisch-fluviatilen Fossilfundstellen übertragen werden können.

Die azonale Vegetation

Ergebnisse vieler Untersuchungen an europäischen tertiären Fossilfundstellen haben ergeben, daß pflanzliche Makrofossilien hauptsächlich die damalige azonale Vegetation, und nur sehr bedingt Elemente der zonalen Vegetation, repräsentieren.

Was bedeutet azonale Vegetation?

Der Boden entlang von Flüssen, Seen und Küstenlinien ist ständig feucht und die dort wachsenden Pflanzen leiden nie unter Wassermangel, aber oft an einem Sauerstoffdefizit im Wurzelbereich. Hier bilden sich zonenunabhängige Dauergesellschaften aus, die an diese ständig feuchten Standorte und die regelmäßige Sedimentation angepaßt sind. Während die typische zonale Vegetation eines imaginären Gebietes relativ trocken sein kann, wird ein schmaler Vegetationsstreifen entlang eines Flusses (azonal) immer feuchtigkeitsliebende Elemente enthalten. Beispiele hierfür stellen die Galeriewälder in den Savannengebieten oder Littoral-Gesellschaften der Seeufer dar.

Azonale Vegetationsgebiete sind häufig Areale, wo 1. aktiv Wassertransport und 2. Sedimentation von organischem (Pflanzenteilen) und klastischem Material stattfindet. Diese Prozesse sind eine wesentliche Voraussetzung für die Fossilisation von Pflanzenmaterial. Das Mobile-Delta ist hierfür ein hervorragendes Beispiel. Das gesamte Deltaareal stellt einen azonalen Bereich dar, der am Apex und entlang der Flanken von zonalen Elementen durchmischt ist. Man hat hier aber die Möglichkeit, das eigentliche azonale fluviatildeltaische Gebiet noch einmal zu unterteilen: Vegetationstypen die direkt an den Wasserläufen stehen, wie z.B. die Galeriewälder auf den natürlichen Dammufern, Magnolia-Sumpfwald und Randbereiche der Marschgebiete, und Vegetationstypen, die sich an diese lateral anschließen wie z.B. die alluvialen Sumpfwälder, die Kiefern-Feuchtwald- oder Savanntentypen. Pflanzenteile jeglicher Art, die in den Wasserkörper und später in das Sediment eingetragen werden stammen primär von den direkt am Wasser gelegenen Vegetationstypen.

Pflanzenteile, wie Blätter, Früchte und Samen werden nur relativ bedingt durch Wind und Wasser transportiert, folglich finden wir in den Taphozönosen (FERGUSON et al., 1996) vorwiegend Elemente der azonalen Vegetation. Fossile

Blätter repräsentieren hauptsächlich die azonale Vegetation (FERGUSON et al., 1996; HOFMANN 1988; STRÖBITZER, 1996), die autochthonen bis paraautochthonen Ursprungs sind. Hingegen sind Früchte und Samen, je nach sedimentärem Milieu azonal und zonal, bzw. gemischt: Diasporenvergesellschaftungen die in größere Sedimente eingebettet sind, können aufgrund der dazu notwendigen größeren Transportkraft des Wassers durchaus eine relativ große Menge an zonalen Elementen enthalten, während in Kohletonen die Diasporen meist azonalen Ursprungs sind und nur wenige zonale Elemente enthalten (MELLER 1995).

Bedeutung der Pollen- und Sporenflora

Es wird nach Wegen gesucht ein vollständigeres Bild der damaligen Flora zu erhalten. Die qualitative Analyse der Gesamtvegetation eines subtropischen Feuchtgebietes (Mobile-Delta) soll Informationen geben, was zusätzlich an azonalen und zonalen Elementen in diesen Biozönosen wächst, und ob man von diesen Pollen und Sporen in den Sedimenten findet. Dafür muß man abschätzen können, inwiefern Pollen und Sporen der azonalen und zonalen Vegetation in den Ablagerungsraum eingetragen werden können. Aus der Literatur ist bekannt, daß Pollen und Sporen, wenn auch nur zu geringem Prozentsatz per Wind oder in Flüssen bis zu 3000 km transportiert werden können (KLAUS, 1987 ; MÜLLER, 1959). Von größerer Wichtigkeit ist aber der Ortsniederschlag von Pollen und Sporen von ca. 50%, der Umgebungsniederschlag innerhalb des 500 m Bereiches von ca. 30% und der Nahflugbereich (10 km Umgebung) von 15% (KLAUS, 1987), bei denen Elemente der azonalen und zonalen Vegetation inbegriffen sind. Voraussetzung hierfür ist die Erfassung der windblütigen Elemente der Flora, bei ihnen ist die Produktion an Pollen sehr hoch, und die der insektenblütigen Elemente, die trotz zahlenmäßig geringerer Produktion doch regelmäßig im Sediment aufgefunden werden können. Der verholzte und krautige Unterwuchs, Lianen und Epiphyten der azonalen Vegetation, ist oft insektenblütig. Folglich geschieht dieser Polleneintrag, wenn Blüten als Einheit oder Blütenteile in das Wasser fallen, entweder durch Abszission oder als Folge starken Regens. In rezenten und fossilen Sedimenten finden sich von insektenblütigen oder windblütigen Pflanzen oft Pollenklumpen oder Pollen an Antherenmaterial gebunden. Da normaler Weise Antherenmaterial schon nach kurzen Transportdistanzen zerfällt, ist dieses ein Hinweis darauf, daß die Mutterpflanze direkt am Wasser wuchs, und mit großer Wahrscheinlichkeit zur azonalen Vegetation gehört und autochthon ist.

Es besteht allerdings die Möglichkeit, daß bei Insektenblütigen mit Fortdauer der Blühperiode die Klebrigkeit des Pollens abnimmt und es in weiterer Folge zur unspezifischen Windverbreitung (Ambophilie) kommen kann (*Castanea sativa*

HESSE, 1978; *Salix* spp. PROCTOR & YEO, 1973). Ambophilie ist auch für die Gattung *Clethra* und für Vertreter aus der Familie der Ericaceae anzunehmen.

Im Mobile Delta sind die meisten Bäume, fast alle Grasartigen und alle Pteridophyten windverbreitend, folglich wird eine große Menge Pollen und Sporen verweht und gelangt via Schwerkraft, oder mit einem die Atmosphäre reinigenden Regen auf den Boden und ins Wasser. Hier besteht ganz eindeutig die Möglichkeit, das Pollen und Sporen aus der zonalen Vegetation in das "azonale" Ablagerungsmilieu eingetragen werden und somit das Bild der Biozönose vervollständigen.

Die generelle Zusammensetzung dominanter Elemente der Pollenassoziationen unter bestimmten fossilen Ablagerungsbedingungen (Fazies der Kohltonen und Kohle) ist meistens ähnlich und reflektiert hauptsächlich die häufigsten Elemente der damaligen azonalen Vegetation, wobei diesen akzessorisch qualitativ unterschiedliche Mengen zonaler Elemente beigemischt wurden. Die mengemäßige Anzahl der unterschiedlichen akzessorischen Taxa gibt Hinweise auf die wechselnde Ausbildung der einstigen zonalen Areale (Gestaltung der Vegetationsdecke, Geomorphologie, Hydrologie).

Nach KLAUS (1987) steht die erzeugte Zahl von Pollenkörnern in direktem Verhältnis zur Wahrscheinlichkeit ihres Auffindens in den Sedimenten, wobei windblütige Bäume mit hoher Pollenproduktion in den Sedimenten überrepräsentiert (*Pinus*-, *Alnus*-, *Nyssa*-, *Betula*-, *Taxodium*-Arten), und solche mit geringerer Produktion unterrepräsentiert (*Acer*-, *Salix*-, *Ulmus*-Arten) sein können. Es ist auch anzumerken, daß Pollen bestimmter Familien (Lauraceae, Orchidaceae) oder Gattungen (*Populus*, *Magnolia*) nicht fossil erhaltungsfähig sind, dafür aber gut mit Blättern, Früchten und Samen belegt sind. Um solchen Probleme zu lösen, ist es unausweichlich, die Pollen und Sporen botanisch zu bearbeiten, und zwar nicht nur mit dem Lichtmikroskop sondern auch mit dem Elektronenmikroskop. Dieses ermöglicht eine botanische Bestimmung und eröffnet somit eine echte Zusammenarbeit mit den anderen Teildisziplinen der Paläobotanik (Palynofazies, Großfossil- und Kutikularanalyse, Karpologie und Xylotomie).

Literatur

- BROWN, C.L. & KIRKMAN, L.K.: Trees of Georgia and adjacent states. - Timber Press, Portland Oregon 1993.
- COPELAND, C.W.: Geology. - In: O'NEIL, P.E. & METTEE, M.F. (Eds.): Alabama coastal region ecological characterization, Vol.2, U.S. Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services, FWS/OBS-82/42, Washington D.C. 1982.

- CURTIS, W.F., CULBERTSON, J.K. & CHASE, E.B.: Fluvial-sediment discharge to the oceans from the conterminous United States. - U.S. Geological Survey Circular, 670, 1-17, 1984
- DAUBENMIRE, R.F.: Plant geography with special reference to North America. - Academic Press, New York 1978.
- DUNCAN, W.H. & DUNCAN, M.B.: Trees of southeastern United States. - University of Georgia Press, Athens 1988
- ELEUTHERIUS, L.N.: Tidal march plants. - Pelican Publishing Company, Gretna Louisiana 1990.
- FERGUSON, D.K., VAN DER BURGH, J., CLAUSING, A., COLLINSON, M.E., FIELD, M.H., GEE, C.T., GOBMAN, R., HOFMANN, C.-C., JONES, T.P., KERP, H., SANDER, M. & TAYLOR, T.N.: Actinopalaeobotany: a taphonomic peep-show. - Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen, in press, 1996.
- GASTALDO, R.A., BEARCE, S.C., DEGGS, C.W., HUNT, R.J., PEEBLES, M.W. & VIOLETTE, D.L.: Biostratigraphy of a Holocene oxbow lake: a backswamp to mid-channel transect. - Review of Palaeobotany and Palynology, 58, 47-59, Amsterdam 1989.
- HESSE, M.: Entwicklungsgeschichte und Ultrastruktur von Pollenkitt bei nahe verwandten entomophilen und anemophilen Angiospermensippen: Ranunculaceae, Hamamelidaceae, Platanaceae und Fagaceae. - Plant Syst. Evolution, 130, 13-42, 1978.
- HOFMANN, Ch.-Ch.: Der Abbau von Pflanzenmaterial in feinklastischen Sedimenten des Orinoco-Deltas, Venezuela - Mikroskopie und Biogeochemie. - Unveröff. Diplarb. Univ. Heidelberg 1989.
- KLAUS, W.: Einführung in die Paläobotanik, Band 1.- Deuticke, Wien 1987.
- KNAPP, R.: Die Vegetation von Nord- und Mittelamerika und der Hawaii-Inseln. - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1965.
- MELLER, B.: Früchte und Samen aus dem Köflach-Voitsberger Braunkohlerevier (Miozän; Steiermark, Österreich). - Diss. Univ. Wien, 1995.
- MULLER, J.: Palynology of Recent Orinoco delta and shelf sediments. - Micropaleontology, 5., 1-32, 1959.
- O'NEIL, P.E. & METTEE, M.F.: Alabama coastal region ecological characterization. Vol 2A. - Fish and Wildlife Service, Office of Biological Service, Washington, D.C., FWS/OBS-82/42, 1982.
- PROCTOR, M. & YEO, P.: The pollination of flowers. - Collins & Sons, London 1973.
- SCHULTZ, J.: Die Ökozonen der Erde. - Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1988.
- SMITH, E.A.: Geomorphology of the Mobile Delta. - Alabama Geol. Survey Bull., 132, 1-133, 1988.
- STOUT, J.P., LELONG, M.J., DOWLING, H.M. & POWERS, M.T.: An Inventory of wetland habitats of the Mobile-Tensaw River delta. - Marine Environmental Science Consortium for Alabama Coastal Board, CAB Technical Report 81-49A, MESCC Contribution No. 49, 1982.

- STRÖBITZER, M.: Die fossile Blattvergesellschaftung von Lintsching (Salzburg). - Unveröff. Diplomarbeit Univ. Wien 1996.
- TINER, R.W.: Field guide to coastal wetland plants of the southeastern United States. - The University of Massachusetts Press, Amherst 1993.
- TRAVERSE, A.: Sedimentation of organic particles. - University Press, Cambridge 1994.
- VAN WAVEREN, I. & VISSCHER, H.: Analysis of the Composition and selective preservation of organic matter in surficial deep-sea sediments from a high productivity area (Banda Sea, Indonesia). - Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 112, 85-111, Elsevier, Amsterdam 1994.

Anschrift der Autoren:

Christa-Charlotte HOFMANN, Reinhard ZETTER und David K. FERGUSON, Institut für Paläontologie der Universität Wien, Geozentrum, Althanstraße 14, A-1090 Wien.

Robert A. GASTALDO, Department of Geology, Auburn University, Alabama 36849-5305, USA.