

documenta

naturae | no. 190

München 2012

**Neufunde fossiler Pflanzen aus der
Hauptflözgruppe der Niederrheinischen
Braunkohle (mittl. Miozän)
im Tagebau Garzweiler (RWE Power AG)**



**Diasporen
Blätter
Holz
Insekten
Bohrmuscheln
Retinit
Pollen
Kutikulen
Minerale**

**U. LIEVEN,
H.-J. GREGOR,
M. PINGEN,
L. LIEVEN**

**N. VÁVRA
W. SCHNEIDER**



Documenta naturae

Nr. 190

2012

ISBN: 978-3-86544-190-4 ISSN 0723-8428

**Herausgeber der Zeitschrift Documenta naturae im
Verlag (Publishing House) Documenta naturae - München (Munich)**

Dr. Hans-Joachim Gregor, Daxerstr. 21, D-82140 Olching
Dr. Heinz J. Unger, Nußbaumstraße 13, D-85435 Altenerding

Vertrieb: Dipl.-Ing. Herbert Goslowsky, Joh.-Seb.-Bach-Weg 2,
85238 Petershausen, e-mail: goslowsky@documenta-naturae.de

Die Zeitschrift erscheint in zwangloser Folge mit Themen aus den Gebieten
Geologie, Paläontologie (Lagerstättenkunde, Paläophytologie, Stratigraphie
usw.), Botanik, Anthropologie, Domestikationsforschung, Vor- und
Frühgeschichte u.a.

Die Zeitschrift ist Mitteilungsorgan der Paläobotanisch-Biostratigraphischen
Arbeitsgruppe (PBA) im Heimatmuseum Günzburg und dem Naturmuseum
Augsburg

Die Sonderbände behandeln unterschiedliche Themen aus den Gebieten
Kunst, antike Nahrungsmittel, Natur-Reiseführer oder sind Neuauflagen alter
wissenschaftlicher Werke oder spezielle paläontologische Bestimmungsbände
für ausgewählte Regionen.

Für die einzelnen Beiträge zeichnen die Autoren verantwortlich,
für die Gesamtgestaltung die Herausgeber.

©copyright 2012 Documenta Verlag. Das Werk einschließlich aller seiner Teile
ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb des
Urheberrechtsgesetzes bedarf der Zustimmung des Verlages. Das gilt
insbesondere für Vervielfältigungen jeder Art, Übersetzungen,
Mikroverfilmungen und für Einspeicherungen in elektronische Systeme.

Gestaltung und Layout: Juliane Gregor und Hans-Joachim Gregor

Umschlagbild: „Baumstamm *Taxodioxylon*“ und „Samen *Aldrovandia*“

www.palaeo-bavarian-geological-survey.de; www.documenta-naturae.de

München 2012

Inhalt	Seite
<p>U. LIEVEN, H.-J. GREGOR, M. PINGEN & LIEVEN, L.:</p> <p>Neufunde fossiler Pflanzen aus der Hauptflözgruppe der Niederrheinischen Braunkohle (mittl. Miozän) im Tagebau Garzweiler (RWE Power AG)</p>	<p>1 - 47</p>
<p>N. VÁVRA:</p> <p>Nachweis von Coniferen-Harz (Pinaceae, <i>Pinus</i> vel <i>Picea</i>) im Flöz Morken (mittl. Miozän) des Tagebaues Garzweiler (RWE Power AG)</p>	<p>49 - 56</p>
<p>SCHNEIDER, W.:</p> <p>Beitrag zur Phytostratigraphie (Cuticulae, Sporomorphae) der Flöze Morken und Frimmersdorf im Tagebau Garzweiler (RWE Power AG)</p>	<p>57 - 81</p>

**Neufunde fossiler Pflanzen aus der
Hauptflözgruppe der Niederrheinischen
Braunkohle (mittl. Miozän)
im Tagebau Garzweiler
(RWE Power AG)**

U. LIEVEN, H.-J. GREGOR, M. PINGEN & L. LIEVEN

Anschriften der Autoren:

Ing. Ulrich Lieven, RWE Power AG, Sparte Tagebaue, Auenheimer Str. 27,
50129 Bergheim; e-mail: ulrich.lieven@rwe.com

Dr. Hans-Joachim Gregor, Palaeo-Bavarian-Geological-Survey, Daxerstr. 21,
82140 Olching; e-mail: h.-j.gregor@t-online.de

Maria Pinggen, In den Heuen 20, 52393 Hürtgenwald-Gey; e-mail: maria.pinggen@gmx.de

Lukas Lieven, Pestalozzistr. 8, 50181 Bedburg; e-mail: lieven.lukas@web.de

Die Autoren/innen sind Mitglieder der Paläobotanisch-Biostratigraphischen Arbeitsgruppe (PBA) im Museum Günstzburg und Naturmuseum Augsburg, Autor U. LIEVEN ebenso im Paläontologischen Arbeitskreis Bedburg (PAB).

Zusammenfassung

Aus dem Tagebau Garzweiler der RWE Power AG werden Fossilfunde (Holz, Diasporen, Blätter, Retinit, Bohrspuren) aus den Flözen Morken, Frimmersdorf und Garzweiler (mittl. Miozän) erstmalig beschrieben: Pinaceen, Cupressaceen, Sciadopityaceen, Arecaceen, div. dicotyle Pflanzenreste sowie Pholadiden und Insektenspuren. Zusätzlich werden paläoökologische, paläoklimatische und stratigrafische Zuordnungen und Probleme betrachtet.

Summary

The open pit Garzweiler from the RWE Power AG yielded fossils (xylites, diaspores, leaves, retinite, borings) from the seams Morken, Frimmersdorf and Garzweiler, which are described here for the first time: Pinaceae, Cupressaceae, Sciadopityaceae, Arecaceae, div. dicotyle plants, but also Pholadidae molluscs and insect borings. Additionally paleocological, paläoclimatic and stratigraphic interpretations and problems are mentioned.

Schlüsselwörter: Niederrhein, Braunkohle, Flöze, Xylite, Diasporen, Blätter, Miozän

Key words: Lower Rhenish area, browncoal, seams, xylites, diaspores, leaves, miocene

Inhalt	Seite	
1	Einleitung und Dank	3
2	Tagebau Garzweiler	3
2.1	Geografische Lage	3
2.2	Allgemeiner Überblick und Stratigraphie	4
2.3	Profile zur stratigraphischen Zuordnung der Funde	5
2.4	Bisherige Funde aus dem Tagebau Garzweiler	6
3	Überblick der Funde aus den Kohlenflözen und Zwischenmitteln	6
3.1	Gymnospermae - Nacktsamer	6
3.1.1	Coniferae - Pinaceae	7
3.1.2	Cupressaceae	8
3.1.3	Sciadopityaceae	9
3.2	Angiospermae - Bedecktsamer	10
3.2.1	Monocotyledoneae-Palmae	10
3.2.2	Dicotyledoneae	12
3.3	Tierische Spuren	16
4	Interpretation der Befunde in der Abfolge	17
4.1	Flöze Morken, Frimmersdorf, Garzweiler und Top-Kohlenton	17
4.2	Ökologisch-klimatisch-stratigrafische Bemerkungen	19
4.2.1	Paläoökologie	19
4.2.2	Paläoklima	20
4.2.3	Stratigrafie	22
4.3	Versuch einer neuen lithologisch-sedimentologischen Gliederung des Tagebaus Garzweiler	23
	Literatur	29
	Tafeln	35

1 Einleitung und Dank

Nach über 20 Jahren Paläobotanischer Exkursionen in den Tagebauen der RWE Power AG, werden hiermit einige neue Aspekte aus dem Tagebau Garzweiler aufgezeigt. Das häufigste Exkursionsziel war „traditionell“ der Tagebau Hambach, doch auch die Tagebaue Garzweiler und Inden lieferten geologisch/paläobotanisch äußerst interessante Aspekte. Der Tagebau Garzweiler wird seit 1997 regelmäßig von Mitgliedern der Paläobotanisch-Biostratigraphischen Arbeitsgruppe (PBA) im Museum Günzburg und Naturmuseum Augsburg besucht. Ein geologischer Arbeitsschwerpunkt war hierbei die großräumige Untersuchung der Sedimentstrukturen am Jackerather Horst. Diese durch vertikale Verwerfungen herausgehobene Hochscholle ist seit einigen Jahren vor allem durch ihre extrem gestörten Braunkohlen- und Begleitschichten bekannt geworden. Die hier angefertigten Lackabzüge wurden bereits separat mitgeteilt (LIEVEN 2006); ebenso die im gleichen Bereich vorgefundenen Kegelquarzite (WOPFNER et. al. 2011, LIEVEN & HARTKOPF-FRÖDER 2012).

Eine Beschreibung ähnlicher Strukturen in den Tagebauen Hambach und Inden ist in Vorbereitung. Sowohl die bereits bekannten, als auch die neuen geologischen Profile werden hierbei wieder stratigrafisch geordnet, also dem Alter nach aufsteigend von unten nach oben.

Als Einleitung sollen einige wichtige Werke zum Verständnis von Braunkohleablagerungen hier erwähnt werden: JURASKY 1936, KIRCHHEIMER 1937, GOSSMANN et al. 2006, TEICHMÜLLER 1958, BURGH & MOSBRUGGER 1987, BURGH 1986, DOLEZYCH-MIKOLAI 2005. HAGER hatte bereits 1981 einen ersten Überblick zu den Ablagerungen der niederrheinischen Region vorgelegt.

Für die langjährige, stetige Unterstützung und die freundliche Genehmigung zur Durchführung unserer geologischen/paläobotanischen Arbeiten und Exkursionen bedanken wir uns an erster Stelle bei Herrn Dipl.-Ing L. KUNDE, dem Leiter des Tagebaus Garzweiler. Unser weiterer Dank gilt Herrn Dr.-Ing. D. GÄRTNER (Leiter Sparte Tagebaue, RWE Power AG), der ebenfalls seine Unterstützung bei zukünftigen Projekten zugesagt hat. Den Kollegen H. MEISEN und A. WOLSKI (Abt. Produktion Tagebau Garzweiler) sei an dieser Stelle nochmals für viele Hinweis auf Fossilfunde in der Kohle gedankt. Dem Leiter des Fachbereichs 14 (Kartierbegleitende Untersuchungen) des Geologischen Dienstes NRW, Herrn Dipl.-Geol. Ch. HARTKOPF-FRÖDER und seinen Mitarbeitern, danken wir für tatkräftige Unterstützung und zahlreiche Fachgespräche ebenso, wie den Mitgliedern des Paläontologischen Arbeitskreises Bedburg (PAB).

2 Tagebau Garzweiler

2.1 Geografische Lage

Der Tagebau Garzweiler ist der nördlichste von drei Tagebauen im Rheinischen Braunkohlenrevier, in denen die RWE Power AG Teile der größten Braunkohlenlagerstätte Europas abbaut. Er liegt im Bereich der Venlo-Scholle, die nach Westen von der Rur-Scholle und nach Osten durch die Krefeld-Scholle begrenzt wird. (GOSSMANN 1983, GOSSMANN et al. 2006).

2.2 Allgemeiner Überblick und Stratigraphie

Zusätzlich zu den oben erwähnten Sedimentstrukturen werden nachfolgend fossile Pflanzenfunde bearbeitet, die zu einem großen Teil für den Tagebau Garzweiler sog. Erstnachweise darstellen. Dies sind taxonomisch zwar altbekannte Fossilien, die aber hier in Garzweiler nunmehr erstmals gefunden wurden. Sie passen sich ökologisch und stratigraphisch gut in die Schichtenabfolge anderer Tagebaue im Rheinischen Braunkohlenrevier ein. Insbesondere der Tagebau Hambach ist deutlich umfangreicher untersucht und weist daher ein viel differenzierteres Gesamtprofil auf.

Für die Niederrheinische Braunkohle wurde 1965 ein Standardprofil von SCHNEIDER & THIELE (1965) aufgestellt, welches für den ökonomischen Abbau von großer Bedeutung ist (Abb. 2a, 2b). Die Pliozän/Pleistozän-Grenze wurde entsprechend der Stratigraphischen Tabelle Deutschland (STD 2002) der Deutschen Stratigraphischen Kommission (MENNING & HENDRICH 2002) angepasst.

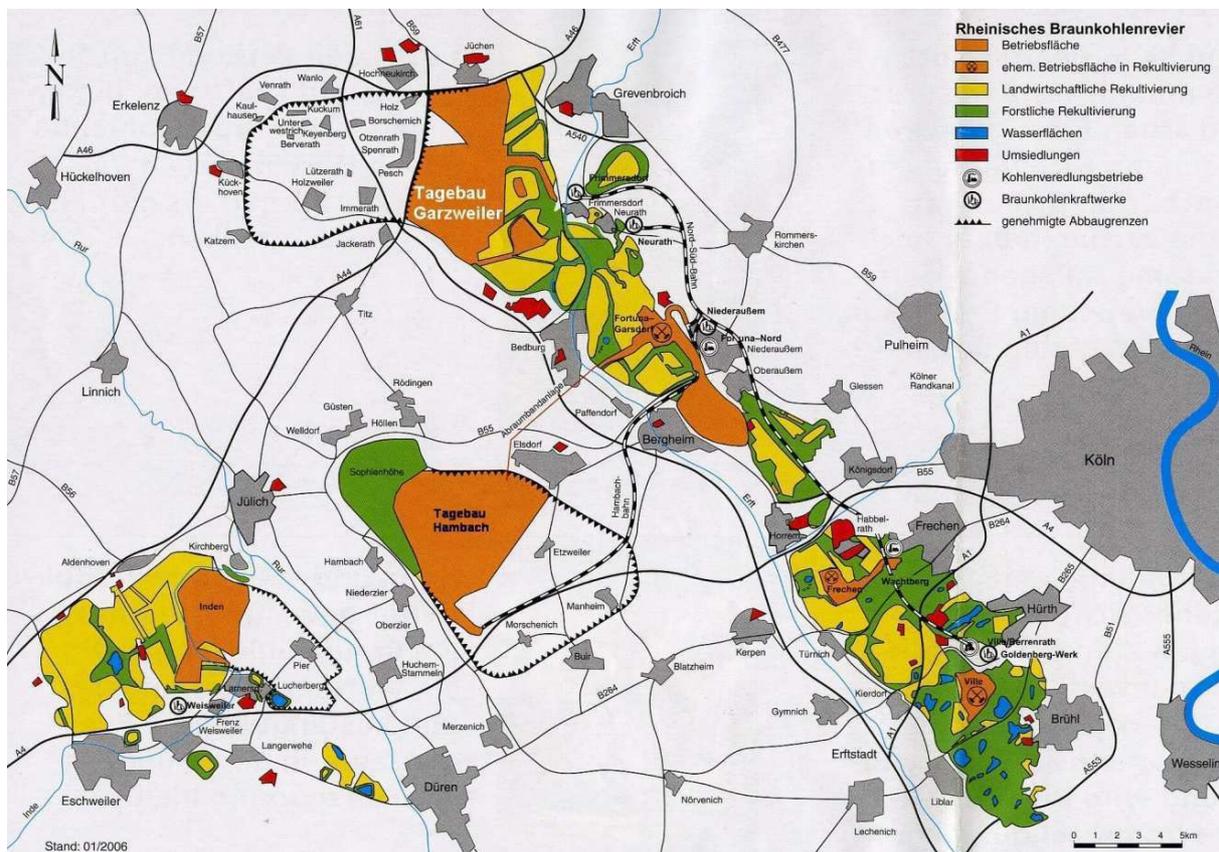


Abb. 1: Der Tagebau Garzweiler im Rheinischen Braunkohlenrevier (Quelle RWE Power AG)

Für die drei Braunkohlenflöze im Tagebau Garzweiler weist die STD 2002 folgende absolute Alterszuordnung aus:

- Flöz Garzweiler ca. 11 Mio. Jahre
- Flöz Frimmersdorf ca. 13,5 Mio. Jahre
- Flöz Morken I ca. 16 Mio. Jahre

2.3 Profile zur stratigraphischen Zuordnung der Funde

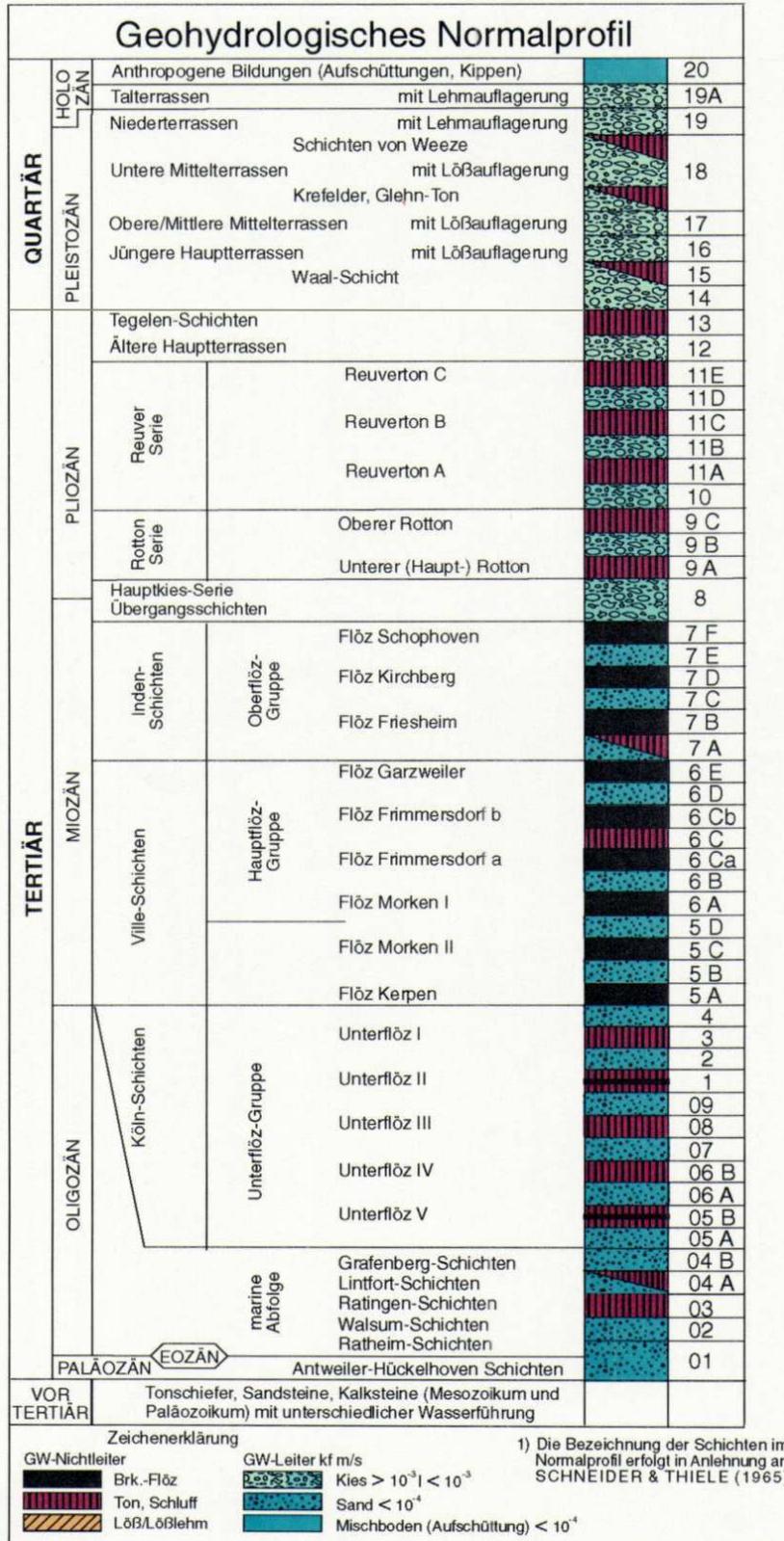


Abb. 2a: Normalprofil Rheinisches Revier,

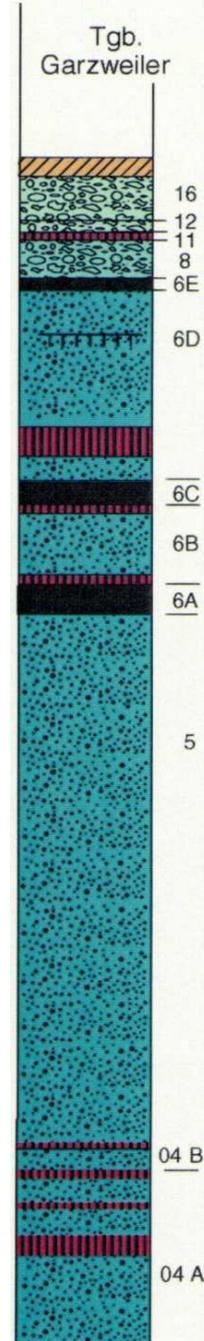


Abb. 2b: Lithostratigraphie (Quelle RWE Power AG)

2.4 Bisherige Funde aus dem Tagebau Garzweiler

In den letzten Jahren wurden aus dem Tagebau Garzweiler bereits folgende Pflanzenfossilien in separaten Publikationen beschrieben:

- *Liquidambar lievenii* (GREGOR & WINTERSCHIED 2006) eine neue Art des Amberbaumes (Horizont 8). Es handelt sich um den fossilen Vorläufer des rezenten *Liquidambar formosana*, welcher heute in China und Taiwan beheimatet ist.
- *Rhizocaulon garzweilerense* (GREGOR et al. 2010) eine neue Art Cyperaceen-Rhizom (Horizont 11), dessen Anatomie und Morphologie einen Vergleich mit der Simse *Bolboschoenus maritimus* gestatten, die heute weltweit verbreitet ist.
- Blattflora aus dem oberpliozänen Reuverton (Horizont 11) Erste Zusammenstellungen und Überblicke über diese arten- und individuenreichen Schichten finden sich bei LIEVEN & NIEDEREHE 2009, GREGOR et al. 2010 und LIEVEN & HEUMANN 2012. Die dort beschriebenen Ton- und Schlufflagen sind seit Sommer 2007 erschlossen und werden nach Erkenntnissen aus Untersuchungsbohrungen der RWE Power AG für die nächsten Jahre im Abbaufeld anstehen. Diese Funde bieten zurzeit die einzige Möglichkeit die obermiozäne Flora der sog. KRAMER-Sammlung (KRAMER, 1974) aus dem ehem. Tagebau Frechen mit den Floren der jüngeren Deckschichten zu vergleichen.

Einen kurzen Überblick zu niederrheinischen Floren, speziell der Xylite bzw. Lignite findet sich bei GREGOR, VELITZELOS & HOLLEIS (2005: 23), wobei vor allem Stämme und Hölzer des Tagebaues Hambach erwähnt wurden, aber auch einige Funde aus Garzweiler.

3 Überblick der Funde aus den Kohlenflözen und Zwischenmitteln

3.1 Gymnospermae – Nacktsamer

Einleitend muss hier ein kurzer Exkurs zur Problematik der fossilen Holzbestimmungen bei Koniferen aufgezeigt werden.

Fossile Art	Rezentes Vergleichstaxon	Reliktorkommen
<i>Taxodioxylon gypsaceum</i>	<i>Sequoia sempervirens</i>	x
<i>Taxodioxylon germanicum</i>	<i>Sequoia?</i> Ausgestorbene <i>Sequoia!</i>	x
<i>Taxodioxylon taxodii</i>	<i>Taxodium distichum, T. mucronatum</i>	
<i>Taxodioxylon cryptomeroides</i>	<i>Cryptomeria japonica</i>	x
<i>Glyptostroboxylon rudolphii</i>	<i>Glyptostrobus pensilis</i>	x
<i>Glyptostroboxylon tenerum</i>	<i>Cunninghamia lanceolata, C. konishii</i>	x
<i>Cupressinoxylon boureaui</i>	<i>Tetraclinis articulata</i>	x
<i>Cupressinoxylon cupressoides</i>	<i>Taiwania cryptomeroides</i>	x
<i>Pinuxylon parryoides</i>	<i>Pinus sect. Parrya</i>	

Tab. 1: Vergleich fossiler Xylotaxa mit rezenten Vergleichstaxa mit Angabe zu Relikten

Hat man früher die rezente Art *Taxodium* als Nachfolger der fossilen *Taxodioxyton* angesehen, ist dies aufgrund neuer Forschungsergebnisse heute nicht mehr haltbar, sondern bedarf weiterer Vergleichsmöglichkeiten. Die folgende Liste zeigt einige der typischsten Beispiele solcher „Fremdzuweisungen“ (Tab. 1):

Aufgrund der Prioritätsregeln des internationalen Codes der Nomenklatur für Algen, Pilze und Pflanzen (ICN) können die Taxa rückwirkend jedoch nicht ohne weiteres geändert werden. Zu speziellen Themen bei diesen Taxa sei auf GREGOR 2008 verwiesen: *Sequoia* betreffend (ibid. S. 5, 6), *Sciadopitys* betreffend (ibid. S. 13, 14), die Reliktfloren betreffend (ibid. S. 22-23).

3.1.1 Coniferae – Pinaceae

Nicht nur die Makroreste sind hier erwähnt, sondern auch kleine Proben von Harz (Retinit) wurden untersucht, die eine vorläufige Zuordnung zu der Familie Pinaceen gestatteten, also einen Resinit darstellen (siehe Beitrag VÁVRA in diesem Band). Über die Unterschiedlichkeiten der Begriffe Resinit (Mikropetrographie) und Retinit (Makroansprache) haben diverse Autoren geschrieben (vgl. SCHNEIDER 2008, VÁVRA 1982, KRUMBIEGEL 1994). Solche Funde werden regelmäßig in allen Flözen der Hauptflözgruppe gemacht. Sie beschränken sich in der Regel auf Harzkügelchen von 1 - 5 mm Durchmesser, die meist eingetrübt, aber auch bernsteinklar vorkommen (Tafel 1, Fig. 1, 2).

Pinuxylon-Stamm

Im Frühjahr 2011 wurde, zur palynologischen Beprobung des Flöz Garzweiler durch den Geologischen Dienst NRW, ein Schurf vom Hangenden bis zum Liegenden des Flözes angelegt. Parallel zu diesen Arbeiten konnte das ca. 6 - 8 m mächtige Profil auf Makrofossilien untersucht werden. Neben den üblichen, unregelmäßig in der Kohle abgelagerten Koniferenresten wurden zwei senkrecht stehende Baumstämme gefunden (Leg. H.-J. GREGOR 2011, Feldbuch E 1070/10-11), die deutliche Verwesungsspuren aufwiesen. Wurzel und Oberkanten der beiden Stämme waren destruiert; Borke an beiden Stücken nicht mehr nachweisbar

Der größere Stamm (E 1070/11G5) wurde freundlicherweise durch Kollegen J.v.d.BURGH als *Pinuxylon parryoides* (GOTHAN) KRÄUSEL emend. BURGH bestimmt (Taf. 1, Fig. 3, 4), das dünnere Stämmchen (E 1070/11G1) ebendort einer Cupressacee (indet.) zugeordnet (Taf. 1, Fig. 3). Gleichzeitig mit dem Holz gefundene Pilzperithezien von *Cenococcum geophilum* zeigen ehemalige Trockenstände an, die später wieder durch Überflutungen abgelöst wurden. Als Substrat für das Wachstum von Bäumen ist sicherlich kein eigentlicher Boden anzunehmen, sondern ein trockengefallener Torf (Probe E 1070/11G3) für palynologische Untersuchungen, in Bearb.), der auch keinerlei Unterschiede zur übrigen Kohlebildung aufweist, also vermutlich nur kurzzeitige (einige Jahre bis Jahrzehnte) offen lag. Die Kleinheit der erwähnten Stämme passt gut in das Bild dieser Vorstellung.

Bei DOLEZYCH-MIKOLAI (2005: 74, 264) findet man diese Gattung ebenfalls häufig erwähnt, wobei im 2. Lausitzer Flöz eine *Pinus*-Waldmoor-Fazies (ibid. 104) ausgeschlossen wird.

***Pinus* sp. - Borke, Nadeln und Zapfen**

Nachweise von Kiefern (*Pinus* sp.) zählen in der Hauptflözgruppe der Rheinischen Braunkohlenformation zu den üblichen, wenn auch nicht ganz so häufigen, Funden. In den miozänen Torfmooren und Sumpfwäldern des Niederrheingebietes wurde das Pflanzenwachstum sporadisch unterbrochen, wenn zu viel Wasser versickerte oder abfloss. Nach dem Wiederanstieg des hohen Wasserstandes kam es zum erneuten Aufwachsen von Pionierpflanzen wie z. B. Birken, Kiefern und Lorbeer Verwandten. Die auf Tafel 2 abgebildeten Exponate entstammen den Flözen Morken und Frimmersdorf des Tagebaus Garzweiler und stellen einen Überblick von Kiefernresten in der Kohle dar. Borken- (Taf. 2, Fig. 1) und Zapfenfunde (Taf. 2, Fig. 2) zählen hier zu den Seltenheiten, während Nadeln von *Pinus spinosa* manchmal in Schichtlagen anzutreffen sind, die mehrere Zentimeter mächtig sein können.

Zapfen und Nadeln von *Pinus spinosa* HERBST wurden gemeinsam als eine Art aufgeführt, da der Nachweis der Zusammengehörigkeit nicht mehr in Zweifel steht (DOLEZYCH-MIKOLAJ (2005: 80, dort aber zusätzlich auch der Hinweis auf Nadeln von *Pinus saturnii* UNGER). Auch im Lausitzer Flöz fanden sich Borkenteile diploxyler Arten (ibid.: 79).

3.1.2 Cupressaceae

***Taxodioxylon gypsaceum* - Baumstamm**

Taxodioxylon gypsaceum gilt als die typische Braunkohlenform der Sumpf- und Berg-Zypressen. Das Problem der systematischen Zuordnung bleibt bestehen, da das Holz eben Merkmale diverser rezenter Formen zeigt (Tab. 1). Die Sumpfyzypresse *Taxodium distichum* lebt heute in den Everglades-Sümpfen Floridas, die Bergzypresse *Taxodium mucronatum* entlang von Flüssen im Bergland Mexikos. Der allseits bekannte Mammutbaum - *Sequoia sempervirens*, das „Redwood“, ist der Charakterbaum in den Küstengebieten Nordkaliforniens und im Süden Oregons. Er ist mit den genannten Taxodien nur weitläufig verwandt. Faziell ist somit in Garzweiler eine ausgestorbene Form einer „sequoiiden Feuchtzypresse“ zu konstatieren, die trockengefallene Torfböden besiedelte und bei folgenden Überflutungen fossilisiert wurde.

Das auf Taf. XX abgebildete Stammstück konnte 2006 im Flöz Frimmersdorf geborgen werden. Unter einem Auflichtmikroskop wurden fast 600 Wachstumsringe gezählt, was in etwa dem individuellen Alter des Baumes entspricht. An dieser Stelle ist die problematische Bestimmung solcher Hölzer zu erwähnen, die generisch nicht immer eindeutig zuzuordnen sind und so, je nach Interpretation der Verwandtschaftsverhältnisse, verschiedene ökologische Daten liefern (GREGOR 2008, Kap. 3.1.1 und 3.1.5).

***Taxodioxylon germanicum* - Baumstamm**

Ende April 2011 wurde im Liegenden von Flöz Frimmersdorf der sensationelle Fund eines riesigen fossilen Baumstammes gemacht (Taf. 2, Fig. 3), der bei 9,50 m Länge einen Durchmesser von 80 cm vorweist. In den Archiven der RWE Power AG, die bis zum Ende des 19. Jahrhunderts zurückreichen, ist kein größerer Fund dokumentiert! Er wurde an der Universität Utrecht als *Taxodioxylon germanicum* bestimmt. Dem Namen nach wäre dies ein Vorläufer der heutigen Sumpfyzypresse (*Taxodium distichum*). Der Fund wird aber nach neuesten Forschungsergebnissen zu einer ausgestorbenen *Sequoia*, heute dem Küstenmammutbaum

entsprechend, gestellt. Damit sind eher trockenere Standorte zu überlegen, als die „Sumpfyypressen- bzw. Flussaue-Fazies“ von *Taxodium*. Interessant ist, dass die rezente *Sequoia* als Küstenpflanze gedeiht und eine deutlich humide Fazies anzeigt. Im Sommer werden die reduzierten Niederschlagsmengen durch die typischen Sommernebel in den Küstengebieten Nordkaliforniens und Südoberons ausgeglichen.

Neben der schieren Größe des Fundes ist der überaus gute Erhaltungszustand besonders bemerkenswert, da daraus u. a. auch die Einbettungsumstände rekonstruiert werden können. Der Stammquerschnitt ist annähernd kreisrund, woraus geschlossen werden darf, dass der Baum nicht Bestandteil des tiefer liegenden Flözes Morken gewesen ist, sondern als solitäres Treibholz im damaligen Küstenbereich der Proto-Nordsee angeschwemmt wurde. Es konnten keinerlei Spuren von Insektenbefall oder Spuren von Bohrmuscheln festgestellt werden, so dass die Liegezeit im offenen Wasser relativ kurz gewesen sein muss und die Einbettung im Sand wohl schnell erfolgte (nach eigener Beobachtung des Autors GREGOR fehlen bei vielen marinen Treibholzstämmen in der Bucht von Punta Banco (S- Costa-Rica) ebenfalls jegliche Bohrspuren).

Die Wachstumsringe sind am Stammquerschnitt sehr gut abzulesen – es wurden über 500 ausgezählt. Allerdings könnte der Baum auch deutlich älter gewesen sein, da das äußere Holz und die Borke fehlen. Abzweigungen von größeren Ästen wurden nicht gefunden und über die ganze Länge des Stammes bleibt der Durchmesser unverändert. Somit ordnen wir das Stück dem unteren Mittelteil eines deutlich höheren Baumes zu.

Entsprechend der STD 2002, wird der Fundschicht ein Alter von ca. 14 Mio. Jahren zugeordnet. Über die aufwändige Bergung wurde bereits in zahlreichen Zeitungsartikeln und bei LIEVEN & HARTKOPF-FRÖDER 2012 berichtet. Fotos finden sich im Internet unter www.geolieven.com/garz_geo_info/8/8ggi.htm.

***Glyptostrobus*-Zapfen aus Flöz Morken**

In einer humos-kohligen Probe aus dem Flöz Morken konnte 2008 ein schlecht erhaltener Zapfen gefunden werden (Taf. 3, Fig. 3), der wahrscheinlich der chinesischen Sumpfkiefer (*Glyptostrobus europaeus*) zuzuordnen ist (Leg. U. GREGOR 2008, Feldbuch H.-J. GREGOR E 1010/33). Es handelt sich hierbei um eine typische Tertiärform, die feuchtes Milieu anzeigt und noch im Tegelen (oberstes Pliozän) zu finden ist. Die vorliegenden Harzkanäle könnten aufgrund ihrer Anordnung zur o. g. Art gehören, beweisen aber das Taxon nicht eindeutig.

Im Gegensatz dazu stehen die massenhaften Funde von *Glyptostrobus*-Zapfen aus der Schwandorfer Braunkohle, die als zeitgleich bzw. etwas älter einzustufen ist, die sich durch eine Dominanz dieser Art auszeichnet (GREGOR 1978, 1980a).

3.1.3 Sciadopityaceae

***Sciadopitys* *tertiaria* - Nadeln**

Nadeln der „japanischen Schirmtanne“ *Sciadopitys* sind in Garzweiler sowohl aus dem Flöz Morken als auch aus dem Flöz Frimmersdorf (Leg. H.-J. GREGOR 2006, Feldbuch E 957/27) nachgewiesen. Im letztgenannten zeigten große plattige Lignitafeln eine massenhafte Anreicherung dieser Fossilien in Form von Nadeln der Art *Sciadopitys terciara* (Taf. 3, Fig. 4).

Solche Lagen werden in der Literatur auch als „Graskohle“ bezeichnet (MAI 1995). Dieses Taxon ist als wesentlicher Bestandteil der Braunkohlenwälder Mitteleuropas hinlänglich bekannt und entsprechend auch in allen Tagebauen im Rheinischen Revier anzutreffen. Dies wiederum im Gegensatz zur Schwandorfer Braunkohle, in welcher Nachweise von *Sciadopitys* fehlen. (GREGOR 1978, 1980a). THIERGART (1949) bezeichnet massenhafte Vorkommen von *Sciadopitys* im rheinischen Hauptflöz und den Braunkohlenflözen der Niederlausitz als „*Sciadopitys*-Vorstöße“, deren Ursachen bisher allerdings nicht geklärt wurden. Die Gattung starb im westlichen Areal im frühen Pleistozän aus und wurde auf ihr heutiges japanisches Reliktareal beschränkt. (MAI 1995). Auf das *Sciadopitys*-Problem in der niederrheinischen Braunkohle hat GREGOR (2008, Kap. 3.1.7) aufmerksam gemacht. Das *Sciadopitys*-Problem ist mehrschichtig und kann hier kurz gestreift werden. Der „Peat-Forest“ aus Flöz Frimmersdorf (Tgb. Hambach) bestand aus *Palmoxylon*, *Juniperoxylon*, *Taxodioxylon*, *Pinuxylon*, *Glyptostroboxylon* und dominant *Sciadopityoxylon*. Als rezentes Vergleichsmodell diente MOSBRUGGER et al. (1994) der „bald cypress swamp“ des Südostens der USA. Hier ist darauf hinzuweisen, dass die Besiedlung des Standorts nicht im Moor passierte, sondern auf trockengefallenen Torfflächen, einem Paläoboden. *Sciadopitys* braucht hohe Niederschläge, ebenso wie die ähnliche Vergleichsform *Chamaecyparis* aus den USA, die ebenfalls trockene Torfe besiedelt – in den sog. „Pocosin peat forests“. *Sciadopitys* hat abschließend als Relikt gelernt, in völlig anderen Biotopen zu leben, aber saure Böden und hohe Luftfeuchtigkeit sind geblieben.

DOLEZYCH-MIKOLAI (2005) hat sich intensiv mit den Funden von Nadeln, Holz und Pollen sowie Wurzeln beschäftigt und im Lausitzer Kohlenrevier die *Sciadopitys*-Hochmoor-Fazies (Msc-facies) nachgewiesen, wohl ebenfalls trockengefallene Flächen (ibid. S. 195, Tab. 12, S. 267, Tab. 18, S. 268, 104).

3.2 Angiospermae - Bedecktsamer

3.2.1 Monocotyledoneae-Palmae

Im Miozän traten Palmen bisweilen häufig auf, z. B. in den Braunkohlenflözen des Niederrheins, der Lausitz und im Odergebiet. Sie werden am Ende des Mittelmiozäns seltener und sterben in Mitteleuropa schon vor dem Pliozän aus MAI (1995). Aus allen Tagebauen im Rheinischen Braunkohlenrevier sind Funde von monocotylen Pflanzen bekannt. Ob es sich dabei im Einzelnen tatsächlich um Palmen handelt ist anhand der recht spärlichen Funde noch nicht hinreichend untersucht. KVAČEK & WILDE (2006) bestätigten nach einer kritischen Revision der Altfunde aus der Rheinischen Braunkohle die höheren Taxa *Arecaceae* (Palmen-gewächse), *Smilacaceae* (Stechwindengewächse) und *Zingiberales* (Ingwerartige). Die wissenschaftliche Bearbeitung von Palmenfunden im Rheinischen Revier hat eine sehr lange Tradition, wie LIEVEN (2011) in einer Facharbeit aufzeigte:

- BARTHÉLEMY FAUJAS DE SAINT-FOND (Inspecteur des mines, l'un des professeurs et administrateurs du Muséum national d'histoire naturelle) beschrieb im Jahre 1796/97 als erster Wissenschaftler die Rheinische Braunkohle. In seinem Werk „Memoire sur

la terre d'ombre ou terre brune de Cologne“ erwähnte er bereits Palmenfunde und bildete diese auch zeichnerisch ab.

- BROGNIART 1822 beschreibt Palmenreste aus dem oberen Teil des Hauptflözes der Ville.

Nach diesen frühen Arbeiten französischer Wissenschaftler dauert es noch über 100 Jahre, bevor sich deutsche Paläontologen mit den fossilen Palmenfunden aus der Rheinischen Braunkohle beschäftigen:

- GOTHAN & MATHIESEN (1923) veröffentlichen den Artikel „Palmenreste in rheinischen Braunkohlenschichten“.
- JURASKY (1928b) stellt das Vorkommen fossiler Palmen in der Braunkohle westl. von Düren in den Gruben Alfred, Lucherberg und Zukunft fest.
- JURASKY (1930) befasst sich vorrangig mit Faserleitbündeln und Wurzelquerschnitten.
- KIRCHHEIMER (1931) legt einen Beitrag zu Palmenresten in der Niederrheinischen Braunkohle vor.
- KIRCHHEIMER (1937) beschreibt in seinem Buch „Grundzüge einer Pflanzenkunde der deutschen Braunkohlen“ ebenfalls Palmenfunde aus dem Rheinischen Braunkohlenrevier. „Sehr zahlreiche Stammteile finden sich besonders in den Gruben Wachtberg bei Frechen, Hürtherberg nahe Hermühlheim, Gruhlwerk, Berggeist und Lucretia unweit Brühl“.
- WEYLAND & KILPPER (1964) bearbeiten stammbildende Monokotylen der Niederrheinischen Braunkohle.
- WEYLAND et al. (1966) beschäftigen sich mit bestachelten Palmen der Niederrheinischen Braunkohle.
- KVAČEK & WILDE (2006) veröffentlichen die o. g. kritische Revision von Monokotyledonen aus der Rheinischen Braunkohle.

Eine weitere nennenswerte wissenschaftliche Bearbeitung von Palmenfunden im Rheinischen Braunkohlenrevier erfolgte erst wieder 1983/84 durch v. d. BURGH. Er bearbeitete die Palmenblätter, die 1982 im Neurather Sand, einem Zwischenmittel in der Hauptflözgruppe im Tagebau Zukunft bei Eschweiler gefunden wurden. „Diese Palmen wuchsen nicht auf dem Sandboden, sondern auf der unterliegenden Braunkohle (damals selbstverständlich Torf). Ökologisch sind sie also mit der Braunkohle verbunden (v. d. BURGH, 1983).

Im Tagebau Garzweiler sind Teile von Palmen/Monocotylen aus jedem der drei Flöze nachgewiesen (Tafel 4, Fig. 1-5). Dabei handelt es sich um Belege von Blattscheiden, Blattspreiten, Stammresten, Leitbündeln, Bastgewebe und Wurzeln allerdings keine Früchte oder Blüten, was eine Erklärung erfordert.

Inwieweit es sich bei den Palmen im Flöz Garzweiler um Reliktformen handelt, muss noch offen bleiben (GREGOR 2008, Kap. 3.1.12).

DOLEZYCH-MIKOLAI (2005: 133, 265) erwähnt aus dem Lausitzer Flöz nur wenige *Palmoxylon*-Reste – im Unterschied zu den Kohlenflözen im Tagebau Garzweiler. Die Prob-

lematik der systematischen Zuordnung wurde von dieser Autorin klar dargestellt (ibid. 146-147). *Chamaerops humilis*, *Trachycarpus microcarpa* und *Sabal* sp. werden als rezente Vertreter genannt. HEER (1855: 86, 87) dagegen nennt ganz richtig einige rezente Vergleiche für seine fossilen Formen *Chamaerops helvetica*, *Sabal maior*, *S. lamanonis*, nämlich *Chamaerops humilis*, *Ch. excelsa* und *Sabal adansonii* (Mittelmeergebiet, China, USA) und wir nennen noch zusätzlich *Sabal palmetto*, *Sabal minor* und *Rhapidophyllum hystrix* (SE-Nordamerika). Eine ausführliche Arbeit über die Palmenreste aus den zzt. aktiven Tagebauen im Rheinischen Braunkohlenrevier ist in Vorbereitung (GREGOR & LIEVEN 2013 a). Sie befasst sich mit Funden aus den Kohlen der Hauptflöz- und Oberflözgruppe und soll Klarheit über Fragen zur systematischen Zugehörigkeit, den klimatischen Gegebenheiten u. a. Faktoren bringen.

3.2.2. Dicotyledoneae

Karpolithenführende Kohle

In einer gestörten Kohlelage im mittleren der drei Flöze im Tagebau Garzweiler, im Flöz Frimmersdorf, fanden sich einige seltene Diasporen vergesellschaftet:

Eomastixia sp. (vgl. KIRCHHEIMER 1938), (zu allen KIRCHHEIMER 1937, 1938, 1957, MAI 1995, GÜNTHER & GREGOR 1989-2004).

Diese belegen drei Faziesbereiche – den mesophytischen Wald, den Sumpfwald und offene Wasserflächen. Alle drei sind typisch für Braunkohlenablagerungen und zeigen auch an anderen Fundorten gleiche ökologische Verhältnisse. Zu dieser Flora würde der vereinzelte Fund eines leider zerstörten Fossils passen, das während der Exkursion im Gelände als *Toddalia* sp. anzusprechen war (vgl. dazu GREGOR 1979). Gleiches gilt für die Funde von *Myrica stoppii* und Samentesten von nicht weiter bestimmbar Nymphaeaceen, die aufgrund ihrer Zerbrechlichkeit nicht geborgen werden konnten (Leg. GREGOR 2006, Feldbuchnotiz E 957/28).

Familie Ericaceae

Comarostaphylis globula (MENZEL) MAI 1999

Rundliche Steinfrüchte, meist 5-fächerig, bis zu 9 mm im Durchmesser, bei der Dehiscenz in apfelsinenscheibenförmige Teilstücke zerfallend.

Derartige Früchte wurden zuerst von MENZEL (1913) unter dem Namen *Elaeocarpum globulum* publiziert, dann von KIRCHHEIMER (1936: 117) als *Arctostaphyloides globulus* bezeichnet. Einen dritten Namen trug MAI (1985) bei: *Viticocarpum globulum*. 1999 gliederte MAI (S. 56) diese fossilen Früchte in die rezente Gattung *Comarostaphylis* ein.

Nach eigenen Aufzeichnungen (Feldbuch PINGEN Nr. 8, S. 189) fand H. WINTERSCHIED bei einer Befahrung des Tagebaus Garzweiler am 18.05.2006 ein Exemplar der genannten Art im Flöz Frimmersdorf. Leider ist diese Frucht nicht mehr auffindbar.

Familie Mastixiaceae

?*Eomastixia* sp.

Taf. 3, Fig. 1

Im ausgekohnten Südfeld fand sich am Übergang von unterlagernden Sanden zu Resten des überlagernden Flözes Frimmersdorf ein einzelner Steinkern einer Mastixioidee (Probe GARZ 377), deren artliche Identität noch nicht genau geklärt werden konnte (Exkursion am 20.07.2007, Feldbuch PINGEN Nr. 9: 34).

Bei dem Fund handelt es sich wahrscheinlich um eine 22 mm große *Eomastixia*, die aber aufgrund schlechter Erhaltung bzw. mangelnder Reife nicht genauer bestimmt werden kann (KIRCHHEIMER 1957, MAI 1995). An etwa gleicher Stelle fand H.-J. GREGOR Palmreste.

Familie Droseraceae

***Aldrobandia praevesiculosa* KIRCHHEIMER 1941**

Taf. 3, Fig. 5, 6

1941 *Aldrobandia praevesiculosa* KIRCHH. – KIRCHHEIMER: Braunkohle 40 (24): 308 - 311, Abb. 1

1971 *Aldrobandia praevesiculosa* KIRCHH. – KEMPF: Palaeontographica Abt. B. 136: 51

1990 *Aldrobandia praevesiculosa* KIRCHH. – GEISSERT et. al.: Documenta naturae 57: 48, Taf. 32, Fig. 6 - 7

Material: Coll. PINGEN, Pr. GARZ 378: 8 Stück, Pr. GARZ 376: 1 Stück; Coll. LIEVEN ca. 20 Individuen.

Beschreibung: Eiförmige Samen mit kurzem engem Hals und apikalem stumpfen Spitzchen. Die Samen messen etwa 1,3 x 0,9 mm. Die Oberfläche ist punktat. Die Testa glänzt metallisch. Sie besteht aus zwei Schichten von Palisadenzellen. Die Raphe ist nur bei streifender Beleuchtung sichtbar. Die Mikropyle befindet sich auf dem stumpfen Spitzchen.

Bemerkungen: Die Samen fanden sich hauptsächlich im Flöz Morken in einer Lage von Pinaceen-Nadeln. Sie waren angehäuft mit 10 (oder mehr?) Stück, so dass zerfallene Früchte angenommen werden können, was bei diesen empfindlichen Stücken auf eine sehr kurze Umlagerung schließen lässt.

Ein einzelner Same stammt aus der gleichen Schicht, aus der die oben erwähnte *?Eomastixia* geborgen wurde (Flöz Frimmersdorf).

Aldrobandia ist im Rheinland ein sehr seltenes Element und wurde bisher nur von KEMPF (1971: 51) in einer Liste erwähnt, die Fossilien aus einer Brunnenbohrung in Köln-Poll benennt. Weitere bisher unveröffentlichte Funde der Art befinden sich in der Coll. PINGEN: aus Niederpleis (1 Stück) und aus der Basiskohle der Tongrube Adendorf (17 Exemplare).

Schreibweise:

Man muss hier zur Schreibweise des Gattungsnamens erwähnen, dass das Taxon *Aldrobandia* von dem italienischen Botaniker und Naturwissenschaftler G. MONTI nach dem italienischen Gelehrten U. ALDROVANDI als „*Aldrobandia*“ benannt wurde (1847). LINNÉ vergaß offenbar das „i“ (1753) und so wurde *Aldrovanda* daraus. Trotz weiter Verbreitung in der Literatur ist

diese letztere Schreibweise eindeutig falsch und wird deshalb hier in der richtigen Form wiedergegeben. Solche Kuriositäten bei Benennungen gibt es in der Taxonomie immer wieder.

Heutige ökologische Ansprüche und geografische Verbreitung:

Nach MAI (1995: 180) kommen fossile *Aldrovandia* „meist in Braunkohlen vor, hatten also die gleichen ökologischen Ansprüche wie ihre überlebenden Verwandten. Sie bevorzugten humusreiches, warmes Wasser über anmoorigem Grund.“ Zur Verbreitung ist zu sagen, dass sie durch Tiere, speziell im Gefieder von Vögeln, erfolgt.

Die einzige heute noch lebende Art *A. vesiculosa* „ist ein wurzelloses, untergetaucht schwimmendes Gewächs mit quirlständigen Fangblättern. Sie bewohnt seichte, durch Röhricht geschützte Stellen stehender kalkarmer Gewässer und bevorzugt moorigen Grund. (Sie) beschränkt sich auf die mindestens sommerwarmen Gebiete der alten Welt. Dasselbst ist sie zwar weit verbreitet, besitzt aber kein geschlossenes Areal. Man kennt die leicht zu übersehende Pflanze aus Europa, Ostasien, Südasien, Nordwestaustralien und Zentralafrika. An den wenigen mitteleuropäischen Vorkommen entwickelt sie nur sehr selten die sich über das Wasser erhebenden Blüten. Ihre Samen werden durch die Fäulnis der häutigen Fruchtwand frei, sind aber häufig nicht keimfähig entwickelt. Die Pflanze vermehrt sich vorwiegend vegetativ.“ (KIRCHHEIMER 1957: 67, 402).

Geographische Verbreitung der fossilen Formen:

MAI (2000: 37) nennt diverse Lokalitäten dazu: Untermiozän der Lausitz, Mittelmiozän von Griechenland und Lausitz, Senftenberg, Altenburg, Obermiozän von Dänemark und Polen, Unterpliozän des Elsass bis Pliozän von Bulgarien (u. a. CZAJA 2003, GEISSERT et al. 1990, FRIIS 1985): Samen von *Aldrovandia praevesiculosa* wurden auch in der Molasse Bayerns in Jägerreuth gefunden und deren anatomische Struktur studiert (GREGOR 1982: 102, Taf. 10, Fig. 24, Taf. 14, Fig. 16 und 16a), ebenso im bayrischen Pleistozän (JUNG, BEUG & DEHM 1972: 92). Im Alttertiär Englands, in den eozänen Lower Headon Beds (CHANDLER 1961: 119), kommt die Gattung auch vor.

Die von DOROFEV (1963: 191, 192) beschriebenen Arten *Aldrovandia clavata* DOROFEV, *A. intermedia* REID & CHANDLER sowie *A. cf. eleanorae* NIKITIN aus dem sibirischen Jungtertiär sind sichere Belege der Gattung, wobei kleine Unterschiede zwischen den Arten zu bemerken sind (ibid. Taf. XXXII, Fig. 15-27 und hier Tab. 2).

Art	Fundort-Region	Morphologie
<i>A. clavata</i>	Sibirien	Länglich eiförmig, ohne Spitze
<i>A. intermedia</i>	Sibirien	Groß, oval, mit Spitzchen
<i>A. eleanorae</i>	Sibirien	Klein, rundlich
<i>A. praevesiculosa</i>	Deutschland	Groß, eiförmig, ohne Spitze

Tab. 2: Vergleiche verschiedener Arten von *Aldrovandia*

Stratigraphisches Vorkommen:

Stratigraphisch sind verschiedene Arten von der Kreide über das Tertiär bis hin zum Pleistozän bekannt geworden (MAI 1995: 180). Eine Vorstellung zur phänotypischen Evolution der Gattung brachte der Autor (ibid. Abb. 67, No. 4 A. *praevesiculosa*) zur Kenntnis, wobei einige der oben erwähnten Arten verwendet wurden.

Ergänzung:

Dass nicht nur Samen, sondern auch Blättchen von *Aldrovandia* auftreten, zeigte die Bearbeitung der Oberpfälzer Braunkohle durch PETERS (1963: 29 -3 1, Taf. 13, Abb. 74 -7 6, Taf. 14, Abb. 77 - 81, Textabb. 16), die in Wackersdorf (Nordfeld) eine *Aldrovandia inopinata* fand.

Familie Lauraceae

***Laurophyllum* sp. - Blätter in der Kohle**

Derbe Kutikeln zeichnen mitunter ganze Lagen von Blättern aus, die sicher zu den Lauraceen zu stellen sind und schon in allen Kohlen der Tagebaue der RWE Power AG gefunden wurden. Artlich sind die Fossilien nicht näher bestimmt – man bezeichnet sie am besten als *Laurophyllum* sp. (Taf. 5, Fig. 1, 2). Diese Lorbeergewächse sind typisch für einen fossilen Wald, der Ähnlichkeit aufweist mit den heutigen amerikanischen Pocosins, dem indischen Shola (GREGOR 2007) oder dem kanarischen Lorbeerwald (GREGOR 1978, MAI 1995).

BURGH (2012) hat verschiedene Lauraceen-Taxa aus den Inden-Schichten von Hambach und Frechen beschrieben und erwähnt dabei die Gattungen *Laurus*, *Ocotea*, *Daphnogene*, *Sassafras* und *Laurophyllum*. Von letzterem Taxon passt morphologisch zu unseren Kohleblättern sehr gut die Art *Laurophyllum rugatum* KVAČEK & BŮŽEK (1966), was aber ohne Kutikulen nicht zu beweisen ist.

Familie indet.

Wurzelhorizont

Direkt unterhalb von Flöz Frimmersdorf fanden und finden sich über mehrere Quadratkilometer (!) große Bereiche von Wurzelresten, die eine eindeutige Besiedlung des unterlagernden Frimmersdorfer Sandes beweisen (Taf. 6, Fig. 1, 2). Einen solch ausgedehnten und hervorragend erhaltenen Wurzelhorizont gibt es sonst nirgends in den anstehenden Kohlen und Begleitschichten zu studieren.

Bisher wurde angenommen, dass die Wurzeln aus der hangenden Kohle stammen und sozusagen Reste eines Braunkohlenwäldchens sind (also „mit dem Flözwachstum im Zusammenhang stehen“) – dem ist jedoch nicht so. Wie jetzt durch Beprobungen von Autor U. LIEVEN eindeutig zu sehen ist, handelt es sich um eine Fazies älterer Wurzeln direkt im Sand ohne Kontakt zum überlagernden Flöz, von dem sie durch eine grau/schwarze Sandlage getrennt sind. Es sind demnach die Wurzeln von bisher unbestimmten Pflanzen, die älter als das Flöz sind und schon im Sand erhalten waren, als Flöz Frimmersdorf aufwuchs. Um welche Pflanzen es sich handeln könnte muss offen bleiben, auch wenn aufgrund fehlender Harzkanäle Angiospermen in solche Überlegungen mit einfließen. Aus dieser Gruppe würden

sich Birken, Ericaceen usw. als Pioniere anbieten, die auf reinem Sand stocken können und unter sauren Bedingungen erste Siedlungsspuren hinterlassen. Spontan denkt man an Sauergräser, die Cyperaceen; es sind hier allerdings keine entsprechenden Rhizome nachgewiesen.

Es kann hier kurz ein Faziesmodell angedeutet werden, das diese morphologische Ausbildung im Sand erklären könnte: Eine großflächige marine Sandschüttung kommt zur energetischen Ruhe und wird durch Samenflug besiedelt; erste Jungpflanzen wachsen auf reinen Quarzsandflächen bis in Busch-, Strauch-Höhe heran. Durch mehrfache Überflutungen kommt es zum Absterben der Pflanzen, zur Erosion der obersten Sandschichten und Erhaltung der tiefsten pfahlförmigen Würzelchen im Sand.

Weitere Überlegungen können erst nach Analyse der Wurzel und des Sedimentes vorgenommen werden. Auf jeden Fall war hier ein großflächiger Bestand von Pionierpflanzen vorhanden – ein neues Diskussionsmodell für die Flözfolge im Tagebau Garzweiler.

3.3 Tierische Spuren

Bohrgänge von Insekten

Im Juni 2010 wurden auf der 6. Sohle, im unteren Bereich des Flözes Morken, mehrere unterschiedliche „Löcher“ und „Gänge“ in Holzresten gefunden, die sich ganz eindeutig als Lebensspuren von Insekten identifizieren lassen (Taf. 5, Fig. 3-5). Zu welchen Insekten diese Spuren gehören, muss noch offen bleiben. In den nicht mehr marin beeinflussten Lagen sind große Grabgänge im Holz möglicherweise von Hornissen angelegt worden, (Beobachtungen im rezenten Biotop von Dunarobba/Italien von Autor GREGOR). Holzmulm (Protodetritus) bzw. Phytoleuma in einigen Gängen stützen diese Vermutung und sprechen gegen marin-brackische Beeinflussung durch Teredineen.

Bohrgänge von Teredo

Teredineen sind in allen Tagebauen der RWE in den tieferen Schichten, in Kohlen und in Treibhölzern eindeutig nachgewiesen, wobei in höheren Lagen brackische Formen dazu kommen (BERTLING et al. 1995). Diese Autoren nennen z. B. die Schicht 7 B aus dem Tgb. Hambach mit beweisbaren Resten dieser Pholadiden, die weiter bis ins Pliozän reichen sollen. Pliozäne Formen sind aus unserer Sicht aber auszuschließen und werden als Insektenbohrgänge interpretiert, sofern man eindeutige Umlagerungsvorgänge rekonstruieren kann. Im Tagebau Garzweiler haben wir offenbar besondere Bedingungen, da hier in den Kohleflözen Spuren der Bohrmuscheln fehlen. Einzig bekannte Ausnahme ist ein umgelagertes Holzgeröll, (Taf. 6, Fig. 3).

Bohrspuren von adulten Teredo-Exemplaren haben üblicherweise einen Durchmesser von ca. 10 - 15 mm und zählen im Rheinischen Revier nicht zu den seltenen Fossilfunden. Im Bereich Jackerather Horst wurde 2008 im Liegenden von Flöz Frimmersdorf (im direkten Kontakt zum Liegendsand) ein Kohlegeröll gefunden, das praktisch ausschließlich aus kleinen Bohrgängen mit nur ca. 4 mm Durchmesser bestand. Durch Rezentvergleiche wurde *Teredo*-„Brut“ als Verursacher der Gänge erkannt. Der Fund wurde durch Lackabzüge dokumentiert (Taf. 6, Fig. 3).

Abschließend eine Bemerkung zu problematischen Befunden. Wie sehr man sich bei solchen Fossilfunden täuschen kann, dokumentiert die Arbeit von RADWASKI (2010), der zeigen konnte, dass die als Palmreste interpretierten Fossilien in Wirklichkeit zu Teredineen gehören. Letztere sind sehr häufig in tertiären Ablagerungen und finden sich ebenso in den niederrheinischen Braunkohlen – wenn auch, bis auf die erwähnte Ausnahme, nicht im Tgb. Garzweiler.

4 Interpretation der Befunde in der Abfolge

Der Begriff „Flöz“

Definition: Bergmännische Bezeichnung für die Anhäufung sedimentär entstandener, nutzbarer Rohstoffe (Minerale wie Eisenstein, Salz, Kupferschiefer oder Kohle) in Form einer Schicht, die erstens parallel zur Gesteinsschichtung verläuft, die zweitens im Verhältnis zu ihrer Mächtigkeit eine große flächenhafte Länge und Breite aufweist und drittens von fast parallelen Flächen begrenzt ist. Ein Flöz durchsetzt taubes Gestein, kann tektonisch verstellt sein und ausdünnen (Linse). Flöze haben eine Mächtigkeit von wenigen Zentimetern bis hin zu vielen Metern, sind also mittellagig bis dickbankig. Ein Flöz ist durch Streichen und Fallen definiert (Brockhaus Enzyklopädie u. a.).

Speziell im Kohlenbergbau ist ein Flöz so definiert, dass damit nur produktiv gewinnbare Kohle gemeint ist – im Gegensatz zum tauben Gestein, meist Sand, Ton oder Kies, Mergel oder Kalk. Ein Flöz ist hier ein Horizont, mächtiger als 10 cm (auch Torf betreffend), der aus Kohle besteht. Unter Kohle wiederum verstehen wir im Rheinischen Revier alle gängigen Typen von Braunkohle, vom stückigen bis zum gagatischen und vom humosen bis zum tonigen Typus. Auch Kohlenton ist demnach als „Flöz“ anzusprechen, was speziell beim Top des gesamten Profils im Tagebau Garzweiler zum Tragen kommt (F-4, vgl. Abb. 4). Dass solche Flöze auch sehr unrein sein können, sowohl was die Ausbildung der „Kohle“ angeht (humos z. B.), als auch die Sequenz der Abfolge (gemischt mit Ton, Silt, Sand usw.), soll hier besonders erwähnt werden. Per Definition könnte man auch eine Tonlage, z. B. den Reuerton, als Tonflöz ansprechen, da es sich bei Ton oder Schluff oft um abbaufähige Mineralien handelt. Somit ist ein schwärzlich-grauer Kohlenton eindeutig ein Flöz.

4.1 Flöze Morken, Frimmersdorf, Garzweiler und Top-Kohlenton

Nachfolgend wird erstmals versucht, eine Faziesabfolge zu etablieren, die nur auf den Kohlen basiert (Tab. 6). Bei der Interpretation des Fossilinhaltes erkennt man, dass vom unteren (ältesten) bis zum oberen (jüngsten) Flöz während des Aufwachsens der Küstensumpffmoore eine kontinuierliche Reduzierung des zur Verfügung stehenden Süßwassers geschieht. Über die gesamte Abfolge verändert sich daher das Biotop von der Sumpffazies über einen Feucht-Koniferenwald zum Auwald hin. Die zwischengeschalteten Begleitschichten, Sande und Tone stützen das Bild großräumiger Verschiebungen in einem Flusssystem mit teilweiser Stagnation (Braunkohlenbildung) und mächtigen marinen und fluviatilen Ablagerungen mit geringer bis hoher Transportenergie. Diese Verschiebungen wurden durch Verwerfungen, begleitet von tektonischen Vorgängen, unterstützt. Zwischenmittel zwischen den Flözen Morken und

Frimmersdorf sowie zwischen Frimmersdorf und Garzweiler sind marin-ästuarinen Ursprungs, das überlagernde Deckgebirge der Hauptflözgruppe fluviatil geprägt.

Flöz Morken F-1

Hier herrschen z. T. die Koniferen vor, speziell mit Pinaceen, von denen Zapfen, Borke, Harz und Nadeln vorliegen. Palmen waren ebenfalls dominant vorhanden, vor allem Blattscheiden, Leitbündel und Wurzeln. Ein Nachweis der sich überkreuzenden Netzstrukturen des Bastgewebes im fossilen Zustand fehlt hier allerdings noch bzw. ist noch nicht beschrieben worden (in Bearb. GREGOR & LIEVEN 2013). Die Gattung *Sciadopitys* ist mit Nadelanhäufungen vertreten, *Arctostaphyloides* mit kugeligen Früchten. Ein fraglicher, zerbrochener *Toddalia*-Same (mesophytischer, subtropischer Regenwald) würde gut zur gesamten Komposition passen – ebenso ein Zapfen von (möglicherweise) *Glyptostrobus*. Retinit als kleine Körperchen und Fusit runden die Komposition ab. Xylit und Fusit sind deutlich immer vertreten.

Flöz Frimmersdorf F-2

Wurzeln von Blütenpflanzen als Pioniere (siehe Kap. Wurzelhorizont) zeigen ein isoliertes Vorkommen und haben nichts mit dem hangenden Flöz zu tun.

Holz von *Taxodioxyton* und *Palmoxyton* gehören zu den häufigsten Funden im Flöz. Hier sind vor allem die Gattung *Sciadopitys* mit massenhaft Nadeln zu nennen. Xylit und Fusit sind deutlich immer vertreten. Sideritkugeln im Flöz sind ein eindeutiger Nachweis auf trockengefallene Bereiche. Die von Autor GREGOR als karpolithenführende Kohle bezeichnete humose Kohlenlage zeigt Reste einer Mastixioideenflora (sensu MAI) mit *Eomastixia* sp., *Myrica* und Seerosensamen. Sicher ist diese fossilführende Schicht nicht mit der echten massenhaft Karpolithen führenden Kohle von Salzhausen zu vergleichen, aber immerhin kommen einige Fruktifikationen hier vor.

Flöz Garzweiler F-3

Außer Holz von *Taxodioxyton*, *Pinuxylon* und *Cupressaceen* wurden weitere Reste noch nicht bestimmt.

Gefunden wurden noch kleine Limonitschwarten (reduzierendes Milieu) und Harzstriemen in der Kohle. Auch ließen sich einige wenige Arecaccen-Reste mit Blattscheiden, Bastgewebe, Leibbündeln und Wurzeln bergen – leider isoliert und sonst nirgends mehr im Flöz zu finden. Über die Problematik der Palmenreste in höher gelegenen stratigrafischen Einheiten soll in Kürze berichtet werden (GREGOR & LIEVEN, 2013a in Vorb.). Falls die Monokotylenreste aus den sog. Flözen Kirchberg und Schophoven, den beiden jüngsten in der Oberflözgruppe der Inden-Schichten im Tgb. Inden (Laut STD 2002 - neun bzw. sieben Mio Jahre alt) Palmen sind und wirklich so „jung“ sein sollten, müsste die Bedeutung der Palmfunde im Jungtertiär Mitteleuropas neu überdacht und diskutiert werden.

Von allen drei Kohleflözen führt das Flöz Garzweiler mit Abstand am häufigsten Xylite, die z. T. mineralisiert sind (Limonit, Markasit). Pilzperithezien von *Cenococcum* deuten auf trockengefallene Bereiche hin.

4.2 Ökologisch-klimatisch-stratigrafische Bemerkungen

4.2.1 Paläoökologie

Welche Abfolge lässt sich bei den einzelnen Schichten bzw. Flözen erkennen und welche faziellen, ökologischen, taphonomischen und klimatischen Bedingungen haben wir bei jeder Schicht zu erwarten? Anfänge zu palökologischen Überlegungen wurden schon vielfach vorgenommen (JURASKY 1928a, BURGH 1986, 1994, GREGOR et al. 1999, BURGH & MOSBRUGGER 1987, BELZ & MOSBRUGGER 1994), allerdings nicht für den Tagebau Garzweiler.

Durchlaufend sind in allen Flözen Koniferen dominant, von unten nach oben (Flöz Morken bis Flöz Garzweiler), im Laufe der Zeit wechselnd von Kiefern zu Schirmtanne, *Taxodium* und dann Mastixien. Schließlich kommt es mit Koniferen und Palmen zu einer Endphase der produktiven Kohlenbildung. In allen drei Flözen haben wir Angiospermenreste gefunden. Unter ihnen sind Palmen vor allem in Flöz Morken als äquivalent zu Kiefern ebenfalls als dominant zu bezeichnen. Wasserpflanzen und Mastixien sind im Flöz Frimmersdorf vertreten – Palmen halten aber, wenn auch weniger häufig, bis ins F-3 aus.

Die folgende Zusammenstellung der Flöze im Tgb. Garzweiler, deren Inhalt, Interpretation und Fazies erlaubt eine zeitliche Analyse der Abfolge.

Flöz	Funde	Interpretation	Fazies
Garzweiler F-3	<i>Taxodioxyton</i> , Cupressaceen, <i>Pinuxylon</i> , wenig Palmen (bzw. Monokotylen), Pilzperithezien	Koniferen-Sumpfwald mit Palmen	Torfflächen besiedelt, Pocosins
Frimmersdorf F-2	Palmen, <i>Taxodioxyton</i> , <i>Sciadopitys</i> , Mastixioideenflora	Palmetto-Sumpfwald mit mesophytischen Elementen	Sumpf mit trockenem Umland
Morke F-1	Palmen, <i>Sciadopitys</i> , <i>Glyptostro-</i> <i>bus</i> , <i>Pinus</i> , <i>Arctostaphyloides</i> , <i>Aldrovandia</i>	Palmetto-Sumpfwald mit Koniferen, Moor- fazies	Sumpf, Moor

Tab. 3: Lokale Vergleiche der Flöze und ihrer Ausprägungen

Eine Zusammenstellung verschiedener Faziestypen von DOLEZYCH-MIKOLAI (2005) zeigt deutlich in ihrer Benennung, dass im Niederrheingebiet andere fazielle Typen vorliegen als in der Lausitz bzw. Ähnlichkeiten bestehen, aber in anderer Komposition (ibid. 101, hier Tab. 4).

Über Stubbenhorizonte und deren Senkungsproblematik hat DOLEZYCH-MIKOLAI (2005: 100 - 103) referiert. In Garzweiler fehlen bisher solche übergreifenden Untersuchungen – eine erste Möglichkeit dazu wird hier aufgezeigt.

Abschließend wird deutlich darauf aufmerksam gemacht, dass Vergleiche ökologischer Art mit den Everglades (sensu TEICHMÜLLER 1958 u. a.) für die niederrheinische Braunkohle keineswegs zutreffen (vgl. dazu speziell GREGOR 2008: 19 - 22). Wir haben keine typischen immerwährend überfluteten Sumpfympressenwälder (*Taxodium distichum*, (GREGOR 1978,

1980a, 1982: 184) mit zugehörigen Atemwurzeln, Bromelienbewuchs, Prärien (*Cladium-Schneide-Ried*) oder Hammocks (baumbestandene Hügel im Sumpf). Dazu würden die Mammutbäume nur nach Trockenfallen der Torfflächen passen.

Flöz	Funde	Fazies nach DOLEZYCH-MIKOL. (2005)
Garzweiler F-3	<i>Taxodioxylon</i> , Cupressaceen, <i>Pinuxylon</i> , Palmähnliche, Pilzperithezien	<i>Pinus</i> -Waldmoor (P) <i>Sequoia</i> -Wald (S) neu: Arecaceen-Waldmoor (AR)
Frimmersdorf F-2	Palmen, <i>Taxodioxylon</i> , <i>Sciadopitys</i> , Mastixioideenflora	<i>Sciadopitys</i> -Hochmoor (Msc) <i>Sequoia</i> -Wald (S) Angiospermen-Buschmoor (A) neu: Arecaceen-Waldmoor (AR)
Morken F-1	Palmen, <i>Sciadopitys</i> , <i>Glyptostrobus</i> , <i>Pinus</i> , <i>Arctostaphyloides</i> , <i>Aldrovandia</i>	<i>Glyptostrobus</i> -Buschmoor (K), <i>Pinus</i> -Waldmoor (P) <i>Sciadopitys</i> -Hochmoor (Msc) Angiospermen-Buschmoor (A) ohne <i>Caricoidea</i> , aber mit <i>Aldrovandia</i> neu: Arecaceen-Waldmoor (AR)

Tab. 4: Überregionale Vergleiche der Flöze und ihrer Ausprägungen

Das Modell der Pocosins (GREGOR 1978, 1980a) mit schnell wechselnden Wasserständen ist ideal geeignet für eine Modellvorstellung für die Niederrheinischen Braunkohlen (vgl. CHRISTENSEN et al. (1981), HARPER (1914, 1939, 1940), RICHARDSON (1981, 1991) und WEAKLEY & SCHAFALÉ (1991).

HARPER (1914: 216) hat interessanterweise die Pocosins als klimaktische (nicht klimatische) Erscheinung angesehen, als Endstadium einer Sukzession. Dies müsste man auch in den Braunkohlen evtl. näher untersuchen – auch im Hinblick auf *Sciadopitys*“ (GREGOR 2007).

MAI geht (1995: 545) ebenfalls auf die „Palmetto swamps“ von Carolina und Louisiana (USA) ein, bezeichnet sie als Palmen-Sumpfwälder (mit *Sabal major* als Palme), wie sie in der Niederrheinischen Braunkohle, in den Kohlen der Niederlausitz und NW-Sachsens vorkommen. Dass Palmen als „azonale Einstreuungen“ in den Waldtypen des Eozäns gelten sollen (RÜFFELE 1976), erscheint hingegen sehr fraglich.

4.2.2 Paläoklima

Klimatologisch stützen alle Befunde eindeutig ein typisches Cfa-Klima (KÖPPEN 1923), wie es schon mehrfach für den gesamten mitteleuropäischen Raum des Mio-Pliozäns postuliert wurde (GREGOR 1980b, 1982, 1989, 2007, MOSBRUGGER et al. 1994 - für das Obermiozän der Niederrheinischen Bucht). Eine umfangreiche Klimaanalyse beruht im günstigsten Fall auf allochthonen Floren, einer reichhaltigen Komposition und heutigen artenreichen Vergleichsformen. Wenn wir die bearbeiteten Befunde aus allen Schichten im Rheinischen Braunkohlenrevier auflisten und deren rezente Vergleichsdaten ansehen, können wir für die Niederrheinische Bucht sehr gut das miozäne Klima rekonstruieren.

Fossiles Taxon	Heutige Vergleichsart	Klima-Waldtyp	Relikt
<i>Taxodioxylon gypsaceum</i>	<i>Sequoia sempervirens</i>	Cfa: Küstenwälder	x
<i>Taxodioxylon germanicum</i>	<i>Sequoia?</i> ausgestorbene <i>Sequoia!</i>	Cfa: Küstenwälder?	x
<i>Pinuxylon parryoides</i>	<i>Pinus</i> sect. <i>Parrya</i>	Cfa: USA, problematische Sektion, keine Daten	
<i>Sciadopitys tertiaria</i>	<i>Sciadopitys verticillata</i>	Cfa: südl. Japan, Misch- und Nebelwälder bis 1000 m NN, hohe Luftfeuchtigkeit	x
<i>Palmoxylon baccillare</i>	<i>Arecaceae (Sabal)</i>	Af, Cfa: Afrika, Asien, Amerika, Palmetto-Sumpfwald, Mischwälder, Küstenwälder, Mangrove,	
<i>Eomastixia</i> sp.	Mastixiaceen	Af, Cfa: Indien, immergrüne Wälder b. 1900 m NN	x
<i>Myrica stoppii</i>	<i>Myrica</i> sp.	Cf: Feuchtfaziesbesiedler	
Nymphaeaceae gen. et spec. indet.	Nymphaeaceae	Cf: Wasserpflanzen mit hohen Sommertemperaturansprüchen	
<i>Aldrovandia praevesiculare</i>	<i>Aldrovandia vesiculare</i>	Cfa Cfb, Cs: Ubiquist, Wasserpflanzen mit hohen Sommertemperaturansprüchen	
<i>Toddalia</i> sp.	<i>Toddalia asiatica</i>	Cfa, Af: Asien, E-Afrika, Lorbeer- u. Mischwälder, subtropische Bergwälder	
<i>Laurophyllum</i> sp.	Lauraceae ge. et spec. indet.	Cfa, Af: Asien, Amerika, Kanaren, Lorbeer- und Mischwälder, subtropische Bergwälder Indiens (Shola)	
<i>Arctostaphyloides</i> sp.	Ausgestorbene Ericaceae	unklar	

Af = tropisches Klima, Cf = warm-temperiertes Klima (Virginia-Klima, a = mindestens 4 Monate über 10°C, b = unser einheimisches Buchenklima ohne diese 4 Monate, Cs = mediterranes Klima, sommertrocken)

Tab. 5: Daten zur Klimarekonstruktion der Hauptflözgruppe im Tgb. Garzweiler

Dagegen ist eine reine Braunkohlenfazies nicht ausreichend gut geeignet, um genaue Klimadaten zu gewinnen. Das hat verschiedene Gründe (hier mit Beispielen):

- In Braunkohlen finden wir konservative Taxa, die zeitlich lange aushalten (z. B. *Glyptostrobus*).
- Wir haben viele monotypische Taxa bzw. oligospezifische Taxa (z. B. *Sciadopitys*)
- Es finden sich viele heutige Reliktformen, die schwierig zu beurteilen sind (z. B. *Sequoia*).
- Es handelt sich normalerweise um artenarme Floren unter 20 Taxa.
- Es liegen zonale, also stark vom Grundwasser abhängige Bedingungen vor.
- Es handelt sich um autochthone Floren, also aus der unmittelbaren Umgebung (Sumpf, Torfboden).
- Wir müssen Klimarekonstruktion und Standort trennen, da der Standort ein Klima vortäuschen kann (*Tetraclinis*, erstmals bei GREGOR & MELLER 2006 bearbeitet).

Die Tabelle 5 zeigt eine Zusammenstellung der besprochenen Befunde aus der Hauptflözgruppe im Tagebau Garzweiler mit dem Versuch einer Klimarekonstruktion aufgrund rezenter Vergleiche. Die Reliktorkommen zeigen die Problematik der speziellen Bedingungen in der Braunkohle.

Zusammenfassend lässt sich trotz aller genannten Schwierigkeiten und auch im Zusammenhang mit mitteleuropäischen Daten, ein sog. Virginia-Klima (Cfa) rekonstruieren. Dieses wird mit einem Temperaturjahresmittel von ca. 14 - 16 °C, einer mittleren Niederschlagsmenge von ca. 2000 mm und schnee- und frostfreien Wintern definiert.

Extreme Variabilitäten im Klima sind aber selbstredend nicht als Normalzustand zu bezeichnen. So hat z. B. der Wirbelsturm „Sandy“ Ende Oktober 2012 in Virginia Schneefall verursacht, ein „Klima-Ausreißer“ (kurzfristiges Klimaphänomen), mit dem etwa alle 100 - 150 Jahre zu rechnen ist.

4.2.3 Stratigraphie

Leider ist es im Moment nicht möglich, mit Fossilien aus dem Tagebau Garzweiler stratigraphische Zuweisungen zu machen, da fast alle Sumpf- oder Auwaldformen wie *Glyptostrobus*, *Taxodioxylon* oder *Pinus* konservative Züge aufweisen (Feuchtfaziesproblematik bei GREGOR 2007). Echte Leitfossilien fehlen, die Koniferen sind Durchläufer, die Wasserpflanzen sind zu isoliert und faziesabhängig, die Holzbestimmungen für solche Fragen unbrauchbar (Bestimmung auf generischer Basis). Man könnte diese Fragen nach dem Alter von Ablagerungen nur über Ton- und Sandfazies mit mehr oder minder reichen Florenfunden beantworten. Dass die Abfolge hauptsächlich als Miozän anzusehen ist, ist soweit sicher, wobei das hier nicht weiter behandelte Top-Flöz F-4 (Kohlenton) sicher schon Pliozän ist und in der bisherigen Nomenklatur nicht als Flöz angesprochen wurde (kein produktives Flöz).

Unserer Meinung nach sind stratigraphische Vorstellungen nur über eine Gesamtanalyse aller Schichten in allen aktiven Tagebauen möglich; nach neuesten Methoden untersucht und zusammengestellt. Solche Untersuchungen sind bei Kollegen in der ehemaligen DDR hinrei-

chend unternommen worden (Lausitz, Senftenberg u. a.), fehlen aber leider in den niederrheinischen Braunkohlengebieten völlig, so dass hier nur ein „patchwork“ von wissenschaftlichen Arbeiten zu nennen wäre.

Leider sind die bisher gezeigten Daten der STD 2002 nicht ganz verlässlich, da hier Angaben zu Mio. Jahren gemacht werden, die nicht beweiskräftig sind. Relative Zuweisungen sind zwar besser als nichts, es fehlen aber dazu die absoluten Zahlenangaben aufgrund vulkanischer oder anderweitiger Ablagerungen. Auch säugetierstratigrafische oder palynologische, megafloristische, kutikularanalytische oder weitere mikropaläontologische Untersuchungen existieren für die Ablagerungen in den Tagebauen der RWE Power AG nicht in ausreichendem Maße.

4.3 Versuch einer neuen lithologisch-sedimentologischen Gliederung des Tagebaus Garzweiler

Nachdem SCHNEIDER & THIELE (1965) ihre lithologische Ansprache auf die damaligen Tagebaue im Rheinischen Braunkohlenrevier ausgebaut hatten, gab es ein sehr überzeugendes Gerüst für ökonomisch-technische Vergleiche und Belange. Aber schon LÜTTIG hatte in seiner Arbeit über Probleme der Korrelation von Bohrprofilen auf verschiedene Schwierigkeiten bei diesem Vorgang hingewiesen (Vorträge und Diskussionen).

Aus paläoökologischer- und stratigrafischer Sicht, stellt sich grundsätzlich die Frage, ob z. B. das sog. Flöz Garzweiler im Tagebau Garzweiler wirklich mit dem (heute) gleichnamigen Flöz in anderen Tagebauen identisch ist, oder ob hier vielleicht zeitliche Unterschiede bestehen? Die Flöze könnten in anderen Bereichen/Tagebauen auch Äquivalente älterer oder jüngerer Art sein. Ein Kohleflöz möglicherweise sogar als Kohlentonlinse in einem anderen Tagebau äquivalent vorhanden sein. Die Zwischenmittel und Deckschichten müssen in solche Überlegungen mit einbezogen werden, gilt es doch reichlich laterale Trans- und Regressionen, Seitenarme und Flussverlagerungen, Depressionsverschiebungen und Schichtlücken zu berücksichtigen.

Wenn man davon ausgeht, dass jeder Tagebau eine individuelle Schichtenabfolge hat, die sich zeitlich verschoben haben könnte, dann wäre eine individuelle Unterteilung für eine rein wissenschaftliche Betrachtung sinnvoll.

Eine ähnliche Problematik hat GREGOR schon in der Schwandorfer Braunkohle, deren Kohlen in verschiedenen Tagebauen als „gleichhalt“ bezeichnet wurden, was sich nicht bestätigen ließ, erkannt (ibid. 1978, 1980a). Erst eine genaue Profilaufnahme mit objektiver Bezeichnung der verschiedenen Schichten und Horizonte erlaubt eindeutige Vergleiche untereinander. Es soll hier der Versuch gemacht werden, die anstehenden Schichten im Tagebau Garzweiler objektiv zu bezeichnen, wie es GREGOR schon 1998 vorgeschlagen hat (hier in Abb. 4 und Tab. 6 nach neuesten Befunden verändert). Für den Tgb. Hambach liegt ein solches Profil bereits vor (GREGOR et. al. 1998) und soll, zusammen mit allen Profilen in den Tagebauen der RWE Power AG korreliert und neu interpretiert werden (GREGOR & LIEVEN, 2013b in Vorb.) Man muss, bevor man weitreichendere Aussagen wagt, erst eine objektive Basis für Aussagen

schaffen und das geht ausschließlich mit sicher bestimmten, nachprüfbar und diskussionsfesten Belegen für Abfolgen und Zusammenhänge (HEER 1855-1859 bis GREGOR 1978, 1980a u. a.)

Zusammenfassend sei nochmals erwähnt:

Für die paläontologisch-biostratigrafische Arbeit ist die Bezeichnung der Sediment-Abfolge von SCHNEIDER & THIELE (1965) wenig relevant, da es sich bei den Korrelationen um nicht eindeutig fassbare Verhältnisse handelt. So könnte beispielsweise ein Kohlenton aus dem „Tagebau X“ in anderer fazieller Ausbildung einem Sandmittel des „Tagebaus Y“ entsprechen und nicht dem anscheinend gleichen Kohlenband im „Tagebau Y“. Gerade in der Schwandorfer Braunkohle gelang es durch die oben genannte objektive Vorgehensweise, Korrelationsfehler aufzuzeigen und geologische Abfolgen in ihrer Faziesabhängigkeit zu verstehen.

Aus paläontologisch-biostratigrafischer Sicht sollten für die Tagebaue Garzweiler, Hambach und Inden, die jeweiligen Idealprofile vorsichtig nebeneinander gestellt und miteinander verglichen werden. Die Profile ehemaliger Tagebaue, wie z. B. Bergheim, Düren, Frechen, Züllich oder Zukunft könnten, bei Bedarf, ebenso in diese Korrelation mit einbezogen werden.

Mineralisierung

Zusätzlich wird hier eine Bemerkung zur Mineralisierung von Fossilien gemacht, um bestimmte Vorgänge der Fossilisation besser zu verstehen, zu korrelieren und systematisch zu bearbeiten.

Im Flöz Garzweiler 2010 gefundene Holzreste waren gewichtsmäßig sehr schwer und konnten als mineralisch imprägniert erkannt werden (Taf. 3, Fig. 2). Im Gegensatz zu den sonst in allen Tagebauen der RWE Power AG oft vorkommenden Hölzern, die entweder pyritisiert (Goldglanz) oder sideritisiert sind (bräunliche Kristallausblühungen auf der Oberfläche), waren diese Funde bräunlich homogen, zeigten aber praktisch keine Holzstrukturen mehr. Eine EDX-Analyse durch den Mineralogen Prof. em. U. THEWALT (Univ. Ulm), ergab eine interessante Kombination von Eisen und Mangan. Wir können als Mineralien sowohl den Limonit bzw. Goethit ($\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$) aber auch Manganoxid (MnO) benennen, vergesellschaftet mit sehr wenig Schwefel (Pyrit?, FeS_2) und Kalk (CaCO_3). Die Verteilungskurve ist in Abb. 3 gezeigt, die Liste der Elemente unter der Grafik dargestellt.

Diese Ausbildung ist etwas verschieden von den bisherigen Funden aus den Tagebauen und zeigt ein diffiziles Bild der Mineralisierung. Über solche Phänomene haben bereits GREGOR & THEWALT (2001) berichtet (vgl. auch GREGOR et al. 2005).

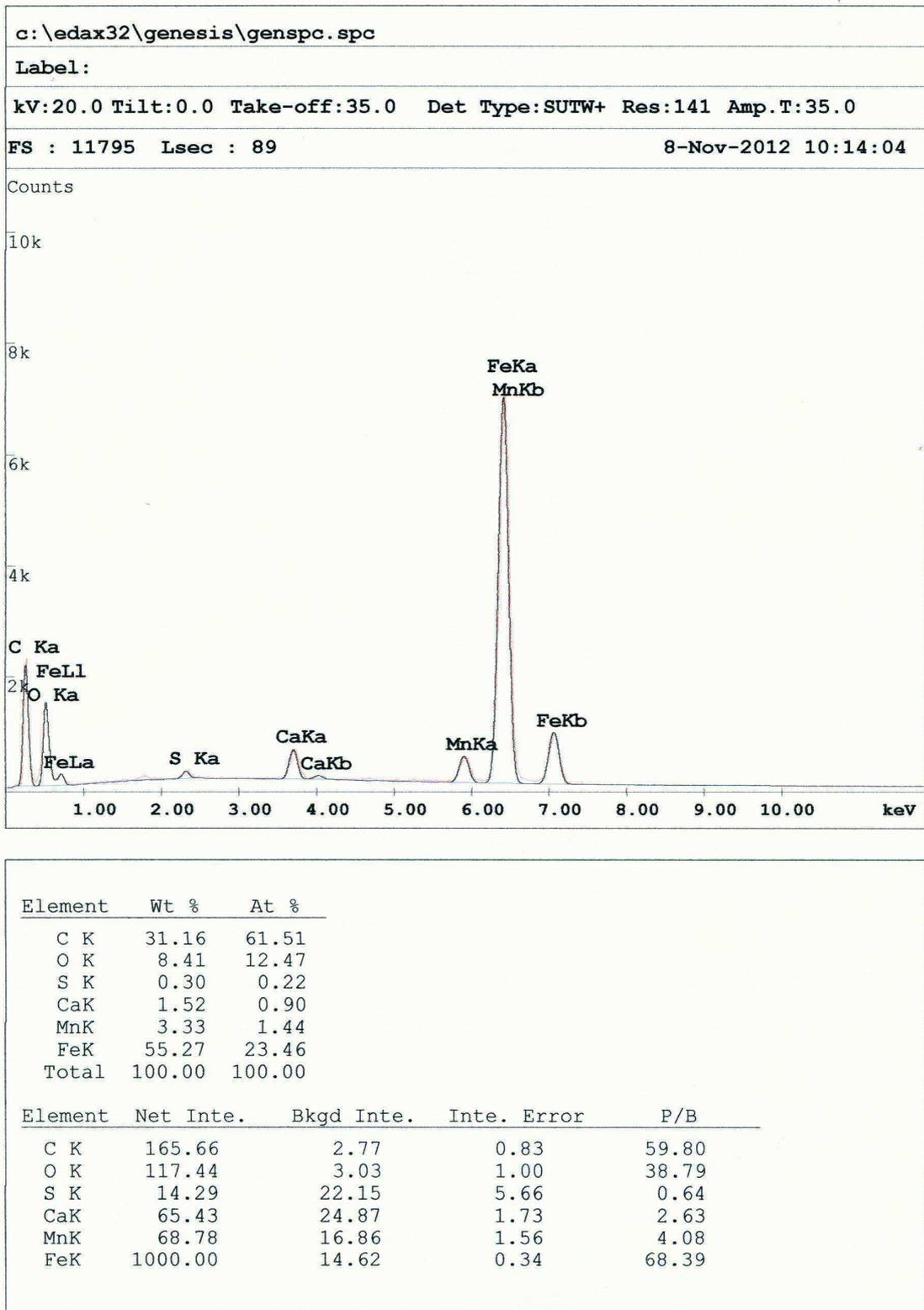
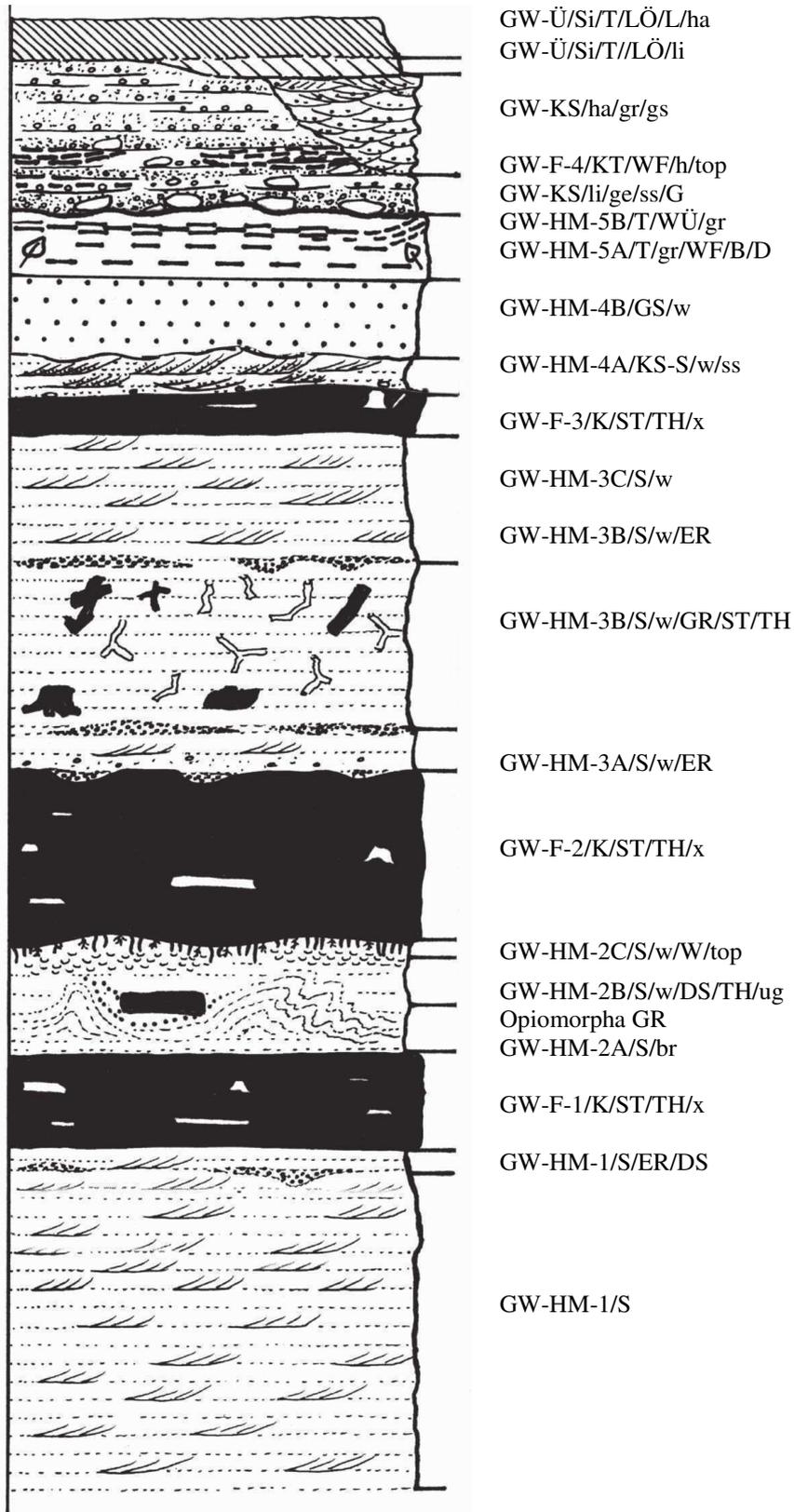


Abb. 3: EDX-Kurve der Elemente im mineralisierten Holz aus Flöz Garzweiler (nach THEWALT)

Abb. 4: Idealprofil für den Tagebau Garzweiler, mit sedimentologischen Daten (n. GREGOR)



<p><u>Tagebau-Abkürzungen</u> HA = Hambach BH = Bergheim GW = Garzweiler ZW = Zukunft-West FR = Frechen IN = Inden</p>	<p><u>Positions-Abkürzungen</u> ug = umgelagert (Einzelobjekt) ha = hangend (großräumig) li = liegend (großräumig) ba = basal (kleinräumig) top = hangend (kleinräumig) ein = eingeschaltet (kleinräumig)</p>
<p><u>Hauptschicht-Abkürzungen</u> F = Flöz HM = Hauptmittel bzw. Hauptzwischenmittel 1, 2, 3 = laufende Nummern von unten nach oben</p>	<p><u>Geochemische Besonderheiten-Abkürzungen</u> SID = Siderit PYR = Pyrit, Markasit, „Goldeier“ LIM = Limonit, Goethit VIV = Vivianit SCH = Schwefelausblühungen KE = Kegelquarzite</p>
<p><u>Lithologie-Abkürzungen</u> K = Kohle S = Sand SI = Silt SL = Schluff K = Kies GG = Großgerölle KT = Kohlenton G = eisenschüssiger Horizont, Geoden GS = Glassand DS = Dünensand T = Ton WÜ = Würgeton M = Mergel L = Lehm LÖ = Löss</p>	<p><u>Paläontologische Funde-Abkürzungen</u> FV = Fauna (Vertebrata) FI = Fauna (Invertebrata) GB = Gastropoden-Bivalven B = Blätter D = Diasporen, Früchte und Samen H = Holz M = Monokotylen-Fazies W = Wurzeln (Angio- und Gymnospermen) R = Rhizome (Monocotyledoneae) BL = Bohrloch-Horizont E = Ephemeropteren-Lage GR = Grabgänge IN = Insekten allg. BE = Harzbröckchen, Bernstein, Harz-Striemen PA = Palmkohle</p>
<p><u>Fazies- und Spezialbedingungen-Abkürzungen</u> ST = Stubbenkohle TH = Treibhölzer, Hölzer DS = Drift- und Schwemmsel-Lage ER = Erosionsrinne UH = Umlagerungshorizont WF = Wechselfolge – kleinräumig ZM = Zwischenmittel, kleinräumig eingeschaltet SK = Schräg- und Kreuzschichtung Ü = Überdeckung undifferenziert</p>	<p><u>Struktur-Abkürzungen</u> la = feinlagiger Horizont mu = muschelrig brechend (K,T) to = fetter Ton mit Harnisch x = xylitisch h = humos kh = Kohle mit Harnisch ss = schlecht sortiert gs = gut sortiert fu = fusitisch, mit Brandspuren ga = gagatisch, verdichtet</p>
<p><u>Farben-Abkürzungen</u> ge = gelb gü = grün gr = grau ro = rot w = weiß br = braun sch = schwarz</p>	<p><u>Besonderheiten-Abkürzungen</u> A, B, etc. und 1, 2, 3 etc. = spezielle Profileile, Schichten, Horizonte, Abfolgen, belegt durch Publikationen</p>

Tab. 6: Ergänzte Begriffsdefinitionen (nach GREGOR et al. 1998)

Eine besondere Problematik hat das offizielle Profil aus dem Tgb. Garzweiler, da aufgrund der Lage der Profile im Tagebau manche Schichten nicht bezeichnet wurden – sie fehlten vor Jahren ganz einfach, sind heute aber aufgeschlossen. Genau dieses geologische Verhalten zeigt, wie vorsichtig man bei Interpretationen sein muss.

Eine Ergänzung der heutigen Gegebenheiten wird im Folgenden vorgenommen (Tab. 7).

Neue Profilbezeichnung	Bisherige Bezeichnung	SCHNEIDER & THIELE
GW-Ü/Si/T/LÖ/L/ha	Lösslehm	19
GW-Ü/Si/T//LÖ/li	Löss	19
GW-KS/ha/gr/gs	Mittelterrasse	18
?	Lücke	17
GW-KS/li/ge/ss/G	Hauptterrasse	16
?	Lücke	15
?	Lücke	14
?	Lücke	13
?	Lücke	12
GW-HM-5B/T/WÜ/gr	Oberer Reuver-Ton	11?-E
GW-HM-5A/T/gr/WF/B/D	Unterer Reuver-Ton, fossilführend	11A-?
GW-HM-4B/GS/w/	Reuver-Sand	10
?	Lücke	9
GW-HM-4A/KS/S/w/ss	Haupt-Kies-Serie	8
?	Lücke	7
GW-F-3/K/ST/TH/x	Flöz Garzweiler	6E
GW-HM-3C/S/w	Neurather Sand	6D
GW-HM-3B/S/w/ER	Neurather Sand	6D
GW-HM-3B/S/w/GR/ST/TH	Neurather Sand	6D
GW-HM-3A/S/w/ER	Neurather Sand	6D
GW-F-2/K/ST/TH/x	Flöz Frimmersdorf	6C
GW-HM-2C/S/w/W	Frimmersdorfer Sand	6B
GW-HM-2B/S/w/ DS/TH/ug/	Frimmersdorfer Sand	6B
GW-HM-2A/S/ge/	Frimmersdorfer Sand	6B
GW-F-1/K/ST/TH/x	Flöz Morken	6A
GW-HM-1/S/ER/DS	Liegend-Sand	5D
GW-HM-1/S	Liegend-Sand	5B/C

Tabelle 7: Korrelation der neuen und alten Schichtenzuordnungen. Die dargestellten Lücken sind in der linken Spalte nicht zwingend, sondern sind bei den offiziellen Profilen so bezeichnet worden. Dass natürlich immer gewisse Diskordanzen bei den Schichten von Garzweiler vorliegen, ist sehr leicht im Profil zu sehen. Wie groß diese Lücken nun sind, also wie viele Jahre bis Jahrmillionen dazwischen liegen, kann so einfach nicht eruiert werden.

Literatur

- BELZ, G & MOSBRUGGER, V. (1994): Systematisch-paläoökologische und paläoklimatische Analyse von Blattfloren im Mio/Pliozän der niederrheinischen Bucht (NW-Deutschland). *Palaeontographica*, Abt. B, 233 (1 - 6): 19 - 156, 12. Taf., 60 Abb., 12 Tab., Stuttgart
- BERTLING, M., HERRMANN, K. & HOCHT, F.V.D. (1995): Sedimentologie und Paläontologie autochthoner Muschel-Bohrungen in Kohleflözen (Neogen der Niederrheinischen Bucht.- N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 12: 711 - 736, 9 Abb., Stuttgart
- BROGNIART, A. (1822): Sur la classification et la distribution des végétaux fossiles en général. *Mém. Mus. d'Hist. Nat.* 8, Paris
- BURGH, J. v. d. & MOSBRUGGER, V. (1987): The vegetation and ecology of the Rhenish brown coal, in: *Guide to Excursion No. 08 - The ecology and evolution of fossil floras in W-Germany (XIVth Internat., Bot. Congr., Excursion Guide)*, S. 30 - 47, 6 Fig., Berlin
- BURGH, J. v. d. (1983) Brief an die Rheinische Braunkohlenwerke AG Köln, Laboratory of palaeobotany and palynology, State University of Utrecht, unveröffentlicht, Utrecht
- BURGH, J. v. d. (1983/84) Some palms in the miocene of the lower rheinish plan, in: *Review of Palynology*, Bd. 40, S. 359 - 374, Amsterdam
- BURGH, J. v. d. (1986): Ökologische Interpretation miozäner Floren des Niederrheinischen Braunkohlenreviers. - *Documenta naturae*, 33: 11 - 16, 6 Abb., 1 Taf., München
- BURGH, J. v. d. (1994). Differences in fossil seed/fruit-, wood-, and leaf-floras, taphonomy and ecological implications. *Rev. Palaeobot. Palyn.*, 83:119 - 129, 2 Abb., 5 Tab., Amsterdam
- BURGH, J. v. d. (2012): Leaves of Lauraceae in the Inden series (Miocene) from the Lower Rhenish basin, Germany (open pits Hambach and Frechen).- *Documenta naturae*, 189: 1 - 19, 4 pls, München
- CHANDLER, M. E. J. (1961): Flora of the Lower Headon Beds of Hampshire and the Isle of Wight.- *Bull. Brit. Mus. (natur. Hist.)*, (Geol.), 5, 5: 91 - 158, pls. 24 - 30, London
- CHRISTENSEN, N. L., BURCHELL, R. B., LIGGETT, A. & SIMMS, E. L. (1981): The Structure and Development of Pocosin vegetation, In: *Pocosin wetlands*. - S., 43 - 61, Hutchinson Ross Publ. Company
- CZAJA, A. (2003): Paläokarpologische Untersuchungen von Taphozänosen des Unter- und Mittelmiozäns aus dem Braunkohlentagebau Berzdorf/Oberlausitz (Sachsen). - *Palaeontographica B*, **265**: 1 - 148, 22 Taf., 17 Abb., 1 Tab., Stuttgart
- DOLEZYCH-MIKOLAJ M (2005): Koniferenhölzer im 2. Lausitzer Flöz und ihre ökologische Position.- *LPP Contrib. Series* **19**, 302 S., 33 Taf., 18 Tab., 51 Textfig., Utrecht
- DOROFEEV, P. I. (1963): Die tertiären Floren Westsibiriens. - *ANSSSR, Bot. Inst. V.L. Komarov*, 287 S., 50 Taf., 38 Abb., Moskau - Leningrad
- FAUJAS, B., (1796/97) : Memoire sur la terre d'ombre ou terre brune de Cologne, in: *Journal des Mines No XXXVI*, S. 893 - 913, o. O.
- FRIIS, E. M. (1985): Angiosperm Fruits and Seeds from the Middle Miocene of Jutland (Denmark). - *Biologiske Skrifter*, **24**, 3: 165 S., 30 Taf., 15 Abb., København

- GEISSERT, F., GREGOR, H.-J. & MAI, D. H. (1990): Die "Saugbagger-Flora", eine Frucht- und Samenflora aus dem Grenzbereich Miozän-Pliozän von Sessenheim im Elsaß (Frankreich). – Documenta naturae 57: 1 - 208, 35 Taf., 47 Abb., München
- GOSSMANN, R. (1983): Die Niederrheinische Bucht im Tertiär. – Aufschluß, 34: 457 - 477, 40 Abb., Heidelberg
- GOSSMANN, R., GREGOR, H.-J. & LIEVEN, U. (2006): Die Niederrheinische Bucht und ihre Tertiärablagerungen (Braunkohlen, Kiese, Sande, Tone).- Documenta naturae, SB 43: 1 - 26, 2 Abb., München
- GOTHAN, W. & MATHIESEN, FR. J. (1923): „Palmenreste in rheinischen Braunkohlenschichten“, Braunkohle Heft 23, o. O.
- GREGOR, H.-J. (1978): Die miozänen Frucht- und Samen-Floren der Oberpfälzer Braunkohle. I. Funde aus den sandigen Zwischenmitteln. – Palaeontographica, **B**, **167** (1 - 6): 9 - 103, 15 Taf., 30 Abb., Stuttgart
- GREGOR, H.-J. (1979): Systematics, Biostratigraphy and Paleoecology of the genus *Toddalia* JUSSIEU (Rutaceae) in the European Tertiary.- Rev. Palaeobot. Palyn., 28: 311 - 363, 71 figs., 5 tabs., Amsterdam
- GREGOR, H.-J. (1980): Die miozänen Frucht- und Samen-Floren der Oberpfälzer Braunkohle. II. Funde aus den Kohlen und tonigen Zwischenmitteln.- Palaeontographica, **B**, **174**, 1 - 3: 7 - 94, 15 Taf., 7 Abb., 3 Tab., Stuttgart. (1980a)
- GREGOR, H.-J. (1980): Ein neues Klima- und Vegetationsmodell für das untere Sarmat (Mittelmiozän) Mitteleuropas unter spezieller Berücksichtigung floristischer Gegebenheiten. – Verh. geol. B.-A., **1979** (3): 337 - 353, 4 Tab., 1 Kt., Wien (1980b)
- GREGOR, H.-J. (1982): Die jungtertiären Floren Süddeutschlands. Paläokarpologie, Phytostatigraphie, Paläoökologie, Paläoklimatologie. – 278 S., 34 Abb., 16 Taf., 7 S. mit Profilen u. Plänen, Verlag Enke, Stuttgart
- GREGOR, H.-J. (1989): Versuch eines neuen Klima-Modells für die Zeit der Oberen Meeres- und Süßwasser-Molasse in Bayern.- Documenta naturae, **46**: 34 - 47, 2 Tab., 19 Abb., München
- GREGOR, H.-J. (2007): Der südindische Shola-Bergwald (Palni Hills, Western Ghats) und seine floristischen Beziehungen zum europäischen Neogen.- Documenta naturae, **160**: 1 - 67, 4 Abb., 2 Tab., 6 Taf., 3 Append., München
- GREGOR, H.-J. (2008): Die Problematik paläoökologisch-paläoklimatischer Rekonstruktionen anhand geologisch-paläontologischer Beispiele.- Documenta naturae, 155, 9: 73 S., 2 Abb., 3 Tab., 4 Taf., München
- GREGOR, H.-J., LIEVEN, U. & WINTERSCHIED, H. (2010): Neue Funde aus den niederrheinischen Braunkohleablagerungen im Tagebau Garzweiler (RWE Power AG) Eine neue Art von Cyperaceen-Rhizomen: *Rhizocaulon garzweilerense* nov. sp. aus dem oberpliozänen Reuver-Ton.- Documenta naturae, 180: 1 - 41, 11 Taf., 3 Append., München
- GREGOR, H.-J. & LIEVEN, U. (2013): Palmen in den niederrheinischen Braunkohlenschichten.- (Documenta naturae, in Vorb. 2013a)

- GREGOR, H.-J. & LIEVEN, U. (2013): Die Idealprofile der Tagebaue der RWE Power AG, ihre Diagnose, Interpretation und ihr Fossilinhalt (Documenta naturae, in Vorb. 2013b)
- GREGOR, H.-J. & MELLER, B. (2006): Tetraclinis MAST. – der Araarbaum als Modell für die Problematik paläoökologisch-paläoklimatischer Rekonstruktionen.- Documenta naturae, 155, 6: 1 - 33, 8 Abb., 2 Tab., 3 Taf., München
- GREGOR, H.-J., PINGEN, M., BUTZMANN, R., FISCHER, T. C., MAYR, CH. & SCHMITT, H. (1998).- Die neogene Makrofloren-Abfolge im Tagebau Hambach der Rheinbraun AG Köln.- Documenta naturae, 104, Bd.2: 1 - 83, 142 Tab., 8 Taf., München
- GREGOR, H.-J., PINGEN, M., C., MAYR, CH. & SCHMITT, H.. (1999): Die neogene Makrofloren-Abfolge im Tagebau Hambach der Rheinbraun AG Köln – erste Ergänzungen.- Documenta naturae, 104, Bd.3: 1 - 81, 111 Tab., 8 Taf., München
- GREGOR, H.-J. & THEWALT, U. (2001): Fossilisation: Mineralchemische Aspekte und auftretende Minerale.- Documenta naturae, **137**, 2: 1 - 45, 53 Farb-Fig., München
- GREGOR, H.-J., VELITZELOS, E. & HOLLEIS, P. (2005): Bemerkungen zu fossilen Hölzern und zum Begriff „Fossiler Wald“ weltweit und speziell von Griechenland - Diagenese und Umlagerung, xylotomische Probleme, stratigraphische Besonderheiten und ökologisch-klimatologische Interpretationen.- Documenta naturae, 154: 187 S., 11 Abb., 7 Tab., 40 Taf., München
- GREGOR, H.-J. & WINTERSCHIED, H. (2006): Funde des Amberbaumes aus mio-pliozänen Tonen der niederrheinischen Braunkohlen-Tagebaue (RWE Power AG) – Liquidambar europaea A. Braun und Liquidambar lievenii nov. sp.- Documenta naturae, 157, 1 - 35 , 7 Abb., 3 Tab., München
- GÜNTHER, TH. & GREGOR, H.-J. (1989 - 2004): Computeranalyse neogener Frucht- und Samenfloren Europas, Band 1 - 12.- Documenta naturae, **50/1 - 12**, München
- HAGER, H. (1981): Das Tertiär des Rheinischen Braunkohlenreviers, Ergebnisse und Probleme. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 29: 529 - 563, 3 Abb., 5 Tab., Krefeld.
- HARPER, R. M. (1914): The Pocosin of Pike County, Alabama, and its bearing on certain problems of succession. - Bull. Torrey Club, 41, 4: 209 - 220, 4 figs.
- HARPER, R. M. (1939): The Alabama Pocosin. - Am.Bot., 45, 53 - 58
- HARPER, R. M. (1940): Fire and Forests. - Am. Bot., 46: 5 - 7
- HEER, O. (1855): Flora tertiaria Helvetiae - Die Tertiäre Flora der Schweiz I. - 118 S., Taf. 1 - 50, J. Wuster-Comp., Winterthur
- HEER, O. (1856): Flora tertiaria Helvetiae - Die tertiäre Flora der Schweiz II. - 110 S., Taf. 51 - 100, J. Wuster-Comp., Winterthur
- HEER, O. (1859): Flora tertiaria Helvetiae - Die tertiäre Flora der Schweiz III, 378 S., Taf. 101 - 155, J. Wuster-Comp., Winterthur
- JUNG, W., BEUG, H.-J. & DEHM, R. (1972): Das Riß/Würm-Interglazial von Zeifen, Landkreis Laufen a. d. Salzach. - Bayer. Akad. Wiss., mathem.-naturw. Kl., Abh., N.F. 151: 131 S., 7 Taf., 15 Abb., München
- JURASKY, K. A. (1928): Paläobotanische Braunkohlenstudien. II. Die Vorstellung von "Braunkohlenwald" als irrtümliches Schema. - Senckenbergiana Leth. 10, 3/4:111 - 118, Frankfurt a.M.(1928a)

- JURASKY, K. A. (1928): Paläobotanische Braunkohlenstudien. I. Palmen in der "pliozänen" Braunkohle des Rurtalgrabens usw. - *Senckenbergiana Leth.* Bd.10, p.10 (1928b)
- JURASKY, K. A. (1930): Die Palmenreste der niederrheinischen Braunkohle.- *Braunkohle*, 51/52: 1 - 16, 15 Abb.,
- JURASKY, K. A. (1936): Deutschlands Braunkohlen und ihre Entstehung. - *Deutscher Boden*, Bd.II, 163 S., 67 Textabb., Berlin
- KEMPF, E. K. (1971): Elektronenmikroskopie der Sporoderms von Mega- und Mikrosporen der Pteridophyten-Gattung *Salvinia* aus dem Tertiär und Quartär Deutschlands.- *Palaeontographica* Abt. B 136: 47 - 70, Taf. 16 - 28, Stuttgart
- KIRCHHEIMER, F., (1931): Zum Vorkommen von Palmenresten in der Niederrheinischen Braunkohle.- *Centralbl. Min.etc.*, B, 6:305 - 316, 1 Abb.
- KIRCHHEIMER, F., (1935): Weitere Mitteilungen über die Früchte und Samen aus deutschen Braunkohlen. – *Braunkohle*, 34, Heft 19: 289 - 293, 18 Abb. (Abb. 11 = *Ald. vesiculosa* L. foss. aus der Kohle des Unterflözes der Grube Friedrich Ernst bei Senftenberg)
- KIRCHHEIMER, F. (1936): Beiträge zur Kenntnis der Tertiärflora. Früchte und Samen aus dem deutschen Tertiär. – *Palaeontographica* B, Bd. LXXXII: 73 - 141, Taf. VII - XIII, 1 Tab., 25 Abb., 1 Beilage, Stuttgart
- KIRCHHEIMER, F., (1937): Grundzüge einer Pflanzenkunde der deutschen Braunkohlen. - 153 S., 117 Abb., 3 Übers., Halle/Saale
- KIRCHHEIMER, F., (1938): Beiträge zur näheren Kenntnis der Mastixioideen-Flora des deutschen Mittel- bis Oberoligozäns.- *Beih. bot. Centralbl.*, B, LVIII: 304 - 375, Taf. III - VIII, 5 Textabb., Dresden
- KIRCHHEIMER, F., (1941): Über ein Vorkommen der Gattung *Aldrovandia* L. im Alttertiär Thüringens.- *Braunkohle*, **40**, (24): 308 - 311, 1 Abb., Halle/Saale
- KIRCHHEIMER, F., (1957): Die Laubgewächse der Braunkohlenzeit. - 672 S., 55 Taf., VEB W. Knapp Verlag, Halle a.d. Saale
- KÖPPEN, W. (1923): Die Klimate der Erde. – 369 S., 19 Abb., 3 Tab., 8 Taf., Berlin, Leipzig.
- KRAMER, K., (1974): Fossile Pflanzen aus der Braunkohlenzeit. Die obermiozäne Flora des unteren Fischbachtone im Tagebau Frechen bei Köln. - *Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges.*, 67, 199 - 233, 36 Abb., Wendisch-Wilmersdorf
- KRUMBIEGEL, B. & G. (1994): Bernstein – Fossile Harze aus aller Welt.- *Fossilien*, Sonderband 7, Weinstadt
- KVAČEK, Z. & BŮŽEK, C. (1966): Einige interessante Lauraceen und Symplocaceen des nordböhmischen Tertiärs. - *Vestn. geol. Ust.Csl.*, 41 (4), Taf. I - IV, Praha
- KVAČEK, Z. & WILDE, V. (2006): A critical re-evaluation of monocotyledons as described by WEYLAND and co-authors from the Rhenish browncoal (Miocene, Germany).- *Palaeontographica*, 273, B, 4 - 6: 139 - 160, 9 pls., 2 tabs., Stuttgart
- LINNÉ, C. v. (1735 - 1770): *Systema naturae*, 1. - 13. Aufl., (Nummer und Seitenzahl in B. H. SOULSBYS "A catalogue of the works of Linnaeus etc. von 1933")
- LIEVEN, L. (2012) Funde fossiler Palmen im Rheinischen Braunkohlenrevier, unveröff. Facharbeit am Silverberg Gymnasium Bedburg, 19 Seiten, 17 Abb., Bedburg

- LIEVEN, U. (2006): Lackabzüge - geologische Zuordnung, Sedimente, Interpretation.- Documenta naturae SB 43: 45 - 121, 2 Abb., 45 Tafeln, München
- LIEVEN, U., FRERIX, N., GREGOR, H.-J. & ZIMMER, M. (2011): Geologisch-sedimentologische Strukturen im Tagebau Garzweiler (RWE Power AG) – neue Aspekte.- Documenta naturae, **185**: 71 - 109, 2 Abb., 16 Taf., München
- LIEVEN, U & HEUMANN, G.: Herbst im pliozänen Wald. In: Paläontologie, 100 Jahre Paläontologische Gesellschaft. 178 - 179, 1 Abb., München
- LIEVEN, U. & NIEDEREHE, R. (2009): Oberpliozäne Makroflora aus dem Tagebau Garzweiler.- Fossilien: 115 - 121, 12 Abb., 2 Tab., Wiebelsheim
- LIEVEN, U. & HARTKOPF-FRÖDER, Ch. (2012) In: Archäologie im Rheinland 2012, Stuttgart, im Druck
- MAI, D. H. (1985): Entwicklung der Wasser- und Sumpfpflanzen-Gesellschaften Europas von der Kreide bis ins Quartär. – Flora, **176**: 449 - 511
- MAI, D. H. (1995): Tertiäre Vegetationsgeschichte Europas - Methoden und Ergebnisse. - 691 S., 257 Abb., 14 Taf., 23 Tab., G. Fischer Verl., Jena
- MAI, D. H. (1999): Beiträge zur Kenntnis einiger Holzgewächse im europäischen Tertiär. – Feddes Repert., **110**, 1 - 2: 37 - 72, 1 Abb., 8 Taf., Berlin
- MAI, D. H. (2000): Die untermiozänen Floren aus der Spremberger Folge und dem 2. Flözhorizont der Lausitz. Teil III: Diapetalae und Sympetalae. – Palaeontographica B, **253**: 1 - 106, 23 Taf., 1 Tab., Stuttgart
- MENNING, M. & HENDRICH, A. (2002): Stratigraphische Tabelle von Deutschland. Deutsche Stratigraphische Kommission, Potsdam, Frankfurt a. M.
- MENZEL, P. (1913): Beitrag zur Flora der Niederrheinischen Braunkohlenformation. - Jb. K. preuss. geol. Landesanst., N.F. 34, I: 1 - 98, 7 Taf., Berlin
- MOSBRUGGER, V., GEE, C. T., BELZ, G. & ASHRAF, A. R. (1994): Three-dimensional reconstruction of an in situ Miocene peat forest from the Lower Rhine Embayment, NW Germany - new methods in palaeovegetation analysis. - Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., **110**: 295 - 317, Amsterdam
- MOSBRUGGER, V., UTESCHER, T., ASHRAF, A.R., SCHILLING, H.-D. & GEBKA, M. (1993): Rekonstruktion der obermiozänen Klimaverhältnisse (10 - 15 a.v.h.) im Bereich der Niederrheinischen Bucht. - Sonderforschungsbereich 350 "Wechselwirkungen kontinentaler Stoffsysteme und ihre Modellierung" : 15 - 17, Universität Bonn
- PETERS, I. (1963): Die Flora der Oberpfälzer Braunkohle und ihre ökolog. u. stratigr. Bedeutung. - Palaeontographica, B, **112**, 1 - 3: 1 - 50, 15 Taf., 18 Abb., Stuttgart
- RADWASKI, A. (2010): „Phoenix szaferi“ (palm fruitbodies) reinterpreted as traces of wood-boring teredinid bivalves from the Lower Oligocene (Rupelian) of the Tatra Mountains, Poland.- Acta Palaeobot., **49**, 2: 279 - 286, 3 figs., Krakow
- RICHARDSON, C. S. (ed.) (1981): Pocosin wetlands. - 364 S., Hutchinson Ross Publ. Co, Pennsylv.
- RICHARDSON, C. S. (1991): Pocosin Wetlands (Special Issue), **11**: 335 - 488, Precision Press, Wilmington, North Carolina, USA

- RÜFFELE, L. (1976): Myricaceae, Leguminosae, Icacinaceae, Sterculiaceae, Nymphaeaceae, Monocotyledones, Coniferae, i: Eozäne Floren des Geiseltales. - Abh. zentr. geol. Inst., Paläont. Abh., 26: 337 - 438, 11 Abb., 18 Taf., Berlin
- SCHNEIDER, W. (2008): Retinit und Bernstein als Komponenten phytogener Taphocoenosen in Kohlenflözen und kohligen Begleitschichten.- Exkursionsführer u. Veröff. der Dt. Geol. Ges., 236: 77 - 87, Hannover (EDGG)
- SCHNEIDER, W. (2012): Beitrag zur Phytostratigraphie (Cuticulae, Sporomorphae) der Flöze Morken und Frimmersdorf im Tagebau Garzweiler (RWE Power AG).- Documenta naturae, 190: 55 - 81, 2 Abb., 3 Taf., München
- SCHNEIDER, H. & THIELE, S. (1965): Geohydrologie des Erftgebietes.- 185 S., 75 Abb., 3 Tab., 2 Taf., Minist. Ernähr. etc. Land Nordrh.-Westf., Düsseldorf
- STD (2002): siehe MENNING & HENDRICH
- TEICHMÜLLER, M. (1958): Rekonstruktion verschiedener Moortypen des Hauptflözes der niederbayerischen Braunkohle. - Fortschr, geol. Rheinld. u. Westf., 2: 599 - 612, 3 Taf., 5 Abb., Krefeld
- TEICHMÜLLER, M. & THOMSON, P. W. (1958): Vergleichende mikroskopische und chemische Untersuchungen der wichtigsten Fazies-Typen im Hauptflöz der niederrheinischen Braunkohle. - Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 1 u. 2, 573 - 598, 4 Taf., 3 Abb., 5 Tab., Krefeld
- THIERGART, F. (1949): Die *Sciadopitys*-Zone und der *Sciadopitys*-Vorstoß in der Niederrheinischen Braunkohle. Braunkohle: Braunkohle Wärme u. Energie, Nr. 9, S. 153 – 159
- VÁVRA, N. (1982): Bernstein und andere fossile Harze.- Z. Dt. Gemmolog. Ges., 4, Idar-Oberstein
- VÁVRA, N. (2012): Nachweis von Coniferen-Harz (Pinaceae, *Pinus* vel *Picea*) im Flöz Morken (mittleres Miozän) des Tagebaues Garzweiler (RWE Power AG).- Documenta naturae: 190: 47 - 54, 4 Abb., 3 Tab., München
- WEAKLEY, A. S. & SCHAFALE, M. P. (1991): Classification of Pocosins of the Carolina Coastal Plain.-Wetlands,11, Special Issue: 355 - 375, 3 tabs., Precision Press, Wilmington, North Carolina, USA
- WEYLAND, H. & KILPPER, K. (1964): Stammbildende Monokotylen der Niederrheinischen Braunkohle. - Palaeontographica Abt. B, 115: 1 - 20, Stuttgart
- WEYLAND, H. & KILPPER, K. & BERENDT, W (1966): Die Stacheln tragende Palme der Niederrheinischen Braunkohle. Palaeontographica, B., 118: 74 - 92, Stuttgart
- WOPFNER, H., LIEVEN, U. & NIEDEREHE, R. (2011): Kegelförmige Einkieselungen im Liegendsand von Flöz Morken I (unt./mittl. Miozän) im Braunkohlen-Tagebau Garzweiler (niederrheinisches Tertiär) der RWE Power AG.- Documenta naturae, 185: 1 - 47, 7 Abb., 12 Taf., 1 Tab., München

Tafeln

Das abgebildete Material befindet sich in unterschiedlichen Sammlungen, die im Einzelnen angegeben sind.

Fotos

- Größenangaben beziehen sich auf die größte Abmessung des jeweiligen Fossils.
- Mikroskopaufnahmen sind gekennzeichnet.
- Geländefotos und Studioaufnahmen wurden von den Autoren U. LIEVEN und GREGOR angefertigt:
 - Canon Power Shot S95 (U. LIEVEN).
 - Nikon D 40 (GREGOR).
 - Reflecta Digi Microscope USB (U. LIEVEN).
- REM-Aufnahmen von Prof. em. Dr. U. THEWALT (Univ. Ulm).

Tafel 1

Fig. 1: Retinit (trüb),

Flöz Frimmersdorf (Hor. 6 C), 2006

Coll. LIEVEN, Nr. 2987

Fig. 2: Retinit (klar), (Mikroskopaufnahme),

Flöz Morken (Hor. 6 A), 2010

Coll. LIEVEN, Nr. 2988

Fig. 3: *Pinuxylon parryoides* (links), Cupressacee (rechts),

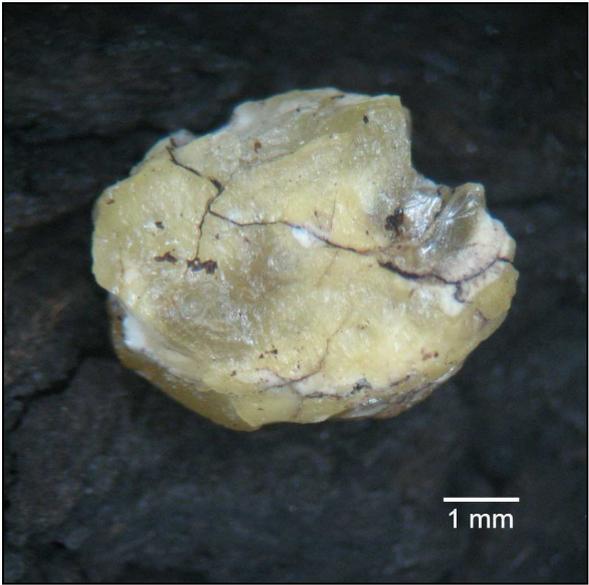
Flöz Garzweiler (Hor. 6 E), 2011

(Feldbuch GREGOR E 1070/11G5 – links, E 1070/11G1 – rechts)

Fig. 4: Detail von Fig. 3, *Pinuxylon parryoides*,

destruierte Oberkante als Hinweis auf Faulprozesse bei hohem Wasserstand

Tafel 1



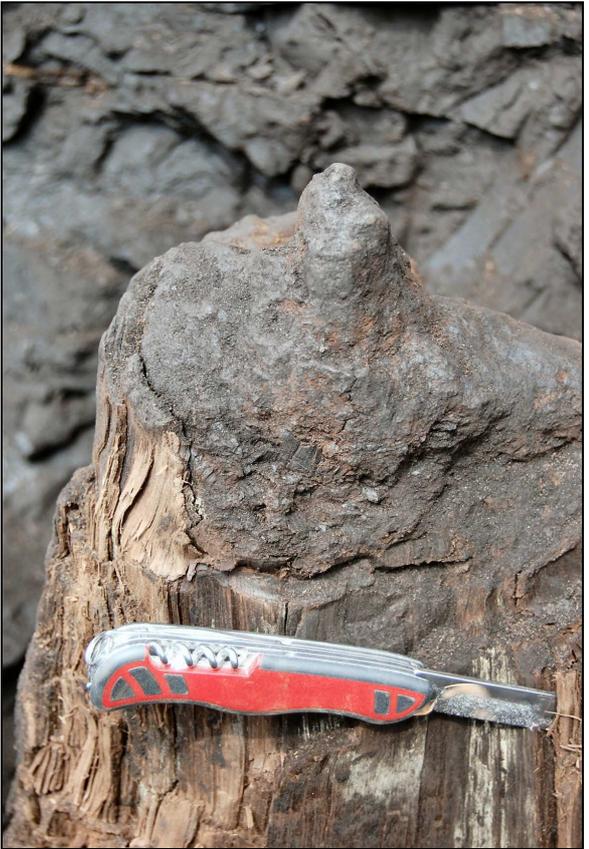
1



2



3



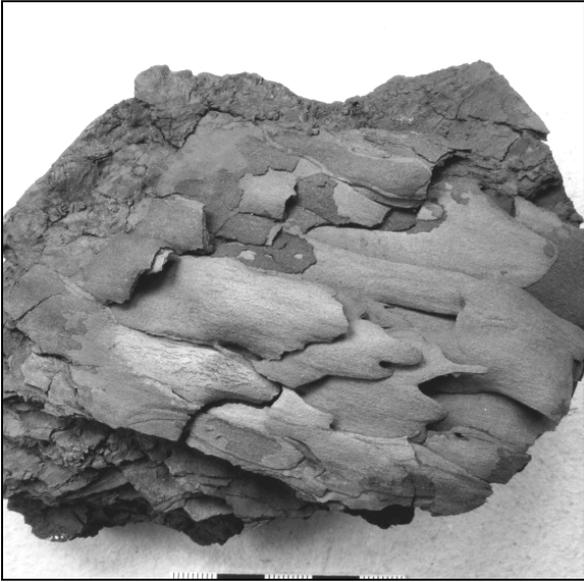
4

Tafel 2

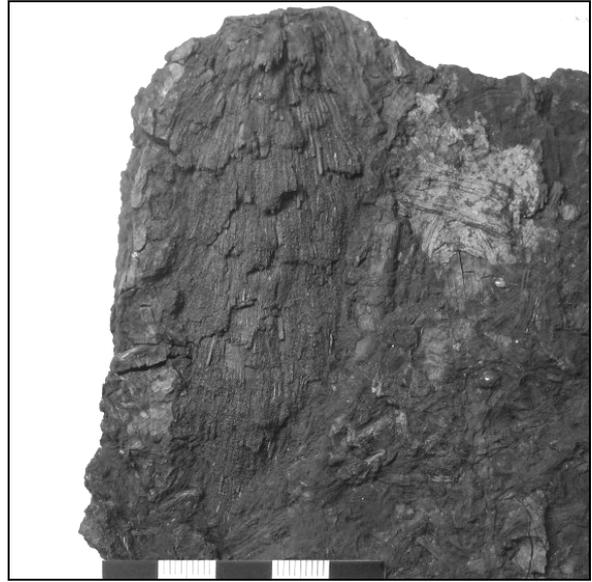
Fig. 1: *Pinus* sp. - Borke,
Flöz Frimmersdorf (Hor. 6 C), 2006
Coll. LIEVEN, Nr. 3011

Fig. 2: *Pinus* sp. - Zapfen,
Flöz Frimmersdorf (Hor. 6 C), 2006
Coll. LIEVEN, Nr. 3029

Fig. 3: *Taxodioxyton germanicum*,
Stamm (9,50 m) in Fundlage, ca. 2 m unterhalb von Flöz Frimmersdorf,
Frimmersdorfer Sand (Hor. 6 B), 2011
Coll. TGB. GARZWEILER



1



2



3

Tafel 3

Fig. 1: *Eomastixia* sp.

Flöz Frimmersdorf (Hor. 6 A), 2007
Coll. PINGEN, Pr. GARZ 377

Fig. 2: Mineralisiertes Holz - Deformation der Wachstumsringe

Flöz Garzweiler (Hor. 6 E), 2010
Coll. LIEVEN, Nr. 2738

Fig. 3: *Glyptostrobus europaeus* - Erhaltung der Harzkanäle, Flöz Morken (Hor. 6 A), 2008

Coll. LIEVEN, Nr. 2997 (Leg. U. GREGOR 2008, Feldbuch H.-J. GREGOR E 1010/33)

Fig. 4: *Sciadopitys tertiaria* - Ansammlung von Nadeln - sog „Graskohle“,

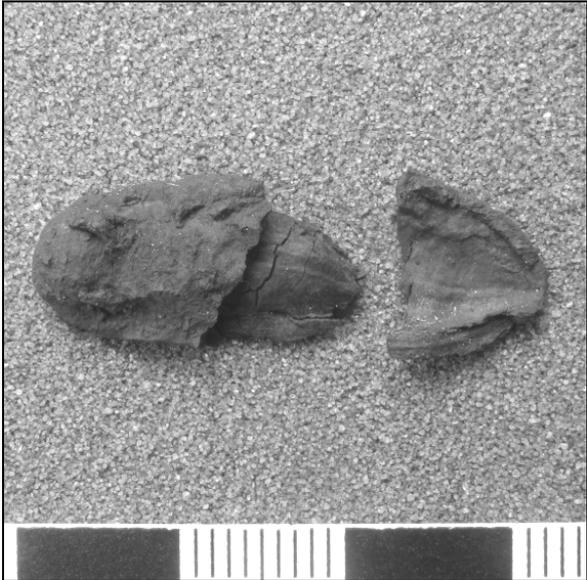
Flöz Frimmersdorf (Hor. 6 C), 2006
Coll. LIEVEN, Nr. 3044

Fig. 5: *Aldrovandia praevesiculosa*, (REM-Aufnahme),

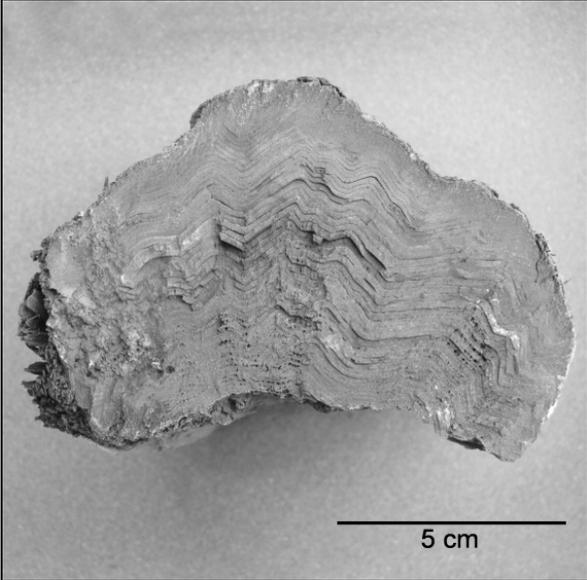
vollständiger Same, Flöz Morken (Hor. 6 A),
Coll. PINGEN, Pr. GARZ 378

Fig. 6: wie bei Fig. 5: *Aldrovandia praevesiculosa*, aufgebrochene Samen, (REM-Aufnahme),

Flöz Morken (Hor. 6 A), 2007,
Coll. PINGEN, Pr. GARZ 378



1



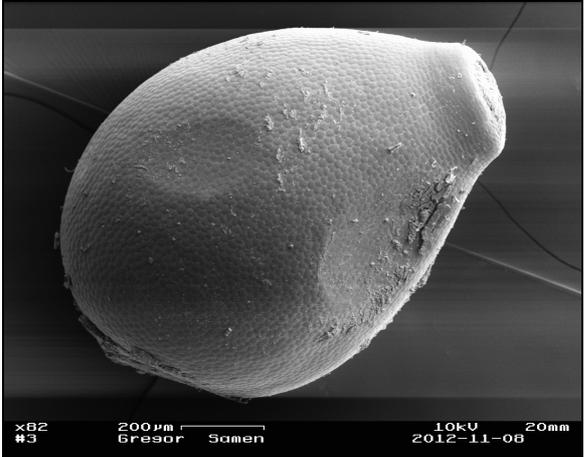
2



3



4



5



6

Tafel 4

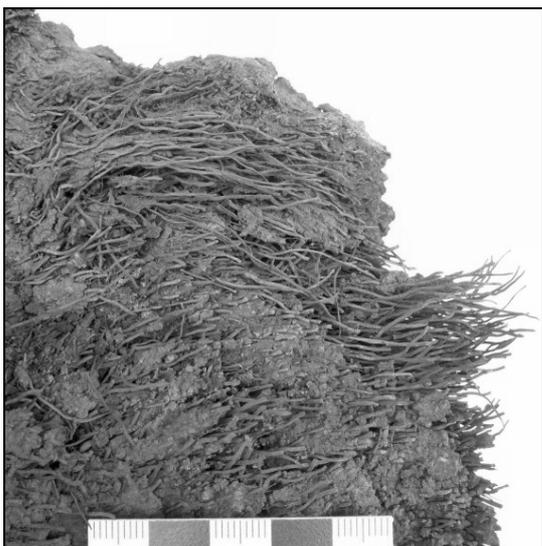
Fig. 1: *Palmoxylon bacillare*, Leitbündelfasern,
Flöz Garzweiler (Hor. 6 E), 2011
Coll. LIEVEN, Nr. 2623

Fig. 2: *Palmophyllum* sp. (cf. *Sabal maior* HEER) Blattspreitengrund,
Flöz Frimmersdorf, (Hor. 6 C), 2008
Coll. LIEVEN, Nr. 2209

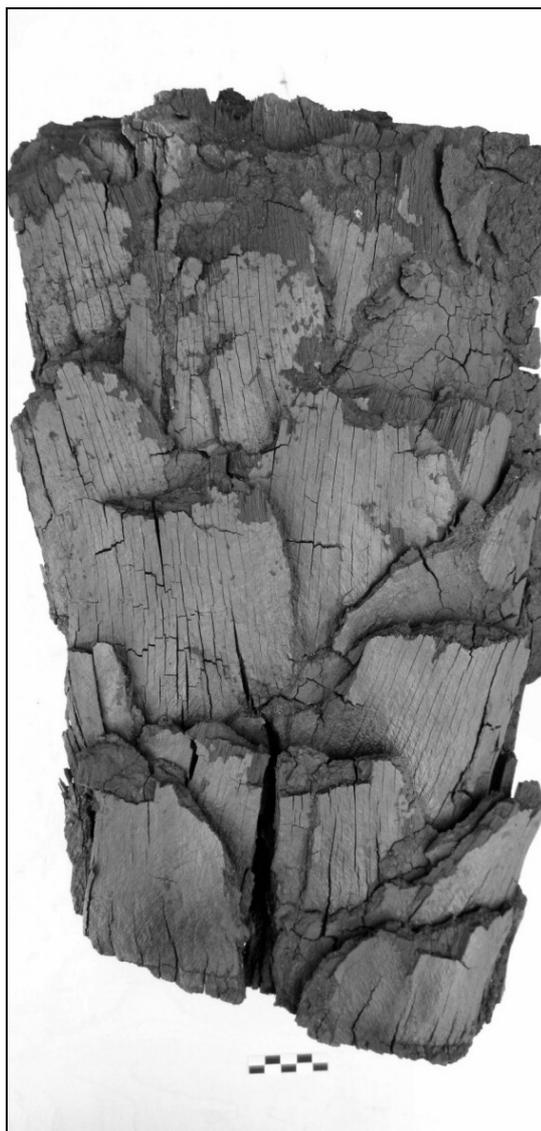
Fig. 3: *Palmoxylon bacillare*, basale Blattscheiden,
Flöz Frimmersdorf (Hor. 6 C), 2008
Coll. LIEVEN, Nr. 2620

Fig. 4: *Palmoxylon bacillare*, Adventiv-Wurzelansätze (auch *Rhizopalmoxylon* genannt),
Flöz Garzweiler (Hor. 6 E), 2011
Coll. LIEVEN, Nr. 2938

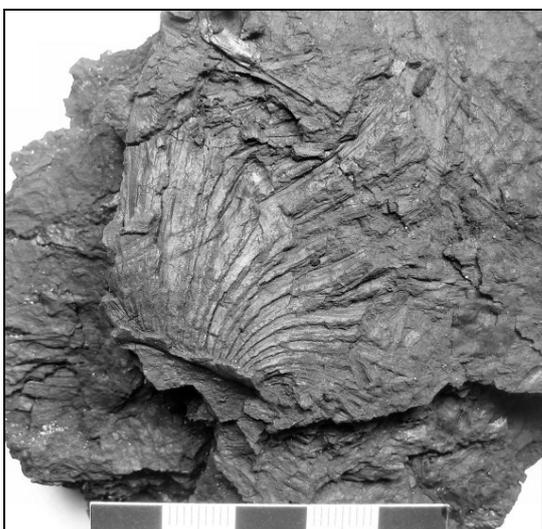
Fig. 5: *Palmoxylon bacillare*, Wurzelreste (*Rhizopalmoxylon*),
Flöz Morken (Hor. 6 A), 2011
Coll. LIEVEN, Nr. 2940



1



3



2



4



5

Tafel 5

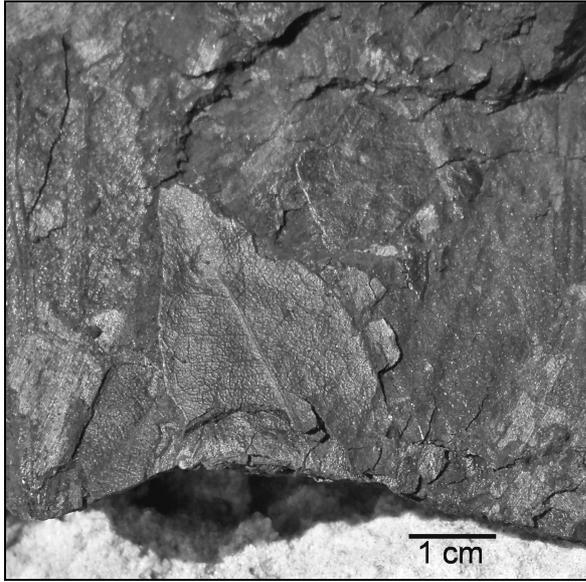
Fig. 1: *Laurophyllum* sp.,
Flöz Frimmersdorf (Hor. 6 C), 2012
Coll. STOIA

Fig. 2: *Laurophyllum* sp.,
Flöz Frimmersdorf (Hor. 6 C), 2012
Coll. LIEVEN, Nr. 2965

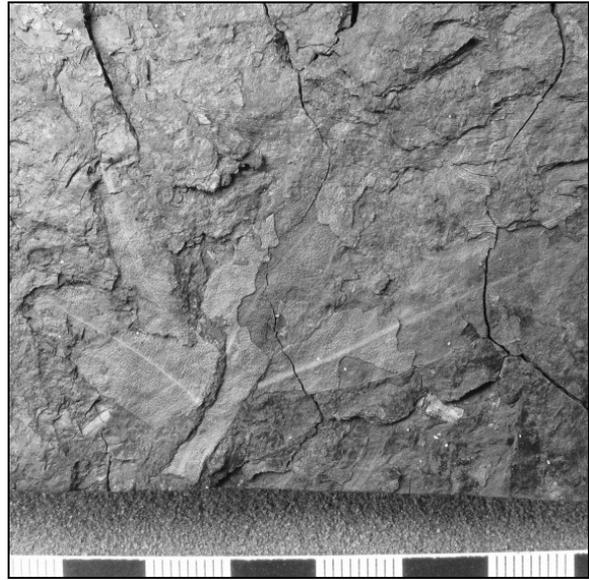
Fig. 3: Bohrgang von Insekten,
Flöz Morken (Hor. 6 A), 2010
Coll. GEOL. DIENST NRW

Fig. 4: Ausschnitt von Fig. 3 mit gut erkennbarem Holzmulm (Protodetritus)

Fig. 5: Bohrgang von Insekten, bzw. deren Larven,
Flöz Morken (Hor. 6 A), 2010
Coll. GEOL. DIENST NRW



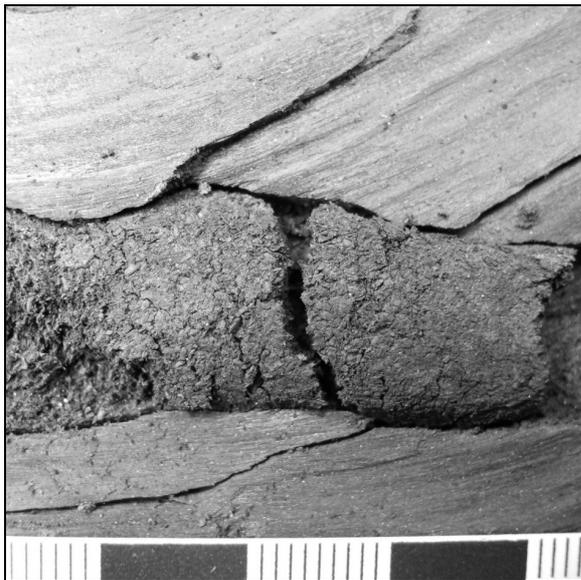
1



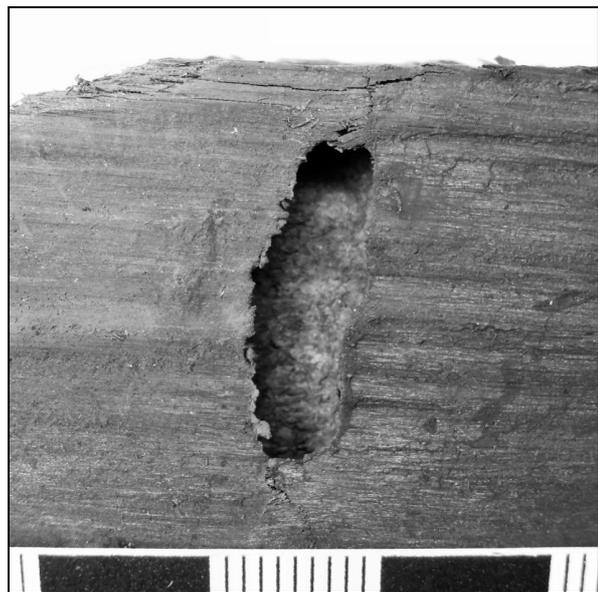
2



3



4



5

Tafel 6

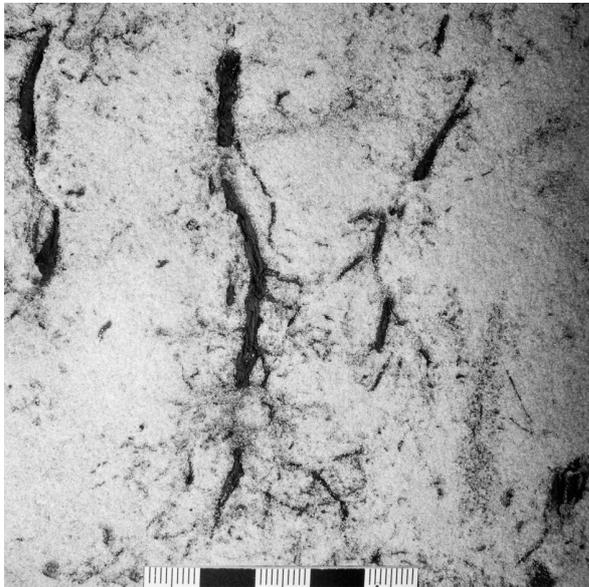
Fig. 1: Wurzelhorizont,
am oberen Bildrand ist Flöz Frimmersdorf zu erkennen; darunter die beschriebene
grau/schwarze Sandlage mit Intrusionen des weißen Quarzsandes.
Frimmersdorfer Sand (Hor. 6 B), 2012

Fig. 2: Lackabzug des Wurzelhorizontes - Ausschnitt
Flöz Frimmersdorf (Hor. 6 C), 2012
Coll. TGB. GARZWEILER

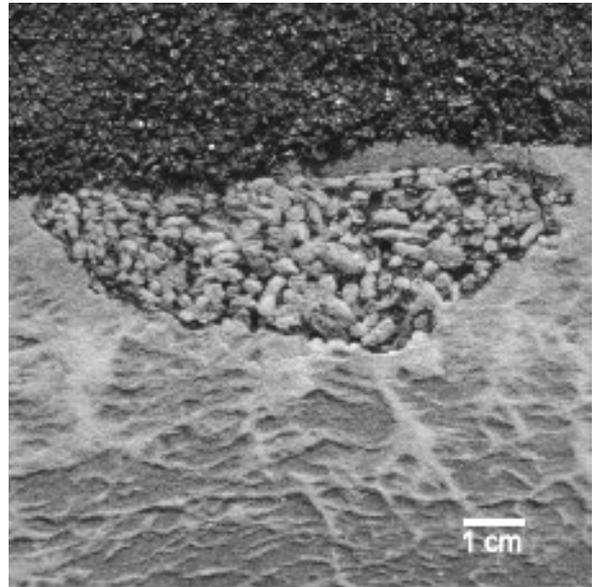
Fig. 3: Lackabzug eines Kohlegerölls mit *Teredo*-Spuren
Flöz Frimmersdorf (Hor. 6 C), 2006
Coll. RICHTER



1



2



3

Nachweis von Coniferen-Harz
(Pinaceae, *Pinus* vel *Picea*)
im Flöz Morken (mittl. Miozän)
des Tagebaues Garzweiler
(RWE Power AG)

N. VÁVRA

Zusammenfassung

Retinite aus dem Tagebau Garzweiler der RWE Power AG wurden auf ihren Gehalt an Fenchylalkohol, Kampfer, Borneol und Bernsteinsäure usw. untersucht. Die Auswertung ergab die wahrscheinliche Zugehörigkeit des Harzes zu den Pinaceen, höchstwahrscheinlich zu Vertretern der Gattungen *Pinus* oder *Picea*.

Summary

The open pit Garzweiler from the RWE Power AG yielded fossil retinite, amber. Different chemical analyses reduced the systematic position of the amber to the family Pinaceae, possible to species of the genera *Pinus* or *Picea*.

Schlüsselwörter: Niederrhein, Braunkohle, Flöze, Retinit, Pinaceae, Miozän

Key words: Lower Rhenish area, browncoal, seams, retinite, Pinaceae, miocene

Anschrift des Autors:

Dr. Norbert Vávra, Subeinheit Paläontologie, Geozentrum, Althanstrasse 14,
A-1090 Wien; e-mail: norbert.vavra@univie.ac.at

Inhalt	Seite
1 Einleitung	50
2 Fossile Harzreste	50
2.1 Methoden der Bearbeitung	50
2.2 Ergebnisse der Auswertungen	51
2.2.1 Infrarotspektrum	51
2.2.2 Gaschromatographie/Massenspektrometrie	52
2.2.3 Diskussion	53
3 Zusammenfassung	56
Literatur	56

1 Einleitung

Bei einer Befahrung der untersten Kohle im Tagebau Garzweiler (2008) konnten einige wenige Harzstückchen gefunden werden, die auf ihre botanische Zugehörigkeit hin untersucht wurden. Zusammen mit diesen Resten konnten auch weitere Harzkanäle, wahrscheinlich von *Glyptostrobus*, in derselben Schicht gefunden werden, die aber offensichtlich nicht im Zusammenhang mit dem erstgenannten Harz stehen (vgl. Taf. 1, Fig. 1, 2 bei LIEVEN et al. 2012, in diesem Band).

Die Begriffe Retinit und Resinit (ohne Bernsteinsäure) stehen im Gegensatz zum Succinit (mit Bernsteinsäure) und werden im ersteren Falle makropetrographisch, im zweiten als Resinit mikropetrografisch verwendet (vgl. SCHNEIDER 2008, VÁVRA 1982, KRUMBIEGEL 1994).

2 Fossile Harzreste

Bezeichnung der Probe: Bernstein (Retinit), Tagebau Garzweiler, Flöz Morken, mittl. Miozän (Leg. GREGOR E 1010-33).

2.1 Methoden der Bearbeitung

(1) Infrarotspektrum:

KBr-Preßling, Aufnahme: Prof. BERAN u. Mag. D. TALLA (Institut f. Mineralogie und Kristallographie der Univ. Wien)

(2) Gaschromatographie/Massenspektrometrie:

Von ca. 8 mg der Probe wurde durch Erhitzen am Rückfluss in Methanol ein Extrakt erhalten, der ohne weitere Vortrennung oder Reinigung direkt analysiert wurde.

Experimentelles:

Gerätekonfiguration: HEWLETT-PACKARD, GC 5890, Serie II; automat. Probengeber: 7673; MSD (= massenselektiver Detektor): 5971 A.

Säule: HP-1 (Methylsilikone Gummi, „quervernetzt“), 25m x 0,2 mm x 0,33 µm.

Einspritzblock: 250 ° C, Ofen: Anfangstemperatur: 60 ° C Anfangszeit: 2 Minuten, Temp. Anstieg: 6°C/Min, Endtemp.: 250° C. Trägergas: Helium (30 psi).

Massenspektrometer: Transfer Line: 280° C, Massenbereich: 35-520 Daltons, Sampling: 2, Threshold: 400.

2.2 Ergebnisse der Auswertungen

2.2.1 Infrarotspektrum

Absorption (Wellenzahl in cm^{-1})	Zuordnung	Bemerkung
3080	Exozyklische Doppelbindung; „out-of-plane-bending“ (dazu: auch 1643 und 887 cm^{-1}); eine C-H-Valenzschwingung	
2966	C-H-Streckschwingung (Methyl- und Methylengruppen)	in allen fossilen Harzen
2928	C-H-Streckschwingung (Methyl- und Methylengruppen)	
2879	C-H-Valenzschwingung	
2849		Diese drei Absorption sind wahrscheinlich bestimmten sauerstoffhaltigen funktionellen Gruppen zuzuordnen: -CHO, -OCH ₃ , -O-CH ₂ -O-
2736		
2660		
2428	(CO ₂ -Signal, Luft!)	
1723	C=O	In allen fossilen Harzen; genaue Lage und Intensität variiert in typischer Weise; bemerkenswert, dass hier zwei unterschiedliche C=O-Gruppen vorliegen!
1698	C=O	
1643	Exozyklische Doppelbindung; „out-of-plane-bending“ (dazu: auch 3080 und 887 cm^{-1})	
1462	viell. C-H-Beugeschwingung	in allen fossilen Harzen
1446	vmtl. C-H-Deformationsschwingung	
1383	Symmetrische Deformationsschwingung der Methyl-Gruppe	in allen fossilen Harzen
1274		
1244		
1185		
1148		
1122		
971		
887	Exozyklische Doppelbindung; „out-of-plane-bending“ (dazu: auch 3080 und 1643 cm^{-1}); R ₂ C=CH ₂	
832		
715	vmtl. „Rocking-Schwingung“ der Methylengruppe	
665		
622		

Tab. 1: Auswertung des Infrarotspektrums (Identifizierung und Interpretation nach gängiger Literatur, z.B. LANGENHEIM & BECK 1965, WILLIAMS & FLEMING 1985, etc.)

Aussagewert des Infrarot-Spektrums

Das vorliegende Spektrum wird vor allem durch drei Merkmale charakterisiert:

1. Die zwei unterschiedlichen (überlagerten) Absorptionen im Bereich der C=O-Gruppe.
2. Die drei Absorptionen bei 3080, 1643 und 887 cm^{-1} : sie zeigen das Vorliegen einer „exozyklischen Doppelbindung“ ($\text{R}_2\text{C}=\text{CH}_2$) an, wie sie für manche Harze geradezu charakteristisch ist – unter anderem auch für den „klassischen“ Succinit. Diese drei Absorptionen sind meist sehr schwach, wie auch im vorliegenden Fall.
3. Mehrere deutliche - wenn auch eher schwache – Absorptionen im „Fingerprint-Bereich“ des Spektrums – sie können zwar im Einzelnen nicht zugeordnet werden, können sich allerdings beim Vergleich mit anderen fossilen Harzen als sehr nützlich erweisen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, das es sich um ein sehr charakteristisches Spektrum handelt, das aber – trotz Vorliegen der bereits besprochenen „exozyklischen Doppelbindung“ – deutliche Unterschiede zum Spektrum des „klassischen“ Succinits aufweist; vor allem fehlt die sog. „baltische Schulter“, ein Umstand, der für sich genommen bereits ausreicht, das vorliegende Material auf keinen Fall dem Succinit zuzuordnen.

2.2.2 Gaschromatographie/Massenspektrometrie

Mehr als 17 Peaks konnten im Gaschromatogramm unterschieden werden und lieferten meist auch brauchbare Massenspektren. Neun von ihnen konnten aufgrund ihrer Massenspektren durch Vergleich mit verfügbaren Datenbanken bzw. einer Spektrensammlung (PHILP, 1985) identifiziert werden.

RT	M ⁺	Identifiziert als:	Flächen %
11,05	134	Isopropyltoluol	2
11,29	154	(MS unbrauchbar)	Spur
13,54		Fenchylalkohol	2
14,05	152	Kampfer	Spur
14,78- 14,79		Borneol	4
29,29		?	2
31,81	?	?	3
32,23	262	Norpimaran (Abb. 3)	11
32,70	262	Norabietan (Abb. 4)	27
32,90	256	vmtl.: 19-Norabieta-8,11,13-trien	9
34,18	238	vielleicht: 1,2,3,4-Tetrahydroreten	4
37,48	256	? (aus rezentem Kauri-Harz bekannt)	4
39,13	?	? (ähnliches Material in rez. Fichtenharz)	3
39,35- 39,36	256	aus rezentem Fichtenharz bekannt	16
40,21- 40,22	372	Dehydroabietinsäure	3
40,61	?	?	3
41,28	256	?	6

Abkürzungen: RT....Retentionszeit in Minuten, M⁺Masse des Molekülsions.

Tab. 2: Ergebnisse der GLC/MS-Analyse

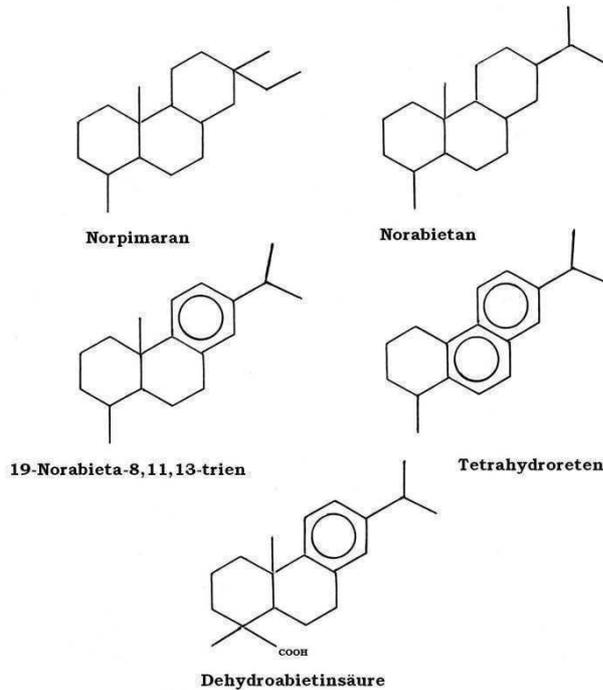


Abb. 1: Formeln identifizierter Inhaltsstoffe.

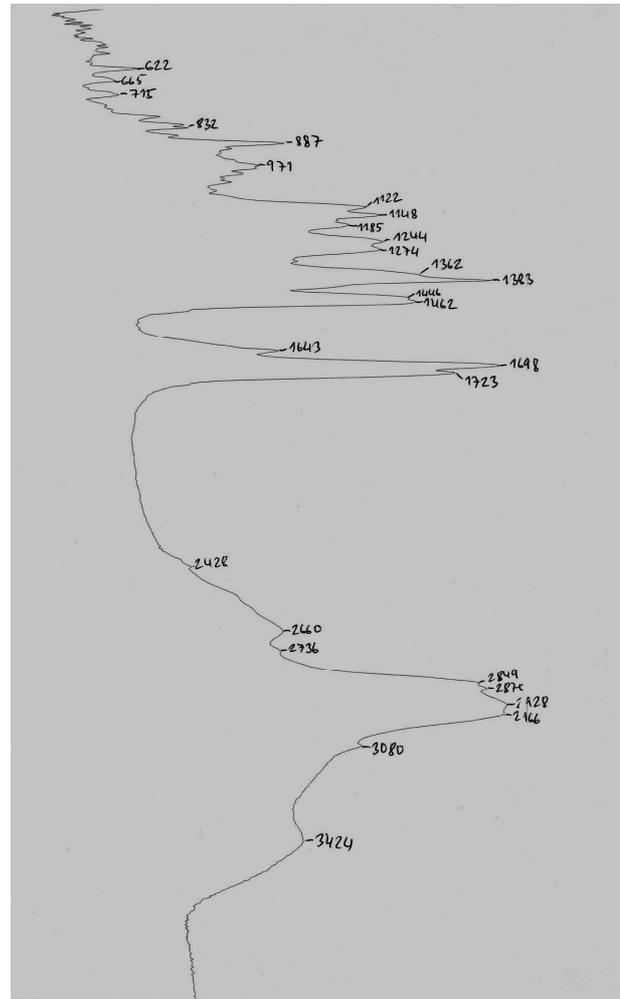


Abb. 2: IR-Spektrum (Wellenzahl der einzelnen Absorptionsmaxima in cm^{-1})

2.2.3 Diskussion

Aufgrund der relativ geringen verfügbaren Probenmenge (8 mg Gesamtmenge, s. o.) sind die erzielten Ergebnisse zwar relativ bescheiden, ermöglichen aber trotzdem einige Aussagen. Zunächst fallen – bei einem Vergleich mit anderen fossilen Harzen – vor allem einige „prominent absences“ auf; es kann festgestellt werden:

- Bernsteinsäure fehlt
- Pentazyklische Triterpene, wie sie für Angiospermenharze typisch sind, fehlen gleichfalls.
- Bei den Diterpenen konnten keine Verbindungen mit dem Typus einer Labdan-Struktur nachgewiesen werden; derlei Substanzen mit einem offenen C-Ring wären z.B. für Araukarienharze und den „klassischen“ Succinit typisch. Dagegen betrug die Gesamtmenge identifizierter Verbindungen, bei denen alle drei Ringsysteme geschlossen sind (Abietan- Typus, Pimarane) im untersuchten Extrakt etwa 54 (Flächen-) %. Dazu kämen noch weiter 19 % von zwei Substanzen, die aufgrund der Massenspektren zwar nicht identifiziert werden konnten, aber sich in Vergleichsaufnahmen von rezemem Fichtenharz fanden. Nur eine unidentifizierte Substanz (4 %) brachte einen Hinweis auf rezemem Kauriharz, also in Richtung Araukarien.

File: D:\CHEMPC\DATA\GRE521.D
Operator: Vavra
Date Acquired:
Method File Name: HARZEME.M
Sample Name:
Misc Info: Lfd.Nr.521; in MeOH refluxt
Probe Dr.Gregor, Harz
Bottle Number: 1

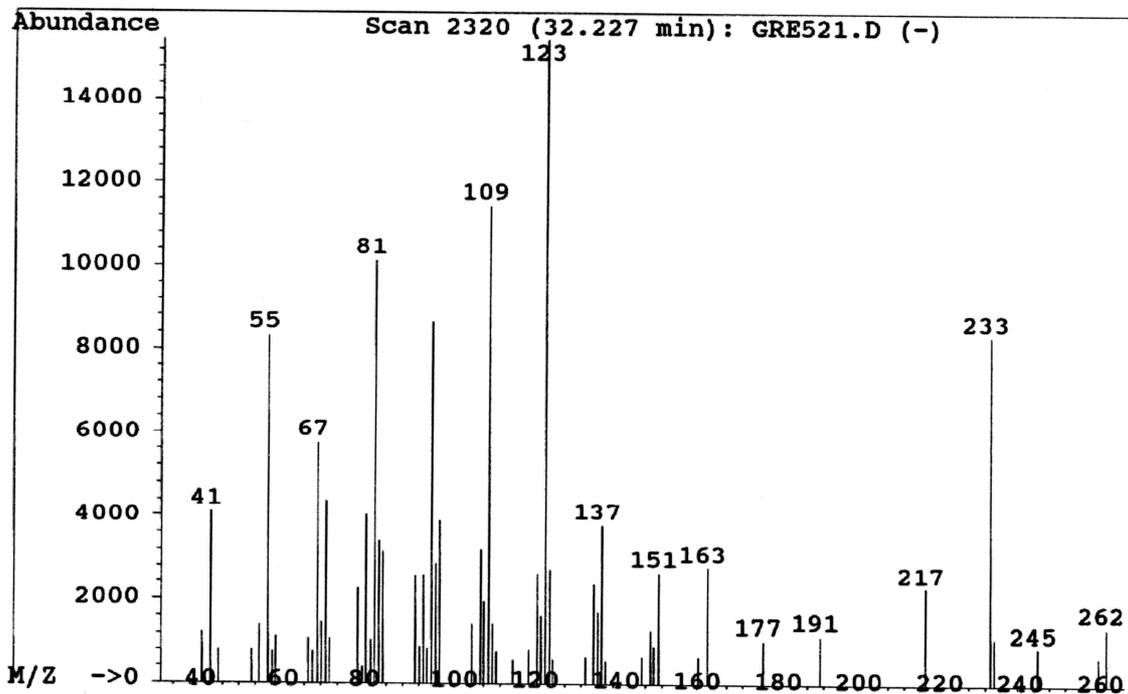
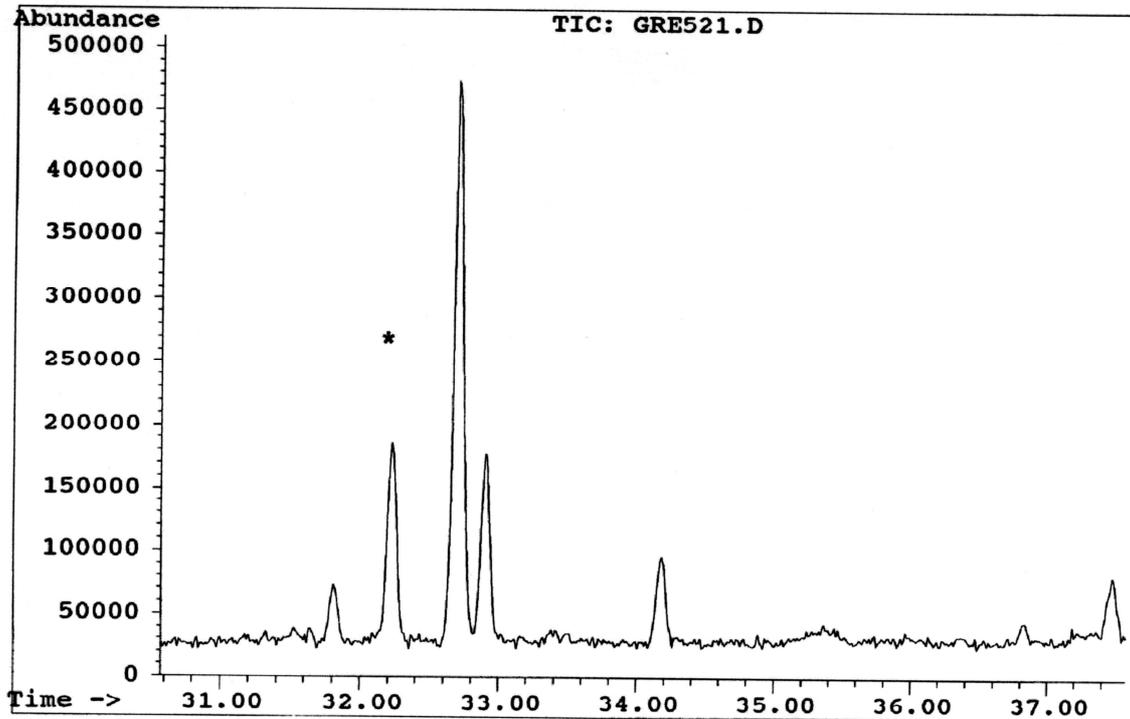


Abb. 3: Nachweis von Norpimarane (Ausschnitt des Gesamtionenchromatogramms sowie Massenspektrum).

File: D:\CHEMPC\DATA\GRE521.D
Operator: Vavra
Date Acquired:
Method File Name: HARZEME.M
Sample Name: Lfd.Nr.521; in MeOH refluxt
Misc Info: Probe Dr.Gregor, Harz
Bottle Number: 1

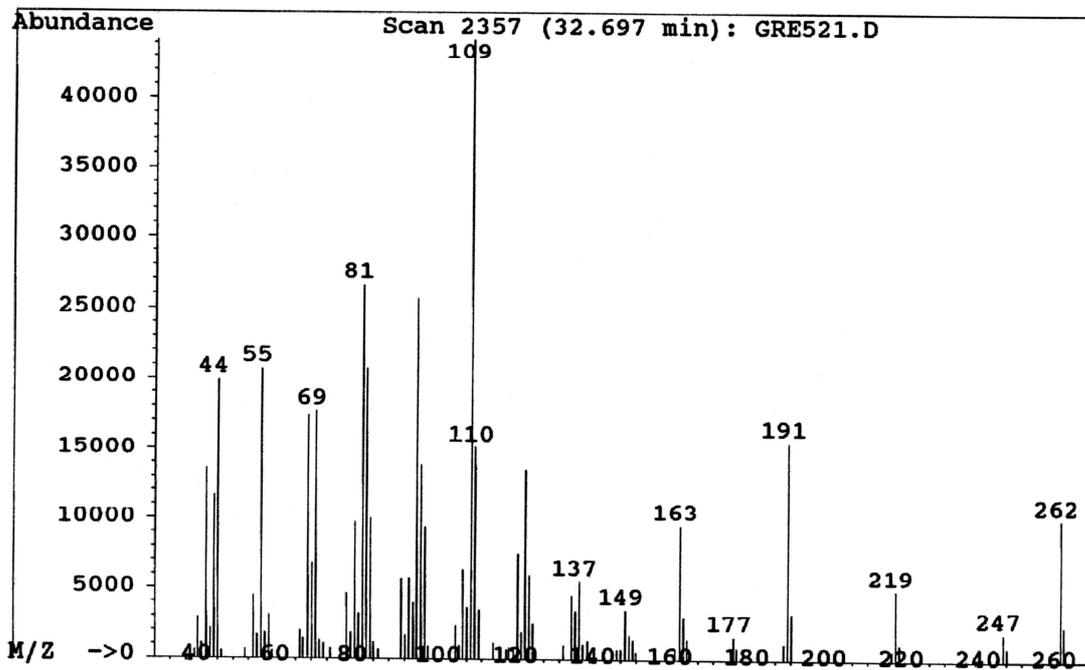
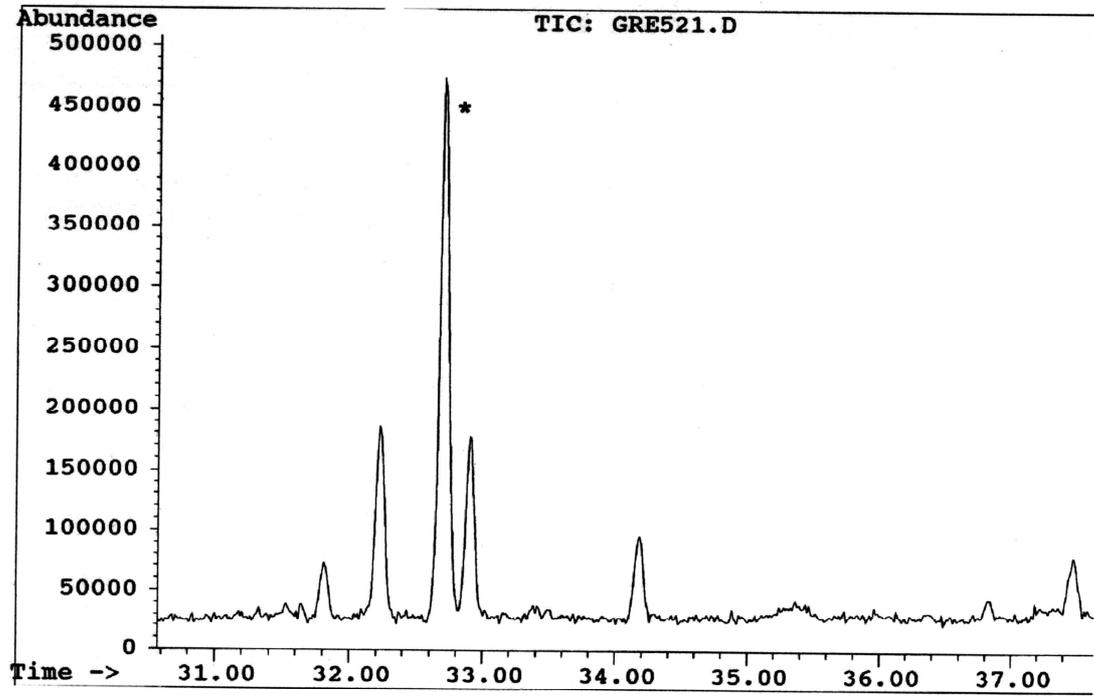


Abb. 4: Nachweis von Norabietan (Ausschnitt des Gesamtionenchromatogramms sowie Massenspektrum).

3 Zusammenfassung

Anhand der vorstehenden Ausführungen wird festgestellt, dass zwar der Nachweis von Fenchylalkohol, Kampfer und Borneol einen Hinweis in Richtung Succinit erbrachte, das vollständige Fehlen von Bernsteinsäure aber auch mit Hilfe dieser Vergleiche einen klaren Unterschied zu diesem fossilen Harz ergab. Diterpene aus den Klassen der Abietane, Isopimarane und Pimarane gelten als typische Bestandteile von Coniferen-Harzen, speziell für solche der Pinaceae (YAMAMOTO et. al., 2006 sowie die dort zitierte Literatur). Bei den beiden Genera *Abies* und *Cedrus* fehlen die Pimarane – diese beiden Gattungen wären also für das vorliegende Material auszuschließen. Will man es wirklich riskieren, aufgrund der vorliegenden Resultate einen „educated guess“ in Richtung Erzeugerpflanze beizusteuern, so kämen vielleicht am ehesten die beiden Genera *Picea* und *Pinus* in die engere Wahl (vgl. die Argumentationen zu dieser Problematik bei YAMAMOTO et. al., 2006 und in der dort zitierten Literatur). Mit Sicherheit liegt ein Coniferen-Harz vor, „Succinit“ ist jedoch auszuschließen. Pinaceae, speziell die beiden Gattungen *Pinus* bzw. *Picea* werden als „Hauptverdächtige“ vorgeschlagen.

Literatur

- KRUMBIEGEL, B. & G. (1994): Bernstein – Fossile Harze aus aller Welt.- Fossilien, Sonderband 7, Weinstadt
- LANGENHEIM, J.H. & BECK, C. W. (1965): Infrared spectra as a means of determining botanical source of amber. – *Science*, 149: 52 - 55.
- LIEVEN, U., GREGOR, H.-J. , PINGEN, M. & LIEVEN, L. (2012): Neufunde fossiler Pflanzen aus der Hauptflözgruppe der Niederrheinischen Braunkohle (mittl. Miozän) im Tagebau Garzweiler (RWE Power AG).- *Documenta naturae*, 190: 1 - 47, 4 Abb., 7 Tab., 6 Taf., München
- PHILP, R. P. (1985): Fossil Fuel Biomarkers. Application and Spectra. – 294 S., In: *Methods in Geochemistry and Geophysics*, 23, Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo.
- SCHNEIDER, W. (2008): Retinit und Bernstein als Komponenten phytogener Taphocoenosen in Kohlenflözen und kohligen Begleitschichten.- *EDGG*, 236: 77 - 87, Hannover.
- VÁVRA, N. (1982): Bernstein und andere fossile Harze.- *Z. Dt. Gemmolog. Ges.*, 4, Idar-Oberstein
- WILLIAMS, D. H. & FLEMING, I. (1985): *Strukturaufklärung in der organischen Chemie*, 5. Aufl. – 264 S., Thieme, Stuttgart, New York.
- YAMAMOTO, S., OTTO, A., KRUMBIEGEL, G., & SIMONEIT, B. R. T. (2006): The natural product biomarkers in succinite, glessite and stantienite ambers from Bitterfeld, Germany. – *Review of Palaeobotany and Palynology*, 140: 27 – 49.

Beitrag zur Phytostratigraphie
(Cuticulae, Sporomorphae)
der Flöze Morken und Frimmersdorf
im Tagebau Garzweiler
(RWE Power AG)

W. SCHNEIDER

Zusammenfassung

An Profilen der miozänen Flöze „Morken“ und „Frimmersdorf“ im Tagebau Garzweiler (Niederrheinisches Becken) wurden auf der Grundlage kutikularanalytischer Untersuchungen Sukzessionen von Angiospermen (*Magnolia*, Lauraceae) - , Ried -, *Pinus* - und finalem *Sciadopitys*-Moor festgestellt. Ausgewählte Beispiele fokussieren auf Schlüsselproblemen der Moorentwicklung: *Sequoia*-Lorbeer-Wald im Küstenmoor, oligotrophes Schwingmoor, *Cupressospermum* - Sumpfwald versus *Sciadopitys* - Waldhochmoor.

Summary

On sections of Miocene lignite seams „Morken“ and „Frimmersdorf“ in the mine Garzweiler (Lower Rhine Embayment) successions of plant communities dominated by Angiosperm (*Magnolia*, Lauraceae), reed, *Pinus* and *Sciadopitys* are proved based on results of cuticular analysis. Selected examples suggest some key problems of mire evolution: *Sequoia* – Lauraceae – forest in a coastal swamp, oligotrophic swing moor, *Cupressospermum* swamp versus *Sciadopitys*.

Schlüsselwörter: Kutikularanalyse, Sukzession, Miozän, Koniferen, Kohlenbildung.

Key words: Cuticular analysis, succession, Miocene, Conifers, coal formation.

Anschrift des Autors:

Dr. Wilfrid Schneider, Alte Berliner Str. 13 d, 02977 Hoyerswerda
e-mail. drwi.schneider@arcor.de

Der Autor ist Mitglied der Paläobotanisch-Biostratigraphischen Arbeitsgruppe (PBA) im Museum Günzburg und Naturmuseum Augsburg

Inhalt	Seite
1. Einleitung	58
2. Beschreibung von Arten (Morphotaxa) für Blattfossilien u. Sporomorphen	58
2.1 Cupressaceae	59
2.2 Geinitziaceae	59
2.3 Pinaceae	61
2.4 Sciadopityaceae	62
2.5 Poaceae	63
2.6 Monocotyledonae incertae sedis	64
2.7 Magnoliaceae	66
2.8 Lauraceae	68
2.9 Dicotyledonae incertae sedis	69
3. Schlussgedanken, offene Fragen	69
Literatur	70
Abbildungen	73
Tafeln	76

1. Einleitung

Die vorliegenden paläobotanischen Befunde basieren auf Proben einer im Jahre 1990 durchgeführten Flözkartierung im Tagebau Garzweiler, initiiert und realisiert durch G. GROSS (ehem. Rheinische Braunkohlenwerke AG) und R. BÖNISCH (VEB Braunkohlenbohrungen und Schachtbau Welzow/Lausitz). Die Proben wurden durch den Autor mikropetrographisch (SCHNEIDER 1995, Fig. 3) und kutikularanalytisch nach Laborstandards in Welzow untersucht. Vom ausgegründeten Labor LAOP Lauta (www.laop-consult.de) wurde die weitere Archivierung der Belege ermöglicht. Dank der Unterstützung durch die Geschäftsführerin Frau Dipl.-Geol. C. NIEMZ konnte eine kontinuierliche Bearbeitung des Materials erfolgen. Frau Geol.-Ing. M. MEUSEL (LAOP) stand für fachliche Diskussionen und spezielle Präparationen zur Verfügung.

Besonderer Dank gilt Dr. L. KUNZMANN, Senckenberg Naturhistorische Sammlungen Dresden, für die Realisierung von REM Aufnahmen und fachliche Unterstützung. Spezielle Informationen zur Karpologie stellte Frau M. PINGEN, Hürtgenwald, dankenswerter Weise zur Verfügung. Die Profilpunkte T1/T3 (Flöz Frimmersdorf) und T9 (Flöz Morken) liegen im Bereich des südlichen Strossenendes (BÖNISCH 1990, briefliche Mitteilung).

2. Beschreibung von Arten (Morphotaxa) für Blattfossilien und Sporomorphen

Im Folgenden werden Taxa behandelt, deren Merkmale im Bereich des Tagebaues Garzweiler besonders ausgeprägt sind und Aussagen über stratigraphische und regionale Zusammenhänge wie auch zwischen Morphotaxa verschiedener Organe belegen. Einige weitere Arten sind auf den Tafeln 1 - 3 abgebildet, mit angemessenen Erläuterungen.

2.1 Cupressaceae s.l.

***Taiwania* HAYATA**

***Enormicutis ovalicavata* SCHNEIDER 1974**

Tafel 1, Fig. 1

1968 Kutikula von *Taiwania paracryptomerioides* n. sp., KILPPER, Palaeontographica Abt. B 124 (4 - 6): 106-107, Taf. 36, Fig. 6 - 7; cf: Taf. 37, Fig. 2 - 4.

1974 *Enormicutis ovalicavata* n. fsp., SCHNEIDER, Abh. Staatl. Mus. Mineral. Geol. Dresden, 21: 129 - 130, Taf. 3/Fig. 1 - 3; Bitterfelder Flözhorizont (Untermiozän). Holzweißig.

Größere Kutikulenreste stammen von kurz schuppenförmigen Blättchen aus dem Flöz Morken. Sie zeigen einen sich zum gerundeten Apex verjüngenden Spaltöffnungsstreifen der adaxialen (der Zweigachse zugewandten) Oberfläche (Tafel I, Fig. 1 rechts). Die Spaltöffnungsapparate zeigen betont ovale Poren und rosettenartig, teilweise in zwei Ringen angeordnete Nachbarzellen. Die Stomata stehen locker, haben sich folglich bei der Stomatogenese nicht gegenseitig behindert.

Es besteht kein Zweifel, dass der Epidermisbau der vorliegenden Fragmente mit dem der Blättchen von *Taiwania paracryptomerioides* KILPPER aus den tertiären Deckschichten von Eschweiler übereinstimmt. Ein Vergleich mit dem Typusmaterial von *Taiwania schaeferi* kann wegen der schlecht erhaltenen Zellstruktur der Fossilien aus Spitzbergen nicht mit gleicher Sicherheit erfolgen. Nachweise des Pollens (*Taiwaniapollis* ZIEMBIŃSKA-TWORZYDŁO in STUHLIK et al. 2002) sind bisher sehr selten. Auch ein xylotomischer Nachweis steht noch aus.

Mit der dispersen Kutikula *Enormicutis ovalicavata* konnte der Beweis geführt werden, dass die Koniferengattung *Taiwania* zu den wichtigsten Flözbildnern im Lausitzer Miozän gehört. Ob dies auch im Hauptflöz des Niederrhein-Gebietes der Fall ist, bleibt vorerst noch offen, da der Fund von Morken aus einer allochthonen Taphocoenose mit viel *Sciadopitys* stammt (Probe 1.10).

Das Verbreitungsmuster von *Taiwania* zeigt auffällige Parallelen mit der heute in Südchina beheimateten Spießtanne *Cunninghamia*. Beide sind aus den tertiären Deckschichten am Niederrhein mit reichen Funden belegt, in autochthoner Kohle jedoch bisher nur mit unsicheren Resten. Dazu muss man bedenken, dass *Cunninghamia* nur auf gut durchlüftetem Substrat gedeiht, mithin auf trockengefallenen Mooroberflächen. Solche sind im 2. Flöz der Niederlausitz als beständige *Cunninghamia*-Niveaus mit Brandlagen und Quarziten belegt. Offensichtlich ist es zur Bildungszeit des niederrheinischen Hauptflözes zu vergleichbaren Trockenphasen nicht gekommen.

2.2 Geinitziaceae

***Cupressospermum* MAI emend. KUNZMANN**

***Cupressospermum saxonicum* Mai 1960 emend. KUNZMANN 1999**

***Enormicutis saxonica* SCHNEIDER 1988**

Tafel 1, Fig. 2

1988 *Enormicutis saxonica* fsp. nov.; SCHNEIDER in MAI & SCHNEIDER, Feddes Repertorium 99, 3 - 4: 104 - 106, Abb. 4, Taf. IV, Fig. 1 - 7; diverse Fundorte Miozän, Lausitz.

Im Probenprofil T1 wurden die jüngsten aufgeschlossenen Bereiche des Flözes Frimmersdorf erfasst. Hier fand sich eine an *Sciadopitys* reiche *Marcoduria*-Wurzelkohle, die bereits mit Hangendsediment verzahnt war. Im Mazerat fand sich, neben *Sciadopitys* und einer Monocotylen-Assoziation mit *Varipiliculis*, als auffälligste Komponente die *Cuticula dispersa Enormicutis saxonica* SCHNEIDER. Die Spaltöffnungen sind monozyklisch, mit einem Kranz aus drei bis fünf Nebenzellen. Diese tragen flache Verdickungen, die sich zu einem (proximalen) Ring verbinden. Die geringe Tendenz zur Anordnung der Spaltöffnungsapparate in Streifen wie auch die sehr ausgeprägten Kammpapillen am apikalen Blattrand unterstreichen die auch in der Epidermisstruktur verdeutlichte Sonderstellung, die KUNZMANN (1999) zur Aufstellung einer besonderen Familie Geinitziaceae veranlasst hat.

Der bereits als *Cuticula dispersa* unter verschiedenen Bezeichnungen beschriebene Merkmalskomplex konnte an zapfentragenden Zweigen nachgewiesen werden, auf die MAI (1960) die ausgestorbene Koniferengattung *Cupressospermum* begründet hatte. Wie schon am Beispiel von *Taiwania* beschrieben, eignen sich die Cuticulae auf Grund ihrer stärkeren Präsenz bevorzugt für profilmäßige und flächenhafte Darstellungen ihrer Verbreitung (SCHNEIDER 2010).

Der bereits in SCHNEIDER (1995, Fig. 2) mitgeteilte Nachweis von *Cupressospermum* im Hangendbereich von Flöz Frimmersdorf (Abb. 1) erweitert die Kenntnis über ihre Verbreitung. Ein Übergreifen auf *Marcoduria*-Fazies mit *Sciadopitys* ist im 2. Lausitzer Flözkomplex mehrfach beobachtet worden. Stets war auch marine Beeinflussung in Gestalt von Hystrichosphaerideae festzustellen. Es liegt somit ein Intervall zwischen zwei Sukzessionen vor: *Sciadopitys* als Charakterbaum des finalen Baumhochmoores versus *Cupressospermum* – Sumpfwald der darauf folgenden Sukzession, übergreifend auf ein teilweise noch von Brackwasser durchtränktes Torfsubstrat als ein Milieu, welches diesen küstennahen Sumpfwald-Typus als Alternative zum Süßwasser-gepeisten *Glyptostrobus*-Sumpfwald kennzeichnet.

Da die ersten Nachweise von *Cupressospermum* in reichen Taphocoenosen aus dem untermiozänen Bernsteinschluff von Bitterfeld/Goitsche bekannt wurden, wird diese Konifere auch zu den möglichen Produzenten von Bernsteinharz gezählt. Tatsache ist das Vorkommen von auffälligen weißgrauen Harzkanälen in Zapfenschuppen und Blättchen (MAI & SCHNEIDER 1988). Im Mazerat, insbesondere auch in der Taphocoenose aus Garzweiler, finden sich grobstückige farblose Fragmente mit blasiger Struktur (Tafel III, Fig. 7), die aus den Harzkanälen stammen können. Glasiges Sekret mit feiner schaumiger Struktur kommt aber auch in Form von Kugeln vor, die vielfach zu Aggregaten verbunden sein können (Tafel III, Fig. 8). Andere orange- oder honigfarbene Sekretkörper weisen radialstrahlige Struktur auf, überlagert von konzentrischen Farbwechsellinien (Tafel III, Fig. 9-11). Es ist also eine Vielfalt an pflanzlichen Sekreten im Mazerat der *Cupressospermum*-Strate enthalten, eine Vielfalt, die einem aber auch im Bernstein entgegentritt. Nachdenken sollte man nicht zuletzt über die Tatsache, dass Resinite, die man auf *Sciadopitys* beziehen könnte, nicht festgestellt werden konnten.

Inaperturopollenites morphospec.

Tafel 1, Fig.3 - 7

Das reiche Vorkommen von *Enormicutis saxonica* ist assoziiert mit einem gleichermaßen häufigen inaperturaten Pollen. Wesentliches Merkmal ist die geringe Größe von 17 - 21 µm. Die mit *Glyptostrobus* oder *Quasisequoia* in Zusammenhang gebrachten Morphospecies sind

im Durchschnitt deutlich größer. Vergleiche dieser Art sollten aber stets an autochthonen Taphocoenosen, nach Möglichkeit mit den entsprechenden Cuticulae, vorgenommen werden. So konnten *Inaperturopollenites* der gleichen Größenordnung in einer ebenfalls von *Enormicutis saxonica* dominierten Taphocoenose aus der Unterbank des untermiozänen Bitterfelder Flözkomplexes nachgewiesen (Tafel 1, Fig. 8).

2.3 Pinaceae

***Pinus* LINNÉ**

***Pinus* sp. [Korkgewebe]**

1937 „Wisbar´sche Zellen“ THIERGART, Jb. Preuß. Geol. Landesanstalt 58:329, Taf. 26, Fig. 24; 2. Miozäner Flözkomplex, Senftenberg/Grube Marga, Niederlausitz.

1958 *Pinus marcoduriae* n. sp. WEYLAND & SCHÖNFELD, Palaeontographica Abt. B 104: 138-150, Taf. 27, Fig. 1 - 7; Hauptflöz, Ville (Niederrhein).

1964 *Pinuxylon parryoides* (GOTHAN) KRÄUSEL emend. BURGH v. d., Acta Bot. Neerl. 13: 257 - 259; Hauptflöz, Haanrade (Niederrhein).

Gewebe aus rechteckigen dickwandigen Zellen mit stark undulaten Wänden, fielen schon bei den ersten Pollenanalysen an miozänen Braunkohlen auf und wurden als „Wisbar´sche Zellen“ angesprochen (THIERGART 1937, NEUY-STOLZ 1958). Ihre wahre Natur als „Steinkork“ bestimmter Kiefernarten erwies sich erst bei der Bearbeitung von Hölzern aus einem Stubbenhorizont in der Grube Berrenrath durch WEYLAND & SCHÖNFELD (1958). Zum Reichtum, insbesondere der tertiären Braunkohlenflöze an diesen Geweben, dürften von den bisher fünf nachgewiesenen *Pinus*-Arten im Wesentlichen zwei beigetragen haben. In diesem Kontext ist es bemerkenswert, dass auch von der Bernsteinkiefer Kork mit gleichartiger Histologie überliefert ist, den SCHUBERT (1961) eingehend untersucht und als „Buchtenkork“ beschrieben hat.

Der Stubbenhorizont von Berrenrath vertritt eine Taphocoenose mit Kutikulen von *Pinus* und Monocotyledonae (Schicht 10 im Profil von BENDA 1960). Sie zeigt die Verlandung eines Riedmoores (Schicht 8 daselbst) an, welches als Strate aus papierdünnen Lagen grasartiger Fragmente überliefert ist. Die Situation im Flöz Frimmersdorf im Tagebau Garzweiler ist analog: Auf die Riedmoor-Strate 13 folgt eine Schicht (11) mit reichlich *Pinus*-Kork, wobei wegen der Probenmächtigkeit (1,0 m) bereits *Marcoduria*-Wurzeltorf übergreift.

***Pinicutis hexacytica* SCHNEIDER 1969a**

Tafel 1, Fig. 13

1965 *Pinus spinosa* HERBST, KILPPER, Z. Braunkohle Wärme u. Energie 17 (8): 317 - 318, Taf. 1, Abb. 7 und 8; Flöz Garzweiler, Tagebau Frimmersdorf.

1969a *Pinicutis hexacytica* n. gen., n. fsp., SCHNEIDER, Freiburger Forsch.-H. C 222:28, Taf. IX, Fig. 2, Abb. 7; 2. Miozäner Flözkomplex, Schlabendorf, Niederlausitz.

Zu *Pinus* gehörige Kutikulen wurden in den Arbeiten von KILPPER (1960) und BENDA (1960) summarisch als *Pinus*-Nadeln ausgewiesen. Nach der von SCHNEIDER (1969a, 1974 begonnenen morphotaxonomischen Bestandsaufnahme sind in den flözbildenden Assoziationen wenigstens fünf Arten vorhanden. Im untersuchten Flöz Frimmersdorf wurden nur vereinzelte *Pinicutis* nachgewiesen, die der allgemein vorherrschenden Morphospecies *P. hexacytica* zu-

zuordnen sind. Diese ist identisch mit der von KILPPER (1965) im Zusammenhang mit Zapfen (*Pinus spinosa* HERBST) beschriebenen Kutikularstruktur.

Von BENDA und KILPPER werden „*Pinus*-Nadeln“ fast ausschließlich aus den unteren, von Riedmoor-Bildungen begleiteten dunklen Gewebekohlen genannt, die sich der im Profil Garzweiler ausgeschiedenen *Pinus*-Fazies im unteren Flözabschnitt stratigraphisch zuordnen.

2.4 Sciadopityaceae

***Sciadopitys* SIEBOLD & ZUCCARINI**

***Sciadopitys tertiaria* MENZEL 1913**

Tafel 1, Fig. 9 - 11

1913 *Sciadopitys tertiaria* MENZEL, Jb. preuß. geol. Landesanst. 34: 23, Taf. 3, Fig. 15 - 18. Herzogenrath, Niederrhein, Miozän.

1969a *Sciadopitycutis marcodurensis* (ERMELING) n. comb., SCHNEIDER, Freiburger Forsch.-H. C 222: 26 - 27, Taf. VIII, Fig. 6; 2. Miozäner Flözhorizont, Lausitz.

Der erste Nachweis der Gattung *Sciadopitys* im niederrheinischen Tertiär durch MENZEL basiert auf Zapfen. Auf die Blattfossilien aus dem Kohlenflöz errichteten WEYLAND, KILPPER & BERENDT (1967) eine zweite Art, obwohl an der Zugehörigkeit der Blattfossilien zu *Sciadopitys tertiaria* kaum Zweifel bestehen konnten. Mit dem Morphogenus *Sciadopitycutis* SCHNEIDER 1969a wird der im Wesentlichen durch die Blattanatomie gekennzeichnete Merkmalskomplex gleichrangig neben die Morphogenera *Sciadopityspollenites* und *Sciadopityoxylon* gestellt und damit das Epitheton *marcodurensis* als Morphospecies für Blattfossilien definiert.

Die Gattung *Sciadopitys* ist in den Flözen Morken und Frimmersdorf mit den bekannten „Doppelnadeln“ und Pollen vertreten. Die Epidermisstruktur der Doppelnadeln entspricht *Sciadopitycutis marcodurensis*. Merkmale, die eine Unterscheidung von mehreren Morphospecies begründen könnten, sind nicht erkennbar.

Das untersuchte Profil im Flöz Morken weist drei Niveaus mit *Sciadopitycutis* auf, die eine entsprechende Aufteilung in drei Sukzessionen und potenzielle Aufteilung in Flözbänke anzeigen. Im Pollenspektrum ist das obere Niveau nicht belegt, die beiden unteren durch Anteile um 5 %. Es fällt weiterhin auf, dass *Marcoduria*-Gewebe völlig fehlen, was auf sedimentäre Bildung und teilweise allochthonen Eintrag hindeutet.

Anders als im Profil Morken sind im Flöz Frimmersdorf drei aus *Marcoduria*-Wurzelkohle bestehende Straten ausgebildet, von denen die beiden oberen *Sciadopitys* mit Kutikulen und Pollen Anteile bis zu 20 % enthalten. Bei der Bemusterung durch R. BÖNISCH wurden in allen drei *Marcoduria*-Straten Stubben festgestellt. Nach den Erfahrungen in der Lausitz darf man davon ausgehen, dass es sich um Stubben mit langem, meist winklig geneigtem Stammanteil und geringem Durchmesser handelt, einem Typus, der bereits WÖLK (1935) in entsprechenden Horizonten (E, F in den Gruben Fortuna und Zukunft) aufgefallen war. Im Miozän der Lausitz erwies sich ein Teil gleichgestalteter Stubben als zu *Sciadopitys* gehörig (DOLEZYCH & SCHNEIDER 2007). Aus dem rheinischen Tertiär liegt *Sciadopityoxylon* bisher nur aus den Flözen I - III von Eschweiler vor, bestimmt durch BURGH v. d. (1973).

Aufschlussreich ist die Beobachtung, dass das Wurzelwerk von *Sciadopitys* nur einen geringen Raum einnimmt und wenige Hauptwurzeln, dafür aber einen dichten Filz feiner Wurzeln ausbildet. Der Auffassung von WÖLK, dass dünne und schwach bewurzelte Stämme „bei nicht

ganz waagerechter Lage des Flözes“ im Setzungsprozess bevorzugt eine geneigte Lage einnehmen, kann man sich mit gutem Grund anschließen.

Zur Charakteristik von *Sciadopitys* als Hochmoor-Baum gehört unbedingt auch die Histologie der Primärwurzel, die zunächst von WEYLAND (1957) als Spross von submersen Wasserpflanzen gedeutet, später aber als Wurzelgewebe von Koniferen erkannt werden konnte (SCHNEIDER 1990). Mit der Ausbildung von Durchlüftungsgeweben (Aerenchymen) in der Wurzelrinde erwarb sich *Sciadopitys* die Fähigkeit, Standorte auf wassergesättigtem Torfboden zu besetzen. Schon THIERGART (1949) hat versucht, aus den Eigentümlichkeiten des Erscheinens von Pollen und Blattfossilien das Vordringen von *Sciadopitys* als Moorwald-Komponente speziell im Niederrhein-Gebiet zu rekonstruieren, allerdings noch in Unkenntnis zu den Vorkommen des Pollens in alttertiären Braunkohlen. Der Anpassungsprozess begann bereits im mittleren Eozän, bezeugt durch Pollenfunde im Flöz Wallendorf (Gebiet Halle/Saale) und – mit Anteilen bis zu 4 % - im Obereozän (BLUMENSTENGEL et al. 1996). Diese Entwicklung ist aber im Oligozän unterbrochen. In den Florenlisten für die Makrofossilien des mitteleuropäischen Oligozäns (KVAČEK & WALTHER 2001) fehlt *Sciadopitys*, was auch für das Böhlener Oberflöz und Flöz Calau zutrifft. Als „Vorstoß“ muss deshalb das Erscheinen der Konifere im tiefen Miozän bewertet werden: *Sciadopitys* kehrt in die Moorflora zurück, belegt durch Nadelfragmente und Pollen im Flözkomplex Bitterfeld. Doch erst nach einem weiteren Rückschlag im Untermiozän ist zu Beginn des Mittelmiozäns, befördert durch einen deutlichen Anstieg der Humidität, eine maximale Beteiligung eines *Sciadopitys*-Waldhochmoores an der Flözbildung zu erkennen: mit hohen Pollenfrequenzen, großflächigen „Nadelkohlen“, mächtigen „flaserig geschichteten“ Wurzelkohlen und Horizonten von Stubben und Stämmen. Mit dem Abklingen der Moorbildungen im höheren Miozän und Pliozän geht auch die Präsenz von *Sciadopitys* stetig zurück. Schließlich vernichtete das quartäre Inlandeis die europäischen Reliktstandorte.

2.5 Poaceae

***Alternicutis gibba* SCHNEIDER 1969a**

Tafel. 1, Fig. 14 - 15

1957 *Dioscoreophyllum liblarensense* KR. & WLD.: „Weiterer, vielleicht hierher gehöriger Pflanzenrest“ WEYLAND, Palaeontographica Abt. B 103: 65 - 66, Taf. 13, Fig. 1 und 2; Textabb. 11, Miozän, Hauptflöz, Grube Berrenrath, Niederrhein.

1966 *Glumophyllum* sp. 2 LITKE, Paläont. Abh. B II/2:346-347, Taf. VIII, Fig. 8 -10; Abb. 5b. 2. Lausitzer Flözhorizont Mittelmiozän, Tagebaue Tröbitz, Kleinleipisch.

1969a *Alternicutis gibba* n. fgen. n. fsp. SCHNEIDER, Freiburger Forsch.-H. C 222: 29 - 30, Taf. IX/Fig. 5; Bild 8. 2. Lausitzer Flözhorizont Mittelmiozän, Tagebau Nochten; Taf. IX/Fig. 6,7 (Typus), Miozän, Tagebau Piskowitz, Oberlausitz.

Die Spaltöffnungsapparate sind in Reihen geordnet. Zwei bis drei Reihen bilden einen Streifen, wobei die Spaltöffnungen der benachbarten Reihen alternativ versetzt sind. Die Nebenzellen sind distal ausgebeult. Die Form der Ausbeulung an dem abgebildeten Fragment aus dem Flöz Frimmersdorf erinnert an eine Kurzzelle, wie sie für das Hautgewebe der Süßgräser kennzeichnend sind.

Alternicutis gibba hat sich bei der Untersuchung der miozänen Braunkohlenflöze der Lausitz als kennzeichnendes Fossil einer Glumiflorenfazies (G) erwiesen. Die Position in der Sukzes-

sion im Bereich der *Pinus*-Straten, wo auch bevorzugt *Sphagnum*-Maxima festzustellen sind, weist auf eine ombrotrophe Riedmoorgesellschaft hin, in der Süßgräser vorherrschen.

Die stratigraphische Reichweite ist mit Untermiozän (Niveau des 3. Lausitzer Flözhorizontes) bis Mittelmiozän (1. Lausitzer Flözhorizont) anzugeben. Profilmäßige Untersuchungen im Hauptflöz des Niederrhein-Beckens erbrachten außer dem vorliegenden Fund bisher nur einen Nachweis aus dem Flöz Frimmersdorf der Grube Hambach, der dem Fund aus Berrenrath zur Seite gestellt werden kann.

Es ist erkennbar, dass sich die von krautigen Monocotyledonen gebildeten Kohlenstraten in ihrer Floristik deutlich unterscheiden, obwohl sie im niederrheinischen Hauptflöz wie auch in der Lausitz die gleiche Position innerhalb der Sukzession einnehmen. Die stärkere Beteiligung von *Sphagnum*-Mooren in der Lausitz bezeugt einen stärkeren ombrotrophen Charakter.

2.6 Monocotyledonae incertae sedis

***Varipilicutis liblarensis* (KRÄUSEL & WEYLAND) SCHNEIDER 1969a**

Tafel 2, Fig. 3

1954 *Dioscoreophyllum* (*Dioscorea*?) *liblarensis* n. sp., KRÄUSEL & WEYLAND, Palaeontographica Abt. B 96: 118 - 120, Taf. 21/Fig. 5-7, Taf. 22/Fig. 1 - 2, Abb. 6 ; Miozän, niederrheinische Braunkohle.

1969a *Varipilicutis liblarensis* (KRÄUSEL & WEYLAND 1954) n. comb. et emend., SCHNEIDER, Freiburger Forsch.- H. C 222: 27 - 28, Taf IX/Fig. 1; Bild 6; Miozän, Niederlausitz.

2009 cf. *Varipilicutis liblarensis* (KRÄUSEL & WEYLAND) SCHNEIDER, WOROBIEC et al., Acta Palaeobotanica 48(2): 222, Pl. 18, fig. 4. Miocän, Legnica, Niederschlesien.

Die zu den häufigsten Monocotyledonenresten in beiden untersuchten Flözen zählende Morphospecies *Varipilicutis liblarensis* ist auf disperse Cuticulae mit sehr differenzierten Merkmalen begründet. Zur Blattmorphologie liegen bisher nur wenige Angaben vor. Es ist von lanzettlichen Blättern mit teilweise cordater Basis auszugehen (SCHNEIDER 2004, Textfig. 10; 2007, Fig. 7). Die Nervatur ist campylodrom mit flabellatem Primärnerv und eng gestellten (1 mm), selten gegabelten Sekundärnerven.

Spaltöffnungen befinden sich auf der Blattunterseite (abaxial), vereinzelt auch adaxial. Ihr Bau ist durch paarige seitliche Nebenzellen gekennzeichnet (parazytisch). Da die Spaltöffnungen der heute lebenden Dioscoreaceen keine differenzierten Nebenzellen besitzen, ist die Bestimmung als *Dioscoreophyllum* durch KRÄUSEL & WEYLAND (1954) irreführend. Kennzeichnend sind weiterhin beispielsweise spezialisierte Blattpilze, die runde tiefbraune Zellagregate bilden. KRÄUSEL & WEYLAND hatten diese Gebilde als Nektarien gedeutet.

Die Morphospecies findet sich bevorzugt in der Monocotyledonen-Fazies im Flöz Frimmersdorf (Probe 13) und im Flöz Morken in einer analogen Position der unteren Sukzession. Besondere Bewertung verdient das Auftreten der Art in der hangenden *Cupressospermum*-Strate des Flözes Frimmersdorf. Die Frage nach einer möglichen Allochthonie könnte mit dem Sporomorphen-Bestand beantwortet werden. Sowohl *Cupressospermum* als vielleicht auch *Varipilicutis* werden von auffälligen Species begleitet: *Inaperturopollenites* morphospecies und *Dicolpopollenites kockeli*.

***Dicolpopollenites kockeli* PFLANZL 1956**

Tafel 2, Fig. 4

1970 *Dicolpopollenites kockeli* PFLANZL 1956, KRUTZSCH, Atlas VII, Taf. 42, Fig. 1 - 54.

In der durch Dominanz der Konifere *Cupressospermum* gekennzeichneten Taphocoenose im Hangendbereich des Flözes Frimmersdorf verdient zusätzlich ein reiches Vorkommen von *Dicolpopollenites kockeli* Aufmerksamkeit. Der Pollen ist gekennzeichnet durch die beiden Sulci, die in der polaren Ansicht breite Kerben und in der Seitenansicht eine beilähnliche Form erzeugen.

Als botanische Herkunft wird von CHANDLER (1957) die Palmengattung *Calamus* angeführt. Tatsächlich deckt sich die nach KRUTZSCH (1970) ausdrücklich auf das untere Miozän konzentrierte Verbreitung des Pollens mit Vorkommen der bestachelten Palmenstämme *Calamus daemnorops* (UNGER) CHANDLER. Allerdings ist die Präsenzgemeinschaft lückenhaft. So beschreibt CZAJA (2003) im Becken von Berzdorf (Oberlausitz) einen Leithorizont mit *Calamus* im Hangenden einer reichen Karpo-Flora vom Typ Wiesa, und stellt ihn in das Mittelmiozän. Aus Wiesa selbst, wo gleichfalls *Calamus* – Fossilien bekannt sind, konnte *Dicolpopollenites kockeli* in reichen Populationen gefunden werden (Probe Museum Kamenz 1028C). Am Niederrhein sind dagegen die Nachweise bestachelter Palmenstämme auf die untermiozänen Basisschichten des Hauptflözes beschränkt (THOMSON 1958, Bestätigung durch M. PINGEN 2012, briefliche Mitteilung). WEYLAND et al. (1954) geben aus der Tongyttja-Schicht im Flöz IV von Liblar Palmenstacheln an, nicht aber *Dicolpopollenites*. Eine Nachuntersuchung empfiehlt sich, denn im Flöz III von Liblar (Probe 51 bei TEICHMÜLLER & THOMSON 1958) ist der Pollen deutlich vertreten.

Bestätigt sich das Fehlen von *Calamus*-Makroresten im Hangendbereich von Flöz Frimmersdorf, müsste für *Dicolpopollenites kockeli* eine andere botanische Herkunft erwogen werden. Als Alternativen sind weitere Monocotyledonen möglich (siehe in KRUTZSCH 1970). In der Fundstrate von Garzweiler ist die Präsenzgemeinschaft mit *Varipilicutis liblarensis* augenfällig. Dies ist auch für Wiesa zutreffend.

Palynostratigraphisch interessant, insbesondere für die Kennzeichnung der Pollenzone O II (ASHRAF et al. 1997), ist die Lokalität Garzweiler allemal: mit dem Vorkommen des Pollens *Dicolpopollenites kockeli* im Niveau der maximalen *Sciadopitys*-Frequenz im Transgressionsniveau des Neurather Sandes. Der Pollen, gleich ob er *Calamus* oder einer anderen Monocotyledone zuzuordnen ist, vertritt eine Sumpfwald-Phytocoenose und zeigt ein Sukzessionsstadium an. Entsprechend sind Präsenzgemeinschaften von *Calamus* und *Varipilicutis* einerseits und *Sciadopitys* andererseits in autochthonen Taphocoenosen nicht belegt. Mithin muss *Dicolpopollenites kockeli* als ein Faziesfossil angesehen werden.

NFu 7 LITKE 1966

Tafel 2, Fig.1 - 2

1966 NFu 7, LITKE, Paläont. Abh. II, 2: 354 - 355, Taf. IX, Fig. 4 - 6, Abb. 6, 2. Lausitzer Flözhorizont, Niederlausitz.

In der Monocotyledonen-Strate der unteren Sukzession im Flöz Frimmersdorf fanden sich mehrere Fragmente dieser Morphospecies. Sie stammt von parallelnervigen Blättern. Die in Längsreihen geordneten, lang rechteckigen Zellen sind durch stark undulierte Längs-

Antiklinen gekennzeichnet. Die Spaltöffnungsapparate, die in der Regel nicht zu Reihen geordnet sind, weisen laterale Nebenzellen auf, die distal durch Sägeblatt-artige antiklinale Wände begrenzt sind.

Die botanische Affinität lässt sich bisher nur mit Monocotyledonae angeben. Nichtsdestoweniger ist die Aussage zur Ökologie beachtlich. Die Art vertritt eine Hauptkomponente der ombrotrophen Moore in der Lausitz, beginnend mit deren erstem Erscheinen in der mittelmiozänen Unterbank bis zu ihrer maximalen Präsenz in der Oberbank.

***Oudhkusumites* SRIVASTAVA**

***Oudhkusumites* Form G SCHNEIDER 1969c**

Tafel 2, Fig. 5 - 8

1966 cf. Alge? SONTAG, Geologie 15 (Beiheft 54): Taf. 93/8, Mittelmiozän, Welzow/Lausitz.

1969c *Oudhkusumites* Form G SCHNEIDER, Rev Micropaléont. 12 (1), 44, Pl. 1, fig. 11 - 12, fig. 1g, Mittelmiozän, Spreetal/Lausitz.

Es fanden sich schildförmige Körper mit kreisförmigem, gekerbtem Umriss, die Zellstruktur zeigen. Ein peripherer Kranz aus isodiametrischen Zellen umgibt einen zentralen Bereich von gleichgestalteten dickwandigen Zellen. Teilweise wurde eine zweite Zellschicht beobachtet.

Die Gebilde wurden im mittelmiozänen 2. Lausitzer Flözkomplex zunächst nur isoliert gefunden und als disperse pflanzliche Außendrüsen klassifiziert (*Oudhkusumites* Form G SCHNEIDER 1969c), bis in situ-Funde den Nachweis erbrachten, dass es sich um epidermale Organe handelt, die einer zarten Kutikula mit undeutlichen Zellstrukturen aufsitzen. Ein Vergleich mit den von WEYLAND (1957) als Saugschuppen von Bromeliaceen gedeuteten Bildungen zeigt hinsichtlich Größe, Topographie und Histologie erhebliche Unterschiede, weshalb eine nähere Erörterung vorerst nicht erfolgte (dazu siehe auch KVAČEK & WILDE 2001).

Im Material aus der Monocotyledonen-Strate im Flöz Frimmersdorf konnten weitere epidermale Merkmale zugeordnet werden. Die Kutikula bildet parallele Reihen von rechteckigen Zellen ab, mit Abmessungen von etwa 80 x 15 µm. Die Antiklinen verlaufen gerade, die Querwände rechtwinklig. Zur Kennzeichnung bieten sich feine, gleichmäßig verteilte Körnchen an, bei denen es sich um kristalline Bildungen oder Wachs handeln kann. Des Weiteren kommen eigentümliche Trichome vor: Einer basalen Zelle (Trichopodium) von kreisrundem Umriss (Durchmesser 15 µm) und sehr kräftiger Wandung sitzt eine etwas überhalbkugelige zartwandige Zelle auf, der man Drüsenfunktion zuschreiben kann (Taf. 2, Fig. 8). Übergänge zwischen diesen Drüsen und den mehrzelligen „*Oudhkusumites*“-Gebilden konnten nicht beobachtet werden.

Der zunächst unter dem Morphogenus *Oudhkusumites* SRIVASTAVA vereinigte Merkmalskomplex ist ein Faziesfossil und indiziert das Sukzessionsstadium einer ombrotrophen Monocotyledonen-Fazies, sowohl im Flöz Frimmersdorf als auch in den Flözen des Lausitzer Mittel-Miozäns, hier mit stärkerer Präsenz von Glumifloren und *Sphagnum*.

2.7 Magnoliaceae

***Magnolia* L.**

Eines der häufigsten Blattfossilien in der Braunkohle, von KRÄUSEL & WEYLAND noch irrtümlich als *Papilionaceophyllum liblarensis* bestimmt, konnte durch KVAČEK (1968) als einer Magnolie zugehörig erkannt werden. Mit dieser Erkenntnis wurde offenbar, dass auf Moorbe-

dingungen angepasste Magnolien zu den Hauptkomponenten der torfbildenden Phytoenosen im europäischen Miozän gehören.

Den Blattfunden können weitere Organfossilien aus autochthonen Taphocoenosen zugeordnet werden. Eine Whole plant-Hypothese mit hoher Wahrscheinlichkeit bietet sich an:

- *Magnolia burseracea* MENZEL 1913
- *Magnoliapollenites magnolioides* KRUTZSCH 1970,
- *Papilionaceophyllum liblarensis* KRÄUSEL & WEYLAND 1959
- *Falcutis varians* SCHNEIDER 1969a.

Die Typen der aufgeführten Morphospecies stammen aus miozänen Braunkohlen vom Niederrhein und der Lausitz. Für die Wahl des Epithetons dieser *Magnolia* –Species fehlt gegenwärtig noch eine Konvention. Im vorliegenden Fall bietet sich das Blattfossil an, da die Nachweise die Verbreitung der Gattung real darstellen, im Gegensatz zum Pollen, der die Gattung *Magnolia* unterrepräsentiert. Das karpologische Fossil *Magnolia burseracea* zeigt sehr häufig Koexistenz mit dem aufgeführten Blatt – Morphotaxa. Die Nachweise aus dem Morkener Sand (PINGEN 2001) können, wie andere Arten aus der Taphocoenose auch, als umgelagerte Organfossilien aus der liegenden Moorflora aufgefasst werden, wo mit *Falcutis* das häufigste Laubgewächs ermittelt wurde.

***Falcutis varians* SCHNEIDER 1969a**

Tafel 2, Fig. 15

1969a *Falcutis varians* n.fsp. SCHNEIDER, Freiburger Forsch.-H C 222: Taf V, Fig. 3 - 5, VI, Fig. 1 - 6, Textfig. 3. 13

2007 *Falcutis varians* SCHNEIDER, Acta Palaeobotanica 47 (1): 218, pl.1, figs. 1 - 7 (hier weitere Synonymie).

Das Flöz Morken führt in der mittleren der drei festgestellten Sukzessionen *Falcutis*, beginnend im Hangenden einer an *Magnolia*-Pollen reichen Strate (siehe unten!). Nach dem harzreichen Intervall (1.6) kehrt *Falcutis* zurück, in der für die Angiospermen-Fazies typischen Assoziation mit *Kalmiophyllum* und Lauraceen, die aber mit dem Einsetzen von marinem Plankton in der Hangendstrate (1.1) erlischt.

Im Profil Flöz Frimmersdorf ist *Falcutis* im unteren Flözprofil nahezu kontinuierlich präsent, tritt aber in *Sciadopitys*-führenden *Marcoduria*-Straten deutlich zurück.

Die erwiesene Zugehörigkeit eines großen Teiles der honigfarbenen kugeligen Resinite (Taf. III/ Fig. 14) zur Kutikularstruktur *Falcutis varians* und mithin zur Gattung *Magnolia* gibt Aufschluss über die Entstehung von detritischen Grundmassekohlen. Die nach mikropetrographischer Analyse höchsten Harzanteile wurden für detritische Straten mit *Falcutis* nachgewiesen, wobei an deren Basis, bedingt durch stärkere Destruktion der humosen Grundmasse, eine Anreicherung erkennbar ist. Diese Feststellung ist deshalb hervorzuheben, da M. TEICHMÜLLER & THOMSON (1958) maximale Harzanteile für „Ried“-Kohlen ermittelt hatten. Diese Aussage stützt sich jedoch auf die irrtümliche Deutung der hellen Schichten als Riedmoor-Straten. Die durch Kutikulenbestimmungen sicher als Bildungen baumloser Assoziationen von Gräsern und weiteren Monocotyledonen gekennzeichneten schwarzen Kohlen (Profil Flöz Frimmersdorf Probe 13) sind nahezu frei von Resinit. Relevant als Indiz für eine

Abnahme der biochemischen Destruktion der pflanzlichen Gewebe sind schließlich die im Flöz Frimmersdorf gegenüber dem Flöz Morken deutlich geringeren Harzgehalte.

***Magnoliapollenites magnolioides* KRUTZSCH 1970**

Tafel 2, Fig. 15

1958 cf. Magnoliaceen, NEUY-STOLZ, Tafel 4, Fig. 39,40, „dunkle Bank“ des Hauptflözes, Liblar.

1966 cf.? *Reticulatisporites*, SONTAG, Geologie 15 (Beiheft) 54: Taf.10/3, Mittelmiozän, Greifenhain/Lausitz.

Im Flöz Morken fanden sich im basalen Abschnitt der mittleren Sukzession zahlreiche Exinen, auf die die Diagnose von KRUTZSCH (1970) zutrifft, in einer Häufigkeit, wie sie in fast monotypischen Taphocoenosen mit „*Papilionaceophyllum*“ *liblarensis* bisher nicht angetroffen wurde. Im Profil ist *Falcutis* erst im Hangenden belegt, hier jedoch regelmäßig. Dass Kutikulen und Pollen vertikal oft etwas im festgestellten Sinn versetzt auftreten, ist nicht ungewöhnlich. Befunde, die auf eine Absaigerung von Pollen im Porenwasser des Torfes hinweisen, liegen vor.

2.8 Lauraceae

***Ocotea* AUBL.**

***Piliparicutis hradekensis* (KVAČEK & BŮŽEK 1966) SCHNEIDER 2003**

Tafel 3, Fig. 1 - 3

1966 *Laurophyllum hradekensis* KVAČEK & BŮŽEK sp. n., KVAČEK & BŮŽEK, Věst. Ústr. Úst. geol. XCI, 4,:292, pl. 2, figs 2-3, pl. 4, figs. 5 - 6; Untermiozän, Hrádek/ Böhmen.

1996 *Ocotea hradekensis* (KVAČEK & BŮŽEK 1966) KVAČEK comb. n., BŮŽEK et. al., Acta Musei Nationalis Pragae Series B 52 , 1-4: 25, Pl. 16, figs. 1 - 2, pl. 18, fig. 3; Untermiozän, Cheb – Becken /Westböhmen.

2005 *Piliparicutis hradekensis* (KVAČEK & BŮŽEK 1966) SCHNEIDER 2003, SCHNEIDER, Documenta naturae 155 (4): 1 - 41, Taf. 1, Fig. 1 - 6. Hier weitere Synonymie.

Im oberen Abschnitt des Profiles Flöz Morken sowie in der unteren Hälfte des Flözes Frimmersdorf fanden sich Cuticulae, mit für die Familie Lauraceae (Lorbeergewächse) bezeichnenden Merkmalen: parazytische Spaltöffnungen mit eingesenkten Schließzellen, kutinisierte innere Leisten, einfache Haarbasisen und mit Sekret gefüllte Drüsen im Mesophyll. Während die Mehrzahl der Fragmente der Morphospecies *Piliparicutis hradekensis* zweifelsfrei zugeordnet werden kann, erreichen in einigen Fällen die Leisten nahezu die Spaltöffnungspole, die Nebenzellen sind weniger ausgeprägt dreieckig oder die Größe der Stomata (dazu SCHNEIDER 2005, Abb.2) variiert zu 30 (entsprechend *Piliparicutis macrostoma*) bzw. 20 µm (entsprechend *P. pseudoprinceps*). Offensichtlich erfolgten Anpassungen an Standorte im Moor graduiert nach Trophie und Exposition. In jedem Fall muss der Typus *P. hradekensis* als azonal angesehen werden, mit einem Mosaik von wenig korrelierten Merkmalen.

Dazu sollten künftig die Vorteile disperser Taphocoenosen sowohl aus autochthoner Kohle als auch aus prae- und postlignitischen Fundschichten stärker genutzt werden, um die Variation der Einzelmerkmale und ihre Abhängigkeit von Standort- oder global klimatischen Einflüssen

zu bestimmen. Beachtung verdienen vor allem das Auftreten von Haarmustern und die Differenzierung von Wasserspalten (Hydathoden).

Der an den Funden in Garzweiler ermittelte Merkmalskomplex fand sich übereinstimmend auch in den „*Sequoia*-Schichten“ des Flözes II in Liblar (Probenbereich 53 in TEICHMÜLLER & THOMSON 1958). In diesem südlichen Randbereich des Beckens ist eine ähnliche Situation erkennbar wie sie aus der Lausitz beschrieben wurde: Der „*hradekensis*“-Lorbeer findet nach längerer Evolution in den *Glyptostrobus*-Sumpfwäldern Zugang zu Standorten in der Nähe der Sequoien, die sich auf Bauminseln in Richtung des sich nordwärts entwickelnden Küstenmoores „abnabeln“. Das Fehlen der Sequoien im Profilpunkt T1/2 relativiert sich bei Einbeziehung benachbarter Lokalitäten, z. B. im Flöz Frimmersdorf A, Tagebau Hambach.

2.9 Dicotyledonae incertae sedis

***Anthuriophyllum spectabile* WEYLAND 1957**

Tafel 2, Fig. 12

1957 *Anthuriophyllum spectabile* n.g., n.sp. WEYLAND, Palaeontographica Abt. B 103: 52, Untermiozän, Hauptflöz, „Basiskomplex“, Tagebau Vereinigte Ville, Niederrhein

1975 *Dicotyledonocutis glandulosa* JUCHNIEWICZ Prace Muzeum Ziemi 24: 92 - 93, Pl. XIX/1-3; Untermiozän, poziom 3, Strate d, Turów.

1975 cf. *Stratiotes* sp. JUCHNIEWICZ, Petiolus zu *Dicotyledonocutis glandulosa*, ebenda S. 93 - 94, Pl. XIX/5 - 6; Untermiozän, poziom 3, Strate d, Turów.

Ein Fragment mit einem Spaltöffnungsapparat lässt sich zweifelsfrei dem von WEYLAND (1957) begründeten Merkmalskomplex zuordnen. Auch wenn die botanische Affinität noch völlig offen erscheint (KVAČEK & WILDE 2006), ist die geologische Aussage bemerkenswert. Der Nachweis im Hangendbereich des Flözes Morken (Profil T9, Probe 1) schließt stratigraphisch an den Erstnachweis im „Basiskomplex der Ville“ an. Weitere Nachweise liegen aus der Lausitz vor.

3. Schlussgedanken, offene Fragen

Aus der Vielzahl von Einzelbeobachtungen, die allein aus dem Tagebauaufschluss Garzweiler vorliegen, drängen sich einige Szenarien und Fragen zur Flözbildung hervor, die angesichts des fragmentarischen Charakters der vorliegenden Darstellung für einen regionalen Vergleich stehen sollen:

- Das konzentrierte Auftreten von Lorbeergewächsen in einem Niveau, in dem im Gebiet der Ville „gewaltige *Sequoia*-Stubben“ (THOMSON) überliefert sind, projiziert zwangsläufig den Lebensraum der Küstensequoien aus der nordamerikanischen Pazifikküste in die Vorstellungen von den mitteleuropäischen Küstenmooren. Woher kommt aber der Nebel? Welche Rolle spielen Meeresströmungen?
- Riedmoore, gebildet von Gräsern und weiteren Monocotyledonen mit aufgewachsenen Torfmoospolstern und schichtweise angereichertem Süßwasserplankton, wie sie in der großflächig verfolgbaren dunklen Strate im Flöz Frimmersdorf (bei KILPPER 1960 „Horizont mit *Frimmersdorfia*“) nachgewiesen sind, lassen an die Schwingmoore des Federsees denken. Denkbar ist, dass sich bei Flutereignissen große Schollen lösen. Gibt es Hinweise auf ein Verdriften?

- Die obersten Kohlenstraten im Flöz Frimmersdorf legen Zeugnis von einem „crash“ von küstennahem Sumpfwald mit der „Bernstein-Zypresse“ *Cupressospermum* und dem ombrotrophen *Sciadopitys*-Baumhochmoor ab. Zwei Waldformationen mit extrem gegensätzlichen Standortbedingungen. Ist dies eine Konstellation, in der es zur Bildung von Bernstein kommen kann?

Literatur

- ASHRAF, A. R., MOSBRUGGER, V. & UTESCHER, T. (1997): Palynological studies in the neogene of the open pit mines Inden and Bergheim, Lower Rhine Embayment (Germany). - Courier Forsch.-Inst. Senckenberg 201: 29 - 46, Frankfurt/M.
- BENDA, L. (1960): Beiträge zur Stratigraphie und Fazies des rheinischen Hauptbraunkohlenflözes auf Grund einer kutikularanalytischen Untersuchung der Tagebaue Vereinigte Ville, Berrenrath, Liblar, Lucretia, Sybilla, Fischbach und Fortuna. – N. Jb. Geol. Paläont., Abh. 109 (2): 235 - 260, Stuttgart
- BLUMENSTENGEL, H., KRUTZSCH, W. & VOLLAND, L. mit Beiträgen von KNOTH, W. und KNUTH, G. (1996): Revidierte Stratigraphie tertiärer Ablagerungen im südlichen Sachsen-Anhalt Teil 1: Raum Halle-Merseburg. – Hall. Jb. Geowiss. Reihe B, Beih. 1: 1 - 101, Halle (Saale).
- BÖNISCH, R. (1990). Briefliche Mitteilung.
- BURGH, J. v. d. (1964): Hölzer der niederrheinischen Braunkohlenformation. 1. Hölzer der Braunkohlengrube „Anna“ zu Haanrade (Niederländisch Limburg). – Acta Bot. Neerl. 13: 250 - 301, Utrecht.
- BURGH, J. v. d. (1973): Hölzer aus der niederrheinischen Braunkohlenformation. 2. Hölzer der Braunkohlengruben „Maria Theresia“ zu Herzogenrath, „Zukunft West“ zu Eschweiler und „Victor“ (Zülpich Mitte) zu Zülpich. Nebst einer systematisch-anatomischen Bearbeitung der Gattung *Pinus* L. - Rev. Palaeobot. Palynol., 15: 73 - 275, Amsterdam.
- CHANDLER, M. E. J. (1957): The Oligocene Flora of the Bovey Tracey Lake Basin, Devonshire. – Bull. Brit. Mus. Nat. Hist., Geol. 3 (3): 73 - 123, London.
- CZAJA, A. (2003): Paläokarpologische Untersuchungen von Taphocönososen des Unter- und Mittelmiozäns aus dem Braunkohlentagebau Berzdorf/Oberlausitz (Sachsen). Palaeontographica, Abt. B 265 (1 - 6): 1 - 148, Stuttgart.
- DOLEZYCH, M. & SCHNEIDER, W. (2007): Taxonomie und Taphonomie von Koniferenhölzern und Cuticulae dispersae im 2. Lausitzer Flözhorizont (Miozän) des Senftenberger Reviers. - Palaeontographica, Abt. B 276 (1 - 3): 1 - 95, Stuttgart.
- JUCHNIEWICZ, K. (1975): Flora kopalna Turowa koło Bogatyni w świetle analizy nąbłonkowej. - Prace Muzeum Ziemi 24: 65 - 132, Warszawa.
- KRÄUSEL, R. & WEYLAND, H. (1954): Kritische Untersuchungen zur Kutikularanalyse tertiärer Blätter II. – Palaeontographica Abt. B, 96: 106 - 163, Stuttgart.
- KRÄUSEL, R. & WEYLAND, H. (1959): Kritische Untersuchungen zur Kutikularanalyse tertiärer Blätter IV. – Palaeontographica Abt. B, 105: 101 - 124, Stuttgart.
- KRÄUSEL, R. & WEYLAND, H. (1954): Kritische Untersuchungen zur Kutikularanalyse tertiärer Blätter II. – Palaeontographica Abt. B, 96: 106 - 163, Stuttgart. Kritische Untersuchungen zur Kutikularanalyse tertiärer Blätter VI. – Palaeontographica Abt. B, 113: 93 - 116, Stuttgart.

- KILLPER, K. (1960): Pflanzenführung, Fazies und Bildungsverhältnisse im „Hauptflöz der Ville“, eine kutikularanalytische Untersuchung in den Tagebauen Neurath und Frimmersdorf-Süd des rheinischen Braunkohlenreviers. – N. Jb. Geol. Paläont., Abh., 109: 261 - 308, Stuttgart.
- KILLPER, K. (1965): Zur Flora des Braunkohlenteilflözes Garzweiler im Tagebau Frimmersdorf-Süd bei Grevenbroich (Miozän, Rheinland). – Braunkohle 17: 315 - 324, Düsseldorf.
- KILLPER, K. (1968): Koniferen aus den tertiären Deckschichten des niederrheinischen Hauptflözes, 3. Taxodiaceae und Cupressaceae. – Palaeontographica Abt. B 124 (4 - 6): 102 - 111, Stuttgart.
- KRUTZSCH, W. (1970): Atlas der mittel- und jungtertiären dispersen Sporen- und Pollen- sowie der Mikroplanktonformen des nördlichen Mitteleuropas Liefg. VII: 111 - 175, Jena.
- KVAČEK, Z. (1968): Some members of Magnoliaceae from the European Tertiary. – Paleont. Conference 77 – Univ. Karlova 1978: 169 - 182, Praha.
- KVAČEK, Z. & BŮŽEK, Č. (1966): Einige interessante Lauraceen und Symplocaceen des nordböhmisches Tertiärs. – Věst. Úst. geol., XLI (4): 291 - 294, Praha.
- KVAČEK, Z. & WALTHER, H. (2001): The Oligocene of Central Europe and the development of forest vegetation in space and time based on megafossils. - Palaeontographica Abt. B 259 (1 - 6): 125 - 148, Stuttgart.
- KVAČEK, Z. & WILDE, V. (2001): A critical re-evaluation of monocotyledons as described by WEYLAND and co-authors from the Rhenish browncoal (Miocene, Germany). - Palaeontographica Abt. B 273 (4 - 6): 139 - 160, Stuttgart.
- KUNZMANN, L. (1999): Koniferen der Oberkreide und ihre Relikte im Tertiär Europas. – Abh. Staatl. Mus. Mineral. Geol. Dresden 45: 1 - 134, Dresden.
- LITKE, R. (1966): Kutikularanalytische Untersuchungen im Niederlausitzer Unterflöz. – Paläont. Abh., B II (2): 327 - 426, Berlin.
- MAI, D. H. (1960): Über neue Früchte und Samen aus dem deutschen Tertiär. – Paläont. Z. 34: 73 - 90, Stuttgart.
- MAI, D. H. & SCHNEIDER, W. (1988): Über eine alttertümliche Konifere im Jungtertiär und deren Bedeutung für Braunkohlen- und Bernsteinbildung. - Feddes Rept. 99, 3 - 4: 101 - 112, Berlin.
- MENZEL, P. (1913): Beitrag zur Flora der niederrheinischen Braunkohlenformation. - Jb. preuß. geol. Landesanst für 1913. - 34 (I): 1 - 98, Berlin.
- NEUY-STOLZ, G. (1958): Zur Flora der Niederrheinischen Bucht während der Hauptflözbildung unter besonderer Berücksichtigung der Pollen und Pilzreste in den hellen Schichten. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf. 2: 503 - 525, Krefeld.
- PINGEN, M. (2001): Eine Karpoflora aus dem Untermiozän des Tagebaus Fortuna-Garsdorf (Nordrheinwestfalen, Deutschland). - Palaeontographica Abt. B 259 (1 - 6): 221 - 233, Stuttgart.
- SCHNEIDER, W. (1969a): Cuticulae dispersae aus dem 2. Lausitzer Flözhorizont (Miozän) und ihre fazielle Aussage. – Freib. Forsch.-H., C., 222: 1 - 75, Leipzig.
- SCHNEIDER, W. (1969c): *Oudhkusumites* Srivastava – genre pouvant appartenir a des trichomes végétaux dispersés? – Revue de Micropaleontologie 12 (1): 40 - 45, Paris.
- SCHNEIDER, W. (1974): Über tertiäre Koniferenreste, insbesondere aus der oberoligozänen Braunkohle von Bitterfeld. – Abh. Staatl. Mus. Mineral. Geol. 21: 121 - 141, Dresden.

- SCHNEIDER, W. (1990): Die neue Deutung von *Marcoduria inopinata* WEYLAND 1957 und ihre kohlengeologische Konsequenz. – Z. geol. Wiss. 18(10): 911 - 918, Berlin.
- SCHNEIDER, W. (1995): Paleohistological studies on Miocene brown coals of Central Europe. – Int. J. Coal Geol., 28 (2 - 4): 229 - 249, Amsterdam.
- SCHNEIDER, W. (2004): Eine blätterführende Taphocoenose im 2. Miozänen Flöz von Nochten (Lausitz): Taxonomie, Taphonomie und Phytostratigraphie. - Palaeontographica Abt. B 268 (1 - 3): 1 - 74, Stuttgart.
- SCHNEIDER, W. (2005): *Piliparicutis hradekensis* (KVAČEK & BŮŽEK) SCHNEIDER 2003 (Lauraceae, *Ocotea* AUBL. 1775). – Documenta naturae 155 (4): 1 - 41, München.
- SCHNEIDER, W. (2007): *Magnolia* L. in peat-forming associations of the Miocene seams in Lower Lusatia (East Germany) - Acta Palaeobotanica 47(1): 217 - 235, Kraków.
- SCHNEIDER, W. (2010): Paläobotanik der tertiären Moorlandschaften im Raum Gräbendorf/Niederlausitz mit besonderer Berücksichtigung der Oberbank des 2. Miozänen Flözkomplexes. - Natur und Landschaft in der Niederlausitz 29: 42 - 80, Cottbus.
- SCHUBERT, K. (1961): Neue Untersuchungen über Bau und Leben der Bernsteinkiefern [*Pinus succinifera* (CONW.) emend.]. - Beih. Geol. Jb. 45:1 - 149, Hannover.
- SONTAG, E. (1966): Mikrobotanische (palynologische Untersuchungen am 2. Niederlausitzer Flözhorizont. - Geologie 15 (Beiheft 54): 11 - 141, Berlin.
- STUHLIK, L. ed. (2002): Atlas of pollen and spores of the Polish Neogene Vol. 2 – Gymnosperms. – 231pp., Kraków.
- TEICHMÜLLER, M. & THOMSON, P. W. (1958): Vergleichende mikroskopische und chemische Untersuchungen der wichtigsten Fazies-Typen im Hauptflöz der niederrheinischen Braunkohle. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf. 2: 573 - 598, Krefeld.
- THIERGART, F. (1949): Die Pollenflora der Niederlausitzer Braunkohle besonders im Profil der Grube Marga bei Senftenberg. – Jb. preuß. geol. Landesanst., 58: 282 - 348, Berlin.
- THIERGART, F. (1949): Die *Sciadopitys*-Zone und der *Sciadopitys*-Vorstoß in der niederrheinischen Braunkohle. – Braunkohle, Wärme und Energie Jg. 1949:153 - 156, Düsseldorf.
- THOMSON, P. W. (1958): Die fossilen Früchte und Samen in der niederrheinischen Braunkohlenformation. - Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf. 2: 549 - 553, Krefeld.
- WEYLAND, H. & SCHÖNFELD, E. (1958): *Pinus marcoduriae* n. sp., eine neue Kieferform aus der Braunkohle der Ville. – Palaeontographica Abt. B 104 (1 - 3): 138 - 150, Stuttgart.
- WEYLAND, H. (1957): Kritische Untersuchungen zur Kutikularanalyse tertiärer Blätter III. Monocotylen der rheinischen Braunkohle. – Palaeontographica Abt. B 104 (1 - 3): 34 - 74, Stuttgart.
- WEYLAND, H. & KILPPER, K. (1963): Kritische Untersuchungen zur Kutikularanalyse tertiärer Blätter VI. – Palaeontographica Abt. B, 113: 93 - 116, Stuttgart.
- WEYLAND, H., KILPPER, K. & BERENDT, W. (1967): Kritische Untersuchungen zur Kutikularanalyse tertiärer Blätter VII. – Palaeontographica Abt. B, 120: 151 - 168, Stuttgart.
- WEYLAND, H., THOMSON, P. W. & MANKE, H. (1954): Die Pflanzenreste der Tongyttjaschicht des Flözes IV in der Grube Liblar, Bez. Köln, und ihre ökologische Auswertung. – Palaeontographica Abt. B, 96 (5 - 6): 98 - 105, Stuttgart.
- WÖLK, E. (1935): Mächtigkeit, Gliederung und Entstehung des Niederrheinischen Hauptbraunkohlenflözes. – Mitt. aus dem geolog. Mineralog. Institut der Univ. Köln, 1 - 163, Bonn.

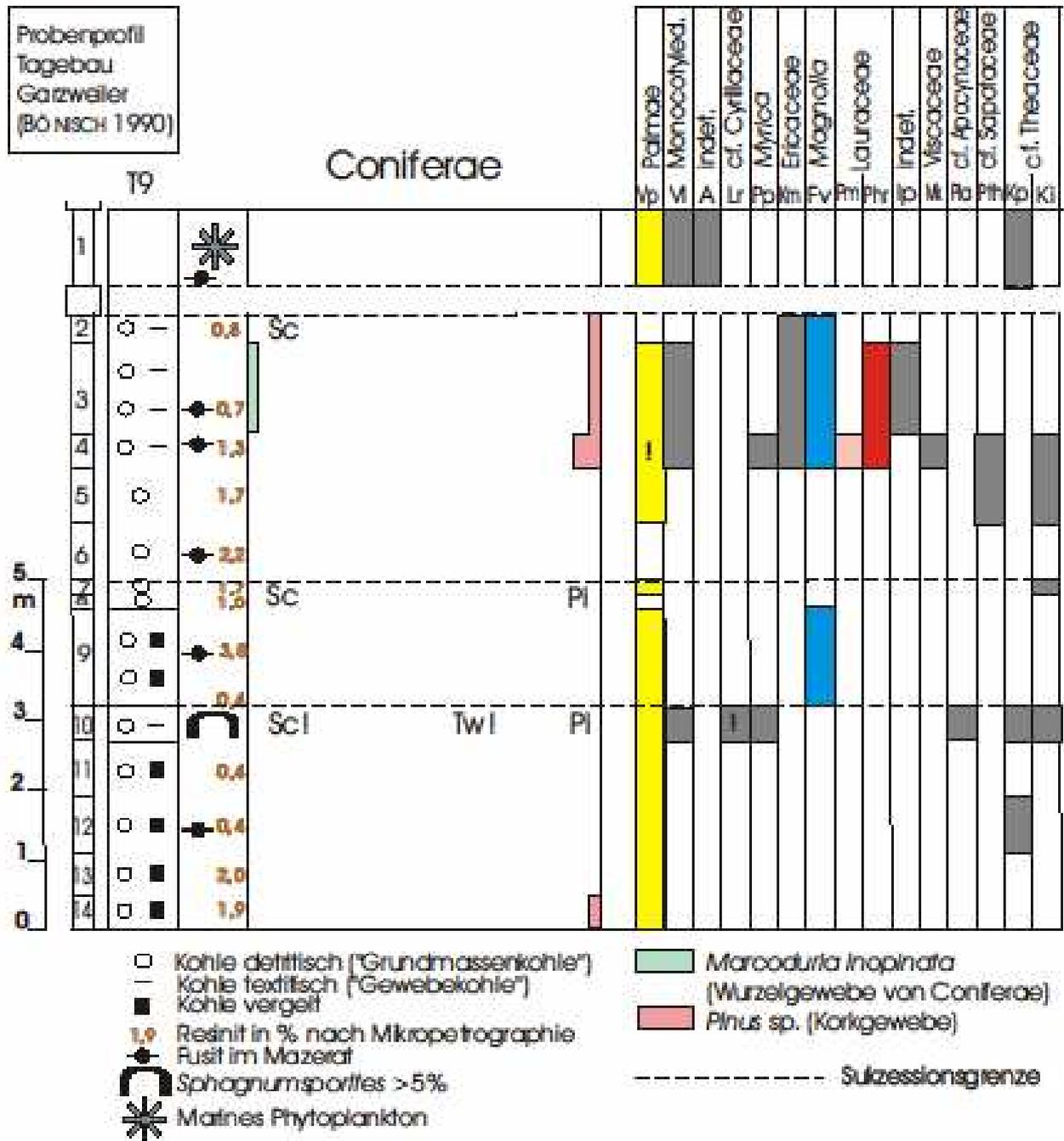
WOROBIEC, G., WOROBIEC, E. & KASIŃSKI, J. (2009): Plant assemblages of the drill cores from the Neogene Ruja lignite deposit near Legnica (Lower Silesia, Poland). – *Acta Palaeobotanica* 48 (2): 191 - 275; Kraków.

Bildunterschriften für die Abb. 1 und 2

- Sc *Sciadopitycutis marcodurensis* (WEYLAND, KILPPER & BERENDT) SCHNEIDER (*Sciadopitys*)
Pi *Pinicutis hexacytica* SCHNEIDER (*Pinus*)
Tw *Enormicutis ovalicavata* SCHNEIDER (*Taiwania*)
Cu *Cunninghamia miocenica* ETTINGSHAUSEN
Sx *Enormicutis saxonica* SCHNEIDER (*Cupressospermum*)
Vp *Versiplamicutis undulata* (Arecaceae/Palmae)
Px Palmenholz
VI *Varipilicutis liblarensis* (KRÄUSEL & WEYLAND) SCHNEIDER (Monocot. inc. sedis)
A *Anthuriophyllum spectabile* WEYLAND (Monocot. inc. sedis)
Ag *Alternicutis gibba* SCHNEIDER (Poaceae-Süßgräser)
7 NFu 7 LITKE (Monocot. inc. sedis)
Lr *Lusaticutis rugosa* SCHNEIDER (cf. Cyrillaceae)
Lo *Lusaticutis ovirima* SCHNEIDER (Dicot. inc. sedis)
Sh *Silicophyllum heerlenense* WEYLAND, KILPPER & BERENDT (Dicot. inc. sedis)
Qr *Quercus rhenana* (KRÄUSEL & WEYLAND) KNOBLOCH & KVAČEK
Pp *Pelticutis parvirima* SCHNEIDER (*Myrica*)
Km *Kalmiophyllum marcodurensis* KRÄUSEL & WEYLAND (Ericaceae)
Fv *Falcicutis varians* (*Magnolia*)
Pm *Piliparicutis macrostoma* (Lauraceae)
Phr *Piliparicutis hradekense* (Lauraceae)
Pps *Piliparicutis pseudoprinceps* (Lauraceae)
Ip *Intuticutis pulchra* SCHNEIDER (Dicot. inc. sedis)
Mk *Magnicutis kirsti* (Viscaceae)
Pla *Palaquiophyllum latetorosum* WEYLAND & KILPPER (cf. Apocynaceae)
Pth *Pilimparicutis thomsoni* (KRÄUSEL & WEYLAND) SCHNEIDER
Kp *Krauselicutis punctata* SCHNEIDER (cf. Theaceae)
Ki *Krauselicutis ingens* SCHNEIDER (cf. Theaceae)

Abb. 2

Faziesprofil im Flöz Morken mit Darstellung der dispersen Kutikulen und ausgewählten kohlenpetrographischen Merkmalen. Abkürzungen für die paläobotanischen Taxa (analog zu Abb. 1).



Tafeln

Das abgebildete Material (Mazerationspräparate der Profilproben) ist im Laboratorium für Organische Petrologie (LAOP), Straße der Freundschaft 92, 02991 Lauta archiviert.

Tafel 1

Fig. 1 *Enormicutis ovalicavata* SCHNEIDER (Kutikula von *Taiwania schaeferi* SCHLOEMER-JÄGER), adaxiale (der Achse des Zweiges zugewandte) Oberfläche eines schuppenförmigen Blättchens mit einem zur Blattspitze sich verjüngenden Spaltöffnungsstreifen. Ovale „Wallöffnungen“ von etwa gleich breiten Nachbarzellen rosettenartig umgeben. Flöz Morken, Tagebau Garzweiler Präp. Profil T 9/1.10/2680.

Fig. 2: *Enormicutis saxonica* SCHNEIDER (Kutikula von *Cupressospermum saxonicum* MAI), Flöz Frimmersdorf (Top), Tagebau Garzweiler. Präp. Profil T1/1.1.
Adaxiale (der Zweigachse zugewandte) Oberfläche mit Spaltöffnungsapparaten.

Fig. 3 - 7: *Inaperturopollenites* morphospecies, möglicherweise zu *Cupressospermum* gehörig, Flöz Frimmersdorf (Top) Tagebau Garzweiler. Präp. Profil T1/1.1.

Fig. 8: dto. Aus einer monotypischen *Cupressospermum*-Taphocoenose im Unterflöz von Goitsche /Bitterfeld. Präp. 3316.

Fig. 9 - 11: *Sciadopitys tertiaria* MENZEL. Flöz Garzweiler im Tagebau Hambach. (Leg. R.BÖNISCH/C. NIEMZ 1998, Probe Nr. 37861). Senckenberg Naturhist. Sammlungen Dresden.

9: Doppelnadel quer gebrochen. Unterseite zentral mit tiefer Rinne, in welcher sich die Spaltöffnungen befinden. Zu beachten ist die außerordentlich dicke Kutikula.

10: Spaltöffnungen, unter einem Filz langgestreckter Papillen mit gerunzelter Oberfläche. REM Aufnahme Senckenberg Naturhistorische Sammlungen Dresden.

11: Randbereich des eingetieften Spaltöffnungsstreifens. Allmähliche Zunahme der Länge der Papillen. REM Aufnahme Senckenberg Naturhistorische Sammlungen Dresden.

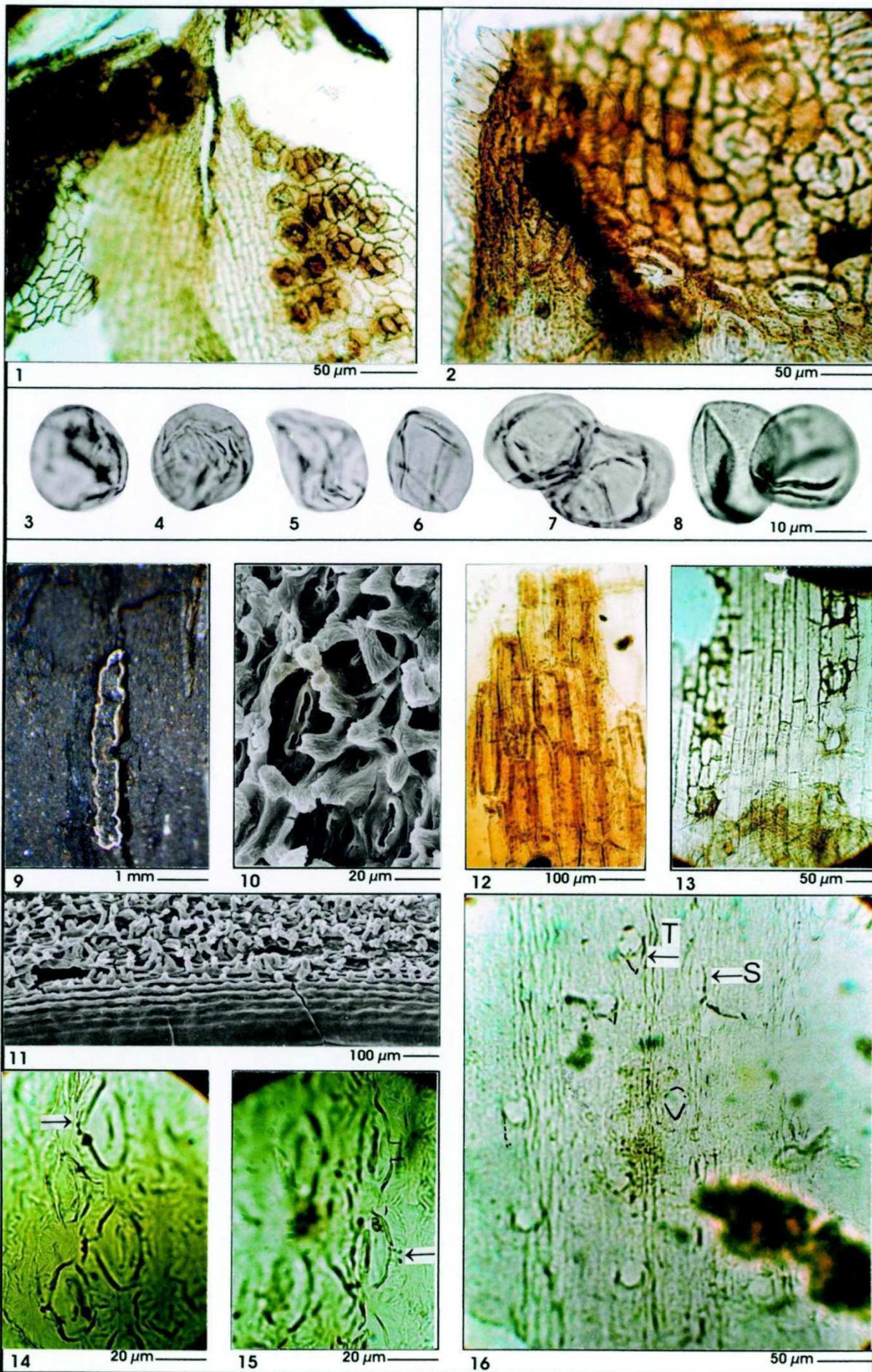
Fig. 12: *Marcoduria inopinata* WEYLAND. Gewebescheide mit stark verdickten Antiklinen, im Querschnitt zickzack-förmig. Flöz Frimmersdorf, Tagebau Garzweiler. Profil T3/1.6, Präp. 2675.

Fig. 13: *Pinicutis hexacytica* SCHNEIDER. Kutikula mit zwei Reihen von Spaltöffnungsapparaten. Umgrenzung der Wallöffnung sechseckig. Flöz Frimmersdorf, Tagebau Garzweiler. Profil T3/15376, Präp. 2678.

Fig. 14 - 15: *Alternicutis gibba* SCHNEIDER (Poaceae-Süßgräser).Kutikula mit je zwei Reihen von Stomataapparaten in alternierender Anordnung. Zu beachten die viereckigen Ausbuchtungen der Nebenzellen (N). Flöz Frimmersdorf, Tagebau Garzweiler. Profil T3/15376, Präp. 2678.

Fig. 16: *Graminophyllum* morphospec. Spaltöffnungsapparate in Reihen (rechts). Trichopodien (Haarbasen) in Reihen (links), je ein dreieckig zugespitztes Trichom (T) tragend. Flöz Frimmersdorf, Tagebau Garzweiler. Profil T13/15376, Präp. 2678.

Tafel 1



Tafel 2

Fig. 1 - 2: Kutikula incertae sedis NFu 7 LITKE, Flöz Frimmersdorf, Tagebau Garzweiler. Präp. Profil T3/10/2678.

1: Spaltöffnungsapparat. Seitliche Nebenzellen sichelförmig mit undulierter distaler Wand. Die in Längsreihen geordneten Oberhautzellen zeigen noch stärker ausgeprägte Wellung der Antiklinalwände.

2: Zwei aneinander grenzende Spaltöffnungsapparate.

Fig. 3: *Varipilicutis liblarensis* (KRÄUSEL & WEYLAND) SCHNEIDER. Spaltöffnungsapparat mit zwei lateralen Nebenzellen (parazytischer Typus). Schwarze ovale Aggregate zu einem auf die Mutterpflanze spezialisierten Blattpilz gehörig. Flöz Frimmersdorf, Tagebau Garzweiler. Präp. Profil T3/10/2678.

Fig. 4: *Dicolpopollenites kockeli* PFLANZL. Aus einer reichen Population mit Kutikulen von *Cupressospermum* und *Varipilicutis liblarensis*. Flöz Frimmersdorf Top, Tagebau Garzweiler. Präp. Profil T1/1.1.

Fig. 5 - 8: *Oudhkusumites Form G* SCHNEIDER. Flöz Frimmersdorf, Tagebau Garzweiler. Präp. Profil T3/2679.

5: Drüsenähnliches Aggregat aus dickwandigen Zellen in situ auf einer zarten Kutikula.

6: Teil der gleichen Kutikula. In Längsreihen angeordnete rechteckige Zellen mit gekörnelter Oberfläche. Etwas überhalbkugelige zarte Haarbildungen einer kreisförmigen dickwandigen Basiszelle aufsitzend.

7: wie 6, stärker vergrößert.

8: Haar in Seitenansicht.

Fig. 9: *Lusaticutis rugosa* SCHNEIDER, vermutlich zu den Cyrillaceae gehörig. Spaltöffnungsapparate kreisrund und ohne besonders differenzierte Nebenzellen. Flöz Frimmersdorf, Tagebau Garzweiler. Profil T3/1.6/2675.

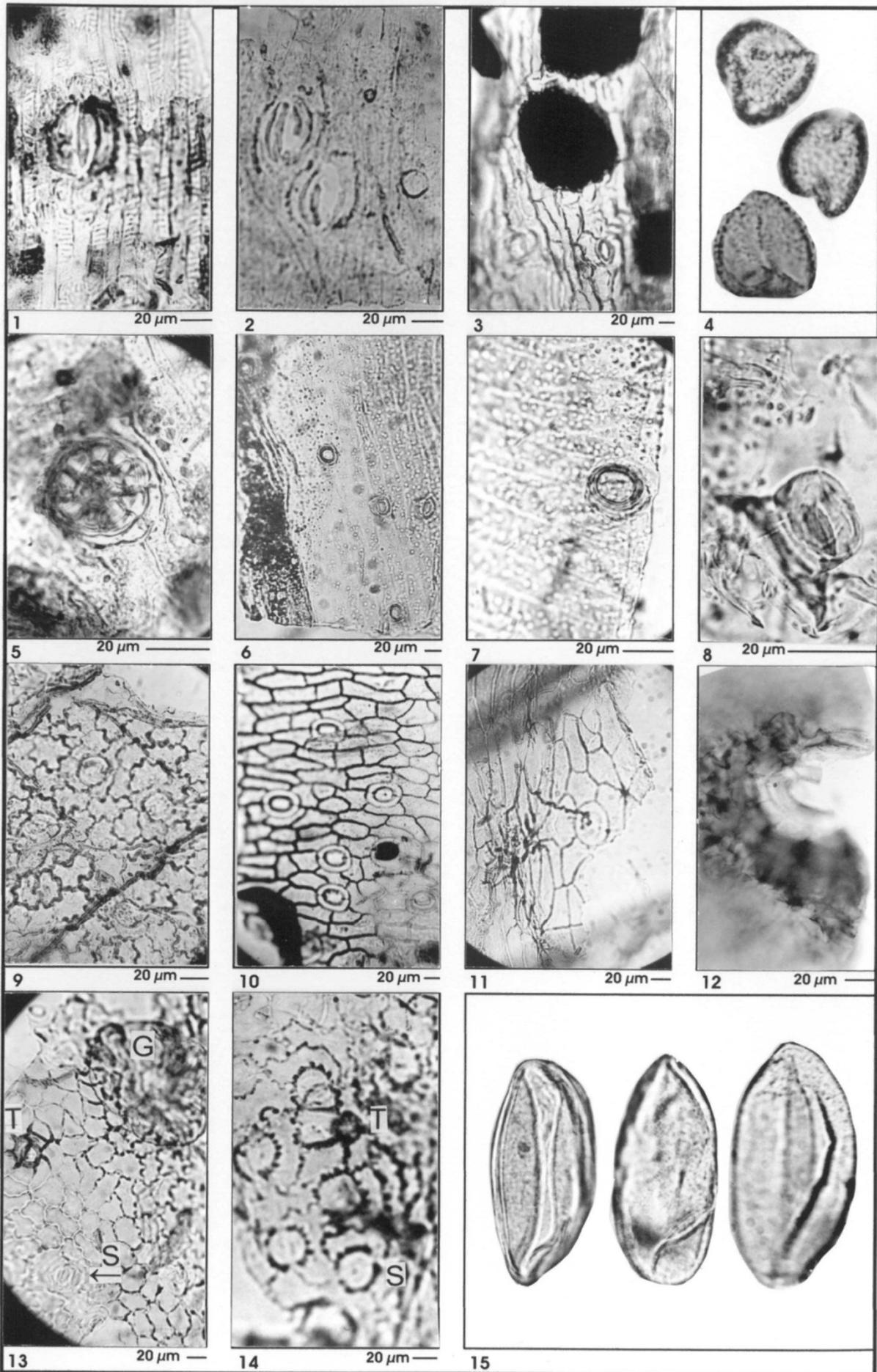
Fig. 10, 11: *Lusaticutis ovirima* SCHNEIDER. Kutikula eines nur wenige Millimeter großen Blättchens unbekannter Zugehörigkeit. Spaltöffnungen oval, ohne Nebenzellen. Fig. 11 mit Drüsenöffnungen. Flöz Frimmersdorf, Tagebau Garzweiler. Profil T3/1.13, Präp. 2678.

Fig. 12: *Anthuriophyllum spectabile* WEYLAND. Teil einer Spaltöffnung, von kleinzelligem, stark kutinisierten Gewebe umgeben. Flöz Morken, Top, Tagebau Garzweiler. Profil T9/1.1.

Fig. 13: *Pelticutis parvirima* SCHNEIDER (Kutikula von *Myrica* - Gagelstrauch). Zweizellige Drüsenfüße (T), schildförmige Drüse (G) in situ, Spaltöffnungsapparate (S) klein, kreisrund, an den Polen eingekerbt. Flöz Frimmersdorf, Tagebau Garzweiler. Profil T3/1.13, Präp. 2678.

Fig. 14: *Falcicutis varians* SCHNEIDER, die Kutikula der flözbildenden Magnolie. Spaltöffnungsapparate (S) kreisförmig mit fein gezähnelten Außenwänden. Einzelne Haarbasis (T). Flöz Frimmersdorf, Tagebau Garzweiler. Profil T13/1.6, Präp. 2675.

Fig. 15: *Magnoliapollenites magnolioides* KRUTZSCH. Pollenkörner langoval, 43-50 µm lang, mit einer das Korn über die gesamte Länge öffnenden Keimfalte (Sulcus). Feine Stäbchen-Skulptur. Flöz Morken, Tagebau Garzweiler. Profil T9/1.10.



Tafel 3

Fig. 1: *Piliparicutis hradekensis* (KVAČEK & BŮŽEK 1966) SCHNEIDER 2005. Kutikula der Blattunterseite (abaxial), Flöz Frimmersdorf Basis, Tagebau Garzweiler. Präp. Profil T3/1.17/2677.

Fig. 2: dto., Hauptflöz (Flöz II) Niveau *Sequoia*-Stubbenhorizont, Probe B 53-5 (M. TEICHMÜLLER & THOMSON 1958).

Fig. 3: cf. *Piliparicutis hradekensis* (KVAČEK & BŮŽEK 1966) SCHNEIDER 2005. Stomata kleiner als in 1 und 2, an den Polen aufgebeult. Skulpturierung im Bereich der Nachbarzellen. Flöz Frimmersdorf, Tagebau Garzweiler. Präp. Profil T3/1.6/2675.

Fig. 4: *Palaquiophyllum latetorosum* WEYLAND & KILPPER 1963. Kutikula der Blattunterseite (abaxial), Kutikula mit wulstiger Streifung. Spaltöffnungen oval. Flöz Frimmersdorf Top, Tagebau Garzweiler. Präp. Profil T7/1.5/2684.

Fig. 5: *Kraeuselicutis punctata* SCHNEIDER. Kutikula der Blattunterseite (abaxial), Stomata mit kräftiger distaler Ringleiste. Flöz Morken Top, Tagebau Garzweiler. Präp. Profil T9/1.1/2690.

Fig. 6: *Kraeuselicutis* morphosp. Kutikula der Blattunterseite (abaxial), Antiklinalwände kräftig, bogig, getüpfelt. Schließzellen mit ringförmig verbundenen starken äußeren Kutikularleisten. Flöz Frimmersdorf, Tagebau Garzweiler. Präp. Profil T7/1.12/2681.

Fig. 7: Harz, Bruchstück, fast farblos, mit Blasen sehr unterschiedlicher Größe. Flöz Frimmersdorf Top, Tagebau Garzweiler. Präp. Profil T1/1.1.

Fig. 8: Harz (?). Kugelige Körner, oft zu Reihen geordnet. Farblos, mit schaumiger Struktur. Flöz Frimmersdorf Top, Tagebau Garzweiler. Präp. Profil T1/1.1.

Fig. 9 - 11: Harz. Körner oval, oft äquatorial eingeschnürt (11), honiggelb, radial und konzentrisch strukturiert. Flöz Frimmersdorf Top, Tagebau Garzweiler. Präp. Profil T1/1.1.

Fig. 12 - 13: Kristalle. Tetragonale Bipyramiden. Farblos oder gelblich, ähnlich den Harzen. Flöz Morken, Tagebau Garzweiler. Präp. Profil T9/1.2/2674.

Fig. 14: Harze kugelig, honigbraun, überwiegend Sekretkörper aus Magnolienblättern (mit Kutikula *Falcicutis varians* SCHNEIDER). Teilweise in Massenvorkommen. Flöz Morken, Tagebau Garzweiler. Präp. Profil T9/1.6.

Tafel 3

