

Übersicht über die Sporenassoziationen (*lepidophyta*- bis *pusilla*-Zone) aus dem Unterkarbon der Bohrung Neuenkirchen 2/1973 (Insel Rügen, NE-Deutschland)

Gusti Burmann¹

Mit 1 Abbildung, 5 Tabellen und 2 Anhängen

Zusammenfassung

Es wird die Sporenzonierung für das Tournai (einschließlich der Grenzschichten) der Bohrung Neuenkirchen 2/73 auf der Insel Rügen (NE-Deutschland) vorgelegt – von der *lepidophyta*-Zone var. *minor*-Subzone des Tn1a des obersten Devons bis zur *pusilla*-Zone des tieferen Visé. Das Profil wird verglichen mit der Zonenabfolge aus der Bohrung Wiek 4/70 (Burmans 1975). Zur *lepidophyta*-Zone liegen vergleichbare Daten aus dem Harz vor (Burmans 1976).

Die untersuchte Abfolge von Sporenzonen umfasst die *lepidophyta*-Zone mit der var. *minor*-Subzone (höheres Tn1a): PA (*pusillites-asperitis*; Tn1b); NRH (*nitidus-rarituberculatus-hederatus*; Tn1b–Tn2); ND (*nitidus-distinctus*; Tn2); RM (*rarituberculatus-minutissimus*; tieferes Tn3); CM (*claviger-macra*; höheres Tn3); Pu (*pusilla*; V1a+V1b; Obergrenze der Pu-Zone nicht erfasst). Die stratigraphische Einbindung der Sporenzonen erfolgte durch makrofaunistische Datierungen. Die Pu-Zone ist in beiden Bohrungen untergliederbar durch einen Horizont mit *Gloeocapsamorph*.

Schlüsselwörter: Rügen, Harz, Sporenzonierung, Devon/Karbon-Grenze, Tournai, Visé, *lepidophyta*-Zone, *pusilla*-Zone.

Abstract

Lower Carboniferous spore assemblages (*lepidophyta* zone to *pusilla* zone) in the Neuenkirchen 2/1973 borehole of Rügen Island, NE Germany

A spore zonation is given for the Tournaisian sequence of the Neuenkirchen 2/73 borehole on the island of Rügen (NE Germany). The deposits range from the *lepidophyta* zone var. *minor* subzone of the uppermost Famennian (Tn1a) to the *pusilla* zone of the basal Viséan. The results are compared with the miospore zonation of the borehole Wiek 4 (Burmans 1975), and comparable dates for the *lepidophyta* zone from the Harz mountains (Burmans 1976).

In ascending order the miospore zones examined are: *lepidophyta* zone with var. *minor* subzone (upper part of Tn1a); PA (*pusillites-asperitis*; Tn1b); NRH (*nitidus-rarituberculatus-hederatus*; Tn1b–Tn2); ND (*nitidus-distinctus*; Tn2); RM (*rarituberculatus-minutissimus*; lower part of Tn3); CM (*claviger-macra*; upper part of Tn3); Pu (*pusilla*; V1a+V1b; the upper boundary of the Pu zone is not determined). The stratigraphy of the spore zones is also compared with the macrofaunal data. The Pu zone in both boreholes is divided into two parts by a horizon with *Gloeocapsamorph*.

Key words: Rügen, Harz, spore zonation, Devonian-Carboniferous boundary, Tournaisian, Viséan, *lepidophyta* zone, *pusilla* zone.

Einleitung

Die erste Sporenzonierung für das Unterkarbon von Rügen (Burmans 1975) umfasste den stratigraphischen Abschnitt von der *lepidophyta*-Zone, var. *minor*-Subzone (höheres Tn1a) des höchsten Oberdevons bis zur *pusilla*-Zone (erfasst im V1a und V1b) des tieferen Visé. Den Schwerpunkt bildete das Tournai mit seinen Grenzbereichen; die erarbeitete Zonierung beruhte auf den Daten aus der Bohrung Wiek 4 unter Einbeziehung von verallgemeinerten Da-

ten auch anderer Rügen-Bohrungen, die im Detail nicht benannt werden durften. Wert wurde auf eine makrofaunistische Eichung der Sporenzonen gelegt. Danach erschien als stratigraphische Ergänzung zum Profil von Rügen (speziell des Devon/Karbon-Grenzbereiches) eine Arbeit über die *lepidophyta*-Zone (var. *minor*-Subzone und var. *typica*-Subzone) im Mittelharz (Burmans 1976).

Später haben Carson & Clayton (1997) nach einer Bearbeitung der Unterkarbon-Profile der Bohrungen Rügen 2/1967 und Wiek 3/1968 eine

¹ Museum für Naturkunde Berlin, Institut für Paläontologie, Invalidenstr. 43, D-10115 Berlin, Germany.

E-Mail: gusti.burmann@rz.hu-berlin.de

Erhalten März 2001, angenommen Juli 2001

Sporenzonierung für Rügen vorgestellt, in der nur das basale sowie das höchste Unterkarbon nicht erfasst waren. Jäger (2000) untersuchte die Unterkarbon-Profile der Bohrungen Dranske 1/1968 und Dranske 2/1970 und folgte im Wesentlichen der Zonengliederung von Carson & Clayton (1997) für Rügen.

Diese neueren Bearbeitungen erfassen schwerpunktmäßig das Visé. Während Burmann in den Arbeiten der siebziger Jahre jeweils um eine regionale Einbindung der damals erst im Aufbau befindlichen Sporenzonierung in die makrofaunistische Gliederung der Rügen-Bohrungen bemüht war, sind Carson, Clayton und Jäger offenbar einen anderen methodischen Weg gegangen. Im Ergebnis gibt es einen Widerspruch der Daten dieser Bearbeiter zu den Angaben der lithostratigraphisch/makrofaunistisch kontrollierten Gliederung des Unterkarbons von Rügen nach Hoffmann et al. (1975, 2002). Insbesondere betrifft das die abweichende Lage der Tournai/Visé-Grenze (Carson & Clayton 1997: 221). Ein weiteres Spezifikum von Rügen ist die erschwerte sporenstratigraphische Gliederungsmöglichkeit des Visé, da sich die Sporenzonen des Visé Westeuropas nicht ohne weiteres übertragen lassen.

Dieser Kenntnisstand lässt sich durch den nachfolgenden Beitrag in drei wichtigen Punkten für das tiefere Unterkarbon von Rügen erweitern:

- Die sporenstratigraphische Gliederung der Bohrungen Neuenkirchen 2 und Wiek 4 im Bereich der Tournai-Visé-Grenze wird dargestellt (CM-Zone und Pu-Zone). Dabei gibt es keinen Widerspruch (!) zwischen der Basis der Pu-Zone s. l. (überregionale Anwendung) und der makrofaunistisch fixierten Tournai-Visé-Grenze in beiden Bohrungen.
- Es werden erstmals aus der Bohrung Neuenkirchen 2 die Detailangaben zur *lepidophyta*-Zone auf Rügen mitgeteilt, die bereits in Burmann (1975: 881, 883, 884) in das Zonierungsschema von Rügen in allerdings verallgemeinerter Form aufgenommen wurden. Die gleiche bohrungsbezogene Präzisierung ist nunmehr auch möglich für die PA- und ND-Zone, die 1975 ebenfalls bereits in das Übersichtsschema für Rügen (ohne Hinweis auf die Herkunft Bohrung Neuenkirchen 2) eingebunden waren.
- Die Kernmarsche eines einzigen Bohrprofils (Neuenkirchen 2) liefern eine durchgehende sporenstratigraphische Abfolge vom höchsten Oberdevon (höheres Tn1a) über das Tournai bis zum tieferen Visé (V1b).

Material und Methode

Die Lage der Unterkarbon-Bohrpunkte auf der Insel Rügen ist in Abb. 1. dargestellt.

Die bisher sporenstratigraphisch untersuchten Unterkarbon-Profile gehören zu den Bohrungen Neuenkirchen 2/1973, Wiek 4/1970 und Sagard 1/1970 (Burmam unpubl. Berichte 1971, 1974; Burmann 1975 und diese Arbeit) sowie Rügen 2, 1967 und Wiek 3/1968 (Carson unpubl. Diss. 1995; Carson & Clayton 1997) und Dranske 1/1968 und Dranske 2/1970 (Jäger 2000). Alle genannten Bohrungen haben das Unterkarbon durchteuft.

Die Kernmarsch-bezogene Darstellung der Bohrung Neuenkirchen 2 mit den makrofaunistischen Datierungen (nach Dr. D. Weyer, unpubl.) und ausgewählten sporenstratigraphischen Daten sind als Übersicht der Tab. 1 zu entnehmen. Tab. 2 vergleicht die Sporenzonen der Bohrung Neuenkirchen 2 und Wiek 4 mit dem Zonenschema in Westeuropa. Taxonomische Daten sind der Taxa-Liste (Anhang 1) zu entnehmen. Im Anhang 2 sind die Vergleichsgrundlagen für die *lepidophyta*-Zone aus der Bohrung Neuenkirchen 2 aufgeführt. Die Einzeldaten zu den Bohrungen Neuenkirchen 2 und Wiek 4 werden im Teil 2 vorgelegt.

Die Arbeiten zur Bohrung Neuenkirchen 2 wurden (zeitlich mit der Bearbeitung der Bohrung Wiek 4 und Sagard 1) im Wesentlichen 1974 ausgeführt, als sporenstratigraphische Zonierungen im Unterkarbon noch nicht auf ihre volle korrelative Aussage überprüft waren. Es wurde deshalb Wert gelegt auf eine regionale biostratigraphische Eichung. Makrofaunistische Einstufungen und sporenstratigraphische Dater der Bohrung Wiek 4 (Burmam 1975) werden zum Vergleich mit einbezogen. Die von Burmann (1975) publizierte Sporengliederung zum Unterkarbon von Rügen ging auf die einmalige Gelegenheit zurück, zum Karbonkongress in Moskau 1975 einen Beitrag publizieren zu dürfen. Trotzdem war es nur möglich, offiziell die Bohrung Wiek 4 zu nennen und nicht die Neuenkirchen 2, deren Daten aber im wesentlichen Eingang in das publizierte Sporenzonenschema von Rügen fanden, da Letztere keine reine Forschungsbohrung war. Dies wird nunmehr ergänzt durch die Publikation der Untersuchungsergebnisse zur Bohrung Neuenkirchen 2/1973.

In der Arbeit von Burmann (1975) muss unterschieden werden zwischen

- den Detaildaten in Form der taxonomischen Daten aus einem Tn1b–Tn2 Kernmarsch (NRH-Zone) der Bohrung Wiek 4, aus dem sämtliche fotografischen Abbildungen der Tafeln I–IX entstammten,
- der Sporenzonenabfolge der Bohrung Wiek 4 (NRH-?hangende RM-, obere CM=Pu-Zone sensu lato) mit makrofaunistischen Datierungen von Tn1b–Tn2 bis V1b und
- der Zusammenstellung einer Sporenzonenabfolge für die Insel Rügen, in die außer den genannten sporenstratigraphischen Daten der Bohrung Wiek 4 auch bereits zusätzliche Daten aus der Bohrung Neuenkirchen 2 eingeflossen sind (ohne dass der Fundort dieser ergänzenden Sporenzonen *lepidophyta*-var. *minor*-Subzone, PA-Zone, NRH-ND-, RM-Zone benannt werden durfte). Die stratigraphische Zuordnung für das Schema der Sporenzonen von Rügen ist aber tabellarisch ausreichend klar dargestellt und textlich formuliert.

Trotzdem wurde durch Jäger (1999: 88) etwas missverstanden: die PA-Zone sowie die darunterfolgende *minor*-Subzone der *lepidophytus*-Zone sind nach heutigen Parallelierungen beide dem Tn1a zuzurechnen, also dem obersten Devon. Die makrofaunistische Eichung der PA-Zone vor Rügen erfolgte aber am Tn1b, die Zone enthält keine *lepidophyta*-Sporen mehr. Das Rügen-Profil der Unterkarbon-Sporenzonen setzt bei Jäger (1999: 91) in der Interpretationspalte zu Burmann (1975) erst ab der NRH-Zone mit ungegliedertem Tn1b–Tn2 ein, was nicht korrekt dargestellt ist: es beginnt bei Burmann (1975) und in dieser Arbeit mit der PA-Zone im Tn1b. Die Bohrung Neuenkirchen 2 ist die einzige Bohrung mit der vollständigen Abfolge aller erknenn

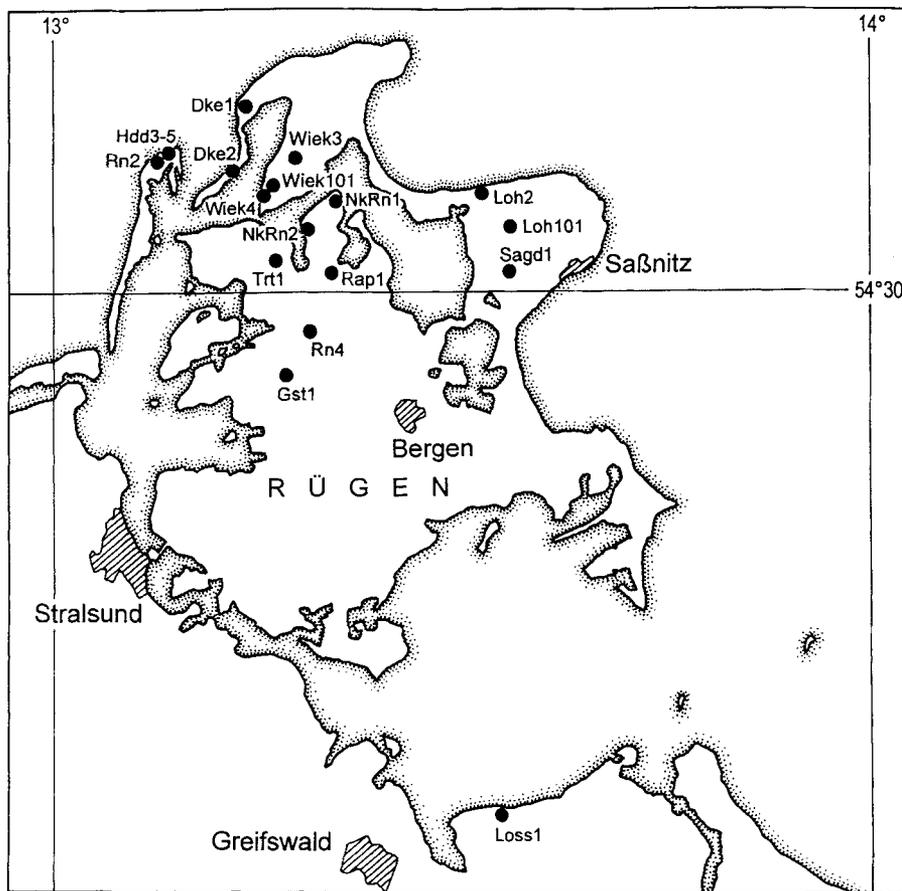


Abbildung 1. Bohrungen mit Unterkarbon auf der Insel Rügen. Im Text siehe Neuenkirchen 2 (NkRn2), Wiek 4, Sagard 1 und Bezug auf Rügen 2 (Rn 2), Wiek 3.

baren Sporenzonen im Tournai von Rügen (beginnend mit der var. *minor*-Subzone der *lepidophyta*-Zone an der Devon/Karbon-Grenze).

Die Schwierigkeit, das reale Erstauftreten von *Lycospora pusilla* zu erfassen, zwang zur Berücksichtigung anderer lokaler Hilfskriterien (Beispiel *Gloeocapsamorph*-Maximum im V1a). Bei überregionalen Vergleichen ist es unerlässlich, die von Autor zu Autor durchaus unterschiedlichen Kriterien der Zonendefinitionen und der Korrelation zu benennen.

Sporenstratigraphische Gliederung auf Rügen (Tournai und Grenzschichten)

Die in der Bohrung Neuenkirchen 2 ausgegliederten Sporenzonen sind in Tab. 1 und 2 aufgeführt. Das Profil widerspiegelt, trotz der Einschränkung durch die begrenzten Kernmärsche (Tab. 1), eine vollständige Abfolge von Sporenassoziationen vom höchsten Famenne bis zum basalen Visé, wie sie sonst auf Rügen (kernmarschbedingt) nicht erfasst wurde: *lepidophyta* var. *minor*-Subzone (höheres Tn1a); PA(*pusillites-asperitis*)-Zone (Tn1b); NRH(*nitidus-rarituberculatus-hederatus*)-Zone (Tn1b–Tn2); ND(*nitidus-distinctus*)-Zone (Tn2); RM(*rarituberculatus-minutissimus*-Zone (tieferes Tn3); CM(*claviger-macra*)-Zone (unterer Teil, ohne *Lycospora pusilla*; höheres Tn3); CM-Zone (oberer Teil, mit seltenen *Lycospora pusilla*; regionale Anwendung auch bei fehlen-

dem Nachweis von *L. pusilla*; V1a; basale Pu-Zone sensu lato) mit Einschaltung des *Gloeocapsamorph*-Horizontes (V1a) der Pu-Zone sensu lato; höherer Pu-Zonenanteil im V1(V?1b). Die Obergrenze der Pu-Zone ist in der Bohrung Neuenkirchen 2 durch fehlende Kernstrecken nicht erfasst.

Zum Vergleich steht die Sporenzonen-Gliederung der Bohrung Wiek 4 (Burmann 1975 und Burmann unpubl. 1971) zur Verfügung; im Prinzip ähneln sich die Abfolgen beider Aufschlüsse (Tab. 3).

Die in der Bohrung Wiek 4 nicht belegten Bereiche (Zonen ND und PA, *lepidophyta* var. *minor*-Subzone) sind durch dort fehlende Kernstrecken bedingt. Kann die NRH-Zone in beiden Bohrungen gut korreliert werden, so ist in der Wiek 4 die Äquivalenz zu der ND- und RM-Zone weniger deutlich ausgeprägt, wahrscheinlich durch die Lage der Kernmärsche.

Die CM-Zone ist in der Wiek 4 in ihrer typischen Ausprägung kernmarschbedingt ebenfalls nicht erfasst: nur der basale Übergang von der CM- zur RM-Zone ist wahrscheinlich gekernt worden. Der sporenstratigraphische Zusammenhang lässt sich wegen der Kernlücken nur vermuten, da die Abfolge im Gegensatz zur Neuenkirchen 2 unzureichend erfasst ist.

Für die Pu-Zone stellte sich der Nachweis eines spezifischen algenführenden Niveaus (*Gloeocapsamorpha*-Horizont) als wichtiges re-

gionales Korrelationskriterium im V1a beider Bohrungen heraus. Die Lage der Pu-Zonenbasis mit dem seltenen Einsetzen von *Lycospora pusil-*

Sporen aus dem Unterkarbon der Bohrung Neuenkirchen 2/73						
Stratigraphie	Teufe (m)	Lithologie	Proben-Nr.	Makrofauna	Sporenzone	Sporensassoziation
Oberkarbon	1400					
	1420,8 1428,2 1433,1		180-185 186-187	1425	sporenführend	
Unterkarbon					fossilfrei	
	1500					
	1517,0 1526,0		188-214	V1b?	Pu-Zone (<i>pusilla</i>) des V1a und V1b	<i>Lycospora pusilla</i> <i>Schopfites claviger</i> <i>Lophotriletes minutissimus</i> <i>Acanthotriletes dominans</i> <i>Acanthotriletes multisetus</i> <i>Rugospora</i> ; „ <i>Rugotriletes</i> “
	1585,0		215-217	V1a	V1a	zuzüglich: <i>Auroraspora solisorta</i> <i>Lophotriletes circumscriptum</i> <i>Camptozonotriletes velatus</i>
Vise	1600					
	1602,5 1620,5		1-16	V1a	V1a	
	1673,0 1684,5 1702,5		17-39 40-61	V1a	Gloeocapsamorpha- Horizont des V1a (?tieferes bis ?mittleres)	<i>Gloeocapsamorpha prisca</i> <i>Tomacia sarjeanti</i> ; <i>Lophosphaeridium</i> <i>Auroraspora macra</i> ; <i>Au. solisorta</i> <i>Schopfites claviger</i> <i>Lophotriletes minutissimus</i> <i>Acanthotriletes dominans</i> <i>Acanthotriletes multisetus</i> <i>Raistrickia clavata</i> <i>Raistrickia cf. corynoges</i> <i>Camptozonotriletes velatus</i> <i>Hymenozonotriletes aff. proelegans</i> <i>Rugospora</i> ; „ <i>Rugotriletes</i> “
	1780,0 1791,3		62-86	V1a?	CM-Zone (<i>claviger-macra</i>) höherer Teil (?basales V1a)	mit noch seltenen <i>Lycospora pusilla</i> <i>Schopfites claviger</i> , <i>Auroraspora macra</i> <i>Lophotriletes minutissimus</i> <i>Acanthotriletes dominans</i>
Tournai	1800					
	1810,0 1818,5 1827,8		87-105 106-116	Tn3?	CM-Zone (<i>claviger-macra</i>) des höheren Tn3 (bis tieferen V1a)	<i>Auroraspora macra</i> <i>Raistrickia clavata</i> , <i>Raistrickia corynoges</i> <i>Acanthotriletes multisetus</i> , <i>Ac. dominans</i> <i>Densosporites</i> sp.; <i>Endosporites</i> sp. <i>Spinozonotriletes uncatatus</i> <i>Verrucosisporites</i> sp.; <i>Convolutispora</i> sp. Einsetzen von <i>Cavatisporites microreticulatus</i>

Stratigraphie	Teufe (m)	Lithologie	Proben-Nr.	Makrofauna	Sporenzone	Sporenassoziation
Tournai	1900	1900,0	117-135	Tn3	RM-Zone (<i>rarituberculatus-minutissimus</i>) des tieferen Tn3	<i>Lophozonotriletes rarituberculatus</i> <i>Auroraspora macra</i> <i>Lophotriletes minutissimus</i> <i>Acanthotriletes dominans</i> , <i>Ac. multisetus</i> <i>Umbonatisporites distinctus</i> <i>Verrucosisporites nitidus</i> ; <i>V. aff. nitidus</i> <i>Hymenozonotriletes aff. proelegans</i>
	1909,0					
	1970,0		136-145	Tn2	ND-Zone (<i>nitidus-distinctus</i>) des höheren Tn1b-Tn2	<i>Verrucosisporites nitidus</i> <i>Umbonatisporites distinctus</i> <i>Knoxisporites literatus</i> var. <i>triangularis</i> <i>Knoxisporites hederatus</i> <i>Auroraspora cf. macra</i> <i>Spinozonotriletes uncatatus</i> <i>Acanthotriletes mirus</i> <i>Murospora aurita</i>
	1984,6					
	2000		146-167	Tn1b-Tn2	NRH-Zone (<i>nitidus-rarituberculatus-hederatus</i>) des Tn1b-Tn2	<i>Verrucosisporites nitidus</i> <i>Lophozonotriletes rarituberculatus</i> <i>Knoxisporites hederatus</i> <i>Dictyotriletes asperitis</i> <i>Lophotriletes tuberosus</i> <i>Lophotriletes bellus</i> <i>Raistrickia variabilis</i> <i>Knoxisporites literatus</i> var. <i>triangularis</i>
2032,2						
Unter-karbon	2042,9		168-179	Tn1b	PA-Zone (<i>pusillites-asperitis</i>) des Tn1b	<i>Vallatisporites pusillites</i> <i>Dictyotriletes asperitis</i> <i>Lophotriletes cristifer</i> <i>Lophozonotriletes rarituberculatus</i> <i>Archaeotriletes hebetis</i>
	2069,8					
Oberdevon	2078,5		223-231	Tn1a	lepidophyta-Zone var. <i>minor</i> -Subzone (biometr. Zone F; d = 42 µm) des höheren Tn1a	<i>Retispora lepidophyta</i> var. <i>minor</i> <i>Lophozonotriletes rarituberculatus</i> <i>Verrucosisporites nitidus</i> <i>Dicrospora multifurcata</i> <i>Archaeozonotriletes intertextus</i> <i>Knoxisporites hederatus</i> <i>Cristatisporites echinatus</i> <i>Grandispora echinata</i>
	2090,0					
	2098,5		218-222			
	2100					fossilfrei

Tabelle 1. Sporen an der Devon-Karbon-Grenze und aus dem Tournai der Bohrung Neuenkirchen 2/73

la ist in beiden Bohrungen an die makrofaunistisch angenommene V1a-Basis gebunden und entspricht der Rolle der überregional definierten Pu-Zone (sensu lato) in Bezug auf die Tournai/Visé-Grenze. Die Obergrenze der Pu-Zone ist in beiden Bohrungen nicht erfassbar (fehlende Kernanteile, prä-Westfal-Erosion am Top der Unterkarbon-Profile).

Der überregionale Umfang der Pu-Zone (sensu lato) wird nachfolgend der regionalen Gliederung auf Rügen gegenübergestellt. Die Einschaltung des *Gloeocapsamorpha*-Horizontes innerhalb des V1a ermöglicht die diffizilere Gliederung (Tab. 4).

Überregionale sporenstratigraphische Vergleiche (Tab. 5) wurden seinerzeit für das Tournai (Burmam 1975) bevorzugt mit der Pripjat-Senke vorgenommen, in der Kedo (1957a-c, 1963, Ke-

do & Golubzow 1971) zahlreiche Profile bearbeitet hatte. Neuere Untersuchungen hat Avchimovitch (1993) für die Pripjat-Senke vorgenommen mit Einbeziehung überregionaler Einbindungen (Avchimovitch et al. 1993, Avchimovitch & Turnau 1994), auf die hier nur verwiesen wird. Auch zur Russischen Tafel (Byvsheva et al. 1984, Byvsheva & Umnova 1993) bestehen gute Vergleichsmöglichkeiten. Ein detaillierter Vergleich würde aber einen umfangreichen taxonomischen Aufwand bedeuten (Clayton 1996, Avchimovitch 1993). Ein Teil der in der Literatur als Indexfossilien geltenden Arten ist in manchen Regionen schwer nachweisbar, andere wie *Dictyotriletes asperitis*, die sich auf Rügen als gut erkennbare Komponenten mit begrenzter Reichweite darstellen und auch in der Pripjat-Senke belegt sind,

Tabelle 2.
Vergleich der Sporenzonen von Rügen (Journai und Grenzbereiche) und Harz mit der westeuropäischen Sporenzonierung

		Sporenzonen im Unterkarbon von Deutschland					
		Rügen				Harz	
Stratigraphie	Sporenzonierung in Westeuropa	Rügen 2 + Wick 3	Wick 4/70	Neuenkirchen 2/73	Harz		
Belgien	Chayton 1996/England Mazone et al. 1999/Belgien	Sporenzonierung Carson & Clayton 1997	Makrofauna Weyer	Sporenstrat. Gliederung Burmann 1975	Sporenstrat. Gliederung Burmann, diese Arbeit	(a) Mittelharz: Burmann 1976; (b) Oberharz: Jäger '99; 106	
Scrubkhow	NC: <i>Bellisporites nitidus</i> <i>Retinanthropites carnosus</i>	Lücke und nicht bearbeitet			C2: sporenführend (Kernmisch C1: fossilfrei im Grenzbereich)	(b): Kammquarzit Pu bis MF; MF: Ackerstellen BK2 ob. cuIII/Alpha - ob. V3b	
V3c ob.	VF: <i>Tripantius vetustus</i> <i>Reticospora fracta</i>	?			keine Kernmische	V3a: TC: Ackerstellen BK3 Gammern 2; ob. cuIII/Kelta	
V3c unt.	ME: <i>Mitrospora margodentata</i> <i>Reticospora argonulii</i> NAM: <i>E. marginata</i> <i>Mitrospora parthenopia</i> <i>R. nigra</i>	VP: abweichendes Einsetzen westeuropäischer Indexfossilien auf Rügen VP: <i>Tripantius vetustus</i> <i>Dicranites peltatus</i>		keine Kernmische			
V3b	DP: <i>Tripantius distinctus</i> <i>Mitrospora parthenopia</i>						
V3a	TC: <i>Paranthracites tessellatus</i> <i>Schulzospira campyloptera</i>	TC: <i>P. tessellatus</i> fehlt (Ca-Zone Polens)					
V2b	TS: <i>Knoxisporites tritridatus</i> <i>Knoxisporites stephanophorus</i>	TS analog Westeuropa (V2?)		"TS oder Pu?" mit <i>L. pusilla</i>	ab V2 nicht mehr erfasst		
V1b, V2a	Pu: <i>Lycospora pusilla</i>	Pu analog Westeuropa; aber Diskrepanz zur litho- strat. Lage der Tn V2-Grenze	V1a	Pu-Zone sensu lato	Pu: deutliche Präsenz	tieferen cu II/Gamma: V1a für Kammquarzitbasis Pu-Basis	
V1a	mit Ersteinsetzen von pu		V1a (tieferes)	Gilvocapsamorph-Horizont ohne pu	Gilvocapsamorph-Horizont		
Journai	CM: <i>Schlopfites claviger</i> <i>Aurotriospora macra</i>	MC: ?Tn3c; lokal: <i>multicirc.</i> CM unterer Teil Westeurop. Z.	Tn3 (höheres)	Gilvocapsamorph-Horizont mit selt. pu!	CM: oberer Teil; pu selten!		
Grenze Tn3c							
Basis Tn3	kein Äquivalent in westeurop. Zonengliederung für RM (Jäger '99) ?						
Basis in Tn2b-c	PC: <i>Spelaeoites pretiosus</i> - <i>Kaistria kiu clavata</i> hoh. Tn2 PC						
oder Tn2a/Belg.							
Basis in Tn2a-b/1a	BP: <i>Spelaeoites balteatus</i> - <i>Rugospora polyptycha</i> BP						
Tn2: HD-PC	HD: <i>Kraussisporites hibernicus</i> - <i>Umbonatisporites distinctus</i>		Tn1b - Tn2 ungegliedert	RM-ND-level: indet. Assoziation mit <i>Aurotriospora macra</i> , Ac. cf. <i>antivro-</i> <i>phorus</i> ; <i>Umbonatisporites distinctus</i> ; sporenarm: ?Tn3, LE4	RM: <i>Lophozonitoides rarituberculatus</i> <i>Lophozoil. minutis.</i>		
Tn1b	VI: <i>Vallatisporites vallatus</i> - <i>Rensselaireites incohatus</i>						
Unterkarbon						(a):	
Oberdevon	LN: <i>Reticospora lepidophyta</i> - <i>Verrucosporites nitidus</i> LE: <i>R. lepidophyta</i> - <i>Indotrinites explanatus</i>		Tn1a höheres	NRH: <i>Verrucosporites nitidus</i> - <i>L. rari-tuberculatus</i> - <i>Knoxisporites hederatus</i>	NRH: wie Wick 4	Trogfurter Brücke var. <i>minor</i> -Subzone	
Fa2d	LL: <i>R. lepidophyta</i> - <i>Knoxisporites literatus</i>			nicht belegt	PA: <i>Vallatisporites pusillifites</i> s.l. - <i>Dicranites asperitis</i>	Hahnenkopf-Profil (Fa2d-Tn1a-Basis)	
Fa2e	LV: <i>R. lepidophyta</i> - <i>Apicalitrenispora verrucosa</i> VU: <i>Didactes versabilis</i> - <i>Grandispora cornuta</i>			nicht belegt		var. <i>typica</i> -Subzone	

Tabelle 3

Sporenzonen im Unterkarbon der Bohrung Neuenkirchen 2/1973
(mit Vergleichsangaben aus den Bohrungen Wiek 4/1970 und Sagard 1/1970)

Stratigraphie	Kernmarsch (m)	Proben-Nr.	Sporenzone	Bohrungsvergleich
Oberkarbon	1420,8 – (1425 m Grenze)		sporenführend	
Unterkarbon	–1428,2 m 1428,2–1433,1	180–185 186–187	fossilleer	
			Kernlücke	Wiek 4: TS oder Pu (V2?) 1342,2–1351,3 m 1460,6–1469,6 m
V1b	1517,0–1526,6	188–214	Pu-Zone mit <i>Lycospora pusilla</i>	Wiek 4: Kernlücke
V1a	1585,0–1602,5 1602,5–1620,5	215–217 1–16	Pu-Zone Pu-Zone	
V1a	1673,0–1684,6	17–39	CM = Pu s.l. bzw. <i>Gloeocapsamorpha</i> -Horizont mit <i>Tornacia sarjeanti</i> , Rugospora, <i>Gloeocapsomorpha prisca</i> dto.	Gloeocapsamorpha-Horizont Wiek 4: V1a; mit <i>Lyc. pusilla</i> 1732,0–1739,8 m
V1a	1684,6–1702,6	40–61	ohne <i>L. pusilla</i>	Wiek 4: (Tn/V:V1a) 1844,4–1853,4 m
V1a	1780,0–1791,3	62–86	CM-Zone (höherer Teil) = Pu s.l. mit seltenen <i>L. pusilla</i>	Wiek 4: Kernlücke
Tournai			CM-Zone (tieferer Teil) ohne <i>L. pusilla</i>	Wiek 4: Kernlücke
Tn3 (höheres)	1810,0–1818,8 1818,8–1827,8	87–105 101–116	CM <i>Schopfites claviger-</i> CM <i>Auroraspora macra</i>	
				Wiek 4: hangende RM/CM 1978,7–1987,7
Tn3 (tieferes)	1900,0–1909,0	117–135	RM-Zone mit <i>Lophozonotriletes</i> <i>rarituberculatus</i> <i>Lophotriletes</i> <i>minutissimus</i>	Wiek 4: RM vermutl. zwischen 1978,7–1987,7 m Tn3 2101,1–2109,3 m Tn3 Sagard 1: RM 2385,0–2389,9 m (tieferes Tn3)
				Wiek 4: indet. ?bas. RM/ND 2101,1–2109,3 m Tn3
Tn2	1970,0–1984,6	136–145	ND-Zone mit <i>Verrucosporites nitidus</i> – <i>Umbonatisporites distinctus</i>	Wiek 4: Kernlücke
Tn1b–Tn2	2032,2–2042,9	146–167	NRH-Zone mit <i>Verrucosporites nitidus</i> – <i>Lophozonotriletes raritubercu-</i> <i>latus</i> – <i>Knoxisporites hederatus</i>	Wiek 4: NRH Tn1b–Tn2 2228,2–2237,2 m
Tn1b	2069,8–2078,5	168–179	PA-Zone mit <i>Vallatisporites pusillites</i> – <i>Dictyotriletes asperitis</i>	
Tn1a (höheres)	2090,0–2098,5	223–231	Le-Zone mit <i>Retispora lepidophyta</i> var. <i>minor</i> -Subzone (biometr. Zone F = 42 m)	
	2120,0–2126,7	213–222	fossilfrei	

sind in der Literatur stratigraphisch kaum gewichtet. Der in Burmann (1975) geführte Vergleich mit dem Tournai der Pripjat-Senke anhand der von Kedo (1957a–c, 1963, 1971) vorgelegten Daten ist nach wie vor gültig (Tab. 5).

Als sporenstratigraphisches Standard-Vergleichsgebiet für den Devon/Karbon-Grenzbereich gilt das Ardenno-Rhenische Becken (Paproth & Streel 1971, Streel in Becker et al. 1974, Higgs & Streel 1984, Streel et al. 1987,

Tabelle 4

	Regionale Gliederung der Pu-Zone in den Bohrungen Wiek 4 und Neuenkirchen 2	Überregionale Anwendung der Pu-Zone (sensu lato)
Hangendes:	Obergrenze der Pu-Zone profilbedingt ab V2a nicht erfasst	TC = Ca-Zone Polens (V3a) In Polen auch V2b für Pu-Zone. TS-Zone W-Europa, Rügen
V1b+höh.V1a	Pu (<i>pusilla</i>)-Zone mit <i>Lycospora pusilla</i>	V2a <i>pusilla</i> -Zone (sensu lato) Westeuropas
V1a	<i>Gloeocapsamorph</i> a-Horizont in der Wiek 4 mit seltenen <i>Lycospora pusilla</i> in der Neuenkirchen 2 ohne <i>Lycospora pusilla</i>	
V1a (tieferes)	oberer Teil der CM (<i>claviger-macra</i> -Zone) mit sehr seltenen <i>Lycospora pusilla</i> = Pu s.l.	Einsetzen der Pu-Zone im basalen Visé V1a
Liegendes: Tn3 (höheres)	unterer Teil der CM-Zone ohne <i>Lycospora pusilla</i>	Tournai

Tabelle 5

Korrelation der Sporenzonen aus der Bohrung Neuenkirchen 2/73 mit den Sporenzonen in der Pripjat-Senke, Bjelorussia (Kedo 1957, 1963, 1971, 1974)

Stratigraphie	Kernmarsch (m)	Sporenssoziation von Rügen	Sporenkomplex der Pripjat-Senke
V1b	1517.0–1526.9	Pu-Zone	br2-Komplex der mittleren Kaolin-Schichten
V1a	1585.0–1602.5	Pu-Zone	
V1a	1602.5–1620.5	Pu-Zone	
V1a	1673.0–1684.6 1684.6–1702.6	<i>Gloeocapsamorph</i> a-Maximum	
V1a?	1780.0–1791.3	Pu-Übergang: höhere CM-Zone	
Tn3	1810.0–1818.8 1818.8–1827.8	CM-Zone: höheres Tn3	br1-Komplex der unteren Kaolin-Scht.
Tn3	1900.0–1909.0	RM-Zone: tieferes Tn3	kis2-Komplex der oberen Kiselow-Scht.
Tn2	1970.0–1984.6	ND-Zone	?kis1-Komplex Kiselow ?ch1-3 Tscherepet ?ml2-3 Malev
Tn1b–Tn2	2032.2–2042.9	NRH-Zone	
Tn1b–Tn2	2069.8–2078.5	PA-Zone	ml1-Komplex (<i>pusillites</i> -Z.) der unt. Malev-Scht.
Tn1a	2090.0–2098.5	<i>lepidophyta</i> var. <i>minor</i> -Subzone: biometr. Zone F; höheres Tn1a	IIIB-Komplex der Oser-Chovan-Schichten

Maziane et al. 1999). Für die auf Rügen (Bohrung Neuenkirchen 2) und im Mittelharz (Trogfurter Profil; Bielstein; Hahnenkopf – WSW Elbingerode) bisher nachgewiesenen Vorkommen der *lepidophyta*-Zone aus dem östlichen Teil Deutschlands hat sich die von Streel entwickelte Subzonen-gliederung auf der Basis der zum Hangenden entretenden Größenabnahme von *Retispora lepidophyta* als die praktikablere Variante der Zonen-zuordnung bei Einzelvorkommen erwiesen.

Vergleich der Sporenzonen aus den Bohrungen Wiek 4/1970 und Neuenkirchen 2/1973

lepidophyta-Zone

Die *lepidophyta*-Zone des höchsten Famenne ist auf Rügen nur in der Bohrung Neuenkirchen 2 belegt (im Profilverband mit der tiefsten unterkarbonischen *pusillites-asperitis*- bzw. PA-Sporenzone, lediglich getrennt durch eine Meißelstrecke von 11,5 m). Das Vorkommen gehört zur biome-trischen Zone F (d=42 µm) der *lepidophyta* var. *minor*-Subzone (höheres Tn1a) und ist vergleich-

bar mit der biometrischen Zone F des höheren Tn1a im Ardenno-Rheinischen Becken und dem IIIB-Sporenkomplex der Oser-Chovan-Schichten in der Pripjat-Senke. In anderen Rügen-Bohrungen ist das Niveau nach Bohrloch-Geophysik ebenfalls präsent, wurde aber nicht durch Kernstrecken erfasst.

PA-Zone

Die PA-Zone (*Vallatisporites pusillites* – *Dictyotriletes asperitis*) ist in der Bohrung Neuenkirchen 2 makrofaunistisch in das Tn1b eingestuft. In der Bohrung Wiek 4 ist diese Strecke nicht gekernt worden. Die Verhältnisse auf Rügen entsprechen weitgehend der *pusillites*-Zone in den unteren Malev-Schichten (ml₁-Sporenkomplex; ebenfalls mit beiden Indexfossilien) der Pripjat-Senke (Kedo 1963, 1966, 1971, Burmann 1975: 883).

Unter der älteren Bezeichnung *Hymenozonotriletes pusillites* ist das Vorkommen der Art auch in der *lepidophyta* var. *typica*-Subzone des Harzes dokumentiert (Burmann 1976: 809) in Analogie zu den Verhältnissen im Ardenno-Rheinischen Becken. In der Gliederung von Neves et al. (1972) ist *Vallatisporites pusillites* ein Indexfossil der PL-Zone zusammen mit *Retispora lepidophyta* im Tn1a. Auf Rügen (Tn1b) und in den unteren Malev-Schichten der Pripjat-Senke ist *Vallatisporites pusillites* (sensu lato) aber noch oberhalb des Etroeungt verbreitet, eben in der PA- bzw. *pusillites*-Zone.

Die basale Sporenzone der westeuropäischen Gliederung (Clayton 1996: 592) stellt die VI-Zone dar (*Vallatisporites verrucosus* – *Retusotriletes incohatus*), die dem Tn1b entspricht und damit die gleiche Position einnimmt wie die PA-Zone.

NRH-Zone

Die NRH-Zone (*Verrucosisporites nitidus* – *Lophozonotriletes rarituberculatus* – *Knoxisporites hederatus*) im Tn1b–Tn2 ist in beiden Bohrungen, der Neuenkirchen 2 und Wiek 4, erfasst. Es zeichnet sich ein oberes Häufigkeitsoptimum von *Knoxisporites hederatus* und ein unteres Häufigkeitsoptimum mit *Dictyotriletes asperitis* ab. Weitere Arbeiten sind jedoch in diesem Abschnitt zur Ermittlung zusätzlicher zonenspezifischer Komponenten erforderlich (*Dictyotriletes asperitis* auch oberhalb der *pusillites-asperitis*-Zone, *Lophotriletes tuberosus*, *Knoxisporites literatus* var. *triangularis*).

ND-Zone

Die ND-Zone (*Verrucosisporites nitidus* – *Umbo-natisporites distinctus*) wurde bisher nur in der Bohrung Neuenkirchen 2 ausgegliedert mit makrofaunistischer Eichung als Tn2 zwischen der NRH-Zone im Liegenden und der RM-Zone im Hangenden. Sie ist in der Bohrung Wiek 4 (Burmann 1975: 883) nicht ausgehalten zwischen der NRH-Zone (Tn1b–Tn2 ungegliedert) und der sporenrmen, möglicherweise basalen RM-Zone (tieferes Tn3); offenbar entfällt sie dort auf die Meißelstrecken zwischen den nur sparsam vorliegenden Kernmärschen (Tab. 3). Die Übersichtsdarstellung für Rügen in Burmann (1975: 881) als ND-Subzone basierte bereits auf dem Nachweis in der Bohrung Neuenkirchen 2.

Nach der Beschreibung der BP-Zone (*Spe-laeotriletes balteatus* – *Rugospora polyptycha*) bei Carson & Clayton (1997: 220) dürfte diese der ohne Bohrungsbenennung publizierten (Burmann 1975: 881) ND-Zone des Tn2 entsprechen, die hier (Tab. 1) nunmehr fundortsbezogen der Bohrung Neuenkirchen 2 zugeordnet wurde. Nach Higgs et al. (1988a; in Carson & Clayton 1997: 222) entspricht die BP-Zone dem Mittel-tournai Tn2a–Tn2b; nach Higgs et al. (1992; in Carson & Clayton 1997: 222) soll die BP-Zone in Belgien dem Tn2a (Untere *Siphonodella cre-nulata*-Conodontenzone) entsprechen.

Von Higgs et al. (1988a in Carson & Clayton 1997: 222) wurde der obere Teil der ND-Zone (Burmann 1975) als Äquivalent zur westeuropäischen BP-Zone und zum unteren Teil der PC-Zone angesehen. Dem kann insofern zugestimmt werden, als man hier bei der überregionalen Korrelation wohl an den Grenzen der stratigraphischen Auflösung steht (Tab. 2).

RM-Zone

Die Assoziation der RM-Zone enthält neben Kleinsporen häufig *Lophozonotriletes rarituberculatus* und seltene *Verrucosisporites nitidus* sowie häufig *Auroraspora macra* und auch *Umbo-natisporites distinctus*.

Die RM-Zone (*Lophozonotriletes rarituberculatus* – *Lophotriletes minutissimus*) wurde seinerzeit erstmals auf Rügen in der Bohrung Sagard 1/1970 erkannt, konnte aber zunächst makrofaunistisch nur zwischen Tn1b–Tn2 und V1b eingegrenzt werden und wurde sporenstratigraphisch dem Übergangsbereich Tn2/Tn3 zugeordnet. Die RM-Zone konnte dann in der Bohrung Neuen-

kirchen 2 (Tab. 1) makrofaunistisch geeicht werden (Tn3: tieferes Tn3 sporenstratigraphisch ableitbar). Im Profil der Bohrung Wiek 4 sind die Verhältnisse weniger klar: vermutlich ist nur der hangende Teil der RM-Zone (noch mit *L. rariu-berculatus*) am Übergang zur CM-Zone gekernt worden und die eigentliche RM-Zone entfällt auf eine Kernlücke im Liegenden.

Die stratigraphische Position kann durch die Situation in der Bohrung Wiek 4 (mit 2 Kernstrecken im Tn3) wie folgt eingegrenzt werden: der obere Tr3-Kernmarsch (1978.7–1987.7 m) bildet wahrscheinlich die äußerste Hangendgrenze der RM-Zone bzw. Basis der CM-Zone, und der tiefere Tn3-Kernmarsch bei 2101.1–2109.3 m (Basis der lithologischen Einheit 4 = Tn3-Basis von Rügen) zeigt noch nicht die typische Ausbildung der RM-Zone (?faziesbedingt: geringere Sporenführung); die eigentliche RM-Zone fällt demnach in die Meißelstrecke zwischen beiden Tn3-Kernmärschen.

Die RM-Zone entspricht dem tieferen Teil des Tn3, das sich sporenstratigraphisch unterteilen lässt (höheres Tn3 = CM-Zone). Die RM-Zone von Rügen ist aufgrund des genannten Kriteriums gut mit dem Kis_2 -Komplex der oberen Kiselow-Schichten in der Pripjat-Senke zu korrelieren.

CM-Zone, tieferer Teil

Die CM-Zone (*Schopfites claviger* – *Aurora-spora macra*) ist für Rügen in den Bohrungen Wiek 4 und Neuenkirchen 2 in einen tieferen Teil ohne seltene *Lycospora pusilla* (makrofaunistisch Tn3, sporenstratigraphisch höheres Tn3) und einen höheren Teil (makrofaunistisch tieferes V1a) mit sehr seltenen *Lycospora pusilla* (unterhalb und innerhalb des *Gloeocapsamorpha*-Horizontes) untergliedert. Für das Tn3, das auf Rügen sonst biostratigraphisch nicht weiter untergliederbar ist, ist sporenstratigraphisch eine Gliederung in tieferes Tn3 (RM-Zone) und höheres Tn3 (CM-Zone ohne *L. pusilla*) möglich. Unsicherheiten rühren aus den Kernmarschlücken her, sodass eine weitere Kontrollmöglichkeit wünschenswert wäre.

Der höhere Teil der CM-Zone entspricht dadurch bereits dem basalen Abschnitt der überregionalen Pu-Zone (sensu lato) – das Abgrenzungskriterium ist jedoch schwer zu erfassen, weil es nicht immer gelingt, den Nachweis von *Lycospora pusilla* zu führen; es erscheint fraglich, ob dieses Niveau bereits der Pu-Zone in der Pripjat-Senke (br_2 -Komplex der mittleren Kao-

lin-Schichten) entspricht. Deshalb ist es für die lokale Gliederung akzeptabler, die Assoziation solange in der CM-Zone zu belassen, bis der eindeutige Nachweis von *Lycospora pusilla* geführt ist, und zwischenzeitig das lokale Hilfskriterium von *Gloeocapsamorpha* für die Abgrenzung einzusetzen.

Die von Carson & Clayton (1997: 223) in den Bohrungen Wiek 3 und Rügen 2 zwischen der CM-Zone und der Pu-Zone im höheren Tournai von Rügen abgetrennte MC-Zone (*Gorgonispora multiplicabilis* – *Convolutispora circumvallata*) soll dem oberen Teil der CM-Zone Westeuropas entsprechen und außer dem Einsetzen von *G. multiplicabilis* ansonsten eine der CM-Zone vergleichbare Sporensassoziation ausweisen (Jäger 1999: 89). Durch das Fehlen von *Lycospora pusilla* müsste sie nach unserem Verständnis in den „tieferen Teil der CM-Zone“, d. h. in den Hauptteil der CM-Zone von Rügen eingehen (Tab. 1).

Für uns ist die Relevanz einer solchen lokalen Zone nicht erkennbar, und auch Carson selbst sieht sie als eine lokale Erscheinung auf Rügen an, da die Indexart *Gorgonispora multiplicabilis* in Polen bereits früher erscheint. Offen bleibt allerdings die Frage, wie die stratigraphische Aussage der MC-Zone als höheres Tn3 abgeleitet wurde, wenn in den Bohrungen Rügen 2 und Wiek 3, in denen sie zwischen Pu-Zone und CM-Zone etabliert wurde, eine Diskrepanz zwischen der Sporenstratigraphie und der lithostratigraphisch/makrofaunistischen Gliederung in Bezug auf die Lage der Tournai/Visé-Grenze besteht (Carson & Clayton 1997: 221).

CM-Zone, höherer Teil (= Pu-Zone sensu lato)

Der höhere Teil der CM-Zone, der bereits dem V1a entspricht, weist sporadisch *Lycospora pusilla* auf, er gehört also zur Pu-Zone sensu lato. Dazu gehört im V1a ein basales Niveau unterhalb des *Gloeocapsamorpha*-Horizontes (nur in der Neuenkirchen 2 erfasst) sowie der *Gloeocapsamorpha*-Horizont selbst, der eventuell auch aus mehreren Horizonten besteht.

Für die Bohrung Neuenkirchen 2 wurde das Niveau mit den häufigen Vertretern von *Gloeocapsamorpha prisca* als selbstständiger Horizont ausgeschieden (makrofaunistisch als V1a datiert, bisher ohne Vergleichsmöglichkeiten außerhalb Rügens). Sporenstratigraphisch liegt er zwischen dem oberen Teil der CM-Zone (mit sehr seltenen *Lycospora pusilla*) im Liegenden und der

Pu-Zone (im Sinne einer erkennbaren häufigeren Verbreitung von *Lycospora pusilla*, höheres V1a und V1b?) im Hangenden. In der Bohrung Neuenkirchen 2 wurden im *Gloeocapsamorpha*-Horizont keine *Lycospora pusilla* gefunden.

In der Bohrung Wiek 4 entspricht das Häufigkeitsoptimum von *Gloeocapsamorpha prisca* (Burmann 1975: 883) dem makrofaunistisch ebenfalls als V1a datierten oberen Teil der CM-Zone. *Lycospora pusilla* ist hier, wenn auch sehr selten, im *Gloeocapsamorpha*-Horizont nachgewiesen (1844,4–1853,3 m und 1732,0–1739,8 m), wodurch sich dieser Abschnitt vom unteren Teil der CM-Zone des höheren Tn3 absetzt. Es besteht also ein Unterschied zwischen den Bohrungen Wiek 4 und Neuenkirchen 2 in Bezug auf die Nachweismöglichkeit sehr sporadisch auftretender *Lycospora pusilla* im *Gloeocapsamorpha*-Horizont.

Es bleibt hier mehr eine Definitionssache, wie der Umfang der Pu-Zone gefasst wird, um auch regional damit arbeiten zu können. Die Übertragung des Umfangs der Pu-Zone der westeuropäischen Gliederung mit dem seltenen Ersteinsetzen von *Lycospora pusilla* als Zonenbasis kann zwar für die überregionale Korrelation von Nutzen sein (Pu-Zone sensu lato), schränkt aber die regionalen Gliederungs- und Korrelationsmöglichkeiten ein. Ihr Ersteinsetzen ist zu selten erfassbar, als dass auf ein regionales Hilfskriterium wie den *Gloeocapsamorpha*-Horizont verzichtet werden könnte.

Der Umfang der Pu-Zone im Sinne der westeuropäischen Gliederung wird deshalb auf Rügen gegliedert in den oberen Teil der CM-Zone, in der seltene *Lycospora pusilla* nachgewiesen sind (basales V1a), in den darüber folgenden *Gloeocapsamorpha*-Horizont (V1a, ? tieferes bis mittleres), und die eigentliche Pu-Zone mit zweifelsfreier häufigerer Präsenz von *Lycospora pusilla* (ab dem höheren V1a in der Bohrung Neuenkirchen 2).

Letztere entspricht in der Pripjat-Senke dem br₂-Komplex der mittleren Bobrikow-Schichten unterhalb der produktiven Serie der eigentlichen Bobrikow-Schichten des Moskauer Beckens. Sporenstratigraphisch scheint jedoch überregional die Basis der Pu-Zone in Großbritannien und Rügen gleichermaßen im Bereich der Tournai/Visé-Grenze vorzuliegen, wie es die makrofaunistische Eichung des oberen Teils der CM-Zone der Bohrungen Wiek 4 und Neuenkirchen 2 als tieferes V1a bestätigt.

Carson & Clayton (1997: 222) argumentieren zur Definition der Pu-Zone, dass „... in the Rügen

gen Dinantian succession this taxon is never common“ und man deshalb keine Modifizierung zwischen Einsetzen von „significant numbers“ (im höheren Bereich) und „first appearance“ von seltenen Formen von *Lycospora pusilla* im Basisbereich vornehmen könne (Bezug zu Burmann 1975: 883 über eine modifizierte Verwendung des Begriffes Pu-Zone für regionale Aspekte). Auch wenn die Definition von Neves et al. (1972) zum (seltenen) Ersteinsetzen als Basis der Pu-Zone für die überregionale Korrelation akzeptabel erscheint, ist der Einsatz zusätzlicher Kriterien für die lokale Gliederung erforderlich. Für die Bohrungen Wiek 4 und Neuenkirchen 2 wurde eine solche Differenzierung im Niveau der Pu-Zone (sensu lato, z. B. gemäß Neves et al. 1972) versucht.

Zur Tournai-Visé-Grenze

Zur Fassung der Pu-Zone (sensu lato) auf der Basis der Definition von Neves et al. (1972: Ersteinsetzen von *Lycospora pusilla*) für überregionale Korrelationszwecke besteht überwiegend Übereinstimmung, weitgehend auch über die Position dieses Niveaus im Bereich der Tournai/Visé-Grenze. Im Einzelfall besteht aber oft das Nachweisproblem des wirklich ersten Einsetzens der oft seltenen Indexart. Falls dies nicht gelingt, kann die Tournai/Visé-Grenze kaum erfasst werden; deshalb sind Hilfskriterien wie das des Rügenger Algenhorizontes mit *Gloeocapsamorpha* von Bedeutung.

Für die Bohrungen Wiek 4 und Neuenkirchen 2 (Tab. 2) ist die Position des *Gloeocapsamorpha*-Horizontes makrofaunistisch im V1a angesiedelt und etwa gleichaltrig. Da im Liegenden (oberer Teil der CM-Zone bzw. Pu-Zone sensu lato) in beiden Bohrungen jeweils auch *Lycospora pusilla* sehr selten auftritt, gehört der *Gloeocapsamorpha*-Horizont in die Pu-Zone. Lithostratigraphisch befindet er sich im Niveau der Lithoeinheiten (sensu Hoffmann et al. 1975) Top-5 bis Top-11 (Bohrung Wiek 4, Nachweis bei Teufe 1850 m und 1735 m), d. h. fast im gesamten V1a.

Carson & Clayton (1997: 221) vermerken eine Diskrepanz ihrer sporenstratigraphischen Ergebnisse zur Lage der Tournai/Visé-Grenze in den Bohrungen Rügen 2 und Wiek 3 mit der Grenzziehung, die von Hoffmann et al. (1975) vorgenommen wurde: „The Tournaisian/Viséan boundary of Hoffmann et al. at the base of Unit 5 in the Rügen succession is considerably lower than

that suggested by the miospore evidence, at the base of Unit 13 or the top of Unit 12". Dieser Widerspruch ist ohne Diskussion möglicher Ursachen nicht zu akzeptieren. Am Beispiel der Bohrungen Neuenkirchen 2 und Wiek 4 ist ersichtlich, dass eine solche Diskrepanz nicht existiert – die Datierungen nach Makrofauna und Sporen stimmen durchaus überein.

Auch Weyer (2001: 62) und Hoffmann et al. (2002) betonen, dass eine so weitgehende palynologische Verschiebung der Tournai/Visé-Grenze von der Basis der Litho-Einheit 5 in den Grenzbereich von Litho-Einheit 12/13 (real Arundium-Basis) bei Carson & Clayton (1997: 221, 222) „nicht akzeptabel“ ist und dass in der Bohrung Wiek 3 das „... wirklich erste Einsetzen der auf Rügen offenbar seltenen Leitart“ *Lycospora pusilla* überhaupt nicht erfasst wurde; sie verweisen auf den bereits eindeutigen Nachweis der Art im V1a von Rügen durch Burmann (1975: Tab. 2), was bei Carson & Clayton (1997) unberücksichtigt blieb. Der Grenzbereich der Litho-Einheiten 5 und 6 im Kernmarsch 1844,4–1853,4 m der Bohrung Wiek 4 enthält bereits den *Gloeocapsamorph*-Horizont mit *Lycospora pusilla*. Bei Carson & Clayton (1997) ist diese Algenkomponente für die Bohrungen Rügen 2 und Wiek 3 leider nicht erwähnt, sie ist aber z. B. auch aus der Wiek 101 bekannt: in der Sporenzonenengliederung von England ist die Komponente nicht benannt.

Es wäre Spekulation, sich über die Ursachen der angeblichen Diskrepanz zur Lage der Tournai/Visé-Grenze bei Carson & Clayton (1997) zu äußern, da die Autoren nicht näher auf ihre methodischen Vergleichsgrundlagen eingegangen sind. Es fällt auf, dass die von ihnen aufgestellte neue MC-Zone (die nur lokale Bedeutung haben soll, da ihr Indexfossil in Polen bereits mit der CM-Zone einsetzt) in der Bohrung Wiek 3 ein Mehrfaches an Mächtigkeit aufweist im Vergleich zur CM-Zone bei ansonsten gleichen Komponenten. Auch sind mögliche weitere Hilfskriterien, wie das Auftreten von *Densosporites* oder weiterer, durchaus vorhandener Algenkomponenten, nicht in die Betrachtung einbezogen worden, um die Nachweissicherheit zum tatsächlichen Einsetzen von *Lycospora* erhöhen zu können.

Jäger (1999: 83) betont als eine der Abweichungen zwischen Rügen und der westeuropäischen Zonierung die unterschiedliche Verbreitung von *Densosporites* (*D. annulatus*, *D. intermedius*, *D. spinifer* u. a.). In Rügen und der Hörre-Gommern-Quarzitzone setzen sie „... ein-

deutig vor *Lycospora pusilla*, der Indexspore für die Visé-Basis, im obersten Tournai (CM-Zone) ein... In Westeuropa setzen sie dagegen deutlich nach *Lycospora pusilla* im mittleren Visé (TC-Zone) ein“. Als typisch für die polnische Mikroflora weist Jäger (1999: 83) auf eine Gemeinsamkeit zu Mitteleuropa hin, das „... extrem seltene Auftreten oder Fehlen von *Lycospora* im untersten Visé...“; als deutsches Vergleichsbeispiel führt er ein Profil vom Kammquarzit aus dem Ackerstollen (Bk4) im Oberharz an. Diese Tatsache wird als Ursache für die lange Zeit von Westeuropa abweichende Zonierung des tiefen Visé in Polen angegeben. In der Bohrung Neuenkirchen 2 tritt *Densosporites* sp. erstmals in der CM-Zone des höheren Tn3 auf, also noch vor der seltenen *Lycospora pusilla*, ist aber ebenfalls keine auffällige Komponente. In der Bohrung Wiek 4 wurde *Densosporites* sp. zusammen mit *L. pusilla* im *Gloeocapsamorph*-Horizont im V1a beobachtet.

Ergebnisse

1. Im Vergleich zu Burmann (1975) können für das verallgemeinerte Sporenzonierungsschema des Tournai und seiner Grenzbereiche von Rügen nunmehr die konkreten Daten aus den Bohrungen Neuenkirchen 2 und Wiek 4 vorgelegt werden, was aus aktuellen Gegebenheiten in den siebziger Jahren nicht möglich war. Trotz beträchtlicher Kernlücken (Tabelle 1) erweist sich das Profil der Bohrung Neuenkirchen 2 als geeignet, zwischen der *lepidophyta* var. *minor*-Subzone (höheres Tn1a) im Liegenden und der *pusilla*-Zone (ab V1a) im Hangenden mehrere weitere Sporenzonen zu unterscheiden, die auch makrofaunistisch eingebunden sind (Tabelle 2):
 - PA-Zone (*pusillites-asperitis*) im Tn1b (wie die *lepidophyta*-Zone sporenstratigraphisch nur in der Bohrung Neuenkirchen 2 erfasst);
 - NRH-Zone (*nitidus-rarituberculatus-hederatus*) aus dem Tn1b–Tn2 (die Sporenassoziation wurde in Burmann 1975 aus der Bohrung Wiek 4 abgebildet und liegt im gleichen stratigraphischen Niveau aus der Neuenkirchen 2 vor);
 - ND-Zone (*nitidus-distinctus*) aus dem Tn2 (das Niveau ist nur in der Bohrung Neuenkirchen 2 sicher erfasst);
 - RM-Zone (*rarituberculatus-minutissimus*) aus dem tieferen Tn3, bereits mit Kleinsporen der CM-Zone, sicher erfasst in der Bohrung Neuenkirchen 2;

– CM-Zone (*claviger-macra*) aus dem höheren Tn3 (tieferer Teil der CM-Zone), erfasst in der Bohrung Neuenkirchen 2.

Die zwei entsprechenden Kernmärsche in der Bohrung Wiek 4 (Tabelle 2) sind weniger spezifisch und nehmen vermutlich eine Position etwa im ND/RM-Grenzniveau und eventuell im Hangendbereich der RM-Zone am Übergang zur CM-Zone ein.

2. Die *pusilla*-Zone im überregionalen Sinn (Pu-Zone sensu lato) setzt auf Rügen mit dem V1a ein, makrofaunistisch geeicht in der Neuenkirchen 2 und Wiek 4. Der Nachweis von *Lycospora pusilla* im basalen V1a ist aber so sporadisch (nur Einzelfunde), dass die Brauchbarkeit als alleiniges Kriterium für die Korrelation im Rahmen der regionalen Skala infrage zu stellen ist. Für die Korrelation wurde deshalb ein regionales Hilfskriterium – der im V1a anzutreffende Horizont mit *Gloeocapsamorpha* – genutzt, der in diesem Niveau sowohl in der Neuenkirchen 2 wie auch in der Wiek 4 nachgewiesen ist.

Solange konkret keine *Lycospora pusilla* nachgewiesen ist, wird die Zonenbezeichnung der CM-Zone in der regionalen Skala beibehalten, obwohl durchaus bereits die Möglichkeit der Zugehörigkeit zur Pu-Zone sensu lato besteht. Die Präzisierung muss dann durch Hilfskriterien erfolgen.

3. Die sporadische Verteilung von *L. pusilla* im V1a von Rügen ist wie folgt belegt:

Bohrung Neuenkirchen 2: (a) Tiefster Nachweis im basalen V1a? in der CM-Zone = Pu-Zone s. l., noch unterhalb des *Gloeocapsamorpha*-Niveaus. (b) Innerhalb des *Gloeocapsamorpha*-Niveaus gelang kein Nachweis! CM-Zone (= Pu-Zone s. l., Zugehörigkeit von b zur Pu-Zone nur durch den Nachweis in a). (c) Eindeutige Nachweise im höheren V1a und V1b?, Pu-Zone.

Bohrung Wiek 4: Tiefster Nachweis von *L. pusilla* im *Gloeocapsamorpha*-Horizont in zwei unterschiedlichen Kernmärschen des V1a. Der Übergang zum Liegenden unterhalb des *Gloeocapsamorpha*-Horizontes (?mehrere Niveaus) fehlt durch eine Kernlücke.

4. Die von Carson (1995) und Carson & Clayton (1997) behauptete Diskrepanz zwischen der makrofaunistisch kontrollierten Gliederung nach Lithoeinheiten und der von ihnen sporenstratigraphisch abgeleiteten, abweichenden Lage der Tournai-Visé-Grenze in den Bohrungen Rügen 2 (Abweichung ca. 300 m) und Wiek 3 (ca. 450 m) kann für die Bohrungen Neuenkirchen 2 und Wiek 4 nicht bestätigt werden – in der Neuenkirchen 2 und Wiek 4 stimmen die makrofaunistische und sporenstratigraphische Aussage zur Lage der Tournai-Visé-Grenze überein.

nistische und sporenstratigraphische Aussage zur Lage der Tournai-Visé-Grenze überein.

5. Die Ursache des Widerspruches wurde von Carson & Clayton (1997) nicht diskutiert, obgleich seit Burmann (1975: 883) der Nachweis von *L. pusilla* im makrofaunistisch datierten V1a von Rügen gesichert ist. Es wird vermutet, dass die Suche nach *L. pusilla* in den tieferen Horizonten der Bohrungen Rügen 2 und Wiek 3 nicht intensiv genug durchgeführt wurde und kein Hilfskriterium als Anhaltspunkt für eine solche Suche abgeleitet wurde.

Danksagung

Herr Dr. D. Weyer (Berlin) hat nicht unwesentlich dazu beigetragen, dass ich mich der Unterkarbon-Thematik wieder zugewandt habe. Für seine Bemühungen bei der Manuskriptdurdurcharbeitung sei ihm herzlich gedankt. Auch wurden die biostratigraphischen Datierungen (Details im Teil 2) von ihm durch die makrofaunistischen Angaben ergänzt, sodass diese damit autorisiert sind. Weitere kollegiale Hinweise verdanke ich Herrn Dr. A. Kampe (Berlin). Herr Prof. Dr. H.-P. Schultze, Direktor des Museums für Naturkunde Berlin, gestattete in der projektlosen Zeit den Zugang zu den Instituts-einrichtungen des Institutes für Paläontologie der Humboldt-Universität Berlin und förderte die Manuskriptbearbeitung.

Literatur

- Avchimovitch, V. I. 1993. Zonation and spore complexes of the Devonian and Carboniferous boundary deposits of the Pripyat depression (Byelorussia). – *Annales de la Société Géologique de Belgique* **115** (1992–2): 425–451.
- Avchimovitch, V. I., Byvsheva, T. V., Higgs, K., Strel, M. & Umnova, V. T. 1988. Miospore systematics and stratigraphic correlation of Devonian-Carboniferous boundary deposits in the European part of the USSR and Western Europe. – *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* **100**: 169–191.
- Avchimovitch, V. I. & Turnau, E. 1994. The Lower Carboniferous *Prolycospora claytonii* Zone of Western Pomerania and its equivalents in Belorussia and Northwestern Europe. – *Annales Societatis Geologorum Poloniae* **63**: 249–263.
- Avchimovitch, V. I., Turnau, E. & Clayton, G. 1993. Correlation of uppermost Devonian and Lower Carboniferous miospore zonations in Byelorussia, Poland and Western Europe. – *Annales de la Société Géologique de Belgique* **115** (1992–2): 453–458.
- Becker, G., Bless, M. J., Strel, M. & Thorez, J. 1974. Palynology and ostracode distribution in the Upper Devonian and basal Dinantian of Belgium and their dependence on sedimentary facies. – *Mededelingen Rijks Geologische Dienst, N. S.* **25** (2): 9–99.
- Bertelsen, F. 1972. A Lower Carboniferous microflora from the Ørslev No. 1 borehole, Island of Falster, Denmark. – *Danmarks Geologiske Undersøgelse II. Raekke. Nr. 99* (Geol. Surv. Denmark, II Series, No. 99): 1–78.
- Burmann, G. 1975. Sporen aus dem Tournai von Rügen. – *Zeitschrift für geologische Wissenschaften* **3** (7): 875–905.
- 1976. Sporen und Phytoplankton aus den Devon/Karbon-Grenzschiechten des Harzes (*lepidophytus*-Zone). – *Zeitschrift für geologische Wissenschaften* **4** (6): 805–835.

- Byvsheva, T. V. 1974. Zonalnoje rastschlenenije po sporam turnejskich, nishne- i srednevisijskich otloshenij Volgo-Uralskoi oblasti. In *Palinologija proterofita i paleofita*: 100–105. Isdavelstvo Nauka, Moskva. [russ.].
- Byvsheva, T. V. & Umnova, N. I. 1993. Palynological characteristics of the lower part of the Carboniferous of the Central Region of the Russian Platform. – *Annales de la Société Géologique de Belgique* **115** (1992–2): 519–529.
- Byvsheva, T. V., Higgs, K. & StreeL, M. 1984. Spore correlation between the Rhenish Slate Mountains and the Russian Platform near the Devonian-Carboniferous boundary. – *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* **67**: 37–45.
- Carson, B. & Clayton, G. 1997. The Dinantian (Lower Carboniferous) palynostratigraphy of Rügen, Northern Germany. – *Prace Państwowe Instytutu Geologicznego* **157** (1): 219–227.
- Clayton, G. 1971. A Lower Carboniferous miospore assemblage from the Calciferous Sandstone Measures of the Cockburnspath region of eastern Scotland. – *Pollen et Spores* **12**: 577–600.
- 1996. Chapter 18C: Mississippian miospores. In *Jansonius, J. & McGregor, D. C. (eds). Palynology: Principles and Applications. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation (AASP)* **2**: 589–596.
- Clayton, G., Coquel, R., Doubinger, J., Guéinn, K. J., Loboziak, S., Owens, B. & StreeL, M. 1977. Carboniferous miospores of Western Europe: illustration and zonation. – *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* **29**: 1–71.
- Clayton, G. & Turnau, E. 1990. Correlation of the Tournaisian miospore zonation of Poland and the British Isles. – *Annales Societatis Geologorum Poloniae* **60**: 45–58.
- Dolby, G. & Neves, R. 1970. Palynological evidence concerning the Devonian-Carboniferous Boundary in the Mendips, England. – *Compte Rendu 6ème Congrès International de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère (Sheffield 1967)* **2**: 631–647.
- Filipiak, P. 1997. The Devonian-Carboniferous boundary in the Kowala Trench (Holy Cross Mts., Poland), based on miospores. – *Prace Państwowe Instytutu Geologicznego* **157** (1): 235–241.
- Hacquebard, P. A. 1957. Plant spores in coal from the Horton Group (Mississippian) of Nova Scotia. – *Micropaleontology* **3** (4): 301–324.
- Higgs, K. T. 1975. Upper Devonian and Lower Carboniferous miospore assemblage from Hook Head, Co. Wexford, Ireland. – *Micropaleontology* **21** (4): 393–419.
- Higgs, K. T. & Clayton, G. 1984. Tournaisian miospore assemblage from Maesbury in the eastern Mendips, England. – *Journal of Micropalaeontology* **3** (1): 17–28.
- Higgs, K., Clayton, G. & Keegan, J. B. 1988. The stratigraphic and systematic palynology of the Tournaisian rocks of Ireland. – *Geological Survey of Ireland, Special Paper* **7**: 1–93.
- Higgs, K., Dreesen, R., Duser, M. & StreeL, M. 1992. Palynostratigraphy of the Tournaisian (Hastarian) rocks in the Namur Synclinorium, West Flanders, Belgium. – *Review of Palaeobotany and Palynology* **72**: 149–158.
- Higgs, K., McPhilemy, B., Keegan, J. B. & Clayton, G. 1988. New data on palynological boundaries within the Irish Dinantian. – *Review of Palaeobotany and Palynology* **56**: 61–68.
- Higgs, K. & StreeL, M. 1984. Spore stratigraphy at the Devonian-Carboniferous boundary in the northern "Rheinisches Schiefergebirge", Germany. – *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* **67**: 157–179.
- Higgs, K., StreeL, M., Korn, D. & Paproth, E. 1993. Palynological data from the Devonian-Carboniferous boundary beds in the new Stockum trench II and the Hasselbach borehole, northern Rhenish Massif, Germany. – *Annales de la Société Géologique de Belgique* **115** (1992–2): 551–557.
- Hoffmann, N., Lindert, W., Weyer, D. & Illers, K.-H. 1975. Zum Unterkarbon-Vorkommen auf den Inseln Rügen und Hiddensee. – *Zeitschrift für geologische Wissenschaften* **3** (7): 851–873.
- Hoffmeister, W. S., Staplin, F. L. & Malloy, R. E. 1955. Mississippian plant spores from the Hardinsburg Formation of Illinois and Kentucky. – *Journal of Paleontology* **29** (3): 372–399.
- Hughes, N. F. & Playford, G. 1961. Palynological reconnaissance of the Lower Carboniferous of Spitsbergen. – *Micropaleontology* **7**: 27–44.
- Ischtschenko, A. M. 1956. Spores and Pollen of the Lower Carboniferous deposits of the Donetz Basis and their stratigraphic importance. – *Trudy Instituta Geologicheskikh Nauk Akademii Nauk Ukrainkoi SSR, seria stratigrafija i paleologija* **11**: 1–185. [russ.].
- Jachowicz, A. 1966. Microfloristic characteristics of the deposits of the Lublin Carboniferous. – *Prace Państwowe Instytutu Geologicznego* **44**: 104–134.
- 1967. Microflora of the Zaręby beds from Świętokrzyskie Mountains. – *Prace Państwowe Instytutu Geologicznego* **49**: 1–108.
- 1970. Tournaisian and Upper Viséan microfloras of the Święty Krzyż Mountains (Central Poland) their stratigraphical and palaeogeographical value. *Compte Rendu 6ème Congrès International de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère (Sheffield 1967)* **3**: 983–1008.
- Jäger, H. 2000. Palynostratigraphie und Palynofazies im mittleren Visé von Rügen. – *Kurzfassung Poster, 70. Jahrestagung der Paläontologischen Gesellschaft, Coburg*.
- Kedo, G. I. 1957a. Stratigrafitscheskoje znachenie *Hymenozonitiles pusillites* sp. n. – *Doklady Akademii Nauk Belorusskoi SSR* **1** (1): 21. [russ.].
- 1957b. O stratigrafii i sporovo-pylcevykh kompleksach niznykh gorizontov karbona SSSR. – *Doklady Akademii Nauk SSSR* **115** (6): 1165–1168. [russ.].
- 1957c. Spory nadsolnykh devonskich otloshenij Pripjatskovo progiba i ich stratigraficheskije znachenie. In *Paleontologija i stratigrafija BSSR* **2**: 3–43. [russ.].
- 1963. Spory turnejskovo jarusa Pripjatskovo progiba i ich stratigraficheskije znachenie. In *Paleontologija i stratigrafija BSSR* **4**: 3–121. [russ.].
- 1966. Spory nizhevo karbona Pripjatskovo progiba. In *Paleontologija i stratigrafija Byelorusskoi SSR* **5**: 1–143. [russ.].
- 1974. Palinologitscheskoje obosnovanije granizy devona i karbona v Pripjatskoi vpadine. In *Palinologija proterofita i paleofita*: 86–92. Isdavelstvo Nauka, Moskva. [russ.].
- Kedo, G. I. & Golubzov, V. K. 1971. Palinologitscheskij kriterij dlja opredelenia granizy devona i karbona v Pripjatskoi vpadine. In *Palinologitscheskije issledovanija v Byelorussii i drugih raionach SSSR*: 5–35; BelNIGRI, Mezhdunar. Palinolog. Kongr.: Isdavelstvo Nauka i Technika, Minsk. [russ.].
- Kedo, G. I., Nasarenko, A. M., Nekrjata, N. S., Raskatova, L. G., Sennova, V. F. & Tschibrikova, E. V. 1971. Nowyje vidy spor is famenskich otloshenij Pripjatskoi vpadiny, zentralnich raionov Russkoi platformy, Volgo-Uralskoi neftegasonosnoi provincii i Timana. In *Palinologitscheskije issledovanija v Byelorussii i drugih raionach SSSR*: 172–205; BelNIGRI, Mezhdunarodnij Palinologitscheskij Kongres; Isdavelstvo Nauka i Technika, Minsk. [russ.].
- Luber, A. A. & Walz, I. E. 1938. Classification and stratigraphical importance of spores of some Carboniferous localities in USSR. – *Trudy ZNIGRI (Zentralno Nautschno-Issledovatel'skovo Geologo-Rasvedotschnovo Instituta)* **105**: 1–45. [russ.].
- 1941. Atlas mikrospor i pylzy paleosojy SSSR. – *Trudy VSEGEI (Vsesojusnovo Geologicheskovo Instituta)* **139**. [russ.]; (zitiert nach Kedo 1966).
- Matyja, H. & Turnau, E. 1989. Conodonts and spores from Devonian/Carboniferous boundary beds in Poland. –

- Compte Rendu 11ème Congrès International de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère (Beijing 1987) 3: 61–72.
- Maziane, N. & Vanguetaine, M. 1996. Acritarchs from the uppermost Famennian at Chanxhe and Tohogne (eastern Belgium). – *Acta Universitatis Carolinae, Geologica* 17: 527–530.
- Maziane, N., Higgs, K. T. & Streeel, M. 1999. Revision of the late Famennian miospore zonation scheme in eastern Belgium. – *Journal of Micropalaeontology* 18 (1): 17–25.
- Naumova; S. N. 1953. Spore-pollen complexes of the Upper Devonian of the Russian Platform and their stratigraphic value. – *Trudy Instituta geologicheskich Nauk, Akademia Nauk SSSR* 143: 1–204. [russ.].
- Neves, R., Gueinn, K. J., Clayton, G., Ioannides, N. & Neville, R. S. W. 1972. A scheme of miospore zones for the British Dinantian. – *Compte Rendu 7ème Congrès International de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère (Krefeld 1971)* 1: 347–353.
- Owens, B. 1983. *Bascaudaspora* – a new genus. – *Institute of Geological Sciences (NERC), Report* 83–10: 45–49.
- Owens, B. & Streeel, M. 1967. *Hymenozonotriletes lepidophytus* Kedo, its distribution and significance in relation to the Devonian/Carboniferous boundary. – *Review of Palaeobotany and Palynology* 1: 141–150.
- Paproth, E. & Streeel, M. 1971. Corrélations biostratigraphiques près de la limite Dévonien/Carbonifère entre les faciès littoraux ardennais et les faciès bathyaux rhénans. – *Colloque sur la Stratigraphie du Carbonifère – Les Congrès et Colloques, Université Liège* 55: 365–398.
- Paproth, E., Conil, R., Bless, M. J. M., Boonen, P., Bouckaert, J., Carpentier, N., Coen, M., Delcambre, B., Deprijck, Ch., Deuzon, S., Dreesen, R., Groessens, E., Hance, L., Hennebert, M., Hibo, D., Hahn, G. R., Hilaire, O., Kasig, W., Laloux, M., Lauwers, A., Lees, A., Lys, M., Op de Beek, K., Overlau, P., Pirllet, H., Poty, E., Ramsbottom, W., Streeel, M., Swennen, R., Thorez, J., Vanguetaine, M., Van Steenwinkel, M. & Vieslet, J. L. 1983. Bio- and Lithostratigraphic Subdivisions of the Dinantian in Belgium, A Review. – *Annales de la Société Géologique de Belgique* 106: 185–239.
- Playford, G. 1962. Lower Carboniferous microfloras of Spitsbergen. Part One. – *Palaeontology* 5 (3): 550–618.
- 1963. Lower Carboniferous microfloras of Spitsbergen. Part Two. – *Palaeontology* 5 (4): 619–678.
- 1964. Miospores from the Mississippian Horton Group, Eastern Canada. – *Bulletin of the Geological Survey of Canada* 107: 1–47.
- 1971. Lower Carboniferous spores from the Bonaparte Gulf Basin, Western Australia and Northern Territory. – *Bulletin of the Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics (Australia)* 115: 1–105.
- 1976. Plant microfossils from the Upper Devonian and Lower Carboniferous of the Canning Basin, Western Australia. – *Palaeontographica B* 158: 1–71.
- 1991. Australian Lower Carboniferous miospores relevant to extra-Gondwanic correlations: an evaluation. – *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 130: 85–125.
- Richardson, J. B. 1962. Spores with bifurcate processes from the Middle Old Red Sandstone of Scotland. – *Palaeontology* 5 (2): 171–194.
- 1965. Middle Old Red Sandstone spore assemblage from the Orcadian basin, north-east Scotland. – *Palaeontology* 7 (4): 559–605.
- Schopf, J. M., Wilson, L. R. & Bentall, R. 1944. An annotated synopsis of Paleozoic fossil spores and the definition of generic groups. – *Illinois State Geological Survey, Report Investigation* 91: 1–72.
- Stockmans, F. & Willièere, Y. 1960. Hystrichosphères du Dévonien belge (sondage de l'Asile d'aliénés à Tournai). – *Senckenbergiana lethaea* 41 (1–6): 1–11.
- 1962. Hystrichosphères du Dévonien belge (sondage de Wépion). – *Bulletin de la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrogéologie* 71: 83–99.
- 1964. Addition à la flore du Dévonien supérieur de la Belgique. – *Bulletin de la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrogéologie* 72: 371–374.
- Streeel, M. 1966. Critères palynologiques pour une stratigraphie détaillée du Tn1a dans les bassins ardennes-rhénans. – *Annales de la Société Géologique de Belgique* 89 (3): 65–96.
- 1969. Corrélations palynologiques entre les sédiments de transition Dévonien/Dinantien dans les bassins ardennes-rhénans. – *Compte Rendu 6ème Congrès International de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère (Sheffield 1967)* 1: 3–18.
- 1971. Distribution stratigraphique et géographique d'*Hymenozonotriletes lepidophytus* KEDO, d'*Hymenozonotriletes pusillites* KEDO et des assemblages tournaisiens. – *Colloque sur la Stratigraphie du Carbonifère. Les Congrès et Colloques, Université Liège* 55: 121–147.
- 1972. Biostratigraphie des couches de transition Dévonien-Carbonifère et limite entre les deux Systèmes (Synthèse du groupe de travail sur la limite Dévonien/Carbonifère). – *Compte Rendu 7ème Congrès International de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère (Krefeld 1971)* 1: 167–178.
- 1974. In Becker, G., Bless, M. J. M., Streeel, M. & Thorez, J. 1974. Palynology and ostracode distribution in the Upper Devonian and basal Dinantian of Belgium and their dependence on sedimentary facies. – *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 25 (2): 9–98.
- 1986. Miospore contribution to the upper Famennian-Strunian event stratigraphy. – *Annales de la Société Géologique de Belgique* 109: 75–92.
- Streeel, M., Caputo, M. V., Loboziak, S. & Melo, J. H. G. 2000. Late Frasnian-Famennian climates based on palynomorph analyses and the question of the Late Devonian glaciations. – *Earth-Science Reviews* 52: 121–173.
- Streeel, M., Higgs, K., Loboziak, S., Riegel, W. & Steemans, P. 1987. Spore stratigraphy and correlation with faunas and floras in the type marine Devonian of the Ardennes-Rhenish regions. – *Review of Palaeobotany and Palynology* 50: 211–229.
- Streeel, M. & Loboziak, S. 1994. Observations on the establishment of a Devonian and Lower Carboniferous high-resolution miospore biostratigraphy. – *Review of Palaeobotany and Palynology* 83: 261–273.
- 1996. Chapter 18B: Middle and Upper Devonian miospores. In Jansonius, J. & McGregor, D. C. (eds). *Palynology: Principles and Applications*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation (AASP) 2: 575–587, Dallas.
- Streeel, M., Loboziak, S., Steemans, P. & Bultynck, P. 2000. Devonian miospore stratigraphy and correlation with the global stratotype sections and points. – *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 220: 9–23.
- Sullivan, H. J. 1964. Miospores from the Drybrook Sandstone and associated measures in the Forest Dean Basin: Gloucestershire. – *Palaeontology* 7: 351–392.
- 1968. A Tournaisian spore flora from the Cementstone group of Ayrshire, Scotland. – *Palaeontology* 11 (1): 116–131.
- Turnau, E. 1975. Microflora of the Famennian and Tournaisian deposits from boreholes of northern Poland. – *Acta Geologica Polonica* 25 (4): 505–528.
- 1978. Spore zonation of uppermost Devonian and Lower Carboniferous deposits of Western Pomerania (N Poland). – *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 30 (1): 1–35.
- 1990. Spore zones of Famennian and Tournaisian deposits from the Kowala 1 borehole. – *Kwartalnik Geologiczny* 34(2): 291–304.
- Weyer, D. 2001. Korallen im Unterkarbon Deutschlands. – *Abhandlungen und Berichte für Naturkunde des Museums Magdeburg* 23: 57–91, (dated 2000).

- Wierich, F. & Vogt, W. 1997. Zur Verbreitung. Biostratigraphie und Petrographie unterkarbonischer Sandsteine des Hörre-Gommern-Zuges im östlichen Rhenoharzynikum. – *Geologica et Palaeontologica* **31**: 97–142.
- Winslow, M. 1962. Plant spores and other microfossils from Upper Devonian and Lower Mississippian rocks of Ohio. – United States Geological Survey, Professional Paper Paper **364**: 1–93.

Unveröffentlichte Berichte, Manuskripte und Dissertationen:

- Burmam, G. 1974. Unterkarbon. Mikrobotanische Bearbeitung: 37–71. In Blumenstengel, H., Burmam, G., Döring, H., Freyer, G., Kahlert, E. & Weyer, D. Paläontologie und Biostratigraphie des Oberkarbon, Unterkarbon und Oberdevon der Bohrung E Neuenkirchen 2/1973. – Zentrales Geologisches Institut Berlin, Bericht Nr. EE 35/1974: 1–135 (Archiv BGR Berlin).
- 1971. Untersuchung organischer Mikrofossilien im Unterkarbon der Bohrung Wiek 4. – Zentrales Geologisches Institut Berlin, Bericht Nr. EE 11/71 vom 22. 1. 1971: 1–23; (Archiv BGR Berlin).
- 2001. Detailangaben zu den Sporensassoziationen (*lepidophyta-* bis *pusilla*-Zone) aus dem Unterkarbon der Bohrungen Neuenkirchen 2/1973 und Wiek 4/1970 (Insel Rügen, NE-Deutschland). – Zeitschrift für geologische Wissenschaften **29** (4).
- Carson, B. 1995. The palynostratigraphy, palynofacies and hydrocarbon source potential of the Lower Carboniferous in two boreholes from the Baltic Island of Rügen, Germany. – Unpublished Ph. D. Dissertation, University of Dublin, Department of Geology, Trinity College Dublin, pp. 1–185, appendix A, plates 1–20; (für Rügen 2 und Wiek 3: Archiv BGR Berlin).
- Hoffmann, N., Lincert, W. & Weyer, D. (in Vorbereitung für 2002). Das Unterkarbon am Südwestrand der Osteuropäischen Plattform (Inseln Rügen, Hiddensee, Usedom: Mecklenburg-Vorpommern). – Manuskript, Deutsche Subkommission für Karbon-Stratigraphie [für Courier Forschungsinstitut Senckenberg].
- Jäger, H. 1999. Sedimentologie und Biostratigraphie der unterkarbonischen Quarzlitfolge der Hörre-Gommern-Zone im Rhenoharzynikum. – Dissertation (Internet) TU Darmstadt (Fachbereich Geowissenschaften und Geographie): 1–178.

Anhang 1. Taxa-Liste

Der Vermerk (Burmam 1975) bedeutet, dass diese Formen aus dem Tn1–Tn2-Kernmarsch der Bohrung Wiek 4 aus der NRH-Zone von Rügen 1975 abgebildet wurden. Der Vermerk (Burmam 1976) bezieht sich auf Abbildungen zu den Arten aus der var. *typica*-Subzone (Fa2d) der *lepidophyta*-Zone aus der südlichen Umrandung des Elbingeröder Komplexes im Mittelharz.

Die Artenliste insgesamt bezieht sich aber auf alle drei Vorkommen mit Sporensassoziationen des Tournai und seiner Grenzschichten: in den beiden Bohrungen Wiek 4 und Neuenkirchen 2, d. h. von der *lepidophyta*-Zone (var. *minor*, höheres Tn1a) bis zur *pusilla*-Zone (hier V1a–V1b), und den Einzenvorkommen der *lepidophyta*-Zone im Mittelharz.

Die Zitate der Arten erfolgen hier – im Unterschied zum teilweise abgekürzten Verfahren im übrigen Text – in kompletter botanischer Nomenklatur (mit Autor, Kombinator, Jahreszahl).

1. Sporen

- Acanthotriletes* sp. A (in Burmam 1975: Taf. II/9, 10)
- Acanthotriletes dominans* (Luber & Walz, 1941) Kedo, 1963
- Acanthotriletes mirus* Ischtschenko, 1956 (in Burmam 1975: Taf. III/3)
- Acanthotriletes multisetus* (Luber & Walz, 1941) Playford, 1962
- Archaeotriletes hebetis* Kedo, 1963
- Archaeozonotriletes intertextus* Nekrjata & Sergeeva, 1971 (in Kedo et al. 1971)
- Auroraspora macra* Sullivan, 1968
- Auroraspora solisorta* Hoffmeister, Staplin & Malloy, 1955 (in Burmam 1976: Taf. IV/1; 5)
- Baculatisporites fusticulus* Sullivan, 1968 (in Burmam 1975: Taf. II/6)
- Camptozonotriletes velatus* (Waltz, 1938 in Luber & Waltz, 1941) Playford, 1963
- Chaetosphaerites variabilis* Jachowicz, 1970 (in Burmam 1975: Taf. II/7; 8)
- Convolutispora vermiformis* Hughes & Playford, 1961 (in Burmam 1975: Taf. VIII/2; 7–9)
- Convolutispora* aff. *vermiformis* Hughes & Playford, 1961 (in Burmam 1975: Taf. VIII/1)
- Cristatisporites echinatus* Playford, 1963
- Cyclogranisporites* sp. A (sensu Hacquebard, 1957) (in Burmam 1975: Taf. I/6)
- Dicrospora multifurcata* Winslow, 1962 (in Burmam 1976: Taf. I/1)
- Dictyotriletes asperitis* (Kedo, 1963) Burmam, 1975 (in Burmam 1975: Taf. IX/5)
- syn.?: *Bascaudaspora mischkinansis* (Byvsheva) Byvsheva (in Avchimonvitch 1993)
- Dictyotriletes* aff. *asperitis* (Kedo, 1963) (in Burmam 1975: Taf. IX/4)
- Dictyotriletes trivialis* (Kedo, 1963)
- Endosporites minutus* Hoffmeister, Staplin & Malloy, 1955 (in Burmam 1975 Taf. I/1–5)
- Grandispirosa conspicua* (Playf.) Playford, 1971 (sensu Streel, 1974) (in Burmam 1976: Taf. IV/2)
- Grandispora echinata* Hacquebard, 1957
- Hymenozonotriletes* aff. *proelegans* Kedo, 1963
- Knoxisporites hederatus* (Ischtschenko, 1956) Playford, 1963 (in Burmam 1975: Taf. VII/1–6)
- Knoxisporites literatus* (Waltz, 1938) Playford, 1963, var. *triangularis*
- Lophotriletes circumscriptum* Kedo, 1966
- Lophozonotriletes bellus* Kedo, 1963 (in Burmam 1975: Taf. III/4)
- Lophozonotriletes cristifer* (Luber & Walz, 1941) Kedo, 1963
- Lophotriletes minutissimus* sensu Kedo, 1963
- Lophotriletes tuberosus* Burmam, 1975 (in Burmam 1975: Taf. III/2)
- Lophotriletes* aff. *tuberosus* Burmam, 1975 (in Burmam 1975: Taf. III/1; 5)
- Lophozonotriletes rarituberculatus* (Luber & Walz, 1941) Kedo, 1957 (in Burmam 1975: Taf. I/7, II/2, 4, IV/1–9) neu kombiniert: *Tumulispora rarituberculata* (Luber & Walz, 1941) Playford, 1991
- Lycospora pusilla* (Ibrahim) Schopf, Wilson & Bentall, 1944
- Murospora aurita* Playford, 1962
- Punctatisporites limbatus* Hacquebard, 1957 (in Burmam 1975: Taf. I/9)
- Punctatisporites solidus* Hacquebard, 1957 (in Burmam 1975: Taf. I/8)
- Raistrickia* sp. (in Burmam 1976: Taf. I/2)
- Raistrickia clavata* (Hacquebard, 1957) Playford, 1964
- Raistrickia corynoides* Sullivan, 1968
- Raistrickia variabilis* Dolby & Neves, 1970 (in Burmam 1975: Taf. VI/1–2; 4–5)
- Raistrickia* aff. *variabilis* Dolby & Neves, 1970 (in Burmam 1975: Taf. VI/3; 6)
- Retialetes* sp. A (in Burmam 1975: Taf. IX/1–2)

- Reticulatisporites* aff. *cheveriensis* Playford, 1963 (in Burmann 1975: Taf. IX/3)
- Retispora lepidophyta* (Kedo, 1957) var. *typica* (in Burmann 1976: Taf. I/3, II/1–3, III/1–2, IV/3c, 4)
- Retispora lepidophyta* (Kedo, 1957) Playford, 1976 var. *minor*
- Rhabdosporites* cf. *parvulus* Richardson, 1965 (s. StreeI, 1974) (in Burmann 1976: Taf. IV/3)
- Rugospora* sp.
- Schopfites claviger* Sullivan, 1968
- Spinozonotriletes uncatu*s Hacquebard, 1957 (in Burmann 1975: Taf. II/5)
- Umbonatisporites distinctus* Clayton, 1971
- Vallatisporites* Hacquebard, 1957
- Vallatisporites pusillites* (Kedo, 1957) Dolby & Neves, 1970 s. I.
- Vallatisporites verrucosus* Hacquebard, 1957
- Verrucosisporites nitidus* Playford, 1964 (in Burmann 1975: Taf. V/1–3)
- syn. *Verrucosisporites grumosus* (Naumova, 1953) Sullivan, 1964
- Verrucosisporites congestus* Playford, 1964 (in Burmann 1975: Taf. V/4–6)
- Übergang zu *V. nitidus* (bzw. syn. *V. grumosus*)
- Verrucosisporites papulosus* Hacquebard, 1957 (in Burmann 1975: Taf. I/10–12)
- Verrucosisporites gobbettii* Playford, 1962 (in Burmann 1975: Taf. II/1)

2. Mikroplankton und Algen

- zahlreiche Kleinformen von *Lophosphaeridium* sp.
- Baltisphaeridium longispinosum* Eisenack (in Burmann 1976: Taf. VII/8)
- Cavatisporites microreticulatus* Jachowicz, 1967
- Gloeocapsamorpha prisca* Zalesky
- Gorgonisphaeridium ohioense* Winslow, 1962 (in Burmann 1976: Taf. VI/1–5, VII/2)
- Hercyniana meissneri* Burmann, 1976 (in Burmann 1976: Taf. VII/1)
- Leiosphaeridia* sp. (in Burmann 1976: Taf. V/1–2)
- Micrhystridium oceanicum* Stockmans & Willièrè, 1960 (in Burmann 1976: Taf. VII/5–6)
- Tornacia sarjeanti* Stockmans & Willièrè, 1964 (sensu StreeI, 1974)
- Veryhachium belgicum* Stockmans & Willièrè, 1960 (in Burmann 1976: Taf. VII/7)
- Veryhachium downiei* Stockmans & Willièrè, 1962 (in Burmann 1976: Taf. VII/3)

Anhang 2. Vergleich *lepidophyta*-Zone

Der Anhang 2 beinhaltet die Aufbereitung einiger Literaturdaten, die wichtig sind für die Einstufung der in der Bohrung Neuenkirchen 2/1973 auf Rügen sowie im Harz (Burmann 1976) angetroffenen Sporenassoziation der *lepidophyta*-Zone.

Aus der umfangreichen Literatur zur Sporenzonierung im Devon-Karbon-Grenzbereich und Tournai sei auf einige ausgewählte Arbeiten verwiesen:

- für das Ardenno-Rhenische Becken: StreeI (1966, 1986), Stockmans & Willièrè (1960, 1962, 1964), Paproth & StreeI (1971), Becker et al. (1974), Paproth et al. (1983), StreeI et al. (1987, 2000), Higgs & StreeI (1984), Higgs et al. (1992, 1993), Maziane & Vanguetaine (1996), Maziane et al. (1999)
- für Westeuropa: Sullivan (1968), Dolby & Neves (1970), Higgs (1975), Higgs & Clayton (1984), Higgs et al. (1988)
- für Rügen und den Harz: Burmann (1975, 1976), Carson (1995), Carson & Clayton (1997)
- für Polen, die Pripjat-Senke und Osteuropa: Luber & Walz (1938, 1941), Naumova (1953), Ischtschenko (1956), Kedo (1957a–c, 1963, 1966, 1974), Kedo & Golubzov (1971), Kedo et al. (1971), Jachowicz (1966, 1967, 1970),

- Byvsheva (1974), Byvsheva & Umnova (1993), Byvsheva et al. (1984), Turnau (1975, 1978, 1990), Matyja & Turnau (1989), Clayton & Turnau (1990), Filipiak (1997), Avchimovitch (1993), Avchimovitch et al. (1988, 1993, 1994)
- für die Sporenzonierung: Neves et al. (1972), Higgs & StreeI (1984), Clayton (1996), StreeI & Loboziak (1994, 1996), StreeI et al. (2000).

Vorkommen in Mitteleuropa: Im mitteldeutschen Raum (Rügen und Harz) sind bisher aus der *lepidophyta*-Zone die biometrischen Subzonen var. *minor* (Neuenkirchen 2, Tab. 1; Burmann 1975) und var. *typica* (Harz, Burmann 1976) erfasst. Das Vorkommen in der Bohrung Neuenkirchen 2 ist durch Weyer (unpubliziert) makrofaunistisch als Etroengt (Strunium, Tn1a) sensu lato datiert, wobei die Untergrenze nicht sicher bestimmbar ist (auch Fa2d ist nicht auszuschließen). Die sonst fossilfreien Schiefer mit *Retispora lepidophyta* im Harz sind nur durch die Sporen einstuftbar.

Die Sporenführung der Vorkommen auf Rügen und im Harz lässt aber eine differenziertere Altersaussage zu. Alle Fundorte müssen als isolierte Vorkommen gewertet werden – es besteht kein direkter Übergang zu einer im Liegenden oder Hangenden anschließenden Sporenzone, bei der Bohrung Neuenkirchen 2 wird das Vorkommen durch Kernmarschlücken (der nächsttiefer Kernmarsch ist fossilfrei) begrenzt, im Harz sind es einzelne Fundpunktnachweise in einem tektonisch gestörten Schiefergebiet. Eine Zuordnung nach *Indexfossilien*, die in der Regel auf dem Ersteinsetzen von Indexarten setzt (Maziane et al. 1999), ist bei den isolierten, profilmäßig begrenzten Vorkommen deshalb schwer zu realisieren. Als praktikabel hat sich aber für die stratigraphische Zuordnung der isolierten Vorkommen die *biometrische Subzonengliederung* nach StreeI 1966 erwiesen. Auf dieser Grundlage ist für das Vorkommen in der Bohrung Neuenkirchen 2 eine Zuordnung zur *lepidophyta* var. *minor*-Subzone (biometrische Zone F; d = 42 µm Optimum) und damit eine Einstufung in das höhere Tn1a möglich. Das Vorkommen von var. *minor* ist auf die biometrischen Subzonen D, E und F beschränkt. Die Zugehörigkeit der vorliegenden Form zur Subzone F geht hervor aus dem Fehlen von var. *typica* und var. *tener* sowie aus der Präsenz von *Lophozonotriletes rariuberulatus* und *Verrucosisporites nitidus* als Komponenten der PLs1-Subzone (Einsetzen der Formen).

Sporenstratigraphische Korrelation: In den übrigen Profilen von Rügen wurde bisher keine dem Kernmarsch 2090,0–2098,5 m der Bohrung Neuenkirchen 2 vergleichbare Sporenassoziation angetroffen; das Niveau liegt nur noch einmal (Bohrung Dranske 2) im Bohrkern vor. Außerhalb Rügens bieten sich gute Korrelationsmöglichkeiten sowohl zum Ardenno-Rhenischen Raum wie auch insbesondere zur Pripjat-Senke. Der Ardenno-Rhenische Raum steht dabei nur deshalb stärker im Blickpunkt, weil hier die biometrische Zonenfolge innerhalb der *lepidophyta*-Zone (StreeI 1966) abgeleitet wurde. Beim ersten Nachweis der *lepidophyta*-Zone im Harz (Burmann 1976) wurde indirekt schon Bezug genommen auf das hier beschriebene Vorkommen von Rügen; die Vergleichsbasis wird nachfolgend diskutiert.

Definition der biometrischen Zonen nach StreeI (1966): Die Definition der biometrischen Zonen A–F innerhalb der *lepidophyta*-Zone beruht auf Unterschieden im Sporendurchmesser (Tendenz zur Größenabnahme vom Liegenden zum Hangenden und zunehmende Auflösung der charakteristischen Netzstruktur) sowie auf der Berücksichtigung des Einsetzens der Häufigkeitsmaxima und des Verschwindens der verschiedenen Varietäten (var. *typica*, var. *tener*, var. *minor*). Die biometrische Zonenfolge ist in drei kombinierten, regional eng zusammenhängenden Profilen definiert worden (StreeI 1966): Chanxhe (A–E), Rivage gare (A–E, ? F), Modave (F). Die Grenzen zwischen den Zonen C–D–E sind im Chanxhe-Profil definiert in den Niveaus 112 (C–D) und 129 (D–E), die Zone F im Niveau Modave 47.

Tabelle 6
Biometrische Gliederung der *lepidophyta*-Zone

Stratigraphie	Subzonen	biometrische Zonen	Typus-Profile
Tn1a	PLs3 F	Hangenbergschiefer unterhalb der <i>Acutimitoceras/Protognathodus</i> -Fauna	Stockum
	PLs2 D+E	Hangenbergschiefer unterhalb der <i>Acutimitoceras</i> sp. Basis: <i>Cymaclymenia evoluta</i>	Oberrödinghausen
	F	Modave 47	Modave 47
	PLs1		Rivage
	E (ob. Teil)	Rivage gare 159–161	? 169
	E (unt. Teil)	Rivage gare 131	E Chanxhe 129
Fa2d	Plm		
	D (ob. Teil)	Chanxhe 116–129	D
	D (Basis)		Chanxhe 112
	Pli	Chanxhe 101–114	
Fa2c	C		C Chanxhe 100
	B	Rivage gare 96	
	Vus <i>versabilis-uncatus</i> VUi	Chanxhe 70	

Parallel zur biometrischen Zonengliederung wurde später (Paproth & Streeel 1971: 374; Streeel 1972: 174) von Streeel in diesen Profilen eine Subzonengliederung der *lepidophyta*-Zone in die Subzonen PLi, PLm, PLs1 aufgestellt, an die aus isolierten Profilen die in ihrer Selbstständigkeit umstrittenen Subzonen PLs2 (Oberrödinghausen) und PLs3 (Stockum) angeschlossen wurden. Dabei stimmen die Subzonengrenzen nicht mit den Grenzen der biometrischen Zonen überein (Tab. 6).

Korrekturen zu dieser Sporenzonen-Gliederung sind in Maziane et al. (1999: 5) enthalten: sie beziehen sich auf die LE- (*lepidophyta-explanatus*) und die LL-Zone (*lepidophyta-literatus*) des Tn1a. Die Basis des Fa2d ist definiert durch das Einsetzen von *Retspora lepidophyta* (Maziane 1999: 23); nahe bei deren Erscheinen setzt nach den neuen Daten

auch *Knoxisporites literatus* ein, sodass der Umfang der früheren LL-Zone zum Liegenden erweitert wurde. Die biometrischen Zonen von Tab. 6 können über die Subzonengliederung nach Paproth & Streeel (1971) in Bezug gesetzt werden zur Gliederung nach Indexfossilien (Maziane et al. 1999) in Tab. 7.

Die biometrischen Zonen der *lepidophyta*-Zone definierte Streeel (1966: 76, 1969):

Zone F: Fehlen von Großformen der var. *typica*; Vorkommen von var. *minor* a. 40–50 µm; b. 36–46 µm; Häufigkeitsoptimum 40–46 µm (Vergleich Tn1a Bohrung Neuenkirchen 2 – Häufigkeitsoptimum 42 µm)

Zone E: Fehlen von Großformen der var. *typica* 40–50 µm (entspricht var. *minor*), Häufigkeitsoptimum 46–50 µm

Tabelle 7
Sporenzonen an der Devon/Karbon-Grenze

Stratigraphie	Paproth & Streeel 1971 Becker et al. 1974	Paproth et al. 1983 Streeel & Loboziak 1996	Maziane et al. 1999 Präzisierung
Unterkarbon: Tn1b		VI-Zone <i>vallatus-incohatatus</i>	
Oberdevon: Tn1a		LN-Zone 21 <i>lepidophyta-nitidus</i>	
		LE-Zone 20 <i>lepidophyta-explanatus</i>	LE
Fa2d	PL <i>pusillites-lepidophytus</i> : PLs2	LL-Zone <i>lepidophyta-literatus</i>	
	PLs1 Plm Pli	LV-Zone 19 <i>lepidophyta-verrucosa</i>	LL
	Fa2c	VU <i>versabilis-uncatus</i>	VCo-Zone 16-18 <i>versabilis-cornuta</i>

Zone D: noch wenige Großformen der var. *typica*; daneben Häufigkeitsoptimum 56–60 µm (var. *tener*); (46–50 µm var. *minor*)
 Zone C: Häufigkeitsmaximum von var. *typica* >70 µm (60–66 µm, 70–76 µm)
 Zone B: Einsetzen von wenigen Exemplaren der var. *typica*
 Zone A: Fehlen der Art.

Die Varietäten von *Hymenozonotriletes lepidophytus* werden von Kedo & Golubzow (1971: 27–30) wie folgt angegeben:

Varietät	Gesamtdurchmesser	Zentralkörper
var. <i>typica</i>	55–90 µm	45–55 µm
var. <i>tener</i>	55–76 µm	29–45 µm
var. <i>minor</i>	42–54 (44) µm	30–40 µm

Der Inhalt der Subzonen PLi, PLm, PLs1, PLs2, PLs3 der *lepidophyta*-Zone war in Streel (1971) und Streel in Becker et al. (1974) nur in etwa aus den fragmentarischen Sporenlisten für die Typusprofile Chanxhe und Rivage gare (Paproth & Streel 1971: 374–375) und den stratigraphischen Verbreitungstabellen zu entnehmen. Danach wäre die Basis der PLs1-Zone (höherer Teil Zone E Rivage gare 159–161) durch das Einsetzen von *Lophozonotriletes rarituberculatus* bei gleichzeitigem Vorkommen von var. *minor* charakterisiert. Diesem Kriterium des gleichzeitigen Vorkommens beider Komponenten entspricht auch die Assoziation im Tn1a-Kernmarsch der Bohrung Neuenkirchen 2, der damit der PLs1 (bzw. PLs)-Subzone entspricht, die im Wesentlichen den höchsten Teil der biometrischen Zone E und die gesamte Zone F umfasst.

Folgende mit dem Rügen-Profil vergleichbare Assoziationen sind im Ardenno-Rhenischen Becken beschrieben (Paproth & Streel 1971):

Rivage gare 159–161 – PLs1 (E) mit *Hymenozonotriletes lepidophytus*, *Lophozonotriletes rarituberculatus*, *Raistrickia variabilis*, *Dicrospora multifurcata*, *Grandispora echinata*

Ratingen 17–19 – PLs1 (E und F) mit *Hymenozonotriletes lepidophytus*, *Lophozonotriletes rarituberculatus*, *Grandispora echinata*, *Knoxisporites cf. hederatus*

Modave 47 – PLs1 (F)

Yvoir-tunnel 41 – PLs1 (F) mit *Hymenozonotriletes lepidophytus*, *Lophozonotriletes rarituberculatus*, *Verrucosporites nitidus*, *Grandispora echinata*, *Raistrickia variabilis*, *Endosporites ex gr. minutus*, *Auroraspora macra*, *Knoxisporites cf. hederatus*

Etroungt 3–4 – PLs1 mit *Hymenozonotriletes lepidophytus*, *Lophozonotriletes rarituberculatus*, *Cristatisporites echinatus*, *Endosporites ex gr. minutus*, *Grandispora echinata*, *Raistrickia variabilis*

Hönnetal PLs2 (D–E) und Stockum (F) PLs3 – Hangenbergsschiefer mit *Hymenozonotriletes lepidophytus*, *Lophozonotriletes rarituberculatus*, *Verrucosporites nitidus*, *Auroraspora macra*, *Vallatisporites pusillites*, *Grandispora echinata*, *Knoxisporites literatus*, *Cristatisporites echinatus*.

Es ist gegenwärtig nicht zu entscheiden, inwieweit die var. *minor*-Subzone der *lepidophyta*-Zone eventuell geringfügig noch in das Tn1b hineinreicht, da entsprechende Eichungsmöglichkeiten an anderen Fossilgruppen fehlen. Auch ist der direkte Übergang des obersten Teils der PL-Zone (F) in die hangende TE (*trivialis-explanatus*)-Zone des Tn1b nirgends beschrieben worden; Streel (1972: 169) deutete derartige Möglichkeiten für das Stockum-Vorkommen erst an. Alle si-

Tabelle 8

Vergleich Rügen und Bjelorussia

Stratigraphie	Bohrung Neuenkirchen 2/1973	Pripjat-Senke
Tn1b	2069,8–2078,5 m <i>pusillites</i> -Zone	untere Malev-Schichten m11-Komplex = <i>pusillites</i> -Zone
	höheres Tn1a: 2090,0–2098,5 m var. <i>minor</i> -Subzone (biometr. Zone F)	Ozer-Chowan-Schichten IIIB-Komplex
Tn1a	Belgien: Basis der PLs-Zone (E)	Dankowo-Lebedjan-Scht. oberster Teil: IIIA-Komplex (Einsetzen von <i>L. rubituberculatus</i>)
Fa2d	Belgien: Äquivalent Zone C	Dankowo-Lebedjan-Scht. höherer Teil: II-Komplex

chere Nachweise für *Retispora lepidophyta* var. *minor* beschränken sich jedoch bisher auf das höhere Tn1a.

Im Gegensatz zum Ardenno-Rhenischen Gebiet sind die aus der Pripjat-Senke (Weißrussland) bekannten Sporenassoziationen im Devon/Karbon-Grenzbereich kaum an Faunengruppen zu eichen. Die aus dem überwiegend terrigenen Profil beschriebenen Mikroflora haben jedoch den großen Vorzug, dass sie jeweils in eine Profil-Abfolge eingefügt werden können. Diese Möglichkeit ergab sich aus zahlreichen Bohrungen dieser Region (Kedo 1957, 1963, 1966, 1974, Kedo & Golubzow 1971).

Die Sporenassoziation aus dem Tn1a-Kernmarsch der Bohrung Neuenkirchen 2 ist innerhalb dieser Abfolge von Sporenassoziationen aus der Pripjat-Senke mit dem IIIB-Komplex der Ozer-Chowan-Schichten vergleichbar. Allerdings setzt *Lophozonotriletes rarituberculatus* bereits im IIIA-Komplex des obersten Teils der Dankowo-Lebedjan-Schichten ein, einem Abschnitt, in dem *Retispora lepidophyta* var. *typica* zurücktritt und die Varietäten var. *minor*, var. *tener*, *Hymenozonotriletes cassis* vorherrschen. Die Korrelation mit den biometrischen Zonen Streels erscheint etwas problematisch, obwohl die Tendenz der Größenreduzierung und der Vertikalverteilung der Varietäten von Kedo (1974: 87) in Analogie zu den belgischen Verhältnissen bestätigt wird. Die Vergleichbarkeit zwischen dem Tn1a-Kernmarsch der Bohrung Neuenkirchen 2 und dem IIIB-Komplex der Ozer-Chowan-Schichten (Kedo & Golubzow 1971) wird durch die große Formenmannigfaltigkeit des Letzteren bestätigt. Weitere Aussagen müssten jedoch Detailuntersuchungen vorbehalten bleiben. Die bisherige Vergleichsmöglichkeit im Devon-Karbon-Grenzbereich zeigt Tab. 8.

Als gemeinsame pflanzengeographische Besonderheit ist zu vermerken, dass in der Bohrung Neuenkirchen 2 und in der Pripjat-Senke *Vallatisporites pusillites* (sensu lato) erst in der *pusillites*-Zone des Tn1b auftritt, während die Art im Ardenno-Rhenischen Becken und in anderen Regionen in der gesamten *lepidophyta*-Zone verbreitet ist. Der Gegensatz zwischen dem Ardenno-Rhenischen Becken und der Pripjat-Senke ist in Bezug auf diese Komponente extrem: Dies muss wohl als pflanzengeographische Besonderheit gewertet werden.