

6. Palynostratigraphie und Palynofazies

Der zweite Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit ist die stratigraphische Einordnung der Kammquarzit-Formation. Die biostratigraphische Einstufung und die daraus resultierende zeitliche Parallelisierung mit den umgebenden stratigraphischen Einheiten im Rhenoharzynikum sind eine Grundvoraussetzung für die anschließende paläogeographische Interpretation der Kammquarzit-Formation (Kap. 7).

Schon früher wurde versucht, die Kammquarzit-Formation nicht nur lithostratigraphisch, sondern auch biostratigraphisch einzustufen. Aufgrund des extremen Mangels an Makro- und Mikrofauna in der Quarzitabfolge ist die biostratigraphische Einstufung jedoch bis heute nur sehr eingeschränkt möglich gewesen. Die meisten Einstufungen basieren auf Fossilfunden in den Liegendschichten der Quarzitabfolge und geben daher bestenfalls Informationen über das maximale Alter der Liegendgrenze der Quarzitabfolge. Wenige Fossilfunde sind aus der Quarzitabfolge selbst bekannt.

Bereits VON GRODDECK (1877) beschreibt Funde der Muschel *Posidonomya becheri* aus dem Liegenden der Quarzitabfolge und stellt aufgrund derer die Quarzitabfolge selbst ins Unterkarbon. Erst SCHMIDT (1926, 1933) beschrieb aus feinkonglomeratischen Lagen der Quarzitabfolge im Kellerwald Funde von Makrofauna, die bis heute die einzigen Funde dieser Art geblieben sind. Die recht umfangreiche Fauna besteht überwiegend aus Fossilbruchstücken. Die gefundenen Echinodermen, Gastropoden, Muscheln und Brachiopoden werden ins hohe Oberdevon bis Unterkarbon gestellt. Aufgrund der gefundenen Korallen und des Auftretens von *Imitoceras substriatum* stellte SCHMIDT (1933) die Fauna in die Gattendorfia-Stufe und des tiefsten Unterkarbons (cuI).

Häufiger sind Funde von Makroflora in der Quarzitabfolge überliefert worden. So beschrieb POTONIE (1901) unterkarbonische Makroflora aus dem Acker-Bruchberg- und Ilsenburg-Quarzit, die er aber aufgrund der damaligen allgemein akzeptierten Einstufung der Quarzit-abfolge ins Silur (siehe Kap. 1) als früheres Einsetzen der Makroflora interpretierte. GOTHAN (1927), DAHLGRÜN (1931, 1940) und SCHWAN (1950) konnten durch weitere Makrofloren-Funde die Quarzitabfolge sicher, aber nur ungenau ins Unterkarbon einstufen.

Die Entwicklung der Conodonten-Stratigraphie führte auch bei der Kammquarzit-Formation zu intensiven biostratigraphischen Untersuchungen. Trotz langjähriger Bemühungen konnten aus der Quarzitabfolge selbst aber keine Conodonten gewonnen werden, sondern lediglich aus den Liegendschichten.

BISCHOFF & STOPPEL (1957) beschrieben aus dem obersten Teil der Schiffelborner Schichten nahe der Kammquarzit-Basis am Wollenberg und im Kellerwald Conodontenfaunen, die ins cuII γ gestellt wurden. Weitere Datierungen in den Liegendschichten der Kammquarzit-Formation folgten im Harz durch SCHWAN (1958) vom tiefen Oberdevon bis cuII γ/δ , SCHRIEL & STOPPEL (1958) vom obersten Mitteldevon bis cuII γ/δ und durch MEYER (1965) aus dem Allerzug im Grenzbereich zur Quarzitabfolge ins cuII β/γ stellt. Durch tektonische Einschaltungen älterer Schieferfolgen in die Quarzitabfolge in den stark verschuppten Profilen des Allerzugs hielt MEYER sogar ein früheres Einsetzen der Quarzitabfolge im cuII α bis hohen cuI für möglich. Auch im Kellerwald konnten die Liegendschichten der Quarzitabfolge mit Conodonten datiert

werden. MEISCHNER (1968) stellte daraufhin die Basis der Kammquarzit-Formation ins tiefe cuII, während EDER et al. (1969) cuII α - γ dafür angeben. Das Einsetzen der Kammquarzit-Formation ließ sich daher mit großer Sicherheit auf den Bereich cuII β - γ / δ (hohes Tournai - tiefes Visé) eingrenzen, wobei die Schüttungen im Kellerwald eventuell bereits im cuII α einsetzen. Die stratigraphische Reichweite der Kammquarzit-Formation blieb aber bis jetzt unbekannt. Unklar war bis jetzt auch, ob die Quarzitabfolge wirklich heterochron einsetzt oder ob die unterschiedliche Einstufung der Kammquarzit-Basis nur ein Effekt der unterschiedlich großen Lücke zwischen jeweils höchster Datierung der Liegendschichten und Basis der Quarzitabfolge ist.

Aufgrund der fehlenden Makro- und Mikrofauna wird in der vorliegenden Arbeit die stratigraphische Einstufung anhand von Mikrosporen durchgeführt. Da diese Methode in Deutschland im Paläozoikum bislang noch wenig Anwendung findet, existiert für den Raum Deutschland bis jetzt nur eine vorläufige Sporenzonierung von Teilen des Unterkarbons von Rügen (CARSON 1995, 1997). Weitere Grundlage für die hier vorgenommenen biostratigraphischen Einstufungen sind die Sporenzonierungen von Westeuropa (Großbritannien, Irland) und Polen (Abb. 6.2).

6.1 Einführung in die Palynostratigraphie des Unterkarbons

Palynostratigraphie ist die stratigraphische Arbeit mit Palynomorphen. Dabei handelt es sich nach einer allgemeinen Definition (TRAVERSE 1988) um Mikrofossilien aus organischem Material (Chitin oder Pseudochitin, Sporopollenin), die bei der Aufbereitung von Sedimentgesteinen erhalten bleiben. Sie lassen sich also weder mit Salzsäure noch mit Flußsäure zersetzen. Häufig wird neben echten Mikrofossilien das gesamte organische Material inklusive Phytoklasten und amorpher organischer Substanz (AOM) als Palynomorphen bezeichnet, obwohl dafür der Begriff Kerogen (DURAND 1980) verwendet werden sollte. Bei den im Unterkarbon vorkommenden Palynomorphen-Gruppen handelt es sich um die für das Altpaläozoikum bestimmenden Gruppen: Acritarchen, Chitinozoen, Scolecodonten und Sporen. Die Blütezeit der ersten drei Gruppen reicht vom Ordovizium bis in den Grenzbereich Devon/Karbon. Da nur sehr wenige Formen über diese Grenze hinausgehen, spielen sie in der Stratigraphie im Unterkarbon nur eine sehr untergeordnete Rolle. Sporen entwickeln sich abhängig von der Entwicklung der Landvegetation ab dem Silur. Sie erreichen bereits im höheren Devon und Unterkarbon eine große Formenfülle. Das führt zusammen mit der Kurzlebigkeit vieler Arten dazu, daß Sporen die stratigraphisch wertvollsten Palynomorphen im Unterkarbon darstellen.

Die Palynostratigraphie ist im Gegensatz zur Arbeit mit anderen Mikrofossilien (Conodonten, Ostracoden, Foraminiferen etc.) eine im deutschen Unterkarbon bis heute wenig angewendete Methode. Nachdem in den 20er und 30er Jahren die Untersuchung von Sporen und Pollen in Deutschland mit Bearbeitungen oberkarbonischer Mikroflora in den deutschen Steinkohle-Abbaugebieten begonnen hatte, lag der Schwerpunkt der neueren Arbeiten (ab Ende der 60er Jahre) bei der Erforschung der Devon/Karbon-Grenze an ausgewählten Profilen überwiegend im Rheinischen Schiefergebirge. Sehr wenige Arbeiten befassen sich mit dem Unterkarbon selbst. Die wissenschaftliche Bearbeitung der Sporen im Unterkarbon hatte ihre Blüte in den 50er bis 70er Jahren dieses Jahrhunderts, eng verbunden mit dem Boom der Kohle- und Kohlenwasserstoffprospektion.

Sporen i. w. S. sind ein Produkt des Reproduktionskreislaufs der ‘niederen Pflanzen’: Algen, Pilze, Bakterien, und samenlose mehrzellige Pflanzen. Dabei sind in der Regel nur Sporen der niederen Landpflanzen von Bedeutung. Anhand der Größe unterscheidet man in der Palynologie:

Mikrosporen > 200 µm
Makrosporen < 200 µm

Die systematische und stratigraphische Arbeit mit Sporen beschränkt sich im Paläozoikum weitestgehend auf Mikrosporen, Makrosporen sind erst ab dem Oberkarbon von größerem Interesse. Da in-situ Überlieferungen von Sporen sehr selten sind, ist die Verbindung zwischen Spore und Mutterpflanze meistens unklar. Die Sporen-Systematik basiert daher ausschließlich auf den morphologischen Merkmalen der Sporen selbst und nicht auf der paläobotanischen Systematik der Makroflora.

6.1.1 Einführung in die Sporensystematik

Die gesamte Sporen-Systematik basiert auf der Morphologie der Sporen. Neben der Größe der Spore sind folgende morphologische Elemente für die Taxonomie wichtig: Umriß, Orientierung, Apertur, Wandaufbau, Oberflächenskulptur und Wandfortsätze (Abb. 6.1a).

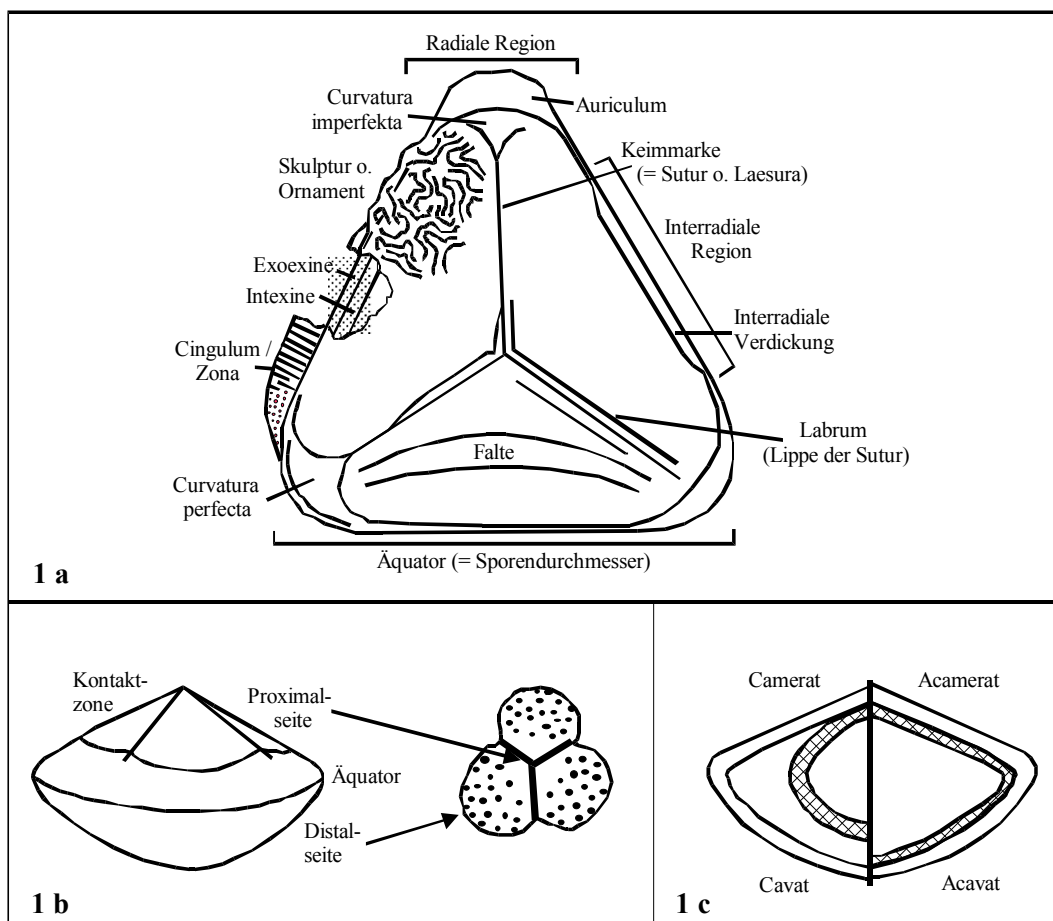


Abb. 6.1 Taxonomisch wichtige morphologische Merkmale von Sporen. 1a. - Allgemeine Merkmale (nach TRAVERSE 1988); 1b. - Orientierung der Spore; 1c. - Wandaufbau.

Umriss. Gemeint ist, wenn nicht anders angegeben, der äquatoriale Umriss der Spore. Unterschiedlichste Formen von kreisrund über oval bis konkav dreieckig treten auf. Monolete Sporen sind überwiegend oval und bilateral symmetrisch, trilete Sporen dagegen rund bis dreieckig und radial symmetrisch.

Apertur. Die Apertur (Keimspalte) der Spore wird entscheidend durch den Sporenverband bestimmt. Im tetragonalen Verband bildet sich eine einästige Keimspalte, eine monolete Marke. Im tetrahedralen Verband entsteht eine dreiästige Keimspalte, eine trilete Marke.

Orientierung. Sporen werden in Proximal- und Distalhälfte unterteilt. Die Proximalseite mit der Apertur ist im Sporenverband nach innen gerichtet. Der Kontaktbereich, in dem die einzelnen Sporen verbunden sind, ist häufig glatt oder mit reduziertem Ornament. Die Distalseite ist im Sporenverband nach außen gerichtet und besitzt häufig ein stärkeres Ornament. Beide Hälften kommen am Äquator zusammen (Abb. 6.1b).

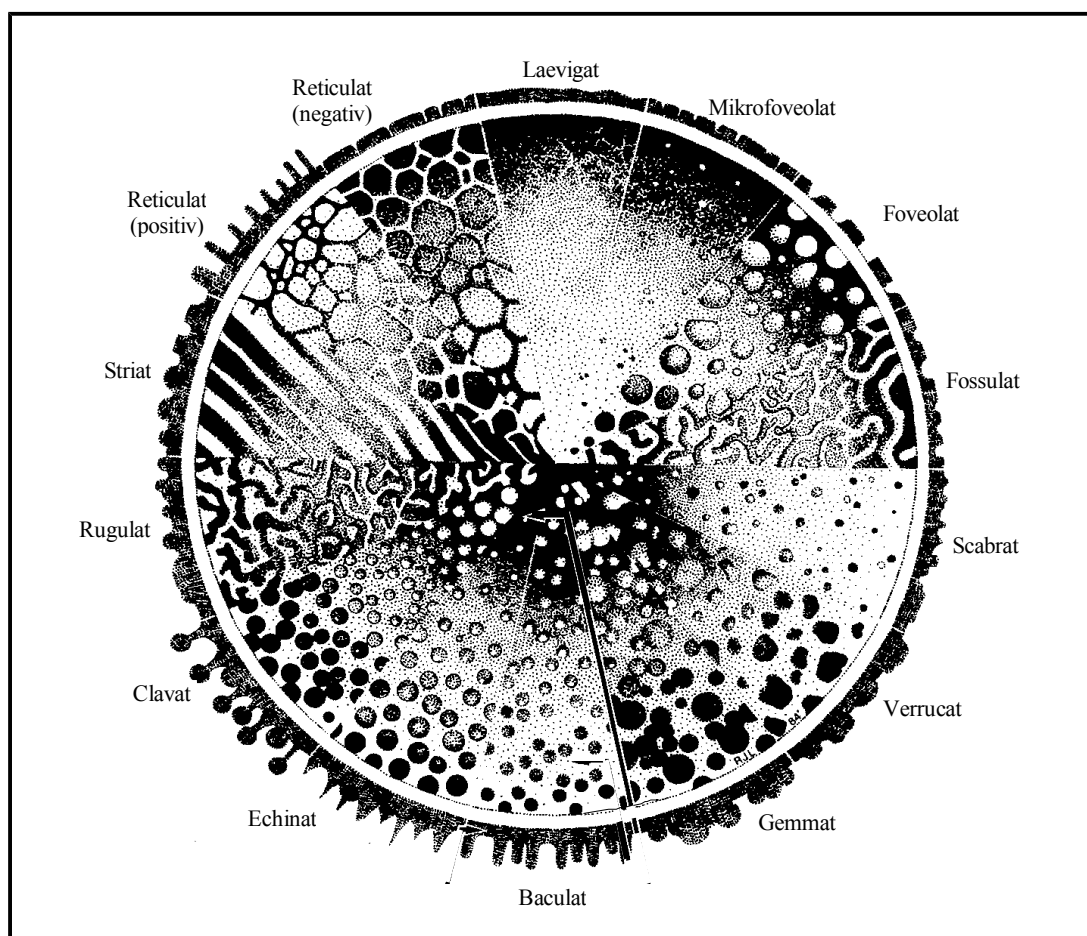


Abb. 6.2 Haupttypen der Oberflächenskulptur bei Sporen (nach TRAVERSE 1988)

Wandaufbau. Die mehrschichtig aufgebaute Sporenwand besteht aus folgenden Schichten: Endospore, eine innere Schicht aus Cellulose, oft durch Fossilisation oder Aufbereitung zerstört, Exospore, die ein- bis mehrlagige Schicht aus Sporopollenin, die fossil am besten erhalten bleibt, und Perispore, die Außenwand über der Exospore aus weniger stabilem Sporopollenin, die sehr selten erhalten ist. Fossile Sporen sind häufig einlagig. Sind sie zweilagig, ist meistens nicht mehr zu klären, ob die äußere Lage zur Exo- oder Perispore gehört. POTONIE & KREMP (1955) haben daher für fossile Sporen die neutrale Unterteilung in Intexine (innere Lage) und Exoexine (äußere Lage) eingeführt.

Zweilagige Sporen werden als cavat bzw. camerat bezeichnet, einlagige als acavat bzw. acamerat (Abb. 6.1c).

Oberflächenskulptur. Die Oberflächenskulptur, auch als Ornament bezeichnet, kann sowohl positiv (hervorstehend) als auch negativ (eingeschnitten) sein. Die wichtigsten Ornament -Typen sind in Abb. 6.2 dargestellt. In der Literatur existiert allerdings eine große Fülle weiterer Begriffe, die sich teilweise überschneiden. Für die Bestimmung einer Sporenart reicht es nicht aus, den Ornamenttyp zu benennen, sondern auch Größe, Dichte und Grenzen des Ornaments sind taxonomisch entscheidend.

Wandfortsätze. Die Sporenwand kann sowohl einheitlich dick sein, als auch lokal verdickt oder mit überwiegend äquatorialen Fortsätzen besetzt sein.

Aus der Kombination der morphologischen Merkmale wurde die Systematik der Sporen entwickelt. Das Turma-System, die für paläozoische Sporen allgemein verwendete Systematik, beruht auf Arbeiten von POTONIE & KREMP (1954) und SMITH & BUTTERWORTH (1967) und ist an die rezentbiologische Systematik angelehnt. Unterschiedlichen morphologischen Merkmalen wird eine unterschiedliche taxonomische Wertigkeit beigemessen. Die Grundlagen dafür entwickelte POTONIE in der Kriegsgefangenschaft nach dem 2. Weltkrieg. Dadurch beeinflusst, benutzte er Begriffe aus der römischen Armee für die einzelnen Kategorien des Systems (Abb. 6.3):

Anteturma (≈ Klasse):	Trennung von Pollen und Sporen
Turma (≈ Ordnung):	Einteilung nach Apertur (wichtigstes morphologisches Merkmal)
Suprasubturma (≈ Oberfamilie):	Ein- oder mehrlagiger Wandbau (acavat, cavat)
Subturma (≈ Familie):	äquatoriale Merkmale (Cingulum, Zona etc.)
Infraturma (≈ Unterfamilie):	Hauptornamenttypen
Subinfraturma:	geringere Ornamentdifferenzierungen

Anteturma	SPORITES									
	TRILETES trilete Marke						MONOLETES monolete Marke		Hilates runde Marke	Aletes ohne Marke
Supra subturma Wandbau/ Schichtung	Acavatriletes einlagige Wand		Laminatriletes cavat mit kleinem Hohlraum		Pseudosacciti- triletes stark cavat	Perinotriletes	Acavatomonoletes einlagige Wand	Cavatomonoletes mehrlagige Wand		
Subturma Äquator- merkmale	Azono- triletes einheitliche Wand	Zono- triletes Wand- verdickung -fortsätze	Azonolaminati- triletes	Zonolaminati- triletes			Azono- monoletes	Zonomonolete		
Infraturma Ornament/ Wand	Laevigati Retusotrileti Apiculati Murornati Gulati		Tuberculornati	Crassiti Cingulicavati Patinati	Monopseudosacciti Polypseudosacciti		Laevigatimonoleti Sculptatomonoleti			

Abb. 6.3 Gliederung des Turma-Systems für Sporen im Paläozoikum (nach POTONIÉ & KREMP 1954, SMITH & BUTTERWORTH 1967)

Alle beschriebenen Sporen sind in Kap. 9 ausführlich beschrieben und mit voller Autorennennung aufgelistet. Im folgenden werden daher nur die Artnamen der Sporen ohne weitere Angaben genannt. In Anhang B finden sich die Darstellungen der stratigraphischen Reichweite der Arten aus den einzelnen Proben und die Fotodokumentation der beschriebenen Sporen.

6.1.2 Entwicklung der Mikroflora im Unterkarbon

Trilete Sporen bestimmen die Mikroflora im gesamten Unterkarbon. Im Laufe des Unterkarbons wurden monolete Sporen zwar häufiger, blieben aber durchgehend unbedeutend. Saccate Pollen treten erst an der Grenze zum Oberkarbon auf. Die Diversität der Sporenvergesellschaftung an der Basis des Unterkarbons ist gering. Acamerate, laevigate Formen wie *Punctatisporites* oder *Retusotriletes* mit langer stratigraphischer Reichweite überwiegen stark. Die verschiedenen regionalen Sporenvergesellschaftungen waren zu Beginn des Unterkarbons weltweit sehr einheitlich. Unterschiede machten sich erst im mittleren Tournai stärker bemerkbar und führen zur Unterscheidung von mehreren Florenprovinzen.

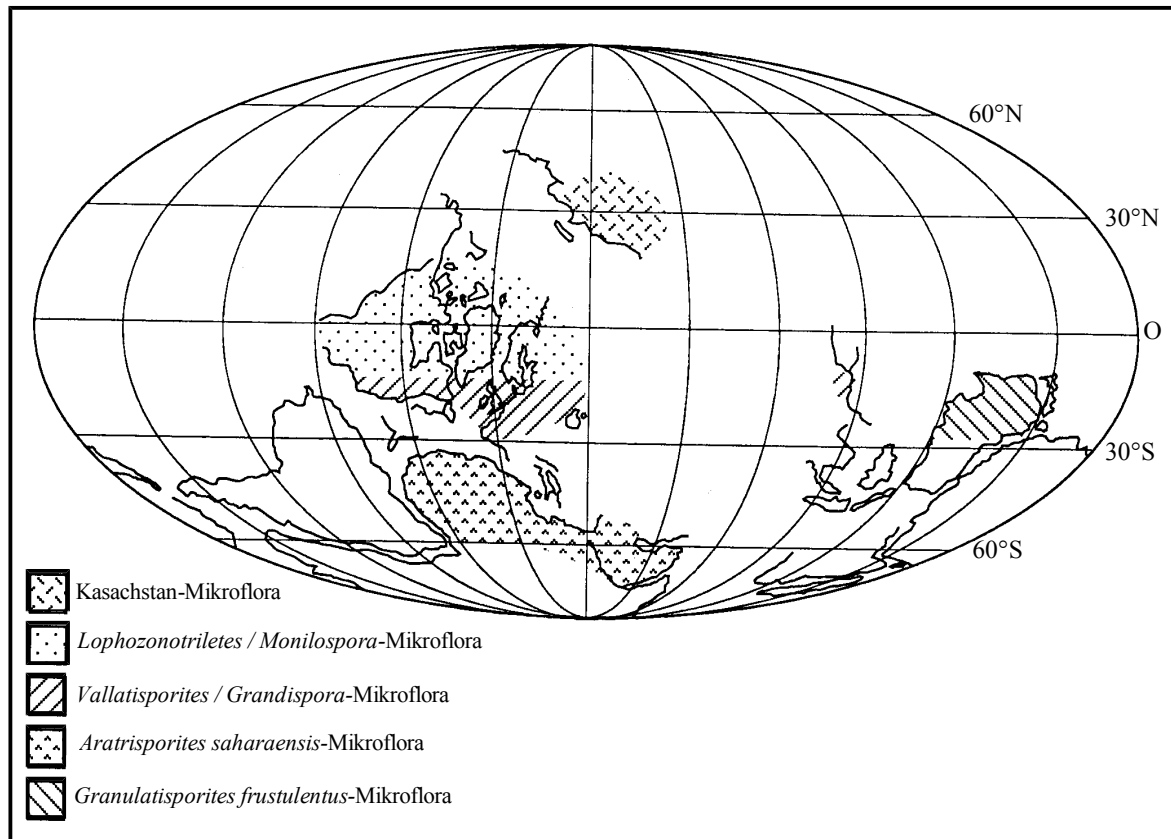


Abb. 6.4 Verbreitung der Florenprovinzen im Unterkarbon (CLAYTON 1985)

Anhand charakteristischer regionaler Unterschiede in den Sporenassoziationen wurde schon früh die Existenz unterschiedlicher Florenprovinzen erkannt. Bereits SULLIVAN (1965) beschrieb fünf unterschiedliche Sporenassoziationen (Suiten), die durch charakteristische Taxa definiert sind. Sie scheinen in ihrer Erstreckung den Großklimagürteln des Unterkarbons zu entsprechen, scheinen zum Teil aber auch durch die paläogeographische Isolierung einzelner Gebiete beeinflusst zu sein (Abb. 6.4).

Entlang des Äquators im Unterkarbon erstreckte sich von der nordamerikanischen Ostküste über Westeuropa, Nordafrika bis nach Australien im Tournai die *Vallatisporites*-Suite (Sporenzone BP - TS). Ab dem mittleren Visé wurde sie durch die *Grandispora*-Suite ersetzt (Sporenzone TC - NC). Nördlich davon lag im Tournai die *Lophozonotriletes*-Suite, die im Visé durch die *Monilospora*-Suite ersetzt wurde. Sie sind durch große cingulate Sporen gekennzeichnet. Im Visé kam die *Kasachstan*-Suite hinzu. CLAYTON (1985) ersetzte den Begriff 'Suite' durch 'Mikroflora' und fügte die *Granulatisporites frustulentus*-Mikroflora in Australien und die *Aratrisporites saharaensis*-Mikroflora (CLAYTON et al. 1991) in Nordafrika und dem nahen Osten hinzu.

Durch regionale Differenzierungen der Landvegetation, die durch kleinklimatische Unterschiede und unterschiedliche paläobotanische Milieus entstanden, kommt es aber auch innerhalb einer Florenprovinz zu leichten Unterschieden in der Sporenassoziation. Diese Unterschiede beziehen sich sowohl auf die Häufigkeit als auch auf die stratigraphische Reichweite verschiedener Sporenarten und führen zu den regionalen Unterschieden in den Zonengliederungen innerhalb einer Florenprovinz, wie das Beispiel von Westeuropa über Rügen nach Polen zeigt (Abb. 6.5).

Chronostratigraphie			Britische Inseln		Rügen		Polen			
					CARSON	BURMANN				
UNTERKARBON	Visé	Brigantian	V 3 c	NC				Ds		
					VF		?	?	?	
		Asbian	V 3 b	NM	ME	9	VP		8	Pa
					DP					
		Holkerian	V 3 a	TC		7	TC		7	Ca
				V 2	TS					
		Arundian	V 1 b	PU		6	PU	PU	5	Pu
			Chadian	V 1 a						
		Tournai		Courseyan	Tn 3c	CM		4	MC	CM
						CM	RM			
	Tn 3a/b		PC		3	PC	ND	3	untere	
	Tn 2									BP
					HD					
	Tn 1 b		VI		1		NRH	1	Ma	
Tn 1 a	LN									

Abb. 6.5 Parallelisierung der Sporenzonierungen von Westeuropa, Rügen und Nordpolen anhand durchgehender Ereignisse in der Mikroflora. 1 - Letztes Auftreten von *Retispora lepidophyta*. Einsetzen von 2 - *Umbonatisporites distinctus*; 3 - *Spelaotriletes pretiosus*; 4 - *Schopfites claviger*; 5 - *Lycospora pusilla*; 6 - *Knoxisporites triradiatus*/*K. stephanophorus*; 7 *Schulzospora campyloptera*; 8 - *Triquitrites* spp. (außer *T. incisotrilobus*); 9 - *Triquitrites marginatus* (nach CLAYTON 1985, CARSON 1997, TURNAU et al. 1997, BURMANN 1975).

Untersuchungen der Mikroflora in Deutschland, die einen Vergleich zu den west- und osteuropäischen Sporenassoziationen ermöglichen, sind selten. Die am umfangreichsten bearbeitete und am besten beschriebene Mikroflora in Deutschland ist die von Rügen (BURMANN 1975, CARSON 1997). Die Aussagen zur 'deutschen' Mikroflora beziehen sich daher überwiegend auf diese Sporenassoziation, deren Merkmale aber auch für andere Gebiete Deutschlands wie die Hörre-Gommern-Quarzitzone typisch sind. Die Mikroflora von Rügen scheint also beim bisherigen Kenntnisstand eine charakteristische Flora für das deutsche Unterkarbon darzustellen. CLAYTON (1985) sah die Mikroflora von Rügen als eine Übergangsassoziation zwischen *Vallatisporites*- und *Lophozonotriletes*-Mikroflora, ähnlich der Sporenassoziationen Nordpolens und des Donez-Beckens. CARSON (1997) zeigt aber in seiner Bearbeitung von großen Teilen des Unterkarbons in Rügen, daß die deutsche Mikroflora von der *Vallatisporites/Grandispora*-Mikroflora dominiert wird und damit der westeuropäischen Sporenassoziation sehr ähnlich ist. Das gilt besonders für das Tournai und tiefere Visé. Für diesen Bereich kann die westeuropäische Zonengliederung weitestgehend auf Deutschland übertragen werden. Der Vergleich der Sporenzonierungen (Abb. 6.5) zeigt, daß im hohen Tournai und im höheren Visé auffallende Unterschiede zwischen deutscher und westeuropäischer Mikroflora bestehen, die zu der abweichenden Zonengliederung auf Rügen führen.

Bei der deutschen Mikroflora fällt auf, daß die Artenvielfalt insgesamt geringer ist, als es für Westeuropa typisch ist. Das trifft besonders für das höhere Visé zu. Dort sind die deutlich dreieckigen Formen wie *Tripartites*, *Triquitrites*, *Diatomozonotriletes*, *Ahrensiporites* etc. extrem selten, wie es auch aus dem Visé Portugals bekannt ist (mdl. Mitt. Z. PEREIRA, Porto). Das häufige Fehlen dieser Formen, die im oberen Visé

Westeuropas die meisten Leitformen stellen, führt zu abweichenden Zonierungen im oberen Visé. Eine weitere signifikante Abweichung von Westeuropa ist das erste Auftreten kleiner Formen von *Densosporites* (*D. annulatus*, *D. intermedius*, *D. spinifer* etc.). Sie setzen in Rügen und der Hörre-Gommern-Quarzitzone eindeutig vor *Lycospora pusilla*, der Indexspore für die Visé-Basis, im obersten Tournai (CM-Zone) ein (CARSON 1995, eigene Untersuchungen). In Westeuropa setzen sie dagegen deutlich nach *Lycospora pusilla* im mittleren Visé (TC-Zone) ein. Das gilt ebenso für *Leiotriletes tumidus* (CARSON 1995). Auch die starke Variabilität in Größe und Ornament von *Raistrickia nigra*, einer Leitform des höheren Visé, unterscheidet die deutsche von der westeuropäischen Mikroflora. Auffallend ist das sehr frühe Auftreten dieser Form in Dänemark (BERTELSEN 1972). Die eng benachbarte dänische Sporenssoziation, die allerdings nur das tiefste Visé (PU-Zone) repräsentiert, ist der Mikroflora aus Rügen am ähnlichsten. Nach Osten ist die Sporenssoziation Rügens der Mikroflora Nordpolens (Westpommern) am ehesten vergleichbar. Die Zonierungen lassen sich auf mehreren Niveaus parallelisieren (Abb. 6.5), obwohl verschiedene Indexsporen Polens in Rügen extrem rar sind oder fehlen und auch die stratigraphische Reichweite einiger Formen Nordpolens sich teilweise deutlich von Rügen unterscheidet (CARSON 1997). Das Vorkommen von *Tripartites incisotrilobus* im tiefsten Visé im Harz entspricht allerdings dem Auftreten in Polen und Rußland (CLAYTON 1985) und unterscheidet sich deutlich von Westeuropa, wo die ersten Formen von *Tripartites* erst im höheren Visé einsetzen (CLAYTON et al. 1977). Auch das extrem seltene Auftreten oder Fehlen von *Lycospora* im untersten Visé, wie es aus einem hier untersuchten Profil (Ackerstollen Bohrkern 4) bekannt ist, ist typisch für die polnische Mikroflora. Das führte zu der in Polen lange Zeit gebräuchlichen, von Westeuropa abweichenden Zonierung des tiefen Visé (TURNAU 1978). Die deutsche Mikroflora ist also weitgehend der westeuropäischen Mikroflora vergleichbar, zeigt aber auch Verbindungen zur osteuropäischen Mikroflora.

6.1.3 Palynostratigraphie im Unterkarbon

Die Basis des Karbons ist eine sehr gut definierte Grenze für Sporen im Paläozoikum. Sehr gut ist dies im Devon-Karbon-Grenzprofil im Hasselbachtal bei Hagen-Hohenlimburg belegt (BECKER et al. 1984). Die Grenze Devon/Karbon ist als ein weltweit klar erkennbares Sporen-Ereignis dokumentiert, das durch das letzte Auftreten von *Retispora lepidophyta* gekennzeichnet ist. Trotz der sich im Tournai bildenden unterschiedlichen Mikrofloren lassen sich einige palynostratigraphische Ereignisse nahezu weltweit verfolgen (CLAYTON et al. 1991); die wichtigsten sind:

- Erstes Auftreten von *Spelaeotriletes pretiosus* an der Grenze Kinderhookium/Osagian (hohes Tn2).
- Einsetzen von *Lycospora pusilla* an der Tournai/Visé-Grenze.
- Einsetzen von *Tripartites vetustus* im höheren Visé (V 3).
- Erstes Auftreten monosaccater Pollen (*Florinites* spp., *Potoniesporites elegans*) an der Grenze Unter-/Oberkarbon.

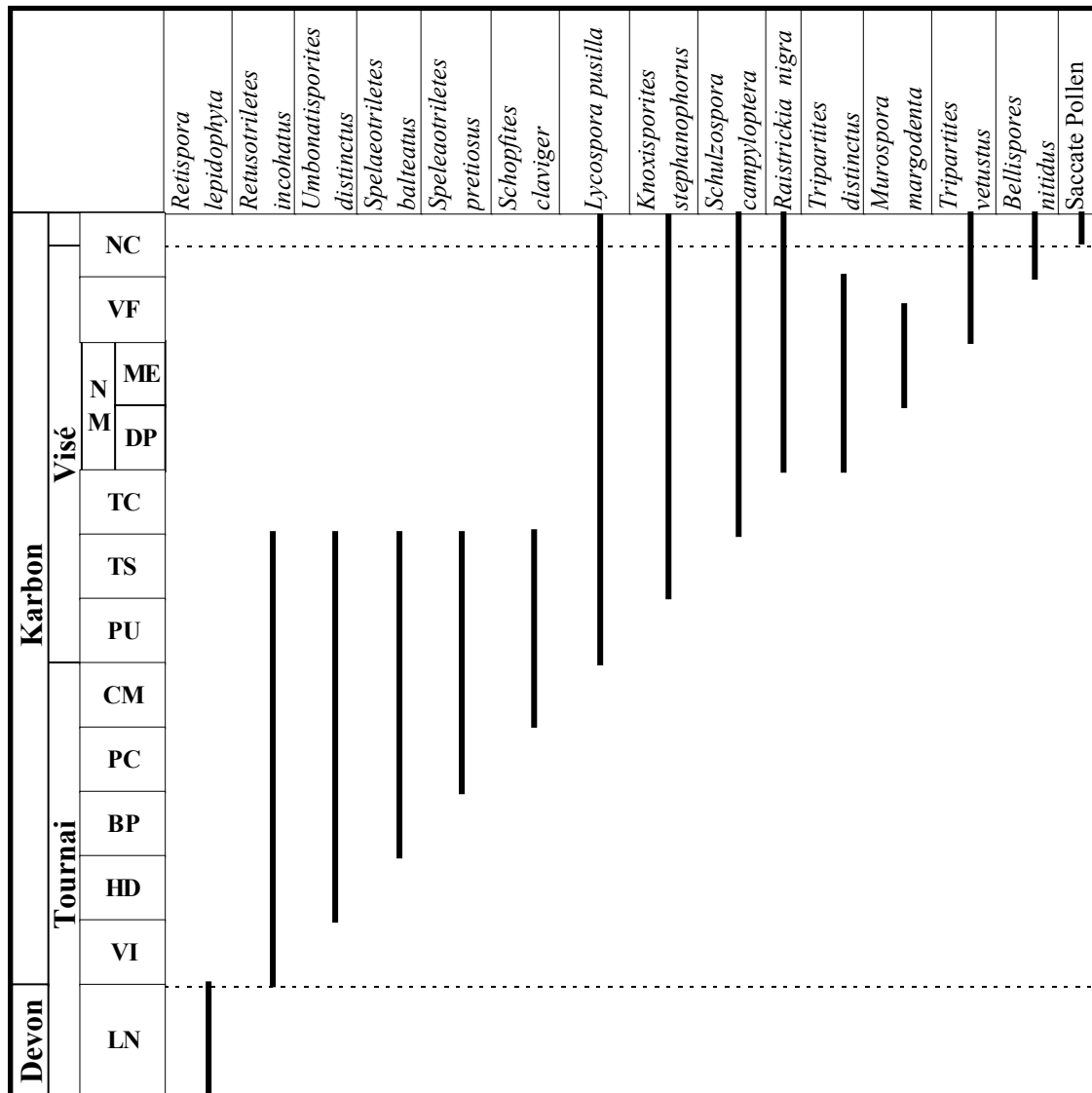


Abb. 6.6 Einsetzen und stratigraphische Reichweite einiger wichtiger Sporen im Unter-Karbon (nach Clayton et al. 1978, Clayton 1996).

Im kleinräumigeren Vergleich innerhalb einer Florenprovinz sind weitere palynostratigraphische Ereignisse zu erkennen, die eine Parallelisierung der einzelnen regionalen Standardzonierungen ermöglichen (Abb. 6.5). Das Einsetzen und die stratigraphische Reichweite ausgewählter charakteristischer Sporen im Unterkarbon Westeuropas ist in Abb. 6.6 dargestellt.

6.1.3.1 Sporenzonierungen im europäischen Unterkarbon

Sowohl in Westeuropa (Großbritannien, Irland) als auch in Osteuropa (Polen) sind seit längerer Zeit intensive palynostratigraphische Untersuchungen durchgeführt worden. Infolge dessen wurden schon früh umfassende Zonengliederungen entwickelt, die in den letzten Jahrzehnten immer weiter modifiziert und präzisiert wurden.

Auf der Basis der frühen palynostratigraphischen Arbeiten in Großbritannien (BUTTERWORTH & WILLIAMS 1958, SULLIVAN 1964, 1968, BUTTERWORTH & SPINNER 1967, NEVILLE 1968, HIBBERT & LACEY 1969, CLAYTON 1971 u.a.) erstellten NEVES et al.

(1972) eine erste Sporenzonierung des britischen Unterkarbons. Aufbauend auf dieser Zonierung wurde von CLAYTON et al. (1977) eine Sporenzonierung für das ganze Karbon Westeuropas aufgestellt. CLAYTON et al. (1978) verbesserten die Zonierung für das Unterkarbon der Britischen Inseln, die in der Folge durch CLAYTON (1985) für das Visé und durch HIGGS et al. (1988 a, b) für das Tournai weiter modifiziert wurde. Der heutige Stand der westeuropäischen Sporenzonierung des Unterkarbons ist bei CLAYTON (1996) umfassend dargestellt. Von der Devon/Karbon-Grenze bis zur Unter-/Oberkarbon-Grenze unterscheidet er 11 Zonen (Abb. 6.6):

VI-Zone (*Vallatisporites vallatus* - *Retusotriletes incohatus*)

Die Basis ist definiert durch das Aussetzen von *Retispora lepidophyta* und das Auftreten von *Retusotriletes incohatus* und *Vallatisporites vallatus*. Einfache laevigate Formen wie *Retusotriletes incohatus* und *Punctatisporites irrasus* dominieren in dieser Zone. Viele Arten aus der darunterliegenden LN-Zone sind auch in der tiefen VI-Zone präsent. Etwas oberhalb der Basis setzen eine Reihe von neuen Arten wie *Lophozonotriletes triangulatus*, *Spelaeotriletes obtusus* und *S. resolutus* ein. In diesem Niveau setzt auch *Auroraspora corporiga* ein, die eine schnelle weite Verbreitung hatte.

HD-Zone (*Kraeuselisporites hibernicus* - *Umbonatisporites distinctus*)

Die Basis ist definiert durch das Einsetzen der beiden Index-Sporen. Weitere einsetzende Arten, die aber seltener auftreten, sind *Schopfites delicatus*, *Baculatisporites fusticulus* und *Neoraistrickia cymosa*. Die meisten Arten der VI-Zone kommen auch in der HD-Zone vor, z. B. *Verrucosisporites nitidus*, *Auroraspora corporiga*, *Raistrickia corynoges*, *Retusotriletes incohatus* und viele deutlich muronate Formen wie *Corbulispora cancellata*, *Convolutispora major*, *Dictyotriletes trivialis* oder auch *Knoxisporites literatus*.

BP-Zone (*Spelaeotriletes balteatus* - *Rugospora polyptycha*)

Die Basis ist definiert durch das Einsetzen von *Spelaeotriletes balteatus*. *Rugospora polyptycha* ist charakteristisch für diese Zone, tritt aber in einzelnen Fällen schon in der HD-Zone auf. An oder nahe der Basis setzen weiterhin *Lophozonotriletes tuberosus*, *Vallatisporites vallatus* und *V. verrucosus* ein. Nahe der Obergrenze setzen *Spelaeotriletes obtusus* und *S. resolutus* aus.

PC-Zone (*Spelaeotriletes pretiosus* - *Raistrickia clavata*)

Das erste Auftreten von *Spelaeotriletes pretiosus* markiert die Basis der Zone. *Raistrickia clavata* setzt nahe der Basis ein, genauso wie *R. condylosa*, *Kraeuselisporites mitratus*, *Granulatisporites microgranifer* und *Vallatisporites microspinosus*. Etwas oberhalb der Basis setzen *Colatisporites decorus* und *Apiculatisporis heteroconus* ein. Im obersten Teil der Zone treten *Anaplanisporites baccatus*, *A. centrosus*, *Crassispora trychera* und *Colatisporites denticulatus* auf. Alle diese Arten bleiben aber relativ selten in diesem tiefen Niveau. Nahe der Obergrenze treten *Hymenozonotriletes explanatus*, *Lophozonotriletes triangulatus*, *L. malevkensis*, und *Spinozonotriletes impensus* letztmalig auf.

CM-Zone (*Schopfites claviger* - *Auroraspora macra*)

Die Basis der Zone ist markiert durch das Einsetzen von *Schopfites claviger*. Eine Sporenassoziation aus *Auroraspora macra*, *Anaplanisporites baccatus*, *Colatisporites decorus*, *C. denticulatus*, *Crassispora trychera*, *Baculatisporites fusticulus*, *Schopfites claviger*, *Plicatispora scolecophora*, *Raistrickia corynoges* und *Retusotriletes incohatus* charakterisiert diese Zone. Im oberen Teil setzen große, grob ornamentierte Arten von *Convolutispora* ein, z. B. *C. circumvallata*.

PU-Zone (*Lycospora pusilla*)

Die Basis der Zone, die der Basis des Visé entspricht, ist definiert durch das Einsetzen von *Lycospora pusilla*. Auch wenn diese Art an der Basis sehr selten ist und erst im höheren

Teil der Zone häufiger vorkommt, ist dieses Ereignis von Nordamerika über Europa bis nach Weißrußland zu erkennen. Davon abgesehen gibt es fast keine Änderung zur vorherigen CM-Zone. Nahe der Obergrenze der PU-Zone setzen viele typische Tournai-Sporen aus, z. B. *Auroraspora macra*, *Convolutispora circumvallata*, *Crassispora trychera*, *Knoxisporites literatus*, *Umbonatisporites distinctus*, *Retusotriletes incohatus*, *Punctatisporites irrasus*, *Verrucosisporites nitidus*, *Rugospora polyptycha*, *Spelaeotriletes balteatus*, *S. pretiosus*, *Schopfites claviger*, *Vallatisporites vallatus*.

TS-Zone (*Knoxisporites triradiatus* - *K. stephanophorus*)

Die Basis der Zone ist definiert durch das Einsetzen der beiden Index-Sporen. Typisch für diese Zone sind weiterhin *Murospora aurita*, *Anaplanisporites atheticus*, *Waltzispora polita*. Nahe der Obergrenze setzt *Tricidarisorites fasciculatus* ein.

TC-Zone (*Perotriletes tesselatus* - *Schulzospora campyloptera*)

Die Basis ist markiert durch das Einsetzen von *Schulzospora campyloptera*. Weitere in dieser Zone einsetzende Arten sind *Perotriletes tesselatus*, *Crassispora aculeata*, *Diatomozonotriletes cervicornutus*, *Granulatisporites granulatus*, *Leiotriletes tumidus*, *Schulzospora* spp., *Tricidarisorites serratus* und *Waltzispora planiangularata*.

NM-Zone (*Raistrickia nigra* - *Triquitrites marginatus*)

Das Einsetzen der beiden Index-Sporen markiert die Basis der Zone. Auch *Murospora parthenopia* und *Tripartites distinctus* setzen an der Basis ein und sind typisch für den unteren Teil der Zone. Im oberen Teil setzt *Murospora margodentata* ein, die häufig mit *Rotaspora ergonulii* assoziiert ist. Das führte zur Etablierung von zwei Subzonen innerhalb der NM-Zone:

DP-Subzone (*Tripartites distinctus* - *Murospora parthenopia*) und **ME-Subzone** (*Murospora margodentata* - *Rotaspora ergonulii*). Da die Sporenassoziationen abgesehen vom Einsetzen von *Murospora margodentata* identisch sind, erhielten sie den Status von Subzonen.

VF-Zone (*Tripartites vetustus* - *Rotaspora fracta*)

Die Basis ist definiert durch das Einsetzen der beiden Index-Sporen. An oder nahe der Basis setzen weitere Arten ein, wie *Diatomozonotriletes saetosus*, *Grandispora spinosa*, *Rotaspora knoxi*, *Savitrisorites nux* und *Triquitrites trivalvis*.

NC-Zone (*Bellisporites nitidus* - *Reticulatisporites carnosus*)

Das Einsetzen von *Cingulizonates cf. capistratus* markiert die Basis, da diese Art an der Basis wesentlich häufiger als die beiden Index-Sporen ist. Im oberen Teil der Zone treten erste saccate Pollen (*Florinites* und *Potoniesporites elegans*) auf. Der obere Teil der NC-Zone gehört also bereits ins Oberkarbon.

Auch in Polen wurden seit den 60er Jahren intensive Untersuchungen zur Palynologie und Palynostratigraphie durchgeführt (JACHOWICZ 1966, TURNAU 1975, 1978, KMIECIK 1978, 1986, STEMPIEN & TURNAU 1988). Darauf basierend stellte TURNAU (1978) eine Sporenzonierung für das höchste Oberdevon und Unterkarbon Polens auf, die durch AVCHIMOVITCH & TURNAU (1994) modifiziert wurde. Im Gegensatz zur westeuropäischen Zonengliederung sind die Zonen hier überwiegend als Opperl-Zonen definiert. Diese Zonen sind nicht durch das Einsetzen von Index-Sporen definiert, sondern durch eine typische Sporenassoziation, in der die Arten eine relativ große stratigraphische Übereinstimmung haben. Sechs Zonen werden unterschieden:

Ma-Zone (*Convolutispora major*)

Das Einsetzen von *C. major* markiert die Basis der Zone. Weiterhin setzen *Tumulispora dentata*, *Umbonatisporites distinctus*, *Pustulatisporites gibberosus*, *Raistrickia corynoges*

und *Dictyotriletes submarginatus* in dieser Zone ein. Zur typischen Assoziation der Zone gehören auch *Verrucosisporites nitidus* und *Auroraspora macra*. *Archaeozonotriletes incrassatus* und *Hymenozonotriletes explanatus* treten hier letztmalig auf. Nahe der Obergrenze setzt *Spelaeotriletes pretiosus* ein.

Cl-Zone (*Prolycospora claytonii*)

Die Basis der Zone ist durch das Einsetzen von *P. claytonii* definiert. Auch *Corbulispora margodentata* und *Rugospora marginata* setzen an der Basis ein. Weiterhin setzen in dieser Zone *Acanthotriletes socraticus*, *Anaplanisporites baccatus*, *Colatisporites multisetus*, *Dictyotriletes membranireticulatus* und *Raistrickia clavata* ein.

Die Zone wird in zwei Subzonen unterteilt. Die untere Cl-Zone ist durch *Convolutispora major*, *Tumulispora rarituberculata* und *T. ordinaria* charakterisiert, die an der Basis einsetzen und an der Obergrenze der Subzone verschwinden. Die Basis der oberen Cl-Zone ist durch das Einsetzen von *Schopfites claviger*, *Auroraspora panda*, *A. cf. solisortus* und *Cinturasporites multiplicabilis* gekennzeichnet. Typisch für diese Subzone sind weiterhin *Anaplanisporites baccatus*, *Crassispora trychera*, *Colatisporites multisetus* und *Raistrickia corynoges*.

Pu-Zone (*Lycospora pusilla*)

Die Basis der Zone ist durch das erste Auftreten von *L. pusilla* definiert und entspricht auch hier der Visé-Basis. Weitere Bestandteile dieser Zone sind *Lophotriletes tribullosus*, *Waltzisporea planiangularata*, *Crassispora trychera* und *Apiculiretusispora multisetata*. Die beiden letzten Arten sind aus keiner jüngeren Zone bekannt.

Ca-Zone (*Schulzospora campyloptera*)

Die Basis der Zone ist durch das Einsetzen von *S. campyloptera* zusammen mit *Dictyotriletes castanaeformis* definiert. Die typische Assoziation der Zone enthält weiterhin *Lycospora pusilla*, *Lophotriletes tribullosus* und *Waltzisporea planiangularata*. *Anaplanisporites cf. delicatus* tritt hier letztmalig auf.

Pa-Zone (*Dictyotriletes pactilis*)

Die Zone ist durch das erste Auftreten folgender Arten definiert: *Dictyotriletes pactilis*, *Murospora margodentata*, *Potoniespores delicatus*, *Perotriletes tessellatus*, *Chaetosphaerites pollenisimilis*, *Murospora aurita* und *Cingulizonates bialatus*.

Ds-Zone (*Diatomozonotriletes saetosus*)

Diese Zone ist definiert durch die obere Reichweite von *Diatomozonotriletes saetosus*, gemeinsam auftretend mit *Convolutispora clavata*, *C. amplecta*, *Diatomozonotriletes cervicornutus*, *D. jubatus*, *D. ubertus*, *Discernisporites micromanifestus*, *Murospora aurita*, *M. margodentata*, *M. trilobata*, *M. tripulvinata*, *Procoronaspora ambigua*, *Reticulatisporites cancellatus*, *Spinozonotriletes uncatus*, *Stenozonotriletes clarus* und *Tripartites incisotrilobus*. Weitere Arten, die für höhere Zonen typisch sind, treten hier erstmalig auf, wie z.B. *Lycospora noctuina*, *Reticulatisporites carnosus*, *Rotaspora fracta*, *R. knoxi*, *Schulzospora elongata* und *Tripartites nonguericki*. Die Zone ist gekennzeichnet durch die maximale Häufigkeit von *Murospora*, *Monilospora* und *Diatomozonotriletes* und sehr häufiges Vorkommen von *Tripartites*, *Rotaspora*, *Schulzospora*, *Convolutispora*, *Procoronaspora* und *Waltzisporea*.

6.1.3.2 Stand der Sporenzonierung im Unterkarbon in Deutschland

Bis heute fehlt eine Mikrosporen-Standardzonierung für Deutschland (Mitteleuropa), die das Unterkarbon vollständig umfaßt. Nur zwei Arbeiten haben bis jetzt einen größeren

stratigraphischen Bereich des Unterkarbons erfaßt (BURMANN 1975, CARSON 1995). Die daraus entstandenen Zonierungen sind in Abb. 6.5 dargestellt.

Aus der Bearbeitung des Unterkarbons der Bohrung Wiek 4 durch BURMANN (1975) entstand die erste palynostratigraphische Zonierung für Rügen vom höchsten Devon bis an die Visé-Basis. Teilweise läßt sich diese Zonierung mit Makrofauna aus dem gleichen Bohrkern parallelisieren. Die Zonierung wird zwar teilweise auch mit der westeuropäischen Zonierung verglichen, ist aber sehr stark an die Zonengliederung aus der Pripjat-Senke in Rußland angelehnt (KEDO 1963). Definiert werden die Zonen einerseits durch das Einsetzen bestimmter Arten, aber auch durch Häufigkeitsmaxima von Arten. Vom Hangenden zum Liegenden gliedert BURMANN (1975):

CM-Zone (*Schopfites claviger* - *Auroraspora macra*): Unter der Visé-Basis (Sporenzone PU) folgt auf Rügen wie auch in Westeuropa die CM-Zone. Sie wird dem höheren Tn3 bis unteren V1 gleichgesetzt. An der Basis der Zone scheidet BURMANN analog zu Arbeiten in der Pripjat-Senke in Rußland die RM-Zone aus (KEDO 1963).

Die **RM-Zone** (*Lophozotriletes rarituberculatus* - *Lophotriletes minutissimus*) ist eine Übergangsassoziation zur liegenden ND-Zone und hat kein Äquivalent in der westeuropäischen Zonengliederung. Die Basis der RM-Zone wird der Tn3-Basis gleichgesetzt.

Die **NRH-Zone** (*Verrucosisporites nitidus*, *Lophozotriletes rarituberculatus*, *Knoxisporites hederatus*) umfaßt eine nicht weiter gliederbare Sporenassoziation, die bis zur Devon/Karbon-Grenze hinabreicht und nach makrofaunistischen Datierungen dem Tn1b-Tn2 entspricht. Die Basis der NRH-Zone ist durch das Fehlen von *Retispora lepidophyta* der Basis der VI-Zone Westeuropas vergleichbar (CLAYTON 1985).

Die **ND-Zone** (*Verrucosisporites nitidus* - *Umbonatisporites distinctus*) wird als regionale Subzone im obersten Teil der *nitidus*-Zone angesehen, die durch das Einsetzen von *Umbonatisporites distinctus* gekennzeichnet ist. Dadurch ist die Basis der ND-Zone der Basis der HD-Zone in Westeuropa vergleichbar.

Die **PA-Zone** (*Vallatisporites pussilites*, *Dictyotriletes asperitis*) sowie die darunterfolgende **minor-Subzone** der *lepidophytus*-Zone sind nach heutigen Parallelisierungen beide dem Tn1a zuzurechnen, also dem obersten Devon.

Den ersten Versuch einer Sporenzonierung für das gesamte Unterkarbon in Rügen unternahm CARSON (1995, 1997) mit der Bearbeitung der Bohrungen Rügen 2 und Wiek 3. Durch Profillücken in den Bohrungen und Fehlen von Probenmaterial konnte dieses Ziel jedoch nicht erreicht werden. Für einen großen Teil des Unterkarbons konnte zumindest aber eine Zonengliederung erstellt werden, die aufgrund der großen Ähnlichkeit der Mikroflora Rügens und Westeuropas eng an die westeuropäische Gliederung angelehnt ist. Die Gliederung von Rügen entspricht größtenteils der westeuropäischen Standardzonierung (Abb. 6.5). Die Zonen sind durch das Einsetzen der Indexsporen, entsprechend der westeuropäischen Zonengliederung, definiert. Das tiefe Karbon bis an die Devon-Grenze fehlt in der Bearbeitung genauso wie das hohe Visé.

Die **BP-Zone** (*Spelaeotriletes balteatus* - *Rugospora polyptycha*) ist die tiefste von CARSON beschriebene Sporenassoziation. Ihre Basis ist nicht erschlossen, aber die Sporenassoziation dieser Zone in Rügen entspricht der typischen Assoziation Westeuropas. Darauf folgt die **PC-Zone** (*Spelaeotriletes pretiosus* - *Raistrickia clavata*), entsprechend der Zonierung Westeuropas.

Die **CM-Zone** (*Schopfites claviger* - *Auroraspora macra*) reicht in Rügen im Gegensatz zu Westeuropa nicht bis an die Visé-Basis. Sie ist dem unteren Teil der CM-Zone Westeuropas vergleichbar und dem unteren Teil der oberen Cl-Zone Polens.

Die **MC-Zone** (*Gorgonispora multiplicabilis* - *Convolutispora circumvallata*) liegt zwischen der CM- und PU-Zone im hohen Tournai auf Rügen. Das Einsetzen von *G. multiplicabilis* kennzeichnet die ansonsten der CM-Zone vergleichbare Sporenssoziation. Auch *C. circumvallata* setzt an oder nahe der Basis ein. *C. major* verschwindet in dieser Zone. Die MC-Zone entspricht dem oberen Teil der CM-Zone Westeuropas und dem oberen Teil der oberen Cl-Zone Polens.

Die **PU-Zone** (*Lycospora pusilla*) und die **TS-Zone** (*Knoxisporites triradiatus* - *Knoxisporites stephanophorus*) entsprechen aufgrund der auftretenden Indexsporen und der typischen Sporenssoziation weitgehend diesen Zonen in Westeuropa.

Die **TC-Zone** (*Perotrilites tessellatus* - *Schulzospora campyloptera*) ist in Rügen durch das Einsetzen der Gattung *Schulzospora*, überwiegend *S. campyloptera* gekennzeichnet. Die zweite Indexart *P. tessellatus* ist in Rügen nicht überliefert.

Die **VP-Zone** (*Tripartites vetustus* - *Dictyotriletes peltatus*) ist die höchste Sporenzone auf Rügen. Die NM-, VF- und NC-Zone des hohen Visé in Westeuropa sind in Rügen nicht zu unterscheiden. Die westeuropäischen Indexsporen *Tripartites vetustus* (VF-Zone) und *Triquitrites marginatus* (NM-Zone) setzen auf Rügen gleichzeitig ein, während *Raistrickia nigra*, die zweite Indexspore der NM-Zone, etwas oberhalb der Basis auftritt. Die meisten charakteristischen Arten der drei höchsten Visé-Zonen in Westeuropa fehlen in Rügen. Die VP-Zone ist als zeitliches Äquivalent eines Teils dieser drei Zonen anzusehen. Die Basis ist durch das Einsetzen von *T. marginatus* der Basis der NM-Zone gleichzusetzen. Die stratigraphische Reichweite der Zone ist nicht bekannt, aber nicht höher als die VF-Zone anzunehmen. Nahe der Basis setzen auch *Ibrahimispores brevispinosus*, *Tripartites nonguericki* und *Grandispora spinosa* ein.

Die Abweichung zwischen Rügen und Westeuropa im hohen Visé ist sehr auffällig. Verschiedene Faktoren sind dafür verantwortlich. Wie schon erwähnt, sind in der deutschen Mikroflora die stark dreieckigen Formen extrem rar. Gerade diese Formen sind jedoch die Leitformen der westeuropäischen Sporenzonierung im hohen Visé. Dazu kommt, daß durch die Profillücke an der Grenze zum Oberkarbon und durch fehlendes Probenmaterial der oberste Teil des Unterkarbons nicht bearbeitet werden konnte. Die exakte Reichweite dieser Lücke ist bis jetzt noch nicht genau festzulegen (mdl. Mitt. G. CLAYTON, Dublin).

6.1.4 Parallelisierung der Sporenzonierung mit anderen biostratigraphischen Gliederungen des Unterkarbons in Deutschland

Die Sporenzonierung des Unterkarbons wurde bisher selten mit anderen biostratigraphischen Gliederungen in Deutschland parallelisiert. Die Parallelisierungen beschränkten sich fast ausschließlich auf den Grenzbereich Devon/Karbon im Rheinischen Schiefergebirge. Nach HIGGS & STREEL (1984) und BECKER et al. (1984) liegt die Grenze LN/VI-Sporenzone etwas unterhalb der Devon/Karbon-Grenze, definiert durch die Grenze *Siphonodella praesulcata*/*S. sulcata*, innerhalb der *Acutimitoceras prorsum*-Goniatitenfauna. Von Westeuropa bis nach Rußland wird die Basis der VI-Sporenzone heute der Devon/Karbon-Grenze gleichgesetzt (CLAYTON 1985, AVCHIMOVITCH et al.

1993). Die einzige direkte Parallelisierung über diesen Grenzbereich hinaus ist bei BURMANN (1975) zu finden. Die von BURMANN erstellte Sporenzonierung kann teilweise mit Makrofauna des gleichen Bohrkerns parallelisiert werden. CARSON (1995) parallelisiert seine Sporenzonierung anhand der Ergebnisse stratigraphischer Vergleiche aus den unterkarbonischen Standardprofilen in Großbritannien und Irland. Die hier vorgestellte Parallelisierung (Abb. 6.7) basiert auf den veröffentlichten Daten von Parallelisierungen aus West- und Osteuropa (Polen). Ausführliche Vergleiche von Sporenzonierungen und anderen biostratigraphischen Systemen finden sich bei HIGGS et al. (1988 a u. b, 1992) und TURNAU et al. (1997) für das Tournai und tiefe Visé und bei CLAYTON et al. (1978) für das gesamte Unterkarbon. Umfassende biostratigraphische Übersichten stammen von RILEY (1993) für das Unterkarbon der britischen Inseln und von ZAKOWA et al. (1995) für das Karbon in Polen, worauf sich alle folgenden Angaben zur Parallelisierung in Polen beziehen. Daraus lassen sich für die Sporenzonierung von Rügen (CARSON 1997), stellvertretend für Deutschland, folgende Parallelisierungen erstellen (Abb. 6.7):

VI-Zone. Die Basis der Zone wird von Westeuropa bis nach Rußland der Devon/Karbon-Grenze gleichgesetzt (siehe oben). In Westeuropa und Polen entspricht sie der *Siphonodella sulcata*- bis *Siphonodella sandbergi*-Zone, also dem Tn 1b (HIGGS et al. 1988a, ZAKOWA et al. 1995).

HD-Zone. Die Basis der Zone wird in Westeuropa und Polen der Basis der *Siphonodella crenulata*-Zone gleichgesetzt (HIGGS et al. 1988a, ZAKOWA et al. 1995). In Polen reicht sie bis in die obere *Siphonodella crenulata*-Zone (Zakowa et al. 1995); umfaßt also das Tn 2a.

BP-Zone (tiefste von CARSON (1995) beschriebene Zone in Rügen). Die Basis liegt in Irland im Tn 2a - Tn 2b (HIGGS et al. 1988a) in der oberen *Polygnathus spicatus*-Zone. In Belgien wird sie in das Tn 2a gestellt, die hohe untere *Siphonodella crenulata*-Zone (HIGGS et al. 1992). In Polen entspricht sie der oberen *Siphonodella crenulata*-Zone.

PC-Zone. Sie wird auf den britischen Inseln in das Tn 2b - Tn 2c gestellt (CLAYTON et al. 1978), direkt unter die Basis der *Polygnathus inornatus*-Zone (HIGGS et al. 1988a). In Polen wird sie in die *Siphonodella isosticha*-Zone im Bereich der Tn2b/Tn2c-Grenze gestellt. Entgegen der Darstellung bei RILEY (1993) besteht zwischen PC- und CM-Zone keine Lücke, sondern mehrere Profile zeigen die kontinuierliche Sporenabfolge von der PC-Zone in die CM-Zone (HIGGS et al. 1988a).

CM-Zone. Die Basis liegt an der Grenze Tn 3b/Tn 3c, an der Basis der *Polygnathus mehli*-Zone (HIGGS et al. 1988b). In Polen liegt die Basis der Zone ebenfalls an der Basis des Tn3c, in der tiefsten *Scaliognathus anchoralis*-Zone.

MC-Zone. CARSON (1995) vermutet die Basis im mittleren Tn3c. Auch die Position zwischen CM- und PU-Zone macht oberes Tn3c für diese Zone wahrscheinlich.

PU-Zone. Die Basis der Zone ist ausführlich untersucht und wird heute von Westeuropa bis nach Rußland einheitlich der Tournai/Visé-Grenze gleichgesetzt (CLAYTON et al. 1977, HIGGS et al. 1988, TURNAU et al. 1997). Diese Einstufung beruht überwiegend auf lithostratigraphischen Vergleichen. Die beste biostratigraphische Parallelisierung ergibt sich aus dem Vergleich der von BERTELSEN (1972) beschriebenen PU-Sporenassoziation aus Dänemark mit Foraminiferen desselben Bohrkernabschnitts, die ins V1a eingestuft werden (MICHELSEN 1971). Auch in Polen reicht die Zone von der Visé-Basis, Basis der *Gnathodus texanus*-Zone, bis in den obersten Teil dieser Conodonten-Zone.

Großbritannien - Irland			Rügen			Deutschland - Polen						
Chronostratigraphie	Conodonten Zonen		Sporenzonen			Conodonten Zonen	Chronostratigraphie					
			CARSON	BURMANN								
UNTERKARBON	Visé	Brigantian	G. girtyi collins.	VP	PU	Gnathodus	nodosus	V 3 c				
			L. mononodosa									
		Asbian	G. bilineatus						TC	TS	bilineatus	V 3 b
		Holkerian	L. commutata						MC			
		Arundian	G. homo-punctatus						PU	PU	texanus	V 2 b
		Chadian	Sc. anch.						MC	V 1 a		
	Tournai	Courseyan	P. mehli	CM	RM	Tn 3	Sc. anchoralis latus	Tn 3 c				
			P. com. carina	PC					ND	Tn 2 - Tn 1b		
			P. multistriatus		BP	NRH	Siphonodella	isosticha			Tn 2	
			P. inornatus	P. spicatus					obere crenulata	untere crenulata		
							sandbergi	Tn 1 b				
							duplicata					
					sulcata							

Abb. 6.7 Parallelisierung der unterkarbonischen Sporenzonierung von Rügen mit Conodonten- und Chronostratigraphie in Großbritannien/Irland und Deutschland/Polen (nach BURMANN 1975, CLAYTON et al. 1978, HIGGS et al. 1988a u. b, RILEY 1993, ZAKOWA et al. 1995 und TURNAU et al. 1997).

TS-Zone. Die Basis liegt in Irland im unteren Teil der oberen „Mixed beds“ in Armagh, die aufgrund der Mikrofauna in den Grenzbereich Arundium/Holkerium zu stellen sind (HIGGS et al. 1988b). In Polen wird die Zone dem Bereich oberste *Gnathodus austini*-Zone/unterste *Gnathodus bilineatus*-Zone gleichgesetzt. Sie entspricht also dem V 2b.

TC-Zone. Die Zone entspricht dem obersten Teil der *Lochriea commutata*-Zone (RILEY 1993), die Basis liegt im oberen Holkerium (MCPHILEMY 1989). In Polen wird die Zone dem V 3a gleichgesetzt, entspricht damit dem unteren Teil der *Gnathodus bilineatus*-Zone.

VP-Zone. Die Basis der Zone entspricht der NM-Zone Westeuropas. Diese entspricht in Großbritannien nach RILEY (1993) der Basis der *Gnathodus bilineatus*-Zone und der Basis der B2a-Goniatitenzone (*Goniatites hudsoni*). Die Obergrenze der NM-Zone wird aus lithostratigraphischen Gründen an die Asbium/Brigantium-Grenze gestellt (mdl. Mitt. G. CLAYTON, Dublin). In Polen entspricht die NM-Zone dem V 3b (oberste Pe δ - bis Go β 1-Goniatitenzone).

Die VP-Zone entspricht wahrscheinlich auch einem basalen Anteil der westeuropäischen VF-Zone. Die VF-Zone entspricht auf den britischen Inseln dem größten Teil der *Gnathodus bilineatus*-Zone bis nahe an die Basis der P2b-Goniatitenzone (RILEY 1993). In

Polen umfaßt sie den unteren Teil des V 3c, oberste *Gnathodus bilineatus*- bis mittlere *Paragnathodus nodosus*-Zone, bzw. Go β 2- bis Go β 5-Goniatitenzone (*Goniatites striatum*).

NC-Zone. Die oberste Sporenzone im Unterkarbon fehlt in der Bearbeitung von CARSON (1995, 1997). In Westeuropa wird sie dem oberen Teil des V 3c und dem basalen Namur A, der E 1-Goniatitenzone, gleichgesetzt (CLAYTON et al. 1977).

6.2. Palynostratigraphische Ergebnisse aus den bearbeiteten Proben

Aus allen bearbeiteten Profilen wurden aus den Pelitlagen Proben zur biostratigraphischen Bearbeitung genommen. Es wurden nur Proben genommen, die eindeutig aus der Kammquarzit-Formation stammen und keine tektonischen Einschaltungen repräsentieren. Der Anteil der produktiven Proben ist regional sehr unterschiedlich. Bis zu 50% der aufbereiteten Proben im Harz und in Gommern ergaben genügend Material für die stratigraphische Bearbeitung. Aufgrund der durchgehend höheren Inkohlung der Palynomorphen im Kellerwald und in der Hörre/Lahnmulde konnten nur sehr wenige brauchbare Präparate im Südwestteil der Hörre-Gommern-Quarzitzone gewonnen werden. Aus dem nordöstlichsten Quarzitvorkommen (Brg. Brandenburg) konnten keine Palynomorphen gewonnen werden, da die organische Substanz dort sekundär vollständig oxidiert wurde.

Die Erhaltung der Palynomorphen (ihre Inkohlung und mechanische Zerstörung) ist sehr stark abhängig von der Position der entnommenen Probe zu tektonisch beanspruchten Bereichen (Scherflächen usw.). Im Kontakt zu Störungen steigt die Inkohlung und die mechanische Zerstörung der Palynomorphen stark an. In Gebieten mit durchgehend hoher tektonischer Beanspruchung, z. B. in den kleinräumigen, durchgehend stark gestörten Vorkommen entlang des Hörre-Nordrandes, ist generell eine sehr hohe Inkohlung zu beobachten. Aus diesem Grund konnte bis jetzt keine stratigraphisch verwertbare Mikroflora aus der Quarzitabfolge in der Wildestein-Schuppe gewonnen werden.

Am günstigsten für die palynologische Bearbeitung sind Proben aus Pelitlagen mit möglichst geringem Feinsand- bis Siltanteil direkt oberhalb dickbankiger Quarzitbänke der Quarzit-Fazies. Diese Pelite repräsentieren den Feinanteil der Turbidite, in dem sich die Sporen entsprechend ihrem hydrodynamischen Verhalten anreicherten. Die Mikroflora dieser Proben zeigte die beste Erhaltung und die höchste Diversität. Proben aus Pelitlagen in der Quarzit-Pelit-Fazies überlieferten in der Regel eine relativ schlecht erhaltene Mikroflora mit einer geringen Diversität. Abhängig von der Erhaltung der Palynomorphen wurden mehrere Präparate von einer Probe angefertigt und ausgewertet. Häufig wurde die organische Substanz für die einzelnen Präparate unterschiedlich lange oxidiert, teilweise wurde aber auch die Zusammensetzung der Präparate variiert. Das geschah durch die Entnahme unterschiedlich schnell absinkender Anteile nach dem Aufschütteln des organischen Rests der Probe. Aufgrund der durchgehend mäßigen Erhaltung der Palynomorphen in der Kammquarzit-Formation wurden von den meisten Proben mehrere Präparate bearbeitet, um zu einer sicheren stratigraphischen Einstufung zu kommen.

Bei der biostratigraphischen Auswertung der Mikroflora ist zu beachten, daß es sich bei der untersuchten Kammquarzit-Formation um eine Abfolge aufgearbeiteter und umgelagerter Sedimente handelt, die eine Mischflora aus Sporen der aufgearbeiteten Gesteine und der In-situ-Flora zum Zeitpunkt der Sedimentation enthalten. Die jüngsten auftretenden Sporen

geben das Alter des Sedimentationszeitpunkts an, die älteren Formen zeigen den stratigraphischen Umfang der Aufarbeitung an. Die stratigraphische Einstufung einer Probe wird also nach dem Einsetzen der jüngsten Sporenarten vorgenommen. Wichtigste Grundlage für die stratigraphische Einstufung der Sporenarten ist das Einsetzen der Arten in Rügen (CARSON 1995). Alle Angaben zu Rügen beziehen sich auf CARSON (1995). Arten, zu denen keine Angaben aus Rügen vorliegen, werden anhand des Einsetzens in West- und Osteuropa eingestuft. Stimmt der Zeitpunkt des Einsetzens einer Art in beiden Gebieten überein, wird auch für Deutschland ein ähnliches Einsetzen angenommen. Ist keine solche Übereinstimmung gegeben, wird die stratigraphische Einstufung nur unter Vorbehalt gemacht.

Neben dem sehr seltenen Auftreten stark dreieckiger Formen, den Leitformen des hohen Visé in Westeuropa, sind auch die westeuropäischen Indexsporen für das mittlere Visé (TS/TC-Zone) in der deutschen Mikroflora selten. Das gilt für *Knoxisporites triradiatus* und *K. stephanophorus* (TS-Zone) genauso wie für *Schulzospora campyloptera* (TC-Zone). Während diese Formen in Rügen noch einigermaßen häufig auftreten, kommen sie in der Kammquarzit-Formation sehr selten vor, so daß andere Arten zusätzlich für die Einstufung in diese Zonen genommen werden. Zur Einstufung in die TS-Zone werden *Granulatisporites granulatus*, die in Rügen an der Basis der TS-Zone einsetzt und häufig in der Kammquarzit-Formation vorkommt, und *Tricidarisporites fasciculatus*, die in Rügen in der oberen TS-Zone einsetzt und auch ausreichend häufig vorkommt, verwendet. Die TC-Zone wird markiert durch das Auftreten von *Diatomozonotriletes* spp. (außer *D. fragilis*), die in Westeuropa und Rügen ab der TC-Zone auftreten und auch in Polen erst aus dem oberen Visé bekannt sind (CLAYTON 1996, KMIECIK 1986).

Zum stratigraphischen Vergleich der Kammquarzit-Formation mit dem Einsetzen der Grauwackenfolge im nordwestlichen rhenoharzynischen Becken (Oberharz) wurden Proben aus Tonschieferzwischenlagen im Basisbereich der Grauwackenfolge im Oberharz genommen (Brg. Adlersberg, Geländeaufschlüsse oberhalb Lerbach und im Innerste-Tal nördlich Lauthenthal). Die Palynomorphen in diesen Proben sind durchgehend sehr stark inkohlt. Die Palynofazies besteht zu über 90 % aus Phytoklasten. Zur stratigraphischen Bearbeitung konnte daher keine Probe aus der Grauwackenfolge benutzt werden.

6.2.1 Südwestliche Hörre-Gommern-Quarzitzone

Aus dem südwestlichen Teil der Hörre-Gommern-Quarzitzone wurden von WIERICH & VOGT 1997 Mikroflora aus Pelitzzwischenlagen der Kammquarzit-Formation beschrieben. Es wurden je eine Mikroflora aus dem Kellerwald (Ruine Löwenstein) und aus Dietkirchen (Lahnmulde, südöstliches Ende der Quarzitzone) beschrieben.

Die Mikroflora aus dem Steinbruch südlich der Ruine Löwenstein westlich Oberurff-Schiffelborn (Kellerwald) wurde von WIERICH & VOGT in das höhere Visé, VP-Sporenzone (Rügen, CARSON 1995), eingestuft. Die Mikroflora besteht größtenteils aus Arten, die für das Tournai und tiefste Visé typisch sind wie *Acanthotriletes persibus*, *Dictyotriletes trivialis*, *Discernisporites micromanifestus*, *Knoxisporites literatus* und *Grandispora echinata*, und Arten die im oberen Tournai bis Basis des Visé einsetzen und für das untere Visé typisch sind wie *Radiizonates mirabilis*, *Rugospora polyptycha*, *Densosporites* spp. Das Auftreten von *Lycospora pusilla* belegt eindeutig Visé-Alter. Mit

Knoxisporites stephanophorus und *K. triradiatus* kommen die beiden Index-Sporen der TS-Sporenzone vor und belegen die stratigraphische Einstufung ins untere Visé (V2, Holkerium). Die von WIERICH & VOGT 1997 dokumentierten Exemplare der stratigraphisch höher einsetzenden Formen *Diatomozonotriletes rarus*, *Schulzospora rara* und *Dictyotriletes peltatus* sind sehr untypisch für diese Arten und lassen daher, bestärkt durch das Fehlen von weiteren, für das mittlere bis höhere Visé typischen Arten, Zweifel an der Einstufung in das höhere Visé, VP-Sporenzone, entstehen. Meines Erachtens ist diese Mikroflora mit Sicherheit in die TS-Zone einzuordnen, eine stratigraphisch höhere Einstufung bleibt aber sehr fraglich.

Die in die Quarzitabfolge eingeschalteten Tonschiefer im Steinbruch unterhalb der Ruine Löwenstein wurden mehrfach als Liegendgrenze der Quarzitabfolge mit dem Übergang in die Schiffelborner Schichten im Liegenden angesehen (STOPPEL 1961, WIERICH & VOGT 1997). Das würde aufgrund der Einstufung in die TS-Sporenzone ein von der restlichen Hörre-Gommern-Quarzitzone abweichendes Alter der Liegendgrenze der Kammquarzit-Formation im Kellerwald bedeuten. Die detaillierte Kartierung von STOLBERG (1994) zeigte jedoch, daß dieser Aufschluß mitten in einer Kammquarzitabfolge liegt, die im Norden durch eine Störung von den Schiffelborner Schichten getrennt wird. Der Deutung der hier aufgeschlossenen Quarzitabfolge mit Peliteinschaltungen als Liegendgrenze der Kammquarzit-Formation und der damit verbundenen Annahme für ein stratigraphisch abweichendes Einsetzen der Quarzitabfolge im Kellerwald kann daher nicht gefolgt werden.

Aus pelitischen Zwischenlagen im ehemaligen Steinbruch "In den Bergen" westlich Dietkirchen und einer 300 m südlich davon abgeteuften Bohrung der Deutschen Bahn AG beschrieben WIERICH & VOGT (1997) eine Mikroflora, die sie in das tiefste Visé, PU-Sporenzone, einordneten. Die Mikroflora besteht aus Arten, die für das oberste Tournai und tiefste Visé typisch sind. Die Einstufung in das tiefste Visé ist durch das Auftreten von *Lycospora pusilla* und das Fehlen von Arten des jüngeren Visé eindeutig belegt. Diese Mikroflora zeigt, daß auch hier die Quarzitschüttungen bereits im tiefsten Visé aktiv waren. Daher ist das Einsetzen der Kammquarzit-Formation über die gesamte Länge der Hörre-Gommern-Quarzitzone von Gommern im Nordosten bis Dietkirchen im Südwesten an die Basis des Visé zu legen.

Aus den pelitischen Zwischenlagen der Quarzitabfolge im ehemaligen Steinbruch Wildestein nördlich Offenbach (Hörre-Nordrand) konnte bis jetzt keine verwertbare Mikroflora gewonnen werden. Am Wollenberg wurde keine eindeutig in die Quarzitabfolge eingeschaltete Pelitlage gefunden, so daß auch von dort keine Mikroflora bekannt ist.

Die Untersuchungen in der vorliegenden Arbeit beschränken sich daher auf die großräumigen Quarzit-Vorkommen im Harz und bei Gommern.

6.2.2 Harz

Die palynostratigraphischen Untersuchungen konzentrieren sich im Harz auf die Proben aus den Ackerstollen-Bohrkernen 2, 3 und 4, da die Erhaltung der Palynomorphen in den Bohrkernen in der Regel besser ist als in Geländeproben. Außerdem stellen die Bohrungen die mächtigsten zusammenhängenden Profile mit der größten stratigraphischen Reichweite

in der Kammquarzit-Formation dar. Ackerstollen-Bohrkern 1 und 5 blieben unberücksichtigt, da die Kammquarzit-Formation in diesen Kernen nicht oder sehr gering erbohrt ist. Geländeproben wurden aus dem Allergzug bearbeitet, um dieses räumlich vom Hauptquarzitzug abgetrennte Vorkommen stratigraphisch einzuordnen.

Die Erhaltung der Mikroflora in den Proben aus dem Harz ist mäßig bis schlecht. Die meisten unproduktiven Proben sind nicht aufgrund des Fehlens von Mikroflora, sondern aufgrund der schlechten Erhaltung der Mikroflora unbrauchbar. Die Palynomorphen zeigen eine mittlere bis starke Inkohlung. Die Färbung der Sporen reicht von hellbraun bis schwarz. In den biostratigraphisch ausgewerteten Proben überwiegen hell- bis dunkelbraun gefärbte Sporen. Häufig ist die Oberfläche korrodiert und teilweise sind die Sporen nur noch sehr schwach erhalten. Selten sind die Sporen unbeschädigt, Sporenbruchstücke kommen relativ häufig vor.

Ackerstollen-Bohrung 2

Die Bohrung wurde im kleinen Mollental an der Nordwestflanke des Acker-Quarzit-Zuges niedergebracht und erschließt eine 100 m mächtige Abfolge der Kammquarzit-Formation, ohne die Liegendgrenze zu erreichen (BÜCHNER & STOPPEL 1997). In dieser Bohrung ist kein Schuppenbau zu erkennen (Anhang C, Profil 4). Lediglich eine Sporenprobe aus 30,5 m Tiefe (42,7 m lfd. Bohrkernmeter) enthält eine gut erhaltene Mikroflora, die für die stratigraphische Bearbeitung brauchbar ist (Anhang B, Tafel 1).

Diese Probe enthält eine reiche Mikroflora des höheren Visé. Das Auftreten von *Murospora margodentata*, der Indexspore der westeuropäischen ME-Zone, belegt hohes Visé, oberes $c_{III\alpha}$. Diese Einstufung wird bestätigt durch das Auftreten von *Diatomozonotriletes ubertus*, die in Polen in der oberen Ca- bis Ds-Zone auftritt (KMIECIK 1986) und weitere Arten, die auf Rügen in der VP-Zone einsetzen, wie *Dictyotriletes vitilis*, *Dillspora disjuncta*, *Murospora siblyana*, *Raistrickia nigra* (CARSON 1995). Die Mikroflora wird dominiert von Arten, die in Westeuropa, Rügen und, soweit bekannt, in Polen für das Visé typisch sind. Charakteristisch sind *Anapiculatisporites atheticus*, *Apiculiretusispora verrucosa*, *Colatisporites decorus*, *Convolutispora* spp., kleine Formen von *Densosporites*, *Dictyotriletes* spp., *Granulatisporites granulatus*, *Knoxiosporites rotatus*, *K. stephanophorus*, *K. triradiatus*, *Lophotriletes tuberculatus*, *L. tribulosus*, *Lycospora pusilla*, *Murospora aurita*, *M. intorta* und *Rugospora minuta*. Aufgearbeitete, auf das Tournai begrenzte Arten sind sehr selten.

Ackerstollen-Bohrung 3

Die 385 m tiefe Bohrung wurde auf der Südostseite des Acker nahe der Ackerstraße abgeteuft. Bis zur Endteufe wurde eine 175 Meter mächtige (reale Mächtigkeit) Abfolge von Kammquarzit-Formation und Liegendschichten erbohrt. Drei übereinanderliegende Schuppen sind zu unterscheiden, die jeweils von der Kammquarzit-Formation in die liegenden Pelitfolgen übergehen (Anhang C, Profil 6). Aus jeder der drei Schuppen wurden Proben für die palynologische Bearbeitung genommen. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Erhaltung der Sporen konnten aber nur einige Proben palynostratigraphisch ausgewertet werden. Die oberste, 95 m mächtige Schuppe, die eines der mächtigsten zusammenhängenden Profile mit erschlossener Liegendgrenze ist, wurde anhand von Sporen durchgehend datiert. In der untersten Schuppe wurde der tiefste

erbohrte Anteil der Quarztabfolge datiert. Folgende Bereiche der obersten Schuppe konnten palynostratigraphisch ausgewertet werden:

8,0 m (Anhang B, Tafel 2):

Die oberste Probe aus der obersten Schuppe von Bohrkern 3 ist auch die stratigraphisch höchste Probe des gesamten Bohrkerns. Viele Sporen sind schlecht erhalten oder zerbrochen, so daß nur eine beschränkte Zahl von Arten sicher bestimmt werden konnte. Die sicher bestimmte Sporenassoziation reicht aber aus, um die Probe stratigraphisch einordnen zu können.

Der Großteil der auftretenden Sporen ist typisch für das untere bis mittlere Visé. Auch wenn alle west- und osteuropäischen Indexsporen für das mittlere Visé fehlen, läßt sich die Mikroflora durch das Auftreten von *Stenozonotriletes coronatus* und *Diatomozonotriletes trilinearis* in die obere TC-Zone, mittleres Visé, einordnen. *S. coronatus* setzt in Westeuropa in der oberen TC-Zone ein (CLAYTON et al. 1978). Die Gattung *Diatomozonotriletes* setzt in Westeuropa in der oberen TC-Zone ein (CLAYTON 1996) und ist auch aus Polen nicht früher bekannt (ZAKOWA et al. 1995). Weiterhin treten auf *Tricidarisorites fasciculatus* und *Waltzisporea planiangulata*, die in Rügen und Westeuropa in der oberen TS-Zone bzw. dem TS/TC-Grenzbereich einsetzen (CARSON 1995, CLAYTON 1978). Cingulate Formen sind relativ häufig, z.B. verschiedene Arten von *Densosporites* und auch *Murospora aurita* und *M. intorta*. Auch *Lycospora pusilla* ist recht häufig. Daneben kommen überwiegend wenig differenzierte Formen vor, die im oberen Tournai und Visé typisch sind: *Calamospora* spp., *Colatisporites decorus*, *Discernisporites micromanifestus*, *Granulatisporites microgranifer* etc. Eindeutig aufgearbeitete Sporen, die in ihrem Auftreten auf das Tournai beschränkt sind, wie *Dictyotriletes trivialis* oder *Spelaeotriletes obtusus*, kommen nur untergeordnet vor.

53,5 m:

WIERICH & VOGT (1997) beschreiben eine kleine Mikroflora aus diesem Bohrkernabschnitt, die sie in die PU-Zone, unteres Visé, einstufen. Aus dieser Probe beschreiben sie das Auftreten von *Knoxisporites triradiatus*, einer der beiden Indexsporen der TS-Zone, sowohl in Westeuropa als auch in Rügen. Die Probe ist damit mindestens in die TS-Zone zu stellen. Die restliche Mikroflora ist typisch für Proben aus dem unteren bis mittleren Visé, so daß diese Probe in die TS-Zone gestellt wird.

88,0 m (Anhang B, Tafel 3):

Auch in der Mikroflora aus diesem Horizont konnten aufgrund der schlechten Erhaltung der Sporen nur wenige Formen mit Sicherheit bestimmt werden. Für eine brauchbare stratigraphische Einordnung ist das allerdings ausreichend. Die Mikroflora ist dominiert von Arten, die im oberen Tournai einsetzen und im gesamten Visé typisch sind: *Colatisporites decorus*, *Discernisporites micromanifestus*, *Granulatisporites microgranifer*, *Knoxisporites literatus* und *Diatomozonotriletes fragilis*. Das ist die einzige Art von *Diatomozonotriletes*, die in Rügen ab der Visé-Basis auftritt (CARSON 1995). Das relativ häufige Vorkommen von *Lycospora pusilla* zeigt, daß dieser Horizont nicht an die Visé-Basis zu stellen ist, sondern eindeutig höher stratigraphisch eingeordnet werden muß. Verbunden mit dem Auftreten von *Tricidarisorites fasciculatus* (obere TS-Zone) und *Waltzisporea planiangulata*, die im TS/TC-Grenzbereich einsetzen, ist die Mikroflora aus diesem Bohrkernabschnitt in den Grenzbereich TS/TC-Zone einzuordnen.

144,1 m (Anhang B, Tafel 4):

Die Mikroflora aus diesem Bereich enthält eine deutlich größere Artenvielfalt als die beiden vorangegangenen. Aber auch hier ist die Erhaltung nicht besonders gut. Sporenbruchstücke sind relativ häufig und oft ist die Oberfläche korrodiert. Daher sind einige Sporengruppen nur auf Gattungs-Niveau und nicht bis auf Art-Niveau zu bestimmen. Typische Beispiele dafür sind *Convolutispora* sp., *Cristatisporites* sp., *Cyclogranisporites* sp., *Gulisporites* sp., *Reticulatisporites* sp., *Spelaeotriletes* sp.. Dominiert wird die Mikroflora von Arten, die im oberen Tournai bis Tournai/Visé Grenzbereich einsetzen und im gesamten Visé typisch sind: *Anaplanisporites baccatus*, *Calamospora parva*, *Densosporites intermedius*, *D. spinifer*, *D. variomarginatus*, *Granulatisporites microgranifer*, *Convolutispora vermiformis*, *Lycospora pusilla*, *L. rotunda*, *L. noctuina*, *Murospora intorta*, *Punctatisporites minutus*, *Rugopora minuta* und *Verrucosisporites nitidus*. Interessant ist das Auftreten von *Tripartites incisotrilobus*, die in Polen ab dem obersten Tournai auftritt (ZAKOWA et al. 1995). Die häufig vorkommenden Arten von *Lycospora* zeigen eine deutlich über der Visé-Basis liegende stratigraphische Position dieser Mikroflora an. Das wird bestätigt durch das Auftreten von *Granulatisporites granulatus* und *Tricidarisporites fasciculatus*, die in Rügen in der TS-Zone einsetzen (CARSON 1995) und für diese Mikroflora eine Einstufung in die mittlere TS-Zone angeben. Der Anteil aufgearbeiteter Sporen, die auf das Tournai bis tiefste Visé beschränkt sind, ist höher als in den Proben zuvor. Typische Vertreter sind *Corbulispora cancellata*, *Dictyotriletes trivialis*, *Discernisporites sullivanii*, *Plicatispora scolecophora*. Beim Erhaltungszustand der aufgearbeiteten Sporen ist kein klar erkennbarer Unterschied zur Visé-Mikroflora festzustellen.

185,8 m (Anhang B, Tafel 5):

Hierbei handelt es sich um die in der obersten Schuppe erschlossene Liegendgrenze der Kammquarzit-Formation. Die erste in die Quarzitbänke eingeschaltete Pelitlage wurde beprobt. Eine kleine Gruppe von Sporen ist stark inkohlt, schwarz bis dunkelbraun, und größtenteils nicht mehr zu bestimmen. Die bestimmbareren Individuen dieser Gruppe gehören zur Gattung *Raistrickia* (*R. variabilis*, *R. clavata*, *R. corynoges*) und *Pustulatisporites*; es sind also aufgearbeitete Sporen aus dem Tournai. Auch bei den schlecht erhaltenen Sporen treten eindeutig aufgearbeitete Sporen des Tournai auf, z. B. *Vallatisporites pusillites*. Zum größten Teil besteht die Mikroflora aus Sporen, die im mittleren bis oberen Tournai einsetzen und für das Visé typisch sind: *Apiculiretusispora verrucosa*, *Convolutispora florida*, *Densosporites brevispinosus*, *D. spinifer*, *Discernisporites micromanifestus*, *Leiotriletes inermis*, *Punctatisporites minutus*, *Schopfites cf. claviger*, *Vallatisporites vallatus*. Das Auftreten von *Lycospora pusilla* zeigt eindeutig, daß die Mikroflora in das Visé einzuordnen ist. Da Sporen, die gesichert erst in höheren Zonen des Visé einsetzen, fehlen und aufgrund der geringen Häufigkeit von *L. pusilla* wird die Mikroflora in die PU-Zone, Basis Visé, eingestuft.

340,9 m (Anhang B, Tafel 6):

Dieser Bohrkernabschnitt wurde palynologisch untersucht, um den tiefsten erbohrten Anteil der Kammquarzit-Formation stratigraphisch einzuordnen. Es gibt keine signifikanten Unterschiede in der Sporenfarbe wie in der Probe zuvor, sondern die Färbung der gesamten Mikroflora ist einheitlich mittel- bis dunkelbraun. Die Erhaltung der Sporen ist schlecht. In der relativ verarmten Mikroflora wurde eine Sporenassoziation von Arten sicher bestimmt, die im oberen Tournai bis Basis Visé einsetzen und für das Visé typisch

sind: *Apiculiretusispora verrucosa*, *Densosporites intermedius*, *D. spinifer*, *Granulatisporites microgranifer* und *Rugospora minuta*. Die jüngste, für die stratigraphische Einstufung entscheidende Sporenart ist *Lycospora pusilla*. Daher wird diese Probe in die PU-Zone, unterstes Visé, gestellt.

Auch aus 375, 8 m Bohrteufe beschreiben WIERICH & VOGT (1997) eine biostratigraphisch verwertbare Mikroflora. Aufgrund des Auftretens von *Monilospora mutabilis* und *Densosporites* spp. wird sie in die TC-Zone eingestuft. In Rügen und in der Hörre-Gommern-Quarzitzone treten *Densosporites* spp. allerdings schon ab der oberen CM-Zone auf. *Monilospora mutabilis* ist in Profilen aus Schottland und Nordengland zwar ab der TC-Zone bekannt, ob das aber auf Deutschland übertragbar ist, ist aufgrund deutlicher Unterschiede zwischen den beiden Mikrofloren allerdings fraglich. Die Probe nur aufgrund dieser einen Form, die auch in Westeuropa keinen Leitwert für die TC-Zone hat, in diese Zone einzustufen, ist sehr fragwürdig, zumal die sehr schlechte Erhaltung eine exakte Bestimmung schwierig macht. Von der restlichen Zusammensetzung her ist die Mikroflora dieser Probe typisch für das untere Visé, PU-Zone. Außer *Lycospora pusilla* kommen keine weiteren, im Visé einsetzenden Arten vor. Typische Formen des mittleren Visé fehlen vollständig, so daß diese Probe in die PU-Zone eingestuft wird.

Ackerstollen-Bohrung 4

Diese Bohrung wurde am Südosthang des Acker nahe dem südöstlichen Rand des Acker-Quarzitzugs abgeteuft und erbohrte bis zur Endteufe bei 288,4 m die Kammquarzit-Formation (Anhang C, Profil 7). Ab 283 m Bohrteufe bis zur Endteufe treten zunehmend Einschaltungen von schwarzen Ton- und Kieselschiefern auf, die den Übergang von der Kammquarzit-Formation in die liegenden Schiffelborner Schichten darstellen. Auch diese Bohrung erschließt also die Liegendgrenze der Kammquarzit-Formation. Lithostratigraphisch ist in dem Bohrkern kein Schuppenbau zu erkennen und auch biostratigraphisch ist eine kontinuierliche Alterszunahme von der obersten datierten Probe bei 17,5 m (lfd. Bk-Meter) bis zur untersten Probe bei 270,5 m festzustellen. Stark zerscherte Bohrkernabschnitte, teilweise mit Kernverlust, deuten aber auch in diesem Bohrkern eine starke tektonische Überprägung und eventuell Schuppenbau an. Folgende Proben konnten anhand von Sporen biostratigraphisch eingestuft werden:

17,5 m (Anhang B, Tafel 7):

Die mäßige Erhaltung der Mikroflora ist typisch für Proben aus dem Harz. Die Färbung der Sporen variiert zwischen mittel- und dunkelbraun. Gering differenzierte Sporen, die im oberen Tournai einsetzen und bis zum mittleren bis höheren Visé vorkommen, stellen den Großteil der Mikroflora. Typisch sind *Apiculiretusispora verrucosa*, *Punctatisporites minutus*, *Convolutispora circumvallata*, *Rugospora polyptycha* und *Verrucosisporites verrucosus*. Der Anteil an das Tournai beschränkter, aufgearbeiteter Sporen wie *Retusotriletes planus*, *Rugospora lactuosa*, *Schopfites delicatus*, *Spelaeotriletes balteatus* und *S. crustatus* ist beachtlich. Die relativ häufig vorkommenden *Densosporites intermedius* und *D. variabilis*, die in Rügen in der mittleren MC-Zone einsetzen, deuten auf ein Visé-Alter für diese Probe hin. Allerdings fehlen alle Arten von *Lycospora*, die von Nordamerika bis nach Weißrußland typisch für das Visé ist. Dafür treten mit *Tricidarisporites fasciculatus* und *Microreticularisporites hortonensis* zwei Sporenarten auf, die in Rügen bzw. in Irland eindeutig in der oberen TS-Zone einsetzen. Aufgrund dieser Arten wird die Probe in die obere TS-Zone gestellt.

Neben den Sporen enthält diese Probe einige Chitinozoen und Scolecodonten. Ihr Anteil an den gesamten Palynomorphen ist jedoch sehr gering (< 1%).

153,8 m (Anhang B, Tafel 8):

Die Mikroflora ist für die Verhältnisse im Harz recht gut erhalten, besteht aber fast ausschließlich aus wenig differenzierten, stratigraphisch kaum brauchbaren Arten wie *Anaplanisporites baccatus*, *Convolutispora vermiformis*, verschiedenen Arten von *Densosporites*, *Granulatisporites microgranifer*, *Leiotriletes tumidus*, *Retusotriletes incohatus* und *Rugospora minuta*. Diese Arten setzen alle vom Tournai bis nahe unter die Visé-Basis ein (*Densosporites*) und treten bis zum mittleren bis hohen Visé auf. Auch *Leiotriletes tumidus*, die in Westeuropa im mittleren Visé (TC-Zone) einsetzt (CLAYTON et al. 1978), tritt in Rügen ab der MC-Zone auf. Auch hier fehlen wieder alle Arten der für das Visé indikativen *Lycospora*. Das häufige Auftreten von *Densosporites* spricht für eine Einstufung in das Visé. Das Auftreten von *Anaplanisporites atheticus*, die in Rügen in der TS-Zone auftritt, deutet sogar eine Position deutlich über der Visé-Basis (TS-Zone) an. Da diese Art der einzige Vertreter der TS-Zone ist, ist eine Einstufung der Probe in die TS-Zone fraglich. Mit Sicherheit kann sie in die PU-Zone gestellt werden. Der Anteil aufgearbeiteter Tournai-Sporen ist nicht sehr hoch. Von besonderem Interesse ist das Auftreten von *Retispora lepidophyta*, deren Auftreten weltweit auf das Devon beschränkt ist. Damit ist zu belegen, daß nicht nur Gesteine des tiefen Unterkarbons, sondern daß auch Einheiten, die bis in das Devon reichen, aufgearbeitet wurden.

Diese Probe enthält sehr wenige Acritarchen (<< 1%).

193,0 m (Anhang B, Tafel 9):

Aus diesem Bereich konnte eine recht gut erhaltene und artenreiche Mikroflora gewonnen werden. Die auftretenden Sporen sind größtenteils gering differenzierte Formen, die im Tournai einsetzen. Neben Arten wie *Anaplanisporites baccatus*, *Auroraspora solisorta*, *Densosporites anulatus*, *D. intermedius*, *Retusotriletes incohatus*, *Spelaeotriletes balteatus*, *S. pretiosus* und *Verrucosisporites nitidus*, die in Westeuropa und Rügen bis in das mittlere bzw. höhere Visé vorkommen, treten Arten auf, die bis an die Visé-Basis (PU-Zone) vorkommen, z. B. *Apiculiretusispora multisetata*, *Auroraspora corporiga*, *Grandispora cornuta*, und *Plicatispora scolecophora*. Untergeordnet treten aufgearbeitete Formen aus dem tieferen Tournai auf, z. B. *Vallatisporites pusillites*. Auch *Stenozonotriletes bracteolus* comb. nov. ist in dieser Probe überliefert. Aufgrund des recht häufigen Auftretens von *Densosporites* spp. wird die Probe in die PU-Zone gestellt.

Stark untergeordnet (< 1%) kommen auch in dieser Probe Acritarchen vor.

270,5 m (Anhang B, Tafel 10):

Die tiefste bearbeitete Probe dieser Bohrung liefert eine sehr schlecht erhaltene Mikroflora mit einem stark eingegengten Formenspektrum. Die meisten auftretenden Sporen haben eine stratigraphische Reichweite vom Tournai bis in das Visé: *Convolutispora circumvallata*, *Grandispora echinata*, *Knoxisporites literatus*, *Raistrickia variabilis* und *Spelaeotriletes pretiosus*. Es treten aber auch einige Exemplare von *Lycospora* spp. auf. Daher wird die Probe in das tiefste Visé, tiefe PU-Zone, eingeordnet. Aufgearbeitete Sporen des Tournai wie *Convolutispora major* und *Corbulispora cancellata* sind nicht sehr häufig.

Allerzug

Zwei Proben aus dem Allerszug wurden palynostratigraphisch bearbeitet. Eine Pelitzzwischenlage der Quarzitabfolge der Allerklippe wurde beprobt, die andere Probe stammt aus dem Wegprofil am Jägerstieg oberhalb des Kleinen Mollental. Beide Proben liefern eine relativ stark inkohlte, schlecht erhaltene Mikroflora, die aber für palynostratigraphische Aussagen zu gebrauchen ist.

Allerklippe (Anhang B, Tafel 11):

Die Mikroflora dieser Probe umfaßt ein enges Formenspektrum. *Lycospora pusilla* zeigt eine Position oberhalb der Visé-Basis an. Durch das Auftreten von *Waltzisporea polita*, typisch für die TS-Zone, und *Knoxisporites triradiatus*, einer Indexspore der TS-Zone (CARSON 1995), wird diese Probe in die TS-Zone gestellt. Weiterhin treten *Densosporites brevispinosus*, *D. spinifer*, *Pustulatisporites multicapitis* und *Rugospora minuta* auf, die im mittleren Tournai einsetzen und bis zum mittleren bis hohen Visé vorkommen. Eindeutig aufgearbeitete Sporen werden nicht beobachtet.

Wegprofil am Jägerstieg (Anhang B, Tafel 12):

Auch hier konnte eine kleine Mikroflora gewonnen werden, die eine Einstufung in das gleiche stratigraphische Niveau wie die Probe von der Allerklippe ergibt. Auch hier wird die Einstufung in die TS-Zone durch das Auftreten von *Knoxisporites triradiatus*, einer Indexspore für diese Zone, belegt. Auch das Auftreten von *Reinschosporea triangularis* spricht für mittleres Visé, da solche stark dreieckigen Formen erst ab dem mittleren Visé (TS/TC-Zone) vorkommen. Weiterhin besteht die Mikroflora überwiegend aus wenig differenzierten Formen des Tournai/Visé wie *Punctatisporites* spp., *Convolutisporea florida*, *Verrucosisporites verrucosus*, *Anapiculatisporites hystricosus* und *Lycospora pusilla*. Auf das Tournai beschränkte, eindeutig aufgearbeitete Sporen sind selten. Das Auftreten von *Retisporea lepidophyta* zeigt aber einen beachtlichen stratigraphischen Umfang der aufgearbeiteten Sporen bis in das Devon an.

6.2.3 Gommern

Proben aus der Quarzitabfolge bei Gommern waren der zweite Schwerpunkt der palynologischen Untersuchungen. Die bearbeiteten Proben stammen aus den Bohrungen Gommern 1 und Gommern 2, die beide als Lehrbohrungen auf dem Gelände der Erdöl-Erdgas Gommern (EEG, ehemals VEB Erdöl und Erdgas Gommern) abgeteuft wurden. Die Erhaltung der Mikroflora in den Bohrkernen ist bedeutend besser als in den Geländeproben. Auch der Überblick über die in Gommern erschlossene Quarzitabfolge ist in den Bohrungen wesentlich besser, obwohl die zur Verfügung stehenden Bohrverzeichnisse wenig detailliert sind und nur wenig Kernmaterial erhalten ist. Besonders interessant sind die palynostratigraphischen Ergebnisse aus Bohrung Gommern 1, da sie einen bis jetzt nicht erkannten Schuppenbau im Gommern-Quarzit biostratigraphisch aufzeigen (Kap. 4.5, Abb. 6.8).

Bohrung Gommern 2

Der genaue erbohrte Mächtigkeit der Bohrung ist unklar. Über die obersten 65,3 Meter der Bohrung existiert ein knappes Kurzprofil. Die Kernmarschen von 67 bis 85 Meter sind zum

Teil (ca. 50 % von jedem Kernmarsch) erhalten. Aus dem erhaltenen Bohrkernmaterial wurden zwei Pelitzwischenlagen für palynologische Untersuchungen beprobt.

Eine Probe aus **73 m Bohrteufe** wurde stratigraphisch ausgewertet (Anhang B, Tafel 13): Die Erhaltung der Mikroflora in dieser Probe ist recht gut und zeigt eine relativ große Formenfülle. Neben typischen Sporen des mittleren bis höheren Visé tritt ein beträchtlicher Anteil von Sporen auf, deren Vorkommen auf den Zeitraum von Tournai bis zur Basis des Visé beschränkt ist und die hier eindeutig als aufgearbeitete Sporen einzuordnen sind. Obwohl die Indexsporen für die Sporenzonen des mittleren bis höheren Visé (TS/TC-Zone) fehlen, kann die Probe in die TC-Zone eingeordnet werden. Diese stratigraphische Einstufung ist gestützt auf das Vorkommen von *Diatomozonotriletes cervicornutus* und *D. hughesii*. *Diatomozonotriletes* spp. setzt in Westeuropa und Rügen in der TC-Zone ein (CLAYTON 1996, CARSON 1995), mit der Ausnahme von *D. fragilis* in Rügen. *D. cervicornutus* setzt in Rügen an der Basis der TC-Zone ein. Weiterhin treten *Stenozonotriletes coronatus*, die in Westeuropa in der TC-Zone einsetzen, und *Tricidarisorites fasciculatus* auf, die in Rügen in der oberen TS-Zone einsetzen. Auch *Granulatisporites granulatus*, in Rügen typisch ab der TS-Zone, ist zu finden.

Ein großer Teil der Mikroflora setzt sich aus Sporen zusammen, die vom mittleren Tournai bis zur Basis des Visé einsetzen und für das Visé typisch sind: *Auroraspora solisorta*, *Colatisporites decorus*, *Calamospora* spp., *Densosporites* spp., *Discernisporites micromanifestus*, *Lycospora* spp., *Punctatisporites aerarius*, *Rugospora minuta*, *Tholisporites decorus* und *Verrucosisorites nitidus*. Der Anteil an aufgearbeiteten Sporen aus dem Tournai ist beträchtlich. Typische Arten sind *Anaplanisporites centrosus*, *Auroraspora corporiga*, *Dictyotriletes trivialis*, *Bascaudaspora collicula*, *Discernisporites sullivanii*, *Retusotriletes planus* und *Spelaeotriletes balteatus*.

Neben Sporen sind in dieser Probe auch wenige Scolecodonten zu finden.

Bohrung Gommern 1

Diese Bohrung mit einer Endteufe von 745 m durchteuft die Kammquarzit-Formation und erbohrte in ihrem Liegenden eine mehrere 100 m mächtige Pelitfolge mit Kieselschiefer-Einschaltungen. Auch hierzu sind wenig detaillierte Unterlagen vorhanden; ein sehr knappes Kurzprofil (Archiv der EEG) und eine kurze Beschreibung bei PAECH (1973). An Material lagen von dem Bohrkern 29 Tütchen mit zerkleinerten Gesteinsproben vor. Aus den oberen 450 Metern Bohrkern wurden gezielt 6 Proben für die palynologische Bearbeitung entnommen. Entgegen der bisherigen Annahme (PAECH 1973) ist in dieser Bohrung kein kontinuierlich nach unten zunehmendes Alter zu beobachten, sondern mehrfach folgen jüngere Einheiten unter älteren. Diese Bohrung erschließt also keine kontinuierliche Abfolge von der Kammquarzit-Formation in die Liegendschichten bis zur Endteufe, sondern eine mehrfache Wiederholung von klastischen Einschaltungen (164-190 m, 225-322 m, 420-485 m), die sowohl lithologisch als auch palynostratigraphisch Teil der Kammquarzit-Formation sind (Kap. 6.4, Abb. 6.8). Die folgenden Bohrkernabschnitte wurden palynologisch untersucht:

Oberste Schuppe - 82 m (Anhang B, Tafel 14):

Die oberste bearbeitete Probe in diesem Bohrkern liefert eine schlecht erhaltene, relativ stark inkohlte Mikroflora mit einem sehr eingegengten Formenspektrum. Die sicher bestimmten Arten *Calamospora* spp., *Densosporites spinifer*, *Lycospora pusilla*, *Punctatisporites minutus*, *Rugospora minuta*, *R. polyptycha*, gehören zu der Gruppe wenig

differenzierter Sporen, die im mittleren bis oberen Tournai einsetzen und im gesamten Visé vorkommen. Die Einstufung in das Visé ist aufgrund von *Lycospora pusilla* unstrittig. Ein noch jüngeres Alter wird durch das Auftreten von *Tricidarisorites fasciculatus* belegt, die in Rügen ab der oberen TS-Zone auftritt. Daher wird diese Mikroflora in die TS-Zone eingeordnet.

116 m (Anhang B, Tafel 15):

Die Probe stammt aus dem Bereich der Basis der Kammquarzit Formation. Die Palynofazies wird stark dominiert von terrestrischem Eintrag (Sporen, Phytoklasten), wie es für die Proben aus den Pelitzwischenlagen der Quarzitabfolge typisch ist. Die Mikroflora ist mäßig gut erhalten und zeigt eine recht große Formenfülle. Der größere Teil der Sporen besteht aus Arten, die im Tournai einsetzen und unterschiedlich weit in das Visé reichen wie *Auroraspora solisorta*, *A. macra*, *Bascaudaspora submarginata*, *Calamospora* spp., *Densosporites anulatus*, *D. intermedius*, *Leiotriletes tumidus*, *Punctatisporites minutus*, *Retusotriletes incohatus* und *Schopfites claviger*. Ein recht großer Teil der Sporen besteht aus Arten, deren Vorkommen auf das Tournai deutlich unterhalb der Visé-Basis beschränkt ist. Typisch dafür sind *Auroraspora corporiga*, *Discernisporites sullivanii*, *Emphanisporites rotatus*, *Spelaeotriletes balteatus*, *S. obtusus* und *Vallatisporites pusillites*. Sie sind als aufgearbeiteter Teil der Mikroflora anzusehen, da anhand von *Densosporites anulatus* und *D. intermedius*, wenigen Exemplaren von *Murospora aurita*, die in Rügen ab der Visé-Basis auftritt, und einem (!) Exemplar von *Lycospora pusilla* die Probe an die Basis der PU-Zone gestellt werden muß. Auch *Stenozonotriletes bracteolus* tritt in der Probe auf.

Neben den Sporen kommen einige Acritarchen vor. Kugelige Formen mit eher kurzen Fortsätzen, die teilweise mit Sporen der Gruppe *Raistrickia* verwechselt werden können, dominieren deutlich gegenüber dreieckigen Formen. Daneben treten einzelne Scolecodonten auf.

180 m (Anhang B, Tafel 16):

Diese Probe stammt aus dem stark quarzitären Bereich (Quarzit-Fazies?) der zweiten Schuppe der Bohrung. Die Mikroflora ist schlechter erhalten als in der vorigen Probe und stärker inkohlt. Trotzdem konnte eine stratigraphisch verwertbare Sporenassoziation sicher bestimmt werden. Die relativ häufig auftretenden *Densosporites anulatus*, *D. intermedius*, *D. spinifer*, *Lycospora pusilla* und *Granulatisporites microgranifer*, die in Rügen in der

PU-Zone einsetzen, stützen die Einordnung dieser Probe in die mittlere PU-Zone. Weiterhin treten einige Arten auf, deren Vorkommen vom Tournai bis in das Visé reicht wie *Auroraspora solisorta*, *Retusotriletes incohatus*, *Rugospora minuta* und *Spelaeotriletes pretiosus*. Die stratigraphische Reichweite des größeren Teils der Sporen ist aber auf das Tournai beschränkt. *Auroraspora corporiga*, *Crassispora trychera*, *Leiotriletes trivialis*, *Spelaeotriletes balteatus* und *Tumulispora malevkensis* sind aufgearbeitete Sporen in dieser Mikroflora. *Retispora lepidophyta* zeigt an, daß die Aufarbeitung bis in das Devon zurückgreift. Die Mikroflora dieser Probe besteht also zum größten Teil aus aufgearbeiteten Sporen. Auch hier ist *Stenozonotriletes verrucatus* (comb. nov.) überliefert. Acritarchen kommen ziemlich selten vor. Auch hier überwiegen kugelige Formen.

296, 5 m (Anhang B, Tafel 17):

Diese Probe stammt aus der Quarzit-Pelit-Fazies des unteren Teils der dritten Schuppe. Die Erhaltung der Mikroflora ist schlecht und die Inkohlung relativ hoch. Trotzdem konnte eine relativ diverse Sporenassoziation sicher bestimmt werden. Der größere Teil der Sporen besteht wieder aus Arten mit einer großen Reichweite vom Tournai bis in das Visé: *Apiculiretusispora verrucosa*, *Auroraspora solisorta*, *Densosporites anulatus*, *D. spinifer*, *Lycospora pusilla*, *Retusotriletes incohatus* und *Verrucosisporites nitidus*. Der Anteil aufgearbeiteter Tournai-Sporen ist jedoch beachtlich. Typisch sind *Auroraspora corporiga*, *Dictyotriletes trivialis*, *Tumulispora malevkensis* und auch wieder *Retispora lepidophyta*. Auch *Stenozonotriletes bracteolus* kommt vor. Das recht häufige Auftreten von *Lycospora pusilla* deutet allerdings eine Position deutlich oberhalb der Visé-Basis für diese Probe an. Die wird durch das Auftreten von *Anaplanisporites atheticus* und *Granulatisporites granulatus* bestätigt, die in Rügen ab der TS-Zone auftreten. Daher wird die Probe in den Grenzbereich PU/TS-Zone eingeordnet.

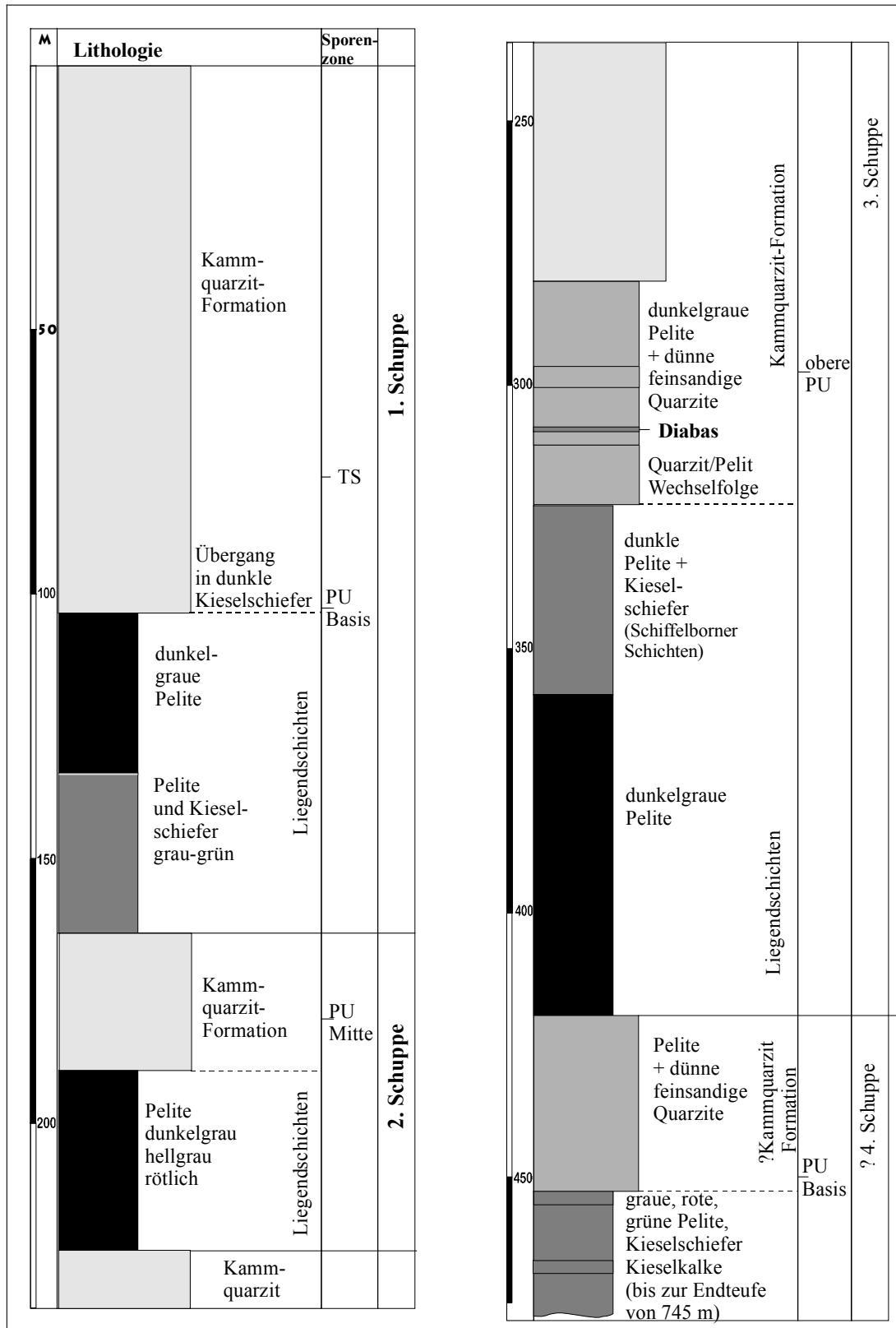


Abb. 6.8 Lithologische und biostratigraphische Aufnahme der Bohrung Gommern 1 und daraus resultierender Schuppenbau (nach dem vorläufigen Ergebnisbericht zur Bohrung (EEG Gommern, unveröffentlicht), PAECH 1973 und eigenem Probenmaterial).
450 m (Anhang B, Tafel 18):

Die Probe aus der Quarzit-Pelit-Wechselfolge der 4. Schuppe überliefert eine schlecht erhaltene, relativ stark inkohlte Mikroflora. Der Anteil auf das Tournai beschränkter, aufge-arbeiteter Sporen wie z.B. *Auroraspora corporiga*, *Dictyotriletes trivialis*, *Discernisporites sullivanii*, *Vallatisporites pusillites*, *V. verrucatus* ist recht hoch. Weiterhin kommen *Anapiculatisporites hystricosus*, *Densosporites anulatus*, *Retusotriletes incohatus*, *Schopfites claviger*, *Spelaeotriletes pretiosus* und *Verrucosisporites verrucosus* vor, die vom Tournai bis in das Visé vorkommen. Wenige Exemplare von *Murospora aurita* und *Lycospora pusilla* belegen die Einstufung in die tiefe PU-Zone nahe der Basis. Acritarchen treten relativ häufig auf und zeigen eine breite Variation der Form. Auch hier überwiegen die kugeligen Typen.

6.3 Stratigraphische Reichweite der Kammquarzit-Formation

Aus den palynostratigraphischen Auswertungen aller Proben läßt sich die stratigraphische Reichweite der Kammquarzit-Formation sehr genau erfassen. Die Liegendgrenze der Formation ist sowohl in Gommern als auch im Harz mehrfach erschlossen. Sie fällt einheitlich in die PU-Zone, die unterste Sporenzone im Visé. Die geringe Häufigkeit von *Lycospora pusilla* und anderen ab dem Visé einsetzenden Arten zeigt, daß die Liegendgrenze der Formation in den untersten Bereich der PU-Zone an die Tournai/Visé-Grenze, also in das tiefe cuII γ , einzustufen ist (Abb. 6.9).

Damit wird die bisherige Einstufung der Liegendgrenze in das cuII β - γ / δ präzisiert (z.B. BISCHOFF & STOPPEL 1957, SCHWAN 1958, EDER et al. 1969), die anhand von Conodonten-Faunen aus den obersten Liegendschichten entstand. Die nach Conodonten und Sporen übereinstimmende Einstufung der Liegendgrenze an die Tournai/Visé-Grenze ist auch in der obersten erschlossenen Schuppe in Ackerstollen-Bohrkern 3 zu belegen. Die Pelitlage an der Basis der Kammquarzit-Formation (186 m Bohrteufe, Bohrkern 3) ist anhand der Mikroflora in die untere PU-Zone, also nahe der Tournai /Visé-Grenze, einzuordnen. Aus Rotschiefern, die in die Liegendschichten nahe der Quarzit-Basis eingeschaltet sind (204 m Bohrteufe, Bohrkern 3), konnte eine kleine Conodonten-Fauna gewonnen werden, die ins höchste Tournai einzustufen ist (schriftl. Mitt. P. BENDER, Marburg).

		D ILL - I N N E R S T E - F A Z I E S R A U M		H Ö R R E - G O M M E R N - Z O N E		L A H N - B O D E - F A Z I E S R A U M	
UNTER-KARBON	VISÉ	CU III	γ	Kulmgrauwacken			?
			β	Kulmtonschiefer			Kulmgrauwacken
			α	(Kieselige Übergangssch.)			
	TOURNAI	CU II		Kulmkieselschiefer	Kammquarzit-Formation	Deck- diabas	Kiesel- kalke
			Alaunschiefer	Schiffelborner Schichten			Kulm- kieselschiefer
CU I			graugrüne, flaserige Ton- und Kieselschiefer "Hangenberg-Sch."	Flaserschiefer, Wetzschiefer, Kieselschiefer	Alaunschiefer	Rotschiefer, Wetzschiefer, Flaserschiefer Gruwacken	Kiesel- schiefer
				Glimmerquarzite			

Abb. 6.9 Stratigraphische Parallelisierung der Hörre-Gommern-Quarzitzone mit dem umgebenden rhenohertzynischen Becken anhand der biostratigraphischen Ergebnisse dieser Arbeit.

Über die ursprüngliche Hangendgrenze der Formation kann keine Aussage gemacht werden, da sie in keinem Profil erschlossen ist. In allen Geländeaufschlüssen und in den Bohrungen aus dem Harz und der Region um Gommern folgt kein Paläozoikum mehr über der Kammquarzit-Formation, sondern sie streicht aus oder wird von wesentlich jüngeren Gesteinsfolgen überlagert. Die einzige Ausnahme ist die Bohrung Brandenburg: Dort folgt hangend über der Kammquarzit-Formation eine Abfolge quarzitischer Grauwacken, die aufgrund lithostratigraphischer, regionalgeologischer Vergleiche in das oberste Visé bis Namur gestellt wird (FRANKE & BUDZINSKI 1970). Biostratigraphische Datierungen fehlen in dieser Abfolge aufgrund fehlender Fossilien. Auch die palynologische Bearbeitung brachte keine Ergebnisse, da die organische Substanz sekundär nahezu vollständig oxidiert wurde. Die starke sekundäre Oxidation zeigt auch die intensive Rotfärbung des gesamten Karbons dieser Bohrung an. Der Kontakt zwischen Quarzit- und Grauwackenfolge ist tektonisch, so daß die exakte Hangendgrenze der Kammquarzit Formation weiterhin nicht genau erfaßt werden kann. Aufgrund dieser Bohrung ist allerdings mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß die Hangendgrenze der Kammquarzit-Formation im hohen bis höchsten Visé liegt und die Quarzitabfolge von einer Abfolge quarzitischer Grauwacken überlagert wird.

Belegbare Alterseinstufungen anhand der palynostratigraphischen Bearbeitung können nur für das in den bearbeiteten Profilen erschlossene stratigraphisch höchste Niveau gemacht werden. Die meisten Datierungen in den bearbeiteten Profilen ergeben eine Einstufung in die PU- bis TS-Sporenzone. Das entspricht dem tiefen bis mittleren Visé, cuII γ bis mittleres cuII δ , bzw. V1 bis V2 oder *texanus*- bis untere *bilineatus*-Conodontenzone (Abb. 6.7). Nur aus wenigen Profilen sind jüngere Einstufungen belegt. Die stratigraphisch höchste Probe aus der obersten Schuppe in Ackerstollen Bohrkern 3 (Harz) und die datierte Probe aus Brg. Gommern 2 sind in die TC-Zone einzuordnen. Das entspricht dem mittleren Visé, oberes cuII δ , bzw. V3a, mittlere *bilineatus*-Conodontenzone. Das höchste stratigraphische Niveau ist in Ackerstollen Bohrkern 2 erschlossen: Die Probe aus dem obersten Bohrkernbereich ist in die ME-Sporenzone einzuordnen und ist damit in das obere cuIII α bzw. oberste V 3 b zu stellen. Parallelisiert mit der Conodontenzonierung ist sie der hohen *bilineatus*-Zone gleichzusetzen.

Zusammengesetzt aus den einzelnen Profilen läßt sich die maximale erschlossene Reichweite ermitteln. Die Kammquarzit-Formation setzt einheitlich an der Visé-Basis in der unteren PU-Sporenzone ein und reicht bis in die ME-Sporenzone an die Grenze cuIII α/β . Sie entspricht also dem V1a bis V3b, bzw. der *texanus*- bis hohen *bilineatus*-Conodontenzone (Abb. 6.7). Die Sedimentationsdauer der Kammquarzit-Formation umfaßt also einen Zeitraum von ca. 13 Mio. Jahren (nach ROBERTS et al. 1995). Jüngere Alter als ME-Sporenzone sind nicht belegt.

Aufgrund der biostratigraphischen Datierungen sind die einzelnen Profile der Kammquarzit-Formation nun erstmals miteinander zu parallelisieren (Abb. 6.10). Allerdings ist keine sehr präzise Parallelisierung möglich, da aus den meisten Profilen nur Einzeldatierungen vorliegen. Die biostratigraphischen Datierungen sind aber auch gute Belege für den internen Schuppenbau in der Quarzitabfolge, der teilweise schon anhand der lithologischen Abfolge erkennbar ist (Ackerstollen-Bohrkern 3), teilweise aber bisher noch gar nicht bekannt war (Brg. Gommern 1). Aber auch mit den palynostratigraphischen Datierungen ist ein interner Schuppenbau nicht immer mit Sicherheit zu beweisen. In Ackerstollen-Bohrkern 4 kann aufgrund des nahezu gleichbleibenden Alters von 153,8 m

Bohrteufe (oberste PU- bis TS-Zone) bis 270,5 m Bohrteufe (unterste PU-Zone) und mehrerer tektonisch stark beanspruchter Abschnitte (151,7-158,5 m; 235,8-253,4 m) ein Schuppenbau nur vermutet werden. Die stratigraphische Einordnung der einzelnen bearbeiteten Profile ist in Abb. 6.10 dargestellt.

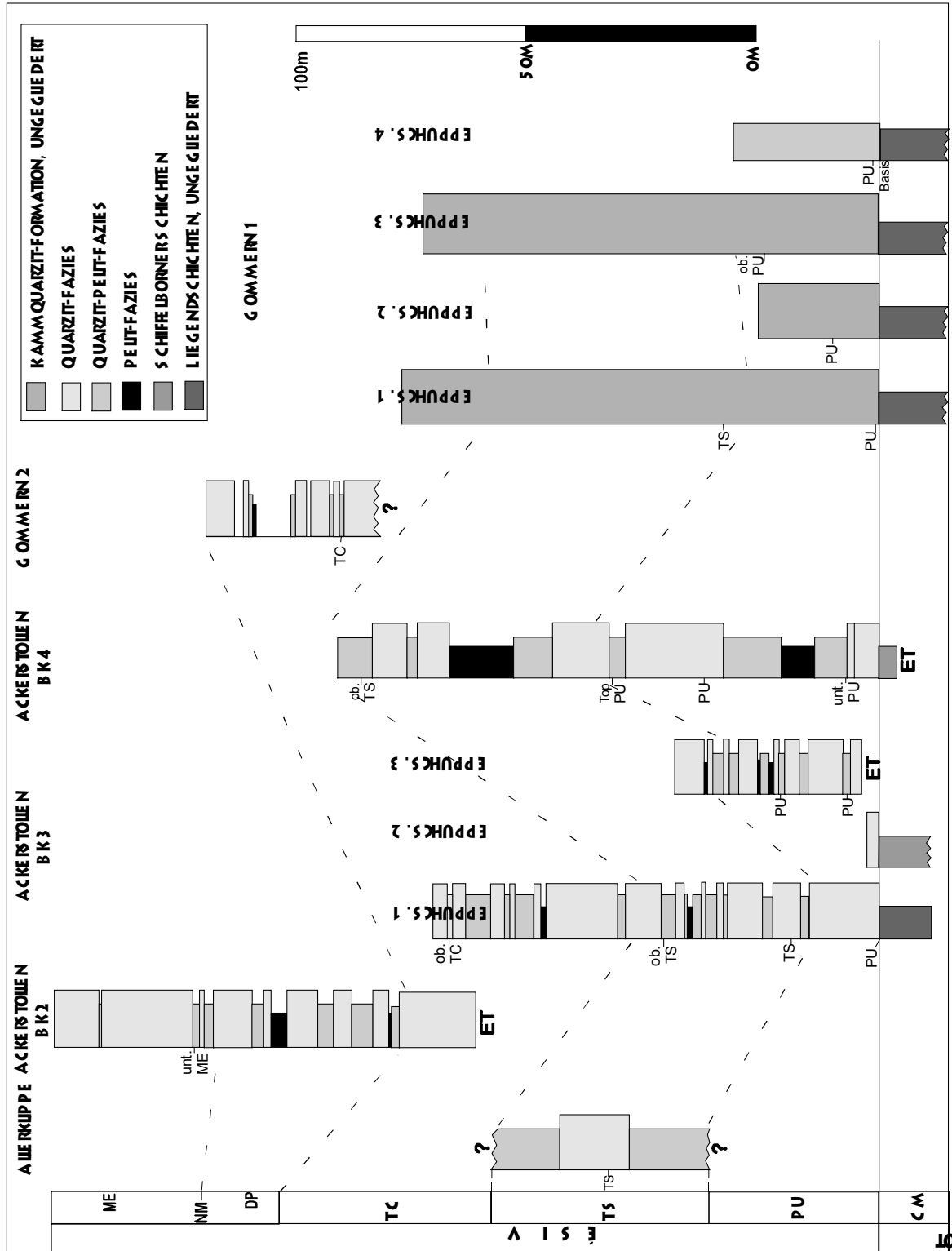


Abb. 6.10 Stratigraphische Parallelisierung der verschiedenen biostratigraphisch bearbeiteten Profile der Kammquarzit-Formation im Harz und bei Gommern.

6.4 Palynofazies der Kammquarzit-Formation

Die Palynofazies der Kammquarzit-Formation, das heißt die Zusammensetzung des organischen Rückstands der Proben ist generell sehr einheitlich. Betrachtet man die überlieferte organische Substanz der einzelnen Proben aber im Detail, lassen sich einige Unterschiede in der Palynofazies erkennen.

Die Gesamtzusammensetzung der Palynofazies zeigt keine signifikante, regional oder stratigraphisch gebundene Veränderung. Der Großteil des palynologischen Rückstands besteht aus Phytoklasten, die in Cutinit, Vitrit und Inertinit unterschieden werden. Zusammen stellen sie einen Anteil von 70 bis 75 % der Palynofazies. Der Anteil amorphen organischen Materials variiert zwischen 20 und 25 %. Sporen (inklusive Sporenbruchstücke) haben einen Anteil von bis zu 5 % und marine Palynomorphen (Acritarchen, Chitinozoen und Scolecodonten) sind in der Regel extrem rar mit einem Anteil von $\leq 0,1$ % (Abb. 6.12, DIRKS 1997).

Auch der Erhaltungszustand und die Inkohlung der organischen Substanz, speziell der Sporen, sind ziemlich einheitlich. Innerhalb einer Region oder einer Bohrung sind von mäßig stark inkohlten Proben bis zu extrem stark inkohlten Proben alle Stadien vorhanden. Der Inkohlungsgrad ist nicht abhängig von der Region oder dem stratigraphischen Niveau, sondern von der lokalen tektonischen Überprägung. Die mäßig stark inkohlten Proben mit mittel- bis dunkelbrauner Färbung der Sporen sind für die palynostratigraphische Bearbeitung verwendbar. Die schwarzen Palynomorphen der stark inkohlten Proben sind dagegen unbrauchbar.

Die Erhaltung der Mikroflora in der Kammquarzit-Formation ist relativ schlecht. Der größte Teil der Sporen ist beschädigt und teilweise vollständig zerbrochen. Die Oberflächen sind teilweise angelöst und ohne jede Spur von Pyritbesatz. Das deutet auf eine Ablagerung in oxischem Milieu hin. Besonders aufgearbeitete Sporen aus dem tiefen bis mittleren Tournai sind in aller Regel vollkommen frei von Pyrit, was für eine Ablagerung und Fossilisation in einem nicht marinen bis sauerstoffreichen marinen Milieu typisch ist. Selbst bei einer Umlagerung in ein anoxisches Milieu bildete sich auf diesen Sporen kein Pyritbesatz mehr (mdl. Mitt. G. CLAYTON, Dublin). Viele der Visé-Sporen zeigen dagegen wenig bis gar nicht angelöste Oberflächen und sehr häufig Pyritbesatz. Diese Erhaltung ist sehr typisch für Ablagerung und Fossilisation in einem anoxischen Milieu. Einige Sporen, überwiegend Arten, die ab dem Tournai bis ins Visé vorkommen, zeigen beide Phänomene: Einerseits unterschiedlich stark angelöste Oberflächen und andererseits Pyritbesatz. Diese Kombination spricht für eine erste Ablagerung in einem oxischen Milieu, ausreichend für die Anlösung der Oberfläche, aber ohne daß es zur Fossilisation kommen kann. Bei einer anschließenden Ablagerung und Fossilisation in anoxischem Milieu bildet sich auf der angelösten Oberfläche ein Pyritbesatz.

Relativ einheitlich zu beobachten ist auch, daß der Anteil aufgearbeiteter Sporen des Tournai in der Kammquarzit-Formation zum stratigraphisch Höheren hin abnimmt. Das gleiche gilt für das Auftreten und den Anteil mariner Palynomorphen, überwiegend Acritarchen, seltener Scolecodonten und sehr selten Chitinozoen, die auch überwiegend zum aufgearbeiteten Anteil der Palynofazies zu zählen sind.

Neben diesem einheitlichen generellen Trend sind in diesem Punkt aber auch ganz charakteristische Unterschiede zwischen der Palynofazies der Kammquarzit-Formation im Harz

und der Region Gommern zu beobachten. Im unteren Visé (PU- bis untere TS-Zone) treten im Harz insgesamt wesentlich weniger aufgearbeitete Sporen auf als in vergleichbaren Proben aus Gommern. Dasselbe gilt für Acritarchen, die in Brg. Gommern 1 an der Basis der Quarztabfolge einen Anteil von bis zu 2% erreichen. Außerdem treten nur in Gommern neben Acritarchen auch einige Scolecodonten auf. Aus dem Harz sind keine Scolecodonten überliefert.

Auffallend ist die Ähnlichkeit zwischen der Palynofazies der Proben aus Ackerstollen-Bohrkern 4 vom Südostrand der Quarzitzzone im Harz und den Proben aus Gommern. Der Anteil aufgearbeiteter Sporen und der Acritarchen in Bohrung 4 ist wesentlich höher als in den anderen Harz-Proben. Eine Probe aus dem oberen Teil der Bohrung (TS-Zone) enthält neben Acritarchen auch noch einzelne Chitinozoen. Auch zwei Proben aus dem Basisbereich der Quarztabfolge in Ackerstollen-Bohrkern 6 (direkt am Südostrand der Quarzitzzone im Harz), die hier nicht im Detail bearbeitet wurden, zeigen einen stark erhöhten Anteil an aufgearbeiteten Sporen und an Acritarchen. Die Gemeinsamkeit zwischen Bohrung 4 und Proben aus Gommern ist auch im Auftreten von *Stenozonotriletes bracteolus* comb. nov., einer in dieser Arbeit neu definierten Art, zu erkennen. In Gommern ist diese Art im tiefen Visé, PU- bis TS-Zone, ziemlich häufig. In den altersgleichen Proben aus dem Harz fehlt sie, einzige Ausnahme ist Ackerstollen-Bohrkern 4. Auch dort tritt sie in der PU- bis TS-Zone auf.

Auffallend ist die oben genannte Zusammensetzung der Palynofazies in der Kammquarzit-Formation und der Vergleich mit der Palynofazies aus klastischen Einschaltungen im höheren Visé von Rügen (Dirks 1997). Entsprechend den entwickelten Modellen zur Zusammensetzung der Palynofazies in Abhängigkeit ihrer faziellen Position müßte zwischen der Palynofazies des unterkarbonischen Schelfs in Rügen und der Palynofazies der Kammquarzit-Formation aus dem rhenoherynischen Becken ein deutlicher Unterschied zu erkennen sein (Abb. 6.11). Besonders im Verhältnis von marinem zu terrestrischem Anteil der Palynofazies und der Größe, Sortierung und Rundung von Inertinit-Fragmenten sollte ein deutlicher Unterschied zwischen Schelf und Becken zu erkennen sein.

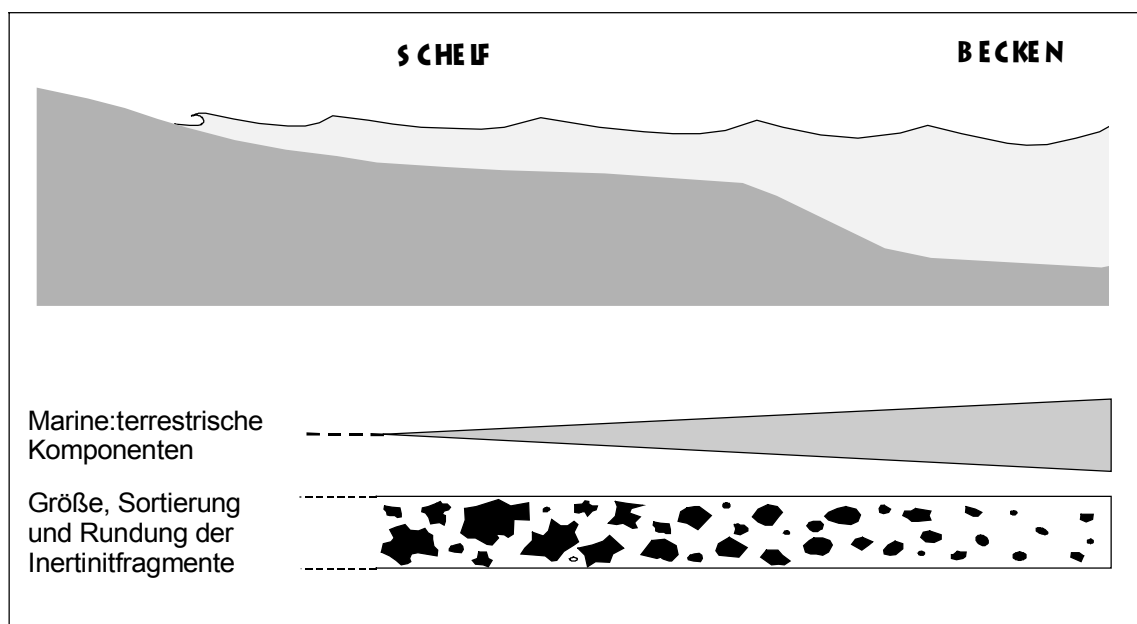


Abb. 6.11 Veränderung der Palynofazies in Abhängigkeit des Faziesraums (vereinfacht nach GORIN & STEFFEN 1991).

In der vorliegenden Untersuchung zeigt sich aber genau das Gegenteil (Abb. 6.12). Der Anteil mariner Palynomorphen liegt sowohl in den untersuchten Proben aus Rügen als auch in der Kammquarzit-Formation bei unter 0,1 %. Der Anteil amorpher organischer Substanz (AOM), der zum Teil aus degradierten marinen Palynomorphen bestehen kann, ist im Harz sogar noch höher als in Rügen. Eine exakte Unterscheidung der AOM von degradierten marinen und terrestrischen Palynomorphen kann anhand der Fluoreszenz-Mikroskopie gemacht werden. Da im Rahmen dieser Arbeit keine Fluoreszenz-Untersuchungen durchgeführt wurden, kann die AOM nicht weiter unterteilt werden.

Durch die variszische Orogenese sind die Proben aus der Kammquarzit-Formation allesamt stärker inkohlt als die Proben aus Rügen (DIRKS 1997). Das zeigt sich in dem deutlich höheren Anteil an Inertinit im Harz. Der geringere Anteil an Sporen in der Kammquarzit-Formation ist wohl allein auf sedimentologische, durch den Transport in das Becken bedingte Gründe zurückzuführen. Die Palynofazies ist also sowohl in Rügen als auch im Harz nahezu vollständig aus terrestrischer organischer Substanz zusammengesetzt. Auch die Größe, Sortierung und Rundung der Inertinit-Fragmente ist in Rügen und in der Kammquarzit-Formation nahezu identisch (Anhang B, Tafel). Es überwiegen längliche, eckige Klasten stark unterschiedlicher Größe.

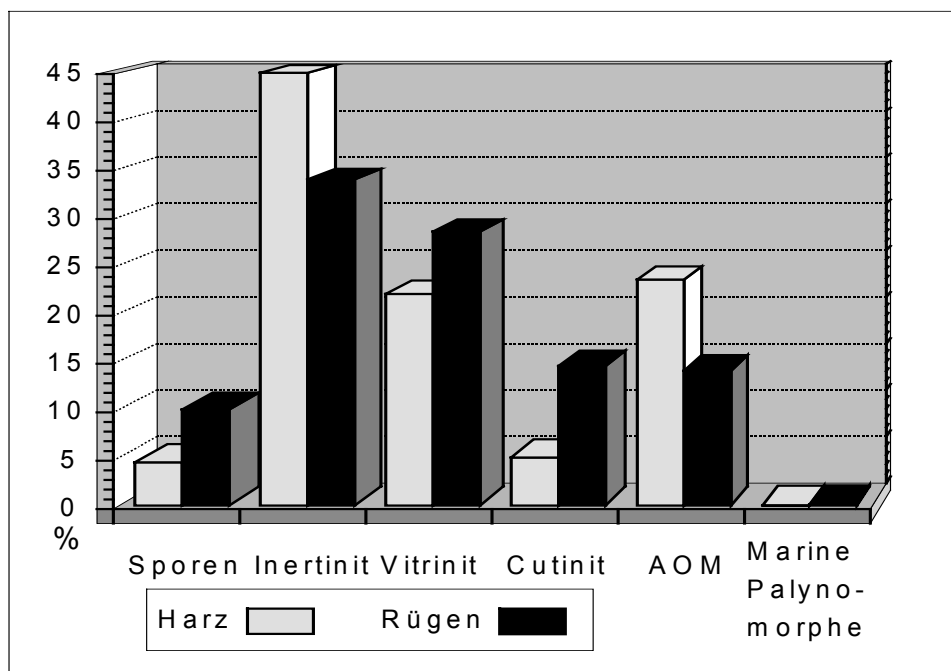


Abb. 6.12 Vergleich der Zusammensetzung der Palynofazies aus den klastischen Einschaltungen im höheren Visé von Rügen und aus der Kammquarzit-Formation im Harz (nach DIRKS 1997).

Diese Palynofazies ist sehr typisch für landnahe, flachmarine Sedimentfolgen und daher für die Proben aus den klastischen Einschaltungen im höheren Visé von Rügen sehr gut passend. Für Proben aus einem tiefmarinen, landfernen Becken wie der Hörre-Gommern-Quarzitzone als Teilbecken des rhenohertzynischen Beckens ist eine solche Palynofazies allerdings vollkommen fremdartig. Das nahezu vollständige Fehlen jeglicher mariner Palynomorphen unterscheidet sie extrem von den heutigen Modellvorstellungen (Abb.

6.11). Der Hauptgrund für diese starke Abweichung ist in dem sedimentologischen Milieu der Kammquarzit-Formation zu finden. Das landnah, flachmarin aufbereitete Sediment wurde inklusive der landnahen, flachmarinen Palynofazies in turbulenten Suspensionsströmen vom Schelf in das Becken umgelagert. Durch den sehr schnellen Transport in einer Suspension wird die Vermischung mit marinen Palynomorphen verhindert und die flach-marine Palynofazies unverändert in einem landfernen, tiefmarinen Bereich des Beckens abgelagert. Auch bei der Sedimentation nach dem *freezing* des Suspensionsstroms kam es zu fast keiner Vermischung mit marinen Palynomorphen, so daß die nahezu rein landnahe, flachmarine Palynofazies mitten im rhenohertzynischen Becken in den pelitischen Zwischenlagen der Kammquarzit-Formation sedimentiert und überliefert wurde.

Das Fehlen von Makro- und Mikrofauna in der Kammquarzit-Formation spricht für sehr lebensfeindliche Bedingungen im Hörre-Gommern-Teilbecken. Das wird auch durch den sehr geringen Anteil mariner Palynomorphen in den pelagischen Peliten der Pelit-Fazies oder den oberen pelagischen Anteilen der Pelitzwischenlagen in der Quarzit-Fazies bzw. Quarzit-Pelit-Fazies bestärkt. Der terrestrische Anteil der Palynofazies fehlt dort vollständig (abgesehen von sehr seltenen Phytoklasten). Teilweise ist ein relativ geringer AOM-Anteil überliefert sowie sehr wenige marine Palynomorphen (überwiegend Acritarchen, sehr selten Chitinozoen und Scolecodonten), die in manchen Proben auch fehlen. Der Hauptteil des Lösungsrückstands solcher Pelitproben besteht aus Pyritaggregaten, die ein stark euxinisches Milieu im Ablagerungsraum der Kammquarzit-Formation bestätigen. Auch an vielen Sporen ist, wie schon erwähnt, ein Pyritbesatz vorhanden. Dieses lebensfeindliche Milieu scheint der Grund für den durchgehend sehr geringen Anteil mariner Palynomorphen in diesem Sedimentationsraum zu sein, so daß es auch bei der Sedimentation der flachmarinen Palynofazies der Suspensionsströme zu keiner starken Vermischung mit marinen Palynomorphen kommen konnte.

Wie bereits erwähnt wurden auch aus dem basalen Bereich der Kulmgrauwacken Proben zur palynologischen Bearbeitung aufbereitet. Die Erhaltung ist jedoch so schlecht, daß keine Probe für die stratigraphische Bearbeitung verwendet werden konnte. Aussagen zur Palynofazies lassen sich allerdings auch damit durchführen. Auch hier fällt auf, daß es sich um eine fast rein terrestrische Palynofazies handelt. Aufgrund der Tatsache, daß es sich bei den Grauwacken um Turbidite handelt, ist das jedoch nicht weiter verwunderlich. Im Vergleich zur Palynofazies der Kammquarzit-Formation fällt auf, daß die Inkohlung der Palynofazies in den Grauwacken wesentlich höher ist. Sie besteht zu über 95% aus Inertinit. Außerdem scheinen Sporen fast vollständig zu fehlen. Einige Klasten könnten anhand ihrer Form Sporen bzw. Sporenbruchstücke sein; mit Sicherheit läßt sich das aber nicht belegen. Außerdem ist sowohl die Rundung als auch die Sortierung der organischen Klasten in der Palynofazies der Grauwacken deutlich besser als in der Kammquarzit-Formation (Anhang B, Tafel). Analog zu den sedimentpetrographischen Unterschieden zwischen Kammquarzit-Formation und Kulmgrauwacken ist also auch in der Palynofazies ein deutlicher Unterschied zu erkennen.

