



**Bayerische
Staatssammlung**

für Paläontologie und Geologie

- München, 31.03.2018
- Manuscript received 01.03.2018; revision accepted 21.03.2018
- ISSN 0373-9627
- ISBN 978-3-946705-04-8

Die Rügener Schreibkreide – Lebewelt und Ablagerungsverhältnisse eines pelagischen oberkretazischen Sedimentationsraumes

Mike Reich^{1,2,3*}, Ekkehard Herrig⁴, Peter Frenzel⁵ & Manfred Kutscher⁶

¹SNSB - Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Geologie, Richard-Wagner-Str. 10, 80333 München

²Department für Geo- und Umweltwissenschaften, Ludwig-Maximilians-Universität München, Richard-Wagner-Str. 10, 80333 München

³GeoBio-Center^{LMU}, Richard-Wagner-Str. 10, 80333 München

⁴Am Krenskamp 13f, 17498 Hinrichshagen

⁵Institut für Geowissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Burgweg 11, 07749 Jena

⁶Dorfstr. 10, 18546 Sassnitz

*Corresponding author; E-mail: m.reich@lrz.uni-muenchen.de

Zitteliana 92, 17–32.

Zusammenfassung

Die Rügener Schreibkreide (Ober-Kreide: Maastrichtium) ist eine bedeutende Typuslokalität der europäischen Oberkreide. Bisher sind von dort mehr als 1.470 Taxa nachgewiesen; bei der Mehrzahl handelt es sich um Mikro- und Mesofossilien. Vorliegender Exkursionsführer fasst den derzeitigen Kenntnisstand zur Regionalgeologie, Stratigraphie, Paläontologie und Paläoökologie zusammen.

Schlüsselwörter: Schreibkreide; Biodiversität; Ober-Kreide; Maastrichtium; Jasmund; Rügen; Vorpommern; Deutschland

Abstract

The Rügen chalk (Late Cretaceous: Maastrichtian) is an important type locality of the European Upper Cretaceous. More than 1,470 fossil taxa were reported from this area, the majority of these are micro- and mesofossils. In the present excursion guide we summarize the current knowledge about the regional geology, stratigraphy, palaeontology, and palaeoecology.

Key words: Chalk; biodiversity; Upper Cretaceous; Maastrichtian; peninsula Jasmund; Isle of Rügen; Western Pomerania; Germany

1. Einführung

Die pleistozänen und holozänen Oberflächen-Sedimente der Insel Rügen werden – ausgenommen einiger weniger versenkt erhaltener Tertiärvorkommen im südlichen Teil Rügens – überall von Schreibkreide unterlagert. Entsprechend ihrer monoklinalen Lagerung als flach einfallende NE-Flanke der herzynisch streichenden Antiklinale des Grimmener Walls, zwischen Darss im NW und SE-Usedom, streichen infolge von Erosion unter der pleistozänen Bedeckung von Süden nach Norden Rügens Schreibkreide-Ablagerungen des Ober-Campaniums bis oberen Unter-Maastrichtiums aus, wobei Sedimente des Unter-Maastrichtiums am weitesten verbreitet sind (Ansoerge & Reich 2004; Herrig 2004b; Voigt et al. 2008).

Die Schreibkreide tritt im Binnenteil von Jasmund lokal dicht an die Oberfläche und ist dort meist in Tagebauen (ehemals Kreidebrüchen) aufgeschlossen

und abgebaut worden. Große Schreibkreide-Aufschlüsse bildet das Kliff der ~8 km langen Ostküste zwischen den Orten Sassnitz und Lohme (Abb. 1), das ~40 bis 60 m, maximal 118 m Höhe am Königsstuhl erreicht. Schreibkreide ist außerdem auch auf der Halbinsel Wittow, im Norden Rügens, am Kap Arkona angeschnitten (Abb. 2; Reich & Frenzel 2002; Herrig 2004b). An den Strand- bzw. Kliffaufschlüssen wechseln sich Kreide und Abschnitte mit pleistozänen Sedimenten (Sande, Schluffe, Kiese, Geschiebemergel) ab, wobei die Kreidekomplexe traditionell mit römischen und die Pleistozän-‘Streifen’ mit arabischen Zahlen nummeriert werden (s. Reich & Frenzel 2002). Die Kreidekomplexe sind unterschiedlich schroff bis steil gestellt einander aufgeschoben, sowie lokal mehr oder weniger gefaltet und bisweilen überkippt. Dies zeigt deutlich, dass sie einer glazitektonischen Deformation unterlagen (vgl. u. a. Steinich 1977; Kenzler et al. 2010; Gehrmann et al. 2017).



Abbildung 1: Schreibkreide-Kliff an der Ostküste der Halbinsel Jasmund. Blick auf Kollicker Ort (Komplex XIX).

Die tatsächliche Mächtigkeit der aufgeschlossenen Schreibkreide auf der Halbinsel Jasmund beträgt etwas mehr als 90 m (Steinich 1972; Reich & Frenzel 2002).

Weit verbreitet ist Kreide auch in Form von Schollen im Geschiebemergel erhalten, aufgeschlossen im Binnenteil und temporär an den Küsten der Insel, wie z. B. zwischen Sassnitz und Mukran und an der N-Küste Wittows (Herrig et al. 1997; Diener et al. 2004).

Regionaltektonisch liegt die Insel Rügen im tektonisch instabilen Grenzbereich der stufenförmig nach SW abtauchenden Kontinentalkruste des Baltischen oder Fennoskandischen Schildes von Baltica (syn. Fennosarmatia, Osteuropäischer Kraton), dem der kaledonisch-cadomisch konsolidierte Europäische Kraton von Süden her aufgeschoben ist (Tornquist-Teisseyre- bis Sorgenfrei-Tornquist-Zone) (Krauss 1994; Mayer et al. 1994). Im Platten-Grenzbereich herrschten zur Zeit der Konvergenz vorwiegend Kompressions- und z. T. auch Dehnungsvorgänge. Sie haben sich seit dem Paläozoikum bis in das Quartär mit horizontalen und vertikalen Krustenbewegungen wechselnder Intensität – auch unter Reaktivierung (Rejuvenation) von älteren Strukturen – fortgesetzt. Zur Zeit des Ober-Viséums bis Autuniums waren die Krustenbewegungen horizontal und vertikal gerichtet, wobei auch ältere (präkambrische) meridionale Anlagen reaktiviert wurden.

Für den Raum Rügen (der Bereich der Rügener Senke während der Oberkreide) betrifft dies die mehr herzynisch orientierten variszischen Störungen von Rømø-Møn und des Strelasunds – Teilstücke der großen Trans-Europäischen Störung ('Tornquist-Sutur') als südliche Grenze des kristallinen

Fundaments Balticas, bzw. des präkambrischen Nordeuropas zum phanerozoischen Mitteleuropa – sowie die herzynischen Störungen der Insel Rügen selbst, die während der kimmerischen und laramischen Krustenbewegungen rejuveniert worden sind. Sie zeigen dort intensive Zerblockung und weitspannige Undulation. Sudetische Bewegungen (Ende Devon) wölbten eine flache Brachy-Antiklinale auf und durchsetzten sie mit NW-SE-Störungen (z. B. Stralsunder Tiefenbruch, Parchower Störung, Wieker Tiefenbruch des Unterkarbons – dessen Reaktivierung in der Kreidezeit im Gebiet von Jasmund nachgewiesen werden konnte – sowie die Samtenser Störung im Namurium; s. a. Seidel et al. 2018).

Den lithologisch-stratigraphischen und strukturellen Entwicklungsablauf des Rügener Raumes im Zuge der Plattenkonvergenz beschreiben Schlüter et al. (1997). Demnach war die Entwicklung seit dem Perm durch mehrere 'Rifting'-Epochen charakterisiert. Im späten Jura durchlief der Rügener Raum eine Extensionsphase, die durch Anlage von Becken und Gräben (sog. 'pull-apart'- (Aufriss-) Becken), gekennzeichnet war, die in der höheren Oberkreide (Coniacium, Santonium) durch transpressive Bewegungen, z. T. entlang alter Störungszonen, invertierten. Kreidesedimentation erfolgte im Wesentlichen in der Periode der tektonischen Ruhe und regionalen Subsidenz ('Post-Rift'-Stadium) im Anschluss an das permokarbonische 'Syn-Rift'-Stadium (Dadlez 1990). Ab Coniacium/Santonium wurden infolge der Umkehr des Bewegungssinns Grabenschollen herausgehoben, wobei sich die Vertikalbewegungen bis in die jüngeren Ablagerungen fortsetzten. Während der Inversionsvorgänge erzeugten Pressungen in den Trögen und in den durch Dehnung entstandene-

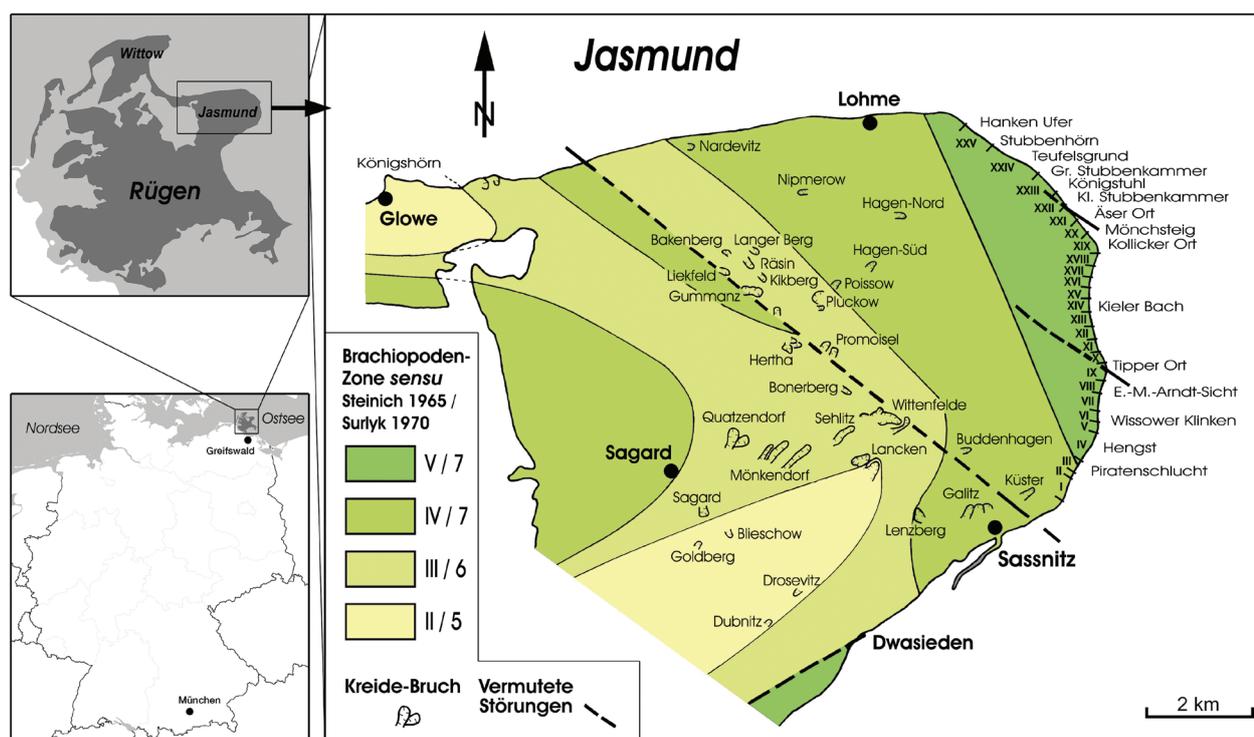


Abbildung 2: Lage der Halbinsel Jasmund/Rügen mit Ausstrich der Schreibkreide und Kreidebrüchen bzw. -tagebauen, sowie Kennzeichnung der Lage der Kreidekomplexe (römische Zahlen) am Kliff. Die unterschiedlichen Brachiopodenzonen repräsentieren Schichten verschiedenen Alters; die jüngsten Schichten tragen dabei die höchsten Nummern (Steinich 1972a; Frenz et al. 1997, verändert).

nen Gräben und Halbgräben infolge von Verkürzung sog. 'flower structures' mit mehr oder weniger steilen randlichen Aufschiebungen.

2. Paläogeographie und Sedimentologie der Schreibkreide

In der Oberkreide, vor 145–66 Mio. Jahren, waren weite Flächen Europas zwischen dem Kontinent Baltica (Osteuropäische Plattform) im Norden und der großen 'Mitteleuropäischen Insel' s. l. (Deecke 1923) im Süden von einem epikontinentalen Großmeer bedeckt. Es war ein flaches Schelfmeer, das seinen Ausgang im südlichen Tethys-Ozean hatte, der von Osten her in den Raum des heutigen Mittelmeeres und den sich öffnenden Nord-Atlantik eingedrungen war. Das Schelfmeer weitete sich über das Französische Becken, das Nordsee-Becken, das Norwegisch-Dänische sowie Norddeutsch-Polnische Becken auf die Russische Plattform bis nach West-Asien, südöstlich des Urals, aus. Es war über Meeresstraßen mit den Ozeanen im Norden, Westen und Süden verbunden: Über die Nordsee mit dem Arktischen Ozean; zwischen Armorikanischem Massiv und der Insel des Britischen Hochlands bestand eine Verbindung mit dem sich öffnenden Atlantischen Ozean; über das Pariser Becken, die Polnische Meeresstraße und die Prikaspis-Senke bestanden z. B. Verbindungen zum Tethys-Ozean, so dass ein Faunenaustausch zu wärmeren und kälteren Meeren möglich war (Abb. 3).

Das submarine Relief des oberkretazischen Schelfmeeres war wenig bewegt; unterschiedlich große Becken und Teilbecken (s. o.) können unterschieden werden. In der Verbindung zwischen dem Norwegisch-Dänischen Becken und dem Polnischen Teilbecken – der 'Dänisch-Polnischen Furche' östlich des Norwegisch-Dänischen Beckens – liegt der Ablagerungsraum der Rügener Schreibkreide.

In der höheren Oberkreide – im Rügener Raum im Coniacium – begann während einer Hochstands-Phase des Meeresspiegels im Europäischen Epikontinental-Meer die Sedimentation der Schreibkreide, die bis ins Maastrichtium reichte und eine erdgeschichtliche Ausnahmesituation darstellt (Reich et al. 2005; Frenzel et al. 2014). Vor etwa 67 bis 70 Mio. Jahren herrschte feuchtes und warm gemäßigtes Klima: Der Sedimentationsraum der Rügener Schreibkreide lag bei etwa 40° Paläobreite (Herrig et al. 1996; Frenzel 2000), die etwa der heutigen Breite Madrid-Ankara entspricht. Auf der Erde herrschte zu dieser Zeit ein Treibhausklima (vgl. a. Price et al. 2013).

Der Sedimentationsraum der Rügener Schreibkreide war die Rügener Senke. Sie lag etwa in der SE-Verlängerung des Dänischen Subbeckens und war wie dieses ein Randtrog am SW-Rand des Fennoskandischen Schildes (s. a. Surlyk et al. 2013). Begrenzt wurde die Rügener Senke vom Møn-Block (östlicher Teil der Ringkøbing-Fyn-Schwelle des Fennoskandischen Schildes) im Westen, im Norden vom Skurup- mit Arkona-Block, im Osten vom Pommersch-Kujawischen Antiklinorium als oberkreta-

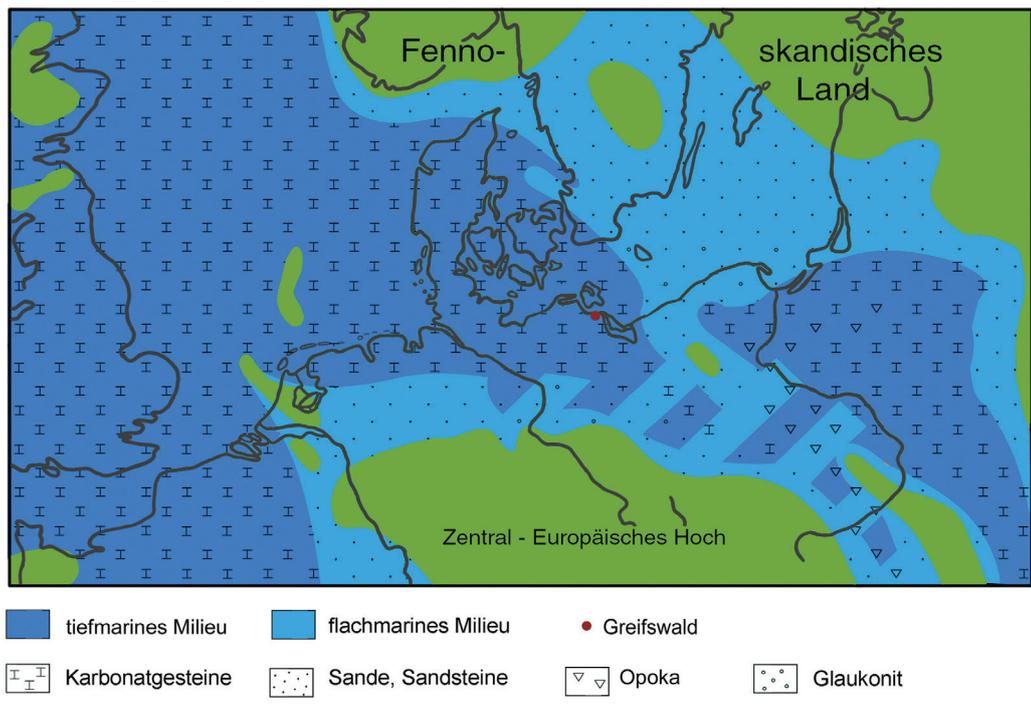


Abbildung 3: Paläogeographische Position des Rügener Schreibkreide-Meeres zur Zeit der späten Oberkreide (Campanium–Maastrichtium) (Lupu et al. 1988; Katzung 2004, verändert).

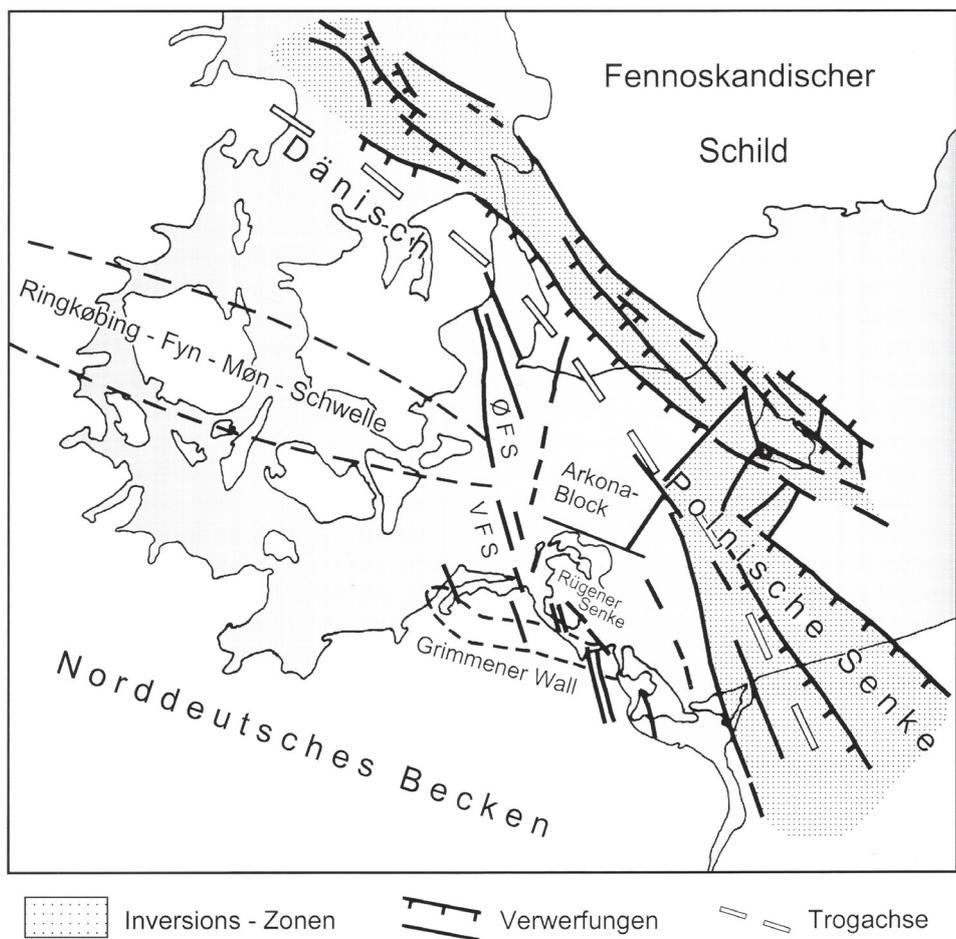


Abbildung 4: Regionaltektonische Situation des Sedimentationsraumes (im Umfeld der Rügener Senke) zur Zeit der späten Oberkreide. ØFS = Øresund–Agricola–Svedala–Störung, VFS = Vorpommern–Störungssystem (aus Herrig 2004b).

zisch (Iaramisch) invertierter Randtrog und im Süden vom Grimmener Wall (siehe u. a. Herrig 2004b; Deut-schmann et al. 2018; Abb. 4).

In der Zeit der tektonischen Ruhe, zwischen Jura und mittlerer Oberkreide, nahmen die Randsenken mächtige Sedimentfüllungen auf. Seit dem Coniacium veränderten pressende Bewegungen von Krustenteilen das submarine Relief und damit das Strömungs-, Sedimentations- und ökologische Regime im Becken. Beweise dafür sind Sedimentstrukturen, die von nahe gelegenen reaktivierten Tiefenbrüchen, sowie durch Erschütterungen von weiter entfernten Herden (Grimmener Wall) ausgelöst worden sind (subherzyne und Iaramische tektonische Phasen). Im Zuge der regionaltektonischen Stress-Situation begann sich der Grimmener Wall frühkimmerisch zu heben und dürfte ab Maastrichtium teilweise sedimentfrei gewesen sein.

Die Aufstiegsbewegungen des Grimmener Walls verursachten im Schreibkreide-Sediment Strukturen ('B-Horizonte' *sensu* Steinich 1972), die als Eventablagerungen (Seismite s. l.) gedeutet werden können. Sie treten im Profil der Rügener Schreibkreide in den unteren zwei Dritteln auf. Im oberen Profildrittel werden sie vertreten durch bis zu sieben Folgen von gerutschtem, allochthonem Sediment ('slumpings' bzw. 'L-Horizonte' Steinichs 1972).

Veränderungen im Sedimentationsgeschehen äußern sich in den Faunen-Zusammensetzungen der Profilabfolge, im Auftreten von 'Bänderkreide' sowie im Flintanteil. Das Schreibkreide-Meer war 150 bis 250 m (max. 350 m) tief, ohne größere Schwankungen. Für das Campanium im Rügener Gebiet werden als Temperatur des Oberflächen-

wassers 12–16° C (bei einer Salinität von < 32 ‰) angegeben (DeConto et al. 1996).

Der Meeresboden war ein weicher Kalkschlamm mit sekundären Hartböden aus Organismenresten, ausgehend von Bryozoen-'patch reefs'. Die Besiedlung war insgesamt qualitativ gleichartig; quantitative Schwankungen in der Besiedlungsdichte beruhten auf dem Wechsel an sekundären Hartböden und schwankendem Nährstoffangebot bedingt durch unterschiedliche Einträge von limitierenden Nährstoffen (Minimumstoffen). Belege für Bodenströmungen sind spärlich. Sie weisen auf unterschiedliche Intensitäten hin und sind wahrscheinlich nur lokal strukturbildend gewesen. Die Sedimentationsrate dürfte bei 35 mm / 1000 Jahre (= 35 Bubnoff) gelegen haben (Herrig et al. 1996).

2.1 Feuersteine (Flint-Konkretionen)

Die auffälligsten lithologischen Erscheinungen der Rügener Schreibkreide sind die Flinte (Feuersteine). Dabei handelt es sich um SiO₂-Konkretionen (Krypto- bis Mikroquarz). Ihre ursprüngliche, horizontale, lagenweise Anordnung (Abb. 5) verleiht der Rügener Schreibkreide ihre charakteristische Bänderung. Der durchschnittliche Abstand zwischen den Flintbändern (-lagen) beträgt 130 cm. Sie sind unterschiedlich ausgebildet über mehrere Kreidekomplexe verfolgbar – eignen sich also für eine Parallelisierung der Komplexe untereinander – jedoch können sie auch lateral aussetzen oder sich aufspalten, was ihre Verwendung zur Parallelisierung erschwerte.

Die Flinte der Rügener Schreibkreide sind schwarzbraun und besitzen eine weiße Rinde. Die schwarze Färbung rührt vom Einschluss organi-



Abbildung 5: Schreibkreide mit Flintband-Abfolge am Komplex XXIV der Halbinsel Jasmund/Rügen.

schen Materials im SiO_2 -Gel während der Flintgenese her. Die weiße Rinde wird von partiell silifiziertem Schreibkreide-Sediment gebildet, das dem Flintkern anhaftet.

Mehrere Flinttypen lassen sich unterscheiden:

- Vorherrschend sind die knolligen Flinte. Sie sind einige Zentimeter bis Dezimeter groß und unregelmäßig geformt. Ihre Längsachse liegt etwa schichtparallel. Diese Flinte sind in den nördlichen Kreidekomplexen Jasmunds, den ehemals tieferen Beckenteilen, häufiger und größer.
- Zwischen den Bändern mit knolligen Flinten treten auch sogenannte Streubänder auf. Hier setzen sich die Flintlagen aus zahlreichen kleineren, rundlichen bis plattigen, diffus verteilten Flinten in *Zoophycos*-Spreitenbauten zusammen. Sie sind für die Horizonte der Bänderkreide typisch.
- Massive, plattenförmige Flinte kommen in verschiedenen Horizonten des Rügener Schreibkreide-Profiles vor. Dickplattige Flinte finden sich besonders in den südlichen Komplexen im oberen Teil des Profils. Dünnplattige, fast durchgehende Flintlagen liegen vorwiegend im unteren Teil des Profils. Plattenförmige, schichtungsunabhängige Kluffüllungen, welche die Kreide auch quer durchsetzen können, sind selten.
- Eine weitere auffällige Erscheinungsform sind die Paramoudras (auch 'Sassnitzer Blumentöpfe' genannt). Es handelt sich um zylindrische, dickwandige Flintröhren mit Kreidefüllung. Sie können auf Rügen unterbrochen bis zu 4 m Länge und 40 cm Durchmesser erreichen und stehen senkrecht zu den Flintlagen, die sie durchsetzen können. Die Röhren-Außenseite ist wulstig, die Innenseite weitgehend glatt. Die Kreidefüllung ist reich an feinverteiltem Eisensulfid, welches, infolge der Verwitterung zu Limonit, die Kreide der Füllung zementiert und blass gelblich färbt. Im Zentrum der Kreidefüllung erstreckt sich im Allgemeinen eine weitere, etwa nur Bleistiftstärke, gefüllte Röhre mit mm-dicker Wandung aus schwach verkieselter Kreide.

Das SiO_2 der Flint-Konkretionen als Mikroquarz stammt von Skelett-Opal (Opal A). Diesen lieferten insbesondere Organismen-Skelette mit stark vergrößerter Oberfläche, wie Radiolarien und Diatomeen. Die komplizierten und komplex ablaufenden Prozesse, welche die Lösung und vor allem Ausscheidung der Kieselsäure im Sediment verursacht und gesteuert haben, wurden sehr lange in der wissenschaftlichen Literatur diskutiert (E. Voigt 1979, 1981; O. Wetzel 1987; Zijlstra 1987, 1994; Hobert & Wetzel 1989).

In den reinen Karbonatabfolgen der Schreibkreide-Fazies sind die pH-Bedingungen des Meer- und Porenwassers eine wichtige Voraussetzung für die Ausfällung und Reaktion der Kieselsäure mit dem Karbonat des Sediments, im Zusammenspiel mit der

CO_2 -Konzentration/-Löslichkeit, unter Einfluss der bakteriellen Zersetzung von organischer Substanz, sowie von Druck- und Temperaturbedingungen. Eine Zunahme von CO_2 führt zur Karbonatlösung und SiO_2 -Niederschlag, eine Abnahme von CO_2 umgekehrt zu Karbonat-Niederschlag und SiO_2 -Löslichkeit.

2.2 Eisensulfid- (Pyrit-/Markasit-) Konkretionen

Eisensulfid-Konkretionen aus der Rügener Schreibkreide wurden von A. H. Müller (1951) und Kirsch (1952, 1953) untersucht. Auffällig sind die faust- bis kopfgroßen, mehr oder weniger kugeligen Konkretionen mit wulstiger Oberfläche. Im Querbruch ist eine gelblich grüne, metallisch glänzende Masse (Pyrit/Markasit) mit radiären Strahlen, einer körnigen Struktur oder aber einer Kombination beider Typen zu erkennen. Die Verwitterungskruste ist braun und ockergelb gefärbt. Im Kliff sind ihre Vorkommen häufig schon durch die Verfärbung der umliegenden Kreide gut sichtbar. Unter Luftzutritt sind die Markasit-Konkretionen instabil und oxidieren unter Bildung von Schwefelsäure zu Eisenoxiden und hydroxiden. Auch unregelmäßige Konkretionen um Fossilreste treten auf. Die FeS_2 -Konkretionen können auch Flinte umschließen und diese zerbrechen, was auf die zeitliche Abfolge ihrer Entstehung hinweist. Im mikroskopischen Bereich sind Pyritsteinkerne u. a. von Gastropoden, Schwammskleren und Foraminiferen bekannt.

3. Die paläontologische Erforschung der Rügener Schreibkreide

Die Geschichte der paläontologischen Erforschung der Rügener Schreibkreide reicht bis zum Ende des 18. Jahrhunderts zurück. Die wohl ersten Fossil-Erwähnungen lieferten mehrere Reisebeschreibungen, u. a. von Kosegarten (1794: 115-116):

„...Petrefacten sind überall, doch findet man sie selten in einer größern, als Ellentiefe unter der Oberfläche...Von ungewundenen Schnecken giebt es Tubuliten, Dentaliten, Vermikuliten in Menge; Orthoceratiten sind seltener; Belemniten desto häufiger. Man findet sie allein, oder im Feuerstein, mit und ohne Schaale, zum Theil, oder ganz versteinert; erkennbar noch in allen ihren Conamerationen; zuweilen mit Korallen und kleineren Schnecken ganz bedeckt – Von gewundenen Schnecken giebt es Patelliten, Pektiniten nur in Fragmenten; auch Chamiten und Ostraciten nur fragmentweise; Mytholithen aber, Gryphiten und Terebratuliten sehr schön und vollkommen wohl erhalten. Unter den vielschaaligten Muscheln ist der Echinite der häufigste. Man findet ihn theils als glatten Feuersteinkern, theils in einer glänzenden Kalkspathhulse, in welcher seine

ganze Zeichnung getreulich abgedruckt ist. Auch die verschiednen Truemmer dieses Thiers, seine Warzen, Stacheln, Zaehne u.s.w. sind in Menge. Von Zoophyten giebt es allerlei Variationen des Meerstares im weißen Kalkspath; aus dem Pflanzenreiche Bibliolythen, und hin und wieder etwas versteinert Holz; endlich auch mancherlei Coraliten, Madreporiten, Milleporiten, Reteporiten, Fungiten u. dergl.“

sowie Grümbke (1805) und Franck (1816). Im Jahre 1795 wurden erstmals Fossilien (Belemniten) aus der Rügener Schreibkreide abgebildet (Anonymus 1795, 1796). Eine erste umfassendere wissenschaftliche Begutachtung der Rügener Schreibkreide, seiner Feuersteine, Lagerungsverhältnisse und Fossilien, nahmen Karl Abraham Gerhard (1819) und Wilhelm Schultz (1821, 1823) vor. Pioniere der paläontologischen Erforschung der Rügener Fossilien waren Friedrich von Hagenow mit seiner 'Monographie der Rügen'schen Kreideversteinerungen' (1838, 1839, 1840, 1842, 1860) und Christoph Gottfried Ehrenberg mit Untersuchungen an mikroskopischen Schlämmpreparaten aus der Rügener Schreibkreide (1836a, 1836b, 1838, 1840, 1842, 1854).

Während Ehrenberg nur wenige ihm zugesandte Proben untersuchte, und die Rügener Schreibkreide für ihn nur eine von vielen interessanten Lokalitäten darstellte, konzentrierte sich v. Hagenow fast ganz auf Rügen, stand ihm doch durch den Betrieb seiner Kreideschlämmerei in Greifswald eine enorme Anzahl von Fossilien zur Verfügung. Er bot sogar Rügener Fossilien verschiedenen Privatpersonen und Museen zum Kauf an, so dass sich heute Fossilien aus der Rügener Schreibkreide an vielen deutschen und europäischen Museen befinden. Auch in zahlreichen klassischen Monographien des 19. Jahrhunderts, wie z. B. bei Georg August Goldfuß (1782–1848), Heinrich Georg Bronn (1800–1862), Friedrich August Quenstedt (1809–1889), Hanns Bruno Geinitz (1814–1900) und Karl Alfred von Zittel (1839–1904), wurden Rügener Fossilien berücksichtigt und abgebildet. Friedrich von Hagenows 'Monographie der Rügen'schen Kreideversteinerungen' blieb leider unvollendet; eine schwere Augenentzündung (1848), in deren weiterer Folge er erblindete, zwang ihn seine (oft) mikroskopischen Arbeiten aufzugeben. Von Hagenows monographische Bearbeitung wurde an vier Fossilgruppen durch Theodor Marsson fortgesetzt, den Foraminiferen (1878), Ostrakoden und Cirripediern (1880), sowie den Bryozoen (1887). Wilhelm Deecke (1862–1934) gab 1895, nach kritischer Durchsicht der v. Hagenowschen Sammlung in Stettin, eine komplette Auflistung der Fossilien der Rügener Schreibkreide (528 Arten).

Waren die Pioniere der Paläontologie der Rügener Schreibkreide noch Autodidakten, so begann mit Otto Jaekel (1863–1929) in der Zeit von 1906 bis 1928 die von der Greifswalder Universität ausgehende kontinuierliche paläontologische und geologische

Forschung auf Rügen. Die von Jaekel vorgesehene taxonomische Bearbeitung aller Fossilgruppen blieb jedoch nur auf einige wenige beschränkt: seine Schüler Nietsch (1921) und Krenckel (1928) bearbeiteten die Echiniden, Wolansky (1932) die Cephalopoden und Bivalven, Withers (1923) aus London die Cirripedier. Jaekels eigene Arbeit zu den Ophiuren blieb unveröffentlicht; auch beschäftigte er sich, obwohl Paläontologe, intensiver mit der Geologie und den Lagerungsverhältnissen der Rügener Schreibkreide (1911a ff.).

Ehrhard Voigt (1905–2004), der 1928/1929 ein halbes Jahr als Assistent mit Johannes Weigelt (1890–1948) in Greifswald verbrachte, beschäftigte sich mit kaum beachteten Fossilien (u. a. Otolithen), vor allem aber mit den Bryozoen der Rügener Schreibkreide. Diese haben ihn bis zu seinem Tode (2004) nicht losgelassen – so fanden Rügener Bryozoen seit 1928 in vielen seiner zahlreichen Arbeiten Berücksichtigung. Von Jaekels Nachfolger, Serge von Bubnoff (1888–1957), wurden andere Schwerpunkte der paläontologischen Forschungsarbeit gesetzt. Jedoch war es Arno Hermann Müller (1916–2004) der in dieser Zeit, zunächst von Greifswald, später von Jena und Freiberg/Sa. aus, Allgemeines zur Rügener Schreibkreide erarbeitete und verschiedene bisher wenig beachtete Gruppen taxonomisch untersuchte (1950 ff.).

Erst unter Hans Wehrli (1902–1978) erlebte die Kreideforschung in Greifswald eine 'Renaissance'. Erstmals wurde eine feinstratigraphische Gliederung der Rügener Schreibkreide erreicht – mit Hilfe von Brachiopoden durch Gerhard Steinich (1965), sowie mittels Ostrakoden durch Ekkehard Herrig (1966). Diese stratigraphische Untergliederung ist seitdem die Grundlage für die meisten geologisch-paläontologischen Untersuchungen, u. a. bei Arbeiten zu den komplizierten Lagerungsverhältnissen der Kreide auf Rügen. Anhand von feinstratigraphischen Parallelisierungen konnten bisherige Interpretationen synthetisiert und erweitert werden (Steinich 1969, 1972a). In diese Forschungsperiode fallen Helmut Nestlers Monographien der Schwämme (1958), Belemniten (1963d) und die erste paläoökologische Betrachtung über die bis dahin bekannte Fauna des Schreibkreide-Meeres (Nestler 1963c, 1965b, 1967b). Gerta Olbertz-Wehrli veröffentlichte ihre Untersuchungsergebnisse über Foraminiferen (1958, 1959, 1967) und ihr Mann schließlich zusammenfassende Betrachtungen (Wehrli 1967).

Den ersten Gesamtüberblick über die Fossilien der Rügener Schreibkreide, der an einen breiten Leserkreis gerichtet und auch für Sammler von Fossilien bestimmt war, gab Nestler (1975a) mit mehreren Nachauflagen bzw. Nachdrucken (1982 ff.). Schließlich erfuhren auch die Schreibkreide als Sediment, sowie die Feuerstein- und Schwefeleiseneinlagerungen weitere Bearbeitungen (Kirsch 1952, 1953; Münzberger 1958; Störr 1960, 1962, 1967a, 1967b; Hartmann 1967; Grapentin 1968).

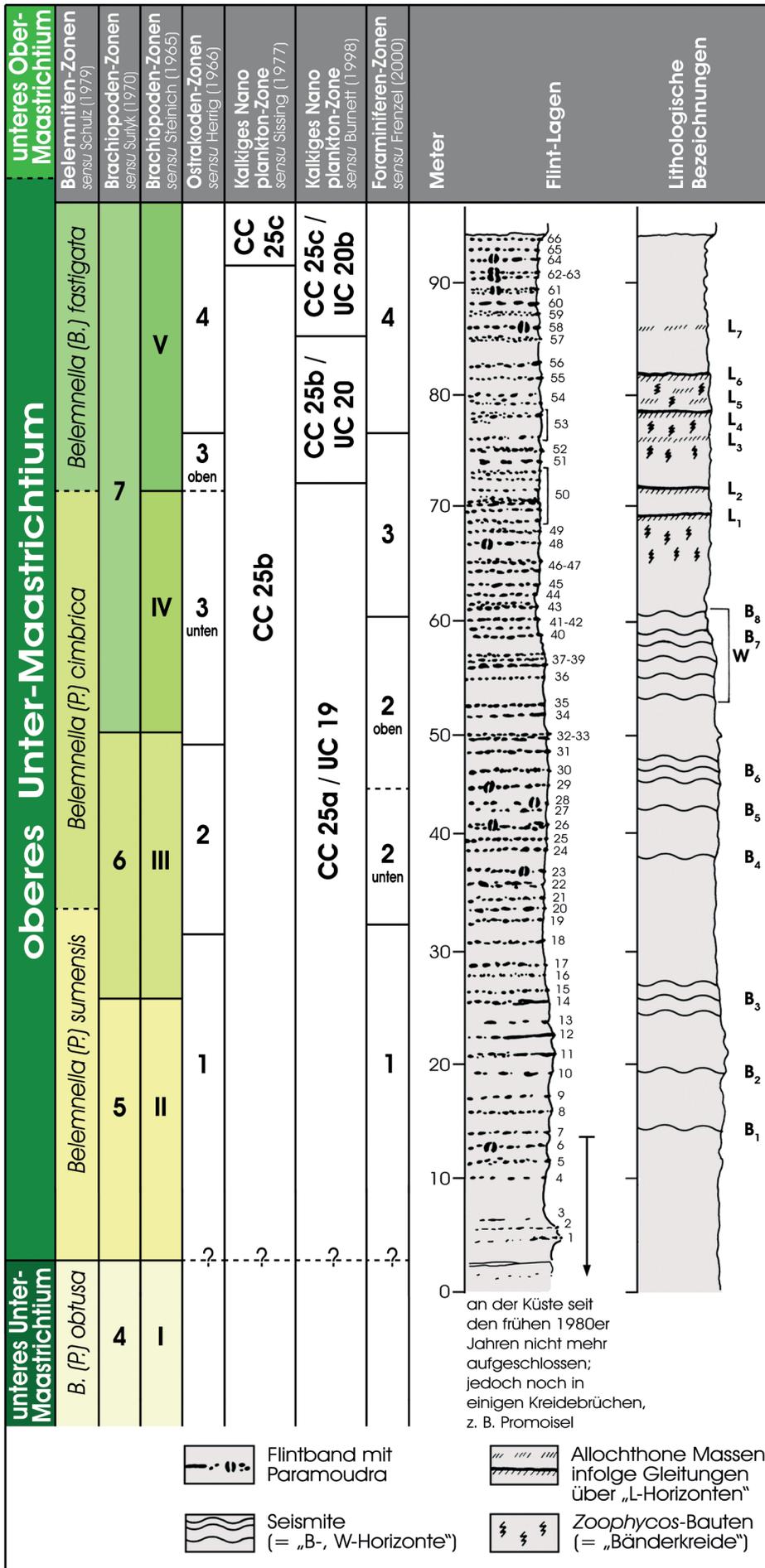


Abbildung 6: Litho- und biostratigraphische Einordnung und Gliederung der Rügener Schieferkreide. Die orthostratigraphische Zonierung wurde nach artikulaten Brachiopoden vorgenommen, da die Belemnitenzonen-Grenzen unsicher sind. [Brachiopodenzonierung sensu Steinich (1965); vertikale Belemnitenreichweiten nach Wehrli (1967) und Reich (unveröff.); Ostrakodenzonierung sensu Herrig (1966); Foraminiferenzonen nach Frenzel (2000)]. Die Zonierung des kalkigen Nannoplanktons folgt Kienel (1990, 1993) sensu Sissing (1977) und Perch-Nielsen (1985) bzw. Burnett (1997) sensu Burnett (1998) (aus Reich & Frenzel 2002, Herrig 2004b, verändert).

In den 1970er und 1980er Jahren spielte die Kreideforschung an der Universität Greifswald nur noch eine untergeordnete Rolle – andere angewandte paläontologische Themen im Zusammenhang mit der Erdöl/Erdgas-Erkundung standen im Vordergrund. Trotzdem wurden weitere Untersuchungen in der Rügener Schreibkreide durchgeführt, beispielsweise von Nestler über Echiniden (1972 ff.) und planktische Foraminiferen (1988 ff.). Außerdem betreute er zusammen mit Ekkehard Herrig eine große Zahl studentischer Qualifikationsarbeiten zur Kenntnis der Rügener Schreibkreide. In derselben Zeit machte sich auch ein Privatpaläontologe um die Untersuchung von Rügener Fossilien verdient – Manfred Kutscher. Neben kleineren Arbeiten über verschiedene Tiergruppen veröffentlichte er vor allem über Echinodermen eine Reihe wissenschaftlicher Arbeiten (1968 ff.).

Erst in den 1990er Jahren erfuhr die Kreideforschung an der Universität Greifswald im Rahmen mehrerer durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft geförderter Projekte einen neuen Aufschwung. Durch Nestler und Herrig geleitete Untersuchungen, sowie die Zusammenfassung der Ergebnisse der bisher zumeist unveröffentlicht gebliebenen Forschungsarbeiten der 1970er und 1980er Jahre, erlaubten eine neue Sicht auf den Lebensraum Rügener Schreibkreide vor 70 Millionen Jahren und wiesen zahlreiche, bisher unbekannt gebliebene, Taxa nach (vgl. u. a. Frenzel 2000; Reich & Frenzel 2002; Herrig 2004b; Reich et al. 2005).

4. Biostratigraphie der Rügener Schreibkreide

Die stratigraphische Einordnung der Rügener Schreibkreide erfolgt hauptsächlich mit den in der nördlichen gemäßigten Region der höheren Oberkreide stratigraphisch leitenden Belemniten, da die in der Tethys verwendeten Leitformen planktischer Foraminiferen und Ammoniten fehlen. Untersuchungen durch Nestler (1963), sowie eine Revision von Sammlungsmaterial und Neuaufsammlungen (Reich et al. 1996), weisen die *sumensis*-, *cimbriaca*-, *fastigata*- und *obtusa*-Zone *sensu* M.-G. Schulz (1979) nach. Dies entspricht dem höchsten unteren bis höchsten oberen Unter-Maastrichtium (vor ca. 70 Millionen Jahren). Für die aufgeschlossene Schreibkreide Rügens ist folglich ein Sedimentationszeitraum von etwa anderthalb Millionen Jahren anzunehmen (Herrig et al. 1996). Das untere Unter-Maastrichtium ist seit 1981 am Jasmunder Kliff nicht mehr aufgeschlossen. Nur in einigen Kreidebrüchen (z. B. Promoisel) ist heute dieser stratigraphische Bereich noch aufzufinden (Abb. 6).



Abbildung 7: Typische Mesofossilien (disartikulierte Elemente von Seeigeln, Seelilien und Cirripediern, sowie Belemnitenrohren und kalzitische Schalen und Gehäuse von Brachiopoden, Kalk-Röhrenwürmern, Kalkschwämmen, Steinkorallen etc.) der Rügener Schreibkreide (Bildausschnitt-Breite 5 cm).

Die Korrelation der Rügener Schreibkreide mit dem internationalen stratigraphischen Schema anhand von kalkigem Nannoplankton ist problematisch (Kienel 1993, Reich et al. 2000). Die Vorkommen von *Lithraphidites quadratus* und *Nephrolithus frequens* in der Rügener Kreide würden für ein Ober-Maastrichtium-Alter sprechen. Jedoch legt das im Vergleich zu Belemniten und Brachiopoden zeitlich versetzte Vorkommen dieser Leitformen in der nördlichen gemäßigten Region paläoökologisch bedingte Verschiebungen des ersten Auftretens nahe (s. Abb. 6) und stellt damit ihre stratigraphische Brauchbarkeit (als einzelne Gruppe) für die betrachtete Region in Frage.

Die Dinoflagellaten der Rügener Schreibkreide sind typisch für das Maastrichtium, unter Vorbehalt ist eine Eingrenzung auf das Unter-Maastrichtium möglich (Reyer 1989). Ähnliches lässt sich auch für die benthischen Foraminiferen sagen (Frenzel 2000).

Eine zuverlässige stratigraphische Untergliederung der Rügener Schreibkreide ist durch lithologische Kriterien (Parallelisierung der Feuersteinbänder, Wolken-, Brocken- und Limonithorizonte, Bänderkreide; siehe Steinich 1972a), Brachiopoden (fünf Zonen; Steinich 1965), Ostrakoden (vier Zonen; Herrig 1966) und benthische Foraminiferen (vier Zonen; Frenzel 2000) möglich. Zusätzlich erlaubt auch ein Radiolarienhorizont im oberen Teil des Profils eine Korrelation (Gaedike 1997). Lithologisch wird die Rügener Schreibkreide als 'Rügen Member' innerhalb der Hemmoor-Formation betrachtet (Niebuhr 2007) und kann damit mit Schreibkreide-Ablagerungen gleichen Alters (u. a. Herrig 1995b) auf der Insel Møn korreliert werden (Hvidskud-Member innerhalb der Møns Klint-Formation; Surlyk et al. 2013).

Überblicke über die wechselvolle Geschichte der stratigraphischen Einordnung und Gliederung der Rügener Schreibkreide geben Nestler (1963d), Steinich (1965), Steinich & Nestler (1967), Wehrli (1967) und Reich & Frenzel (2002).

5. Biozöosen und Paläomilieu der Rügener Schreibkreide

Die Rügener Schreibkreide ist eine wichtige Typuslokalität für Fossilien (Abb. 7) der europäischen Oberkreide (Reich et al. 2004a). Sie gehört heute zu den am besten bekannten Schreibkreide-Vorkommen der Welt. Mehr als 1.470 Arten fossiler Pflanzen und Tiere sind derzeit aus der Rügener Schreibkreide bekannt, von denen die Mehrzahl nur mikro- oder mesoskopisch nachweisbar ist.

Im Vergleich mit altersgleichen Lokalitäten (bspw. in Niedersachsen und Schleswig-Holstein/Deutschland bzw. Møn/Dänemark; vgl. a. Engelke et al. 2016, 2017; Gravesen & Jakobsen 2012) stellt die Rügener Schreibkreide damit die paläontologisch am besten bzw. am umfangreichsten untersuchte Schreibkreide-Region/Lokalität dar.

Bisher wurden folgende Organismengruppen nachgewiesen (aus Reich & Frenzel 2002, verändert; sowie ergänzt und aktualisiert nach Löser 2002a, 2002b, 2005; Reich 2002, 2003a, 2003b, 2003c, 2003d, 2012; Zacke 2003; Kutscher 2003, 2013; Herrig 2004a; Jäger 2004; Reich et al. 2004b; Neumann & Wisshak 2006; Wisshak & Neumann 2006; Schulze & Reich 2007; Krautter & Krüger 2008a, 2008b; Neumann et al. 2008, 2015; Kutscher & Säuberlich 2009; Kutscher & Kulesa 2010; Kutscher 2011a; Reich & Kutscher 2011; Schlüter et al. 2012, 2016; Höflinger 2015; Hornung & Reich 2015; Gale 2016; Wisshak et

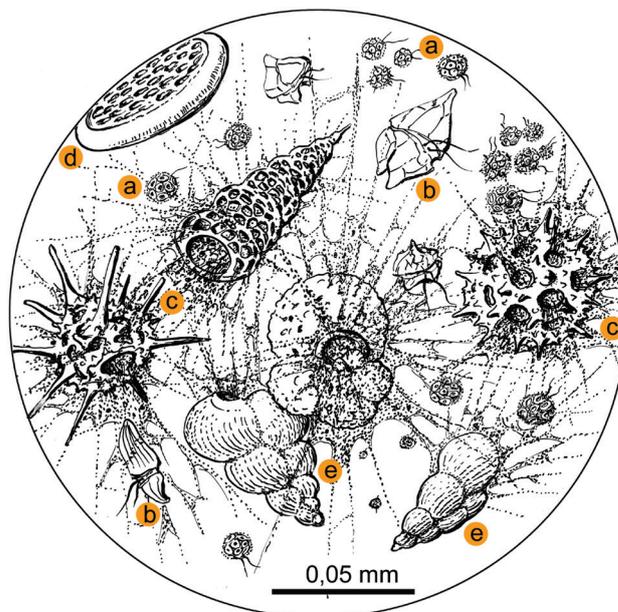


Abbildung 8: Lebensbild des Mikroplanktons im Rügener Schreibkreide-Meer. Es dominieren Coccolithophoriden (a), Diatomeen (d), planktische Foraminiferen (e), Radiolarien (c) und Dinoflagellatenzysten (b) (aus Reich et al. 2005, verändert).

al. 2017; Gale et al. 2018; Koromyslova et al. 2018; Neumann & Girod 2018; Kutscher unveröff.; Reich unveröff.):

Taxon/Taxa	Anzahl der Arten und Unterarten	Nicht sicher generisch oder artlich bestimmbare Taxa
Kalkflagellaten Haptophyta: Coccolithophorida	133	--
Dinoflagellaten Dinoflagellata	60	1
Acritarchen Acritarcha	4	1
Diatomeen Ochrophyta: Bacillariophyceae	4	--
Grünalgen Chlorophyta: Chlorophyceae	1	--
Pollen, Sporen, Pflanzenreste	--	mind. 5
'Kammerlinge' Retaria: Foraminifera	255	3
Radiolarien Retaria: Polycystinea	3	18
Schwämme Porifera	34	4
Kalkschwämme Calcarea	10	1
Glasschwämme Hexactinellida	15	1
Hornkieselschwämme Demospongiae	9	2
'Nesseltiere' Cnidaria	15	--
'Blumentiere': Steinkorallen Anthozoa: Scleractinia	3	--
'Blumentiere': Oktokorallen: 'Weich'- und 'Hornkorallen' Anthozoa: Octocorallia: Alcyonacea	9	--
'Blumentiere': Oktokorallen: 'Blaue Korallen' Anthozoa: Octocorallia: Helioporacea	1	--
'Blumentiere': Oktokorallen: Seefedern Anthozoa: Octocorallia: Pennatulacea	2	--
Weichtiere Mollusca	109	58
Muscheln Bivalvia	71	1

Schnecken Gastropoda	12	52
Kahnfüßer Scaphopoda	--	3
Kopffüßer: Nautiliden Cephalopoda: Nautiloidea	4	1
Kopffüßer: Ammoniten Cephalopoda: Ammonoidea	16	--
Kopffüßer: Tintenfische Cephalopoda: Coleoidea	6	1
Ringelwürmer Annelida	35	1
'festsitzende' Vielborster Polychaeta: Sedentaria	26	--
'freibewegliche' Vielborster Polychaeta: Errantia	9	1
Gliederfüßer: Krebstiere Arthropoda: Crustacea	154	5
Muschelkrebse Ostracoda	138	--
Rankenfüßer Cirripedia	12	--
'Höhere Krebse' Malacostraca	4	5
Armfüßer Brachiopoda	43	--
'rhynchonellide' Brachiopoden Rhynchonellata	35	--
'craniide' Brachiopoden Craniata	5	--
'lingulide' Brachiopoden Lingulata	3	--
Moostierchen Bryozoa	278	--
'gymnolaemate' Moostierchen Gymnolaemata	202	--
'stenolaemate' Moostierchen Stenolaemata	76	--
Stachelhäuter Echinodermata	135	22
Seelilien & Haarsterne Crinoidea	22	1
Seesterne Asteroidea	19	4
Schlangensterne Ophiuroidea	40	--
Seeigel Echinoidea	31	6
Seegurken Holothuroidea	23	11
Kiemenlochtiere Hemichordata	1	--
'Graptolithoideen': 'Flügelkiemer' Graptolithoidea: Rhabdopleuroidea	1	--
Chordatiere: Manteltiere Chordata: Tunicata	1	--
Seescheiden Ascidiacea	1	--
Chordatiere: Wirbeltiere Chordata: Vertebrata	48	6
Haie & Rochen Chondrichthyes	34	4
Knochenfische Osteichthyes	12	1
'Reptilien' 'Reptilia'	2	1
Spurenfossilien Ichnofossilien	35	5
	Σ	1.348
		129
GESAMT:		1.477

Die vertikale Verteilung aller Taxa über den betrachteten Zeitraum (höchstes unteres bis höchstes oberes Unter-Maastrichtium) lässt keine gravierenden Veränderungen in der qualitativen Zusammensetzung der Fossilgemeinschaften erkennen. Sie sprechen für den Tiefenbereich des unteren Sublitorals unterhalb der Sturmwellenbasis, jedoch noch innerhalb der Restlicht-Zone. Unterschiedlich stark ausgeprägte saisonale Hochproduktivitäts-Ereignisse führten bei verschiedenen Gruppen zu deutlichen Häufigkeitsschwankungen. Diese Hochproduktivitäts-Phasen waren jedoch nicht durch verschlechterte oxische Bedingungen limitierend für das Benthos. Während Plankton und Nekton nur geringfügig divers

sind, zeichnet sich das Benthos durch eine hochdiverse Weichbodenfauna aus. Auf ein Produktivitätsmaximum und günstige diagenetische Bedingungen ist wahrscheinlich das massenhafte, horizontgebundene Auftreten von sekundär kalzifizierten Radiolarien im oberen Teil des Profils zurückzuführen.

5.1 Organismen des Pelagials

In der Wassersäule des Schreibkreide-Meeres lebten entsprechend ihrer Lebensweise zwei Großgruppen von Organismen: die schwebenden Formen (Plankton) und die aktiven Schwimmer (Nekton).

Das Plankton ist sehr individuenreich, aber

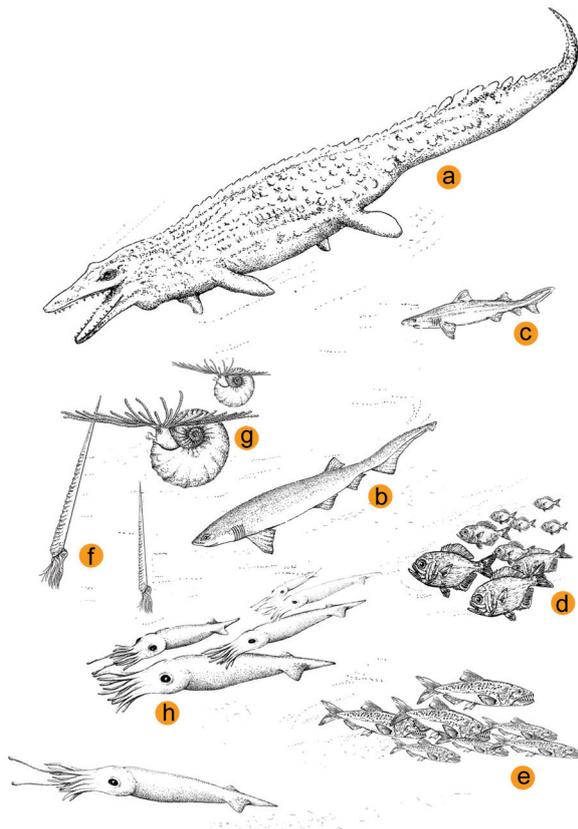


Abbildung 9: Lebensbild des Nektons im Rügener Schreibkreide-Meer. Dargestellt ist neben Belemnitentieren (h), Scaphiten (g), Baculiten (f), Haien (b, c) und Knochenfischen (d, e) auch ein Mosasaurier (a) (aus Reich et al. 2005, verändert).

artenarm (Abb. 8). Unter den fossil überlieferten Gruppen dominieren die Coccolithophoriden ('Kalkflagellaten'), die den größten Anteil am Schreibkreide-Sediment ausmachen. Zahlenmäßig bedeutsam sind vor allem Dinoflagellaten-Zysten, aber auch planktische Foraminiferen. Durch ihre eingeschränkte Erhaltungsfähigkeit sind ursprünglich sehr individuenreichen Gruppen, wie Diatomeen, Silicoflagellaten und Radiolarien, selten überliefert. Die Diatomeen, Coccolithophoriden und Dinoflagellaten waren sicher Primärproduzenten im Schreibkreide-Meer. Niedere Krebse, wie z. B. Copepoden, waren wahrscheinlich häufige Vertreter des Zooplanktons, sind aber aus der Rügener Schreibkreide (aufgrund des schlechten Fossilisationspotentials) bisher nicht bekannt. Ebenso fehlen (wohl erhaltungsbedingt) Nachweise von zeitweilig planktisch lebenden Larven des Makrobenthos und -planktons (mit Ausnahme von Einzelfunden bei Holothurien; Reich 2003c, Reich & Stegemann 2012).

Das Nekton ist relativ individuenarm. Nachweisbare Vertreter sind Belemniten, Ammoniten und Nautiliden, sowie Knorpel- und Knochenfische und Meeresreptilien (Abb. 9). Sie stellen die Endkonsumenten der Nahrungskette dar. Während die Belemnitenrosten durch ihre gute Erhaltungsfähigkeit

und optische Auffälligkeit häufig am Strand und in der Schreibkreide allgemein zu finden sind, bleiben andere Gruppen augenscheinlich oft selten. Eine Besonderheit sind Funde von Gastrolithen (Magensteinen) von Meeresreptilien oder Einzelfunde großer Fische. Der Seltenheit größerer Wirbeltiere als Repräsentanten der Spitze der Nahrungspyramide entspricht, neben ihrer baldigen Zerstörung durch die rege Lebenstätigkeit im oxischen Milieu, auch ihre anzunehmende geringere Individuenzahl.

5.2 Benthos

Die Weichböden dominierten als Lebensraum am Grund des Rügener Schreibkreide-Meeres. Die zugehörige Organismenassoziation wurde bereits von Nestler (1982: 97; vgl. Nestler 1965b) als *Ventriculites-Issellicrinus*-Assoziation beschrieben. Charakteristische Vertreter sind nach Nestler *Ventriculites radiatus*, *Issellicrinus buchii*, *Porosphaera globularis*, irreguläre Echiniden und der Erzeuger der Lebensspur *Zoophycos*. Zwei Organismengruppen lassen sich unterscheiden: das auf dem Weichboden lebende Epipelos (Abb. 10A) und das darin lebende Endopelos (Abb. 10B).

Das sessile Epipelos wird vor allem durch Schwämme vertreten, die durch 'Wurzeln' im Sediment verankert waren. Besonders häufig sind nach Nestler (1965b) dünnwandige Vertreter der Hexactinelliden (z. B. *Ventriculites*, *Leptophragma*), aber auch Lithistiden sind vorhanden (vor allem *Aulaxinia*). Daneben treten sessile Crinoiden aus den Gruppen der Bourgueticriniden und Isocriniden, sowie einige ästige Bryozoen auf. Auch die erst kürzlich nachgewiesenen Seefedern (Octocorallia: Pennatulacea; Reich & Kutscher 2011) gehören hierzu. In der Mikrofauna sind es vor allem im Sediment verankerte Foraminiferen der Astorhizacea und der Gattung *Ramulina*, die zu dieser ökologischen Gruppe gehören (Abb. 11A).

Als *liberosessil* werden dem Kreideschlamm frei aufliegende Formen, wie beispielsweise mehrere Dezimeter große Inoceramen und adulte Individuen von *Pycnodonte*, nicht mit dem Stiel verankerte Brachiopoden (z. B. *Cretirhynchia*, *Carneithyrus*) und einige kleinere Muscheln (z. B. Limiden und Pectiniden) bezeichnet. Wahrscheinlich gehören auch die größeren, mehr oder weniger plankonvexen Foraminiferen, wie z. B. *Cibicidoides voltzianus*, zu dieser Gruppe.

Lassen die *liberosessilen* Formen häufig mit ihrer großen Auflagefläche eine Anpassung an den Weichboden erkennen, so findet sich diese Anpassung auch bei vielen vagilen, d. h. frei beweglichen Tieren. Fossil häufig sind vor allem Echinodermen (Seeigel, See- und Schlangensterne, Seegurken), sowie ventral verbreiterte Ostrakoden. Nach Nestler (1980) und Heinberg (2000) besitzen viele reguläre Seeigel an den unteren Stacheln distale Verbreiterungen, die

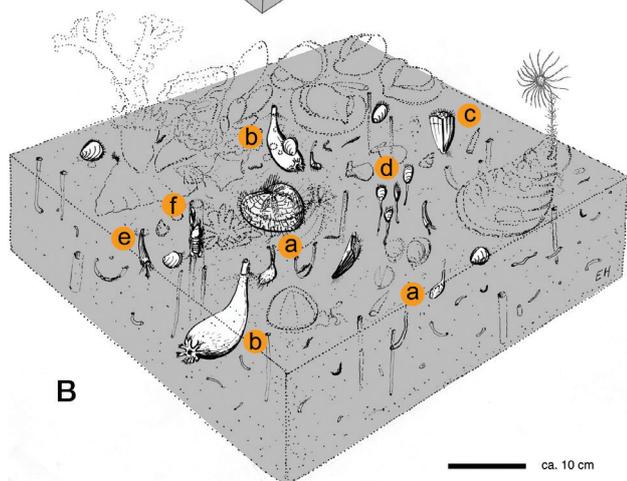
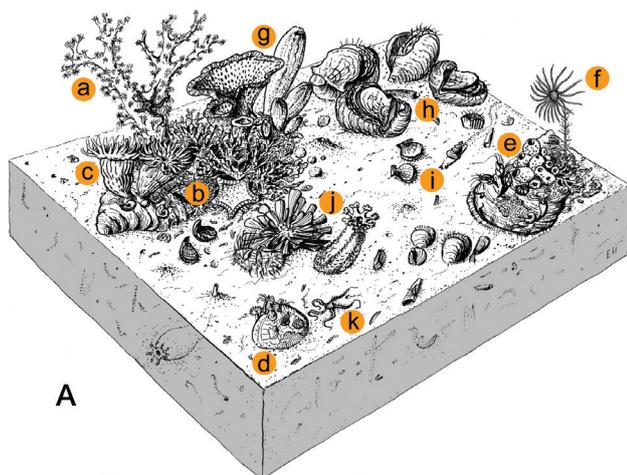


Abbildung 10: Lebensbild des Makrobenthos am Grund des Rügenger Schreibkreide-Meeres. (A) Epi-Makrobenthos; dargestellt sind: (a) Oktokorallen, (b) Asteriden, (c) Einzelkorallen (Scleractinia), (d) Bewuchs (Polychaeta) auf Seeigel, (e) didemnide Ascidien, (f) Crinoiden, (g) Schwämme, (h) Austern, (i) Schnecken und Muscheln, (j) Seeigel, (k) Ophiuren; (B) Endo-Makrobenthos; dargestellt sind: (a) irreguläre Seeigel, (b) molpadiide Seegurken, (c) pinnide Muscheln, (d) lingulide Brachiopoden, (e) Kahnfüßer (Scaphopoda), und (f) decapode Krebse (quantitative Verteilung nicht maßstäblich; aus Reich et al. 2005, verändert).

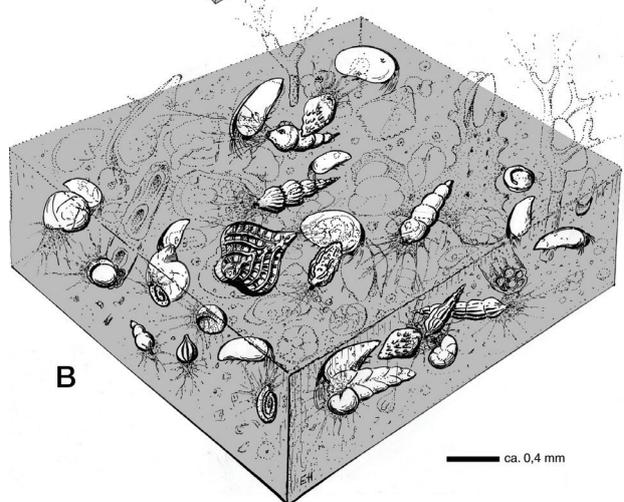
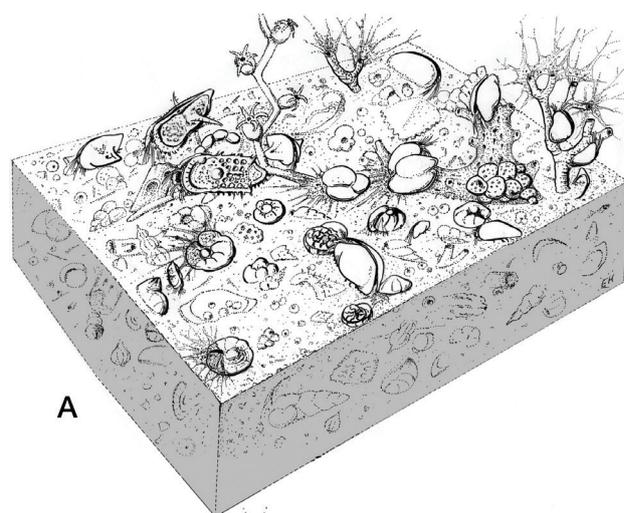


Abbildung 11: Lebensbild des Mikrobenthos am Grund des Rügenger Schreibkreide-Meeres. (A) Epi-Mikrobenthos und (B) Endo-Mikrobenthos; dargestellt sind vorzugsweise Foraminiferen und Ostrakoden (quantitative Verteilung nicht maßstäblich; aus Reich et al. 2005, verändert).

ein Einsinken verhindern sollen (z. B. *Stereocidaris pistillum*); was sich bisher jedoch nicht allgemein bestätigen ließ. Irreguläre Seeigel, wie *Echinocorys* und *Galerites*, zogen als Detritusfresser, nur mit der Basis eingesenkt, über den Meeresgrund. Frei bewegliche epibenthische Muscheln waren selten.

Das Endopelos war sehr individuenreich. Neben fossil gut bekannten irregulären Seeigeln (z. B. *Brissopneustes* und *Perionaster*, tw. *Cardiaster* und *Hagenowia*), verschiedenen Muscheln (z. B. *Pinna*) und Seegurken (insbesondere Molpadida und Apodiida) sind weitere zahlenmäßig bedeutsame Gruppen, wie Würmer, Schnecken und größere Krebstiere, erst in jüngster Zeit (nach gezielter Suche) umfangreicher dokumentiert worden. Es liegt jedoch auch eine große Anzahl von Lebensspuren vor, die eine größere Häufigkeit solcher infaunaler Formen beweisen. Sehr reich war die Mikro-Endofauna (Abb. 11B). Hier sind vor allem Ostrakodengattungen, wie z. B. *Argilloe-*

cia, *Krithe* und *Macrocypris*, sowie Foraminiferen, wie z. B. *Tappanina selmensis*, *Bolivinoidea clavatus* und *Sitella* spp. zu nennen, wobei die infaunalen Foraminiferen wahrscheinlich bis in einige Zentimeter Sedimenttiefe vertreten waren.

Eine untergeordnete, aber für die Verbreitung vieler Arten entscheidende Rolle spielten die sekundären Hartböden am Grunde des Schreibkreide-Meeres. Es waren Hartteile größerer Organismen, die diese sekundären Hartböden bildeten, z. B. Inoceramen- und *Pycnodonte*-Klappen oder leere Seeigelgehäuse (s. bspw. Kutscher 2017). Die auf ihnen lebende Gemeinschaft wurde von Nestler (1965b) als *Dimyodon*-Serpuliden-Assoziation bezeichnet. Charakterformen sind nach Nestler *Atreta nilssoni*, alle Serpuliden mit Ausnahme des *Ditrupe*-Typs, die inkrustierenden Bryozoen, Einzel- und Oktokorallen (Scleractinia, Alcyonacea, Heliopora).

Gattungen *Pycnodonte* sowie *Spondylus*, *Crania*, verschiedene inkrustierende und ästige Bryozoen, viele Serpuliden, *Porosphaera*-Vertreter und einige Crinoiden (*Bourgueticrinus*). Gerade die Bryozoen verankerten sich häufig auf sehr kleinen Hart-Substraten, wie z. B. Foraminiferengehäusen, abgestorbenen Bryozoenkolonien und Ostrakodenklappen, und trugen durch ihre Skelette zur Vergrößerung der sekundären Hartböden bei. Sie besaßen somit eine Pionierfunktion für andere Hartboden bewohnende Formen (Nestler 1967b). Interessanterweise lassen die Substratnegative auf den fixosessilen Foraminiferen *Cibicides beaumontianus*, *Discorbia bosqueti* und *Acervulina cretae* nicht nur ihre Lebensweise als Suspensionsfiltrierer auf über den Weichboden ragenden Substraten rekonstruieren, sondern weisen zugleich auf fossil nicht erhaltene Formen, wie möglicherweise Hydrozoen hin (Frenzel 2000).

Auffälligste Form des Endolithions, d. h. der in Hartsubstraten lebenden Organismen, ist die Lebensspur *Entobia celata micropora*, von Bohrschwämmen der Gattung *Cliona* erzeugt (Nestler 1960). Daneben kommt eine große Zahl mikroskopisch kleiner Bohrspuren vor, die bisher noch wenig bekannt sind. Sie sind auf verschiedene Pilze und Algen zurückzuführen.

5.3 Allochthone Organismenreste

Aufgrund der großen Entfernung zu den nächsten Küsten und der relativen Isolierung des Rügener Sedimentationsraumes von küstennahen Lebensräumen fehlen Flachwasserformen und terrestrische Organismenreste fast völlig. Eine Ausnahme bilden Pollen und Sporen, die sich in Lösungsrückständen der Schreibkreide nachweisen lassen und Holzfunde, wie z. B. der Fund einiger *Teredolites*-Exemplare in Flinterhaltung.

6. Wirtschaftliche Nutzung der Schreibkreide

Der Abbau von Rügener Schreibkreide reicht bis in die Hansezeit des 13.–15. Jh. zurück. Ab 1720 existierten Kalköfen bei Sassnitz, Poissow und Silvitzer Ort (bei Binz). Den Grundstock für die Kreideindustrie Rügens legte Friedrich v. Hagenow, als er 1832 die alleinigen Nutzungsrechte der Kreidebrüche Jasmunds erwarb. Noch im selben Jahr ließ er in Greifswald am Ryck eine Kleideschlammerei errichten. Dorthin wurde die am Kieler Bach in der Stubnitz gebrochene Kreide mit Schiffen gebracht. Als weitere konkurrierende Unternehmen entstanden und unlautere Spekulantenauftraten, musste v. Hagenow 18 Jahre später (1850) Konkurs anmelden.

Im 19. Jh. wurde die Kreide zur Herstellung von Schlammkreide und Maueralk verwendet. Erst zu Beginn des 20. Jh. entwickelte sich allmählich die Kreideindustrie auf Rügen, wo schwerpunktmäßig

Rohkreide abgebaut wurde. Diese gelangte, teils über den Sassnitzer Hafen, teils über Martinshafen, überwiegend in die Portlandzement-Fabriken im Odermündungs-Gebiet. Neben Zuschlagstoff für die Zementfabrikation wurde die Rohkreide auch zur Herstellung von Farben und als Beimengung zur Papierfabrikation benutzt (Krause 1903). Nach 1945 waren noch insgesamt 19 Kreidewerke auf Rügen in Betrieb, die später, 1957, die VEB Vereinigte Kreidewerke Rügen bildeten und 1993 privatisiert wurden (vgl. Knoth 1998). Bezüglich der heutigen Herstellung vielfältiger Erzeugnisse aus Rügener Schreibkreide ist auf Knoth (1998) und Knoth & Muth in Kutscher (1998a) sowie Kutscher (2007, 2011b) zu verweisen. Die Tafel- bzw. Schulkreide hat mit der Rügener Schreibkreide (wie u. a. bei Hardt 1952 angegeben) nichts (oder nur als geringfügiger Zusatz) zu tun. Für Schulkreide wird üblicherweise Gips (CaSO_4) verwendet.

7. Literaturverzeichnis

Alle hier nicht zitierten Arbeiten (vor 2002) sind in Reich & Frenzel (2002) zu finden.

- Ansorge J, Reich M. 2004. Die Eozän-Tonschollen von Wobbanz (SE-Rügen). In: Festschrift zum 65. Geburtstag von Roger Schallreuter. Archiv für Geschichtskunde 3(8/12), 651–678.
- Deutschmann A, Meschede M, Obst K. 2018. Fault system evolution in the Baltic Sea area west of Rügen, NE Germany. Geological Society of London, Special Publications 469. doi:10.1144/SP469.24.
- Diener I, Petzka M†, Reich M, Rusbült J, Zagora I. 2004. Kap. 3.8.2 Oberkreide. In: G Katzung (Ed.), Geologie von Mecklenburg-Vorpommern. Stuttgart, Schweizerbart, 173–186.
- Engelke J, Esser KJK, Linnert C, Mutterlose J, Wilmsen M. 2016. The benthic macrofauna from the Lower Maastrichtian chalk of Krons Moor (northern Germany, Saturn quarry): taxonomic outline and palaeoecologic implications. Acta Geologica Polonica 66(4), 671–694.
- Engelke J, Linnert C, Mutterlose J, Wilmsen M. 2017. Early Maastrichtian benthos of the chalk at Krons Moor, northern Germany: implications for Late Cretaceous environmental change. Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments 97, 703–722.
- Frenzel P, Reich M, Herrig E. 2014. Ein Meer am Ende des Mesozoikums. Kreide. In: P Rothe, V Storch, C von See (Eds.), Lebensspuren im Stein. Ausflüge in die Erdgeschichte Mitteleuropas. Weinheim, Wiley-VCH, 166–176.
- Gale AS. 2016. Roveacrinida (Crinoidea, Articulata) from the Santonian–Maastrichtian (Upper Cretaceous) of England, the US Gulf Coast (Texas, Mississippi) and southern Sweden. Papers in Palaeontology 2(4), 489–532.
- Gale AS, Sadorf E, Jagt JWM. 2018. Roveacrinida (Crinoidea, Articulata) from the upper Maastrichtian Peedee Formation (upper Cretaceous) of North Carolina, USA – The last pelagic microcrinoids. Cretaceous Research 85, 176–192.
- Gehrmann A, Hüneke H, Meschede M, Phillips E. 2017. 3D microstructural architecture of deformed glacial sediments associated with large-scale glacitectonism, Jasmund Peninsula (NE Rügen), Germany. Journal of Quaternary Science 32(2), 213–230.
- Gravesen P, Jakobsen SL. 2012. Skrivekridtets Fossiler. København, Gyldendal, 1–153.
- Herrig E. 2004a. Neue Oberkreide-Ostrakoden aus Pleistozän-Geschieben: Bythocytheridae und Paradoxostomatidae. Archiv

- für Geschiebekunde 4(5), 279–304.
- Herrig E. 2004b. Kap. 3.8.3 Kreide auf Rügen. In: G Katzung (Ed.), Geologie von Mecklenburg-Vorpommern. Stuttgart, Schweizerbart, 186–197.
- Höflinger J. 2015. Kreidebrachiopoden: Bestimmungstipps für Sammler. Röthenbach a.d.P., Selbstverlag, 1–352.
- Hornung JJ, Reich M. 2015. Tylosaurine mosasaurs (Squamata) from the Late Cretaceous of northern Germany. Netherlands Journal of Geosciences 94(1), 55–71.
- Jäger M. 2004. Serpulidae und Spirorbidae (Polychaeta sedentaria) aus Campan und Maastricht von Norddeutschland, den Niederlanden, Belgien und angrenzenden Gebieten. Geologisches Jahrbuch A 157, 121–249.
- Katzung G. 2004. Kap. 2 Regionalgeologische Stellung und Entwicklung. In: G Katzung (Ed.), Geologie von Mecklenburg-Vorpommern. Stuttgart, Schweizerbart, 8–37.
- Kenzler M, Obst K, Hüneke H, Schütze K. 2010. Glazitektonische Deformation der kretazischen und pleistozänen Sedimente an der Steilküste von Jasmund nördlich des Königsstuhls (Rügen). Brandenburger geowissenschaftliche Beiträge 17(1/2), 107–122.
- Koromyslova AV, Martha SO, Pakhnevich AV. 2018. The internal morphology of *Acoscinopecten* Voigt, 1956 (Cheilostomata, Bryozoa) from the Campanian – Maastrichtian of Central and Eastern Europe. PalZ (Paläontologische Zeitschrift) doi:10.1007/s12542-017-0385-1.
- Krautter M, Krüger FJ. 2008a. Neue Kalkschwämme (Calcarea) aus dem Unter-Campanium (Oberkreide) von Höver (Niedersachsen, Deutschland). Braunschweiger Naturkundliche Schriften 8(1), 261–272.
- Krautter M, Krüger FJ. 2008b. Korrigenda [Neue Kalkschwämme (Calcarea) aus dem Unter-Campanium (Oberkreide) von Höver (Niedersachsen, Deutschland)]. Braunschweiger Naturkundliche Schriften 8(2), 495–496.
- Kutscher M. 2003. Bestimmungsschlüssel der Seeigel (Echinoidea) der Weißen Schreibkreide (Kreide, Unter-Maastrichtium) von Rügen (Deutschland) und Mon (Dänemark). Erratica. Monographien zur Geschiebekunde 5, 1–41.
- Kutscher M. 2007. Entwicklung des Kreideabbaus auf Rügen – ein Überblick. In: K-E Tietz (Ed.), Eine Insel mit Geschichte – 200 Jahre Landkreis Rügen. Groß-Schoritz, E.-M.-Arndt-Gesellschaft, 162–173.
- Kutscher M. 2011a. Neue Lateralschild-Typen von Schlangensterne (Ophiuroidea) aus der Rügener Schreibkreide (Ob. Unter-Maastrichtium). Geschiebekunde aktuell 27(3), 83–88.
- Kutscher M. 2011b. Einflüsse der Gewinnungs- und Verarbeitungstechnologie auf die Vegetationsentwicklung. In: S Busch (Ed.), Geologie und Rohstoffgewinnung auf und um Rügen. Exkursionsführer und Veröffentlichungen der DGG (EDGG) 245, 52–56.
- Kutscher M. 2013. Die Rügener Schreibkreide – ein Multitalent. Wolgast, Hoffmann, 1–82.
- Kutscher M. 2017. *Pycnodonte (Phygraea) vesiculare* (Lamarck, 1806) – eine wenig Beachtete ist Fossil des Jahres 2017. Geschiebekunde aktuell 33(2), 34–43.
- Kutscher M, Kulessa V. 2010. Erstnachweis weiterer Gastropoden-Arten aus der Rügener Schreibkreide (Unter-Maastrichtium). Geschiebekunde aktuell, Sonderheft 8, 69–83.
- Kutscher M, Säuberlich J. 2009. *Diplodetus* Schlüter, 1900 – eine für die Rügener Schreibkreide (Oberes Unter-Maastrichtium) neue Echiniden-Gattung. Geschiebekunde aktuell 25(1), 11–14.
- Löser H. 2002a. Catalogue of Cretaceous Corals. Volume 2: List of Citations: Part 1. Dresden, CPress, 1–372.
- Löser H. 2002b. Catalogue of Cretaceous Corals. Volume 2: List of Citations: Part 2. Dresden, CPress, 373–784.
- Löser H. 2005. Catalogue of Cretaceous Corals. Volume 3: List of Localities. Dresden, CPress, 1–366.
- Neumann C, Girod P. 2018. *Weitschataster intermedius* gen. et sp. nov., a goniasterid starfish (Echinodermata: Asteroidea) from the Upper Cretaceous of Germany. PalZ (Paläontologische Zeitschrift) doi:10.1007/s12542-018-0404-x.
- Neumann C, Wisshak M. 2006. A Foraminiferal Parasite on the Sea Urchin *Echinocorys*: Ichneological Evidence from the Late Cretaceous (Lower Maastrichtian, Northern Germany). Ichnos 13, 185–190.
- Neumann C, Wisshak M, Bromley RG. 2008. Boring a mobile domicile: an alternative to the conchicolous life habit. In: M Wisshak, L Tapanila (Eds.), Current Developments in Bioerosion. Erlangen Earth Conference Series III. Berlin/Heidelberg, Springer, 307–327.
- Neumann C, Wisshak M, Aberhan M, Girod P, Rösner T, Bromley RG. 2015. *Centrichnus eccentricus* revisited: A new view on anomiid bivalve bioerosion. Acta Palaeontologica Polonica 60(3), 539–549.
- Niebuhr B. 2007. Hemmoor-Formation. In: B Niebuhr, M Hiss, U Kaplan, K-A Tröger, S Voigt, T Voigt, F Wiese, M Wilmsen (Eds.), Lithostratigraphie der norddeutschen Oberkreide. Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften 55, 28–29.
- Price GD, Twitchett RJ, Wheelley JR, Buono G. 2013. Isotopic evidence for long term warmth in the Mesozoic. Scientific Reports 3, 1438. doi:10.1038/srep01438.
- Reich M. 2002. Holothurien (Echinodermata) aus der Oberkreide des Ostseeraumes: Teil 1. Myriotrochidae Théel, 1877. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen 224(3), 373–409.
- Reich M. 2003a. Holothurien (Echinodermata) aus der Oberkreide des Ostseeraumes: Teil 2. Ypsilothuriidae Heding, 1942. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte 2003(8), 498–512.
- Reich M. 2003b. Holothurien (Echinodermata) aus der Oberkreide des Ostseeraumes: Teil 3. Chiridotidae Östergren, 1898. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen 228(3), 363–397.
- Reich M. 2003c. Holothurien (Echinodermata) aus der Oberkreide des Ostseeraumes: Teil 4. Synaptidae Burmeister, 1837. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen 229(1), 75–95.
- Reich M. 2003d. Holothurien (Echinodermata) aus der Oberkreide des Ostseeraumes: Teil 5. Molpadiidae J. Müller, 1850. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen 229(2), 231–253.
- Reich M. 2012. On Mesozoic laetmogonid sea cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea: Elasipodida). Zoosymposia 7, 185–212.
- Reich M, Frenzel P. 2002. Die Fauna und Flora der Rügener Schreibkreide (Maastrichtium, Ostsee). Archiv für Geschiebekunde 3(2/4), 73–284.
- Reich M, Frenzel P, Herrig E. 2004a. The Late Cretaceous White Chalk Fossilagerstätte of the Isle of Rügen. In: 32nd International Geological Congress (IGC), Florence 2004. Scientific Sessions: abstracts (part 1). Florence, p. 810.
- Reich M, Frenzel P, Herrig E. 2005. Ein Meer am Ende der Oberkreide. Die Schreibkreide. Biologie in unserer Zeit 35(4), 260–267.
- Reich M, Kutscher M. 2011. Sea pens (Octocorallia: Pennatulacea) from the Late Cretaceous of northern Germany. Journal of Paleontology 85(6), 1042–1051.
- Reich M, Stegemann TR. 2012. Giant Mesozoic holothurian larvae? Terra Nostra. Schriften der GeoUnion Alfred-Wegener-Stiftung 2012/3, 138–139.
- Reich M, Villier L, Kutscher M. 2004b. The Echinoderms of the Rügen White Chalk (Maastrichtian, Germany). In: T Heinzeller, JH Nebelsick (Eds.), Echinoderms: München. Proceedings of the 11th International Echinoderm Conference, Munich, Germany, 6–10 October 2003. London, Taylor & Francis Group, 495–501.
- Schlüter N, Kutscher M, Smith AB, Jagt JWM, Lees JA. 2012. Late Cretaceous phymosomatids and the true identity of *Cidarites granulosa* Goldfuss, 1829 (Echinoidea, Phymosomatoida). Zootaxa 3271, 17–30.
- Schlüter N, Wiese F, Kutscher M. 2016. Heterochronic evolution in the Late Cretaceous echinoid *Gauthieria* (Echinoidea, Phymosomatidae). Cretaceous Research 57, 294–305.
- Schulze N, Reich M. 2007. Jawed polychaetes from the Late Cretaceous White Chalk of the Isle of Rügen. In: The Palaeontological

- Association, 51st Annual Meeting, 16th-19th December 2007, Uppsala University, Sweden. Abstracts. The Palaeontological Association Newsletter 66, p. 93.
- Seidel E, Meschede M, Obst K. 2018. The Wiek Fault System east of Rügen Island: origin, tectonic phases and its relationship to the Trans-European Suture Zone. Geological Society of London, Special Publications 469. doi:10.1144/SP469.10.
- Surlyk F, Rasmussen SL, Boussaha M, Schiøler P, Schovsbo NH, Sheldon E, Stemmerik L, Thibault N. 2013. Upper Campanian – Maastrichtian holostratigraphy of the eastern Danish Basin. Cretaceous Research 46, 232–256.
- Voigt S, Wagreech M, Surlyk F, Walaszczyk I, Uličný D, Čech S, Voigt T, Wiese F, Wilmsen M, Niebuhr B, Reich M, Funk H, Michalík J, Jagt JWM, Felder PJ, Schulp A. 2008. Cretaceous. In: T McCann (Ed.), Geology of Central Europe. Volume 2. London, Geological Society, 923–997.
- Wisshak M, Neumann C. 2006. A symbiotic association of a boring polychaete and an echinoid from the Late Cretaceous of Germany. Acta Palaeontologica Polonica 51(3), 589–597.
- Wisshak M, Neumann C, Knaust D, Reich M. 2017. Rediscovery of type material of the bioerosional trace fossil *Talpina* von Hagenow, 1840 and its ichnotaxonomic implications. PalZ (Paläontologische Zeitschrift) 91, 127–135.
- Zacke A. 2003. Die Selachier (Pisces, Chondrichthyes) der Rügener Schreibkreide (Maastrichtium, Ostsee). Unveröffentlichte Diplomarbeit, Institut für Geologische Wissenschaften der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 114 S.
-