

Rippel- und Runzel-Strukturen aus prae- und unterkambrischen Geschieben Mecklenburg-Vorpommerns sowie aus dem Nexø- und Balka-Sandstein Bornholms

ALFRED BUCHHOLZ

Zusammenfassung

Aus prä- und unterkambrischen Geschieben Mecklenburg-Vorpommerns und aus dem anstehenden unterkambrischen Nexø- und Balka-Sandstein der Insel Bornholm (Dänemark) werden fossil überlieferte Wellen- und Runzel-Strukturen vorgestellt, die durch das Zusammenwirken von sich bildender Biomasse und sich auswirkenden physikalischen Kräften im Bereich ehemaliger Meeresböden entstanden sind. Es handelt sich um Wellenrippeln im präkambrischen Dala-Sandstein und 'small-scale load structures' in Geschieben eines unterkambrischen Schichtgesteins mit wechsellagernden Schichten von glimmerhaltigem Tonschiefer und glaukonitischem Sandstein, ferner um aberrante *Kinneyia*?-Rippeln im anstehenden Balka-Sandstein sowie um Wellenrippeln im anstehenden Nexø- und Balka-Sandstein. Eine selten beobachtete Besonderheit stellen mikrobielle Matten-Strukturen mit Spurenfossilien in einem *Exporrecta*-Konglomerat dar.

Schlüsselworte

Mikrobielle Matten-Strukturen, Wellenrippeln, aberrante *Kinneyia*?-Rippeln, Prä- und Unterkambrium, Geschiebe, Vorpommern, Bornholm.

Abstract

Ripples and wrinkle structures from glacial erratic boulders of Pre- and Lower-Cambrian from Mecklenburg and Western Pomerania as well as from the Nexø and Balka sandstone of Bornholm

Glacial erratic boulders (Geschiebes) of Pre- and Lower-Cambrian from Mecklenburg and Western Pomerania and pictures from the beds of Lower Cambrian Nexø sandstone as well as Lower Cambrian Balka sandstone of the island Bornholm (Denmark) along with fossil preserved ripples are introduced. That have occurred for forming microbial mass and itself through combining of itself having an effect physical strengths in the area of former seabeds. It is about wave ripples in the Dala sandstone of Precambrian and 'small-scale load structures' in glacial erratic boulders of an Lower Cambrian layering rock with change-storing layers of glimmer-containing slate of clay and glaukonitic sandstone, furthermore about differing *Kinneyia*? ripples in the standing in line Balka sandstone as well as about wave ripples in the standing in line Nexø and Balka sandstone. A rarely observed peculiarity with trace fossils represent microbial mat structures in a *Exporrecta* conglomerate.

Keywords

Microbial mat structures, wave ripples, differing *Kinneyia*? ripples, Pre- and Lower-Cambrian, glacial erratic boulders, Western Pomerania, Bornholm.

Alle abgebildeten Belegstücke befinden sich in der Sammlung BUCHHOLZ, Stralsund.

Einleitung

Wellen-Rippeln und Runzel-Strukturen sind Veränderungen auf Sedimentoberflächen, die vorwiegend im Zusammenwirken von mikrobiellen Mattenbildungen und physikalischen Kräften entstehen aber auch entweder nur durch physikalische Kräfte oder nur durch mikrobiologische Abläufe entstehen können. (cf. HAGADORN & BOTTJER 1999). Für die durch physikalische Kräfte und/oder Biomatten entstehenden Strukturen gibt es zur Zeit unterschiedliche Begriffe und Klassifikationen. Eine umfassende Übersicht und Diskussion hierzu geben ERIKSSON et al. (2007). Biomatten-Strukturen sind sowohl als rezente Bildungen zu beobachten als auch in unterschiedlicher Form sowie an verschiedenen Orten der Welt fossil erhalten. Fossil überliefert sind diese Strukturen vorwiegend in siliziklastischen aber auch in schlammigen Sedimenten.

Zu den Runzel-Strukturen (= wrinkle structures) zählen neben anderen auch die *Kinneyia*-Rippeln und die 'small-scale load structures'. Beide sind als fossile Strukturen aus Geschiebefunden kaum bekannt. Über *Kinneyia*-Rippeln berichtete unlängst Grimmberger (2010), 'small-scale load structures' fanden sich im Sammlungsmaterial des Verfassers. Über diese und andere Geschiebefunde und über Beobachtungen an Sandstein-Aufschlüssen auf der Insel Bornholm (Dänemark) wird berichtet.

Temporäre rezente Wellen- (Oszillations-) Rippeln

Rezente Wellen-Rippeln an Stränden der mecklenburgischen und vorpommerschen Ostseeküste sind nur gelegentlich nach Sturmtagen in Flachwasserbereichen oder in temporären flachen Strandlagunen zu beobachten.

Die Abb. 1 zeigt Wellen-Rippeln in einer trocken gefallenen flachen Strandlagune auf dem Südstrand des Nordperds bei Göhren auf der Insel Rügen.

Derartige Strukturen entstehen ausschließlich durch des Wirken physikalischer Kräfte, durch mehr oder weniger rhythmischen Wellenschlag und Sandtransport unter Windeinwirkung.



Abb. 1: Temporäre rezente Wellenrippeln (Oscillationsrippeln) nach Sturmweatherlage auf dem Südstrand am Nordperd bei Göhren, Rügen.

Verharren diese Wellenstrukturen in Flachwasserbereichen einige Zeit in ihrem Zustand, können sich darauf mikrobielle Matten bilden (GERDES 2007: 19, Fig. 2-1-8, A-D), die unter günstigen Bedingungen zur Erhaltung der Rippelformen beitragen, so daß diese nach erneuter Sandbedeckung in ihren Formen erhalten bleiben. So können auch nach millionenlangen Zeiträumen und abgelaufener Diagenese Wellen-Rippeln fossil erhalten bleiben (z.B. Abb. 2-4; 14; 18-20). Ausführliche Erläuterungen zur Entstehung, Vielfalt und Bedeutung von Microbial Mats finden sich bei GERDES (2007: 5-38).

Geschiebe des jotnischen Dala-Sandsteins mit Wellen-Rippeln

Abb. 2-4

Geschiebe des jotnischen (präkambrischen) Dala-Sandsteins, der vor etwa 1200-1300 Millionen Jahren zur Ablagerung gelangte (HESEMANN 1975), sind im norddeutschen Vereisungsgebiet weit verbreitet und kommen in unterschiedlicher Häufigkeit und Größe vor.



Abb. 2: Dala-Sandstein mit teils annähernd symmetrischen, medial gefurchten (rechts) und teils unregelmäßigen Wellenrippeln (links), Präkambrium, Geschiebe SB-PK 6 von Granitzer Ort, Rügen, Plattengröße 25 x 22 cm, Rippelbreite 1,5-2 cm.



Abb. 3: Dala-Sandstein mit groben, teilweise medial gefurchten, asymmetrischen Rippeln, Präkambrium, Geschiebe SB-PK 1 von Dwasieden, Rügen, Plattengröße 18 x 17 cm, Rippelbreite 5,5-6 cm.



Abb. 4: Dala-Sandstein mit teilweise noch mit Decksediment ausgefüllten Rippeltälern, Präkambrium, Geschiebe SB-PK 2 von Sellin, Rügen, Plattengröße 15 x 6 cm. Rippelbreite \approx 1,5 cm.

Eine herausragende Häufung findet sich in der Umgebung von Fürstenwalde (SE Berlin) und ist als „Trebuser Sandstein“ bekannt geworden.

Auch in Mecklenburg-Vorpommern kommen solche Geschiebe in unterschiedlicher Häufigkeit vor, ebenso auf der Insel Rügen, hier besonders auf den Halbinseln Mönchgut im Südosten und Drigge im Südwesten der Insel. Ihr Ursprungsgebiet befindet sich in Mittelschweden und am Grunde der Ostsee im Bereich der Bottensee; Ausläufer reichen westlich bis nach Norwegen und östlich bis nach Finnland (cf. MEYER & LÜTTIG 2007). Unter den Geschieben finden sich gelegentlich solche, in denen sich durch Oszillation und mikrobielle Prozesse entstandene Rippelmarken in dem präkambrischen Sediment erhalten haben. Diese treten in unterschiedlicher Form und Größe in Erscheinung. Die Breite der Rippeln schwankt im abgebildeten Material (Abb. 2-4) zwischen 1,5 und 6 cm, sie sind teils annähernd symmetrisch und parallel zueinander gestellt, teils asymmetrisch und unregelmäßig angeordnet und weisen im Falle der Abb. 2 und zum Teil auch in Abb.3 mediane

Einkerbungen auf. Die Wellentäler sind deutlich schmaler ausgebildet. In Abb. 4 finden sich in zwei der Wellentäler noch Reste des ehemals bedeckenden siliziklastischen Sedimentes.

'Small-scale load structures' aus unterkambrischen Geschieben

Abb. 5-9



Abb. 5: 'Small-scale load structures' in glimmerhaltigem Tonschiefer (wechsellagernd mit hellgrauem Sand-/Siltstein, li. Bildrand), Mittelkambrium, Geschiebe SB-UK 92 von Mukran, Rügen, leg. U. Scheibe, Plattengröße 9 x 7,5 cm, Rippelbreite 0,3-0,5 cm.



Abb. 6: 'Small-scale load structures' (dazu auch Abb. 7-9) in glimmerhaltigem Tonschiefer (wechsellagernd mit glaukonitischem Sandstein, re. unten), Unter- oder Mittelkambrium, Geschiebe SB-UK 204 von Dwasieden, Rügen, Plattengröße 13,5 x 9,5 cm, Rippelbreite \approx 0,2 cm.

Die den *Kinneyia*-Strukturen ähnlichen 'Small-scale load structures' (kleinhöckrige, durch Lasten induzierte Strukturen) können sich nach PORADA & BOUOUGRI [2007: 143-144, Fig. 6(a)-4, G] an Schichtuntergrenzen dünner Sandablagerungen bilden, die von schlammigen Sedimenten überlagert sind. Sie werden gelegentlich als *Kinneyia*-Strukturen fehlgedeutet. Ältere 'Small-scale load structures' erscheinen in Form kreisförmiger oder elongierter buckel- bis faltenförmiger Wölbungen als dichtes Relief auf der unteren Schichtseite der Sedimentablagerungen. 'Small-scale load

structures' sollen nach ALLEN (1985) ohne Beteiligung von microbiellen Mattenbildungen entstehen.



Abb. 7: 'Small-scale load structures' (wie Abb. 6, auf anderer Spaltfläche), Plattengröße 11 x 5,5 cm



Abb. 8: 'Small-scale load structures' (wie Abb. 6, auf weiteren Spaltflächen), Plattengröße 9 x 6 cm, rechts oben darüber liegende Lage aus glaukonitischem Sandstein, rechts unten Bruchteile von Lebensspuren (Grabe- oder Wühlgänge?).



Abb. 9: Lebensspuren auf einer anderen Schicht des gleichen Geschiebes wie Abb. 6, Plattengröße 8 x 7,5 cm.

An zwei Geschiebefunden, SB-UK 92 (leg. U. Scheibe) und SB-UK 204, lassen sich die von PORADA & BOUOUGRI (2007) beschriebenen Entstehungsumstände ablesen. Es handelt sich bei dem Geschiebe SB-UK 92 (Abb. 5) um ein geschichtetes wechsellagerndes Sedimentgestein, das aus dünnen Lagen von glimmerhaltigem

Tonschiefer (also einem schlammigen Sediment = Mudstone) und hellgrauem Sand-/Siltstein besteht. Dieses Geschiebe könnte aus dem mittelkambrischen Äleklinta-Member der Borgholm-Formation von Öland (NIELSEN & SCHOVSBO 2007) stammen. Bei dem Geschiebe SB-UK 204 wechsellagern glimmerhaltiger Tonschiefer mit glaukonitischem Sandstein. Seine Herkunft könnte auf das Verbreitungsgebiet des unterkambrischen Glaukonit-Sandsteins in der Kalmarsund-Region zu beziehen sein aber auch wie im vorhergehenden Fall auf die mittelkambrischen Sand-/Siltsteinlager bei Äleklinta auf Öland. Das Geschiebe SB-UK 204 ließ sich in mehrere dünne Platten von 4 bis 11 mm Stärke spalten, die jeweils auf einer gleichsinnigen Seite das Erscheinungsbild der 'Small-scale load structures' zeigten (Abb. 6-8); außerdem fanden sich auf zwei Platten Lebensspuren in Form von Grabe- bzw. Freßgängen, einerseits zusammen mit 'Small-scale load structures' (Abb. 8), andererseits ohne solche Strukturen (Abb. 9). Die Kombination von Rippelmarken und Spurenfossilien ist bekannt (cf. HAGADORN & BOTTJER 1999).

Mikrobiell induzierte Mattenstrukturen in einem Konglomerat-Geschiebe

Abb: 10-12

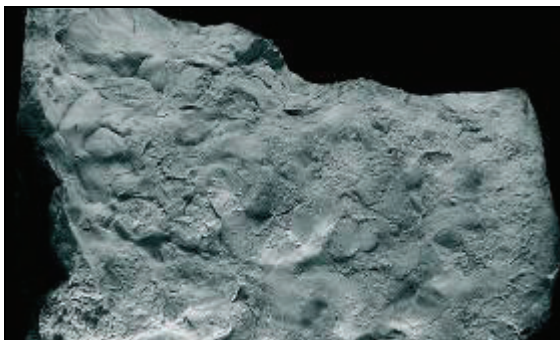


Abb. 10: Aus einem *Exporrecta*-Konglomerat: Mikrobiell induzierte Matten-Struktur auf einem Großgeröll an der Grenze zwischen Geröll und Matrix, Geschiebe SB-MK 502 von Müssetin bei Jarmen, Vorpommern, leg. G. Grimmberger, Größe des Teilstückes 7 x 6,5 cm.

Ein relativ großes Geschiebe (SB-MK 502, leg. G. Grimmberger) eines *Exporrecta*-Konglomerates mit stark glaukonitischer Matrix und den Ausmaßen von 42x38x28 cm (BUCHHOLZ i. Druck) bot nach der groben Spaltung einen überraschenden Befund. Auf der Spaltfläche wurde die Oberfläche eines Großgerölls sichtbar, die von einem 1-2 mm dicken, mehrlagigen, kalkigen Sedimentfilm (mindestens zwei Lagen) überzogen war, der das Geröll von der stark glaukonitischen Konglomeratmatrix der Umgebung trennte und der nach der Spaltung des Geschiebes zum Teil fetzig aufgeblättert erschien. Das Großgeröll selbst bestand aus mehreren großen und scharfkantigen dunkelgrauen Kalkbrocken, die noch annähernd im

ursprünglichen Verband einer vormaligen Bruchzone lagen, deren Spalten aber bereits durch Kalzit verkittet waren.

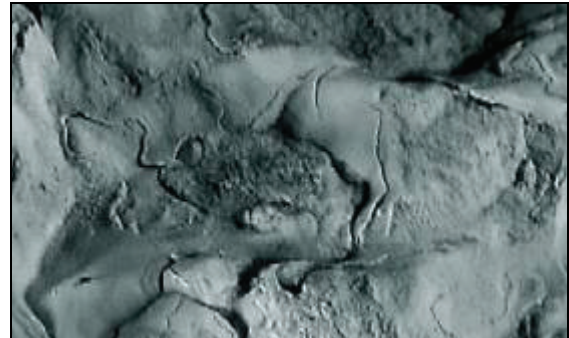


Abb. 11: Detail von Abb. 10, Gerölloberfläche mit durch mikrobielle Matten induzierten filmartigen, kalkigen Umhüllung.

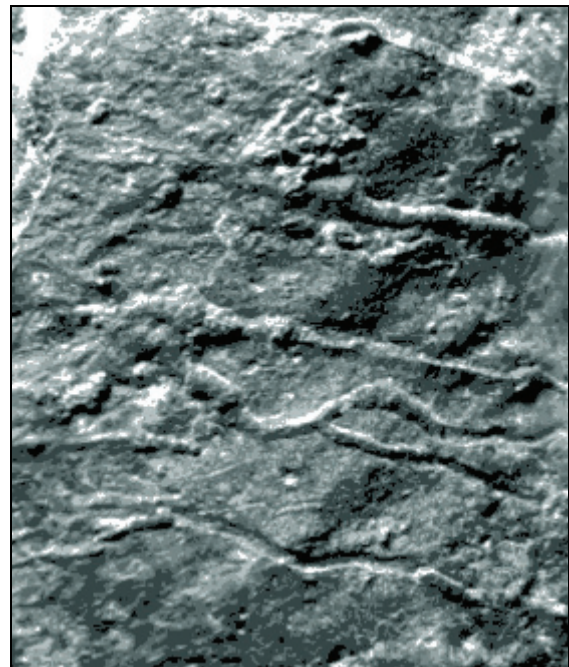


Abb. 12: Grabe- oder Freßgänge innerhalb der Biomatten-Struktur auf dem Großgeröll aus dem *Exporrecta*-Konglomerat (SB-MK 502), Gangdurchmesser 0,2-0,3 mm.

Diese Befunde lassen darauf schließen, dass der anfänglich aus Einzelbrocken bestehende Geröllkomplex bereits vor der Einbettung in die glaukonitische Matrix durch Kalzit gekittet wurde und danach in diesem nun wieder verfestigten Zustand auf den Meeresboden gelangt ist. Hier wurde er noch vor der Einbringung in die glaukonitische Matrix des Konglomerates von schlammigem Sediment und mikrobiellen Strukturen eingehüllt. Infolge Schrumpfung und Ribbildung im Verlaufe der frühen Diagenese erhielt die Gerölloberfläche ihr jetziges Aussehen in der vorliegenden Form. Wahrscheinlich handelt es sich bei diesem Befund um ein Beispiel von 'Microbial Mats' auf schlammigen Substraten (cf. SCHIEBER 2007), auch wenn das Geröll keinen

ebenen Meeresboden darstellte. Das fossil erhaltene Bild ähnelt sehr den 'Old elephant skin' (OES) wie sie BOTTJER & HAGADORN [2007, Fig. 4(a)-5 A;B] abbilden. Die Abb. 10 zeigt einen Ausschnitt des umhüllenden Sedimentfilms, die Abb. 11 einen vergrößerten Ausschnitt mit kleinen Rissen und Kerben (re. Bildhälfte), die darauf schließen lassen, daß Schrumpfungsprozesse abgelaufen sind. Eine interessante Beobachtung bezieht sich auf Lebensspuren in Form von Grabe- bzw. Freßgängen, die innerhalb des Sedimentfilms der Geröllumhüllung vorhanden waren (Abb. 12). Dies ist ein Hinweis darauf, daß bei der Entstehung des Sedimentfilms mikrobielle Mattenstrukturen eine Rolle gespielt haben, die den Verursachern der Spuren als Lebensraum und Nahrungsquelle gedient haben.

Strukturen im anstehenden unterkambrischen Nexø-Sandstein von Bornholm

Abb. 13-16



Abb. 13: Zutage tretender Nexø-Sandstein (Unterkambrium) an der Ostküste Bornholms (Dänemark).



Abb. 14: Wellenrippeln im Nexø-Sandstein aus einem aufgelassenen Sandsteinbruch nordöstlich Bodilskirke (Bornholm).

Der Nexø-Sandstein bildet das untere Glied der Nexø-Formation und wird nach der neuesten lithostratigraphischen Gliederung des skandinavischen Kambriums (NIELSEN & SCHOVSBO 2007) als 'Gadeby member' bezeichnet. Es ist ein überwiegend rötlicher bis violetter, schlecht sortierter Sandstein mit hohem Gehalt an Ton. An der Ostküste Bornholms sind an den ins Meer abtauchenden Sandsteinablagerungen (Abb. 13) neben der unterschiedlichen Intensität der

Färbung und Körnung auch vereinzelt Schichtverwerfungen und Rippel-Marken zu finden. Am Rande eines stillgelegten Steinbruches bei Bodilskirke (SO Bornholm) sind Sandsteinplatte mit verschiedenen Besonderheiten als kleine Schausammlung zusammen getragen.



Abb. 15: Verfüllte Trockenrisse im Nexø-Sandstein aus einem aufgelassenen Sandsteinbruch nordöstlich Bodilskirke. (Bornholm).

Darunter finden sich Wellen- (Oszillations-) Rippeln, verfüllte Trockenrisse und Sandsteinkegel (Abb. 14-16). Die beiden letzteren Strukturen sind zwar keine Beispiele für mikrobielle Mattenstrukturen, finden sich aber selten auch in Geschieben wie z.B. Trockenrisse (Buchholz 2008) und sollen deshalb hier erwähnt werden. Eine Deutung der Sandsteinkegel fällt schwer, denn der Nexø-Sandstein gilt als fossilifer. Aus anderen unterkambrischen Schichten sind jedoch kegelförmige Strukturen bekannt wie z.B. die Spuren von *Monocraterion isp.*



Abb. 16: Sandsteinkegel im Nexø-Sandstein aus einem aufgelassenen Sandsteinbruch nordöstlich Bodilskirke (Bornholm).

Mikro- und Makro-Rippeln im anstehenden unterkambrischen Balka-Sandstein von Bornholm

Abb. 17-27

Zu den Mikro-Rippeln zählen neben anderen Strukturen auch *Kinneyia*-Rippeln. Die Bezeichnung *Kinneyia* geht auf WALCOTT (1914: 107, pl.11, fig.3) zurück, der diese Strukturen mit Algen in Verbindung brachte und dafür diesen Gattungsnamen einführte.



Abb. 17: Balka-Sandsteinbruch (Unterkambrium) von Strøby südlich Åkirkeby (Bornholm).



Abb. 18: Balka-Sandstein, altpaläozoischer Meeresboden (Ausschnitt) mit ausgedehnten Wellenrippel-Arealen im Sandsteinbruch von Strøby (Bornholm).



Abb. 19: Asymmetrische Makrorippeln, Sandsteinbruch von Strøby (Bornholm), Breite der Rippeln 6-8 cm.

Im Laufe der Forschungsentwicklung sind *Kinneyia*- und ähnliche Strukturen sowie ihre Entstehung unterschiedlich interpretiert worden. Eine kurze Darstellung zu Biomatten-Strukturen und '*Kinneyia*' findet sich bei GRIMMBERGER (2010: 833, Taf. 3, Fig. 2), der neben anderen Funden auch den möglicherweise ersten Geschiebefund mit *Kinneyia*-Strukturen aus einem unterkambrischen glaukonitischen Sandstein vorstellt. Bei *Kinneyia*-Strukturen handelt es sich nach HÄNTZSCHEL (1962) um sehr schmale mehr oder weniger parallele 1-3 mm breite Runzelmarken, die reliefartig in Erscheinung treten. *Kinneyia* wird heute von sehr ähnlichen Strukturen, den 'Small-scale load structures' (siehe oben), unterschieden (cf. PORADA & BOUOUGRI 2007: Fig.6(a)-4,G).



Abb. 20: Unregelmäßig knäuelartig angeordnete Makrorippeln, Sandsteinbruch von Strøby (Bornholm), Rippelbreite 6-8 cm.



Abb. 21: Kleinflächig vorkommende, z.T. unregelmäßige Mikrorippeln (aberrante *Kinneyia*-Rippeln?) im Balka-Sandstein auf dem selben Meeresboden-Niveau wie die Makrorippeln, Balka-Sandsteinbruch von Strøby (Bornholm).



Abb. 22: Rechte Bildhälfte: z.T. destruierte Mikrorippeln (aberrante *Kinneyia*-Rippeln?). Linke Bildhälfte: flache buckelförmige mikrobielle Mattenstrukturen, Balka-Sandsteinbruch von Strøby (Bornholm).

Kinneyia-Strukturen finden sich auf siliziklastischen Sedimentoberflächen und sind fossil auf Sandsteinablagerungen in vielen Teilen der Welt anzutreffen; sie sind auch aus dem mittelkambrischen Silt-/Sandstein von dem Küstenaufschluß bei Åleklinta auf der Insel Öland bekannt (MARTINSSON 1965: 189-192, Fig.4) und wurden dort auch von ZESSIN (2008: 27, Abb.5) gefunden. Ihre Entstehung wurde zunächst ausschließlich mit dem Einwirken physikalischer Kräfte erklärt (z.B. MARTINSSON, 1965; ALLEN, 1985). Heute geht man davon aus, daß ihre Entstehung auf dem Meeresboden unterhalb dort

entwickelter Biomatten im Zusammenwirken mit physikalischen Kräften erfolgt ist (PORADA & BOUOUGRI 2007). Fossil überliefert kommen sowohl regelmäßige als auch abweichende (aberrante) und auch mehr oder weniger destruierte Strukturen vor.



Abb. 23: Mikrorippeln (aberrante *Kinneyia*-Rippeln?) bandförmig angeordnet, links engmaschig, rechts weitmaschig, Balka-Sandsteinbruch von Strøby (Bornholm).



Abb. 24: Destruierte Mikrorippeln (aberrante *Kinneyia*-Rippeln?), sehr kleinflächig, teilweise umgeben von ebenem Meeresboden, Balka-Sandsteinbruch von Strøby (Bornholm).



Abb. 25: Balka-Sandstein mit *Diplocraterion* isp., Küste bei Snogebæk (Bornholm).

Aberrante *Kinneyia*?-Strukturen findet der aufmerksame Beobachter auf Bornholm in einem aufgelassenen und unter Schutz gestellten Steinbruch im Balka-Sandstein (Abb. 17) bei Strøby südlich von Åkirkeby zusammen mit einer die Steinbruchsohle beherrschenden Fläche von großen Wellenrippeln (Oszillations-Rippeln). Die Wellenrippeln finden sich in unterschiedlichen Formen als asymmetrische, langgestreckte oder knäuelartig angeordnete Rippelmarken (Abb.18-20).



Abb. 26: Balka-Sandstein mit trichterförmigen Spuren, indet. isp. (ähnlich *Monocraterion* isp.), Küste bei Snogebæk (Bornholm).



Abb. 27: Balka-Sandstein mit schleifenförmiger Kriechspur, indet. isp., aufgelassener Sandsteinbruch bei Pedersker (Bornholm).

Der Balka-Sandstein ist als 'Langeskanse member' das obere Glied der Nexø-Formation Bornholms (NIELSEN & SCHOVSBO 2007: 47-55). Es ist ein heller, nur selten rötlich gestreifter, quarzitischer Sandstein, der auf Bornholm mit *Diplocraterion* isp. und trichterförmigen Gebilden die ersten Spurenfossilien auf Bornholm führt (Abb. 25-27), die besonders gut an manchen Stellen der Ostküste beiderseits des Hafens von Snogebæk zu sehen sind. Auf der Steinbruchsohle des Bruches bei Strøby finden sich neben den Makrorippeln an eng umschriebenen Stellen unterschiedliche Mikrorippeln (Abb.21-24), die zu den abgewandelten *Kinneyia*-Formen zu stellen sind oder die mehr oder weniger destruiert erscheinen, wie sie auch von PORADA & BOUOUGRI [2007: 134, Fig. 6(a)-4, E] beschrieben und abgebildet wurden. Diese aberranten Formen sind von den mehr linearen bis geschlängelten typischen Strukturen zu honigwabenartigen Strukturen umgewandelt, was auf Sturmsauswirkungen zurückgeführt wird.

Im Steinbruchbereich ist noch eine weitere Besonderheit zu beobachten, nämlich ein kurzes Teilstück der Tornquist-Zone, die durch Freilegung sichtbar gemacht wurde. Hierbei handelt es sich um einen nördlichen Ausläufer eines großen, von der Nordsee bis zum Schwarzen Meer reichenden Bruchsystems des Erdmantels, das Bornholm an seiner Südflanke berührt (BERTHELSEN, 1988; BUTZBACH, 2000). Die Bruchlinie trennt an dieser Stelle den etwa 1700 Millionen Jahre alten Gneis des Grundgebirges von den etwa 550-600 Jahre

alten Sandsteinablagerungen, die gestaucht und schräggestellt an die Bruchkante stoßen.

Danksagung

Der Verfasser dankt Herrn G. Grimmberger, Wackerow bei Greifswald, für die Überlassung des großen Konglomerat-Geschiebes zur Auswertung und Herrn U. Scheibe, Saßnitz, Rügen, für die Überlassung eines Geschiebe-Teilstückes mit Rippel-Strukturen.

Literatur

ALLEN, J.R.L. (1985): Wrinkle marks: an intertidal sedimentary structure due to aseismic soft-sediment loading. – *Sedimentary Geology* 41: 75-95, 12 Abb., Amsterdam.

BERTHELSEN, A. (1988): Bornholms Fjeld. In: *Bornholms Geologi I. - VARV Nr. 2:* 36-43, Fig. 1-3, Geologisk Centralinstitut, København.

BOTTJER, D. & HAGADORN, J.W. (2007): Mat Features in sandstone: 4(a) Mat Growth Features. - [SCHIEBER, J., BOSE, P.K., ERIKSSON, P.G., BANERJEE, S., SARKAR, S., ALTERMANN, W. & CATUNEANU, O. (Eds.) – *Atlas of Microbial Mats Features Preserved within the Siliciclastic Rock Record*]: 53-71, Fig. 4(a)-1 – 4(a) 16, Elsevier.

BUCHHOLZ, A. (2008): Kambrische Geschiebe aus Mecklenburg und Vorpommern mit Zeichen tektonischer, klimatischer und mechanischer Überformungen während der frühen Entstehungsphase. - *Neue Funde. – Archiv für Geschiebekunde* 4 (11): 725-735, 4 Taf., Hamburg/Greifswald.

BUCHHOLZ, A. (i. Druck): Das mittelkambrische *Exporrecta*-Konglomerat als Geschiebe aus Vorpommern (Nordostdeutschland) – Übersicht und Fundbericht. – *Geschiebekunde* aktuell.

BUTZBACH, J. (2000): 1700 Millionen Jahre Bornholm. – 88 S., 146 Abb., (William Dams Boghandel A/S).

ERIKSSON, P.G., SCHIEBER, J., BOUOUGRI, E., GERDES, G., PORADA, H., BANERJEE, S., BOSE, P.K. & SARKAR, S. (2007): Classification of Structures Left by Microbial Mats in Their Host Sediment. – [SCHIEBER, J., BOSE, P.K., ERIKSSON, P.G., BANERJEE, S., SARKAR, S., ALTERMANN, W. & CATUNEANU, O. (Eds.) – *Atlas of Microbial Mats Features Preserved within the Siliciclastic Rock Record*]: 39-52, Fig. 3-1 – 3-5, Elsevier.

GERDES, G. (2007): Structures Left by Modern Microbial Mats in Their Host Sediments. [SCHIEBER, J., BOSE, P.K., ERIKSSON, P.G., BANERJEE, S., SARKAR, S., ALTERMANN, W. & CATUNEANU, O. (Eds.) – *Atlas of Microbial Mats Features Preserved within the Siliciclastic Rock Record*]: 5-38, Fig. 2-1-1 – 2-4-4, Tab. 2-1, Elsevier.

GRIMMBERGER, G. (2010): Neue Faunenelemente aus norddeutschen, unterkambrischen Geschieben, speziell denen des Mobergella-Sandsteins. – *Archiv für Geschiebekunde* 5, 12: 819-836, 3 Taf., 2 Abb., Hamburg/Greifswald.

HAGADORN, J.W. & BOTTJER, D.J. (1999): Restriction of a Late Neoproterozoic Biotope: Suspect-Microbial Structures and Trace Fossils at the Vendian-Cambrian Transition. – *Palaios* 14: 73-85, 6 figs., Tulsa, Oklahoma.

HÄNTZSCHEL, W. (1962): Trace Fossils and Problematica. – MOORE, R.C. (Ed.) - *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part W (Miscellanea):* W 236, Fig. 146.3, Lawrence & Meriden.

HESEMANN, J. (1975): Kristalline Geschiebe der nordischen Vereisungen. 267 S., 44 Abb., 8 Farbtaf., 29 Tab., 1 Anl. (Taf.), Krefeld.

MARTINSSON, A. (1965) Aspects of a Middle Cambrian Thanatotope on Öland. – *Geologiska Föreningens i Stockholms Förhandlingar* 87, 2: 181-230, 35 Abb., Stockholm.

MEYER, K-D. & LÜTTIG, G. (2007): Was verstehen wir unter einem „Leitgeschiebe“? – *Geschiebekunde* aktuell 23, 4: 106-121, 4 Abb., 1 Tab., Hamburg/Greifswald.

NIELSEN, A. T. (1988): Paläozoikum. In: *Bornholms Geologi I, – VARV Nr. 2:* 44-63, Fig. 4-17, 1 Tab., 1 Karte, Geologisk Centralinstitut, København.

NIELSEN, A. T. & SCHOVSBO, N. H. (2007): Cambrian to basal Ordovician lithostratigraphy in southern Scandinavia – *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 53: 47-92, 12 Figs., København .

PORADA, H. & BOUOUGRI, E. (2007): Discussion of some Problems: Unusual Features and the Importance of Terminology – 6 (a) 'Wrinkle Structures' - A Critical Review [SCHIEBER, J., BOSE, P.K., ERIKSSON, P.G., BANERJEE, S., SARKAR, S., ALTERMANN, W. & CATUNEANU, O. (Eds.) – *Atlas of Microbial Mats Features Preserved within the Siliciclastic Rock Record*]: 135-144, Fig. 6(a)-1 – 6(a)-4, Elsevier.

SCHIEBER, J. (2007): Microbial Mats on Muddy Substrates – Examples of Possible Sedimentary Features and Underlying Processes. [SCHIEBER, J., BOSE, P.K., ERIKSSON, P.G., BANERJEE, S., SARKAR, S., ALTERMANN, W. & CATUNEANU, O. (Eds.) – *Atlas of Microbial Mats Features Preserved within the Siliciclastic Rock Record*]: 117-133, Fig. 5-1 – 5-8, Elsevier:

WALCOTT, C.D. (1914): Cambrian geology and paleontology III, 2. Pre-Cambrian Algonkian algal flora. – *Smithsonian Miscellaneous Collections* 64: 77-156, pl. 4 -23, Washington.

ZESSIN, W. (2008): Neue Spurenfossilien aus norddeutschen Geschieben des unterkambrischen Eophyton-Sandsteins. – *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft West-Mecklenburg* 8, 1: 27-39, 35. Abb., (Eigendruck der NGM).

Anschrift des Verfassers: Dr. Alfred Buchholz, Billrothstraße. 27, D 18435 Stralsund