©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Osnabrücker naturwiss. Mitt.	19	S. 35–56	10 Abb.	Osnabrück, Dez. 1993

Sedimentologie und Verwitterungsbeständigkeit des Wellenkalks (Unterer Muschelkalk) von Osnabrück

mit 10 Abbildungen

Andreas May*

Abstract: Sedimentology and weathering durability of the Osnabrück Wellenkalk limestone (Lower Muschelkalk) are investigated at stones from two building walls in Osnabrück and at samples from the quarry of the Botanical Garden Osnabrück. Six microfacies types (A–F) are distinguished and described in detail. The microfacies analysis gives detailed informations about the sedimentary environment. Based on these informations the observed sedimentary cycles are attributed to sea-level changes. The dinstinguished microfacies types show clear differences in their weathering durability. The best durability have the microfacies types A and B, which are tempestite layers in the lower and the upper part of the Oolithbank Member of the Wellenkalk Formation. The microfacies types A and B have such a good weathering durability, because they are not laminated and their quantities of the cold water absorption, the Schurecht ratio (= ratio cold/boiling water absorption), and the residue insoluble by hydrocloric acid are relatively low.

Kurzfassung: Die Sedimentologie und Verwitterungsbeständigkeit des Osnabrücker Wellenkalks (Unterer Muschelkalk) werden an Mauersteinen aus zwei Gebäuden in Osnabrück und an Proben aus dem Steinbruch im Botanischen Garten Osnabrück untersucht. Es lassen sich 6 Mikrofaziestypen (A–F) unterscheiden, die ausführlich beschrieben werden. Ihre Analyse erlaubt detaillierte Aussagen zum Sedimentationsraum und zur Entstehung. Darauf aufbauend werden die in der Schichtenfolge beobachtbaren Sedimentationszyklen auf Meeresspiegeländerungen zurückgeführt. Es lassen sich deutliche Unterschiede in der Verwitterungsbeständigkeit der verschiedenen Mikrofaziestypen erkennen. Am verwitterungsbeständigsten sind die Mikrofaziestypen A und B, durch Sturmfluten entstandene Lagen im unteren und oberen Teil des Oolithbank-Members der Wellenkalk-Formation. Die Mikrofaziestypen A und B sind so verwitterungsbeständig, da sie nicht feingeschichtet sind und freiwillige Wasseraufnahme, Schurecht-Ratio (= freiwillige Wasseraufnahme geteilt durch effektive Porosität) sowie der Gehalt an salzsäureunlöslichem Rückstand relativ gering sind.

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung 36
2 Herkunft des Untersuchungsmaterials 36
3 Mikrofaziestypen 39
4 Sedimentationsraum und Entstehung der Mikrofaziestypen 48
5 Paläogeographie und Zyklizität 50
6 Verwitterungsbeständigkeit des Osnabrücker Wellenkalks 52
Dank 54
Schriftenverzeichnis 55

* Dr. Andreas May, Geologisch-Paläontologisches Institut der Westfälischen Wilhelms-Universität, Corrensstr. 24, D-48149 Münster. Privat: Friedrich-List-Str. 66, D-59425 Unna

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

1 Einführung

Eine besondere Ausbildung der Wellenkalk-Formation des Unteren Muschelkalks – der Osnabrücker Wellenkalk – wurde seit dem Mittelalter in zwei einander benachbarten Steinbrüchen am Westerberg in Osnabrück gebrochen. Da die Steine nur roh behauen werden konnten, finden sich keine Figuren, Reliefs oder Ornamente aus diesem Material. Die gut entwickelte Schichtung erleichterte aber die Gewinnung von handlichen Steinen mit ebener Ober- und Unterseite erheblich. Deshalb wurden sie als Mauersteine sehr geschätzt, so daß vielerorts in der Stadt Osnabrück Mauern und Bauwerke aus diesem gelblich bis hellgrau verwitternden Gestein erbaut wurden (Imeyer 1953: 26).
Die besten Austausch-Steine im Rahmen von Gebäude-Restaurationen werden von den verwitterungsbeständigsten Varietäten des verbauten Kalksteins geliefert. Deshalb führt der Verfasser am Geologisch-Paläontologischen Institut der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster ein Forschungsprojekt durch, dessen Ziel es ist, bei mehreren verschiedenen Kalksteinen die verwitterungsbeständigsten Varietäten jedes Kalksteins herauszufinden (May 1994 a, b). Natürlich richtete sich das Interesse sehr früh auf den Osnabrücker Wellenkalk. Dank der entgegenkommenden, verständnisvollen Hilfe zahlreicher Personen und Institutionen in Osnabrück ließ sich bis jetzt nicht nur umfangreiches Untersuchungsmaterial aus zwei historischen Bauwerken zusammentragen, sondern auch der wichtigste Aufschluß im Osnabrücker Wellenkalk – der Steinbruch im Botanischen Garten – beproben. Abbildung 1 zeigt in einer Übersicht die Lage dieser Lokalitäten.

2 Herkunft des Untersuchungsmaterials

2.1 Bausteine aus historischen Gebäuden

Im Herbst 1991 wurden in Osnabrück große Teile der ehemaligen Städtischen Kliniken Osnabrück abgerissen, unter anderem auch das Schwesternhaus (MTB 3714 Osnabrück, $R^{34}34400$ $H^{57}94350$) (siehe Abb. 1). Das Schwesternhaus bestand zum größten Teil aus steinsichtigem Osnabrücker Wellenkalk und wurde ca. 1880 erbaut (freundl. mündl. Mitteilung von Herrn Switala). Dieser Abriß erlaubte die Entnahme von 41 Mauersteinen (Proben-Nr.: K1–41) an einem Mauerabschnitt auf der nach Westen exponierten Außenseite des Schwesternhauses.
Sieben Mauersteine (Proben-Nr.: H1–7) wurden dem 1816 errichteten Heger Tor entnommen. Während das eigentliche Tor aus Osningsandstein besteht (Imeyer 1953: 25, 122), wurde die von Norden auf dieses Tor hinaufführende Rampe aus Osnabrücker Wellenkalk erbaut. Die Proben wurden der nach Osten exponierten Seite der westlichen Brüstungsmauer dieser Rampe entnommen. Besonders interessant ist Probe H1, ein Mauerstein des Mikrofaziestyps F (Gelbkalke), da diese Gelbkalke im Probenkollektiv K völlig fehlen und auch ansonsten nur selten verbaut wurden. Probe H1 zeigt klar, daß die Gelbkalke eine besonders geringe Verwitterungsbeständigkeit besitzen, was auch die Aufschlußaufnahmen zeigen (siehe unten). Offensichtlich war dies auch den im Steinbruch Tätigen bekannt, und es wurde deshalb soweit als möglich vermieden, die Gelbkalke zu verbauen.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

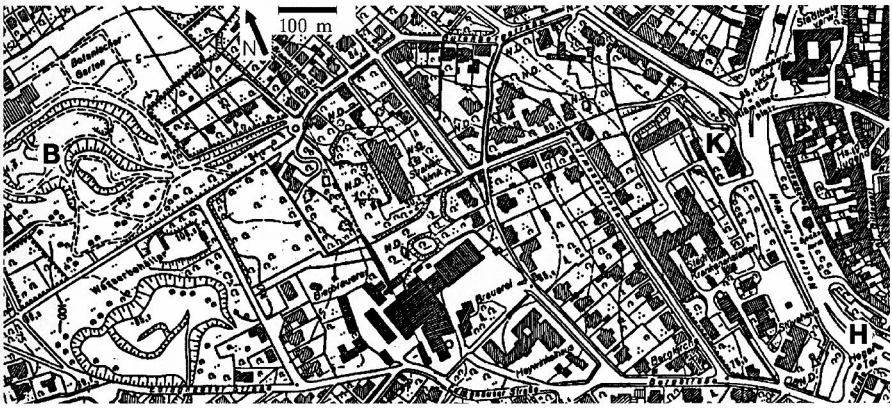


Abb. 1 Plan für den Teil der Stadt Osnabrück in dem das Schwesternhaus der ehemaligen Städtischen Kliniken (Kennzeichnung: K), das Heger Tor (Kennzeichnung: H) und der Steinbruch im Botanischen Garten (Kennzeichnung: B) liegen. Der Stadtkern schließt sich südöstlich dieses Ausschnittes an.

2.2 Aufschlußaufnahme im Osnabrücker Wellenkalk

Von den beiden Steinbrüchen am Westerberg ist nur noch der zweite, in den Botanischen Garten der Universität Osnabrück integrierte Steinbruch (MTB 3714 Osnabrück, $R^{34}33700$ $H^{57}94700$) zugänglich. Meine Untersuchung und Beprobung bestätigte das von Langer (1989: Tab. 5, Taf. 1–2) dort aufgenommene detaillierte Profil 3 »Westerberg«. Deshalb wird in dieser Arbeit als Abbildung 2 das von Langer (1989) aufgenommene Profil mit der von Hagdorn et al. (1993) revidierten lithostratigraphischen Nomenklatur der Muschelkalk-Schichten wiedergegeben.
Im Steinbruch im Botanischen Garten ist noch heute die Schichtenfolge vom obersten Abschnitt des Wellenkalk-1-Members (höherer Teil des muW1c) über das Oolithbank-Member bis in die Mitte des Wellenkalk-2-Members (tieferer Teil des muW2b) sehr gut aufgeschlossen. Dieser Schichtenfolge wurden die Proben B1 bis B17 zur Dünnschliff-Herstellung entnommen. So ließ sich die Verteilung der im Kap. 3 unterschiedenen Mikrofaziestypen feststellen. Fast alle im Steinbruch auftretenden Gesteinstypen wurden zu Bruchstein verarbeitet, allein die leicht erkennbaren Gelbkalke (Mikrofaziestyp F) wurden nur selten verwandt. Die Gelbkalke bilden mehrere Leithorizonte im Osnabrücker Wellenkalk. Die Mikrofaziestypen D bis F kommen in der gesamten Wellenkalk-Formation vor, während der Mikrofaziestyp A nur in einer Schillbank des unteren Teils des Oolithbank-Members (muOa) und der Mikrofaziestyp B nur in mehreren Lagen im oberen Teil des Oolithbank-Members (muOc) nachgewiesen werden konnte. Typisch entwickelte Bänke des Mikrofaziestyps C fanden sich im Steinbruch im Bereich des Wellenkalk-2-Members an der Basis des muW2a und an der Basis des muW2b.
Sehr schön lassen sich in dem jetzt mit einem geologischen Lehrpfad versehenen Botanischen Garten die Trockenrisse (in Gesteinen des Mikrofaziestyps E) im obersten Teil des Wellenkalk-1-Members und eine Schichtfläche in Kalken des Mikrofaziestyps D mit zahlreichen Freßbauten von *Rhizocorallium irregulare* Mayer 1954 [in der Artdefinition von Fürsich (1974: 23–24)] beobachten.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

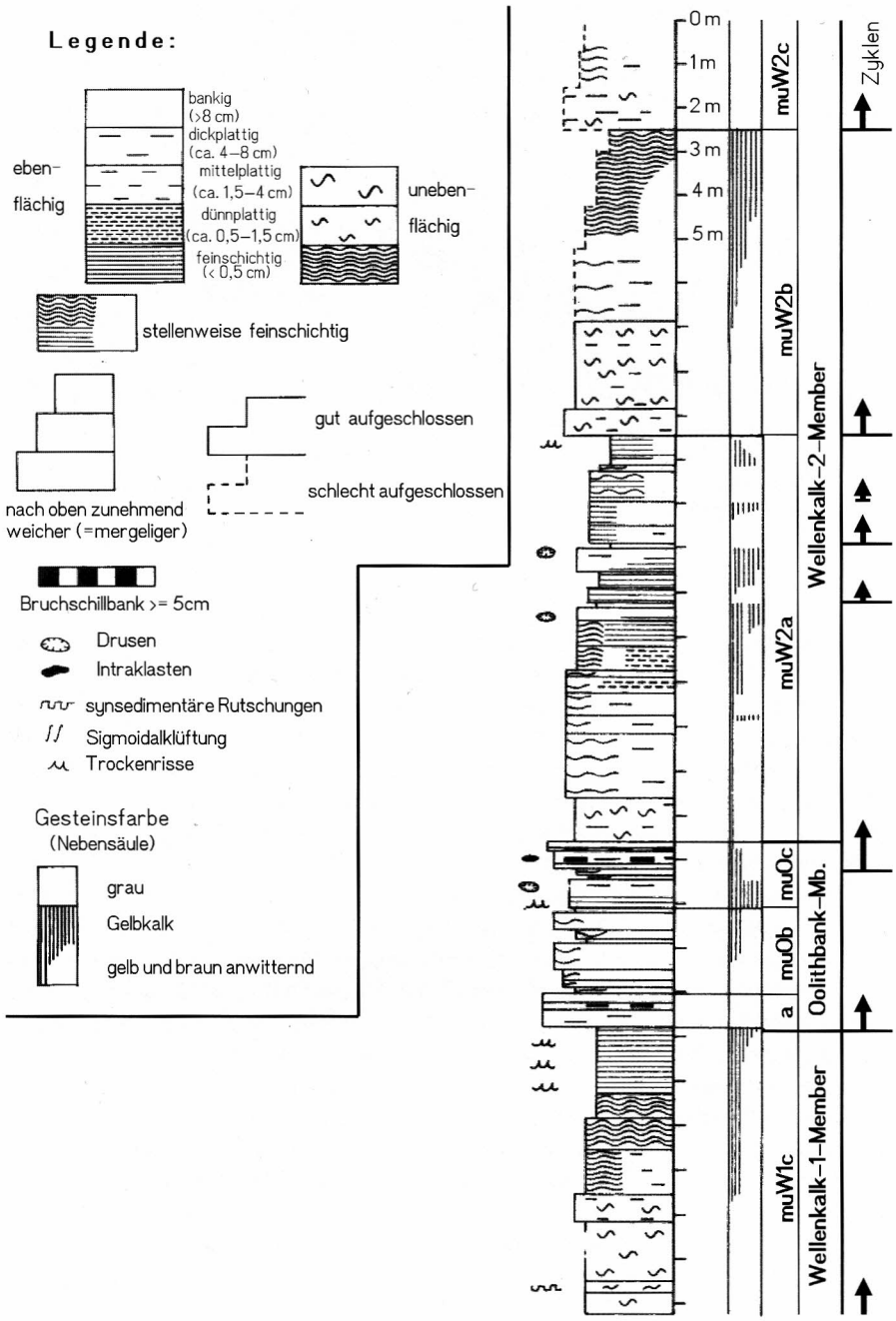


Abb. 2 Schichtenfolge des Osnabrücker Wellenkalks, die im Steinbruch des Botanischen Gartens Osnabrück aufgeschlossen ist. Profilaufnahme, lithostratigraphische Gliederung und Legende wurden von LANGER (1989: Taf. 1–2) übernommen. Ergänzt wurden die Spalten am rechten Rand: die lithostratigraphische Nomenklatur von HAGDORN et al. (1993) und die Zyklengliederung (der Beginn eines Zyklus ist gekennzeichnet).

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Die Verwitterung der verschiedenen Kalkstein-Typen läßt sich im Steinbruch an verschiedenen Stellen gut beobachten. Der Mikrofaziestyp F hat die Neigung, in vieleckige Stücke zu zerfallen – vermutlich ist das neben seiner geringen Verwitterungsbeständigkeit der Grund dafür, daß er nur selten als Baustein verwandt wurde. Die feingeschichteten Kalke und die bioturbaten Kalke (Mikrofaziestypen C–E) – die den größten Teil der Wellenkalk-Formation bilden – zerfallen zu plattigen Stücken. Demgegenüber sind die Mikrofaziestypen A und B, die im Oolithbank-Member auftreten, verwitterungsbeständiger. Ihre einzelnen Lagen oder Bänke zeigen keine Feinschichtung und verhalten sich wie homogene Körper. Die Verwitterung hat an diesen Bänken weniger Ansatzstellen und präpariert sie deshalb häufig deutlich heraus.
In den angewitterten Teilen des Aufschlusses zeigt sich auch gut erkennbar der Übergang von den Mikrofaziestypen D und E zum Mikrofaziestyp F: Die an ihrem plattigen Zerfall leicht identifizierbaren Kalke der Mikrofaziestypen D–E sind zu Anfang hellgrau und verfärben sich zum Hangenden hin intensiv gelb. Erst danach ändert sich das Gefüge in die stückig zerfallenden, bankigen und nicht plattigen Kalke des typischen Mikrofaziestyps F. Nach oben bricht die Entwicklung ab und eine neue Sequenz beginnt.

3 Mikrofaziestypen

Von allen Mauersteinen und Proben wurden Dünnschliffe erstellt. Durch diese Untersuchungen war es möglich, Mikrofaziestypen zu definieren, und somit verschiedene Varitäten eines Kalksteins unterscheiden und wiedererkennen zu können. Die Mikrofaziestypen wurden anhand des vorliegenden Materials definiert und abgegrenzt, um auf die besonderen Entstehungs- und Diagenese-Bedingungen jeder Gesteinsschicht eingehen zu können. Darauf aufbauend ließ sich eine Mikrofazies-Analyse durchführen, die Aussagen über die Ablagerungsbedingungen der Kalksteine erlaubte. Eine Einführung in diese Methodik gibt Flügel (1982).
Die fertigen Dünnschliffe wurden in der von Füchtbauer & Richter (1988: 241) beschriebenen Weise halbseitig angefärbt (senkrecht zur Schichtung). Dadurch wurden Kalzit (je nach Eisengehalt) rot bis blau und eisenhaltiger Dolomit blaugrün gefärbt, während (eisenfreier) Dolomit und Silikate nicht gefärbt wurden. Diese Färbemethode erlaubte also zum einen die Unterscheidung von Kalzit und Dolomit und zum anderen eine Abschätzung des Eisengehaltes. Füchtbauer & Richter (1988: 241) unterscheiden mit zunehmendem Eisengehalt (± eisenfreien) Kalzit (rot; $< 0{,}3$ Gew.-% FeO), Fe-I-Kalzit (rotviolett), Fe-II-Kalzit (blauviolett) und Fe-III-Kalzit (blau; $> 2{,}5$ Gew.-% FeO).

3.1 Mikrofaziestyp A (Abb. 3)

Handstück: Es handelt sich um ungeschichtete Lagen aus hellgrauem dichtem Kalkstein von 8–14 mm bis zu mehr als 30 mm Dicke. Kennzeichnend sind die durch die Auflösung kleiner Schalen entstandenen Hohlräume. Diese Lagen sind in hellgraue feingeschichtete Kalke eingelagert.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

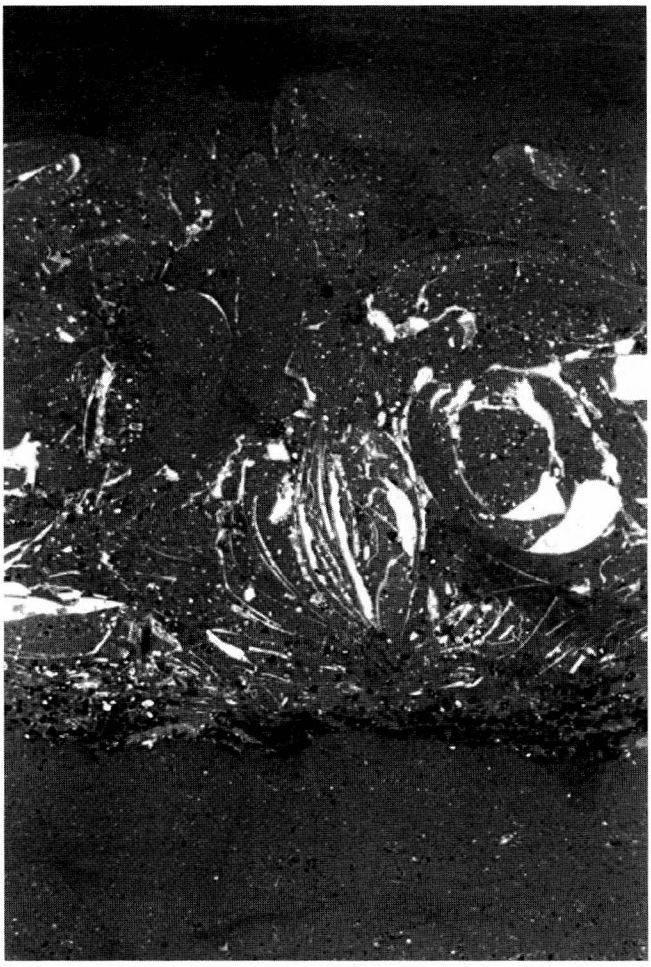


Abb. 3
Mikrofaziestyp A;
Mauerstein K17;
Dünnschliff-Foto,
Vergrößerung 6 ×.

Dünnschliff: Das Gestein des Mikrofaziestyps A besteht zu ca. 5–20 % aus Muschelschalen. Der Gehalt an Muschelschalen kann zwischen verschiedenen Dünnschliffen zwischen ca. 5 % und ca. 10–20 % schwanken. Die Muschelschalen schwimmen nicht eingeregelt in Mikrit, erreichen bis zu 0,3–0,5 mm Dicke und bestanden primär aus Aragonit. Jetzt sind die Muschelschalen Hohlräume, die mit einem sparitischen Zement aus Fe-I-Kalzit entweder – bei geringer Dicke der Schale – vollständig erfüllt oder – bei größerer Dicke – randlich ausgekleidet sind. In einzelnen Proben können in größeren Hohlräumen auf den dünnen Sparitsaum des Fe-I-Kalzites (1. Zementgeneration) auch noch Blockzemente aus Fe-II-Kalzit (2. Zementgeneration) und (± eisenfreiem) Kalzit (3. Zementgeneration) folgen. Gastropodenschalen sind sehr selten und klein. In der mikritischen Matrix schwimmen neben den Muschelschalen auch xenomorphe bis idiomorphe Kristalle von (0,02–), 0,03–0,15 (– 0,25) mm Größe, die sich nicht färben lassen – weit überwiegend Dolomit, sowie Quarz und Feldspat. Diese Kristalle und Körner bedecken ca. 5–10 %

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

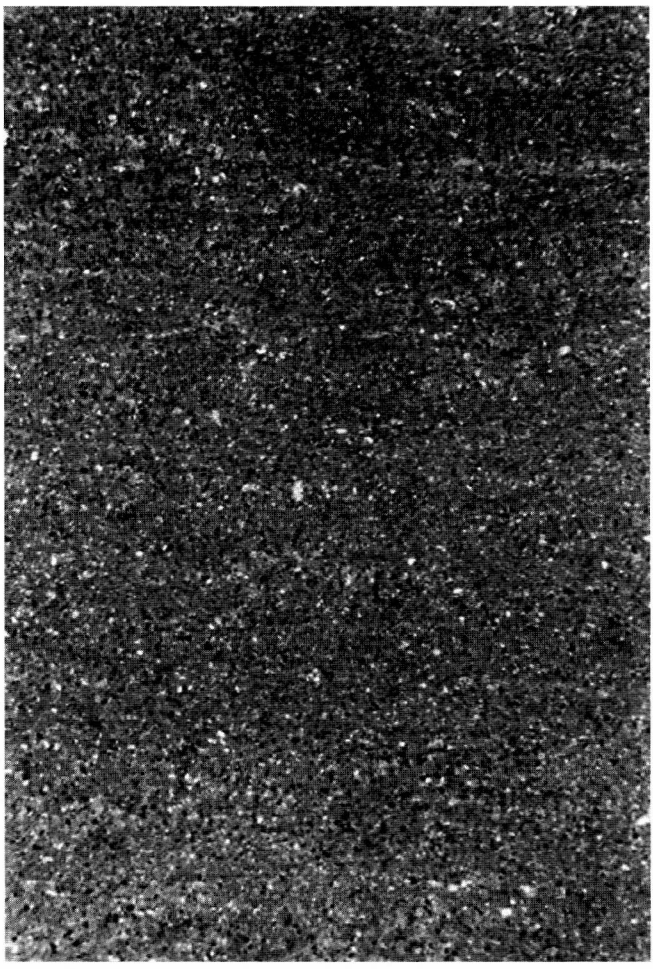


Abb. 4
Mikrofaziestyp B;
Mauerstein K8.
Dünnschliff-Foto,
Vergrößerung 12 ×.

(meist ca. 7 %) des Dünnschliffs. Der Feldspat ist z. T. sicher authigen im Sediment entstanden. Die Färbung nach Füchtbauer & Richter (1988: 241) zeigt, daß der Mikrit aus Fe-I-Kalzit besteht. Im Mikrit finden sich feinverteilte kleine Dolomit-Kristalle.
Die Lagen des Mikrofaziestyps A sind mit einer unregelmäßig welligen Erosionsbasis in Sedimente des Mikrofaziestyps C–E eingelagert. Nach oben geht die Muschelschill-Lage in einem undeutlich laminierten Mikrit (Mikrofaziestyp C–D) über, der keine Schalen und nur selten nicht färbbare Kristalle enthält. Die Muschelschill-Lage zeigt Spuren von Bioturbation; deshalb ist auch die Obergrenze zum Normalsediment bioturbat überprägt (und dadurch verwischt). Es ließ sich sowohl beobachten, daß zwei (dünne) Muschelschill-Lagen mit ca. 15 mm Abstand aufeinander folgten, als auch, daß eine mehr als 30 mm dicke Schillbank aus drei Schill-Lagen zusammengesetzt war. An der Basis einer Muschelschill-Lage beobachtet man gelegentlich von brauner Substanz umrindete runde Körner, wie sie im Mikrofaziestyp B häufig und charakteristisch sind.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

3.2 Mikrofaziestyp B (Abb. 4)

Handstück: Es handelt sich um ungeschichtete Lagen aus hellgrauem dichtem Kalkstein von 10–110 mm Dicke. Diese Lagen sind in hellgraue feingeschichtete Kalke eingelagert und neigen dazu, herauszuwittern.
In zwei Proben aus dem oberen Teil (= muOc) des Oolithbank-Members im Steinbruch im Botanischen Garten waren in 20–33 mm dicken Lagen des Mikrofaziestyps B bis zu 2,5 mm dicke und 20 mm lange, flache Mikrit-Schlammgerölle ziemlich selten eingelagert bzw. fanden sich vereinzelt wenige Millimeter große Intraklasten aus gelbbraunem Mikrit (möglicherweise Material des Mikrofaziestyps F). Beide Proben belegen, daß der Sedimentation des Mikrofaziestyps B (zumindest stellenweise) eine Erosion älterer Sedimente vorausging.
Dünnschliff: Der Mikrofaziestyp B besteht aus weitgehend homogenen Wackestones, die Lagen in einem Normalsediment vom Mikrofaziestyp C–D bilden. In einem Teil der Dünnschliffe läßt sich eine scharfe, erosiv bedingte Untergrenze der Wackestone-Lagen erkennen. Die Wackestones werden aus in Mikrit (= Fe-I-Kalzit) schwimmenden, eckigen Detritus-Körnern von 0,03–0,15 mm Durchmesser (meist ca. 0,06–0,07 mm, selten bis zu 0,3 mm) aufgebaut, die 30–50 % des Dünnschliffs umfassen. Es lassen sich drei Gruppen unterscheiden: Dolomitkörner, die oft dedolomitisiert und dann braun gefärbt sind, relativ dunkle (aus Fe-I-Kalzit bestehende) Peloide und siliziklastischer Detritus (Quarz und Feldspat).
Dolomitkörner und kalzitische Peloide sind die häufigsten Detritus-Körner, während siliziklastischer Detritus eine untergeordnete Rolle spielt und nur ca. 2–10 % der Fläche des Dünnschliffs bedeckt. In einem Teil der Proben finden sich selten dünne Schalenreste (mit 0,010–0,15 mm Dicke). Die Wackestones zeigen oft eine mehr oder weniger angedeutete Gradierung. Daß die Dolomitkörner bei der Sedimentation der Wackestones als Klasten abgelagert wurden und nicht später diagenetisch entstanden, läßt sich daran erkennen, daß sie im selben Maße wie die anderen Komponenten gradiert sind.

3.3 Mikrofaziestyp C (Abb. 5)

Handstück: Diese hellgrau bis blaßgelblich gefärbten, ± feinplattigen, dichten Kalksteine zeigen ± ausgeprägt einen knollig-welligen Aufbau aus zahlreichen Wühlspuren und gut entwickelten bräunlichen, tonigen Säumen (= Stylolithen).
Dünnschliff: Der Mikrofaziestyp C besteht aus undeutlich laminierten, nur ca. 3 % Detritus führenden Mudstones, in die 1,5–7 mm (sehr selten bis zu 15 mm) dikke Lagen 10–30 % Detritus enthaltender Wackestones eingelagert sind. Die Wakkestone-Lagen sind (normal) gradiert und zeigen z. T. eine scharfe Basis. In beiden Gesteinen besteht der Detritus aus 0,03–0,3 mm durchmessenden Körnern von Silikat (Quarz und Feldspat) und Dolomit. Die silikatischen Körner sind zwar meist xenomorph, hin und wieder aber treten idiomorphe Kristalle (z. B. authigene Feldspäte) auf. Die Dolomitkörner sind z. T. dedolomitisiert. Die Grundmasse ist ein Mikrit aus Fe-I-Kalzit mit feinverteiltem Dolomit. In einzelnen Dünnschliffen lassen sich in der Matrix zerstreute (jetzt oxidierte) Sulfid-Flecken beobachten.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

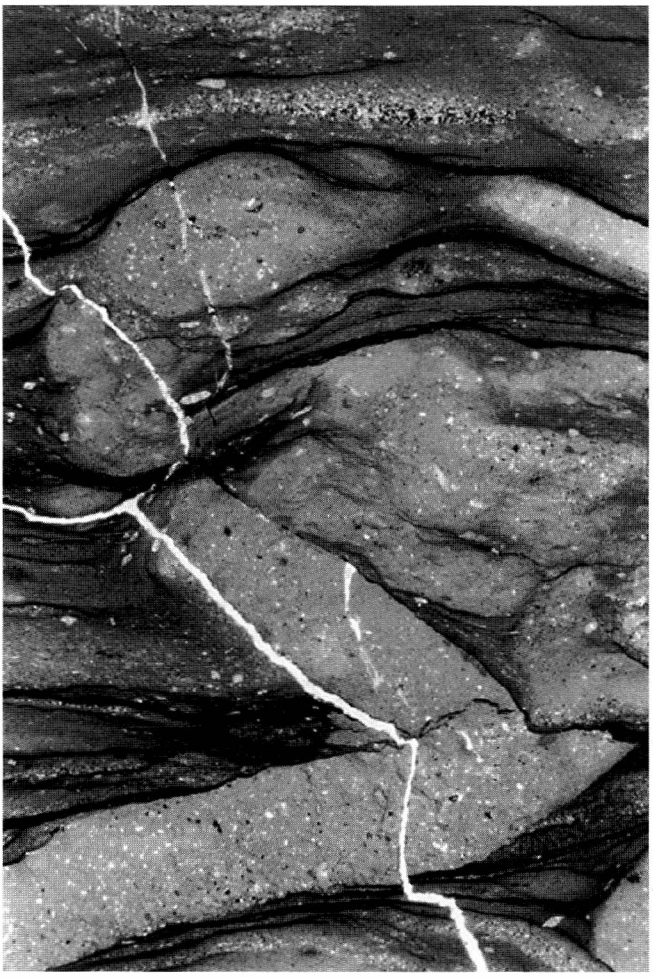


Abb. 5
Mikrofaziestyp C;
Mauerstein K12.
Dünnschliff-Foto,
Vergrößerung 6 ×.

Die häufig auftretenden Wühlspuren verwischen die sehr gut entwickelte Schichtung. Wühlspuren, die von ungeschichtetem, stylolithenfreiem Sediment erfüllt sind, durchziehen häufig das Gestein. Da ihre Füllung den detritischen Wackestone-Lagen dieses Mikrofaziestyps entspricht, fallen sie in den Mudstones sehr auf. Die aufgrund ihrer zylindrischen Form, dem Fehlen einer Wand und der von der Umgebung abweichenden Sedimentfüllung als *Planolites* Nicholson 1873 bestimmten Gänge (siehe Pemberton & Frey 1982: 848–850, 864–866) haben 3–5 mm Durchmesser. In ihrer Umgebung beobachtet man gelegentlich von Sparit aus Fe-I-Kalzit erfüllte Gipspseudomorphosen von 0,3–0,5 mm Länge. Es treten zusammen mit *Planolites* oder statt dessen flaserig-wolkige Strukturen auf, die sich z. T. als Spreitenbauten (vermutlich *Rhizocorallium)* zu erkennen geben. Zusammen mit *Planolites* kommen auch noch andere, unidentifizierbare Wühlspuren vor.
Das Gefüge des gesamten Gesteins ist sehr stark durch Bioturbation geprägt. Der Mudstone zeigt häufig flaserig angeordnete feine braune Linien. Es sind mit toniger

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

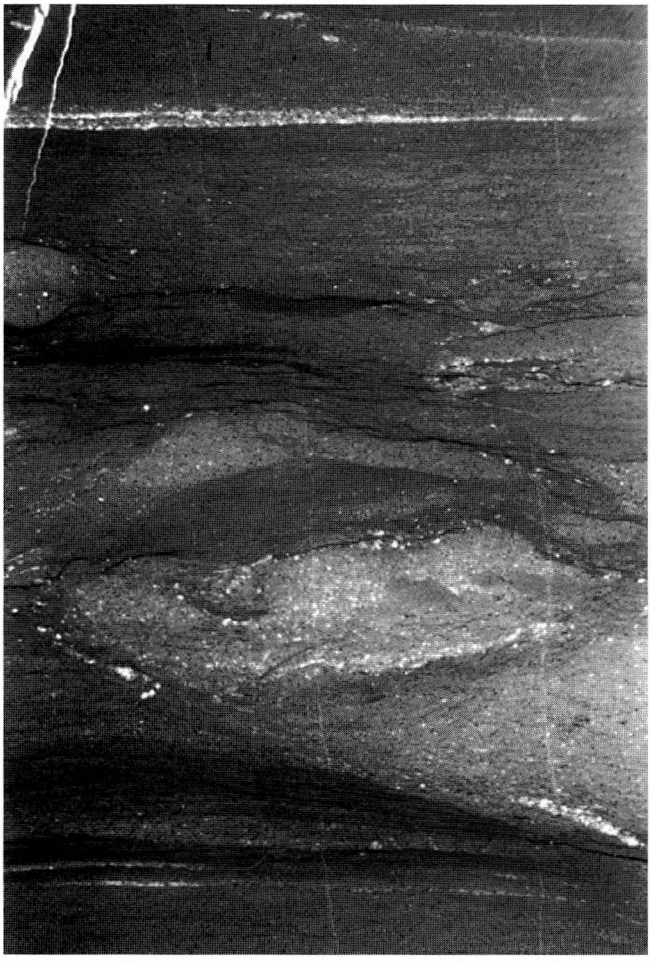


Abb. 6
Mikrofaziestyp D;
Mauerstein K15.
Dünnschliff-Foto,
Vergrößerung 6 ×.

Substanz angereicherte Stylolithen. In den meisten Teilen eines Dünnschliffs sind sie zerstreut und relativ schwach entwickelt. Sie vereinigen sich hin und wieder zu dicken braunen Bändern. Die Stylolithen verlaufen z. T. schichtparallel, z. T. begrenzen sie die Wühlspuren (= sie verlaufen am äußeren Rand der Sedimentfüllung entlang), wobei im Mudstone schichtparallel verlaufende Stylolithen häufig am Kontakt mit der Lebensspur abbiegen und sich an sie schmiegen. In der Umgebung der Lebensspuren sind die Stylolithen auffällig häufig und gut entwickelt. Durch das Zusammenwirken von Lamination, Bioturbation und Stylolithen entsteht das für den Mikrofaziestyp charakteristische knollig-lagige Gefüge.

3.4 Mikrofaziestyp D (Abb. 6)

Handstück: Es handelt sich um hellgrau bis blaßgelblich gefärbte, meistens feinplattige, dichte Kalksteine mit gelegentlichen Wühlspuren. Die im Vergleich zum Mikro-

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

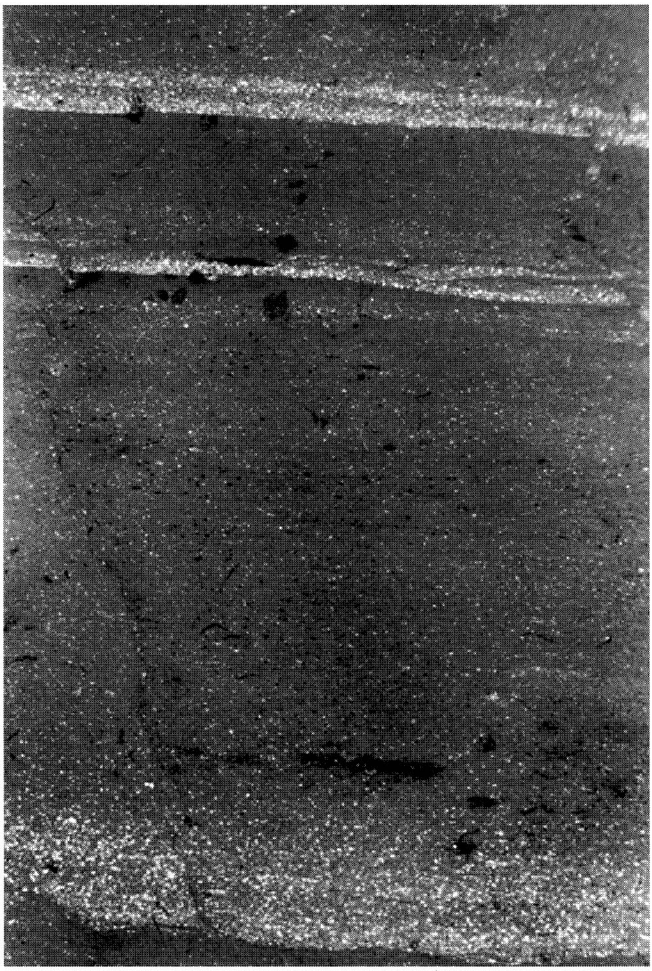


Abb. 7
Mikrofaziestyp E;
Mauerstein K27.
Dünnschliff-Foto,
Vergrößerung 6 ×.

faziestyp C geringere Häufigkeit und Entwicklung von Lebensspuren und Stylolithen führt zu einem lagigen – nie knolligen – Gefüge des Gesteins.

Dünnschliff: Ebenso wie der Mikrofaziestyp C besteht der Mikrofaziestyp D aus undeutlich laminierten Detritus-führenden Mudstones, in die in einem Abstand von 0,5–5 mm dünne Lagen detritischer Wackestones eingelagert sind. Die Wackestone-Lagen enthalten bis zu 0,1 mm (sehr selten bis 0,3 mm) große Detritus-Körner und zeigen oft eine Erosionsbasis sowie eine (normale) Gradierung. Die Grundmasse ist eine Fe-I-Kalzit mit feinverteiltem Dolomit. Die lagige Textur des Sediments wird ziemlich selten bis häufig durch Bioturbation gestört. Entweder beobachtet man im Dünnschliff wolkig-flaserige Strukturen, die im wesentlichen wohl Spreitenbauten sind (z. T. sicher nachgewiesen), oder man findet *Planolites*-artige Wühlspuren. Das Gestein enthält nur sehr selten bis gelegentlich schwach entwickelte Stylolithen.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.



Abb. 8
Mikrofaziestyp F;
Probe H1.
Dünnschliff-Foto,
Vergrößerung 6 ×.

3.5 Mikrofaziestyp E (Abb. 7)

Handstück: Das Gestein unterscheidet sich vom Mikrofaziestyp D makroskopisch durch das Fehlen von Spreitenbauten und anderen Wühlspuren.
Dünnschliff: Vergleichbar den Mikrofaziestypen C und D besteht der Mikrofaziestyp E aus undeutlich laminierten Mudstones mit fein verteilten, 0,05–0,15 mm durchmessenden Detritus-Körnern, in die wenige mm dicke Lagen detritischer Wackestones mit bis zu 0,3 mm großen Detritus-Körnern eingelagert sind. Die Wackestone-Lagen zeigen eine Erosionsbasis und eine unterschiedlich deutliche (normale) Gradierung. Ihr Detritus besteht vorwiegend aus Dolomit (häufig braun dedolomitisiert) sowie aus Quarz und Feldspat. Die Grundmasse ist ein Mikrit aus Fe-I-Kalzit mit feinverteiltem Dolomit. Das Gestein hat eine lagige Textur und zeigt keine Bioturbation. Schichtparallele Stylolithen treten gelegentlich auf.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

3.6 Mikrofaziestyp F (Abb. 8)

Handstück: Es sind die „Gelbkalke" – intensiv gelb bis gelbbraun gefärbte, normalerweise ungeschichtete Kalksteine. Im Gestein treten immer wieder – ziemlich selten bis sehr häufig – Drusen auf, deren Größe mit zunehmender Häufigkeit ebenfalls zunimmt: Während in der Probe B13 Drusen von 1–2 mm Durchmesser gelegentlich bis mäßig häufig erscheinen, besitzen sie in der Probe H1 bis zu mehr als 10 mm Durchmesser, treten sehr häufig auf und bilden (zusammen mit nur kurz aushaltenden sparitverheilten Rissen) ein dreidimensionales Netzwerk.
Dünnschliff: Es handelt sich im typischen Fall um mikritische Kalke ohne auffällige Feinschichtung; es können aber auch mikritische Kalke sein, die im Gefüge weitgehend dem Mikrofaziestyp D entsprechen (z. B. Probe Nr. B13). In dem Fall liegen undeutlich laminierte Kalke vor, die aus Mudstones mit dünnen Lagen detritischer Wackestones bestehen. Die Wackestone-Lagen bestehen aus Karbonat- und Silikat-Körnern. Der laterale Verlauf dieser Wackestone-Lagen ist gestört. Bei einem Teil erfolgte diese Störung sicher durch Erosionsprozesse, in denen in schon abgelagertes Sediment kleine Rinnen gegraben wurden, die dann zusedimentiert wurden. In einem gewissen Umfang mögen die Störungen der Lamination aber auch auf Wühlspuren zurückzuführen sein. Der Mikrit besteht aus Fe-I-Kalzit.
Die im Querschnitt unregelmäßig gerundeten Drusen sind durch die Lösung von Sulfaten entstandene Hohlräume. Sie entsprechen den von Müller (1988: 495–496) aus dem Supratidal rezenter Sebkhas beschriebenen Anhydrit-Knollen mit „Chicken-wire"-Struktur sowie den von Flügel (1982: 558–560, Taf. 45 Fig.1) beschriebenen Pseudomorphosen. Am Rande kleiner und im peripheren Bereich großer Drusen erkennt man die Negativformen von Aggregaten aus dünn-tafelförmigen oder nadelförmigen Kristallen von 0,2–1 mm Länge und 0,02–0,1 mm Dicke. Diese Kristalle überkreuzen einander spitzwinkelig und/oder strahlen radial aus. Die Pseudomorphosen der Kristalle und die Drusen sind von einem blockigen Sparit aus Fe-I-Kalzit erfüllt; allerdings ist die Mitte der Drusen meist leer. Die ebenfalls von einem blockigen Sparit aus Fe-I-Kalzit erfüllten, kurz aushaltenden Risse der Probe H1 dürften auf Trocknungs- bzw. Schrumpfungsprozessen beruhen.
Obwohl fließende Übergänge zum Mikrofaziestyp D auftreten, unterscheidet sich der Mikrofaziestyp F durch die intensiv gelbe bis gelbbraune Färbung, das Auftreten von Drusen und die Tendenz, keine Feinschichtung zu zeigen. Undeutlich laminierte Kalke zeigen keine auffälligen dünnplattigen Absonderungsflächen, wie sie für (angewitterte) Proben der Mikrofaziestypen D und E charakteristisch sind. Außerdem ließen sich im Mikrofaziestyp F keine Stylolithen beobachten.

4 Sedimentationsraum und Entstehung der Mikrofaziestypen

Die scharfe Untergrenze und der fließende Übergang nach oben ins feine Normalsediment erweist die Schille des Mikrofaziestyps A als bioturbat überprägte Tempestit-Lagen. Tempestite sind Sedimente, die durch Sturmflut-Ereignisse gebildet wurden. Der Mikrofaziestyp A ist wahrscheinlich dadurch entstanden, daß bei Stürmen eine Anreicherung von Muschelschalen ohne großen Transport stattgefunden hat (vgl.: Aigner 1985; Langer 1989: 25; Thiele 1990: 80–82; Lukas 1991: 136). Die

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Tempestite belegen zwar ein marines Environment, aber die geringe Größe der Muschelschalen, die geringe Faunendiversität und das Fehlen stenohaliner Organismen (wie z. B. artikulate Brachiopoden) verweisen auf einen abweichenden und/oder schwankenden Salzgehalt des Meereswassers. Ein Blick auf den Mikrofaziestyp F läßt dann an hypersaline Verhältnisse denken.
Die angedeutete Gradierung, die Übergänge zum Mikrofaziestyp A, die Erosion älterer Mikrite und die Einlagerung in Sedimente des Mikrofaziestyps C–D zeigen, daß der Mikrofaziestyp B ebenfalls Tempestite darstellt. Bemerkenswert für den Mikrofaziestyp B sind die zahlreichen Dolomit-Körner. Möglicherweise stammte dieser Dolomit aus Küstensebkhas, aus denen er durch Sturmfluten eingeschwemmt wurde. Lukas & Wenzel (1988: 122) vertreten die Ansicht, daß der Dolomit-Gehalt der von ihnen im Unteren Muschelkalk Hessens beobachteten stark bioturbaten Gelbkalke aus Küstensebkhas eingeweht sei. Für ein Einschwemmen und gegen ein Einwehen im Osnabrücker Wellenkalk spricht die Häufung der Dolomitkörner in den Tempestiten (im Vergleich zum Normalsediment).
Bathymetrisch müssen die Mikrofaziestypen A und B zwischen der Sturm-Wellenbasis und der Schönwetter-Wellenbasis eingeordnet werden.
Die als Gelbkalke bekannten Horizonte intensiv gelb gefärbter Kalke werden in der Literatur durchgängig als Dedolomite (= in Kalzit umgewandelte Dolomite) gedeutet (siehe z. B.: Langer 1989: 59–62; Lukas & Wenzel 1988; Thiele 1990: 44; Lukas 1991: 127; Lukas 1992: 103; Schulz 1972: 138–139). Die gelbe bis gelbbraune Färbung dieser Kalksteine wird auf die Ausscheidung des im Dolomit enthaltenen Fe^{2+} als $Fe^{3+}OOH$ unter oxidierenden Bedingungen während der Dedolomitisierung zurückgeführt (Füchtbauer & Richter 1988: 417; Langer 1989: 14, 59; Lukas 1992: 96, 103; Schulz 1972: 138). Bei rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen erkannte ich in entsprechenden Proben Dedolomitisierungs-Spuren: miteinander verzahnte, sehr unregelmäßigen Kristallgrenzen, die durch die Ersetzung kleinerer Dolomit-Kristalle durch größere Kalzit-Kristalle entstehen (Füchtbauer & Richter 1988: 418). Die ursprünglichen Dolomite der Gelbkalke entstanden durch eine frühdiagenetische Dolomitisierung – dafür spricht u. a. die Horizontbeständigkeit der Gelbkalke (Schulz 1972; Langer 1989; Thiele 1990: 83; Rosenfeld & Thiele 1992: 498–499) und das Auftreten von Gelbkalk-Geröllen in Aufarbeitungshorizonten [siehe Nadjafi (1979: 42–45) und Mikrofaziestyp B]. Frühdiagenetische Dolomitisierung ist typisch für das hohe Intertidal und Supratidal arider Gebiete, wo auch sehr häufig Sulfatresiduen auftreten. Deshalb nehme ich wie Lukas (1991: 129) dieses Milieu als Bildungsraum für die Gelbkalke an.
Die in der Literatur erfolgten Angaben zum sedimentären Environment und zur Bathymetrie der Wellenkalke und plattigen Kalke (Mikrofaziestypen C–E), die die Hauptmasse der Wellenkalk-Formation bilden, sind sehr widersprüchlich. Wie im folgenden Kapitel ausführlich dargelegt wird, sind die Mikrofaziestypen C–E in zyklische Abfolgen eingebunden, die mit den Mikrofaziestypen A und B beginnen und mit dem Mikrofaziestyp F enden. Über die bathymetrischen Aussagen der Anfangs- und Endglieder läßt sich der Rahmen der dazwischen liegenden Wellenkalke eingrenzen: Da die Mikrofaziestypen A und B zwischen der Sturm-Wellenbasis und der Schönwetter-Wellenbasis abgelagert wurden und der Mikrofaziestyp F im hohen Intertidal und Supratidal entstand, muß der Sedimentationsraum der Mikrofaziestypen C bis E dazwischen liegen. Des weiteren ist auffällig, daß Gesteine des Mikro-

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

faziestyps C nur in den tieferen Teilen der Zyklen auftreten – worauf Schulz (1972: 140) hinweist und was ich selbst im Steinbruch im Botanischen Garten Osnabrück beobachten konnte –; sie lassen sich demzufolge ins Subtidal einordnen. Für die Mikrofaziestypen D und E bleiben dann das flache Subtidal und das Intertidal übrig. Eine Entstehung von Gesteinen der Mikrofaziestypen D und E im Intertidal-Bereich wird auch durch das von Langer (1989: 25–26) beschriebene und im Steinbruch im Botanischen Garten Osnabrück in diesen Gesteinen beobachtbare stellenweise Auftreten von Trockenrissen bestätigt.
Die Lagen aus detritischen Wackestones, die in den Mikrofaziestypen C–E auftreten, müssen aufgrund ihrer sedimentologischen Merkmale als Tempestit-Lagen gedeutet werden. Da sie aus kleineren Partikeln als die Mikrofaziestypen A und B bestehen, sind sie wahrscheinlich bei geringerer Wasserturbulenz als die Mikrofaziestypen A und B abgelagert worden. Die auffällige Fossilarmut der Mikrofaziestypen C–E spricht für extreme Bedingungen: zeitweiliges Trockenfallen (Intertidal-Bereich) und/oder hypersaline Verhältnisse. Die beoachteten Gipspseudomorphosen sind in diesem Zusammenhang nicht unbedingt aussagekräftig, da ähnliche – offensichtlich diagenetisch entstandene – Gipspseudomorphosen auch aus vollmarin subtidalen Sedimenten mit reicher Fauna bekannt sind. Ein Beispiel mit ausführlicher Diskussion liefert May (1993: 53) aus dem Mitteldevon.

5 Paläogeographie und Zyklizität

Dank mehrerer grundlegender moderner Arbeiten – erwähnt seien hier besonders Groetzner (1984: 156–164), Langer (1989), Thiele (1990) und Rosenfeld & Thiele (1992) – kann der Untere Muschelkalk des Osnabrücker Raums als gut erforscht gelten. Zur Zeit des Unteren Muschelkalks befand sich das Germanische Becken – ein ausgedehntes Flachmeer, das hauptsächlich durch schmale Meerengen in Süd-Polen Verbindung zur Tethys hatte – zwischen 15° und 20° nördlicher Breite in einem ganzjährig ariden Gebiet (Lukas 1992: 85).
Bedeutsam für die fazielle Entwicklung des Muschelkalks ist, daß der Osnabrücker Raum im Bereich der Hunte-Schwelle liegt (siehe: Thiele 1990: 84–99; Rosenfeld & Thiele 1992: 506–509; Groetzner 1984: 164; Langer 1989: 28). Diese Schwellenposition zeigt sich in einer Mächtigkeitsreduktion der Schichtenfolge und einer schillärmeren (d. h. energieärmeren) Sedimentation sowie in sehr viel häufigeren und mächtigeren Gelbkalken (Mikrofaziestyp F) als in der (tieferen!) „Normalentwicklung" des Unteren Muschelkalks. Der Osnabrücker Wellenkalk als Schwellenausbildung der Wellenkalk-Formation weicht durch die vielfach auffällig ebenplattige Absonderung und gelbliche Verwitterungsfarbe des Osnabrücker Wellenkalks (Groetzner 1984: 156; Langer 1989: 10–15) von der „Normalentwicklung" ab. Deshalb ist eine völlige Übertragbarkeit der folgenden Ergebnisse auf andere Gebiete nicht gesichert.
Der größte Teil der Gesamtmächtigkeit des Unteren Muschelkalks entfällt auf die Wellenkalk-Formation in der Definition von Hagdorn et al. (1993: 41–42), für die ein Aufbau aus einzelnen Zyklen sehr charakteristisch ist, der eine detaillierte Untergliederung erlaubt. Folgende Abfolge tritt vom Liegenden zum Hangenden im Unteren Muschelkalk immer wieder auf: Tempestit-Bänke (intraklastenreiche konglomeratische Kalke und/oder Mikrofaziestyp A und/oder Mikrofaziestyp B) – Wellenkalke –

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Gelbkalke (siehe z. B. Schulz 1972: 140; 163–166; Langer 1989: 27–28; Thiele 1990: 18, 80, 104). Im Steinbruch im Botanischen Garten Osnabrück (siehe Abb. 2) beginnt ein Idealzyklus an der Basis mit Gesteinen des Mikrofaziestyps B (oder A), darauf folgt der Mikrofaziestyp C, dann D bis E, und den Abschluß bildet der Mikrofaziestyp F. Allerdings sind derart vollständige Zyklen selten – als Beispiel mag der die Grenze Oolithbank-Member/Wellenkalk-2-Member überschreitende Zyklus gelten –, denn in den im Steinbruch im Botanischen Garten aufgeschlossenen Teilen des Wellenkalk-1-Members und des Wellenkalk-2-Members fehlen immer die Mikrofaziestypen A und B, während im Oolithbank-Member der Mikrofaziestyp C fehlt. Diese Abfolge ist ein asymmetrischer Zyklus, denn der rückläufige Ast ist unterdrückt.

Durch die vorliegende Untersuchung kann als gesichert gelten, daß die Mikrofaziestypen A und B zwischen der Sturm-Wellenbasis und der Schönwetter-Wellenbasis abgelagert wurden und der Mikrofaziestyp F im hohen Intertidal und Supratidal entstand. Es handelt sich um „shallowing-upward"-Zyklen, in denen im dokumentierten Ast die Wassertiefe abnimmt. Dieser Typ von Sedimentations-Zyklen ist in flachmarinen Karbonaten weit verbreitet. Dazu paßt sehr gut, daß im Schwellenbereich des Osnabrücker Raums die Gelbkalke sehr viel häufiger und mächtiger als in der „Normalentwicklung" des Unteren Muschelkalks sind. Da Aigner & Bachmann (1993) und Röhl (1990) die im Oberen Muschelkalk beobachtbaren Zyklen auf eustatische Meeresspiegelschwankungen zurückführen, läßt sich vergleichbares auch für die Zyklen des Unteren Muschelkalks annehmen.

Die Erkennung der Zyklizität und die Klärung ihres Charakters ermöglichte über die bathymetrische Aussage der Anfangs- und Endglieder und die im Zyklus beobachtete Abfolge, die dazwischen liegenden Wellenkalke einzustufen (siehe Kap. 4). Bemerkenswert ist allerdings, daß die Tempestit-Lagen der Mikrofaziestypen C–E aus kleineren Partikeln als die Mikrofaziestypen A und B bestehen. Sie sind wahrscheinlich bei geringer Wasserturbulenz als die Mikrofaziestypen A und B abgelagert worden. Dieser auf den ersten Blick irritierende Umstand, daß mit abnehmender Wassertiefe auch die Wasserturbulenz abnimmt, läßt sich mit dem von Schwarz (1985) für den süddeutschen Oberen Muschelkalk entwickelten Modell erklären (vgl. Thiele 1990: 99–101). Schwarz (1985: 16–35) nimmt eine schwach geneigte Karbonatrampe an, die von unten nach oben in drei Bereiche differenziert ist: I) Becken (überwiegend Mergel), II) Barre (überwiegend bioklastische Kalke) und III) Lagune (überwiegend dichte Kalke). Vom Bereich II ausgehend nimmt in beiden Richtungen (beckenwärts und küstenwärts) der Anteil an bioklastischen Kalken ab und an dichten (= mikritischen) Kalken zu. Wenn man die Mikrofaziestypen des Osnabrücker Wellenkalks darauf überträgt, kann man die Mikrofaziestypen A und B in den Grenzbereich zwischen den Bereichen II und III verorten und die Mikrofaziestypen C–E dem Bereich III zuordnen. Die auffällige Fossilarmut der Mikrofaziestypen C–E spricht für extreme Bedingungen – zeitweiliges Trockenfallen (Intertidal-Bereich) und/oder hypersaline Verhältnisse – und unterstützt so die Einordnung in einen lagunären Bereich. Bei Anwendung des Rampenmodells von Schwarz (1985: 16–35) wären die Zyklen im Osnabrücker Wellenkalk das Ergebnis einer auf Meeresspiegeländerungen beruhenden Wanderung der Fazieszonen und der Mikrofaziestyp F stellte den küstennächsten Teil der zyklischen Abfolge dar. Als Argument gegen die Übertragung des Modells von Schwarz (1985) läßt sich darauf hinweisen, daß Thiele

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

(1990: 102) der Meinung ist, daß die Wellenkalk-Member Zeiten eines Rückgangs der Barrensedimentation sind. Es sollte aber auch ohne Existenz einer Barre möglich sein, sinnvolle sedimentologische Modelle zu entwickeln. Möglicherweise nahm mit zunehmender Wassertiefe auch die Wasserbewegung zu, weil infolge der großräumigen Zunahme der Wassertiefe Wasserströmung und Wellenbewegung weiter auf den Schwellen-Bereich vorstoßen konnten [vgl. dazu das Modell von MAY (1987: 70–71)].

6 Verwitterungsbeständigkeit des Osnabrücker Wellenkalks

Die Methodik und die allgemeinen Ergebnisse meines Forschungsprojektes über die Verwitterungsbeständigkeit von Naturbausteinen aus Kalkstein werden von MAY (1994a, b) ausführlicher dargestellt. Bei den von mir untersuchten Kalksteinen spielen Oberflächenschäden keine große Rolle; sie wurden im wesentlichen durch Risse geschädigt, die den Gesteinszusammenhalt zerstören. Im Rahmen dieser Untersuchungen stellte ich fest, daß die Verwitterungsbeständigkeit von Kalksteinen sehr stark von zwei Eigenschaften des Gesteins-Porenraumes abhängt: Sowohl, wenn die „freiwillige Wasseraufnahme" zunimmt als auch wenn die „Schurecht-Ratio" zunimmt, nimmt die Verwitterungsbeständigkeit ab! Die freiwillige Wasseraufnahme ist der Anteil an Wasser in Volumenprozent, den das Gestein nach 24 Stunden Lagerung unter Wasser aufgenommen hat. Die Schurecht-Ratio ist der Quotient aus freiwilliger Wasseraufnahme und effektiver Porosität. Die effektive Porosität stellt die Gesamtheit aller mit Wasser erfüllbaren Gesteinshohlräume dar. Zusätzlich führt auch eine Zunahme des Gehaltes an salzsäureunlöslichem Rückstand (= Quarz, Feldspat und Tonminerale) tendenziell zu einer Verschlechterung der Verwitterungsbeständigkeit des Kalksteins.
Für jede dieser drei Gesteinseigenschaften (freiwillige Wasseraufnahme, Schurecht-Ratio und Gehalt an salzsäureunlöslichem Rückstand) gilt: Wenn sie zunimmt, nimmt die Verwitterungsbeständigkeit ab. Außerdem können diese drei einander verstärken. Deshalb wird in den Abbildungen 9–10 die Abhängigkeit zwischen diesen drei Gesteinseigenschaften und der Verwitterungsbeständigkeit des Mauersteins in einem dreidimensionalen Diagramm dargestellt. Die Achsen des Diagramms sind so angeordnet, daß die Mauersteine, die nach der Größe der drei Gesteinsparameter am verwitterungsbeständigsten sein sollten, in der linken unteren vorderen Ecke des Blockbildes liegen, während die nach der Größe der Gesteinsparameter am wenigsten verwitterungsbeständigen Mauersteine in der rechten oberen hinteren Ecke liegen. Wenn man in dieses Blockbild die Mauersteine einträgt, die sich am Schwesternhaus als überdurchschnittlich verwitterungsbeständig erwiesen haben, und ebenso die Mauersteine einträgt, die sich am Schwesternhaus als unterdurchschnittlich verwitterungsbeständig erwiesen haben, stellt man folgendes fest (Abb. 9): Zum einen läßt sich deutlich die prognostizierte Tendenz erkennen (verwitterungsbeständigere Steine nach links unten vorne, weniger verwitterungsbeständige Steine nach rechts oben hinten), aber zum anderen gibt es ein breites Übergangsfeld, in dem über- und unterdurchschnittlich verwitterungsbeständige Mauersteine nebeneinander vorkommen. Wenn man in diesem Blockbild die Mauersteine des Probenkollektivs K entsprechend ihrem Mikrofaziestyp kenn-

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

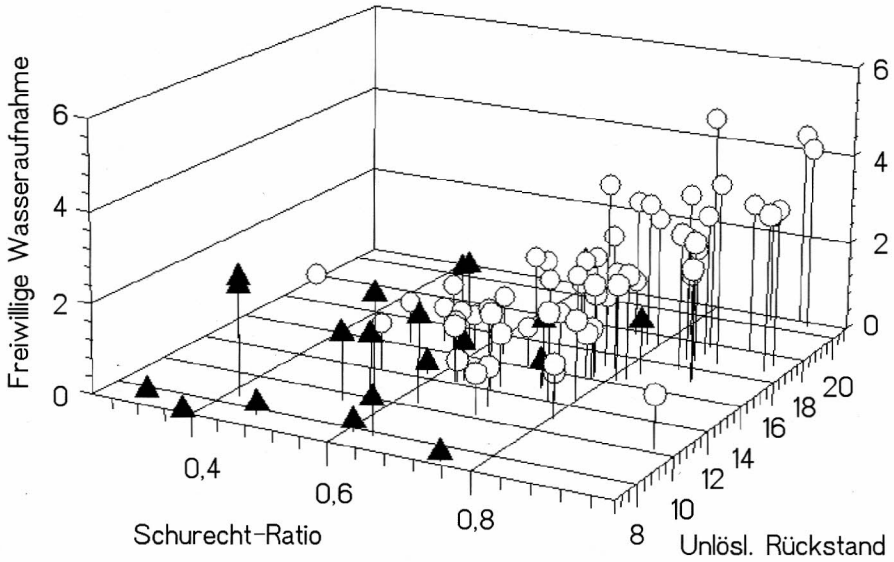
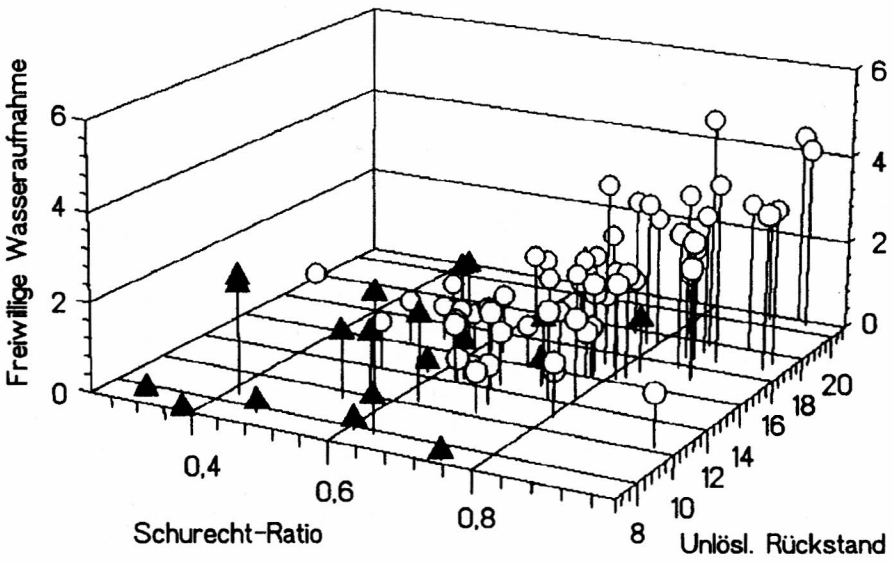


Abb. 9 Diagramm der Korrelation zwischen der Schurecht-Ratio, der freiwilligen Wasseraufnahme (in Vol.-%) und dem Gehalt an salzsäureunlöslichem Rückstand (in Gew.-%) in den Mauersteinen des Schwesternhauses. Zeichenerklärung:
▲ = überdurchschnittlich verwitterungsbeständige Mauersteine;
O = unterdurchschnittlich verwitterungsbeständige Mauersteine.

Abb. 10 Diagramm der Korrelation zwischen der Schurecht-Ratio, der freiwilligen Wasseraufnahme (in Vol.-%) und dem Gehalt an salzsäureunlöslichem Rückstand (in Gew.-%) in den Mauersteinen des Schwesternhauses. Zeichenerklärung:
▲ = Mikrofaziestypen A + B; O = Mikrofaziestypen C–E.



©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

zeichnet – wie es in Abbildung 10 geschehen ist –, erscheint ein sehr ähnliches Bild: Die Mauersteine der Mikrofaziestypen A und B dominieren den Bereich links unten vorne, während die Mikrofaziestypen C bis E schwerpunktmäßig rechts oben hinten verbreitet sind. Schon aufgrund der Größe dieser Gesteinseigenschaften müssen also die Mikrofaziestypen A und B verwitterungsbeständiger sein als die Mikrofaziestypen C bis E. Der Mikrofaziestyp F, der im untersuchten Mauerabschnitt am Schwesternhaus nicht verbaut wurde, muß weniger verwitterungsbeständig als die anderen Mikrofaziestypen sein. Das zeigt die für den Mikrofaziestyp F charakteristische Kombination einer sehr hohen freiwilligen Wasseraufnahme (immer größer als in den anderen Mikrofaziestypen!) mit einer großen Schurecht-Ratio (ihr Durchschnitt ist immer größer als in den anderen Mikrofaziestypen). Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen erwiesen, daß sich die sehr hohe freiwillige Wasseraufnahme (8–11 Vol.-%) und die große Schurecht-Ration (0,85–0,98) des Mikrofaziestyps F auf die bei der Dedolomitisierung entstandenen komplizierteren Kristallgrenzen und die durch die Dedolomitisierung erfolgte Auflockerung des Kristallverbandes zurückführen lassen.

Ein weiterer wichtiger Grund für die Unterschiede in der Verwitterungsbeständigkeit liegt im unterschiedlichen Gefüge. Die Mikrofaziestypen A und B entstanden als Tempestite durch einzelne Sedimentationsereignisse (= Sturmfluten) und zeigen ein ungeschichtetes, weitgehend homogenes Gefüge, das der Verwitterung wenig „Angriffsfläche" bietet. Obwohl die Mikrofaziestypen A und B nie einen ganzen Mauerstein erfüllen, da ihre Lagen zu geringmächtig sind, können sie seinen inneren Zusammenhalt und seine Verwitterungsbeständigkeit erheblich verbessern. Demgegenüber sind die Mikrofaziestypen C–E Ergebnisse langsamerer, kontinuierlicherer Sedimentation und zeigen eine ausgeprägte Feinschichtung, die mit ihren Diskontinuitäten und Trennflächen Ansatzstellen für die Verwitterung liefert.

Der Osnabrücker Wellenkalk zeigt genauso wie die anderen von May (1994 a, b) untersuchten Kalksteine folgenden Trend: Je weiter man sich vom flachmarinen hochenergetischen Subtidal in ruhigeres Wasser bewegt, desto geringer wird tendenziell die Verwitterungsbeständigkeit der Kalksteine. Die Mikrofaziestypen A und B repräsentieren flachmarines, relativ hochenergetisches Subtidal. In Annäherung an die Küste folgen die im niederenergetischen flachen Sub- und Intertidal sedimentierten, lagunären Charakter zeigenden Mikrofaziestypen C–E, und am küstennächsten (somit am weitesten vom flachmarinen Subtidal entfernt) entstanden im hohen Inter- bis Supratidal die Gelbkalke des Mikrofaziestyps F. Bedauerlicherweise sind die besonders verwitterungsbeständigen Mikrofaziestypen A und B auf zwei geringmächtige Horizonte (muOa und muOc) im Oolithbank-Member beschränkt.

Dank

Dankenswerterweise unterstützten zahlreiche Personen und Institutionen den Verfasser bei diesem Forschungsprojekt mit Rat und Tat. Besonders erwähnt sei: Herr Prof. Dr. K. Poll betreut das Projekt und die DFG unterstützte es mit einem Postdoktoranden-Stipendium. Die Entnahme der Probenkollektive ermöglichte Herr B. Switala (Städtische Denkmalpflege Osnabrück). Die Entnahme von Proben im Steinbruch im Botanischen Garten Osnabrück erlaubte und unterstützte Herr Dr. K. Bosbach (Leiter des Botanischen Gartens). Die Dünnschliffe und die zur Porositäts-Untersuchung benötigten Probenwürfel (je Mauerstein zwei Würfel) erstellten der Präparator Herr E. W. Dörscheln und seine Mitarbeiter.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Schriftenverzeichnis

AIGNER, T. (1985): Storm Depositional Systems. Dynamic Stratigraphy in Modern and Ancient Shallow-Marine Sequences. – Lecture Notes in Earth Sciences, **3:** 174 S., 83 Abb., Berlin & Heidelberg (Springer).

AIGNER, T. & BACHMANN, G. H. (1993): Sequence Stratigraphy of the German Muschelkalk. – In: HAGDORN, H. & SEILACHER, A. [Hrsg.]: Muschelkalk, Schöntaler Symposium 1991; Sonderbd. Ges. Naturkde. Württemberg, **2:** 15–18, 2 Abb.; Stuttgart, Korb (Goldschneck).

FLÜGEL, E. (1982): Microfacies Analysis of Limestones. – 633 S., 78 Abb., 58 Tab., 53 Taf.; Berlin (Springer).

FÜCHTBAUER, H. & RICHTER, D. K. (1988): Karbonatgesteine. – In: FÜCHTBAUER, H. [Hrsg.], Sedimente und Sedimentgesteine: 233–434, 158 Abb.; Stuttgart (Schweizerbart). – [4., neubearb. Aufl.].

FÜRSICH, F. T. (1974): Ichnogenus *Rhizocorallium.* – Paläont. Z., **48** (1/2): 16–28, 2 Abb., Taf. 4; Stuttgart.

GROETZNER, J.-P. (1984): Unterer und Mittlerer Muschelkalk. – In: KLASSEN, H. (Hrsg.): Geologie des Osnabrücker Berglandes: 153–168, 5 Abb., 1 Anl.; Osnabrück (Naturwiss. Mus.).

HAGDORN, H. & HORN, M. & SIMON, T. (1993): Vorschläge für eine lithostratigraphische Gliederung und Nomenklatur des Muschelkalks in Deutschland. – In: HAGDORN, H. & SEILACHER, A. [Hrsg.]: Muschelkalk, Schöntaler Symposium 1991; Sonderbd. Ges. Naturkde. Württemberg, **2:** 39–46, 1 Tab.; Stuttgart, Korb.

IMEYER, F. (1953): Geologischer Gang durch die geschichtlichen Baudenkmäler der Stadt Osnabrück. – Jber. naturwiss. Ver. Osnabrück, **26:** 23–27, 119–125; Osnabrück.

KLASSEN, H. [Hrsg.] (1984): Geologie des Osnabrücker Berglandes. – xvi + 672 S., 127 Abb., 24 Tab., 10 Taf., 30 Anlagen, 1 geol. Kt.; Osnabrück.

LANGER, A. (1989): Lithostratigraphische, technologische und geochemische Untersuchungen im Muschelkalk des Osnabrücker Berglandes. – Mitt. geol. Inst. Univ. Hannover, **29:** 114 S., 16 Abb., 22 Tab., 5 Taf.; Hannover.

LUKAS, V. (1991): Die Terebratel-Bänke (Unterer Muschelkalk, Trias) in Hessen – ein Abbild kurzzeitiger Faziesänderungen im westlichen Germanischen Becken. – Geol. Jb. Hessen, **119:** 119–175, 11 Abb., 1 Tab., 3 Taf.; Wiesbaden.

LUKAS, V. (1992): Zur Diagenese der Karbonate des Unteren Muschelkalk (Trias). – N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **185** (1): 85–113, 11 Abb., 1 Tab.; Stuttgart.

LUKAS, V. & WENZEL, B. (1988): Gelbkalke des Unteren Muschelkalks (Trias) – Sabkha oder Subtidal? – In: RICHTER, D. K. [Hrsg.]: 3. Treffen deutschsprachiger Sedimentologen 23.–26. Mai 1988 in Bochum; Bochumer geol. u. geotechn. Arb., **29:** 121–124, 2 Abb.; Bochum.

MAY, A. (1987): Der Massenkalk (Devon) nördlich von Brilon (Sauerland). – Geol. Paläont. Westfalen, **10:** 51–84, 12 Abb., 1 Tab.; Münster (Landschaftsverband).

MAY, A. (1993): Stratigraphie, Stromatoporen-Fauna und Palökologie von Korallenkalken aus dem Ober-Eifelium und Unter-Givetium (Devon) des nordwestlichen Sauerlandes (Rheinisches Schiefergebirge). – Geol. Paläont. Westfalen, **24:** 93 S., 3 Abb., 4 Tab., 12 Taf.; Münster (Landschaftsverband Westfalen-Lippe).

MAY, A. (1994a): Über die Verwitterung von Naturbausteinen aus Kalkstein – Welche Gesteine sind besonders verwitterungsbeständig und welche Rolle spielt die anthropogene Verschmutzung der Luft dabei? – Z. angew. Umweltforsch., **7** (2): 6 S., 1 Abb.; Berlin.

MAY, A. (1994b): Verwitterungsbeständigkeit und Verwitterung von Kalkstein-Naturbausteinen. – Münstersche Forsch. Geol. Paläont, **76:** 12 Manuskr.-S., 6 Abb., 2 Tab.; Münster – [Im Druck.].

MÜLLER, G. (1988): Salzgesteine (Evaporite). – In: FÜCHTBAUER, H. [Hrsg.]: Sedimente und Sedimentgesteine: 435–500, 39 Abb.; Stuttgart (Schweizerbart). – [4., neubearb. Aufl.].

NADJAFI, M. (1979): Feinstratigraphische und paläogeographische Untersuchungen im Unteren Muschelkalk zwischen Hann. Münden und Braunschweig. – Clausthaler geol. Abh., **33:** 101 S., 2 Abb., 5 Tab., 14 Taf., 5 Bildtaf.; Clausthal-Zellerfeld.

PEMBERTON, S. G. & FREY, R. W. (1982): Trace Fossil Nomenclature and the *Planolites-Palaeophycus* Dilemma. – J. Paleont., **56** (4): 843–881, 2 Abb., 5 Taf.; Tulsa.

RÖHL, U. (1990): Parallelisierung des norddeutschen oberen Muschelkalks mit dem süddeutschen Hauptmuschelkalk anhand von Sedimentationszyklen. – Geol. Rdsch., **79** (1): 13–26, 7 Abb.; Stuttgart.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Rosenfeld, U. & Thiele, I. (1992): Der Untere Muschelkalk am Nordrand der Rheinischen Masse; Fazies und Mächtigkeiten (Trias, NW-Deutschland). – N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **1992** (8): 487–512, 8 Abb.; Stuttgart.

Schulz, M.-G. (1972): Feinstratigraphie und Zyklengliederung des Unteren Muschelkalks in N-Hessen. – Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg, **41:** 133–170, 2 Abb., 6 Tab., 4 Profiltaf.; Hamburg.

Schwarz, M. (1985): Räumlicher und zeitlicher Ablauf der Sedimentation im Oberen Hauptmuschelkalk (Trias) von Südwestdeutschland. – Arb. Inst. Geol. Paläont. Univ. Stuttgart, n. F., **81:** 11–50, 23 Abb., 3 Tab.; Stuttgart.

Thiele, I. (1990): Der Untere Muschelkalk am Nordrand der Rheinischen Masse. – Diss., FB Geowiss. Univ. Münster: 112 S., 50 Abb., 7 Tab., 101 Anl.; Münster.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen

Jahr/Year: 1993

Band/Volume: 19

Autor(en)/Author(s): May Andreas

Artikel/Article: Sedimentologie und Verwitterungsbeständigkeit des Wellenkalks (Unterer Muschelkalk) von Osnabrück 35-56