

# SEQUENZSTRATIGRAPHIE DES MUSCHELKALKS IM ÖSTLICHEN TEIL DES GERMANISCHEN BECKENS (DEUTSCHLAND, POLEN)

**Dissertation**

zur Erlangung des akademischen Grades

doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.)

vorgelegt der

Mathematisch-Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät  
(mathematisch-naturwissenschaftlicher Bereich)  
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg



von Jarosław Kędzierski

geb. am 25.10.1971 in Kędzierzyn-Koźle / Polen

Gutachterin bzw. Gutachter:

1. Prof. Dr. Gerhard H. Bachmann , FB Geowissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
2. Priv.-Doz. Dr. habil. Zdzisław Belka , FB Geowissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
3. Dr. hab. inż. Maria Sass-Gustkiewicz (außerordentliche Professor AGH), FB Geologie, Geophysik- und Umweltwissenschaften, Stanislaw Staszic University of Mining and Metallurgy (AGH) Krakau / Polen

Halle (Saale), 19. 06. 2000



<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
<b>I. Einleitung</b> .....	<b>6–11</b>
1. Ziele der Arbeit	6
2. Arbeitsgebiet und Untersuchungsmethodik	6
a) Aufschlüsse	
b) Bohrungen	
c) Laborarbeiten	
3. Paläogeographischer und geologischer Rahmen	8
<b>II. Bearbeitungsstand und Stratigraphie der Aufschlüsse</b> .....	<b>12–18</b>
1. Polnische Gliederung des Unteren Muschelkalks	13
a) Heiligkreuzgebirge (Góry Świętokrzyskie)	
b) Schlesien (Śląsk) und Region Krakau (Małopolska - Kleinpolen)	
c) Großpolen (Wielkopolska)	
2. Deutsche Gliederung des Unteren Muschelkalks	17
a) Brandenburg	
b) Nördliches Harzvorland	
c) Thüringen	
<b>III. Lithofaziestypen</b> .....	<b>19–32</b>
1. Lithologien	19
2. Strukturen	27
<b>IV. Zyko- und sequenzstratigraphische Korrelation</b> .....	<b>33–61</b>
1. Methodik und Interpretation	33
a) Lithologische Profilaufnahme	
b) Aufschluß-Gamma-Logs	
c) Bohrloch-Gamma-Logs	
d) Kleinzyklen	
2. Zykostratigraphische Korrelation	38
a) Beschreibung der Zyklen	
b) Vergleich von Litho- und Zykostratigraphie	
c) Analyse und Diskussion der Zykostratigraphie	
3. Sequenzstratigraphische Gliederung des Muschelkalks	57
a) Sequenzen nach AIGNER & BACHMANN (1992)	
b) Hochfrequente Zyklen und Parasequenzen	
c) Parasequenz-Sets	
d) Sequenzen	
e) Vergleich der Sequenzen	
<b>V. Beckenentwicklung</b> .....	<b>62–69</b>
<b>VI. Zusammenfassung der Ergebnisse</b> .....	<b>70–71</b>
<b>VII. Literatur</b> .....	<b>72–77</b>
<b>VIII. Anhang</b> .....	<b>78–98</b>
1. Lithologisches Profil Płaza, Pogorzyce (bei Krakau)	79
2. Lithologisches Profil Strzelce Opolskie (Groß-Strehlitz), Ligota Dolna, Gogolin (Oberschlesien)	83

3. Lithologisches Profil Raciborowice (Groß-Hartmannsdorf, Niederschlesien)	89
4. Lithologisches Profil Rüdersdorf (Brandenburg)	93
5. Lithologisches Profil Gernrode (Sachsen-Anhalt)	103
6. Lithologisches Profil Steudnitz (Thüringen)	108

## **IX. Anlagen**

1. Profil Płaza, Pogorzyce - 1:100
2. Profil Strzelce Opolskie, Ligota Dolna, Gogolin - 1:100
3. Profil Raciborowice - 1:100
4. Profil Rüdersdorf - 1:100
5. Profil Gernrode - 1:100
6. Profil Steudnitz - 1:100
7. Korrelation der Gamma-Logs von Bohrungen und Aufschlüssen
8. Korrelation der Aufschlüsse

## Zusammenfassung

Ziel der Arbeit ist eine Korrelation des Unteren Muschelkalks im mittleren und östlichen Teil des Germanischen Beckens.

Diese Arbeit umfaßt lithologische Profilaufnahmen aus sechs Regionen (insgesamt ca. 600 Profilmeter) und die interpretierten Logs von 16 Bohrungen. Auf der Basis von Kleinzyklen werden gemeinsame Formationsgrenzen in der polnischen und deutschen Stratigraphie des Unteren Muschelkalks vorgeschlagen. Die Interpretation der Zyklen und ihre Korrelation im gesamten Becken wurde durch Messung der natürlichen Radioaktivität mittels Gamma-Sonde unterstützt und bestätigt. Diese Meßkurven wurden mit Daten aus Bohrungen parallelisiert.

21 Zyklen konnten in den faziell unterschiedlich entwickelten Regionen interpretiert und korreliert werden. Die Zyklen sind symmetrisch ausgebildet und bestehen aus einem unteren vertiefenden und einem oberen verflachenden Anteil (Semizyklen). Je nach Position innerhalb des Muschelkalk-Beckens kann einer der beiden Anteile teilweise oder vollständig auskeilen. Dieses Modell ermöglicht die Interpretation einzelner Zyklen in allen Regionen des Germanischen Beckens. Dank genauer Zykloanalyse in kleinem Maßstab wurde eine Parallelisierung von Myophorien-Schichten und Unteren Gogolin-Schichten erreicht.

Diese Kleinzyklen werden als hochfrequente Sequenzen und Parasequenzen interpretiert und durch relative Meeresspiegelschwankungen kontrolliert. Die Semizyklen, denen die Parasequenzen entsprechende, wurden in *Parasequence Sets* zusammengestellt, die ihrerseits wiederum Sequenzen aufbauen. Im Arbeitsgebiet wurden zwei vollständige Sequenzen aufgezeigt. Darüber hinaus wurden in den Myophorien-Schichten (Untere Gogolin-Schichten) und den Schaumkalkbänken (Karchowice-Schichten) Teile von zwei weiteren Sequenzen nachgewiesen. Eine Sequenz entspricht jeweils ca. 1 Mio. Jahre, was für Sequenzen 3. Ordnung spricht.

## Streszczenie

Celem pracy jest wykonanie korelacji dolnego wapienia muszlowego w środkowej i wschodniej części basenu germańskiego.

Praca ta zawiera opracowane profile litologiczne z sześciu regionów (łącznie długość ok. 600 m) i zinterpretowanych danych geofizycznych 16 otworów wiertniczych. Na podstawie cykli sedymentacyjnych w małej skali zostały przedstawione nowe, wspólne granice formacji w polskiej i niemieckiej stratygrafii dolnego wapienia muszlowego. Dla dokładnej interpretacji cykli i ich korelacji na przestrzeni całego basenu, jak również jako narzędzie kontrolne, została zastosowana metoda ręcznego pomiaru naturalnego promieniowania gamma w odsłonięciach. Krzywe tych pomiarów porównano z krzywymi geofizycznymi otworów wiertniczych.

W różnie facjalnie rozwiniętych obszarach, wyznaczonych zostało 21 cykli, które są ze sobą korelowalne. Cykle te zbudowane są symetrycznie i składają się z dolnej, pogłębiającej i górnej, spłycającej części (semicyklu). Zależnie od pozycji na obszarze

basenu germańskiego, jedna z części cyklu może się częściowo bądź całkowicie wyklinowywać. Taki model budowy, pozwala na wyinterpretowanie poszczególnych cykli we wszystkich rejonach basenu germańskiego. Dzięki dokładnej analizie cykli małej skali, dokonana została korelacja warstw myophoriowych i dolnych warstw gogolińskich.

Cykle te mogą być interpretowane albo jako *high-frequency sequences*, albo parasekwencje i są kontrolowane przez eustatyczne zmiany poziomu morza. Odpowiadające pojedynczym semicyklom parasekwencje, zostały zestawione w *Parasequences Sets*, które to budują pełne sekwencje. Na obszarze objętym badaniami zostały wyznaczone dwie pełne sekwencje, jak również części z dwóch innych w Warstwach Myophoriowych (dolnych warstwach gogolińskich) i wapieniach piankowych (warstwach karchowickich). Każda z wyznaczonych sekwencji odpowiada około 1 mln. lat, co przemawia za sekwencjami 3-go rzędu.

## I. Einleitung

### 1. Ziele der Arbeit

Die Gesteine des polnischen und deutschen Unteren Muschelkalks wurden in einem gemeinsamen Sedimentationsraum, dem Germanischen Becken abgelagert. Die Ablagerungen beider Gebiete haben daher eine gemeinsame Genese. In vielen Jahren geologischer Untersuchungen durch polnische und deutsche Geologen haben sich jedoch unterschiedliche Kriterien für die lithostratigraphischen Gliederungen entwickelt, so daß die lithostratigraphischen Einheiten und Grenzen unterschiedlich definiert worden sind. Diese Gliederungen basieren auf der jeweiligen lokal unterschiedlichen Faziesentwicklung der Gesteine sowie dem Fossilinventar.

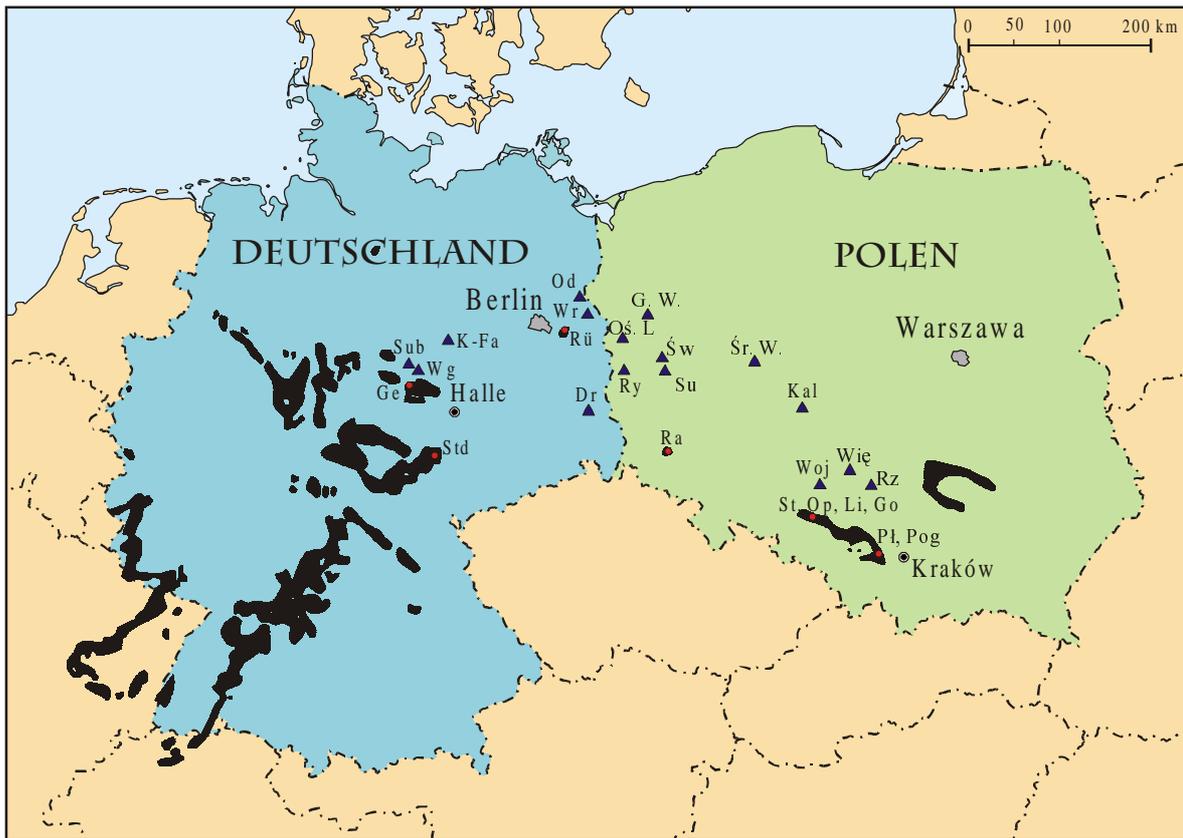
Der stratigraphische Umfang der Arbeit ist so gewählt, daß die Entwicklung des Germanischen Beckens vom Beginn der marinen Überflutung im jüngsten Skyth an erfaßt wurde. Dadurch konnte die im östlichen Bereich des Germanischen Beckens beginnende und sich allmählich nach Westen ausdehnende marine Sedimentation im Detail untersucht werden. Dies erlaubt eine Korrelation unterschiedlicher Faziesgebiete des Germanischen Beckens und die Bestimmung einer gemeinsamen Stratigraphie im Unteren Muschelkalk. Für die detaillierte Korrelation wurde die sequenzstratigraphische Arbeitsmethodik benutzt. Dabei wurden Zyklen 4.-5. Ordnung ausgegliedert, die auf lithologischen Merkmalen beruhen. Auf der Basis dieser Zyklen wurden weiterhin Sequenzen 3. Ordnung interpretiert.

### 2. Arbeitsgebiet und Untersuchungsmethodik

Wie Abb. 1 zeigt, sind in den meisten Regionen des Arbeitsgebietes Aufschlüsse mit Unteren Muschelkalk relativ selten. Außerdem muß man in Schlesien mehrere Aufschlüsse kombinieren, um stratigraphisch vollständige Profile zu bekommen. Es war zunächst lediglich geplant die drei Regionen Thüringen, Brandenburg und Oberschlesien direkt miteinander zu korrelieren. Im Laufe der Arbeit wurde aber deutlich, daß ergänzende Untersuchungen im nördlichen Harzvorland, in Niederschlesien und im Gebiet Krakau notwendig sind. Trotzdem sind die einzelnen Aufschlüsse immer noch etwa 100 - 200 km voneinander entfernt (Abb. 1). Deswegen wurde für die Minimierung von Fehlern bei der Interpretation und Korrelation einzelner Zyklen die natürliche Gamma-Strahlung zu Hilfe genommen. Diese ermöglicht auch die Parallelisierung einzelner Horizonte und Abschnitte mit geophysikalischen Logs von Bohrungen. Dadurch wird ein enges Korrelationsnetz erreicht (siehe Kap. IV).

#### a) Aufschlüsse

Lithologische Profile wurden von allen Aufschlüssen im Maßstab 1:25 aufgenommen. Eine derart detaillierte Bearbeitung erlaubt die Aufzeichnung von Schichten bis zu einer Mächtigkeit von ca. 2 - 2,5 cm und damit eine präzise sedimentologische und lithologische Profilanalyse. Alle beobachteten Strukturen und Fossilien wurden aufgezeichnet und einem



- |      |                                 |       |                  |        |                      |
|------|---------------------------------|-------|------------------|--------|----------------------|
| ●    | - Steinbrüche                   | K-Fa  | - Kali-Farsleben | Stđ    | - Steudnitz          |
| ▲    | - Bohrungen                     | Li    | - Ligota         | St. Op | - Strzelce Opolskie  |
| ■    | - heutiger<br>Muschelkalkausbiß | Od    | - Oderberg       | Su     | - Sulechów           |
|      |                                 | Oś. L | - Ośno Lubuskie  | Sub    | - Subherzyn          |
|      |                                 | Pł    | - Plaza          | Śr. W  | - Środa Wielkopolska |
| Dr   | - Drebkau                       | Pog   | - Pogorzyce      | Św     | - Świebodzin         |
| Go   | - Gogolin                       | Ra    | - Raciborowice   | Wg     | - Wegeleben          |
| Ge   | - Gemrode                       | Rü    | - Rüdersdorf     | Wię    | - Więcki             |
| G. W | - Gorzów Wielkopolski           | Ry    | - Rybaki         | Woj    | - Wojciechów         |
| Kal  | - Kalisz                        | Rz    | - Rzeki          | Wr     | - Wriecen            |

Abb. 1: Karte mit den bearbeiteten Aufschlüssen und Bohrungen.

von 13 Lithologietypen zugeordnet, welche sich in eine Abfolge von dolomitischen Sabkha-Sedimenten über flache Lagunensedimente bis zu Sedimenten des offenen Becken ordnen lassen (siehe Kapitel III).

Mit einer Meßsonde (Abb. 2), hergestellt von G.B.-H. Elektronik (Walter Heger, Uetze), wurde die natürliche Gamma-Strahlung von allen Profilen gemessen (siehe Kapitel IV.2.b). Der Abstand der Meßpunkte betrug ca. 10 cm, die Meßdauer jeweils 10 Sekunden. Die Meßwerte wurden digital gespeichert, um die spätere Bearbeitung an einem PC zu ermöglichen. Die Meßergebnisse der natürlichen Gamma-Strahlung wurden graphisch dargestellt und in das lithologische Profil eingepaßt (siehe Anlagen).

### b) Bohrungen

Geophysikalische Daten von Bohrungen (Abb. 1) aus verschiedenen Archiven wurden zusammengebracht und bearbeitet. Die Gammakurven wurden digitalisiert um die

Darstellung der Gammakurven aus den Aufschlüssen und Bohrungen im gleichen Maßstab zu ermöglichen.

c) Laborarbeiten

Von ausgewählten Handstücken wurden Dünnschliffe aller Hauptlithologien hergestellt. Sie waren hilfreich für die Sedimentanalyse und bei der Klassifikation der Sedimente.



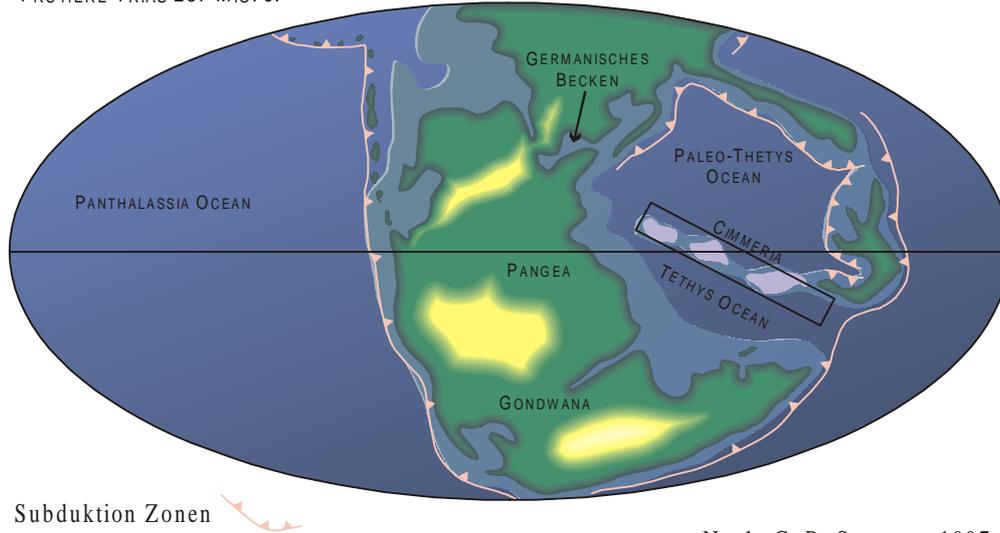
**Abb. 2:** Messung mit der Gamma-Sonde im Gelände.

### 3. Paläogeographischer und geologischer Rahmen

Die paläogeographische Rekonstruktion spielt eine wichtige Rolle in geologischen Untersuchungen. Global gesehen ist in der Trias die gesamte Landmasse im Superkontinent Pangea konzentriert, der von dem großen Ozean Panthalassia umgeben ist (Abb. 3). Für die Untersuchungen interessant ist die Situation im heutigen Mitteleuropa.

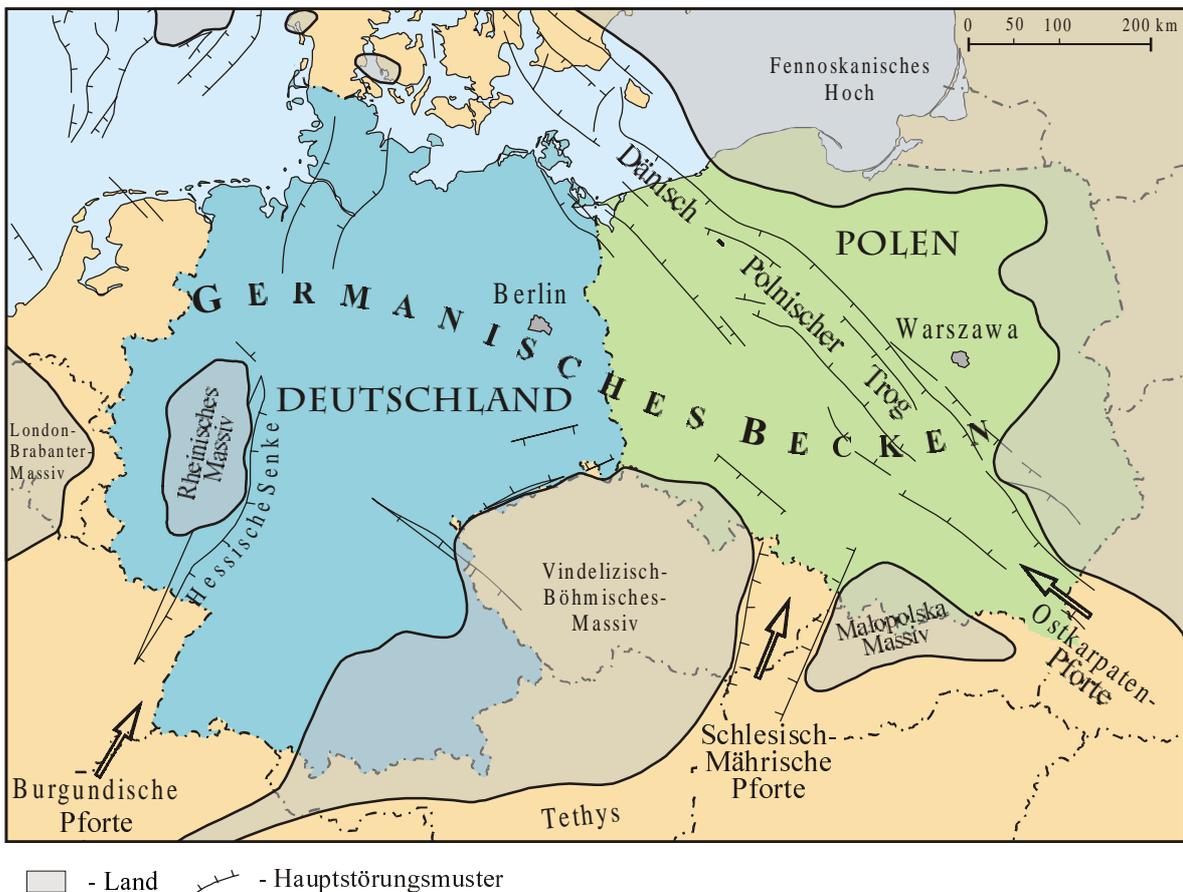
Nach der variszischen Orogenese bildet sich vom späteren Karbon bis zum Perm ein epikontinentales Becken - das Germanische Becken (BACHMANN & HOFFMANN 1997). Es gehört zu den nördlich der Tethys gelegenen Peri-Tethys-Becken. Das Becken erstreckt sich von Südpolen im Osten bis Großbritannien im Westen und von der Schweiz im Süden bis Skandinavien im Norden. Im Nordosten wird es begrenzt durch das Fennoskandische Hoch, im Süden durch das Małopolska Massiv sowie das Vindelizisch-Böhmische Massiv und im Westen durch das London-Brabanter Massiv (Abb. 4).

FRÜHERE TRIAS 237 Mio. J.



**Abb. 3:** Schematische Weltkarte zur Zeit der Trias.

Eine wichtige Rolle spielt das Arktisch-Nordatlantische Riftsystem, das sich nach Süden bis zur heutigen Nordsee ausbreitet und sich in Mitteleuropa im Dänisch-Polnischen Trog, der Schlesisch-Mährischen Verschiebungszone und der Hessischen Senke



**Abb. 4:** Paläogeographische Karte des Germanischen Beckens.



des Beckens die Hauptrolle übernimmt. Vom späten Karn an wird das Germanische Becken von der Tethys getrennt, und erst der erneute Anstieg des Meeresspiegels im Rhät erfaßt das Germanische Becken wieder.

Die Untersuchungen dieser Arbeit umfassen die karbonatischen Gesteine des Unteren Muschelkalkes, die im östlichen und zentralen Teil des Germanischen Beckens sedimentiert wurden.

Die ersten karbonatischen Sedimente der Germanischen Trias sind die Südostpolnischen Gogolin-Schichten, die im frühen Anis (Aege) abgelagert werden (SZULC 1991). Es sind in charakteristischer Fazies entwickelte sogenannte „Wellenkalke“, also dünnsschichtige, plattige Kalksteine mit Tonlagen, die mit einzelnen bioklastischen Kalksteinbänken wechsellagern. Durch die Verbindung mit der Tethys über die Ostkarpaten-Pforte wandern erste pelagische Faunen aus der asiatischen Provinz in das Germanische Becken ein (KOZUR 1974). Nach der Öffnung der Schlesisch-Mährischen Pforte gelangen auch austroalpine Faunen in das Becken (MOSTLER 1993). Im mittleren Unteren Muschelkalk dominiert vor allem im nordöstlichen Teil des Beckens die Sedimentation in oolithischer Fazies (die Górazdze-Schichten Polens und der sogenannte „Rüdersdorfer Schaumkalk“ in Brandenburg und Großpolen), die hier bis zum Ende des Unteren Muschelkalks andauert. Nach der Ablagerung der Oolithbänke treten in den anderen Gebieten in der Wellenkalk-Fazies Einschaltungen von bankigen und bioklastischen Kalksteinen auf (Terebratelbänke). Die Schaumkalk-Fazies verbreitet sich jedoch im späterem Unteren Muschelkalk über das gesamte Becken. Danach folgt der Mittlere Muschelkalk in dolomitischer Fazies (siehe Kap. V).

## • II. Bearbeitungsstand und Stratigraphie der Aufschlüsse

Die Geländearbeiten konzentrierten sich auf drei Hauptgebiete: Oberschlesien, Brandenburg und Thüringen. Zusätzlich wurden auch Aufschlüsse in Kleinpolen, Niederschlesien und im nördlichen Harzvorland (Sachsen-Anhalt) aufgenommen (siehe Abb. 1).

Es wurden in allen Regionen repräsentative und stratigraphisch möglichst vollständige Profile ausgewählt, da diese die besten Resultate erwarten ließen (Abb. 5). Nur in Schlesien war es notwendig, Profile verschiedener Steinbrüche zu kombinieren, weil es hier keine stratigraphisch vollständigen Aufschlüsse im Unteren Muschelkalk gibt.

Die im Arbeitsgebiet verteilten Aufschlüsse decken alle Regionen mit unterschiedlicher fazieller Entwicklung im Becken ab. Dies ermöglicht die Analyse der sedimentären Bedingungen und eine gemeinsame stratigraphische Gliederung für das ganze östliche Becken.

Die Steinbrüche in Oberschlesien repräsentieren den Teil des Beckens, in dem die Ablagerung in unmittelbarer Nähe zu den Tethys-Pforten stattfindet und wo die erste Transgression beginnt. Der Aufschluß Rüdersdorf in Brandenburg zeigt die fazielle Entwicklung im zentralen Teil des Beckens, in das sich die Transgression anschließend fortsetzt und wo ab dem späteren Unteren Muschelkalk Schaumkalk-Fazies in Schwellenfazies sedimentiert wird. Die dritte Region ist das Thüringer Becken, wo die Transgression zuletzt angekommen ist und wo sich die stärksten Einflüsse von der Burgundische Pforte zeigen.

Auf Grund der unterschiedlichen sedimentären Entwicklungen und der Erforschungsgeschichte in den einzelnen

Teilen des Beckens existieren verschiedene stratigraphische Gliederungen im Muschelkalk. Im Arbeitsgebiet kann man drei stratigraphische Gliederungen unterscheiden (Tab. 2). Die ältesten der untersuchten Abfolgen in Deutschland sind Gesteine der Myophorien-Schichten, welche hier dem Röt (Oberer Buntsandstein) zugeordnet werden. Diese Schichten sind in den Steinbrüchen Steudnitz und Rüdersdorf aufgeschlossen. Dagegen gehören in Polen die mit den Myophorien-Schichten zeitgleichen Unteren Gogolin-Schichten zum Muschelkalk. Die Gogolin-Schichten sind in Gogolin aufgeschlossen sowie, einschließlich des darunter liegenden Röts, in den Steinbrüchen Raciborowice (Groß-Hartmannsdorf) und Pogorzycze. In Schlesien erfassen die aufgeschlossenen Profile die Unteren Gogolin-Schichten und Teile der Oberen Gogolin-Schichten, die Górazdze-Schichten, Terebratel-Schichten und Teile der Karchowice-Schichten. In Thüringen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg wurden Profile des gesamten Unteren Muschelkalks aufgenommen. Die jüngsten aufgenommenen Sedimente, die *Orbicularis*-Schichten in den Steinbrüchen Steudnitz und Rüdersdorf, gehören bereits zum Mittleren Muschelkalk.

Um einen vollständigen Überblick über die fazielle Beckenentwicklung zu geben, wird im Folgenden auch das Heiligkreuzgebirge (Góry Świętokrzyskie) mit einbezogen.

1. Polnische Gliederung des Unteren Muschelkalks

Durch die intensiven Fazieswechsel ist die stratigraphische Gliederung des Unteren Muschelkalks in Polen nicht einheitlich. So existieren für das Heiligkreuzgebirge (Góry Świętokrzyskie), das Schlesien-Krakau-Gebiet (Obszar śląsko-krakowski) und für Großpolen (Wielkopolska) drei unterschiedliche Gliederungen (Tab. 1).

Untergruppe	Formation	Gliederung in Thüringen nach HAGDORN et. al. 1993	Gliederung in Brandenburg nach ZWENGER 1985	Gliederung in Schlesien nach ASSMANN 1944	Gliederung in Heiligkreuzgebirge nach SENKOWICZOWA 1959	Makropaläontologische Chronozonen		Conodontenzonierung nach KOZUR 1974a	Biostratigraphische Symbole	Chronostratigraphie		
						Standardzonierung nach KOZUR 1974a	Crinoidenzonierung nach HAGDORN & GLUCHOWSKI 1993			Unterstufe	Stufe	
so	Oberer Buntsandstein Röt - Formation	Myophorien-Schichten	Myophorien-Schichten	Untere Gogolin-Schichten	Wolice-Schichten							
mu	muJ	Unterer Wellenkalk	Wellenkalk-Stufe	Obere Gogolin-Schichten	Wellenkalk Schichten	<i>Beneckeia buchi / Myophoria vulgaris / Dadocrinus</i>	<i>Holocrinus acutangulus</i>	<i>Neospathodus germanicus</i>	mu1β	Bithyn	Anis	
		Oolithbänke (Ooβ, Ooβ, Ooα)		Górazdze-Schichten	Łukowskie-Schichten				mu1β			
	Unterer Muschelkalk Jena - Formation	Mittlerer Wellenkalk	Schaumkalk-Stufe			<i>Decurtella decurtata</i>	<i>Holocrinus dubius</i>	<i>Nicoraella kockeli</i>	mu1γ	Pelson		
		Terebratelbänke (Tbβ, Tbα)		Terebratula-Schichten	Schichten mit <i>Lima striata</i>							mu2τ
		Oberer Wellenkalk		Karchowice-Schichten								mu2χ
m	m	Schaumkalkbänke (Sχ3, Sχ2, Sχ1)				<i>Judicartites / Neoschizodus orbicularis</i>	<i>Silesiacrinus silesiacus</i>		mm1	Illyr		

Tab. 2: Stratigraphische Tabelle des Unteren Muschelkalks im Arbeitsgebiet. Bio- und Chronostratigraphie nach KOZUR 1974a.

## a) Heiligkreuzgebirge (Góry Świętokrzyskie)

Im Heiligkreuzgebirge (Góry Świętokrzyskie) werden nach SENKOWICZOWA (1959) im Unteren Muschelkalk vier lithostratigraphische Stufen ausgegliedert (Tab. 1). SENKOWICZOWA beschreibt im Hangenden des Röt (Röt-Formation, Oberer Buntsandstein) etwa drei Meter mächtige Wolice-Schichten. Es handelt sich dabei um helle, kristalline Kalksteine mit Crinoiden, die teilweise tonig sind. Manchmal erscheinen auch dolomitische Einlagerungen. Diese Schichten entsprechen den Unteren Gogolin-Schichten in Schlesien. Im Hangenden davon befinden sich etwa 25 m mächtige Wellenkalk-Schichten, welche mit den Oberen Gogolin-Schichten in Schlesien zu korrelieren sind. Es sind graue wellige Kalksteine mit Einlagerungen von dichten oder kristallinen dünnplattigen Kalksteinen. In nördlichen Teil des Heiligkreuzgebirges sind diese Bildungen sandig. Oberhalb davon befinden sich die 25 m mächtigen Łukowskie-Schichten, die den Góraźdże-Schichten in Schlesien entsprechen. Sie sind ausgebildet als helle kristalline Kalksteine mit Kalksteingeröllen und Hornsteinen. Gelegentlich treten darin Stylolithen auf (MORYC 1971), manchmal finde sich auch hellgraue Mergel oder sandige Kalksteine. Der Untere Muschelkalk wird durch Schichten mit *Lima striata* abgeschlossen, die etwa 15 m Mächtigkeit erreichen. Sie entsprechen den Karchowice-Schichten in Schlesien und sind ausgebildet als kristalline, ungeschichtete Knauerkalksteine, die mit dünnschichtigen grauen pelitischen Kalksteinen und Siltsteinen wechsellagern. Manchmal treten Mergel und mergelige Kalkstein- Einlagerungen auf, die eine reiche Fauna führen.

## b) Schlesien (Śląsk) und Region Krakau (Małopolska - Kleinpolen)

Im schlesisch-krakauischen Gebiet liegt der Untere Muschelkalk in typischer Entwicklung vor, wenngleich etwas abweichend von der deutschen stratigraphischen Gliederung (Tab. 1). Schon ASSMANN (1944) brachte die in Mitteldeutschland übliche Lithostratigraphie nach Schlesien; später benutzte sie auch SIEDLECKI (1949, 1952) in der Region von Krakau. Beide Autoren scheiden in diesem Gebiet im Hangenden des Röt die Gogolin-Schichten aus, die aufgebaut werden aus welligen oder knauerigen Kalksteinen, dolomitischen Kalksteinen, kristallinen Kalksteinen mit Crinoiden und karbonatischen Konglomeraten. In deren oberem Teil befinden sich manchmal erzführende Dolomite. Die Mächtigkeit liegt zwischen etwa 20 und 50 Metern. Darüber liegen die Góraźdże-Schichten mit Mächtigkeiten von 20-34 Metern, die als helle kristalline Kalksteine mit Stylolithen und Hornsteinen sowie gelegentlich als erzführende Dolomite ausgebildet sind. Im Hangenden folgen die 6-8 m mächtigen Terebratel-Schichten die aus welligen Kalksteinen mit Terebrateln, feinkristallinen Trochiten-Kalksteinen und manchmal erzführenden Dolomiten bestehen. Darüber liegen die etwa 7 bis 8 m mächtigen Karchowice-Schichten, die sich aus kristallinen, gelegentlich Mumien von Schwämmen enthaltend Kalksteinen zusammensetzen und manchmal Einschaltungen erzführender Dolomite aufweisen.

Das östlichste Arbeitsgebiet liegt in Südpolen (Małopolska - Kleinpolen), und zwar im ehemaligen Galizien. Es wurden der Steinbruch in Płaza bei Krakau und der Aufschluß in Pogorzyce in der Nähe von Płaza aufgenommen. Aufgeschlossen sind hier Röt (Steinbruch in Pogorzyce) und Unterer Muschelkalk (Steinbruch in Płaza) bis zu den Góraźdże-Schichten. Die Aufschlußverhältnisse in Płaza sind sehr gut, weil es sich um einen aktiven Steinbruch handelt. Das einzige Problem ist das Auftreten einer stark entwickelten Dolomitisierung am Übergang vom Röt zu den Unteren Gogolin-Schichten.

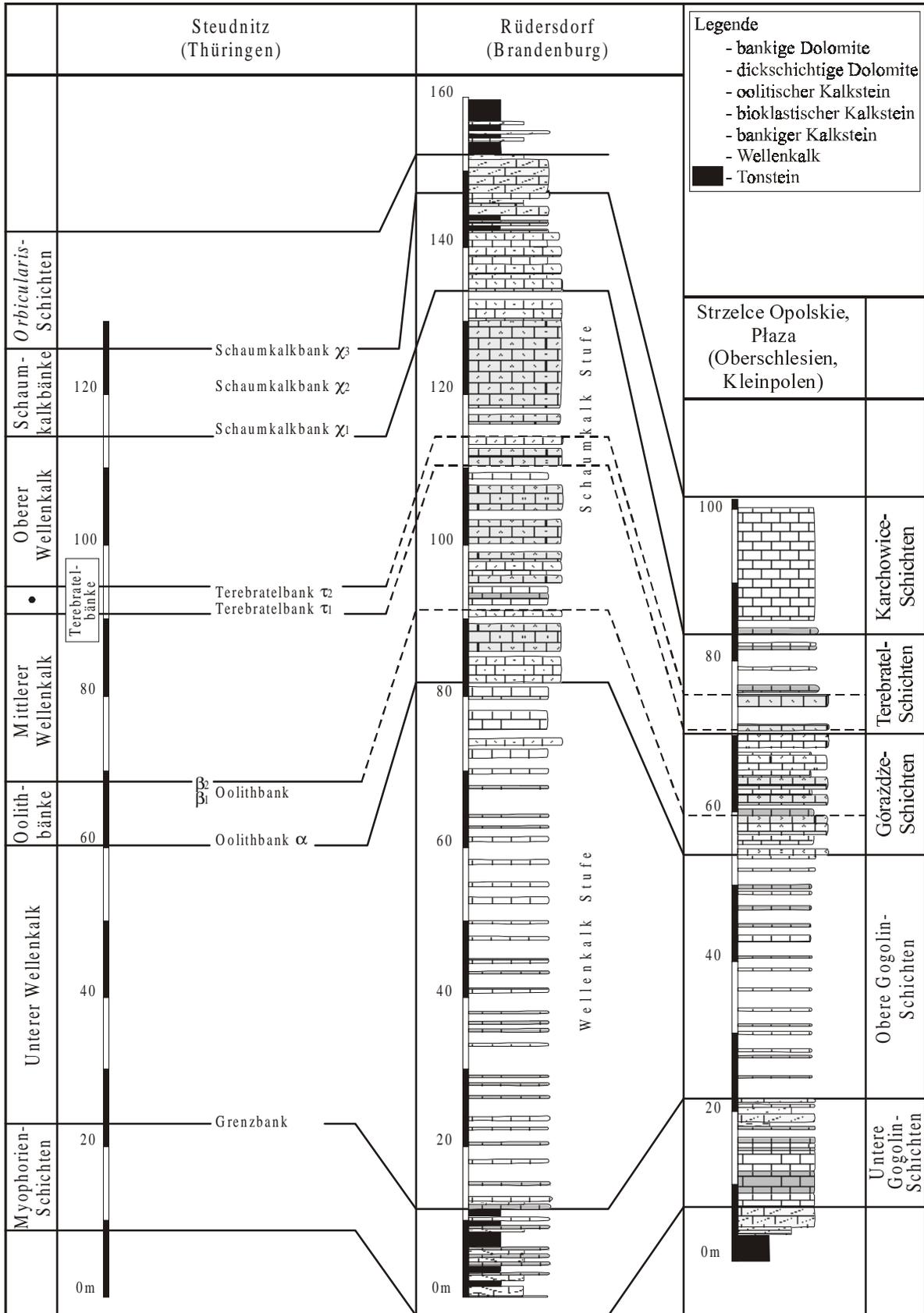


Abb. 5: Vereinfachte lithologische Profile aus den drei Hauptarbeitsgebieten.

Der Aufschluß in Pogorzycze befindet sich in einer Waldschlucht an einem Geologischen Wanderweg. Für die Profilaufnahme war eine Auffrischung des

Aufschlusses notwendig. Es ist aber ein wichtiges Profil, weil es den Übergang von der Röt-Basis bis zum Muschelkalk umfaßt.

Die Arbeiten in Oberschlesien gehen zurück bis in das 19. Jahrhundert (ECK 1865). Eine erste Kompilation erstellte ASSMANN (1913, 1926b, 1944). Die Kalkstein-Steinbrüche in diesem Gebiet sind seit Jahren eine wichtige Rohstoffquelle für die vielen Zementwerke in dieser Region. Daher gibt es hier eine große Zahl von Aufschlüssen. Aufgenommen wurde ein aktiver Steinbruch in Strzelce Opolskie (Groß-Strehlitz), weil hier die Aufschlußverhältnisse sehr gut sind. Darüber hinaus gibt es in der Nähe mehrere kleinere Steinbrüche, in denen man ein lithologisches Profil von den im Hauptsteinbruch fehlenden stratigraphischen Stufen aufnehmen kann. Diese ergänzenden Aufschlüsse sind Gogolin (mit Unteren Gogolin-Schichten) und Ligota Dolna (mit Oberen Gogolin-Schichten), wobei das Profil Ligota Dolna stratigraphisch früher einsetzt als das Profil Strzelce Opolskie (Groß-Strehlitz).

Der Steinbruch Raciborowice (Groß-Hartmannsdorf) liegt in einem Areal von mehreren Aufschlüssen im Bereich einer ehemaligen Zementfabrik. Die Profilaufnahme macht viele Probleme auf Grund starker Tektonik. Viele der einst aufgeschlossenen Wände sind verwachsen. Aus diesem Grund fehlt im aufgenommenen lithologischen Profil der Übergang zwischen Oberen Gogolin-Schichten und Góraźdze-Schichten. Es handelt sich aber ein sehr wertvolles Profil weil es der beste Aufschluß von Unterem Muschelkalk in Niederschlesien ist und, weil es eine direkte Korrelation zwischen Thüringen und Oberschlesien erlaubt. Deswegen führte schon NOETLING (1880) Untersuchungen in diesem Gebiet durch. Er beschrieb das lithologische Profil mit seiner Fossilführung und gliederte es stratigraphisch. Den damaligen Unteren Wellenkalk unterteilte er in Nieschwitzer Grenzkalk, Untere Groß-Hartmannsdorfer Schichten und Obere Groß-Hartmannsdorfer Schichten; den Oberen Wellenkalk mit Schaumkalk wiederum gliederte er in Unteren Schaumkalk und Wehrauer Schichten. Die nächste paläontologische Arbeit erfolgte durch HOLDEFLEISS (1915). Später kommen zahlreiche lithologische, sedimentologische und paläontologische Arbeiten dazu unter anderem von LEŚNIAK (1978a, 1978b, 1979), SZULC (1991) und CHRZĄSTEK & NIEDŹWIEDZKI (1998).

### c) Großpolen (Wielkopolska)

In Großpolen ähnelt die Lithostratigraphie derjenigen von Brandenburg. Dieses Gebiet befand sich wie auch Brandenburg im Zentrum des Germanischen Beckens, weshalb die fazielle Ausbildung in beiden Regionen sehr ähnlich ist. Das Gebiet ist auch auf Grund der Buntsandstein/Muschelkalk-Grenze von großer Bedeutung. Die hier ausgeschiedenen Myophorien-Schichten gehören in Deutschland noch zum Buntsandstein und sind als marine karbonatische Sedimente in Wellenkalk-Fazies ausgebildet. In der polnischen Lithostratigraphie entsprechen sie den Unteren Gogolin-Schichten Schlesiens. Die Buntsandstein/Muschelkalk-Grenze liegt jedoch in Polen an der Basis dieser Formation. Im Hangenden der Myophorien-Schichten der großpolnischen Profile sind die Schichten weiter in Wellenkalk-Fazies abgelagert. Die Sedimente enthalten aber zunehmend weniger toniges Material. Über den Unteren Wellenkalk ist, wie in Brandenburg Schaumkalk-Fazies entwickelt.

## 2. Deutsche Gliederung des Unteren Muschelkalks

Schon seit über 150 Jahren werden in Deutschland Untersuchungen zur Stratigraphie im Muschelkalk durchführt. FRANTZEN & KOENEN (1889) gliederten den Muschelkalk und korrelierten ihn auf der Basis von drei Leithorizonten (Oolithbänke, Terebratelbänke, Schaumkalk) durch ganz Mitteldeutschland.

### a) Brandenburg

Der Steinbruch in Rüdersdorf (Brandenburg) zeigt ein komplettes Profil des Unteren Muschelkalks im Sinn der deutschen Gliederung. Nicht aufgeschlossen sind nur die untersten Meter der Myophorien-Schichten (Röt). Es handelt sich um einen aktiven Steinbruch, in dem die Aufschlußverhältnisse sehr gut sind. Hier gibt es ein klassisches Profil für dieses Gebiet, das schon von ECK (1872) beschrieben wurde. Später haben unter anderem RUSITZKA (1967), SCHWAHN & BÜTTCHER (1974) und ZWENGER (1985) Untersuchungen durchgeführt. Jedoch war die stratigraphische Gliederung auf Grund der faziellen Entwicklung sehr unpräzise. Es wurde eine Wellenkalk- und eine Schaumkalk-Stufe unterschieden. Auch geochemische Untersuchungen wurden durchgeführt (STREICHAN 1980). Auf der Basis dieser Daten wurde die Grenze Myophorien-Schichten/Unterer Muschelkalk festgelegt und der Untere Muschelkalk in die Zonen A bis K untergliedert.

### b) Nördliches Harzvorland

Der Steinbruch bei der Stadt Gernrode zeigt ein komplettes Profil vom mittleren Teil des Unteren Wellenkalks bis unter die Basis der Schaumkalkbänke. Der Steinbruch ist aufgelassen, aber auf Grund der steilstehenden Schichten sehr gut zugänglich. Außerdem gibt er durch seine Lage im nördlichen Harzvorland ein Bild vom Übergang zwischen oolithischen Fazies in Brandenburg und typischer Thüringer Fazies. Dieser Aufschluß wird zur Zeit mit Bauschutt aufgefüllt, so daß diese lithologische Profilaufnahme möglicherweise die letzte in diesem Steinbruch ist.

Auch hier wurden schon am Anfang dieses Jahrhunderts Arbeiten durchgeführt (HENKEL 1905, HÖHNE 1911, ZUNCKE 1957). Eine Korrelation dieses Profils mit anderen Profilen in Mitteldeutschland war aber schwierig, da hier häufiger einzelne Oolith-Horizonte zusätzlich zu den eigentlichen Oolithbänken und Terebratelbänken auftreten.

### c) Thüringen

Thüringen ist die Region mit der klassischen deutschen stratigraphischen Muschelkalk-Gliederung. Untersuchungen des Unteren Muschelkalks in der Umgebung von Jena sind schon seit dem 19. Jahrhundert durchgeführt worden. Die erste genaue stratigraphische Arbeit von diesem Gebiet schrieb WAGNER (1897). Weitere Arbeiten in dieser Region stammen unter anderem von FRANTZEN & KOENEN (1889), FREYBERG (1922), SEIFERT (1929), REICHARDT (1932), SEIDL (1965), WENDLAND (1980), ASSARURI & LANGBEIN (1987), SEIDL & LOECK (1990), GÖTZ (1994, 1996a), LANGBEIN & STEPANSKY (1996).

Schon die ersten Arbeiten erhalten Beschreibungen der Korrelations-Horizonte, die bereits in dieser Zeit Oolithbänke, Terebratelbänke und Schaumkalkbänke genannt werden (Abb. 5). WAGNER (1897) gliederte den Unteren Muschelkalk in einen Unteren Wellenkalk (von der Basis der Grenzkalkbank bis zu den Terebratelbänken) und in einen Oberen Wellenkalk. SEIFERT (1929) schlug als erster die bis heute gültige Gliederung in Unterer, Mittlerer und Oberer Wellenkalk vor, in dem er den Unteren Wellenkalk im Sinne von WAGNER (1897) zweigeteilt hat. Beide Autoren benutzten den Begriff „Zone“ im Sinne von lithologischen Abfolgen. WAGNER (1897) beschrieb eine Zone „a“ und „b“ unter den Myophorien-Schichten, die Myophorien-Schichten selbst als Zone „c“ und im Unteren Muschelkalk die Zonen „d“ bis „k“. SEIFERT (1929) beschreibt ganz ähnlich die Myophorien-Schichten als Zone I und im Muschelkalk noch weitere fünf Zonen (II bis VI).

Von REICHARDT & BERGER 1932 stammt eine detaillierte Profilaufnahme des Steinbruchs Steudnitz, auf welcher auch diese Arbeit aufbaut.

Der Steinbruch Steudnitz ist derzeit einer der besten Aufschlüsse im Unteren Muschelkalk von Thüringen, da er ein vollständiges Profil bietet und in einer für diese Region typischen Ausbildung vorliegt (Abb. 5). Es ist ein aktiver Tagebau, dadurch sind die Aufschlußverhältnisse sehr gut und die Wände frisch. Ein guter Zugang zu den Wänden ermöglicht die Beschreibung des vollständigen Profils.

Die tiefsten Anteile der Myophorien-Schichten, die etwa 17 m mächtig werden, wurden im Profil Dornburg aufgenommen, das etwa 2 km vom Steinbruch Steudnitz entfernt liegt. Nach der deutschen Stratigraphie gehören sie noch in den Buntsandstein. Ab der Grenzbank, die die Röt/Muschelkalk-Grenze definiert, wurde das Profil im Aufschluß Steudnitz aufgenommen. Über diesem Horizont liegen mehr als 35 m Unterer Wellenkalk. Darüber folgen die etwa 9 m mächtigen Oolithbänke, die von über 20 m mächtigem Mittleren Wellenkalk überlagert werden. Es folgen im Hangenden 4 m Terebratelbänke, die wiederum von 20 m Oberem Wellenkalk überlagert werden. Das Profil des Unteren Muschelkalks schließt mit den etwa 12 m mächtigen Schaumkalkbänken ab.

### III. Lithofaziestypen

Die Sedimentgesteine im Germanischen Becken zeigen die typischen Merkmale von Sedimentation auf einer Karbonat-Rampe. Man hat hier Sedimente der tieferen Becken-Fazies (dickschichtige bis dünnsschichtige Kalksteine, kristalline und bioklastische Kalksteine), Ablagerung flacheren Wassers, (lagunäre oolithische Kalksteine), bis hin zu dolomitischen Bildungen, wie Dolomiten die ein Sabkha-Milieu anzeigen (siehe Abb. 6). Zur Beschreibung unterschiedlicher Fazies-Typen benutzt man traditionell die Begriffe und „Wellenkalk-Fazies“ für die typischen dünnsschichtigen, dickschichtigen, knauerigen Kalksteinen und „Schaumkalk-Fazies“ für verschiedene oolithische Kalksteine. Diese Namen werden im ganzen Germanischen Becken benutzt, obwohl die Fazies in verschiedenen Beckenteilen etwas unterschiedlich entwickelt sind.

#### 1. Lithologien

In den bearbeiteten Profilen treten folgende Hauptlithologien auf (Tafel 1-5):

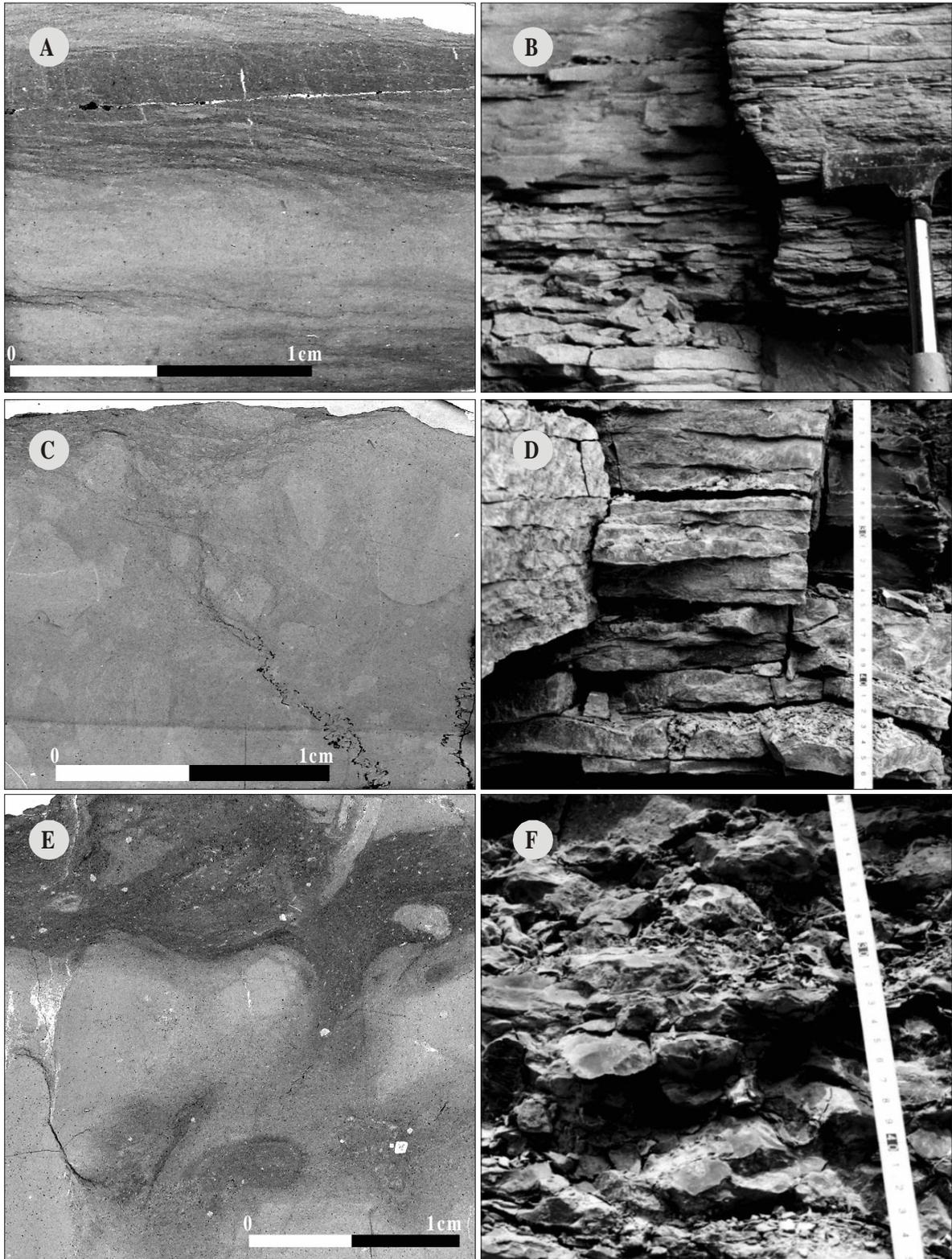
- a) Kalksteine
- b) Dolomite
- c) Mergelsteine
- d) Gips

Die wichtigste Gruppe sind die Kalksteine, welche eigentlich den ganzen Unteren Muschelkalk bilden. Selten (nördliches Harzvorland) treten auch Dolomite auf, welche im obersten Abschnitt der Myophorien-Schichten, in der Oolithbank-Zone und in den *Orbicularis*-Schichten, vorkommen.

- a) Kalksteine

In dieser Gruppe wurde acht Lithotypen unterscheiden:

- dünnsschichtige Kalksteine
  - wellige Kalksteine
  - stark bioturbate Kalksteine
- Knauerkalksteine
  - dickschichtige (plattige) Kalksteine
- bankige Kalksteine
  - bioklastische Kalksteine
  - oolithische Kalksteine.



**Tafel 1:** Mikro- und Lithofazies des Unteren Muschelkalks.

- A - plattiger Kalkstein mit laminiertes Feinschichtung
- B - dünn geschichtete, mergelige Kalksteine
- C - massiver Kalkstein mit Stylolithen und Bioturbationen (Mudstone)
- D - geschichteter Kalksteine
- E - knaueriger Kalkstein mit Bioturbationen
- F - knaueriger Kalkstein

- dünn-schichtige Kalksteine

Diese Kalksteine sind von hell- bis dunkelgrauer, manchmal gelblicher Farbe, aufgebaut aus dünnen (0,5 – 2 cm) Schichten. Sie bilden häufig 10-20 cm, manchmal auch 0,5-1 m mächtige Pakete. Dieser Kalksteintyp ist charakterisiert durch einen relativ hohen Anteil von Ton, sowie wenig Makrofossilien. In der Regel, enthalten sie nur wenige Brachiopoden, Gastropoden, und resedimentierte Karbonatkomponenten sind aber reich an Mikroorganismen (GÖTZ 1996). Sie werden als Bildungen niedrigerenergetischer und ruhiger subtidaler Sedimentation unterhalb der Wellenbasis gedeutet (ZWENGER 1988, LUKAS 1991).

- wellige Kalksteine

Diese grauen Kalksteine bilden, manchmal laminiert, einzelne Lagen von 1-3 cm Dicke, zumeist in 1 m mächtigen Paketen. Sie sind härter und haben geringen Anteil dem tonigen Sedimenten. Vereinzelt treten Muscheln und Bioturbation auf. Typisch sind wellige Strukturen der Schichtflächen (siehe Punkt 2.f.). Sie charakterisieren ruhige Sedimentationsbedingungen unterhalb der Wellenbasis.

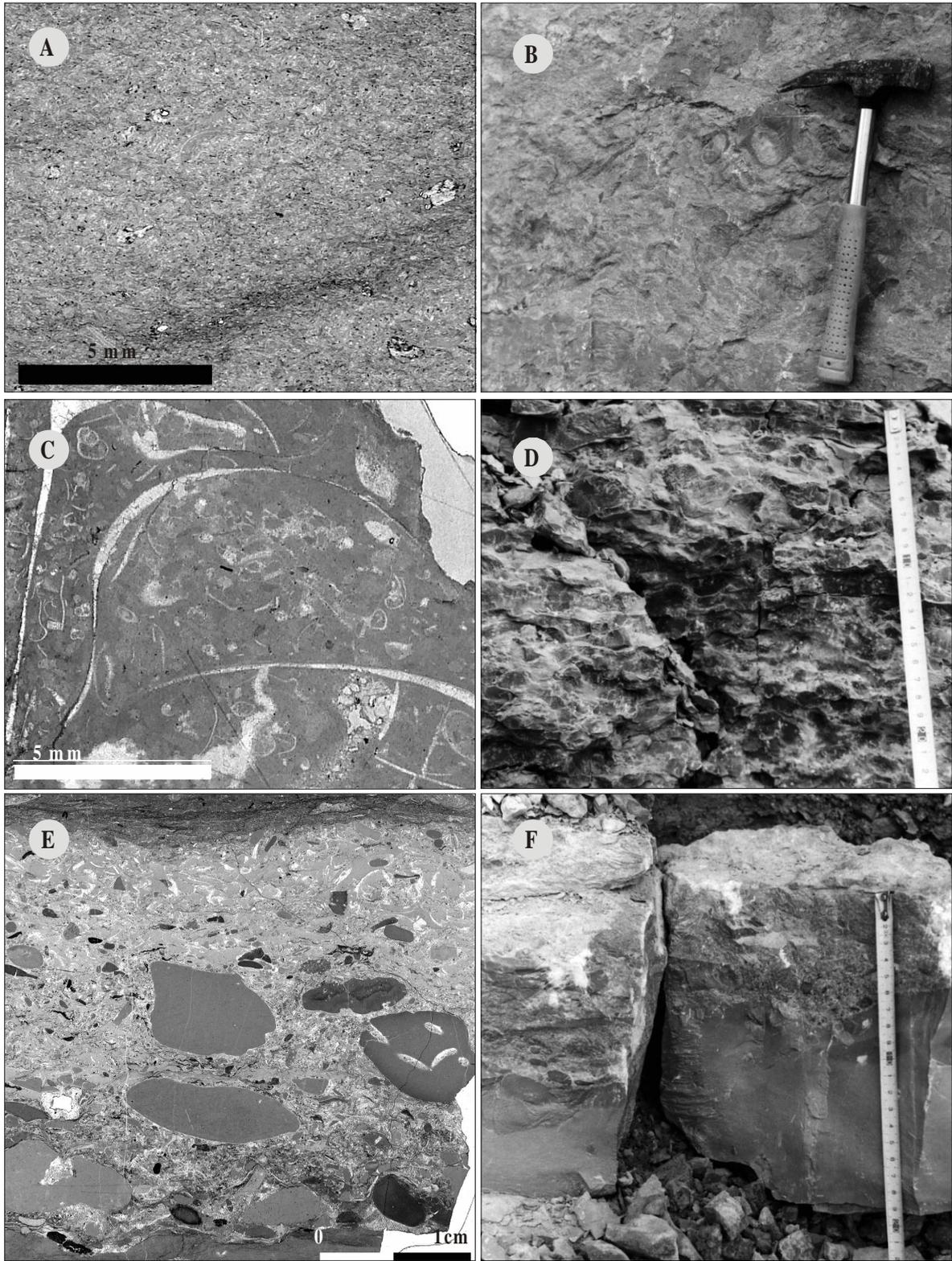
- stark bioturbate Kalksteine

Diese Gesteine bilden relativ dicke Pakete von einigen Metern Mächtigkeit. Sie bestehen fast ausschließlich aus bioturbatem Material. Muscheln sind selten. Dagegen sind Ichnofossilien der *Cruziana*-Fazies (*Rhizocorallium*, *Planolites*) als Erzeuger der Bioturbation häufig. Sie erscheinen besonders oft im Mittleren Wellenkalk, treten aber in allen drei Wellenkalk-Schichtgliedern auf. Diese Gesteine wurden abgelagert, als sich die Lebensverhältnisse in dem Becken soweit verbessert hatten, daß sich Schlamm-fressende Organismen optimal entwickeln konnten (verbessertes Sauerstoffgehalt und schwache Sedimentation). Stark bioturbate Kalksteine mit optimalen Bildungsbedingungen für *Rhizocorallium* weisen auf intertidales Milieu (FARROW 1966) hin.

Alle oben beschriebenen Lithotypen, sind charakterisiert durch erhöhte Anteile von tonigen Sedimenten und sehr armer Makrofauna. Selten treten Gastropoden und Brachiopoden auf; statt dessen sind Spurenfossilien häufiger, meist *Rhizocorallium*. Die Sedimentation fand unter wechselnden energetischen Bedingungen statt.

- knauerige Kalksteine

Ähnlich wie in den stark bioturbaten Kalksteinen bilden sich in diesem Lithotyp charakteristische Knauer-Strukturen. Sie sind durch ihre typische Flasertextur charakterisiert. Der Anteil der Ichnofossilien des *Cruziana*-Fazies ist geringer als im vorherigen Typ, dagegen enthalten sie häufiger Brachiopoden und Gastropoden. Sie bilden Pakete bis über 2 m. Diese Kalksteine ähneln den von GARRISON & KENNEDY (1977) und WANLESS (1979) aus der Unteren Kreide Englands beschriebenen. Sie entstanden wie der vorherige Typ im Intertidal bis flachem Subtidal.



**Tafel 2:** Mikro- und Lithofazies des Unteren Muschelkalks.

- A - Bioklasten-Wackestone
- B - massive Kalksteine mit Mumien von Schwämmen
- C - bioklastischer Kalkstein
- D - stark bioturbater Kalkstein
- E - bioklastischer Kalkstein mit Intraklasten am einem Hartgrund (Oolithbank  $\beta_2$ )
- F - massiver Kalkstein an der Basis und bioklastischer Kalkstein in Hangenden (Oolithbank  $\beta_2$ )

- dickschichtige (plattige) Kalksteine

Dieses Lithotyp bildet 0,1-2 m mächtige Schichtfolgen, welche von einzelnen Lagen von 2-5 cm zusammengesetzt sind. Sie enthalten Bioturbationen (*Palaeophycus*, *Thalassinoides* und *Pholeus*) und eine Brachiopoden-Fauna. Häufig treten hier Kanälen und Rinnen (*channels*, *gutter casts*; siehe Punkt 2. c, dieses Kapitel) auf. Es bestehen häufig fließende Übergänge zum nächsten lithologischen Typ der bankigen Kalksteine.

Beide oben beschriebenen Kalkstein Lithotypen zeichnen sich durch einen geringen Anteil von tonigem Material aus. Die reiche Fauna im Wechsel mit der Ichnofauna sprechen für ein höher energetisches Bildungsmilieu (KNAUST 1998).

- bankige Kalksteine

Dieser Lithotyp wird durch feinkritische Kalksteine charakterisiert von grauer bis graubrauner Farbe. Sie bilden feste Platten und Bänke von 5-20 cm sowie mehrere Metern mächtige Pakete. Sie sind fossilfrei oder schwach fossilführend, oft laminiert und horizontal geschichtet (siehe Punkt 2.e.). Auf ihrer Oberfläche finden sich Spurenfossilien (*Thalassinoides*, *Pholeus*, *Balanoglossites*, und *Trypanites*) mit Hartgründen. Die Lamination ist durch Farbwechsel hervorgehoben. Dieser Typ kommt im ganzen Unteren Muschelkalk vor. Er weist auf ruhige Bedingungen im Subtidal hin (ZWENGER 1988).

- bioklastische Kalksteine.

Bioklastische Kalksteinbänke sind meistens zwischen 2 und 10 cm mächtig, obwohl auch amalgamierte Paketen über 50 cm auftreten. Sie haben braungraue Farben und enthalten schlecht oder sehr schlecht sortierten Muscheldetritus. Manchmal findet man vollständige, mikritisierte Brachiopoden und Muscheln. Als weitere Kornbestandteile treten öfter Crinoiden, Fischreste, und manchmal Wirbeltierknochen auf. Enthalten sind Intraklasten, welche Basiskonglomerate bilden (siehe Punkt 2.i.). Die Intraklasten bestehen überwiegend aus pelitischen Kalksteinen die den Liegendschichten entstammen. An der Oberfläche finden sich oft Hartgründe (siehe Punkt 2.a.). Bioklastische Kalksteine können im gesamten Muschelkalk auftreten. Es handelt sich um Tempestite (AIGNER 1979, 1982). Abhängig vom Detritus kommt ein Bildungsmilieu von Subtidal bis flaches Intertidal in Betracht.

- oolithische Kalksteine.

Die Mächtigkeit des Kalksteine schwankt zwischen 10 und mehr als 200 cm. Es handelt sich um helle (hellgrau bis hellgelb), fossilarme, oolithische Kalksteine, die Brachiopoden, Gastropoden und Schwamm-Mumien enthalten. Die Sortierung der Komponenten ist generell gut. Sind oft schräg und diagonal geschichtet (siehe Punkt 2.e.). Sie treten in den Górażdże-Schichten und Karchowice-Schichten Polens sowie im Schaumkalk von Deutschland auf. Oolithische Kalksteine sind charakteristisch für ein hochenergetisches Bildungsmilieu im flachen Intertidal bis Lagunenbereich, von 2 - 5 m Wassertiefe.

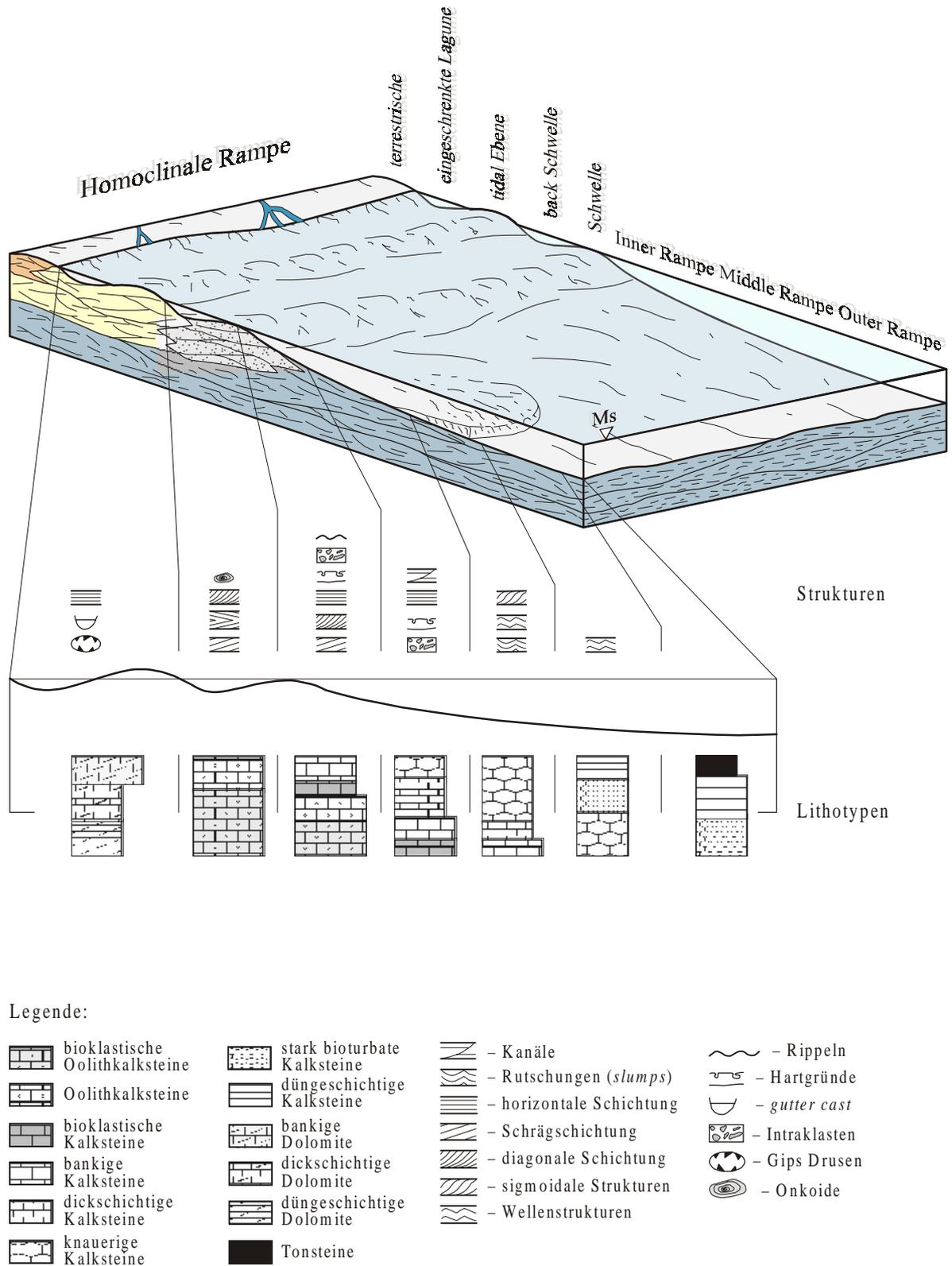


Abb. 6: Lithotypen Sedimentationmodell auf eine Karbonat-Rampe (nach TÖRÖK 1993, verändert).

Die drei letztgenannten Lithotypen sind charakteristisch für hoch energetische Bedingungen (Oolithen, Intraklasten). Die Entstehung der Hartgründe ist verbunden mit episodischen Unterbrechungen der Sedimentation. Die reiche Fossilführung spricht für optimale Lebensverhältnisse (gute Durchlüftung, vollmarine Bedingungen).

## b) Dolomite

Dolomite, ähnlich wie Kalksteine, werden in vier verschiedene Lithotypen untergliedert:

- dünnsschichtige Dolomite
- dickschichtige Dolomite
- bankige Dolomite
- oolithische Dolomite

### • dünnsschichtige Dolomite

Diese Gesteine sind von hellgrauer, grüngrauer und gelbgrauer Farbe. Die Mächtigkeit der einzelnen Bänke erreicht Werte von ca. 10-30 cm. Muscheln treten hier sehr selten auf. In den Unteren Gogolin-Schichten bei Krakau (Profil Płaza) treten dünnsschichtige dolomitisierte Kalksteine auf. Sie charakterisieren flaches Wasser, Übergänge zu flachen Lagunen, Sabkhasedimente mit salinaren Bedingungen und Landnähe.

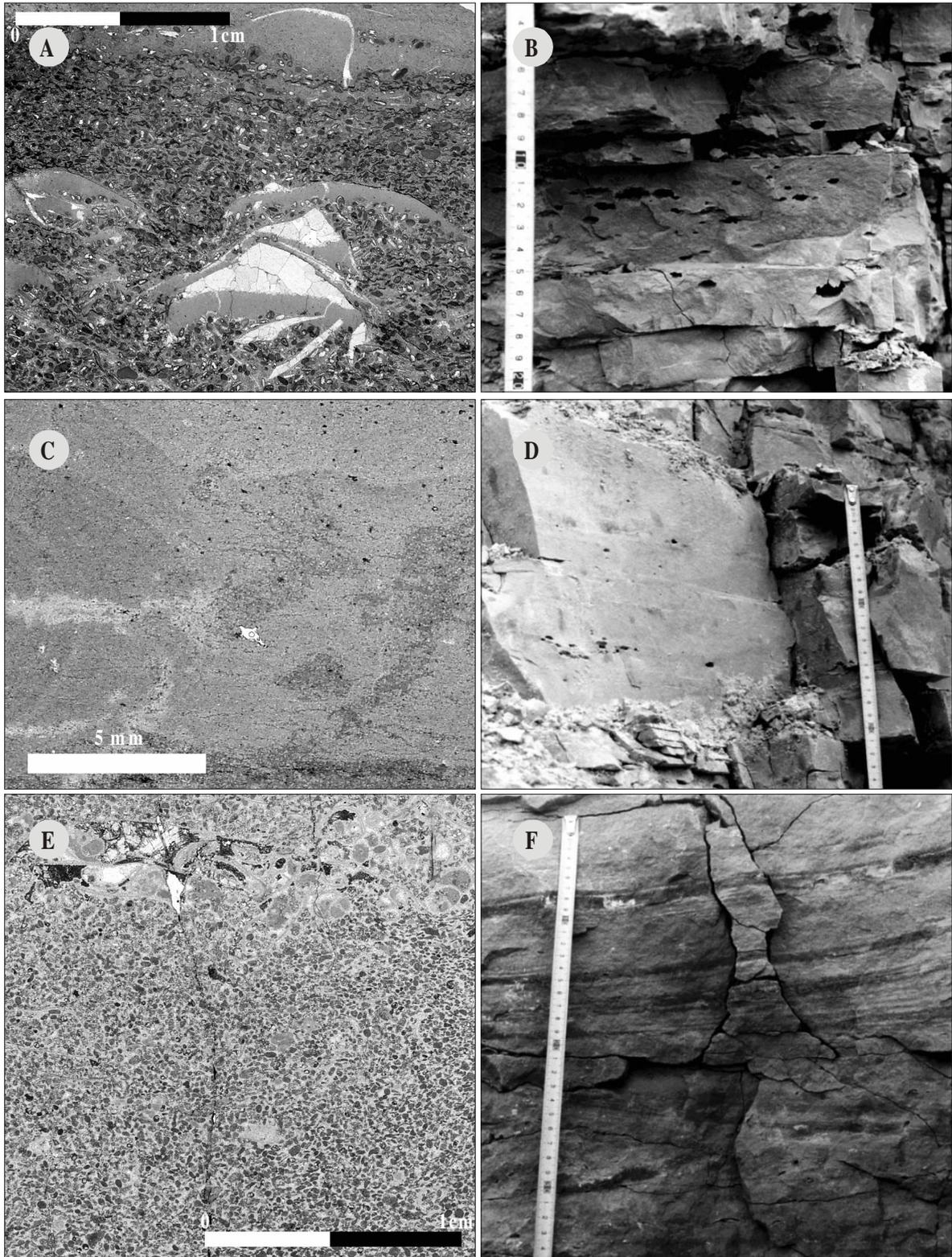
### • dickschichtige Dolomite

Dieser Lithotyp steht aus grauen, graugelblichen, fossilfreien Dolomiten. Sie sind schwach laminiert und bilden Paketen von 0,2-3 m Mächtigkeit, sind aber auch in dünnsschichtige Dolomite eingeschaltet. In den Myophorien-Schichten enthalten diese Sedimente Gipseinlagerungen (siehe Punkt 1.d.) und in den *Orbicularis*-Schichten Lösungshohlräume von Gips (siehe Punkt 2.k.). In der Nähe von Płaza treten auch dolomitisierte dickschichtige Kalksteine auf.

Beide geschichtete Dolomit-Lithotypen sind frühdiagenetisch dolomitisierte Sedimente, die durch vadose Wässer rezent dedolomitisiert werden. Ihre gelbliche Farbe ist sekundär und eine Folge der Oxidation (SCHÜLLER 1967, PAUL & FRANKE 1977, LUKAS & WENZEL 1988, ASSARURI & LANGBEIN 1990). Der Bildungsraum dieser Dolomite ist das höhere Intertidal bis Supratidal (LUKAS & WENZEL 1988, TUCKER 1990).

### • bankige Dolomite

Bankige Dolomite bilden hellgelbliche und gelbliche, bis über 2 Meter mächtige, dichte Schichten und enthalten Lösungshohlräume von Gips. Schichtung oder Lamination wie auch andere strukturelle Merkmale fehlen. Es handelt sich um Sabkha-Bildungen mit stagnierendem Charakter und sehr niedriger Energie.



**Tafel 3:** Mikro-, Lithofazies und Strukturen des Unteren Muschelkalks.

- A - oolithischer Kalkstein (Bioklasten-Ooid-Grainstone) mit geopetalen Strukturen und Übergang zum Mudstone  
 B - geschichtete Dolomite mit Lösungshohlräumen vom Gips (*Orbicularis*-Schichten)  
 C - massiver Dolomit  
 D - massiver Dolomitbank mit Lösungshohlräumen vom Gips (*Orbicularis*-Schichten)  
 E - Peloid-Grainstone mit Brachiopoden und Gastropoden  
 F - diagonale (oben) und schräge (unten) Schichtung in Schaumkalkbank  $\chi_1$

- oolithische Dolomite

Es ist eine Gruppe von dolomitierten oolithischen Kalksteinen (siehe Punkt 1.a.). Sie treten im Steinbruch Płaza bei Krakau auf, haben gelbliche bis hellcremige Farbe und sind fossilführend.

## c) Mergel

Mergelsteine einschließlich dolomitischer Mergel, sind hellgrau, grau bis schwarz sowie braun, graubraun und gelblichgrau. Sie bilden häufig 1-20 cm mächtige Einlagerungen im Wellenkalk und kommen als Einlagerungen zwischen den Leitbänken des Unteren Muschelkalks vor sowie bis zum 5 m dicke Pakete in den Myophorien-Schichten und im *Orbicularis*-Schichten.

## d) Gipse

Dünne Schichten von Fasergipsen treten in Myophorien-Schichten auf (Profil Donburg). Es handelt sich um ca. 1-2 cm starke Horizonte von hellrosafarbene Fasergipsen.

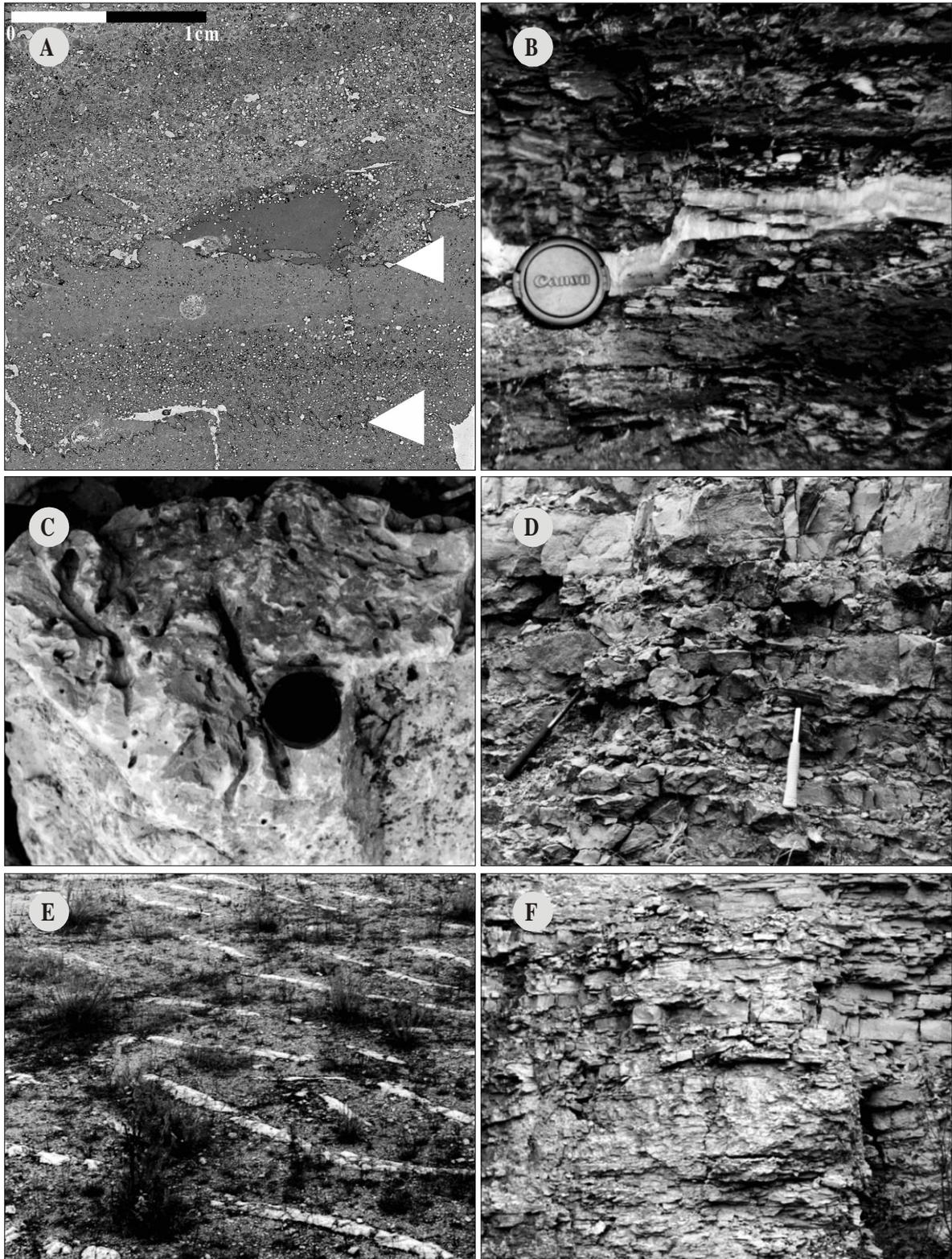
2. Strukturen

In den Profilen des gesamten Unteren Muschelkalks treten zahlreiche sedimentologische und diagenetische Strukturen auf (Tafel 1-5):

- Hartgründe
- Rippeln
- Kanälen und Rinnen (*channels, gutter cast*)
- Rutschungen (*slumps*) und Schuttströme *debris flows*
- Lamination und Schichtungen:

- Horizontalschichtung
- Schrägschichtung
- Fischgräten (*herring bones*)
- Diagonalschichtung

- Wellenstrukturen
- Sigmoidale Strukturen
- Zellenstrukturen
- Intraklasten (Konglomerat)
- Hornsteine (*cherts*)
- Lösungshohlräume von Gips



**Tafel 4:** Mikro-, Lithofazies und Strukturen des Unteren Muschelkalks.

- A - Peloid-Grainstone mit Schrägschichtung (oben), Styolithen und erosive Grenze mit Mudstone (Pfeile)
- B - Fasergipslage in Tonstein (Myophorien-Schichten)
- C - Hartgrund-Oberfläche
- D - oolithischer Horizont mit Rippeln (oberhalb des Hammern)
- E - Rippel-Oberfläche
- F - *channel* Strukturen

## a) Hartgründe

Hartgründe treten im gesamten Unteren Muschelkalk auf. Sie bilden sich an der Oberfläche von bankigen Kalksteinen, von bioklastische Kalksteinen und auch von oolithischen Kalksteinen. Kennzeichnend sind Bohrgänge vom *Balanoglossites* und *Trypanites*. Es sind Hohlformen, die zum Teil von der Gesteinsoberfläche senkrecht in das Gestein hinreichen und mit bioklastischen Material ausgefüllt sind. Die Hartgründe sind oft von Crinoiden und benthonischen Muscheln besiedelt. Festgründe (*firm grounds*) werden den Hartgründen zugeordnet.

## b) Rippeln

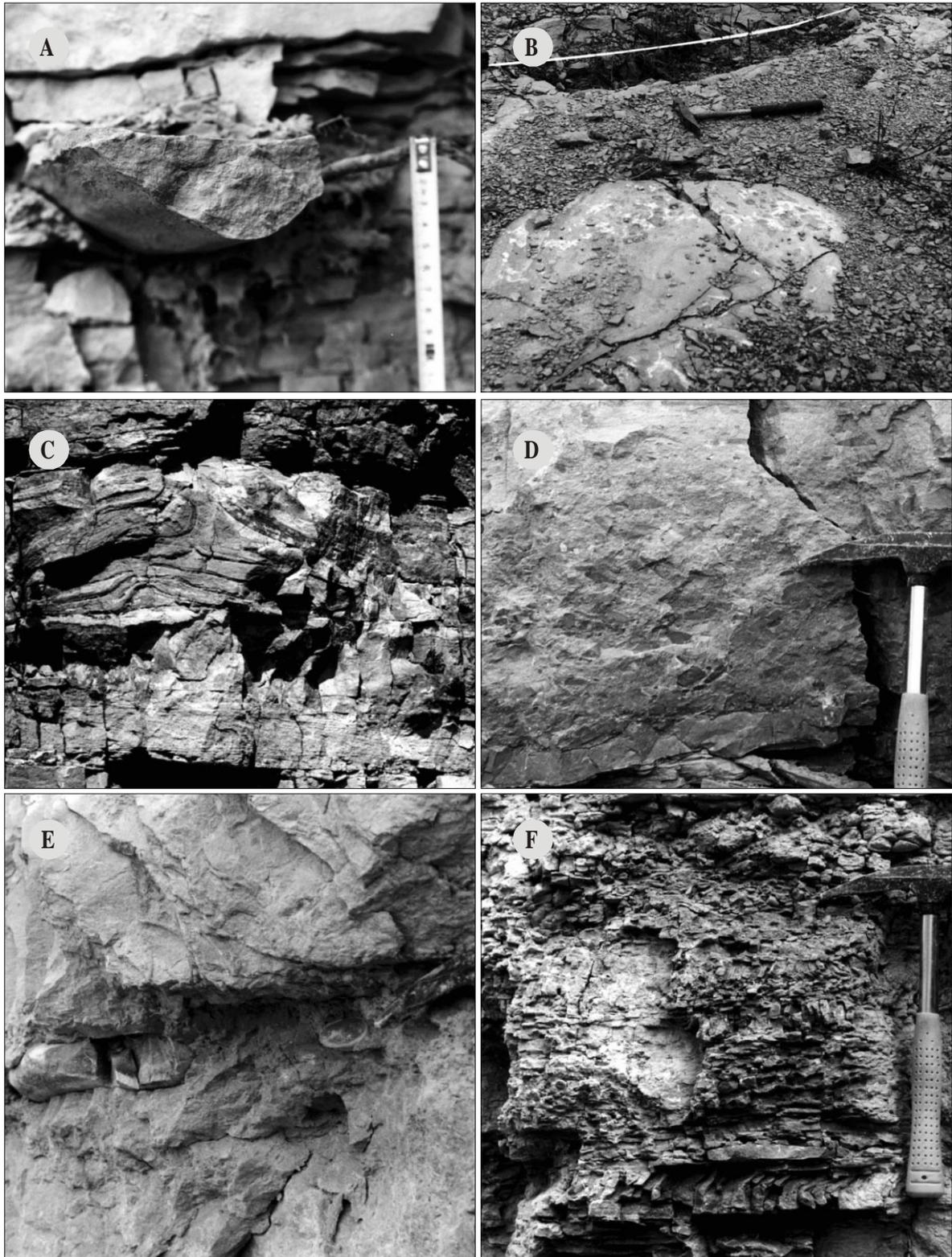
Rippeloberflächen bilden sich sowohl auf bankigen mikritischen, als auch auf oolithischen Kalksteinen. Es sind oszillierende Rippeln mit Amplituden von 20-50 cm, die sich zum Beispiel in Strandzonen ausbilden. Sie markieren sehr oft exzellente, einige Zehner Kilometer weit korrelierbare Oberflächen.

## c) Kanäle und Rinnen

Diese Strukturen erscheinen im gesamten Profil den Unteren Muschelkalks. Es sind synsedimentären Deformationsgefüge, welche durch das Einsinken von bereits verfestigten Sedimentpartien in ein noch nicht verfestigtes Material entstanden (SCHWARZ 1970, 1975). Es sind kleine, bis etwa 1 - 2 Meter breite Strukturen (*load casts*). Es gibt auch Rinnen (*gutter casts*), welche möglicherweise auf Strömungen zurückgehen, die durch Wind oder Tidenhub verursacht sind (WITTACKER 1973).

d) Rutschungen (*slumps*) und Schuttstrome (*debris flows*)

In Polen kommen diese Strukturen in den Gogolin- und Terebratel-Schichten vor, in Deutschland im Wellenkalk. Sie bilden sich meistens in pelitischen Kalksteinen (dünn-schichtige, dick-schichtige, stark bioturbate und knauerige Kalksteine). In bioklastischen Kalksteinen kommen brotlaibförmige Strukturen vor, sogenannte Kissenstrukturen (*pillow structures*). Das schwerere bioklastische Material senkt sich dabei in die liegenden dick-schichtigen oder knauerigen Kalksteinschichten ein. Ferner treten *debris flows* auf und wurden als Rutschungen von dünn-schichtigen, dick-schichtigen und knauerigen Kalksteinen beschrieben. Mächtigkeiten dieser Strukturen liegt bei 1-1,5 m. Sie enthalten mehr oder weniger rundliche Klaster in verschiedener Sortierung, welche in einer mergeligen Matrix eingeschlossen sind. Solche *debris flow* - Horizonte sind im regionalen Rahmen gut korrelierbar (GÖTZ 1996a), nach SZULC (1993) werden sie auf seismische Aktivität zurückgeführt. Detaillierte Beschreibungen und Interpretationen zur Genese der *slumps* erfolgten durch SCHWARZ (1970), VOIGT & LINNEMANN (1996) und RÜFFER (1996).



**Tafel 5:** Strukturen des Unteren Muschelkalks.

- A - *gutter cast*-Struktur
- B - *pillow*-Strukturen in Wellenkalk
- C - *slump*-Struktur
- D - „Konglomeratbank“ an der Basis Schaukalkbank  $\chi_1$
- E - Chert-Horizont in massivem Kalksteinen
- F - sigmoidale Strukturen in stark bioturbatem Kalkstein

## e) Lamination und Schichtung

Diese Strukturen umfassen dünne laminierte Kalksteine und Mergel sowie verschiedene andere Schichtungstypen:

- Horizontale Schichtung tritt hauptsächlich in bankigen Kalksteinen sowie in oolithischen Kalksteinen auf, unterstrichen durch Farbwechsel und Kornfraktionierung in einzelnen Laminen,
- Schrägschichtung ist häufig in oolithischen, aber auch in bioklastischen und bankigen Kalksteinen. Sie ist durch Farbwechsel betont. In oolithischen Kalksteinen zeichnet sie sich durch Wechsel mit mikritischem Kalkstein aus, ebenso im Schaumkalk. Abarten dieses Schichtungstyps sind:
- Fischgräten (*herring bone*), eine im Querschnitt gegensinnige Schrägschichtung.
- Diagonalschichtung ist ähnlich wie Schrägschichtung an die oolithischen Kalksteine durch Farbwechsel betont.

## f) Wellenstrukturen

Wellige Strukturen kommen bevorzugt in dickschichtigen Kalksteinen vor. Sie gehören genetisch zu der *slumps*, zeigen aber eine gleichmäßige, wellige Faltung. Der Schichtverband ist zudem nicht zerrissen. Diese Strukturen bilden dünne, 2-4 cm starke Kalksteine, welche in Tonzwischenlagen eingesenkt sind.

## g) Sigmoidale Strukturen

Die Sigmoidal-Strukturen sind ein weiterer Deformationstyp. Diese kommen vor allem in dünn- bis dickschichtigen und stark bioturbaten Kalksteinen im gesamten Unteren Wellenkalk (Untere Gogolin-Schichten in Polen) und Schaumkalkbänken in Thüringen vor. Die primären Sedimentstrukturen sind verwischt und es ist unmöglich zu sagen, welche primäre Lithologie vorlag. Die Schichtmächtigkeiten schwanken von 2-10 cm. Sie sind fossilfrei; ob eine ursprüngliche Fossilführung ausgemerzt wurde, ist nicht zu entscheiden. Vermutlich gehen sie auf seismische Erschütterungen in teilweise zementierten Sedimenten zurück (SCHWARZ 1970).

## h) Zellenstrukturen (Zellendolomite)

Zellige Dolomite sind charakteristisch für den Grenzbereich Röt und Muschelkalk in Schlesien. Sie treten in den Unteren Gogolin-Schichten in den Steinbrüchen von Raciborowice bei Bolesławiec, von Pogorzyce und von Płaza in der Krakau Region auf. Es sind etwa 20 cm mächtige Horizonte, von gelber und braungelber Farbe. Sie entstehen durch Lösung von Gips, der mit Dolomit wechsellagert.

## i) Intraklasten (Konglomerate)

Intraklasten treten sehr häufig in bankigen und bioklastischen Kalksteinen des Wellenkalks und auch in oolithischen Kalksteinen des Schaumkalks auf. Es sind flache

längliche bis rundliche Intraklasten aus aufgearbeiteten Material, das durch Sturmereignisse umgelagert wurde. Es treten auch Intraklasten mit Bohrgängen auf, die von Hartgrund-Sedimenten abstammen. Die Intraklastlagen erreichen teilweise Mächtigkeit bis 20 cm und können im regionalen Rahmen zur Korrelation genutzt werden, z.B. im Thüringer Becken.

j) Hornsteine (*cherts*)

Cherts kommen in den untersten Partien der Unteren Gogolin-Schichten im Steinbruch Płaza, in der Krakau Region und auch in den Karchowice-Schichten in Steinbruch Strzelce Opolskie vor. Sie treten im horizontalen als linsige Konkretionen auf. Im Steinbruch Płaza enthalten die Cherts bioklastisches Material und auch Oolithe, dagegen sind die Cherts aus Strzelce Opolskie pur.

k) Lösungshohlräume von Gips

Diese Strukturen findet man in Dolomiten zwischen der Mittleren und Oberen Schaumkalkbank und oberhalb in den *Orbicularis*-Schichten im Steinbruch Steudnitz und Rüdersdorf. Sie deuten auf einen Milieuwechsel hin, den Übergang in hypersalinare Bedingungen, welche im Mittleren Muschelkalk vorherrschen. Sie ähneln den zelligen Dolomiten; der Sulfatanteil war aber auf knollige Einlagerungen konzentriert, welche durch Lösungsvorgänge entfernt wurden.

## • IV. Zyko- und sequenzstratigraphische Korrelation

Die im Germanischen Becken herrschenden Bedingungen verursachten eine Sedimentabfolge, die man ausgezeichnet zyklisch interpretieren kann und deren Sequenzanalyse uns ein Entwicklungsbild von der Sedimentation im Becken und seinen tektonischen Einflüssen gibt. Die Sedimente der flachmarinen Karbonat-Rampe und ihrer Umgebung sind für Meeresspiegelschwankungen sehr empfindlich und erlauben dadurch eine detaillierte Zykostratigraphie.

### 1. Methodik und Interpretation

Die in dieser Arbeit vorgeschlagenen und zur Korrelation herangezogenen Zyklen basieren auf sehr detaillierten lithologischen Profilaufnahmen, auf Messungen der natürlichen Gammastrahlung und auf Logs von Bohrungen. Zunächst wurden Zyklen auf der Basis der sedimentologischen Merkmale und des Fossilinhalts definiert. Es wurde also eine klassische Sedimentanalyse durchgeführt. Danach wurden die Gammakurven zyklisch interpretiert. Abschließend wurden beide Interpretationen parallelisiert. Für die Korrelation zwischen weit entfernten Aufschlüssen wurden zusätzlich Gammakurven von Bohrungen herangezogen.

#### a) Lithologische Profilaufnahme

Lithologische Profile (siehe Kapitel I.3.) wurden von allen Aufschlüssen im Maßstab 1:25 aufgenommen. Eine so detaillierte Bearbeitung erlaubt die Aufzeichnung von Schichten bis zu einer Mächtigkeit von ca. 2-2,5 cm und die Berücksichtigung aller beobachteten Strukturen und Fossilien. Auf der Basis dieser Daten wurde eine bathymetrische Reihung der Lithotypen (siehe Kapitel III) aufgestellt. Da das Germanische Becken generell ein flaches, epikontinentales Meer war, lag die maximale Beckentiefe für die Wellenkalk-Fazies schätzungsweise bei etwa 40-70 m (KLOTZ 1992, AIGNER & REINECK 1982). Die einzelnen Lithotypen können dabei nicht absoluten Wassertiefen zugeordnet werden, sondern es sind nur relative Angaben möglich. So kann z.B. gesagt werden, daß der Lithotyp *x* flacher ist als der Lithotyp *y*. Gleiche Lithotypen können in verschiedenen Profilen in unterschiedlichen Tiefen abgelagert worden sein, treten aber innerhalb der Sedimentations-Zyklen stets in gleicher Position auf.

Auf der Basis detaillierter Profilaufnahmen werden in den in der Literatur als Wellenkalk beschriebenen Schichten 13 weitere untergeordnete Lithotypen ausgeschieden; dazu kommen zwei Lithotypen in den Oolithkalksteinen und einige weitere in der dolomitischen Fazies (siehe Kapitel III). Die Merkmale bei der Gliederung der verschiedenen Lithotypen waren Tongehalt, Bioturbationsindex und Fossilinventar sowie Sedimentstrukturen (Schichtung, Hartgründe und weitere - siehe Kapitel III).

#### b) Aufschluß-Gamma-Logs

In allen Aufschlüssen wurde mit Hilfe einer Meßsonde (siehe Kapitel I.4.a) die natürliche Gamma-Strahlung der Gesteine gemessen. Diese neue Methode erlaubt eine

detaillierte Interpretation der Zyklen sowie eine Korrelation mit Gammakurven aus Bohrungen.

Die Messung der Gamma-Strahlung dient zwei Zwecken. Erstens erlauben sie eine präzise und vollständige Analyse und Interpretation der Zyklen. Die natürliche Gamma-Strahlung zeigt vor allem den Tongehalt an. Die tonreichen Sedimente (Mergel, mergelige Kalksteine) besitzen eine erhöhte Gamma-Strahlung von etwa 30-40 Impulsen pro Sekunde (*counts per second; cps*) im Muschelkalk und bis über 70 cps in den Myophorien-Schichten. In bankigen, bioklastischen und oolithischen Kalksteinen sinken diese Werte bis ca. 10-20 cps (Minimalwert 7 cps in den Karchowice-Schichten in Strzelce Opolskie). In diesen Lithotypen spielt auch die Sediment-Porosität eine wichtige Rolle (besonders in den oolithischen Kalksteinen). Die Trends, die man an den Gammakurven beobachten kann, entsprechen den beschriebenen Sedimentations-Zyklen. Deshalb können in schwierigen Profilabschnitten, in denen die lithologische Variabilität und sedimentologische Merkmale keine ausreichenden Argumente für die Abgrenzung der Zyklen zeigen, die Gammakurven zur Definition der Zyklen benutzt werden.

Die zweite sehr wichtige Rolle von Gammakurven aus Aufschlüssen ist die Parallelisierung mit geophysikalischen Kurven aus Bohrungen. Charakteristisch verlaufende Trends der Gammakurven bieten zudem eine Möglichkeit Leithorizonte zu markieren, was überhaupt erst eine Korrelation von ca. 200 km voneinander entfernten Profilen mit so differenzierten Lithologien und Fazies-Entwicklungen erlaubt. Dadurch läßt sich auch bestimmen, welche Meßwerte in Bohrungen welchen Lithotypen in den Aufschlüssen entsprechen.

### c) Bohrloch-Gamma-Logs

Gamma-Logs von ausgewählten Bohrungen wurden digitalisiert, was eine Kalibrierung mit Gammakurven aus Aufschlüssen erlaubt hat. Durch die Verwendung der geophysikalischen Kurven aus Bohrungen können die über 200 km entfernten lithologischen Profile ergänzt und überbrückt werden, was einen völligen Überblick über Lithologiewechsel und Fazies-Entwicklungen im Becken ermöglicht. Genutzt wurden Daten aus folgenden Bohrungen (Abb 1):

- Wegeleben 1/65
- Subherzyn 105/63
- Kali-Farsleben 3/85
- Oderberg 1
- Wriezen 1/82
- Ośno Lubuskie IG 2
- Gorzów Wielkopolski IG 1
- Świebodzin 1
- Sulechów IG 1
- Rybaki 1
- Drebkau 105/64
- Środa Wielkopolska IG 3
- Kalisz IG 1
- Więcki IG 1
- Wojciechów IG 1
- Rzeki IG 1

Zunächst wurde eine Übersichts-Korrelation auf der Basis der Gammakurven von Bohrungen erstellt. Durch die Einbeziehung der Aufschlüsse konnten Gamma-Trends und Lithologien miteinander in Beziehung gesetzt werden. Dadurch war es möglich, die Grenzen lithologischer Einheiten (Formationen, Member) zu kalibrieren. Erst danach wurde eine Parallelisierung der einzelnen Sedimentations-Zyklen in allen Aufschlüssen durchgeführt.

#### d) Kleinzyklen

Über die Zyklizität im Muschelkalk schrieb schon FIEGE (1938). Er schied 5 m mächtige Zyklen aus. Dagegen kamen die ersten Arbeiten, in denen eine Korrelation und Gliederung des Unteren Muschelkalks auf der Basis von Kleinzyklen durchgeführt wurden von SCHÜLLER (1967) und SCHULZ (1972). In diesen Arbeiten führen die Autoren auch eine detailliertere Gliederung in einen Unteren, Mittleren und Oberen Wellenkalk auf der Basis von Zyklen durch, und zwar zuerst in Südniedersachsen (SCHÜLLER 1967) und dann in Hessen (SCHULZ 1972). Später beschreiben KRAMM (1986, 1994, 1997), GÖTZ (1994, 1996a) und GÖTZ & BURKHARDT (1999) in gleicher Weise definierte Zyklen in Osthessen, in der Rhön, im Raum Creuzburg - Westthüringen und in Mitteldeutschland. In diesen Arbeiten wurde eine Korrelation und Stratigraphie im Germanischen Becken auf der Basis von Zyklen (Tabelle 3) versucht.

	vorherrschende Lithologien	Arbeitsbegriffe für die einzelnen Schichtpakete	Lithotypen
4m	Mergelkalk, blättrig ockergelb	Gelbkalkfolge	Mergelkalk, gelb
3	Mergelkalk, blättrig	Mergelkalkfolge	Mergelkalk, hellgrau
2	Wellenkalk	Wellenkalkfolge	Wellenkalk, mürbe  Wellenkalk
1	Intraklastbank  Plattenkalk	Bankfolge	Plattenkalk <sup>uneben</sup> Knauerkalk kristalliner Kalk Schaumkalk Intraklastbänke

Abb. 7: Idealer „Mergel-oben“-Zyklus nach SCHULZ (1972).

SCHULZ (1972) beschreibt einen idealen, sogenannten „Mergel-oben“-Zyklus (Abb. 6). Er ist charakterisiert durch die Abnahme von Kalziumkarbonat. Die am besten entwickelten Zyklen dieser Art beobachtet SCHULZ im Mittleren Wellenkalk. An der Basis solcher Zyklen liegen bankige, kristalline oder oolithische Kalksteine mit bioklastischen Kalksteinhorizonten, in denen auch Intraklasten zu beobachten sind. Darauf folgen

Wellenkalke, graue mergelige Kalksteine und gelbliche mergelige Kalksteine, die den Idealzyklus abschließen.

KRAMM (1986) beschreibt in seiner Arbeit zusätzlich „Mergel-unten“-Zyklen (Abb. 7), bei denen der Gehalt von Kalziumkarbonat nach oben zunimmt. In seinem Ideal-Zyklus interpretiert er das Auftreten von Hartgründen innerhalb der bankigen Kalksteinhorizonte als Sequenzgrenzen.

Der Zyklus beginnt mit bioklastischen Kalksteinen, die Intraklasten führen. Im Hangenden entwickeln sich Wellenkalke, die in Plattenkalke mit einem Hartgrund am Top übergehen. KRAMM beschreibt auch einen Abschnitt mit gelblichen, dolomitisierten Plattenkalcken direkt unter dem Horizont mit dem Hartgrund, der jedoch nicht immer entwickelt ist. Ebenso beschreibt KLOTZ (1990) im Unteren Muschelkalk oben-grob- (*coarsening-upward*) Zyklen, welche mit Tonsteinschichten und dünn-schichtigen Kalksteinen beginnen und die mit dickbankigen Kalkareniten mit Bioklasten und Intraklasten sowie Oolithen und Dolomiten am Top abschließen.

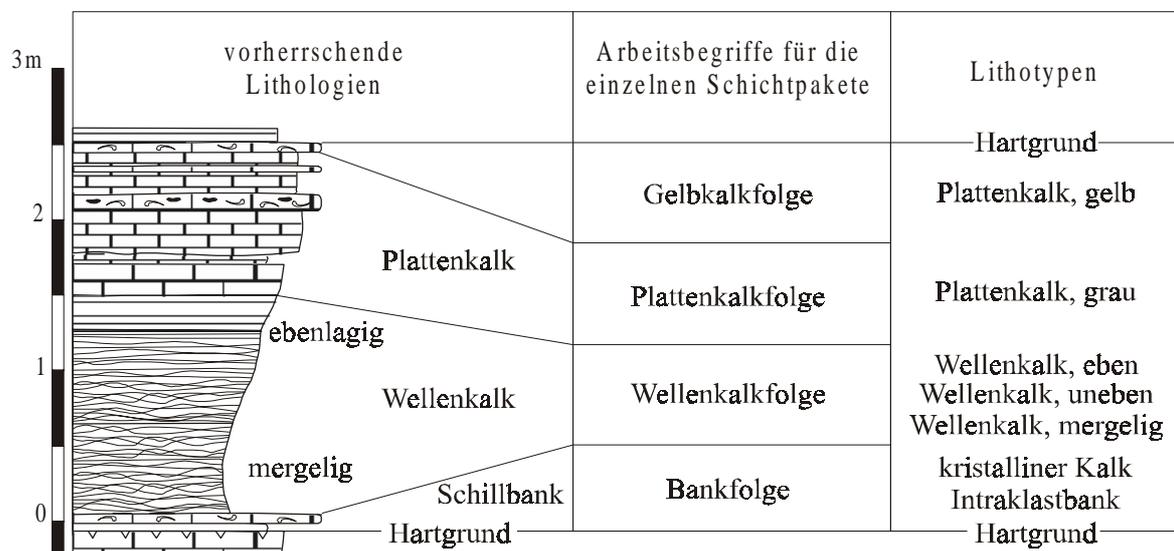


Abb. 8: Idealer „Mergel-unten“-Zyklus nach KRAMM (1994).

Auf dieselbe Weise, wie von SCHULZ (1972) und KRAMM (1994) beschrieben, wurden in einzelnen Profilen abwechselnd Verflachungs- (*shallowing*-) und Vertiefungs- (*deepening*-) Zyklen interpretiert. Bei der weiteren Korrelation und dem Vergleich von Zyklen in allen Profilen wurde jedoch festgestellt, daß einzelne Verflachungs- oder Vertiefungszyklen (Semizyklen) nur einen Teil eines symmetrisch ausgebildeten Sedimentations-Zyklus bilden.

Eine ähnliche zyklische Interpretation wurde im Unteren Keuper von PÖPPELREITER (1998) durchgeführt. Durch laterale Sedimentwechsel auf Grund unterschiedlicher sedimentologischer Bedingungen können einzelne Semizyklen in vielen Aufschlüssen auskeilen. So kann es vorkommen, daß von einem Zyklus in einem Aufschluß nur der Vertiefungs-Semizyklus, in einem anderen dagegen nur der Verflachungs-Semizyklus ausgebildet ist. Solche Semizyklen können nicht mit den von anderen Autoren (SCHÜLLER 1967, SCHULZ 1972, KRAMM 1986, 1994, 1997, GÖTZ 1994, 1996a) benutzten Methoden verglichen werden. Entscheidend ist, daß Verflachungszyklen lateral nicht in Vertiefungszyklen übergehen, wie z. B. von KRAMM (1994) angenommen. Vielmehr sind die Zyklen primär unvollständig ausgebildet. In Abhängigkeit von der Position der Profile

auf der Karbonat-Rampe kommt es entweder zu einer kontinuierlichen Ablagerung mit symmetrischen Zyklen oder aber nur zur Ausbildung eines Semizyklus (siehe Abb. 12).

Abb. 9 zeigt einen idealen Sedimentations-Zyklus im Muschelkalk, auf dessen Basis Profile im ganzen Germanischen Becken korreliert werden. Es handelt sich um einen symmetrischen Zyklus von aufeinander folgenden und allmählich ineinander übergehenden Vertiefungs- und Verflachungszyklen.

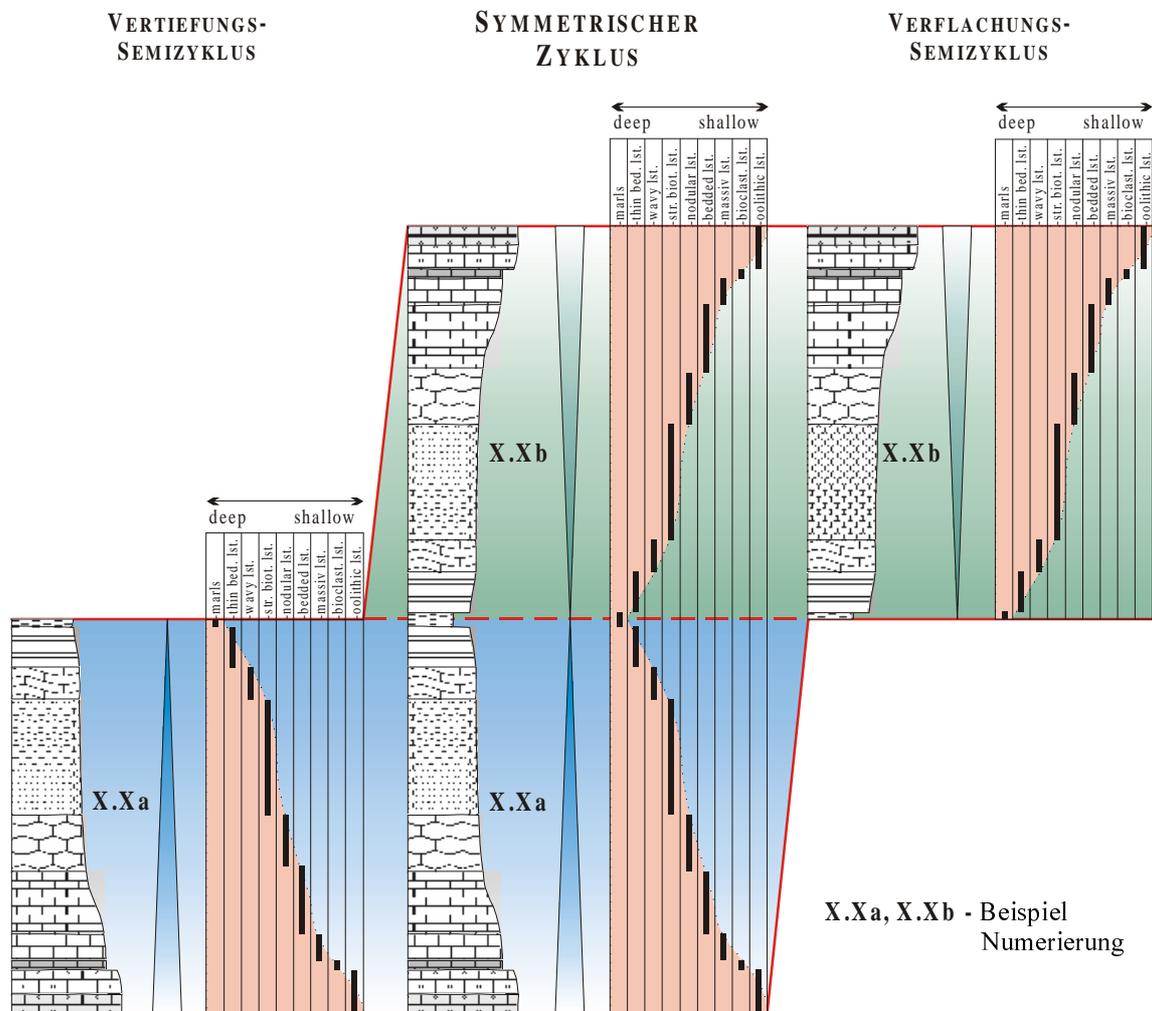


Abb. 9: Idealer symmetrischer Zyklus im Muschelkalk.

Die ersten Schichtenfolgen eines solchen symmetrischen Ideal-Zyklus sind meistens bioklastische Kalksteine, in denen sich oft Hartgründen finden. Diese Kalksteine können abhängig von der paläogeographischen Position innerhalb der Karbonat-Rampe auch ersetzt werden oder übergehen in oolithische Kalksteine. Diese Kalksteine enthalten an der Basis sehr oft Konglomerat-Horizonte oder Intraklasten. Manchmal treten als Grenzhorizont kristalline Kalksteine mit Hartgründen und einem bioklastischen Kalksteinhorizont am Top auf. Die Grenzziehung zwischen den Zyklen ist nicht immer eindeutig. So kann diese Schichtfolge teilweise dem liegenden Verflachungs-Semizyklus und dem überlagernden Vertiefungs-Semizyklus zugeordnet werden. Auch treten mitunter zahlreiche Hartgründe auf. Weiter geht die Abfolge über in dickschichtige Kalksteine, welche von anderen Autoren als „Plattenkalke“ bezeichnet werden. Dieser Übergang zwischen bankigen und dickschichtigen Kalksteinen kann sehr allmählich erfolgen. Es

folgt die von allen Autoren übereinstimmend als Wellenkalk bezeichnete Schichtenfolge. Hier werden zusätzlich weitere aufeinander folgende Lithotypen ausgesondert: knauerige Kalksteine, stark bioturbate Kalksteine und dünnsschichtige Kalksteine. Bei dem letzten Lithotyp sind manchmal wellige Strukturen zu beobachten, so daß noch ein weiterer Lithotyp, wellige Kalksteine, beschrieben wurde. Der erste Zyklus-Anteil, der einem Vertiefungs-Semizyklus entspricht, endet mit Tonsteinlagen. Solche Tonsteinlagen treten auch innerhalb der Verflachungs- oder Vertiefungs-Semizyklen auf und sind als Schichtfugen im Liegenden oder Hangenden von bankigen, bioklastischen und oolithischen Kalksteinbänken zu beobachten. Der zweite Teil (Semizyklus) des symmetrischen Idealzyklus entspricht dem Verflachungs-Semizyklus. Beim Meeresspiegel-Abfall kann es zur Ablagerung von Dolomit-Lagen kommen. Diese treten dann im Liegenden oder Hangenden eines Zyklus auf.

Eine Beschreibung der Lithotypen in der Reihenfolge von tiefer- bis flachmarinen Sedimenten und die Zusammenstellung in einer Spalte neben den lithologischen Profilen war sehr nützlich bei der Abgrenzung der Sedimentations-Zyklen. Sequenzgrenzen zwischen einzelnen Semizyklen wurden bei am stärksten ausgeprägten lithologischen Unterschieden sowie mit Hilfe sedimentologischer Merkmale gelegt. Die Grenze zwischen den beiden Anteilen in symmetrisch ausgebildeten Zyklen wurden innerhalb der relativ tiefsten Lithologie gelegt, da in dieser Position keine den Hartgründen vergleichbaren Grenzflächen vorhanden sind und die Übergänge allmählich ausgebildet sind. Fehlen diese Kriterien wurde eine Entscheidung mit Hilfe der Gammakurven getroffen.

## 2. Zykostratigraphische Korrelation

Die durchgeführten Korrelationen im Unteren Muschelkalk basieren auf den im vorherigen Punkt erläuterten Kriterien, wonach 21 symmetrische Zyklen ausgeschieden werden können. Zyklen lassen sich von den Myophorien-Schichten bzw. Unteren Gogolin-Schichten bis zur oberen Schaumkalkbank der Schaumkalkbänke bzw. den Karchowice-Schichten ausscheiden. In Steinbrüchen, in denen die aufgenommenen lithologischen Profile in das Liegende bzw. Hangende des Unteren Muschelkalks hinein reichten, wurden auch im Röt sowie Mittleren Muschelkalk Zyklen bestimmt (siehe Anlagen 1-6).

Folgende Numerierung wurde für die beschriebenen Zyklen vorgenommen (Tab. 3). Bei den so-Zyklen bedeutet „m“ Myophorien-Schichten:

- so,m.1, so,m.2 - Zyklen in den Myophorien-Schichten und Unteren Gogolin-Schichten
- mu1.1, mu1.2, mu1.3, mu1.4, mu1.5, mu1.6, mu1.7, mu1.8 - Zyklen im Unteren Wellenkalk und in den Oolithbänken sowie in den Oberen Gogolin-Schichten und untersten Górażdże-Schichten Polens
- mu2.1, mu2.2, mu2.3, mu2.4, mu2.5 - Zyklen im Mittleren Wellenkalk und in den Terebratel-Schichten sowie oberen Górażdże-Schichten und untersten Terebratel-Schichten Polens
- mu3.1, mu3.2, mu3.3 - Zyklen im Oberen Wellenkalk und in den oberen Terebratel-Schichten Polens
- mu4.1, mu4.2, mu4.3 - Zyklen in den Schaumkalkbänken sowie Karchowice-Schichten

Außerdem sind in einem symmetrischen Zyklus Vertiefungs- und Verflachungs-Semizyklen zu unterscheiden. Alle Vertiefungs-Semizyklen wurden zusätzlich mit einem „a“ Symbol (z.B.: mu1.5a, mu3.1a, ...) und alle Verflachungs-Semizyklen mit einem „b“ Symbol (z.B.: mu1.5b, mu3.1b, ...) gekennzeichnet. Auch eine kürzere Form bei der Beschreibung ist möglich: z.B.: m.1b, 1.1a, 3.2a, 4.1b, ...).

	Deutsche Gliederung	SCHÜLLER (1967)	SCHULZ (1972)	KRAMM (1994), GÖTZ (1994)	KĘDZIERSKI (1999)	Polnische Gliederung
Muschelkalk	Schaumkalk-Schichten <b>muS</b>	23	mu IV	c	<b>mu4</b>	3
		22		b		2
		21		a		1
	Oberer Wellenkalk <b>muW3</b>	20	mu III	d	<b>mu3</b>	3
		19		c		2
	Terebratel-Schichten <b>muT</b>	18		b		5
		17		a		
	Mittlerer Wellenkalk <b>muW2</b>	16	mu II	e	<b>mu2</b>	4
		15		d		3
		14		c		2
		13		b		1
12						
Oolithbänke <b>muO</b>	11	a	a	8		
Unterer Wellenkalk <b>muW1</b>	10	mu I	f	<b>mu1</b>	7	
	9		e		6	
	8		d		f	
	7					
	6		c		e	
	5					
	4		b		d	
	3					
	2		a		b	
	1					
Röt	Myophorien-Schichten <b>so</b>				<b>so,m</b>	2
						1
						Untere Gogolin-Schichten

**Tabelle 3:** Zyko- und sequenzstratigraphische Gliederung des Unteren Muschelkalks nach verschiedenen Autoren im Vergleich mit den Ergebnissen dieser Arbeit (vereinfachte Darstellung).

## a) Beschreibung der Zyklen

- Zyklen so,m.1, so,m.2.

Die Myophorien-Schichten und die entsprechenden Unteren Gogolin-Schichten in Polen bilden zwei symmetrische Zyklen: **so,m.1** (**so,m.1a** - **so,m.1b**) und **so,m.2** (**so,m.2a** - **so,m.2b**). Diese Schichten sind in den Steinbrüchen Steudnitz, Rüdersdorf, Raciborowice (Gross-Hartmannsdorf), Gogolin, Pogorzyce und Płaza aufgeschlossen.

Im Steinbruch Steudnitz beginnt das Profil mit einem *deepening*-Semizyklus, der mit dolomitischen Mergeln mit dünnen Gipslagen im Liegenden beginnt. Darüber folgen grüngraue Mergel und abschließend ein massiger Dolomithorizont. Im Hangenden befindet sich ein bankiger Kalkstein mit Brachiopoden. Dieser Horizont bildet die Basis der Grenzbank der Myophorien-Schichten. An deren Oberkante beginnt der Zyklus so,m.1.

Im Liegenden des Profils von Raciborowice ist auch Röt aufgeschlossen, das der erste *deepening*-Semizyklus bildet. Es handelt sich um bankige Dolomite von über drei Metern Mächtigkeit, welche in dolomitische Mergel übergehen, die bioklastische Kalksteine mit Intraklasten im Hangenden führen. Dieser Horizont ist der Basishorizont der Unteren Gogolin-Schichten. An seiner Oberkante beginnt der Zyklus so,m.1.

Im Profil Pogorzyce sind ebenfalls Röt-Sedimente mit aufgeschlossen. Hier konnten bis zum oolithischen Basishorizont der Unteren Gogolin-Schichten (Zyklus so,m.1) im Steinbruch Płaza 7 Semizyklen bestimmt werden.

Zyklus **so,m.1**.

In Steudnitz ist nur der *deepening*-**so,m.1a**-Semizyklus entwickelt. Er beginnt an der Oberkante eines bankigen Kalksteins, dem Basishorizont der Myophorien-Schichten, und leitet über in dolomitische Mergel mit dünnen Kalksteinlagen, die eine Fauna enthalten. Zum Top hin treten bankige Kalksteinhorizonte mit Fauna auf, die mit dünn-schichtigen Dolomiten wechsellagern. Der Semizyklus endet mit einem bankigen Kalkstein, der Brachiopoden führt.

In Rüdersdorf sind **so,m.1a**- und **so,m.1b** -Anteile eines symmetrischen Zyklus zu beobachten. Die Basisschichten des *deepening*-**so,m.1a**-Semizyklus sind nicht aufgeschlossen. Der obere Teil des Semizyklus besteht aus einem bioklastischen Kalkstein, der Intraklasten führt, dickschichtigen und dünn-schichtigen Kalksteinen mit Tempestitlagen und Fauna sowie Mergellagen. Der *shallowing*-**so,m.1b**-Semizyklus beginnt mit zahlreichen Mergellagen, bankigen und bioklastischen Kalksteinhorizonten mit Fauna sowie knauerigen und dickschichtigen Kalksteinen. Im höheren Teil ist die Abfolge einheitlicher. Jetzt treten bioklastische und bankige Kalksteinlagen häufiger auf. Der Zyklus endet mit einem bioklastischen Kalksteinhorizont.

In Raciborowice wurde, ähnlich wie in Steudnitz, nur der *deepening*-**so,m.1a**-Semizyklus gefunden. Er beginnt mit einem dickschichtigen Dolomithorizont und geht nach oben in dolomitische Mergel über. Hier treten Einschaltungen bankiger Dolomithorizonte auf, denen Mächtigkeiten zum Hangenden hin abnehmen. Die Dolomithorizonte werden stufenweise durch bioklastische Kalksteine mit Brachiopoden und Crinoiden ersetzt. Im oberen Teil sind auch Zellendolomite zu beobachten. Der Semizyklus endet mit einem bioklastischen Kalksteinhorizont.

Im Gogolin-Profil ist das Liegende der Unteren Gogolin-Schichten nicht aufgeschlossen. Hier konnte nur teilweise ein *deepening*-**so,m.1a**-Semizyklus und

*shallowing-so,m.1b*-Semizyklus bestimmt werden. Der **so,m.1a**-Semizyklus setzt sich zusammen aus bioklastischen und bankigen Kalksteinen mit Brachiopoden, Gastropoden und Crinoiden sowie Intraklasten an der Basis; er schließt ab mit einem bioklastischen Kalkstein mit knauerigen Kalksteinlagen. Der Semizyklus **so,m.1b** wird aus bankigen und bioklastischen Kalksteinen mit Horizontal- und Schrägschichtung aufgebaut und führt Brachiopoden und Wirbeltierreste.

In den Profilen der Krakauer Region wurde ein vollständiger symmetrischer Zyklus festgestellt. Im Liegenden des *deepening-so,m.1a*-Semizyklus sind bioklastische und oolithische Kalksteine mit Schrägschichtung und Rippeln entwickelt, die Brachiopoden und Crinoiden führen. Des weiteren treten bioklastische Kalksteine mit Brachiopoden, Gastropoden und Crinoiden auf, wechsellagernd mit dickschichtigen Dolomiten, sowie mit Zellendolomit-Horizonten. Wirbeltierreste sind darin zu beobachten. Daneben kommen bankige, knauerige und dünnsschichtige Kalksteine vor. Der *shallowing-so,m.1b*-Semizyklus ist von geringer Mächtigkeit und wird gebildet von dünnsschichtigen, knauerigen und bankigen Kalksteinen. Im hangenden Teil ist Horizontalschichtung ausgebildet; Brachiopoden, Gastropoden und Crinoiden bilden den Fossilieninhalt.

### Zyklus **so,m.2**.

Im Steinbruch Steudnitz ist dieser Zyklus symmetrisch entwickelt und setzt sich zusammen aus **so,m.2a**- und **so,m.2b**-Semizyklen. Der *deepening-so,m.2a*-Semizyklus beginnt mit dolomitischen Mergeln, welche in graue Mergel übergehen und in einem bankigen Dolomithorizont enden. Der folgende **so,m.2b**-Semizyklus beginnt mit Mergeln, in die dünnsschichtige Dolomitlagen eingeschaltet sind, und endet mit einem bankigen Dolomit.

In Rüdersdorf wurden auch beide **so,m.2a**- und **so,m.2b**-Semizyklen bestimmt. Der **so,m.2a**-Anteil ist ausgebildet als Wechsellagerung von bioklastischen und bankigen Kalksteinen sowie Mergellagen mit knauerigen und dickschichtigen Kalksteineinschaltungen. Anzahl und Mächtigkeiten der bankigen Kalksteine nehmen nach oben hin ab. Der Semizyklus endet mit einem Mergel. Der *shallowing-so,m.2b*-Semizyklus beginnt mit dickschichtigen und knauerigen Kalksteinen mit Mergellagen und geht über in eine Folge, die aus bioklastischen und bankigen Kalksteinen mit knauerigen Kalksteinlagen besteht. Den Top bildet ein bankiger Kalksteinhorizont mit einer bioklastischen Kalksteinlage.

Der Zyklus **so,m.2** im Raciborowice-Profil ist symmetrisch ausgebildet, von *deepening* zu *shallowing*, also als **so,m.2a**- und **so,m.2b**-Semizyklus. Der Semizyklus-**so,m.2a** setzt ein mit dolomitischen Mergeln mit Einschaltungen einzelner dickschichtiger Kalksteine und geht in dünnsschichtige und dickschichtige Kalksteine mit Fauna über. Den hangenden Abschluß bildet ein bankiger Kalksteinhorizont mit Fauna, darunter auch Fischresten. Der *shallowing-so,m.2b*-Semizyklus beginnt mit grauen Mergeln und dickschichtigen Kalksteinen. Darüber treten bankige Kalksteine mit Fauna und Einschaltungen bioklastischer Kalksteinlagen auf. Der Zyklus endet mit einem bankigen Dolomithorizont.

Auch in Oberschlesien wurden beide **so,m.2a**- und **so,m.2b**-Semizyklen bestimmt. Der **so,m.2a**-Anteil setzt ein mit bankigen Kalksteinen mit Horizontalschichtung und Rutschungshorizonten. Daneben treten bioklastische Kalksteine mit Brachiopoden und Crinoiden auf, wechsellagernd mit dickschichtigen, knauerigen Kalksteinen und Mergeln. Der Zyklus endet mit bioklastischen Kalksteinen. Der *shallowing-so,m.2b*-Semizyklus setzt ein mit Mergeln, denen bankige Kalksteinhorizonte eingelagert sind. Zum Hangenden

erfolgt ein Übergang zu bankigen, dickschichtigen und dünn-schichtigen Dolomiten. Der Zyklus endet mit bankigen Dolomiten.

In der Krakauer Region wurde ebenfalls ein symmetrischer Zyklus **so,m.2** bestimmt. Der **so,m.2a**-Semizyklus setzt sich zusammen aus bankigen Kalksteinen, die Brachiopoden enthalten, sowie stark bioturbaten Kalksteinen. Der *shallowing*-**so,m.2b**-Semizyklus beginnt mit stark bioturbaten Kalksteinen, denen bankige Kalksteinlagen eingeschaltet sind. Des Weiteren kommen bankige Kalksteine vor, die mit stark bioturbaten Kalksteinen wechsellagern. Sie gehen zum Hangenden in bankige und dickschichtige Dolomite über und schließen den Zyklus **so,m.2b** nach oben hin ab.

- Zyklen **mu1.1**, **mu1.2**, **mu1.3**, **mu1.4**, **mu1.5**, **mu1.6**, **mu1.7**, **mu1.8**.

### Zyklus **mu1.1**.

Dieser Zyklus ist im Aufschluß Steudnitz 5 m mächtig. Der *deepening*-**mu1.1a**-Semizyklus beginnt mit einem oolithischen Kalksteinhorizont, der Intraklasten führt und Diagonalschichtung aufweist. Es folgen bioklastische, knauerige und dünn-schichtige Kalksteine, die diesen Semizyklus beenden. Den *Shallowing*-Anteil des Zyklus **mu1.1** bilden zahlreiche, dünne bioklastische Kalksteinlagen, die wechsellagern mit stark bioturbaten, knauerigen und dünn-schichtigen Kalksteinen. Oft treten sigmoidale Strukturen auf. Der Zyklus endet mit einem bankigen Kalksteinhorizont, in dem ein Hartgrund ausgebildet ist, ferner ein und bioklastischer Kalkstein mit Intraklasten.

In Rüdersdorf ist die Situation ähnlich. Hier wurde ein Semizyklus **mu1.1a** mit geringerer Mächtigkeit bestimmt. Er wird gebildet aus knauerigen, bankigen und bioklastischen Kalksteinen in einer mergeligen Schichtenfolge und dickschichtigen Kalksteinlagen im Hangenden. Der Semizyklus **mu1.1b** wird häufig von bioklastischen Kalksteinhorizonten gebildet, die mit Mergeln und dickschichtigen Kalksteinlagen wechsellagern, welche zum Hangenden in mehr geschlossene bankige Kalksteine sowie dickschichtige Kalksteine übergehen. Der Zyklus endet mit einem bioklastischen Kalksteinhorizont, an dem Rippeln zu beobachten sind.

Im Steinbruch Raciborowice wurde nur ein *shallowing*-**mu1.1b**-Semizyklus bestimmt, bei dem im Liegenden nur dünn-schichtige Kalksteine ausgebildet sind. Weiter oben treten dickschichtige und knauerige Kalksteine mit bankigen Kalksteinlagen auf, die diesen Semizyklus beenden.

Im Steinbruch Płaza wurde ebenfalls nur ein *shallowing*-**mu1.1b**-Semizyklus beobachtet. Er beginnt mit bioklastischen Kalksteinen, die Brachiopoden und Crinoiden führen. Darüber treten dünn-schichtige Dolomite auf.

### Zyklus **mu1.2**.

In Profil von Steudnitz ist nur der *shallowing*-Anteil des **mu1.2**-Zyklus entwickelt. Dieser Semizyklus wird hauptsächlich aus dünn-schichtigen Kalksteinen mit bioklastischen Einschaltungen gebildet, die Intraklasten führen. Im Hangenden treten stark bioturbate und knauerige Kalksteine auf. Der Zyklus endet mit einem bioklastischen Kalkstein, der Brachiopoden und Gastropoden enthält.

Im Profil von Rüdersdorf ist der Zyklus **mu1.2** symmetrisch ausgebildet. Der Semizyklus **mu1.2a** setzt sich aus dickschichtigen und knauerigen Kalksteinen mit bioklastischen Kalksteinlagen zusammen. Es treten darin häufig sigmoidale Strukturen auf.

Dieser Zyklus endet mit dünnsschichtigen Kalksteinen. Der Semizyklus **mu1.2b** zeigt in seinem unteren Teil hauptsächlich dickschichtige Kalksteine mit Einschaltungen bankiger Kalksteinlagen. Gehäuft treten darin Rutschungen auf. Des weiteren treten auch stark bioturbate Kalksteine auf. Im hangenden Teil des Zyklus treten knauerige und dickschichtige Kalksteine mit bankigen und bioklastischen Kalksteinhorizonten am Top auf.

Im Profil von Raciborowice wurde nur ein *shallowing*-**mu1.2b**-Semizyklus bestimmt. Er setzt sich aus knauerigen, dickschichtigen und dünnsschichtigen Kalksteinen zusammen und endet mit bankigen Kalksteinen.

Der Zyklus **mu1.2** ist in Plaza als *shallowing*-**mu1.2b**-Semizyklus ausgebildet. Er setzt mit knauerigen Kalksteinen ein. Darüber folgen bankige und bioklastische Kalksteine mit dünnsschichtigen und dickschichtigen Kalksteinlagen.

### Zyklus **mu1.3**.

Im Profil von Steudnitz wurde nur ein *shallowing*-**mu1.3b**-Semizyklus bestimmt. Er besteht aus dünnsschichtigen Kalksteinen mit Rutschungsstrukturen und bioklastischen Kalksteinlagen. Im oberen Teil treten auch bankige und knauerige Kalksteine auf. Dieser Semizyklus endet mit einem bioklastischen Kalksteinhorizont, der Brachiopoden, Gastropoden und Crinoiden sowie Intraklasten führt.

Im Steinbruch Rüdersdorf ist dieser Zyklus symmetrisch ausgebildet. Der *deepening*-**mu1.3a**-Semizyklus setzt mit bankigen Kalksteinen, die bioklastische Kalksteinlagen führen, ein. Daneben treten dünnsschichtige Kalksteine mit bioklastischen und bankigen Kalksteinlagen auf. Der Semizyklus **mu1.3b** wird aufgebaut aus stark bioturbaten, dünnsschichtige, dickschichtigen und knauerigen Kalksteinen mit Einschaltungen bioklastischer und bankiger Kalksteinlagen, die häufig horizontal geschichtet sind.

In Raciborowice wurde nur ein *shallowing*-**mu1.3b**-Semizyklus bestimmt. Er wird aus dickschichtigen und dünnsschichtigen Kalksteinen mit bankigen Kalksteinlagen gebildet. Im hangenden Teil des Semizyklus tritt ein bioklastischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden, Crinoiden und Intraklasten auf.

Im Aufschluß Plaza ist dieser Zyklus symmetrisch ausgebildet. Der Semizyklus **mu1.3a** setzt ein mit dünnen bioklastischen und bankigen Kalksteinhorizonten, denen dünnsschichtige und knauerige Kalksteinlagen eingeschaltet sind. Sie gehen in dünnsschichtige Kalksteine über. Der *shallowing*-**mu1.3b**-Semizyklus setzt sich zusammen aus dünnsschichtigen und knauerigen Kalksteinen mit bankigen und bioklastischen Kalksteinlagen. Der Zyklus endet mit dickschichtigen Kalksteinen und einem bankigen Kalksteinhorizont am Top.

### Zyklus **mu1.4**.

Dieser Zyklus ist im Profil von Steudnitz symmetrisch ausgebildet. Der Semizyklus **mu1.4a** setzt sich zusammen aus dünnsschichtigen, dickschichtigen und stark bioturbaten Kalksteinen mit bioklastischen Kalksteinlagen. Der Semizyklus **mu1.4b** besteht hingegen aus hauptsächlich stark bioturbaten und knauerigen Kalksteinen mit bankigen und dünnsschichtigen Kalksteinlagen. Der Zyklus endet mit bankigen Kalksteinen und einem bioklastischen Kalksteinhorizont am Top.

Das Profil im Steinbruch Gernrode beginnt mit dem Zyklus **mu1.4**, der symmetrisch ausgebildet ist. Der *deepening*-**mu1.4a**-Semizyklus ist nicht vollständig aufgeschlossen. Es handelt sich um stark bioturbate, dickschichtige und dünnsschichtige Kalksteine mit

Mergeln. Der Semizyklus **mu1.4b** wird aus dünnschichtigen, stark bioturbaten und knauerigen Kalksteinen mit bankigen Kalksteinlagen im Hangenden aufgebaut.

Im Profil von Rüdersdorf konnte auch ein symmetrisch ausgebildeter Zyklus bestimmt werden. Der Semizyklus **mu1.4a** wird aus dünnschichtigen und bankigen Kalksteinen mit dickschichtigen und knauerigen Kalksteinlagen aufgebaut. In den bankigen Kalksteinen ist Horizontalschichtung zu beobachten. Der Semizyklus **mu1.4b** bildet eine 8 m mächtige Sequenz, die hauptsächlich aus knauerigen und dünnschichtigen Kalksteinen besteht und in die dickschichtige und stark bioturbate Kalksteine eingeschaltet sind. Im gesamten Semizyklus treten ebenfalls mächtige bioklastische und bankige Kalksteinhorizonte auf. Sie sind horizontal oder schräg geschichtet.

Auch in Raciborowice wurde ein symmetrischer Zyklus bestimmt. Der Semizyklus **mu1.4a** ist ein stark bioturbater Kalkstein mit bankigen und bioklastischen Kalksteinlagen, welche in dünnschichtige Kalksteine mit Einschaltungen dickschichtiger Kalksteinlagen übergehen. Der Semizyklus **mu1.4b** setzt sich zusammen aus dünnschichtigen Kalksteinen mit dickschichtigen und bankigen Kalksteinlagen. Im Topbereich des Zyklus tritt ein bioklastischer Kalksteinhorizont auf.

Im oberschlesischen Profil des Steinbruchs Ligota Dolna wurde ein *shallowing*-Semizyklus-**mu1.4b** bestimmt. Dabei handelt es sich um dickschichtige und knauerige Kalksteine mit Einschaltungen von bioklastischen und bankigen Kalksteinlagen. Der Semizyklus endet mit bankigen Kalksteinen und teilweise horizontal dickschichtigen bioklastischen Kalksteinlagen.

Im Profil von Plaza wurde nur ein *shallowing*-**mu1.4b**-Semizyklus beobachtet. Es handelt sich dabei um dünnschichtige und knauerige Kalksteine mit Einschaltungen von bankigen Kalksteinlagen. Desweiteren treten bioklastische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden, Gastropoden und Crinoiden auf.

### Zyklus **mu1.5**.

Im Profil von Steudnitz ist der Zyklus **mu1.5** symmetrisch entwickelt. Der *deepening*-**mu1.5a**-Semizyklus wird von stark bioturbaten, dünnschichtigen und knauerigen Kalksteinen mit Einschaltungen bankiger und bioklastischer Kalksteinlagen aufgebaut. Der Semizyklus **mu1.5b** setzt sich zusammen aus knauerigen Kalksteinen mit dünnschichtigen Kalksteinlagen. Mit bankigen Kalksteinen, denen bioklastische Kalksteinlagen eingeschaltet sind, endet dieser Semizyklus.

Im Profil Gernode wurde ein symmetrischer Zyklus bestimmt. Der Semizyklus **mu1.5a** setzt ein mit dickschichtigen Kalksteinen und bankigen Kalksteinlagen. Darüber treten dünnschichtige und stark bioturbate Kalksteine mit bioklastischen Kalksteinlagen auf. Der Semizyklus endet mit dünnschichtigen Kalksteinen. Semizyklus **mu1.5b** ist charakterisiert durch knauerige, dickschichtige und stark bioturbate Kalksteine mit bankigen Kalksteinlagen. Der Zyklus endet mit bankigen Kalksteinen, die horizontal geschichtet sind.

In Rüdersdorf ist der Zyklus **mu1.5** ebenfalls symmetrisch ausgebildet. Den *deepening*-**mu1.5a**-Semizyklus bilden stark bioturbate und knauerige Kalksteine mit bioklastischen und bankigen Kalksteinlagen. Im Hangenden treten dünnschichtige Kalksteine auf. Häufig sind oben auch bankige Kalksteinhorizonte. Im hangenden Bereich des Zyklus tritt ein bioklastischer Kalksteinhorizont auf.

In Raciborowice wurde ein symmetrischer Zyklus bestimmt. Den *deepening*-**mu1.5a**-Semizyklus bilden dünnschichtige, stark bioturbate und dickschichtige Kalksteine mit Einschaltungen bioklastischer und bankiger Kalksteinlagen. Der Semizyklus **mu1.5b** wird

von dünn- und dickschichtigen Kalksteinen aufgebaut. Er endet mit einem bankigen Kalksteinhorizont.

In Oberschlesien besteht der Zyklus **mu1.5** nur aus einem *shallowing-mu1.5b*-Semizyklus. Es handelt sich dabei um dünn- und dickschichtige, stark bioturbate, knauerige Kalksteine mit Einschaltungen von drei bioklastischen Kalksteinhorizonten mit Brachiopoden und Crinoiden, die auch diesen Semizyklus nach oben hin abschließen.

Der Zyklus **mu1.5** wird in Płaza von einem *shallowing-mu1.5b*-Semizyklus gebildet. Er setzt ein mit stark bioturbaten und knauerigen Kalksteinen, die in bankige Kalksteinhorizonte mit Horizontalschichtung übergehen und mit einem Hartgrund enden.

### Zyklus **mu1.6**.

Im Aufschluß Steudnitz wurde nur ein *deepening-mu1.6a*-Semizyklus beobachtet. Es handelt sich dabei um stark bioturbate, knauerige und dünn- und dickschichtige Kalksteine mit bankigen und bioklastischen Kalksteinlagen.

In Gernrode konnte ein symmetrischer Zyklus identifiziert werden. Der Semizyklus **mu1.6a** wird von dickschichtigen Kalksteinen mit bankigen und bioklastischen Kalksteinlagen aufgebaut, die zum Hangenden hin in knauerige und dünn- und dickschichtige Kalksteine übergehen. Der Semizyklus **mu1.6b** setzt ein mit dünn- und dickschichtigen Kalksteinen, die in dickschichtige Kalksteine mit bankigen Kalksteinhorizont übergehen. Der gesamte Zyklus endet mit bioklastischen Kalksteinen.

In Rüdersdorf wurde ein symmetrischer Zyklus festgestellt. Der Semizyklus **mu1.6a** besteht hauptsächlich aus stark bioturbaten Kalksteinen mit dickschichtigen und knauerigen Kalksteinen und bioklastischen Kalksteinlagen. Im hangenden Teil des Semizyklus fehlen bioklastische Kalksteinhorizonte. Hier treten zusätzlich dünne bankige Kalksteinlagen auf. Der Semizyklus **mu1.6b** setzt sich zusammen aus stark bioturbaten und knauerigen Kalksteinen, die im hangenden Bereich des Semizyklus nach oben hin immer mächtiger werden und bankige Kalksteinlagen führen, die wechsellagern mit dünn- und dickschichtigen Kalksteinen. Der Zyklus endet mit einem oolithischen Kalksteinhorizont.

In Raciborowice ist der Zyklus **mu1.6** nur als *shallowing-mu1.6b*-Semizyklus ausgebildet. Es handelt sich dabei um stark bioturbate und dünn- und dickschichtige Kalksteine. Zum Hangenden hin tritt ein bioklastischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden, Gastropoden und Crinoiden auf. Oberhalb tritt innerhalb des Profils eine Schichtlücke auf.

In Oberschlesien konnte nur der Semizyklus **mu1.6b** bestimmt werden. Er setzt mit dünn- und dickschichtigen Kalksteinen ein, die zum Hangenden hin in dickschichtige und knauerige Kalksteine mit bankigen und bioklastischen Kalksteinlagen übergehen.

Im Aufschluß Płaza ist der Zyklus **mu1.6** symmetrisch aufgebaut. Der Semizyklus **mu1.6a** setzt sich zusammen aus bankigen und knauerigen Kalksteinen. Der *shallowing-mu1.6b*-Semizyklus beginnt mit knauerigen Kalksteinen im Liegenden, geht über in bankige Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden und endet mit horizontal geschichteten Kalksteinen im Hangenden.

### Zyklus **mu1.7**.

Im Steinbruch Steudnitz wurde ein symmetrischer Zyklus festgestellt. Der Semizyklus **mu1.7a** wird aufgebaut aus stark bioturbaten und knauerigen Kalksteinen mit bankigen Kalksteinlagen. Den Semizyklus **mu1.7b** bilden ähnlich stark bioturbate und knauerige Kalksteine mit bankigen Kalksteinen, die im hangenden Teil Brachiopoden und Crinoiden führen (Oo  $\alpha$ ). Hier treten oft auch Hartgründe auf.

Im Steinbruch Gernrode wurde nur ein *shallowing*-**mu1.7b**-Semizyklus identifiziert. Er beginnt mit dünn-schichtigen und stark bioturbaten Kalksteinen mit Einschaltungen einzelner bankiger Kalksteinlagen. Des Weiteren treten bankige und dickschichtige Kalksteine auf, mit mächtigen oolithischen Kalksteinhorizont (Oo  $\alpha$ ) im hangenden Teil.

In Rüdersdorf wurde ein symmetrischer Zyklus bestimmt. Der Semizyklus **mu1.7a** setzt ein mit geringmächtigen bankigen Kalksteinen, die in stark bioturbate Kalksteine übergehen. Der Semizyklus **mu1.7b** besteht aus stark bioturbaten Kalksteinen, die in bankige Kalksteine übergehen. Im hangenden Teil treten oolithische Kalksteine mit Hartgründen, Horizontalschichtung und Intraklasten auf.

In Oberschlesien wurde nur der *shallowing*-**mu1.7b**-Semizyklus bestimmt. Es handelt sich dabei um knauerige Kalksteine mit bankigen Kalksteinlagen. Im oberen Teil des Semizyklus treten oolithische Kalksteine mit Rippeln und Intraklasten, Brachiopoden und Crinoiden auf.

In Płaza ist der Zyklus **mu1.7** nur als *shallowing*-**mu1.7b**-Semizyklus ausgebildet. Es handelt sich dabei um knauerige, bankige und oolithische Kalksteine mit Hartgründen.

### Zyklus **mu1.8**.

Im Profil von Steudnitz wurde nur ein *shallowing*-**mu1.8b**-Semizyklus festgestellt. Er setzt sich zusammen aus stark bioturbaten Kalksteinen mit dickschichtigen Kalksteinlagen. Häufig sind Rutschungen zu beobachten. Des Weiteren treten im hangenden Teil bankige und bioklastische Kalksteinhorizonte (Oo  $\beta_{1,2}$ ) mit Intraklasten und Hartgründen auf.

Im Steinbruch Gernrode wurde ebenfalls nur ein *shallowing*-**mu1.8b**-Semizyklus nachgewiesen. Es handelt sich dabei um dickschichtige, bankige und dünn-schichtige Kalksteine, die zum Hangenden hin in dickschichtige Dolomite und dolomitische Mergel übergehen. Des Weiteren treten bankige Dolomite mit dickschichtigen und dünn-schichtigen Dolomitlagen auf. Im hangenden Teil des Zyklus treten bankige Dolomite auf.

In Rüdersdorf wurde nur ein *shallowing*-**mu1.8b**-Semizyklus beobachtet. Er setzt ein mit dünn-schichtigen Kalksteinen und geht über in oolithische Kalksteine mit Horizontalschichtung, Rutschungshorizonten und Intraklasten. Auch Hartgründe und im hangenden Abschnitt diagonale Schrägschichtung sind hier zum beobachten.

Auch in Oberschlesien konnte nur ein *shallowing*-**mu1.8b**-Semizyklus nachgewiesen werden. Er setzt sich zusammen aus bankigen Kalksteinen mit dickschichtigen Kalksteinlagen im liegenden Teil und oolithischen Kalksteinen im hangenden Teil. Am Top tritt ein Horizont mit Rippeln auf.

In der Krakauer Region ist der Zyklus **mu1.8** nur als *shallowing*-**mu1.8b**-Semizyklus ausgebildet. Er setzt mit knauerigen Kalksteinen ein. Darüber treten bankige und oolithische Kalksteine mit Hartgrundhorizonten auf.

- Zyklen mu2.1, mu2.2, mu2.3, mu2.4, mu2.5.

### Zyklus **mu2.1**.

Im Steinbruch Steudnitz wurde nur ein *deepening*-**mu2.1a**-Semizyklus identifiziert. Er besteht hauptsächlich aus dünn-schichtigen, stark bioturbaten und knauerigen Kalksteinen mit bioklastischen und bankigen Kalksteinlagen.

Im Profil Gernrode wurde ebenfalls nur ein *deepening*-**mu2.1a**-Semizyklus nachgewiesen, der mit knauerigen und stark bioturbaten Kalksteinen und Einschaltungen bankiger Kalksteinlagen einsetzt. Des weiteren treten dickschichtige und dünnsschichtige Kalksteine auf.

In Rüdersdorf konnte nur ein *shallowing*-**mu2.1b**-Semizyklus gefunden werden. Er setzt mit dünnsschichtigen und dickschichtigen Kalksteinen mit Einschaltungen bankiger Kalksteinlagen ein. Darüber treten oolithische Kalksteine mit Horizontal-, Schräg- und Diagonalschichtung auf.

Das oberschlesische Profil ist durch einen *shallowing*-**mu2.1b**-Semizyklus gekennzeichnet. Dieser besteht aus bankigen und bioklastischen Kalksteinen mit oolithischen Kalksteinen, die zum Hangenden hin immer mächtiger werden.

In Płaza kann dieser Zyklus nur als *shallowing*-**mu2.1b**-Semizyklus beschrieben werden. Hier treten bankige und oolithische Kalksteine mit Hartgründen und Horizontalschichtung auf.

### Zyklus **mu2.2**.

Der Zyklus **mu2.2** ist im Profil Steudnitz nur als **mu2.2a**-Semizyklus ausgebildet. Er setzt mit bioklastischen Kalksteinen mit Intraklasten und knauerigen Kalksteinen mit bankigen Kalksteinlagen ein. Höher im Profil treten stark bioturbate und dünnsschichtige Kalksteine auf.

Im Profil Gernrode ist ein symmetrischer Zyklus ausgebildet. Der Semizyklus **mu2.2a** beginnt mit bioklastischen Kalksteinen, die Intraklasten führen, und bankigen Kalksteinen. Weiter oben kamen knauerige, stark bioturbate, dünnsschichtige und dickschichtige Kalksteine mit bankigen Kalksteinlagen zur Ablagerung. Den Semizyklus **mu2.2b** bilden stark bioturbate Kalksteine, die zum Hangenden hin in dickschichtige Kalksteine mit bankigen Kalksteinlagen übergehen.

Aus Rüdersdorf wird nur ein *shallowing*-**mu2.2b**-Semizyklus beschrieben. Er setzt ein mit bankigen und oolithischen Kalksteinen, denen dünnsschichtige und dickschichtige Kalksteinlagen zwischengeschaltet sind. Diese gehen in mächtige oolithische Kalksteine mit Horizontal- und Schrägschichtung über.

In Raciborowice wurde ein symmetrischer Zyklus identifiziert, wenngleich der *deepening*-**mu2.2a**-Semizyklus nicht bis zur Basis aufgeschlossen ist. Dieser Semizyklus wird aufgebaut aus oolithischen Kalksteinen, welche in bankige Kalksteine übergehen. Der Semizyklus **mu2.2b** besteht aus bankigen Kalksteinen, die nach oben hin in oolithische Kalksteine übergehen, die zum Hangenden hin immer mächtiger werden.

Im Profil von Oberschlesien ist nur ein *shallowing*-**mu2.2b**-Semizyklus ausgebildet. Es handelt sich dabei um bankige Kalksteine, welche in oolithische Kalksteine mit Onkoiden übergehen. Im hangenden Teil treten Brachiopoden- und Gastropoden führende Horizonte auf.

Im Steinbruch von Płaza ist ein *deepening*-**mu2.2a**-Semizyklus entwickelt, der aus bankigen Kalksteinen mit Horizontalschichtung und oolithischen Kalksteinlagen gebildet wird. Dieser Semizyklus ist nicht bis zum Top aufgeschlossen und schließt das Profil in Płaza zum Hangenden hin ab.

### Zyklus **mu2.3**.

In Steudnitz ist dieser Zyklus symmetrisch ausgebildet. Im unteren Teil des Semizyklus **mu2.3a** treten knauerige und stark bioturbate Kalksteine mit dünnen

bioklastischen Kalksteinlagen auf. Darüber sind stark bioturbate und dünnsschichtige Kalksteine ausgebildet. Der Semizyklus **mu2.3b** setzt ebenfalls mit stark bioturbaten und dünnsschichtigen Kalksteinen ein. Weiter oben treten knauerige Kalksteine und im höchsten Teil bioklastische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden, Crinoiden und Intraklasten auf.

Auch aus dem Profil Gernode wurde ein symmetrischer Zyklus beschrieben. Der Semizyklus **mu2.3a** beginnt mit dickschichtigen Kalksteinen und stark bioturbaten Kalksteinen mit Einschaltungen bankiger und bioklastischer Kalksteinlagen. Darüber folgen dünnsschichtige Kalksteine mit geringmächtigen bioklastischen Kalksteinlagen. Den Semizyklus **mu2.3b** bilden dünnsschichtige und knauerige Kalksteine mit Einschaltungen bioklastischer Kalksteinlagen, die zum Hangenden hin in dickschichtige und dünnsschichtige Kalksteine mit bankigen Kalksteinen übergehen. Im hangenden Teil des Zyklus ist ein oolithischer Kalksteinhorizont entwickelt.

Aus dem Profil Rüdersdorf wurde nur ein *shallowing*-**mu2.3b**-Semizyklus beschrieben. In basalen Teil dieses Semizyklus treten dünnsschichtige Kalksteine auf, während im höheren Teil oolithische Kalksteine mit Horizontal- und Diagonalschichtung sowie Intraklasten auftreten.

In Raciborowice ist ein symmetrischer Zyklus ausgebildet. Im *deepening*-**mu2.3a**-Semizyklus sind oolithische Kalksteine ausgebildet, die weiter oben in bankige Kalksteine übergehen. Der *shallowing*-**mu2.3b**-Semizyklus setzt ein mit dünnsschichtigen Kalksteinen. Im höheren Teil treten dickschichtige und bankige Kalksteine auf, welche zum Hangenden hin in oolithische und knauerige Kalksteine übergehen.

Aus Oberschlesien kann nur ein *shallowing*-**mu2.3b**-Semizyklus beschrieben werden. Es handelt sich dabei um bankige Kalksteine mit knauerigen Kalksteinlagen, welche weiter zum Hangenden hin in oolithische Kalksteine mit Onkoiden und Schrägschichtung übergehen. Der Zyklus endet mit einem Horizont, der Rippeln aufweist.

#### Zyklus **mu2.4**.

In Steudnitz ist der Zyklus **mu2.4** symmetrisch ausgebildet. Der Semizyklus **mu2.4a** wird aus stark bioturbaten und knauerigen Kalksteinen mit bioklastischen Kalksteineinschaltungen aufgebaut. Der Semizyklus **mu2.4b** beginnt mit dünnsschichtigen, stark bioturbaten und knauerigen Kalksteinen mit bankigen Kalksteinlagen. Im hangenden Abschnitt treten bioklastische Kalksteine ( $\tau_1$ ) mit Hartgründen auf.

Auch aus dem Profil Gernode wurde ein symmetrischer Zyklus beschrieben. Der Semizyklus **mu2.4a** beginnt mit stark bioturbaten und knauerigen Kalksteinen, die weiter zum Hangenden hin in dünnsschichtige Kalksteine übergehen. Den Semizyklus **mu2.4b** bilden stark bioturbate, dickschichtige und knauerige Kalksteine mit bankigen Kalksteinlagen, welche nach oben hin in oolithische Kalksteine ( $\tau_1$ ) mit Hartgründen und Diagonalschichtung übergehen.

Im Rüdersdorfer Profil läßt sich ein *shallowing*-**mu2.4b**-Semizyklus nachweisen. Im liegenden Abschnitt sind dickschichtige und dünnsschichtige Kalksteine mit bankigen Kalksteinlagen ausgebildet, welche weiter zum Hangenden hin in oolithische Kalksteine übergehen. Im hangenden Abschnitt treten oolithische Kalksteine ( $\tau_1$ ) mit Horizontal- und Schrägschichtung und Intraklasten auf.

In Raciborowice ist nur ein *shallowing*-**mu2.4b**-Semizyklus ausgebildet. Im liegenden Teil des Semizyklus treten bankige Kalksteine mit knauerigen und dünnsschichtigen Kalksteinlagen auf, die zum Hangenden hin in oolithische Kalksteine ( $\tau_1$ ) mit Hartgründen, Schrägschichtung und Crinoiden übergehen.

In Oberschlesien wurde auch nur ein *shallowing-mu2.4b*-Semizyklus identifiziert. Es handelt sich dabei um einen dickschichtigen und dünn-schichtigen Kalkstein mit bioklastischen Kalksteinlagen, welche nach oben in bankige und oolithische Kalksteine übergehen.

### Zyklus **mu2.5**.

Aus dem Steinbruch Steudnitz wurde nur ein *shallowing-mu2.5b*-Semizyklus beschrieben. Er wird gebildet aus dünn-schichtigen und knauerigen Kalksteinen. In seinem höheren Teil treten bioklastische Kalksteine ( $\tau_2$ ) mit Hartgründen und Brachiopoden auf.

Der Aufschluß Gernrode zeigt nur einen *shallowing-mu2.5b*-Semizyklus. Es handelt sich dabei im unteren Teil um dünn-schichtige Kalksteine. Darüber folgen bankige und bioklastische Kalksteine mit Hartgründen und Intraklasten, die zum Hangenden hin in oolithische Kalksteine ( $\tau_2$ ) übergehen.

In Rüdersdorf ist der Zyklus **mu2.5** ebenfalls nur als *shallowing-mu2.5b*-Semizyklus ausgebildet. Er wird von bankigen und oolithischen Kalksteinen aufgebaut. Im liegenden Abschnitt dieses Semizyklus treten dünn-schichtige Kalksteine auf, während im hangenden Abschnitt oolithische Kalksteine ( $\tau_2$ ) auftreten.

Aus Raciborowice wurde ein *shallowing-mu2.5b*-Semizyklus beschrieben. Er beginnt mit knauerigen Kalksteinen, welche im höheren Teil in oolithische Kalksteine ( $\tau_2$ ) mit Brachiopoden, Crinoiden und Intraklasten übergehen.

In Oberschlesien ist gleichfalls nur ein *shallowing-mu2.5b*-Semizyklus entwickelt. Er wird aufgebaut aus mächtigen dünn-schichtigen Kalksteinen und dickschichtigen, knauerigen Kalksteinen, die zum Hangenden hin in bankige und oolithische Kalksteine ( $\tau$ ) mit Brachiopoden, Crinoiden und Rippeln übergehen.

- Zyklen mu3.1, mu3.2, mu3.3 .

### Zyklus **mu3.1**.

Im Profil Steudnitz ist ein symmetrischer Zyklus entwickelt. Den Semizyklus **mu3.1a** bauen dickschichtige Kalksteine mit welligen Strukturen und knauerige Kalksteine sowie bioklastische Kalksteinlagen auf. Weiter oben treten dünn-schichtige, wellige und stark bioturbate Kalksteine auf. Der *shallowing-mu3.1b*-Semizyklus setzt sich aus welligen, dickschichtigen und knauerigen Kalksteinen zusammen. Im hangenden Abschnitt dieses Zyklus tritt ein bioklastischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden und Gastropoden auf.

Aus dem Steinbruch Gernrode wurde nur ein *deepening-mu3.1a*-Semizyklus beschrieben. Es handelt sich dabei um dickschichtige Kalksteine mit bankigen und bioklastischen Kalksteinlagen sowie knauerigen und dünn-schichtigen Kalksteinen, die weiter zum Hangenden hin in stark bioturbate Kalksteine übergehen.

In Rüdersdorf ist nur ein *shallowing-mu3.1b*-Semizyklus ausgebildet. Er setzt ein mit einzelnen oolithischen Kalksteinhorizonten, die wechsellagern mit dünn-schichtigen, stark bioturbaten und dickschichtigen Kalksteinen. Im Hangenden davon treten oolithische Kalksteine mit Horizontal- und Schrägschichtung auf.

Im Profil Raciborowice läßt sich ein symmetrischer Zyklus beobachten. Der *deepening-mu3.1a*-Semizyklus wird von knauerigen Kalksteinen mit bankigen und bioklastischen Kalksteinlagen aufgebaut. Den Semizyklus **mu3.1b** bilden ebenfalls

knauerige Kalksteine mit bioklastischen und bankigen Kalksteinlagen. Im hangenden Abschnitt treten bankige Kalksteine auf, womit dieser Semizyklus endet.

In Oberschlesien ist dieser Zyklus symmetrisch ausgebildet. Den Semizyklus **mu3.1a** bauen bioklastische Kalksteine auf, die wechsellagern mit knauerigen Kalksteinen. Im hangenden Teil treten dünnsschichtige Kalksteine auf. Der Semizyklus **mu3.1b** beginnt mit dünnsschichtigen Kalksteinen, die nach oben hin in knauerige Kalksteine mit bankigen Kalksteinlagen übergehen. Im hangenden Teil tritt ein bioklastischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden, Gastropoden und Crinoiden auf.

### Zyklus **mu3.2**.

Im Steinbruch Steudnitz ist dieser Zyklus symmetrisch ausgebildet. Der Semizyklus **mu3.2a** wird aufgebaut aus stark bioturbaten, dünnsschichtigen, dickschichtigen und knauerigen Kalksteinen mit Einschaltungen bioklastischer Kalksteinlagen. Hier sind auch Rutschungen zu beobachten. Den Semizyklus **mu3.2b** bilden stark bioturbate, knauerige, dünnsschichtige und dickschichtige Kalksteine mit bioklastischen Kalksteinlagen.

Auch im Aufschluß Gernode wurde ein symmetrischer Zyklus identifiziert. So setzt der Semizyklus **mu3.2a** mit bankigen und dickschichtigen Kalksteinen ein, die weiter zum Hangenden hin in stark bioturbate und dünnsschichtige Kalksteine mit bioklastischen Kalksteinlagen übergehen. Den *shallowing*-**mu3.2b**-Semizyklus bauen dünnsschichtige, stark bioturbate und knauerige Kalksteine mit bioklastischen Kalksteinlagen auf.

Im Profil Rüdersdorf ist dieser Zyklus nur als *shallowing*-**mu3.2b**-Semizyklus ausgebildet. Es handelt sich dabei um oolithische Kalksteine mit Horizontal- und Schrägschichtung sowie Intraklasten.

Aus Oberschlesien wurde nur ein *shallowing*-**mu3.2b**-Semizyklus beschrieben. Dieser setzt ein mit dünnsschichtigen Kalksteinen, welche weiter zum Hangenden hin in bioklastische und bankige Kalksteine mit Einschaltungen dickschichtiger Kalksteine übergehen. Den hangenden Abschluß bildet ein Hartgrund.

### Zyklus **mu3.3**.

Im Profil Steudnitz wurde nur ein *deepening*-**mu3.3a**-Semizyklus beobachtet. Er setzt sich zusammen aus stark bioturbaten, dünnsschichtigen und dickschichtigen Kalksteinen mit Einschaltungen bioklastischer Kalksteinlagen. In hangenden Abschnitt dieses Semizyklus treten auch Kalksteinschichten mit sigmoidalen Strukturen auf.

Das lithologische Profil endet in Gernode mit einem *shallowing*-**mu3.3b**-Semizyklus. Er beginnt mit stark bioturbaten und dünnsschichtigen Kalksteinen, die mit bankigen Kalksteinlagen wechsellagern. Weiter oben treten mächtige Dolomite mit Lösungshohlräume auf, die auf Gips zurückzuführen sind.

Im Steinbruch Rüdersdorf wurde ein symmetrischer Zyklus erkannt. Der *deepening*-**mu3.3a**-Semizyklus setzt ein mit oolithischen Kalksteinen, welche weiter zum Hangenden hin in dickschichtige Kalksteine übergehen. Der Semizyklus **mu3.3b** setzt sich zusammen aus oolithischen Kalksteinhorizonten, die mit dickschichtigen Kalksteinen wechsellagern sowie aus bankigen Kalksteinlagen. Hier ist häufig Horizontalschichtung zu beobachten und im hangenden Teil ein Horizont mit Intraklasten.

Aus Oberschlesien kann nur ein *deepening*-**mu3.3a**-Semizyklus beschrieben werden. Es handelt sich dabei um einen Semizyklus von geringer Mächtigkeit mit knauerigen Kalksteinen und bioklastischen Kalksteinlagen.

- Zyklen **mu4.1**, **mu4.2**, **mu4.3**.

### Zyklus **mu4.1**.

Im Profil Steudnitz ist dieser Zyklus symmetrisch ausgebildet. Der Semizyklus **mu4.1a** setzt sich zusammen aus oolithischen Kalksteinen ( $\chi_1$ ) mit einer Konglomeratbank im liegenden Teil. Diese wechsellagern mit dickschichtigen Kalksteinen. Hier tritt Horizontal-, Diagonal- und Schrägschichtung auf. Weiter oben treten stark bioturbate und dünn-schichtige Kalksteine mit Einschaltungen bioklastischer Kalksteinlagen und sigmoidalen Strukturen auf. Den Semizyklus **mu4.1b** bauen dünn-schichtige und stark bioturbate Kalksteine mit bioklastische und dünnen oolithischen Kalksteinlagen auf. Bemerkenswert sind häufig zu beobachtende sigmoidale Strukturen. Im hangenden Teil des Zyklus lassen sich bioklastische Kalksteine mit schrägschichteten, oolithischen Kalksteinlagen ( $\chi_2$ ) nachweisen.

Aus dem Profil Rüdersdorf läßt sich ebenfalls ein symmetrischer Zyklus beschreiben. Der *deepening*-**mu4.1a**-Semizyklus wird aus Horizontalgeschichteten, oolithischen Kalksteinen mit Intraklasten aufgebaut ( $\chi_1$ ). Er wechsellagert mit bankigen Kalksteinen und nach oben hin mit bioklastischen und bankigen Kalksteinen und dickschichtigen Kalksteinen. Der Semizyklus **mu4.1b** beginnt mit dickschichtigen und bankigen Kalksteinen. Zum Hangenden hin treten oolithische Kalksteine ( $\chi_2$ ) auf, die mit dünn-schichtigen und dickschichtigen Kalksteinen wechsellagern.

Aus dem oberschlesischen Profil wird auch ein symmetrischer Zyklus beschrieben. Den Semizyklus **mu4.1a** bilden bioklastische Kalksteine mit Intraklasten, Brachiopoden und Crinoiden ( $\chi_1$ ). Weiter im Hangenden treten knauerige und dickschichtige Kalksteine auf. Der Semizyklus **mu4.1b** setzt ein mit dickschichtigen Kalksteinen, welche nach oben hin in bankige Kalksteine mit bioklastischen Kalksteinlagen ( $\chi_2$ ) übergehen. Hier sind auch Hartgründe, Brachiopoden und Crinoiden zu beobachten.

### Zyklus **mu4.2**.

In Steudnitz ist nur ein *shallowing*-**mu4.2b**-Semizyklus ausgebildet. Es handelt sich dabei um bioklastische Kalksteine, welche zum Hangenden hin in mächtige, bankige Dolomite übergehen. Darin sind Lösungshohlräume nach Gips zu beobachten. Im höchsten Teil sind dickschichtige und dünn-schichtige Dolomite zu beobachten.

Auch aus dem Aufschluß Rüdersdorf wird nur ein *shallowing*-**mu4.2b**-Semizyklus beschrieben. Er setzt ein mit bankigen Kalksteinen, welche zum Hangenden hin in dickschichtige Kalksteine übergehen. Weiter oben treten dolomitische Mergel und bankige Dolomite mit bankige Kalksteinlagen auf, die schließlich in dickschichtige Dolomite übergehen.

In Oberschlesien ist gleichfalls nur ein *deepening*-**mu4.2a**-Semizyklus entwickelt, der sich aus bankigen Kalksteinen mit Crinoiden und Schwämmen zusammensetzt. Im hangenden Abschnitt treten Verkieselungen auf. Der Semizyklus **mu4.2b** wird ebenfalls aus bankigen, Horizontalgeschichteten Kalksteinen mit Schwämmen im hangenden Teil aufgebaut. Mit diesem Zyklus endet das lithologische Profil in Oberschlesien.

### Zyklus **mu4.3**.

Im Steinbruch Steudnitz wird dieser Zyklus durch einen *shallowing*-**mu4.3b**-Semizyklus repräsentiert. Es handelt sich dabei um einen bankigen Dolomithorizont mit

oolithischen Kalksteinlagen ( $\chi_3$ ). Weiter im Hangenden treten dickschichtige Dolomite mit Lösungshohlräumen nach Gips auf. Daneben kommen auch dünnsschichtige Dolomite mit dolomitischen Mergeln im Hangenden des Zyklus vor.

In Rüdersdorf ist dieser Zyklus als *shallowing-mu4.3b*-Semizyklus ausgebildet. Er beginnt mit bankigen Kalksteinen ( $\chi_3$ ), in denen Brachiopoden zu finden sind. Weiter im Hangenden treten bankige bis laminierte Dolomite auf, desweiteren Lösungshohlräume nach Gips. Im hangenden Abschnitt wechsellagern diese mit dickschichtigen und dünnsschichtigen Dolomiten.

Aus dem Profil Rüdersdorf können noch drei weitere *shallowing*-Semizyklen beschrieben werden, welche aber bereits zum Mittleren Muschelkalk gehören.

## b) Vergleich von Litho- und Zykostratigraphie

### • Myophorien-Schichten/Untere Gogolin-Schichten

Die bisher in der deutschen Lithostratigraphie zum Oberen Buntsandstein gestellten Myophorien-Schichten sind innerhalb des Germanisches Becken, abhängig von der paläogeographischen Position, unterschiedlich ausgebildet (siehe Kap. V). Es handelt sich zumeist um mergelige, dolomitische Sedimente mit dünnen Kalksteinlagen, die in Südwestdeutschland allerdings zunehmend terrigen beeinflusst sind. Aber schon im Profil von Brandenburg (Rüdersdorf) zeigen die Myophorien-Schichten eine ganz andere Ausbildung. Sie sind hier, genauso wie der erste Abschnitt des Unteren Muschelkalks in Großpolen (Untere Gogolin-Schichten) unter marinen Bedingungen abgelagert worden. Der Basishorizont wurde jedenfalls in beiden Regionen gefunden. In Deutschland handelt es sich um bankige und bioklastische Kalksteinhorizonte und in Polen um oolithische Kalksteine. Die Obergrenze dieses Horizontes markiert den Beginn des Zyklus so,m.1 im Muschelkalk. Die obere Grenze der Myophorien-Schichten und der Unteren Gogolin-Schichten liegt im Liegenden des Grenzhorizonts nach deutscher Definition und konnte für den gesamten östlichen Teil des Germanischen Beckens markiert werden. Hier setzt auch der Zyklus mu1.1 ein.

Im Anschluß an die Interpretation der Zyklen (Anlage 8) und der Gamma-Strahlungskurve wurde eine Parallelisierung dieser beiden lithostratigraphischen Member im östlichen Teil des Germanischen Beckens durchgeführt. Es zeigte sich, daß die Myophorien-Schichten und die Unteren Gogolin-Schichten miteinander korrelierbar und isochron sind. Es ergibt sich deshalb die Möglichkeit einer Neufestlegung der Grenze Buntsandstein/Muschelkalk als chronostratigraphische Grenze.

### • Unterer Wellenkalk/Obere Gogolin-Schichten

Dieses Member, in der deutschen Lithostratigraphie wie auch in Großpolen traditionell als Unterer Wellenkalk ausgegliedert, entspricht in Schlesien den Oberen Gogolin-Schichten (siehe Kap. II, Tab. 2). Die obere Grenze dieses Members im Liegenden der Oolithbank Oo  $\alpha$  fällt in den Zyklus mu1.7. Die Oolithbank Oo  $\alpha$  konnte nach zykostratigraphischer Korrelation in allen Profilen bestimmt werden.

- Oolithbänke - Mittlerer Wellenkalk/Góraźdze-Schichten

Die Oolithbänke sind als zwei sedimentäre Zyklen ausgebildet. Die Oberkante der Oolithbank  $Oo\beta_2$  schließt dieses Member zum Hangenden hin ab. Damit setzt der Zyklus  $mu2.1$  ein. Dieser Horizont wurde auch in der „Schaumkalk-Stufe“ von Brandenburg und in den Góraźdze-Schichten Polens identifiziert, obwohl hier die Entwicklung in Schaumkalk-Fazies weiter in den Mittleren Wellenkalk hinein reicht (siehe Kap. V). Den Mittleren Wellenkalk Thüringens bilden Schichten, die in Wellenkalk-Fazies entwickelt sind.

- Terebratel-Schichten - Oberer Wellenkalk

Die Terebratel-Schichten werden auch aus zwei sedimentären Zyklen aufgebaut. Die Oberkante von Horizont  $\tau_2$  beendet den Zyklus  $mu2.5$ . In der traditionellen Lithostratigraphie gibt es Unterschiede bei der Definition zwischen den deutschen und polnischen Terebratel-Schichten. In Thüringen beginnen diese an der Basis der Terebratelbank  $\tau_1$  und enden etwa 2 Meter oberhalb Terebratelbank  $\tau_2$  im sogenannten *Macrodon*-Horizont. In Brandenburg wurden die Terebratel-Schichten bis heute nicht definiert. Statt dessen wurden von verschiedenen Autoren unterschiedliche Horizonte als mögliche Äquivalente beschrieben. Auch in Schlesien und Kleinpolen (Krakauer Region) werden die Terebratel-Schichten anders definiert. Hier reichen diese Schichten von etwa 4 m unterhalb bis etwa 8 m oberhalb der Terebratelbank  $\tau$ , also vom Hangenden der Góraźdze-Schichten bis zur Basis der Karchowice-Schichten. Mit Hilfe der zykostratigraphischen Korrelation konnte eine Abgleichung mit Deutschland vorgenommen werden.

- Schaumkalkbänke/Karchowice-Schichten

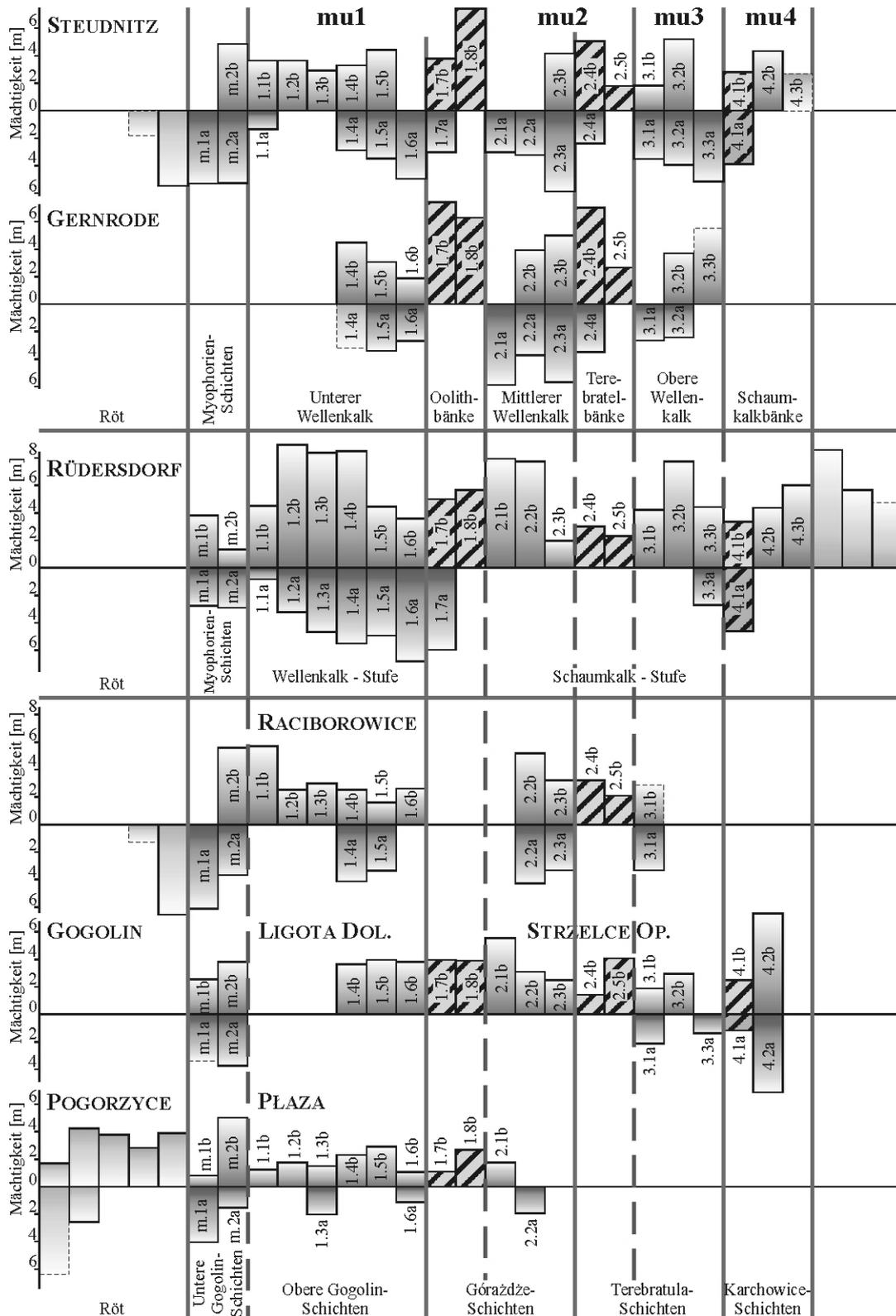
Die Schaumkalkbänke entsprechen in Polen den Karchowice-Schichten. An der Basis der Schichten beginnt der Zyklus  $mu4.1$ . Diese Grenze wurde auch im Profil von Brandenburg (Rüdersdorf) bestimmt, obwohl die Sedimentation hier in oolithischer Fazies („Schaumkalk-Stufe“) fortgesetzt wird.

### c) Analyse und Diskussion der Zykostratigraphie

Um Vergleiche mit Zyklen aus anderen Regionen anstellen zu können, wurden Diagramme erstellt, die die jeweiligen Verhältnisse von Verflachungs- und Vertiefungs-Semizyklen in symmetrisch ausgebildeten Zyklen, sowie Änderungen der Gesamtmächtigkeit der Zyklen zeigen.

Abb. 10 zeigt die Verflachungs- und Vertiefungs-Semizyklen innerhalb der traditionellen lithostratigraphischen Gliederungen. Die einzelnen Zyklen wurden durch Linien korreliert. Auch lithostratigraphische Horizonte, die früher nicht korreliert werden konnten, wurden auf der Basis nachgewiesener Zyklen miteinander verbunden. Hervorzuheben ist, daß bei dieser Korrelation Zyklen-Grenzen miteinander verbunden werden, die z.T. nicht notwendigerweise der Standard-Gliederung entsprechen. Die meisten Korrelationshorizonte liegen vielmehr im Liegenden des jeweiligen Horizontes.

Zwischen allen Profilen wurde eine Korrelation von Zyklen durchgeführt (Anlage 8). Mit Hilfe der Gammakurven läßt sich sicherstellen, daß einzelne Zyklen wirklich Äquivalente darstellen.



**Abb. 10:** Vertiefungs-/Verflachungs-Semizyklen in den bearbeiteten Profilen. Symbol „a“ bei Numerierung kennzeichnet Vertiefungs-, „b“ Verflachungs -Semizyklen. Schrägmuster kennzeichnet Leithorizonte.

Abb. 10 gibt auch die Verhältnisse zwischen Vertiefungs- und Verflachungs-Semizyklen in den einzelnen Profilen wieder und deren Variabilität in Abhängigkeit von der entsprechenden Position im Becken.

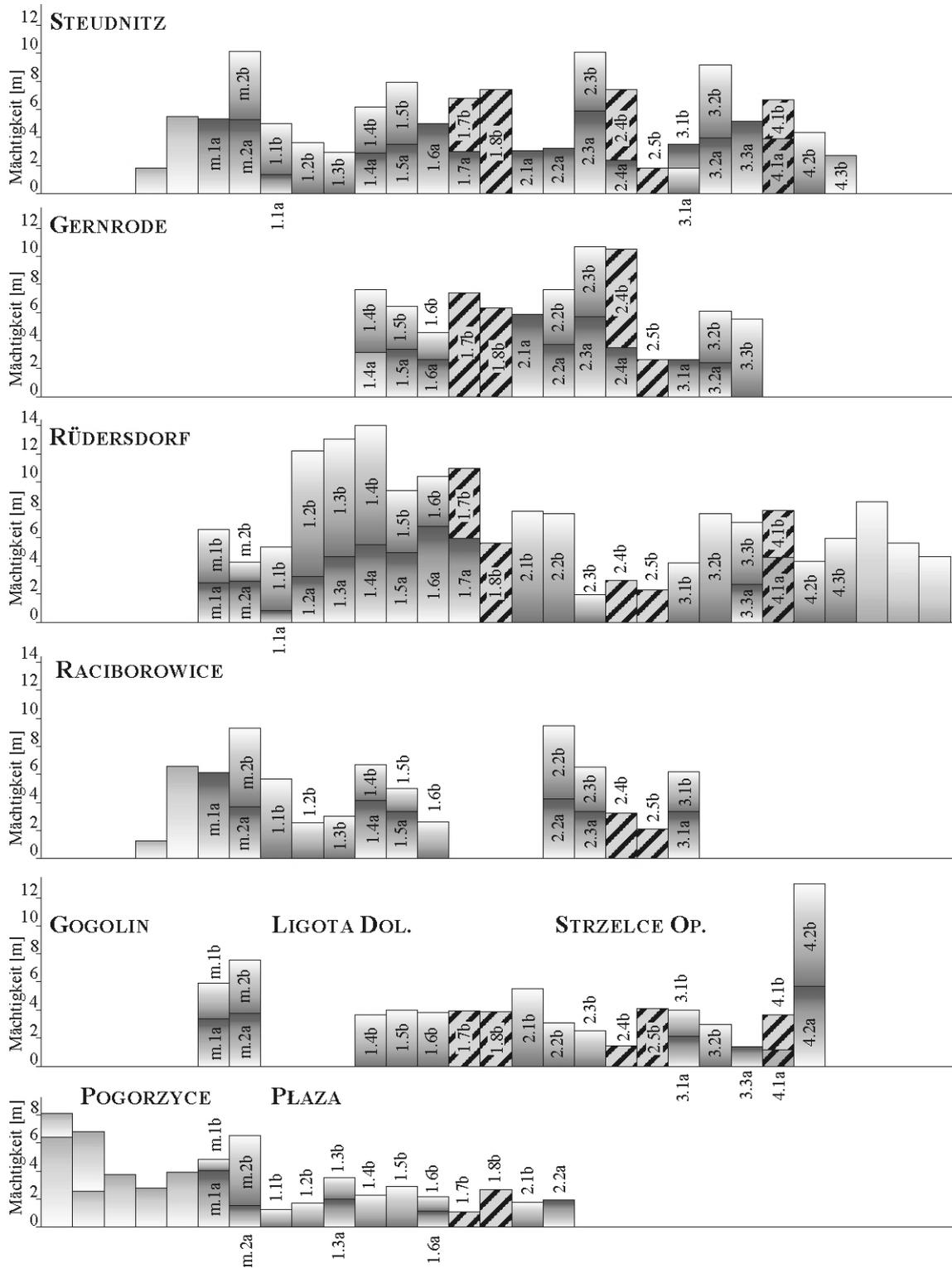
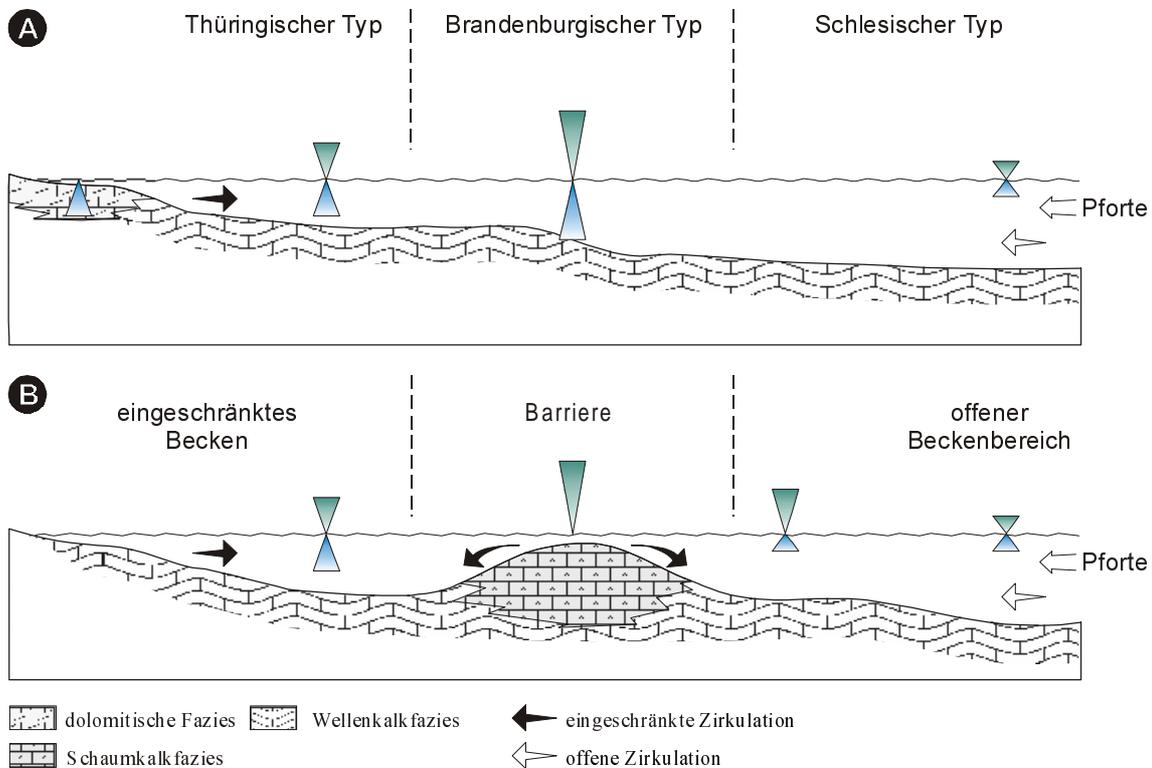


Abb. 11: Diagramm symmetrischer Zyklen, das die Mächtigkeitsänderungen in den bearbeiteten Profilen dokumentiert.

Zyklen in den Myophorien-Schichten und Unteren Gogolin-Schichten zeigen eine deutliche Transgression mit einem scharfen Übergang zum Wellenkalk Deutschlands und zu den Oberen Gogolin-Schichten Polens. Hier ist deutlich erkennbar, daß es in dieser Zeit die besten Bedingungen für die Entwicklung relativ mächtiger, vollständiger symmetrischer Zyklen im Zentrum des Beckens (Rüdersdorf/Brandenburg) gab. Eine ähnliche Situation lag auch in Großpolen vor. Hier lag möglicherweise eine optimale paläogeographische Position im Verhältnis zur Ostkarpaten- und Schlesisch-Mährischen Pforte in Verlängerung zum Dänisch-Polnischen Trog vor. Auch Beckentiefe und Subsidenzrate scheinen in dieser Region optimal gewesen zu sein, so daß sich sowohl ein Vertiefungs- als auch ein Verflachungs-Semizyklus ausbilden konnte. Zu dieser Zeit war auch in Brandenburg und in Großpolen keine karbonatische Barriere (Schwelle) aktiv (siehe Kap. V).

Vom Beginn der Ablagerung der Oolithbänke zeigte sich eine deutliche Änderung in der Geometrie des Beckens. Entlang einer Linie, die von Rüdersdorf bis nach Raciborowice in den östlichen Teil des Beckens hinein führt, sind fast nur Verflachungs-Semizyklen zu beobachten. Auch die Fazies ist bemerkenswert. Im Mittleren Wellenkalk von Steudnitz und Gernrode wurde typische Wellenkalk-Fazies aus knauerigen und stark bioturbaten Kalksteinen mit bioklastischen Kalksteinlagen abgelagert. In anderen Aufschlüssen treten wiederum oolithische Kalksteinschichten auf. Auch die gesamte Zyklen- und Semizyklusmächtigkeit nimmt in dieser Zeit ab, wie Abb. 11 zeigt.

Diese Situation dauert in Brandenburg, Großpolen und dem östlichsten Teil des Beckens, wo die Sedimentation weiterhin von einer Schwelle stark beeinflusst wird, bis zur Ablagerung der Terebratelbänke. Im Zentrum und im westlichen Teil (Gernrode, Steudnitz) ist im Bereich der Terebratelbänke eine Erhöhung der Zyklenmächtigkeit zu beobachten.



**Abb. 12:** Faziesmodell, verändert nach LUKAS (1993). Es zeigt die Ablagerungsbedingungen in Abhängigkeit von der Position des Profils zu einer Pforte und einer karbonatischen Barriere.

- A) - Becken ohne karbonatische Barriere
- B) - Becken mit einer karbonatischen Barriere

Zyklen des Oberen Wellenkalks zeigen in allen Regionen den gleichen Trend. Bis zu den Schaumkalkbänken nimmt die Mächtigkeit der Zyklen in dieser Zeit zu.

Auf der Basis der in Abb. 10 und 11 gezeigten Diagramme lassen sich die bearbeiteten Profile in drei Typen gruppieren (Abb. 12). Steudnitz, Gernrode und Raciborowice sind Profile, für die relativ gleichmäßige Zyklenmächtigkeiten und etwa gleiche Proportionen von Vertiefungs- und Verflachungs-Semizyklen charakteristisch sind; sie bilden einen „Thüringischen Typ“. Diese Profile waren nur untergeordnet Einflüssen von karbonatischen Barrieren und Pforten ausgesetzt. Die Profile in Schlesien („Schlesischer Typ“) zeigen Schichtentwicklungen, die starke Einflüsse von Pforten und karbonatischen Barrieren nahelegen. Ein dritter Typ ist im Profil Rüdersdorf ausgebildet („Brandenburgischer Typ“). Anfangs wird diese Region noch von der Ostkarpaten- und Schlesisch-Mährischen Pforte und später von einer oolithischen Barriere beeinflusst.

Die in den verschiedenen Regionen unterschiedlichen Mächtigkeiten der gesamten Zyklen sowie der einzelnen Vertiefungs- oder Verflachungs-Semizyklen hängen in erster Linie vom Meeresspiegel und der Subsidenzrate ab. Zusätzlich ist die Mächtigkeit der Zyklen auch vom Sediment-Angebot abhängig. Diese Steuerfaktoren ändern sich in Abhängigkeit von der paläogeographischen Position der untersuchten Profile.

Dieses Faziesmodell zeigt auch die Abhängigkeit der Zyklen-Ausbildung von der relativen Position zu den Pforten und zur Karbonat-Rampe. Dieses Modell ist dem von PÖPPELREITER & AIGNER (1998) und PÖPPELREITER (1998) aus dem Unteren Keuper beschriebenen ähnlich.

### 3. Sequenzstratigraphische Gliederung des Muschelkalks

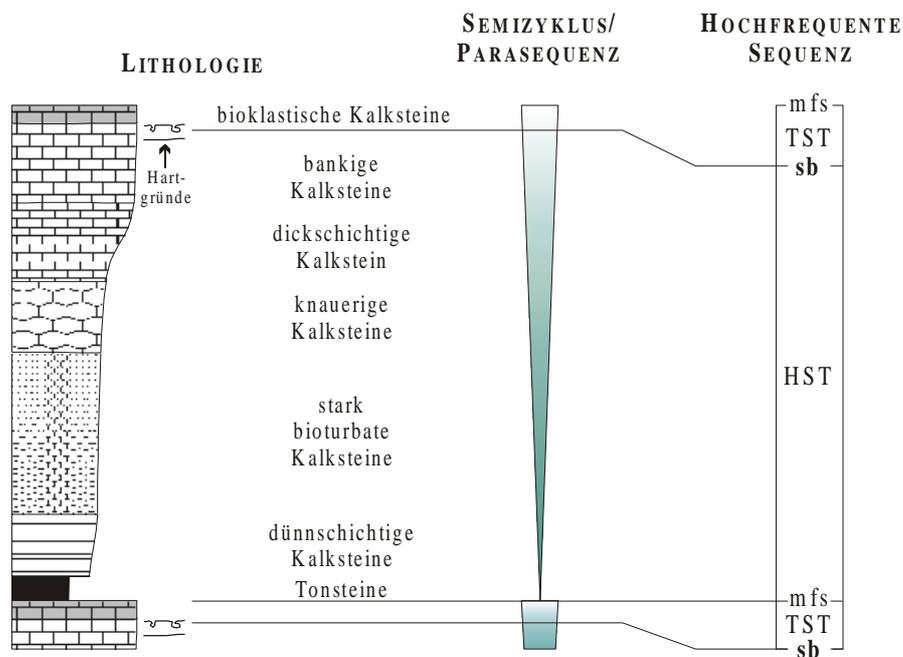
#### a) Sequenzen 3. Ordnung nach AIGNER & BACHMANN (1992)

Der untersuchte Untere Muschelkalk befindet sich sequenzstratigraphisch betrachtet nach AIGNER & BACHMANN (1992, 1993) in der ersten von zwei Muschelkalk-Sequenzen 3. Ordnung (VAIL et al. 1977). Die Sequenzgrenze (**sb**, *sequence boundary*) liegt an der Basis des Rötquarzits. Der Rötquarzit selbst repräsentiert einen Tiefstand-Systemtrakt (*lowstand systems tract*; **LST**), der zur ersten Sequenz dritter Ordnung im Muschelkalk gehört. Die folgenden fluviatilen und lakustrinen sandigen Sedimente des Röt sowie die Gipslagen führenden dolomitischen und mergeligen Myophorien-Schichten, die zu den marinen Tonsteinen und Kalksteinen des Muschelkalks überleiten, repräsentieren einen transgressiven Systemtrakt (*transgressive systems tract*; **TST**). Der Untere Muschelkalk gehört zum einem transgressiven Systemtrakt (**TST**) und zum unteren Teil eines Hochstand-Systemtrakts (*highstand systems tract*; **HST**), wobei die maximale Überflutungsfläche (*maximum flooding surface*; **mfs**) im Bereich der Terebratel-Schichten ausgebildet ist. An der Basis der Evaporite des Mittleren Muschelkalks liegt die **sb** dieser Sequenz, so daß die Evaporite bereits den **LST** der zweiten Muschelkalk-Sequenz repräsentieren.

## b) Hochfrequente Zyklen und Parasequenzen

Die in dieser Arbeit nachgewiesenen Zyklen (Semizyklen) können als hochfrequente Sequenzen (*high frequency sequences*) interpretiert werden (Abb. 13). Bei diesen wurde die Zyklen- und damit die Sequenzgrenze im Sinne von MITCHUM & VAN WAGONER 1991) durch Hartgründe definiert (AIGNER & BACHMANN 1992, 1993, GÖTZ 1994, 1996a, GÖTZ & FEIST-BURKHARDT 1999). Damit wird die bankige Schichtenfolge (oolithische, bioklastische, bankige Kalksteine) durch die Sequenzgrenze getrennt und zwei aufeinander folgenden Sequenzen zugeordnet. Die Sequenz beginnt daher bei dieser Interpretation mit bioklastischen Kalksteinen.

Die einzelnen Vertiefungs- oder Verflachungs-Semizyklen können aber auch als Parasequenzen (VAN WAGONER et al. 1988) betrachtet werden. Insgesamt wurden 21 symmetrische Zyklen beschrieben (42 Semizyklen), was bei einer angenommenen Dauer des Unteren Muschelkalks von ca. 3 Mio. Jahren (siehe Tab.1) ca. 71.000 Jahre pro Semizyklus ergibt. Das entspricht Parasequenzen 4.-5. Ordnung (0.03-0.5 Mio. Jahre nach VAIL et al. 1991, DUVAL et al. 1992).



**Abb. 13:** Sequenzstratigraphische Interpretation der Parasequenzen als hochfrequenten Sequenzen.

Parasequenzen werden durch allo- und autozyklische Prozesse erklärt. Als wichtigster Bildungsmechanismus der Parasequenzen des Unteren Muschelkalks werden eustatische Meeresspiegel-Schwankungen, also eine allozyklische Steuerung, angenommen. Weitere Faktoren, die die Ausbildung der Parasequenzen gesteuert haben, sind die paläogeographische Lage sowie Sedimentations- und Subsidenzrate, und damit die Ausbildung des sogenannten Akkomodationsraums („*accommodation space*“) (JERVEY 1988) in der betreffenden Region.

## c) Parasequenz-Sets

Die Parasequenzen können zu Parasequenz-Sets (*Parasequence Sets*; VAN WAGONER et al. 1988) zusammengestellt werden. Im bearbeiteten Abschnitt sind insgesamt 8 Parasequenz-Sets ausgebildet (Abb. 14). Ein Parasequenz-Set wird charakterisiert und definiert durch eine Abfolge von Parasequenzen (Semizyklen), die zumindest überwiegend die gleichen Trends zeigen. In Brandenburg und in der Schlesisch-Krakauer Region gibt es darüber hinaus die Situation, daß Verflachungs-Parasequenzen zu einem Vertiefungs-Parasequenz-Set zusammengestellt wurden. In diesen Fällen wurden die Parasequenz-Sets durch die übergeordnete Entwicklung definiert, es wurde also die relative Wassertiefe an der Basis und am Top des Sets verglichen. Eine solche Zusammenstellung zeigt ein retrogradierendes *Parasequence Set* (VAN WAGONER et al. 1990).

## d) Sequenzen

Jeweils zwei Parasequenz-Sets lassen sich zu einer Sequenz zusammenfassen. Von der Basis der Grenzbank beginnend sind im Unteren Muschelkalk bis zu den Schaumkalkbänken zwei vollständige Sequenzen entwickelt (Abb. 14). Myophorien-Schichten und Schaumkalkbänke sind Teile von zwei weiteren Sequenzen.

Die in fünf Gruppen gegliederten Zyklen entsprechen weitgehend den stratigraphischen Abschnitten und den Sequenzen (Zyklengruppe **so,m**: Myophorien-Schichten, **mu1**: Unterer Wellenkalk und Oolithbänke, **mu2**, **mu3**: Mittlerer Wellenkalk, Terebratelbänke und Oberer Wellenkalk, **mu4**: Schaumkalkbänke; Abb. 14).

Die Zyklengruppe **so,m** besteht aus überwiegenden Vertiefungs-Semizyklen, die einen transgressiven Trend zeigen und somit in der sequenzstratigraphischen Interpretation einem *TST* entsprechen. Die *mfs* wird unterhalb der Grenzbank erreicht. Mit einem abschließenden kurzen regressiven Trend bis zur Grenzbank wird ein *HST* gekennzeichnet. Am Top eines Dolomithorizontes bzw. an der Basis der Grenzbank liegt eine *sb*.

Die Zyklengruppe **mu1** beginnt mit der Grenzbank, die einem *LST* entspricht. Weiter folgt ein transgressiver *Parasequence Set*, der als *TST* interpretiert wird. Der transgressive Puls ist deutlich stärker als in der vorhergehenden Sequenz. Nach der *mfs* unterhalb der Oolithbank  $\alpha$  folgt als nächstes ein regressiver Trend, der bis zur Oolithbank  $\beta_2$  anhält (*HST*). Am Top der Oolithbank  $\beta_2$  liegt die *SB* dieser Sequenz, die aus 16 Parasequenzen besteht. Bei einer angenommenen durchschnittlichen Dauer von 71.000 Jahren pro Parasequenz ergibt sich damit eine Dauer von ca. 1,14 Mio. Jahren.

Im westlichen Teil des Arbeitsgebiets zeigt die Zyklengruppe **mu2** einen übergeordneten *TST* (transgressiven *Parasequence Set*) bis zu den Terebratelbänken, obwohl die einzelnen Zyklen in Brandenburg, Großpolen und Schlesien wegen ihrer Position auf der oolithischen Schwelle stets als Verflachungs-Zyklen ausgebildet sind (*Retrogradational Parasequence Set*). Deswegen könnte hier an der Basis der Zyklengruppe **mu2** auch eventuell ein *LST* definiert werden, der allerdings nicht im gesamten Becken verfolgt werden kann. Der *TST* im Mittleren Wellenkalk erreicht in den Terebratel-Schichten sein Maximum. Im Bereich der Terebratelbänke wird allgemein eine übergeordnete maximale Überflutungszone (*mf*-Zone) für den gesamten Unteren Muschelkalk interpretiert (SZULC 1991, AIGNER & BACHMANN 1992, GÖTZ 1994, RAMEIL 1999). Dafür sprechen auch paläontologische Hinweise wie die Verbreitung von Ammoniten (KAIM & NIEDZWIEDZKI 1999) und Conodonten (KĘDZIERSKI & SZULC 1996), sowie Ichnofossilien (KNAUST 1998).

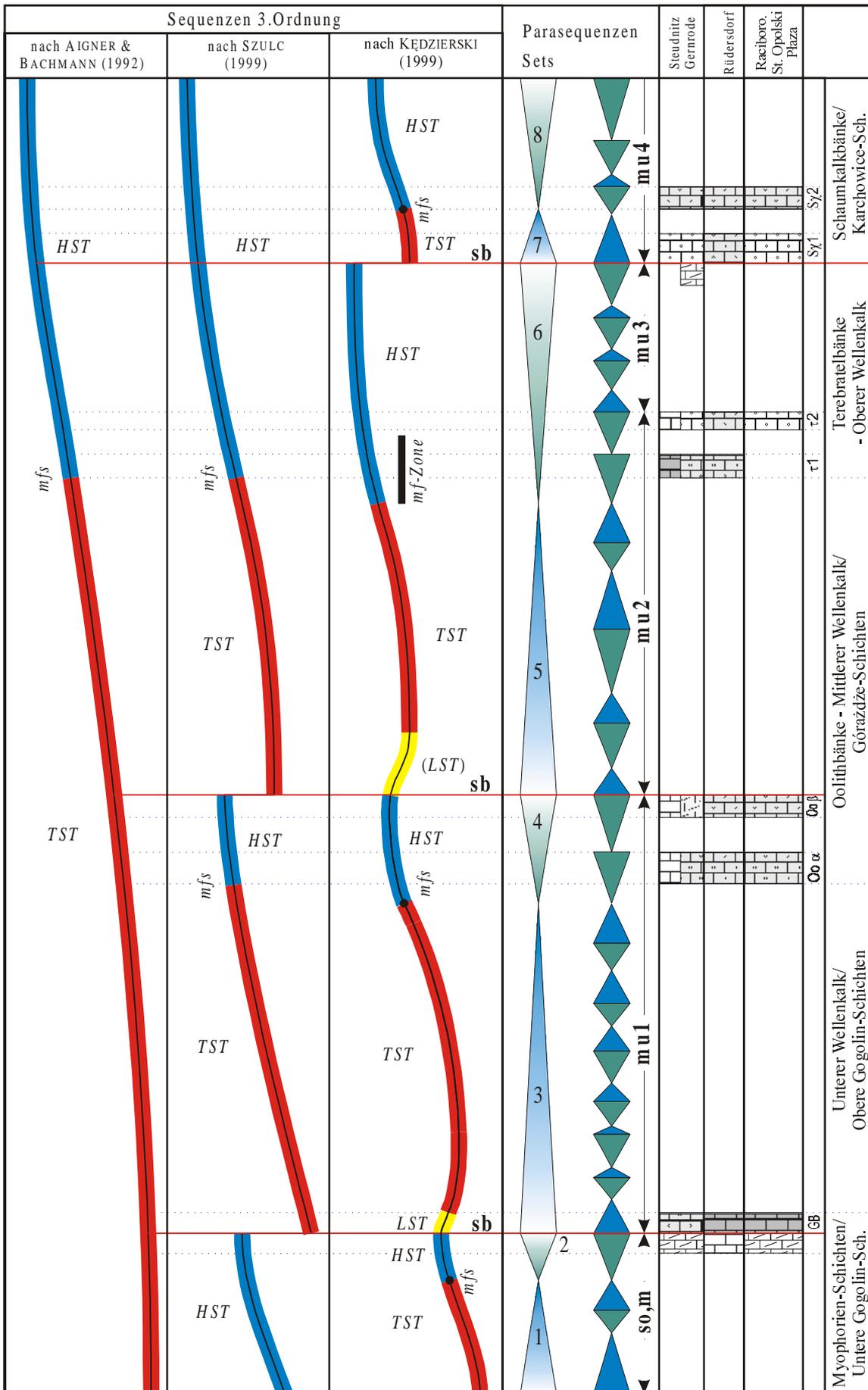


Abb. 14: Sequenzen 3. Ordnung als *coastal onlap*-Kurven im Unteren Muschelkalk.

Die Zyklengruppe **mu3** bildet einen *HST*, der mit einer *SB* an der Basis der Schaumkalkbank  $\chi_1$  abgeschlossen wird. Die Sequenz besteht aus 16 Parasequenzen, was eine Dauer von ca. 1,14 Mio. Jahren ergibt.

Die Zyklengruppe **mu4** beginnt mit einem kurzen *TST* bis zu der Schaumkalkbank  $\chi_2$ . Hier wird erneut ein *HST* erreicht, der bis in den Mittleren Muschelkalk reicht.

Für die Definition der Sequenzen ist das Auftreten von Dolomithorizonten direkt unterhalb von allen drei Sequenzgrenzen ein wichtiger Hinweis. Bei der ersten Sequenzgrenze konnte dieser Dolomithorizont außer in Rüdersdorf in allen Profilen verfolgt werden. Im Bereich der Oolithbänke tritt ein Dolomithorizont nur im Profil Gernrode auf. Dolomite in dieser Position sind aber aus den weiter westlich gelegenen Teilen des Beckens bekannt. In Brandenburg und Polen treten an dieser Stelle oolithische Bänke mit Rippeln und Hartgründen auf. In Steudnitz ist die Oolithbank  $\beta_2$  als bankiger Kalkstein mit Hartgrund entwickelt. Ähnlich ist die Situation bei der dritten Sequenzgrenze an der Basis der Schaumkalkbank  $\chi_1$ . Hier ist im Arbeitsgebiet nur in Gernrode ein Dolomithorizont zu beobachten, der sich aber ebenfalls weiter nach Westen fortsetzt.

Diese Dolomithorizonte sprechen sicherlich für Verflachungs-Ereignisse und dienen damit auch als ein Hinweis für Sequenzgrenzen.

Auch die auf die Sequenzgrenzen folgenden Horizonte sprechen für den Anfang neuer Sequenzen. Es sind entweder oolithische Horizonte mit erosiver Basis (Intraklasten, Konglomerate) und verschiedenen Schrägschichtungstypen oder bioklastische Kalksteine (Tempestite), die auch Intraklasten enthalten und meistens Hartgründe überlagern.

#### e) Vergleich der Sequenzen

Abb. 14 zeigt neben der oben geschilderten sequenzstratigraphischen Gliederung die Sequenz-Interpretation von anderen Autoren.

Die Interpretation von AIGNER & BACHMANN (1992) gibt einen übergeordneten Trend wieder, der sich gut in der Ausbildung der einzelnen Systemtrakte widerspiegelt. Während des übergeordneten *TST* (AIGNER & BACHMANN 1992) dominiert der transgressive Anteil der Sequenzen, wogegen mit Beginn des übergeordneten *HST* (ab der Terebratelbank) der regressive Systemtrakt (*HST*) vorherrscht.

Auch die Interpretation von SZULC (1999) zeigt übergeordnete Sequenzen. Trotzdem bestehen mit ihr bessere Übereinstimmungen als mit der Gliederung von AIGNER & BACHMANN (1992).

Bei einer angenommenen durchschnittlichen Dauer von 71.000 Jahren pro Parasequenz (insgesamt 42) ergibt sich für beide Sequenzen eine Dauer von jeweils etwas mehr als 1 Mio. Jahren. Dies entspricht damit Sequenzen 3. Ordnung nach VAIL et al. (1991) und DUVAL et al. (1992), die für die Dauer einer Sequenz 0,5-3 Mio. Jahre angeben.

## V. Beckenentwicklung

Auf der Basis der bearbeiteten lithologischen Profile wurde auch eine Analyse der Beckenentwicklung des Germanischen Beckens im Unteren Muschelkalk durchgeführt. Dabei wurde der Zeitraum zwischen dem Röt und Mittleren Muschelkalk analysiert. Die Faziesverbreitungsmuster am nördliche Beckenrand sind weitgehend hypothetisch.

### 1. Myophorien-Schichten/Untere Gogolin-Schichten

Das erste Modell (Abb. 14) zeigt die Paläogeographie während der Sedimentation der Myophorien-Schichten. In den Bereichen, die marinen Einflüssen unterliegen, beginnt zu dieser Zeit eine karbonatische Sedimentation. Die marinen Einflüsse erreichen das Becken über eine Verbindung mit der Tethys durch die Schlesisch-Mährische Pforte und vor allen Dingen durch die Ostkarpaten-Pforte, die dem Dänische-Polnischen Trog folgt. Infolgedessen werden in Kleinpolen, Oberschlesien und Brandenburg Sedimente in typischer Wellenkalk-Fazies abgelagert.

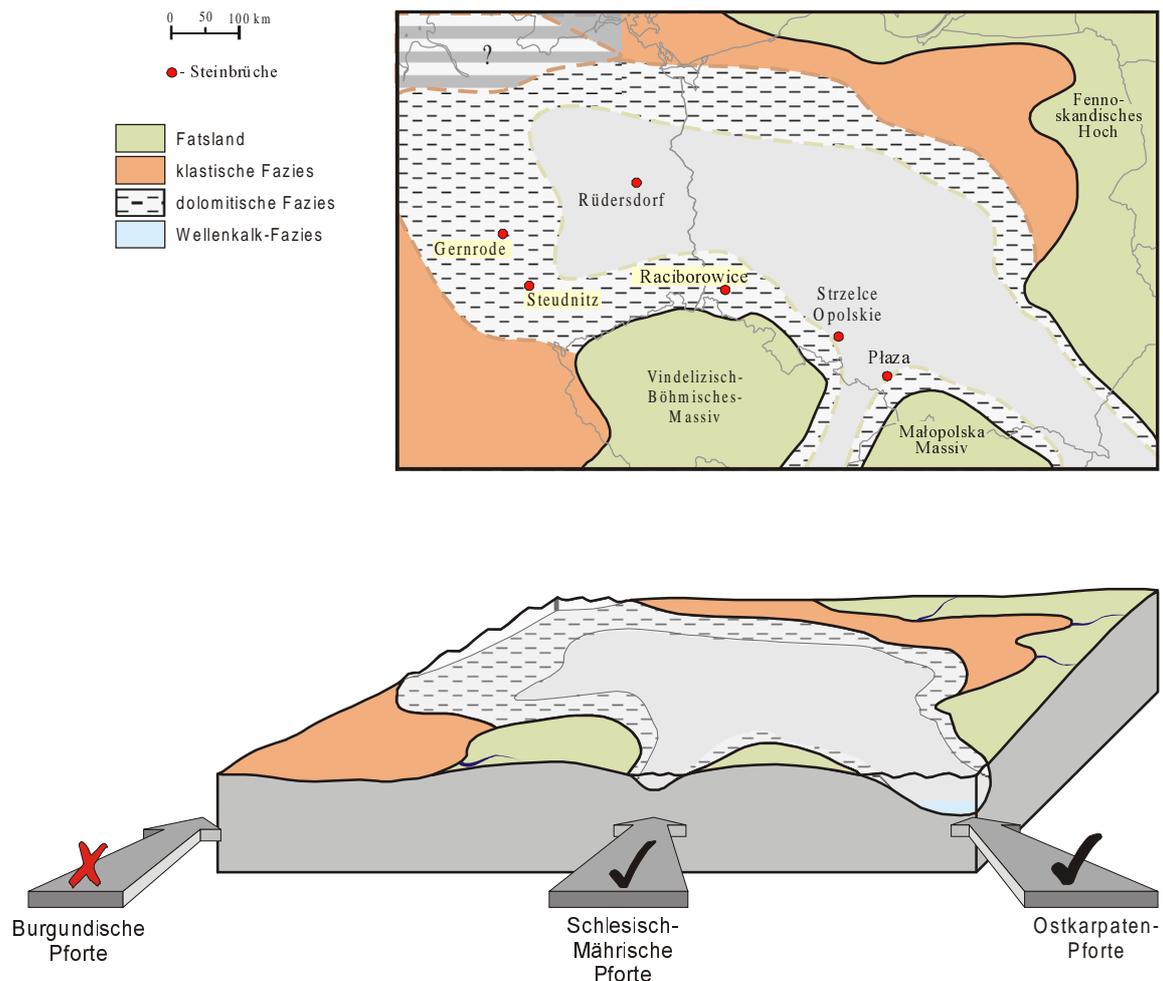
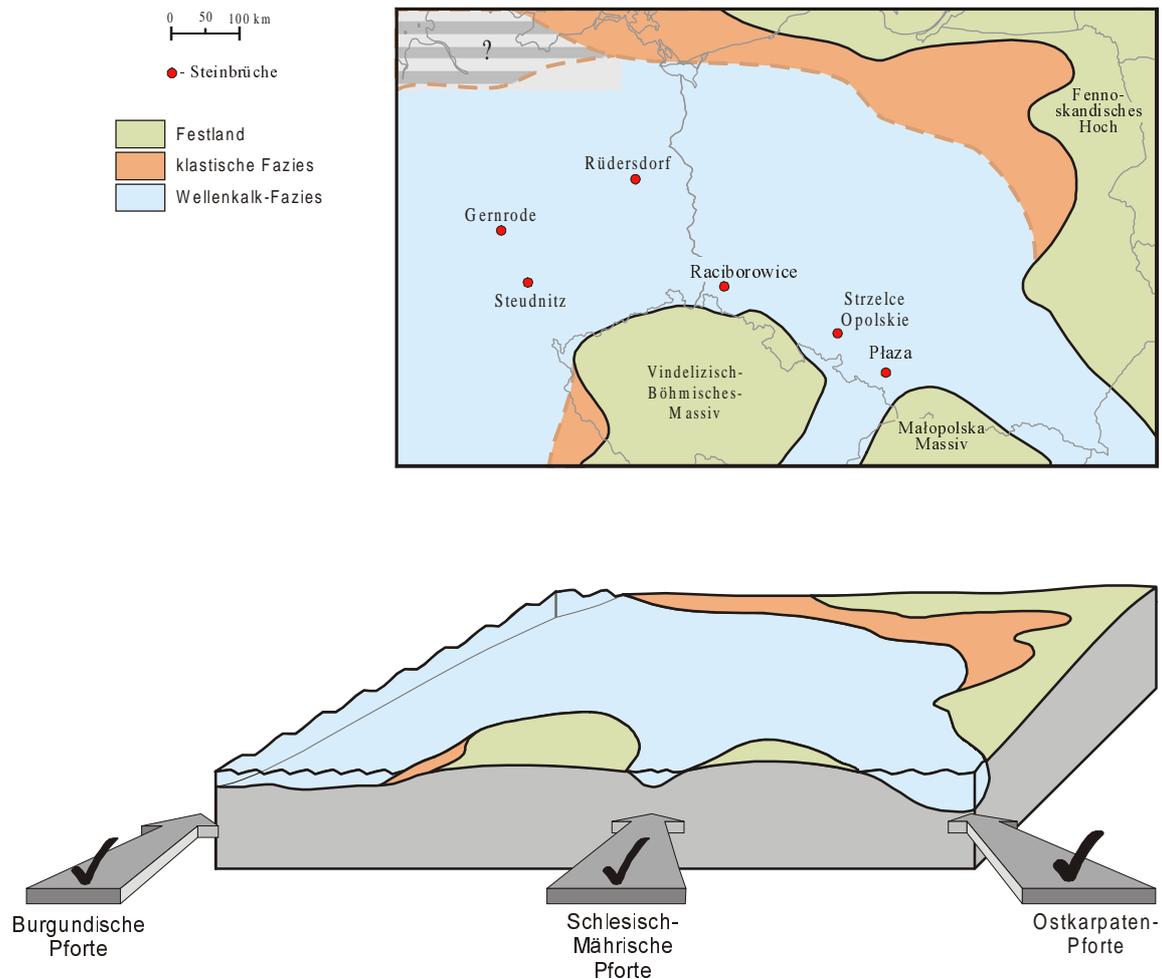


Abb. 15: Paläogeographie und Fazies-Verbreitung zur Zeit der Myophorien-Schichten.

Am Rande dieses Bereiches vollmariner Sedimentation wird dolomitische und mergelige Fazies abgelagert. Ein Beispiel stellt Thüringen mit dolomitischen und mergeligen Schichten dar. Hier treten auch Kalksteinlagen mit Faunen auf, die auf gelegentliche starke marine Ingressionen hinweisen. Unterhalb der Myophorien-Schichten treten auch Gipse auf. In Schlesien und Kleinpolen, wo die Schlesisch-Mährische Pforte aktiv ist, herrscht marine Sedimentation vor. Sie wird allerdings mehrfach von Phasen dolomitischer Fazies unterbrochen.

## 2. Untere Wellenkalk/Obere Gogolin-Schichten

Die Sedimentationsbedingungen im Unteren Wellenkalk (Abb. 15) vereinheitlichen sich. Marine Transgressionen erreichen das gesamte Becken durch drei Pforten. Zusätzlich zu den östlichen Pforten öffnet sich auch die Burgundische Pforte, die für marine Einflüsse im südwestlichen Deutschland verantwortlich ist. Die Ostkarpaten-Pforte spielt jedoch weiterhin die Hauptrolle. Der gesamte östliche Teil des Germanischen Beckens ist geprägt durch Wellenkalk-Fazies. Diese Fazies bleibt vorherrschend bis zum Einsetzen der Sedimentation der Oolithbänke.



**Abb. 16:** Paläogeographie und Fazies-Verbreitung zur Zeit des Unteren Wellenkalk.

3. Oolithbänke/ Untere Górażdże-Schichten

Zur diese Zeit bildet sich im Becken eine oolithische Barriere, die die Sedimentationsbedingungen im Becken steuert (Abb. 16). Nahezu im gesamten östlichen Teil des Germanischen Beckens wurden mächtige oolithische Kalksteinhorizonte abgelagert. Nur in den Bereichen, die unter dem Einfluß der aktiven Burgundischen Pforte bleiben (Steudnitz), wurden westlich der Schwelle bankige und bioklastische Kalksteine abgelagert. Wo die Altmark-Schwelle aktiv ist (Gernrode), treten auch Dolomithorizonte auf.

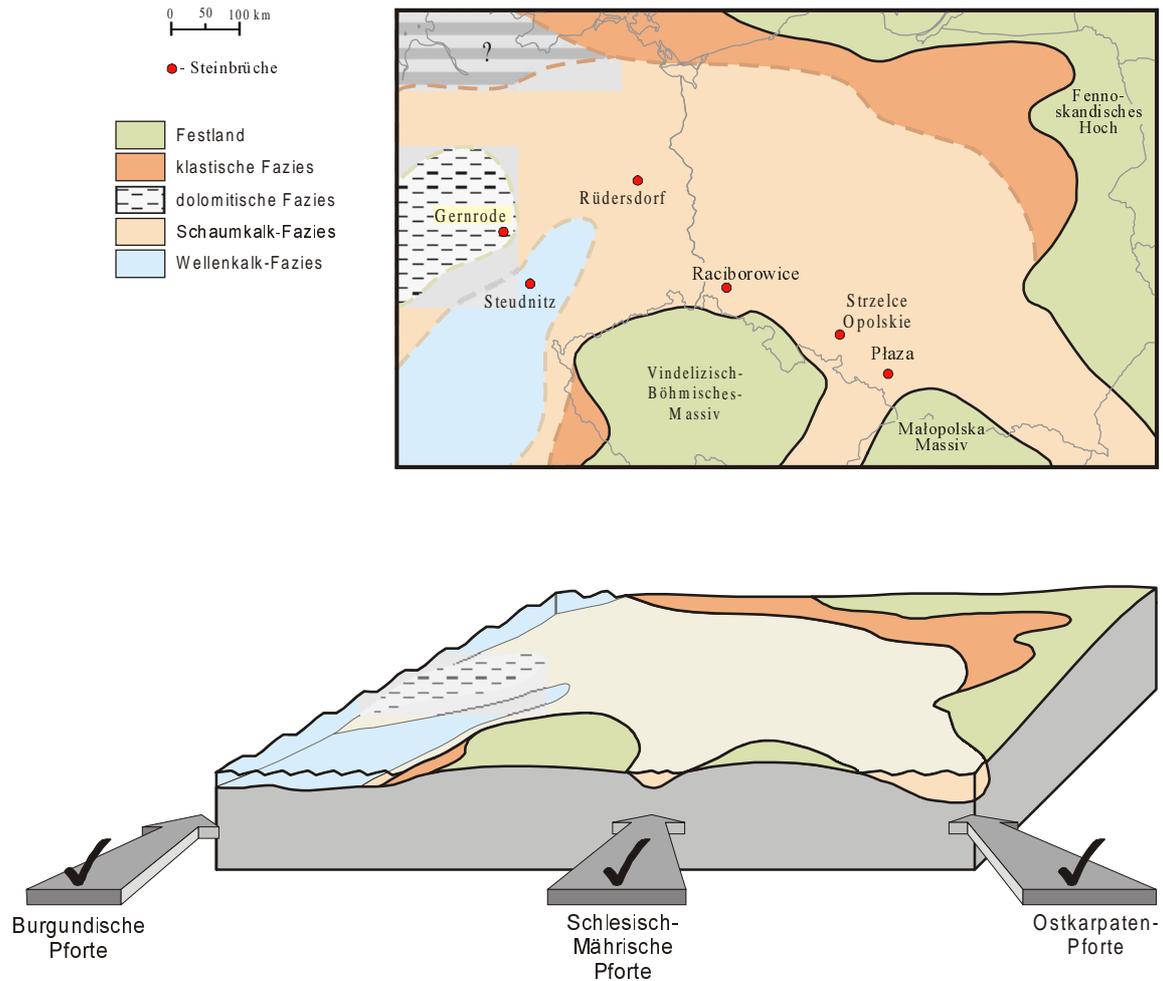


Abb. 17: Paläogeographie und Fazies-Verbreitung zur Zeit der Oolithbänke.

4. Mittlerer Wellenkalk/Górażdże-Schichten

Im polnischen Teil des Beckens und in Brandenburg spielt weiterhin die oolithische Fazies die wichtigste Rolle (Abb. 17). Hier wurden die über 20 m mächtigen Górażdże-Schichten (Polen) und die etwa 70 m mächtige Schaumkalk-Stufe (Brandenburg) abgelagert. In der Region, die unter Einfluß der Burgundischen Pforte verbleibt (Steudnitz, Gernrode), kehrt wieder Wellenkalk-Fazies zurück. Am Ende des Mittleren Wellenkalks treten auch in Oberschlesien und Kleinpolen wieder Schichten in Wellenkalk-Fazies auf.

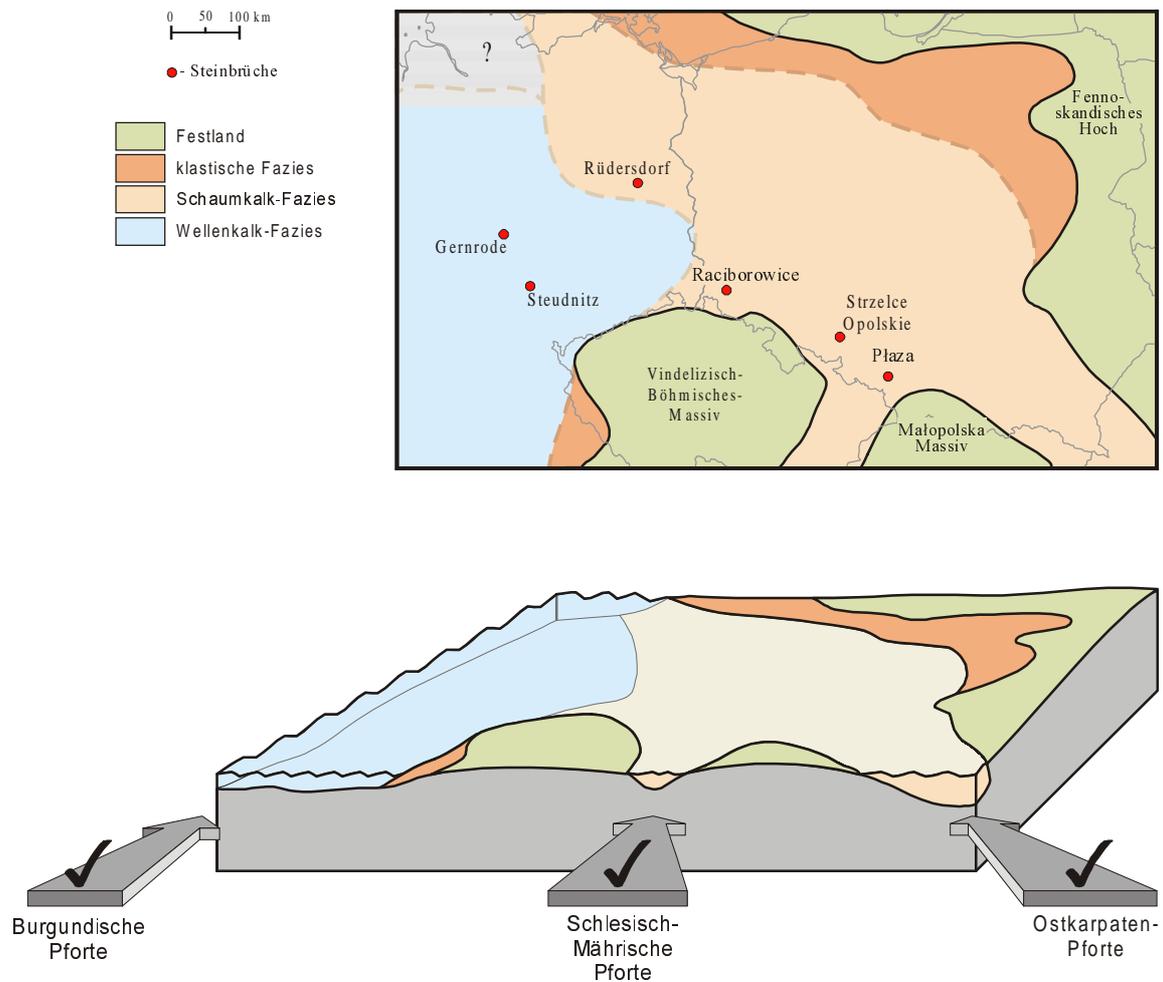


Abb. 18: Paläogeographie und Fazies-Verbreitung zur Zeit des Mittleren Wellenkalks.

5. Terebratel-Schichten

Zur Zeit der Ablagerung der Terebratel-Schichten sind die Ostkarpaten- und Schlesisch-Mährische Pforte wieder verstärkt aktiv. Als Folge davon treten in der Nähe der Pforten Sedimente in bioklastische Fazies auf (Abb. 18), die als mehrere Meter mächtige amalgamierte bioklastische Kalksteinhorizonte (in Polen ein Bank) ausgebildet sind. In diesen Schichten treten Hartgründe auf. Brachiopoden, Gastropoden und Crinoiden sind zu beobachten. Die oolithische Fazies wird langsam nach Norden zurückgedrängt. Sie erfaßt noch Gernrode, Rüdersdorf und Raciborowice in Niederschlesien. Innerhalb der Terebratel-Schichten wird für das Germanische Becken nach Ansicht verschiedener Bearbeiter eine *mfs* (Maximale Überflutungsebene) angenommen.

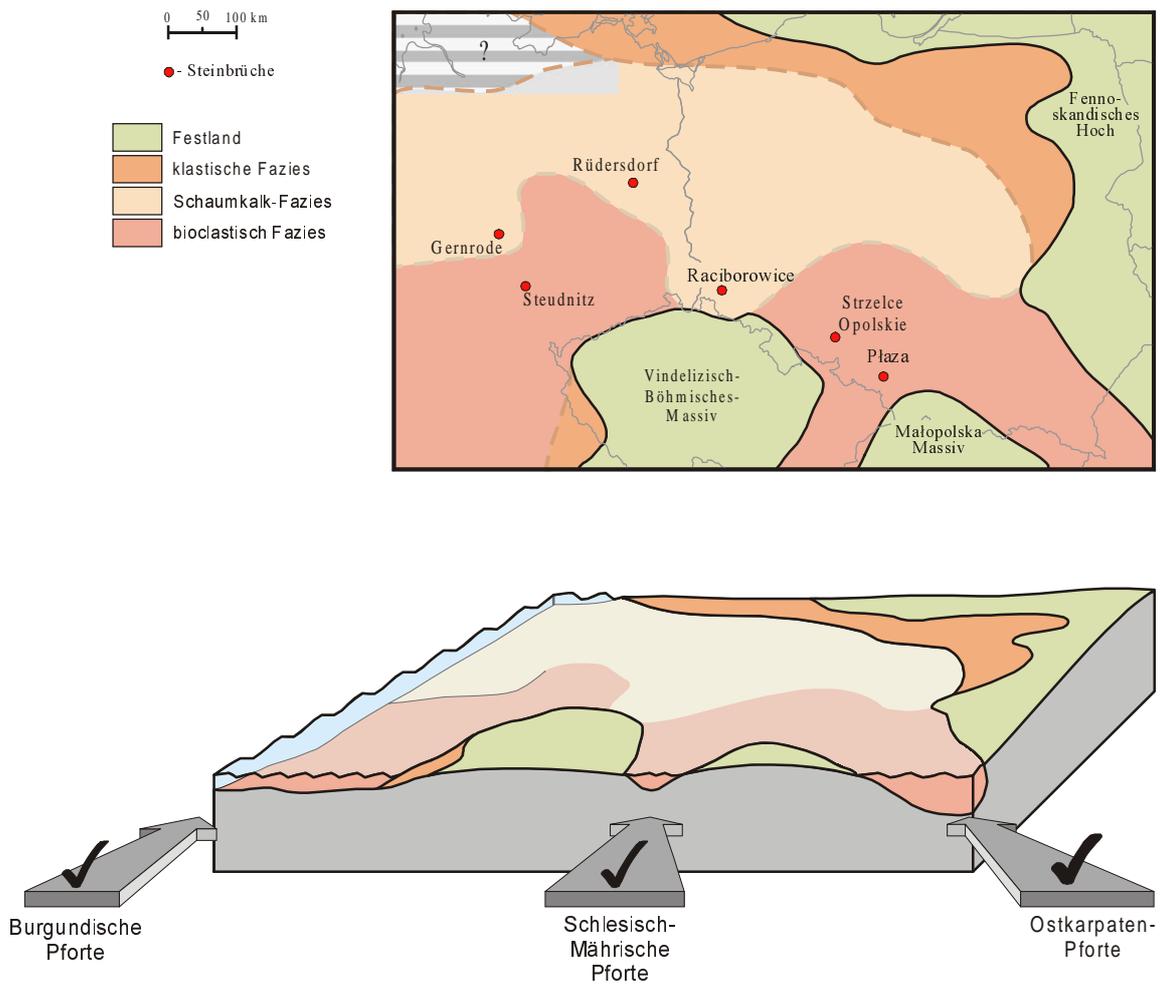


Abb. 19: Paläogeographie und Fazies-Verbreitung zur Zeit der Terebratel-Schichten.

6. Oberer Wellenkalk/Obere Terebratel-Schichten

Nahezu im gesamten Becken herrscht wieder Wellenkalk-Fazies vor (Abb. 19). Nur in Brandenburg und Großpolen dauert die Sedimentation in oolithische Fazies weiter an. Am Ende des Oberen Wellenkalks sind im zentralen Teil des Germanischen Beckens (Gernrode) dolomitische Lithotypen zu verzeichnen, die auf die Aktivität der Altmark-Schwelle zurückzuführen sind.

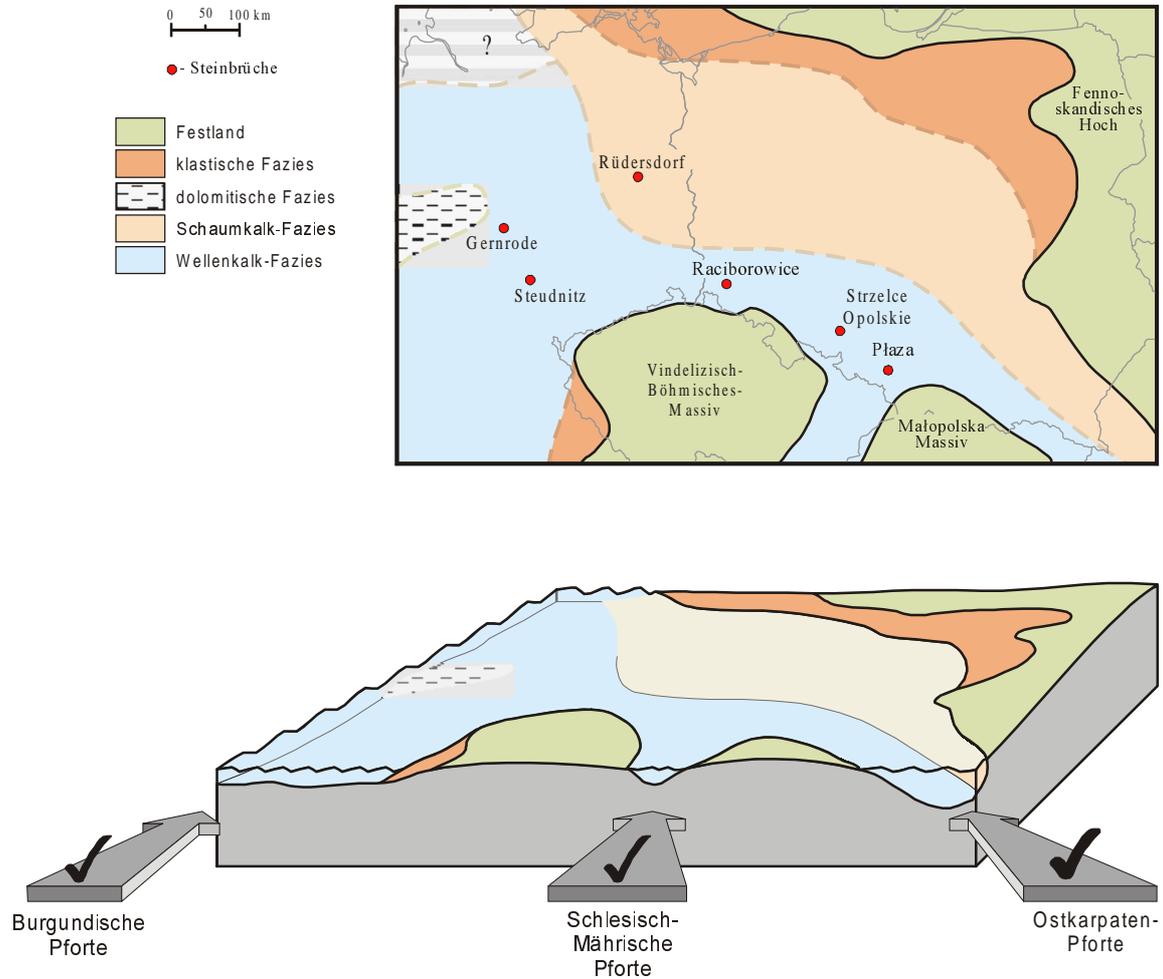


Abb. 20: Paläogeographie und Fazies-Verbreitung zur Zeit des Oberen Wellenkalks.

7. Schaumkalkbänke/Karchowice-Schichten

Die Sedimentation des Unteren Muschelkalks geht zu Ende und die zyklische Verflachung des Germanischen Beckens bringt wieder oolithische Fazies in fast alle Regionen (Abb. 20). Nur in der Region, die unter dem Einfluß der Burgundischen Pforte steht, die in dieser Zeit durchgehend aktiv ist, dauert die Ablagerung in Wellenkalk-Fazies an. In der Region Gernrode zeigen sich dagegen Dolomite der Schwellen-Fazies (Altmark-Schwelle).

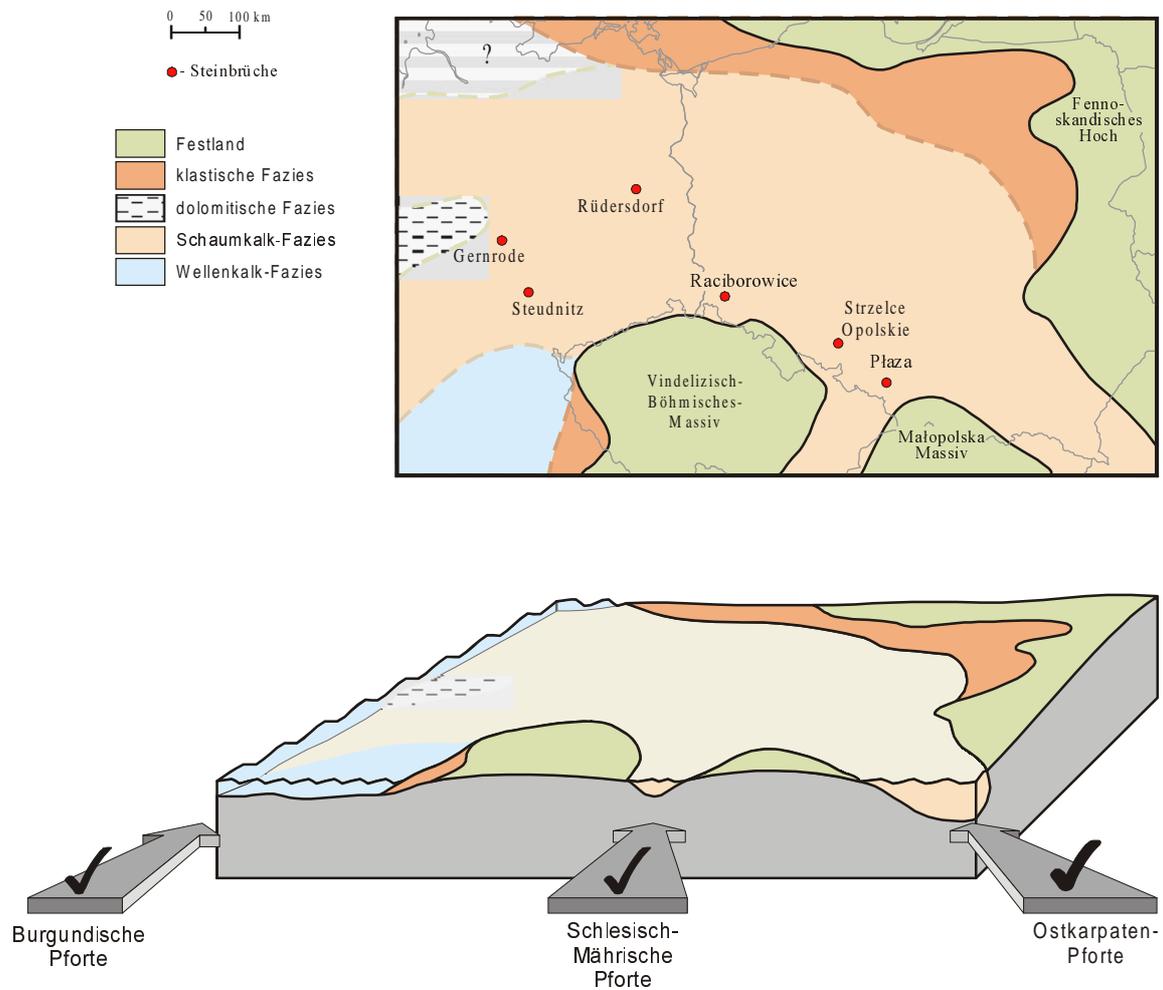
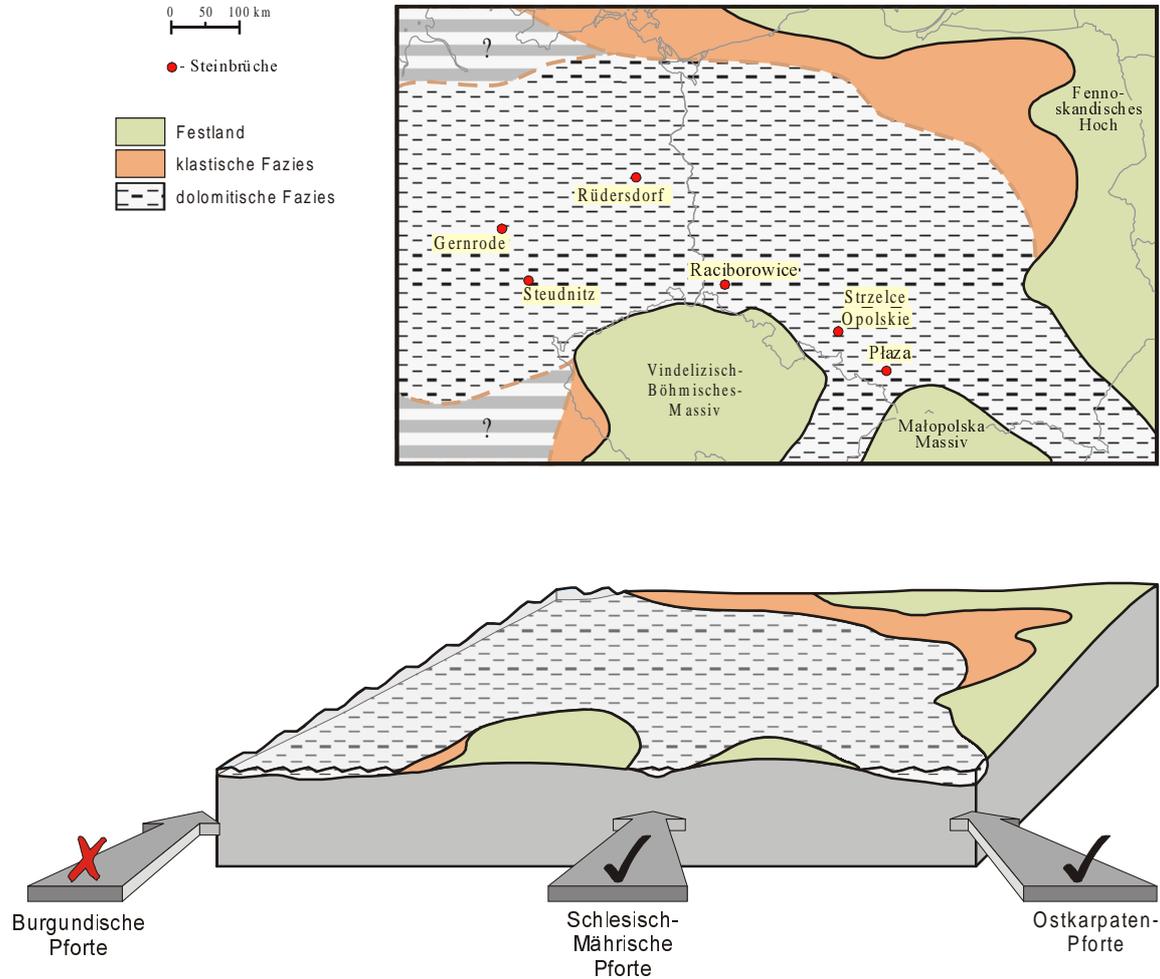


Abb. 21: Paläogeographie und Fazies-Verbreitung zur Zeit der Schaumkalkbänke.

8. Unterer/Mittlerer Muschelkalk

Abb. 21 zeigt die Situation während der Ablagerung der *Orbicularis*- und *Diplopora*-Schichten Polens. Im gesamten Germanischen Becken herrscht dolomitische Fazies vor. Zur dieser Zeit ist die Verbindung zur Tethys durch die Pforten fast geschlossen, und es bildet sich eine weite Sabkha. Diese Entwicklung führt letztlich zu einer salinaren Sedimentation im Mittleren Muschelkalk.



**Abb. 22:** Paläogeographie und Fazies Verbreitung zur Zeit des Grenzbereichs des Unterer/Mittlerer Muschelkalk.

## • VI. Zusammenfassung der Ergebnisse

- Generelle Korrelation im östlichen Teil des Germanischen Beckens auf der Basis von Gammakurven aus Bohrungen und Steinbrüchen.

In allen Steinbrüchen wurde die natürliche Gamma-Strahlung gemessen. Die Gammakurven wurden mit ausgewählten digitalisierten Kurven aus Bohrungen korreliert (Anlage 7). Auf Basis dieser Korrelation wurden Leithorizonte gefunden, die eine Grundlage für die detaillierte Korrelation bilden.

- Erfolgreiche Verwendung der mit Hilfe der tragbaren Meß-Sonde aufgenommenen natürlichen Gamma-Strahlung in Steinbrüchen bei der Interpretation von Kleinzyklen.

Bei einzelnen Zyklen wurde die gemessene Gamma-Strahlung der Profile in Steinbrüchen als Hilfsmittel zusätzlich zu den sedimentologischen Kriterien und Fossilmerkmalen benutzt. Die natürliche Gamma-Strahlung ist vom Tonmineralgehalt und von der Porosität abhängig, was auch den Vertiefungs- und Verflachungstrends der Zyklen entspricht. Auf Grund dieser Eigenheit wurden in problematischen Profilausschnitten, bei denen auf der Basis von sedimentologischen Merkmalen und der Fossilführung keine Entscheidung getroffen werden konnte, Zyklusgrenzen nachgewiesen.

- Beschreibung symmetrischer Sedimentations-Zyklen (Parasequenzen), die in faziell unterschiedlich entwickelten Regionen korrelierbar sind und auch als hochfrequente Sequenzen interpretiert werden können.

Auf der Basis der oben beschriebenen Daten und detaillierten Profilaufnahmen wurde ein symmetrischer Idealzyklus für den Unteren Muschelkalk des Germanischen Beckens beschrieben. Dieser Zyklus besteht aus Vertiefungs- und Verflachungs-Semizyklen, die in verschiedenen Profilen und Regionen auskeilen können. Durch dieses Zyklusmodell ist es möglich, alle Zyklen (Semizyklen) miteinander zu korrelieren und jeden einzelnen Zyklus (Semizyklus) in allen Regionen des Arbeitsgebietes zu erkennen (Anlagen 1-6). Diese Semizyklen können nicht nur als Parasequenzen sondern auch als hochfrequente Sequenzen interpretiert werden.

- Sequenzinterpretation des Unteren Muschelkalks im mittleren und östlichen Teil des Germanischen Beckens.

Insgesamt wurden 21 Zyklen beschrieben, die miteinander korrelierbar sind (Anlage 8). Die Zyklen wurden in fünf Gruppen gegliedert, die den stratigraphischen Stufen entsprechen (**so,m**: Myophorien-Schichten, **mu1**: Unterer Wellenkalk und Oolithbänke, **mu2**: Mittlerer Wellenkalk und Terebratelbänke, **mu3**: Oberer Wellenkalk, **mu4**: Schaumkalkbänke). Damit wurden von der Grenzbank an der Basis des Unteren Muschelkalks bis zur Basis der Schaumkalkbänke 3 Sequenzen 3. Ordnung interpretiert, die jeweils aus zwei Parasequenz-Sets bestehen. Teile von weiteren zwei Sequenzen sind in den Myophorien-Schichten und Schaumkalkbänken entwickelt. Die Dauer einer Sequenz beträgt durchschnittlich ca. 1 Mio. Jahre.

- Vergleich der einzelnen stratigraphischen Stufen im Raum des Germanischen Beckens.

Dank der detaillierten Sequenzanalyse und der Kleinzyklen-Interpretation war es möglich, die unterschiedlichen Gliederungen in den Arbeitsgebieten zu erklären. In dieser Weise wurden in der „Wellenkalk-“ und der „Schaumkalk-Stufe“ Brandenburgs Äquivalente zu den Thüringischen Horizonten gefunden. Auch in Polen und Deutschland wurden trotz unterschiedlicher Gliederungen gemeinsame stratigraphische Grenzen festgelegt.

- Parallelisierung der Myophorien-Schichten und der Unteren Gogolin-Schichten als äquivalente Horizonte.

Durch die Korrelation der Kleinzyklen konnten Myophorien-Schichten und Untere Gogolin-Schichten miteinander parallelisiert werden. Aufgrund der diachronen Faziesverbreitung sind die Unteren Gogolin-Schichten bereits in Wellenkalk-Fazies entwickelt. Daher werden die Unteren Gogolin-Schichten in Polen zum Muschelkalk gestellt. Die Myophorien-Schichten Deutschlands gehören zum Buntsandstein, da sie als mergelige, dolomitische sowie in Südwestdeutschland sogar überwiegend als terrigene Gesteine ausgebildet sind.

- Beckenentwicklung des Unteren Muschelkalks im Arbeitsgebiet.

Auf der Basis der bearbeiteten Daten (Profile und Bohrungen) wurde ein Modell der Beckenentwicklung konstruiert. Es wurden Fazieskarten für acht stratigraphische Einheiten von den Myophorien-Schichten (Röt/Muschelkalk) bis in den Mittleren Muschelkalk erstellt.

## VII. Literatur

- AIGNER, T. (1979): Schill-Tempestitute im Oberen Muschelkalk (Trias, SW-Deutschland). – N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **157** (3): 326-343, 7 Abb.; Houston.
- AIGNER, T. (1982): Calcareous tempestites: storm dominated stratification in Upper Muschelkalk limestones (Middle Triassic, SW-Germany). – In: EINSELE, G. & SEILACHER, A. (eds.): Cyclic and event stratification: 180-198, 10 Abb.; Berlin-Heidelberg-New York (Springer).
- AIGNER, T. & BACHMANN, G. H. (1992): Sequence-stratigraphic framework of the German Triassic. – *Sedimentary Geology*, **80**: 115-135, 14 Abb.; Amsterdam
- AIGNER, T. & BACHMANN, G. H. (1993): Sequence Stratigraphy of the German Muschelkalk. – In: HAGDORN, H & SEILACHER, A. (eds.): Muschelkalk - Schöntaler Symposium 1991. – Korb (Goldschneck), 15-18, 2 Abb.; Stuttgart.
- AIGNER, T. & REINECK, H. E. (1982): Proximal Trends in Modern Storm Sands from the Helgoland Bight (North Sea) and their Implications for Basin Analysis. – *Senckenbergiana marit*, **14** (5/6): 183-215, 10 Abb., 3 Taf.; Frankfurt am Main (Senckenberg).
- ASSARURI, M. & LANGBEIN, R. (1987): Verbreitung und Entstehung intraformationeller Konglomerate im Unteren Muschelkalk Thüringens (Mittlere Trias). – *Z. geol. Wiss.*, **15** (4): 511-525; Berlin.
- ASSARURI, M. & LANGBEIN, R. (1990): Dolomitische Gelbkalke des Unteren Muschelkalks (Mittlere Trias) im Thüringer Becken. – *Z. geol. Wiss.*, **18** (11): 1011-1016, 2 Tab., 3 Taf.; Berlin.
- ASSMAN, P. (1913): Ein Beitrag zur Gliederung des oberen Buntsandsteines in östlichen Oberschlesien. – *Jahrbuch der Preußischen geologischen Landesanstalt*, **34**; Berlin.
- ASSMAN, P. (1926b): Die Tiefbohrung „Oppeln“. – *Jahrbuch der Preußischen geologischen Landesanstalt*, **46**, 373-395; Berlin.
- ASSMAN, P. (1944): Die Stratigraphie der Oberschlesischen Trias. Teil II. Der Muschelkalk. – *Abh. Reichsanst. Bodenforsch. N. F. H.*, **208**, 1-125; Berlin.
- BACHMANN, G. H. (1998): The Germanic Triassic: General. – In: BACHMANN, G. H., BEUTLER, G. & LERCHE, I. (eds): Excursions of the International Symposium on the Epicontinental Triassic. – *Hallesches Jahrb. Geowiss.*, **6** (B): 19-22, 2 Abb.; Halle (Saale).
- BACHMANN, G. H. & HOFFMANN, N. (1997): Development of the Rotliegend Basin in Northern Germany. – *Geol. Jb.*, **D103**: 9-31
- BRANDNER, R. (1984): Meeresspiegelschwankungen und Tektonik in der Trias der NW-Tethys. – *Jb. Geol. B.-A.*, **126** (4): 435-475, 25 Abb.; Wien.
- CHRZĄSTEK, A. & NIEDŹWIEDZKI, R. (1998): Kęrowce retu i dolnego wapienia muszlowego na Śląsku. – *Prace geologiczno-mineralogiczne Uniwersytetu Wrocławskiego*, **64**: 69-81; Wrocław.
- DUVAL, B., CRAMEZ, C. & VAIL, P.R. (1992): Types and hierarchy of stratigraphic cycles. – In: *Mezozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins International Symposium* – (ed. by Centre Nat. Rech. Sci. at al.), Abstract, pp. 44-45, Dijon.
- ECK, H. (1865): Ueber die Formationen des bunten Sandsteins und des Muschelkalks in Oberschlesien und ihre Versteinerungen. – *Starcke*, VIII, 148 S., II Taf. I ll.: Berlin.

- ECK, H. (1872): Rüdersdorf und Umgebung. Eine geognostische Monographie. – Abhandlungen zur geologischen Specialkarte von Preußen und benachbarten Thüringischen Staaten **1** (1): 183 S.; Berlin.
- FIEGE, K. (1938): Die Epirogenese des Unteren Muschelkalkes in Nordwestdeutschland. – Zentr. Mineral. Geol. Paläont., **1938 B**: 143-170; Stuttgart.
- FRANTZEN, W. (1888): Untersuchungen über die Gliederung des unteren Muschelkalks in einem Teile von Thüringen und Hessen und über die Natur der Oolithkörner in diesen Gebirgsschichten. – Jahrbuch der königlich-Preußischen geologischen Landesanstalt und Bergakademie **8**: 1-93, 3 Taf.; Berlin.
- FRANTZEN, W. & KOENEN, A. v. (1889): Über die Gliederung des Wellenkalks im mittleren und nordwestlichen Deutschland. – Jahrbuch der königlich-Preußischen geologischen Landesanstalt und Bergakademie [für 1888] **9**: 440-452, 1 Tab.; Berlin.
- FREYBERG, B. (1922): Der Aufbau des unteren Wellenkalks im Thüringer Becken. – Z. deutsch. geol. Ges., **72**: 140-144; Berlin.
- GARRISON, R. E. & KENNEDY, W. J. (1977): Origin of solution seams and flaser structure in Upper Cretaceous chalks of Southern England. – Sed. Geol., **19** (2): 107-137, 16 Abb.; Amsterdam.
- GÖTZ, A. E. (1994): Feinstratigraphie und Zyklengliederung im Unteren Muschelkalk (Raum Creuzburg - Westthüringen). – Beitr. Geol. Thüringen, N.F., **1**: 3-12, 3 Abb.; Jena.
- GÖTZ, A. E. (1996a): Fazies und Sequenzanalyse der Oolithbänke (Unterer Muschelkalk, Trias) Mitteldeutschlands und angrenzender Gebiete. – Geol. Jb. Hessen **124**: 67-86, 10 Abb., 2 Tab.; Wiesbaden
- GÖTZ, A. E. & FEIST-BURKHARDT, S. (1999): Sequenzstratigraphische Interpretation der Kleinzyklen im Unteren Muschelkalk (Mitteltrias, Germanisches Becken). – Zbl. Geol. Paläont. Teil I, **1997** (7-9): 1205-1219, 4 Abb., 1 Taf.; Stuttgart.
- GRADSTEIN, F. M., AGTERBERG, F. P., OGG J. G., HARDENBOL, J., VEEN, P., THIERRY, J., HUANG, Z. (1994): A Mesozoic time scale. – Journal of Geophysical Research, vol. 99, **B12**: 24,051-24,074, 10 Abb., 4 Tab.;
- HAQ, B. U., HARDENBOL, J. & VAIL, P. R. (1987): Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic (250 million years ago to present). – Science, **235**: 1156-1167, 5 Abb.; Washington.
- HENKEL, L. (1905): Der Wellenkalk im nördlichen Harzvorlande. – Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, Monatsberichte **57**: 384-392, 1 Abb.; Berlin.
- HOEHNE, E. (1911): Stratigraphie und Tektonik der Asse und ihres Ausläufers des Heeseberges bei Jerxheim. – Jahrbuch der Preußischen geologischen Landesanstalt [für 1910] **32**: 1-105, 7 Abb., 2 Taf.; Berlin.
- HOLDEFLEIß, G. (1915): Das Triasvorkommen von Groß-Hartmansdorf in Niederschlesien. – Jahresbericht. Schlesische Gesellschaft für vaterländische Cultur. Sektion für Geologie, Geographie, Berg- und Hüttenwesen, **93**: 1-23; Breslau.
- JAMES, N. P. (1984): Shallowing-upward sequences in carbonates. – In: Walker, R. G. (ed.): Facies models. – Geol. Assoc. Canada, Geosc. Canada, Reprint Ser. 1 (2<sup>nd</sup> ed.): 213-228, 19 Abb.; Toronto.
- JERVEY, M.T. (1988): Quantitative geological modelling of siliciclastic rock sequences and their seismic expressions. – In: Sea Level Changes: an Intergrated Approach (ed. by C.K. Wilgus, B.S. Hasting, C.G. St Kendall, H.W. Posamentier, C.A. Ross & J.C. Van Wagoner). – Special Publication, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, **42**: 47-69; Tulsa.

- KAIM, A. & NIEDŹWIEDZKI, R. (1999): Middle Triassic ammonoids from Silesia, Poland. – *Acta Palaeontologica Polonica*, **44**, No. 1: 93-115; Warszawa.
- KĘDZIERSKI, J. & SZULC, J. (1996): Anisian conodonts of the Lower Silesia and their significance for reconstruction of the Muschelkalk transgression in the eastern part of the Germanic Basin. – In: Dzik, J. (Hrsg.): *Sixth European Conodont Symposium (ECOS VI)*, Abstracts: s. 28; Warszawa.
- KLOTZ, W. (1990): Zyklische Gliederung des Unteren Muschelkalks („Wellenkalk“) auf der Basis von Sedimentations-Diskontinuitäten. – *Zbl. Geol. Paläont.*, **9/10**, 1359-1367, Stuttgart.
- KLOTZ, W. (1992): *Zyklizität, Fazies und Genese des Unteren Muschelkalks in Südosthessen und Mainfranken.* – Dissertation der Technischen Hochschule Darmstadt, 411 S, 50 Abb.; Darmstadt.
- KNAUST, D. (1998): Trace fossils and ichnofabrics on the Lower Muschelkalk carbonate ramp (Triassic) of Germany: tool for high-resolution sequence stratigraphy. – *Geol. Rundsch.* **87**: 21-31, 9 Fig., 1 Tab.; Springer-Verlag.
- KOZUR, H. (1974): *Biostratigraphie der germanischen Mitteltrias.* – *Freib. Forsch.*, **C 280**, Tl. 1 u. 2: 56 u. 71 S., 8 Anl.; Leipzig.
- KRAMM, E. (1986): *Feinstratigraphische Untersuchungen im Unteren Muschelkalk Ost Hessens.* – *Beitr. Naturkde. Osthessen*, **22**: 3-21, 5 Abb.; Fulda.
- KRAMM, E. (1994): *Feinstratigraphie und Zyklengliederung im Unteren Muschelkalk (Trias, Anis) der Rhön (Mitteldeutschland).* – *Beitr. Naturkde. Osthessen*, **29**: 5-34, 4 Abb., 5 Profiltaf.; Fulda.
- KRAMM, E. (1997): *Stratigraphie des Unteren Muschelkalks im Germanischen Becken.* – *Geologica et Palaeontologica*, **31**: 215-234, 10 Abb., 2 Tab., 3 Taf.; Marburg.
- LANGBEIN, R. & STEPANSKY, M. (1996): *Beiträge zur Geochemie des Muschelkalks in Thüringen.* – *Geowiss. Mitt. von Thüringen, Beiheft 5*: 111-129; Weimar.
- LEŚNIAK, T. C. (1978a): *Profil litostratygraficzny osadów retu i wapienia muszlowego w depresji północnosudeckiej.* – *Zeszyty Naukowe AGH, Geologia*, **4**: 1-26; Kraków.
- LEŚNIAK, T. C. (1978b): *Rozwój osadów retu i wapienia muszlowego w depresji północnosudeckiej na tle ich wykształcenia w Polsce południowej.* – *Zeszyty Naukowe AGH, Geologia*, **4**: 29-43; Kraków.
- LEŚNIAK, T. C. (1979): *Tektonika obszaru między Raciborowicami a Łaziskami w północno-wschodniej części depresji północnosudeckiej.* – *Zeszyty Naukowe AGH, Geologia*, t. **5**, z. 4; Kraków.
- LUKAS, V. (1991): *Die Terebratel-Bänke (Unterer Muschelkalk, Trias) in Hessen ein Abbild kurzzeitiger Faziesänderungen im westlichen Germanischen Becken.* – *Geol. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **185** (1): 85-113, 11Abb., 1 Tab.; Stuttgart.
- LUKAS, V. (1993): *Sedimentologie und Paläogeographie der Terebratelbänke (Unterer Muschelkalk, Trias) Hessen.* – In: HAGDORN, H. & SEILACHER, A. (Hrsg.): *Muschelkalk – Schöntaler Symposium 1991*: 79-84, 4 Abb.; Korb (Goldschneck), Stuttgart.
- LUKAS, V. & WENZEL, B. (1988): *Gelbkalke des Unteren Muschelkalk (Trias) - Sabkha oder Subtidal?* – *Bochumer geol. u. geotechn. Arb.*, **29**: 121-124, 2 Abb., 1 Taf.; Berlin.
- MENNING, M. (1995): *A Numerical Time Scale for the Permian and Triassic Periods. An Integrated Time Analysis.* – In: SCHOLLE, P., PERYT, T. M. & ULMER-SCHOLLE, D. S. (ed.): *Permian of the Northern Continents.* – 77-97; Berlin, Heidelberg (Springer-Verlag).
- MITCHUM, R. M. (1977): *Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 11: Glossary of terms used in seismic stratigraphy.* – In: PAYTON, C. E. (ed.): *Seismic*

- Stratigraphy - Applications to hydrocarbon exploration. – Mem. Amer. Assoc. Petrol. Geol., **26**: 250-212; Tulsa.
- MITCHUM, R. M. & VAN WAGONER, J. C. (1991): High-frequency sequences and their stacking patterns: sequence-stratigraphic evidence of high-frequency eustatic cycles. – Sed. Geol., **70**: 131-160, 19 Abb., 1 Tab.; Amsterdam.
- MORYC, W. (1971): Trias Przedgórze Karpat Środkowych. – Rocznik Pol. Tow. Geol., **XLI** (3): 419-486, 13 Abb.; Kraków
- MOSTLER, H. (1993): Das Germanische Muschelkalkbecken und seine Beziehung zum tethyalen Muschelkalkmeer. – In: HAGDORN, H. & SEILACHER, A. (Hrsg.): Muschelkalk – Schöntaler Symposium 1991: 11-14, 1 Abb.; Korb (Goldschneck), Stuttgart.
- NOETLING, F. (1880): Die Entwicklung der Trias in Niederschlesien. – Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft, **32**: 300-349.
- PAUL, J. & FRANKE, W. (1977): Sedimentologie einer Transgression: Die Röt-Muschelkalkgrenze bei Göttingen. – N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **3**: 148-177, 7 Abb., 5 Tab.; Stuttgart.
- PÖPPELREITER, M. (1998): Controls on epeiric successions exemplified at the mixed siliciclastic - carbonate Lower Keuper (Ladinian, German Basin). – Dissertation der Geowissenschaftlichen Fakultät der Eberhard-Karls-Universität Tübingen. – 126 S, 54 Abb., 3 Tab.; Tübingen.
- PÖPPELREITER, M. & AIGNER, T. (1998): Controls on Epeiric Successions Exemplified at the Mixed Siliciclastic - Carbonate Lower Keuper (Ladinian, German Basin). – In: Epicontinental Triassic International Symposium Halle 1998 - Abstracts. – Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften, Reihe B, Beiheft 5: 141-142, 1 Abb.; Halle.
- RAMEIL, N. (1999): Palynofazies, Sedimentologie und Sequenzanalyse im Unteren Muschelkalk (Mitteltrias, Anis) Ostthüringens (Kalkwerk Steudnitz bei Jena). – Diplomarbeit, Technische Universität Darmstadt: 69 S., 14 Abb., 4 Tab., 7 Tafeln., 1 Anl.; Darmstadt.
- REICHARDT, W. (1932): Ein zusammenhängendes Röt-Muschelkalk-Profil nördlich Jena. – Z. deutsch. Geol. Ges., **84**: 779-785; Berlin.
- REICHARDT, W. & BERGER, K. (1932): Muschelkalkprofil Zementfabrik Steudnitz. – In: Profile und Schichtenfolgen zu Geologischen Exkursionen in Thüringen. – Thüringischen Geologischen Verein: 14-16; Jena.
- RUSITZKA, D. (1967): Paläogeographie der Trias im Nordteil der DDR. – In: Ber. dt. Ges. geol. Wiss., R. A. Geol. Paläont., **12**: 243-257; Berlin.
- RÜFFER, T. (1996): Seismite im Unteren Muschelkalk westlich von Halle (Saale). – Hallesches Jahrb. Geowiss., **18**: 119-130; Halle (Saale).
- SCOTESE, C. R. (1997): Paleomap Project, <http://www.scotese.com/newpage8.htm>
- SCHÜLLER, M. (1967): Petrographie und Feinstratigraphie des Unteren Muschelkalks in Südniedersachsen und Nordhessen. – Sed. Geol., **1** (4): 353-401, 23 Abb., 7 Tab.; Amsterdam.
- SCHULZ, M. G. (1972): Feinstratigraphie und Zyklengliederung des Unteren Muschelkalks in N-Hessen. – Mitt. Geol. Paläont. Inst. Univ. Hamburg, **41**: 133-170, 2 Abb., 4 Profiltaf., 6 Tab.; Hamburg.
- SCHWAHN, H. J. & BÖTTCHER, H. (1974): Entwicklung der komplexen Nutzung des Muschelkalks von Rüdersdorf als Rohstoff für die Baustoffindustrie. – Z. angew. Geol., **20**: 297-300; Berlin.

- SCHWARZ, H. U. (1970): Zur Sedimentologie und Fazies des Unteren Muschelkalks in Südwestdeutschland und angrenzenden Gebieten. – Diss. Univ. Tübingen: 297 S., 136 Abb.; Tübingen.
- SCHWARZ, H. U. (1975): Sedimentary structures and facies analysis of shallow marine carbonates. – *Contr. Sedimentology*, **3**: 1-100, 35 Abb., 1 Tab., 11 Taf.; Stuttgart.
- SEIDEL, G. (1965): Zur Ausbildung des Muschelkalks in NW-Thüringen. – *Geologie*, **14** (1): 58-63; Berlin.
- SEIDEL, G. & LOECK, P. (1990): Zur Gliederung der Wellenkalk-Folge (Muschelkalk) zwischen Jena und Freyburg. – *Z. geol. Wiss.*, **18** (9): 825-835; Berlin.
- SEIFERT, H. (1929): Vergleichende stratigraphische Untersuchungen über den Unteren Muschelkalk in Mittelthüringen. – *Jahrbuch der Preußischen geologischen Landesanstalt [für 1928]*, **49** (2): 859-917, 1 Abb., Taf. 50; Berlin.
- SENKOWICZOWA, H. (1959a): Śródkowy trias na obszarze zapadliska przedkarpackiego. – *Kwartalnik geologiczny*, **3**, z. 1; Warszawa.
- SENKOWICZOWA, H. (1959b): W sprawie pozycji stratygraficznej retu. – *Kwartalnik geologiczny*, **3**, z. 4; Warszawa.
- SENKOWICZOWA, H. (1959c): Paralelizacja profilów stratygraficznych wapienia muszlowego obszaru śląsko-krakowskiego i Gór Świętokrzyskich. – *Przegląd geologiczny*, **2**; Warszawa.
- SIEDLECKI, S. (1949): Zagadnienie stratygrafii morskich osadów triasu krakowskiego. – *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, **18**; Kraków.
- SIEDLECKI, S. (1952): Utwory geologiczne obszaru pomiędzy Chrzanowem a Kwaczałą. – *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, **60**; Warszawa.
- STREICHAN, H. J. (1980): Geochemische und paläontologische Charakterisierung des Übergangsbereichs Myophorien-Folge/Wellenkalk-Folge in der Struktur Rüdersdorf. – *Z. geol. Wiss.*, **8** (8): 1029-1049, 4 Abb., 2 Tab., 6 Taf.; Berlin.
- SZULC, J. (1991): The Muschelkalk in Lower Silesia. – In: HAGDORN, H. (ed.): *Muschelkalk – A Field Guide*: 58-62; Korb (Goldschneck), Stuttgart.
- SZULC, J. (1991): The Muschelkalk in Poland. – In: HAGDORN, H. (ed.): *Muschelkalk – A Field Guide*: 62-75, 35 Abb., 1 Tab.; Korb (Goldschneck), Stuttgart.
- SZULC, J. (1993): Early alpine tectonics and lithofacies succession in the Silesian part of the Muschelkalk basin. A Synopsis. – In: HAGDORN, H. & SEILACHER, A. (eds.): *Muschelkalk - Schöntaler Symposium 1991*: 19-28, 10 Abb.; Korb (Goldschneck), Stuttgart.
- SZULC, J. (1998): Connections between Tethys and Germanic Basins in Triassic Times. – *Abstracts of Epicontinental Triassic International Symposium – Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften, Reihe B, Beiheft 5*, 169-170.; Halle (Saale).
- SZULC, J. (1999): Anisian to Carnian Evolution of the Germanic Basin and its Eustatic, Tectonic, and Climatic Controls. – *Proceedings of the Epicontinental Triassic International Symposium 1998, Halle a.d. Saale; Berli (Springer)*. [in Druck]
- TUCKER, M. E. (1990): Dolomites and dolomitization models. – In: TUCKER, M. E. & WRIGHT, V. P. (eds.): *Carbonate Sedimentology*: 365-400; Blackwell Sc. Publ., Oxford.
- VAIL, P. R., MITCHUM, R. M. & THOMPSON, S. (1977): Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 4: global cycles of relative changes of sea level. – In: PAYTON, C. E. (ed.): *Seismic Stratigraphy – Applications to hydrocarbon exploration*. – *Mem. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, **26**: 83-97, 7 Abb., 1 Tab.; Tulsa.
- VAIL, P. R., AUDEMART, F., BOWMAN, S. A., EISNER, P. N. & PEREZ-CRUZ, G. (1991): The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentation - an overview. – In:

- Cyclic Stratigraphy – (ed. by G. Einsele, W. Ricken & A. Seilacher). Springer-Verlag, 617-659; New York.
- VAN WAGONER, J. C., POSAMENTIER, H. W., MITCHUM, R. M., VAIL, P. R., SARG, J. F., LOUITT, T. S. & HARDENBOL, J. (1988): An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. – In: WILGUS, CH. K. et al. (eds.): Sea-Level Changes - An Integrated Approach. - Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Spec. Publ., **42**: 39-45, 4 Abb.; Tulsa.
- VAN WAGONER, J. C., MITCHUM, R. M., JR., CAMPION, K.M. & RAHMANIAN, V.D. (1990): Siliciclastic Sequence Stratigraphy in Well Logs, Cores and Outcrops: Concepts for High Resolution Correlation of Time and Facie. – American Association of Petroleum Geologist Methods in Exploration Series, **7**: 55 pp; Tulsa.
- VOIGT, T. & LINNEMANN, U. (1996): Resedimentation im Unteren Muschelkalk - das Profil am Jenzig bei Jena. – Beiträge zur Geologie von Thüringen, N.F., 196, **3**: 153-167; Jena.
- WAGNER, R. (1897): Beitrag zur genaueren Kenntnis des Muschelkalkes bei Jena. – Abhandlungen der königlich-preußischen geologischen Landesanstalt und Bergakademie, N.F., **27**: 1-106, 7 Abb., 2 Taf.; Berlin.
- WANLESS, H. R. (1979): Limestone response to stress: pressure solution and dolomitization. – J. Sed. Petrol., **49** (2): 437-462, 15 Abb.; Tulsa.
- WENDLAND, F. (1980): Zur Feinstratigraphie des Unteren Muschelkalks in der Thüringischen Vorderrhön (Bez. Shul, DDR). – Z. geol. Wiss., **8** (8): 1057-1078; Berlin.
- WRIGHT, V. P. (1984): Peritidal carbonate facies models: a review. – Geol. J., **19** (4): 309-325, 6 Abb.; Wiley & Sons, Chichester.
- ZIEGLER, P. A. (1988): Evolution of the Arctic-North Atlantic and the Western Tethys. – Mem. Amer. Assoc. Petrol. Geol., **43**: 1-198, 80 Abb.; Tulsa.
- ZIEGLER, P. A. (1990): Geological Atlas of Western and Central Europe. – 239 S., 100 Abb., 56 Beil. (2. Aufl.); Den Haag.
- ZUNCKE, G. (1957): Zur Feinstratigraphie und Tektonik der Dorm-Rieseberg-Achse. –Diss. Univ. Braunschweig. – 178 s., 11 Abb., 2 taf., 1 Kte.; Braunschweig.
- ZWENGER, W. (1985): Lithogefüge und Mikrofazies des Unteren Muschelklakes von Rüdersdorf. – Diss. Univ. Greifswald. – 126 S; Greifswald.
- ZWENGER, W. (1988): Mikrofazies- und Milieuanalyse des Unteren Muschelklakes von Rüdersdorf. – Freib. Forschh., **C 427**: 113-129, 3 Abb., 5 Taf.; Leipzig.

## **VIII. Anhang**

1. Lithologisches Profil Płaza, Pogorzyce (bei Krakau)
2. Lithologisches Profil Strzelce Opolskie (Groß-Strehlitz), Ligota Dolna, Gogolin (Oberschlesien)
3. Lithologisches Profil Raciborowice (Groß-Hartmannsdorf, Niederschlesien)
4. Lithologisches Profil Rüdersdorf (Brandenburg)
5. Lithologisches Profil Gernrode (Sachsen-Anhalt)
6. Lithologisches Profil Steudnitz (Thüringen)

Alle Profile wurden in der Reihenfolge von unten nach oben beschrieben.

1. Lithologisches Profil Płaza, Pogorzyce (bei Krakau)

Dieses lithologisches Profil wurde von zwei Aufschlüssen zusammengestellt (Anlage 1). Das eine liegt in einer Waldschlucht im Ort Pogorzyce und das andere ein paar Kilometer entfernt in einem Muschelkalk Steinbruch des Zementwerkes „Płaza“ in Płaza. Beide Aufschlüsse decken sich teilweise in Röt und zeigen eines lückenloses Profil von Basis des Röt bis zu den Górazdze-Schichten.

## Profil Pogorzyce.

Dieses Profil befindet sich an einem geologischen Wanderweg. Der Aufschluß erfaßt Röt-Schichten vom Übergang zum Buntsandstein bis zur Muschelkalk Basis. Das gesamte Profil ist 15,6 Meter lang. Das Profil beginnt mit einem ca. 30 cm mächtigen beigegrauen Sandsteinhorizont und gefolgt von 1,25 Meter Sande mit Tonsteinklasten. Weiter folgt eine 2,26 m mächtige graue Mergeln mit zwei dolomitische Mergelhorizonten in der Basis.

Röt

3,50 - 5,99 m	gelbliche bankige Dolomithorizonte,
5,99 - 6,53 m	hellgelbliche dickschichtige Dolomite,
6,53 - 7,14 m	hellgelbliche Mergeln,
7,14 - 7,72 m	graue sandige Mergeln,
7,72 - 8,52 m	hellgelblicher bankiger Dolomithorizont,
8,52 - 9,27 m	graugelbliche dolomitische Mergeln,
9,27 - 9,69 m	gelbbrauner bankiger Dolomithorizont,
9,69 - 10,74 m	hellgelbliche Mergeln mit zwei hellgelbliche dickschichtige Dolomitlagen,
10,74 - 11,06 m	hellgelblicher bankiger Dolomithorizont,
11,06 - 11,98 m	hellgelblicher bankiger Dolomithorizont mit hellgelblichem Mergel im Liegenden,
11,98 - 13,06 m	hellgelbliche bankiger Dolomithorizont mit Mergel im Liegenden,
13,06 - 14,17 m	hellgelbliche bankige Dolomite mit bankigen Kalksteinlagen mit Brachiopoden. Im Liegenden Mergeln,
14,17 - 14,88 m	gelbliche bankige Dolomite mit Mergel im Liegenden und dickschichtiger Dolomit im Hangenden,
14,88 - 15,39 m	hellbraune bankige Kalksteinhorizont mit Brachiopoden. Crinoiden sind zu beobachten,
15,39 - 15,6 m	graue dünnsschichtige Kalksteine.

## Profil Płaza.

In diesem Steinbruch sind teilweise Röt-Schichten aufgeschlossen und Untere Muschelkalk bis zum Mitte des Górazdze-Schichten.

Gesamtes Profil ist 45,92 Meter mächtig, dazu besteht 13,20 m Röt, 22,45 m Gogolin-Schichten und 10,27 m Górazdze-Schichten.

Röt

11,98 - 13,26 m	oolithische Dolomithorizonte mit Brachiopoden und Intraklasten mit Einschaltungen von bankigen Dolomiten. In diesem Horizont sind horizontale Schichtungen zu beobachten. Im Hangenden eine dolomitische Mergellage,
13,26 - 14,54 m	oolithischer Dolomithorizont mit Brachiopoden und bankige Dolomitlage. An der Oberfläche sind Rippeln zu beobachten,
14,54 - 14,85 m	bankige Dolomite mit Einschaltungen von dolomitischen Mergel,
14,85 - 16,85 m	bankige Dolomiten mit Brachiopoden und Bioturbationen. Zwei Hartgründe sind zu beobachten. Im Hangenden treten Hornsteine auf,
16,85 - 17,61 m	dickschichtige Dolomite mit Zellenstrukturen,
17,61 - 18,34 m	bankige Dolomithorizonte mit Brachiopoden und Hornsteinen,
18,34 - 18,85 m	dickschichtige Dolomite,
18,85 - 20,94 m	oolithische Dolomithorizonte mit bankigen Dolomitlagen. Im Hangenden treten Brachiopoden, Intraklasten und Hornsteine auf,
20,94 - 21,15 m	dickschichtige und oolithische Dolomite mit Intraklasten,
21,15 - 21,76 m	bankige Dolomithorizonte mit zwei oolithische Dolomitlagen die Brachiopoden enthalten,
21,76 - 22,51 m	bankige Kalksteinhorizonten mit Brachiopoden und Gastropoden wechsellagernd mit Tonsteinlagen. In der Mitte des Schichtenfolge sind Rinnen zu beobachten. An der Oberfläche des Abschnitts treten Rippeln auf,
22,51 - 22,77 m	dickschichtige Dolomite,
22,77 - 23,16 m	bioklastische Kalksteinhorizont mit Brachiopoden und Gastropoden,
23,16 - 23,68 m	dünnschichtige und bankige Dolomite.

Untere Gogolin-Schichten

23,68 - 23,93 m	bioklastischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden und Bioturbationen. An der Oberfläche sind Rippeln zu beobachten,
23,93 - 25,06 m	oolithische Kalksteinbank mit Brachiopoden und Crinoiden, im Liegenden bankige Kalksteinlage mit Crinoiden. Schräg- und Fischgratenschichtung treten in oolithischen Horizonten auf. Im Hangenden sind Intraklasten und Rippeln zu beobachten,
25,06 - 26,24 m	bioklastische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden und Crinoiden, umgelegt mit bankige Dolomithorizont mit Zellen Strukturen und bankigen Kalksteinhorizont mit Brachiopoden und Bioturbationen. Schräg Schichtungen und <i>slumps</i> Strukturen sind zu beobachten,
26,24 - 26,65 m	dickschichtige Dolomite,
26,65 - 27,63 m	bioklastische Kalksteine mit Brachiopoden, Gastropoden und Crinoiden mit bankige Kalksteinlagen die Brachiopoden enthalten. Im Liegenden treten Knochen, im Hangenden Intraklasten auf,
27,63 - 28,12 m	dickschichtige Dolomite mit <i>slumps</i> Strukturen und dolomitische Mergellagen,
28,12 - 29,93 m	bankige Kalksteinhorizonte wechsellagernd mit knauerigen und dünnschichtigen Kalksteinen mit Bioturbationen und mit

	Tonsteinlage. In bankige Horizonten horizontale Schichtungen und im Hangenden sind Brachiopoden, Gastropoden und Crinoiden zu beobachten,
29,93 - 32,54 m	stark bioturbate Kalksteine mit <i>slumps</i> Strukturen, wechsellagernd mit Tonsteinlagen und bankigen Kalksteinlagen, die Brachiopoden enthalten,
32,54 - 34,45 m	bankige Kalksteinhorizonte mit Bioturbationen, wechsellagern mit stark bioturbaten und knauerigen Kalksteinen die Bioturbationen enthalten. In der Mitte des Schichtenfolge ist Rinne zu beobachten. Im Hangenden treten horizontale Schichtungen auf,
34,45 - 36,50 m	bankige Dolomiten mit Bioturbationen und horizontale Schichtungen und dolomitische Mergellage im Liegenden. In folgenden treten dickschichtige Dolomite mit bankige Dolomitlage.

#### Obere Gogolin-Schichten

36,50 - 37,31 m	bioklastische Kalksteine mit Brachiopoden, Crinoiden und Intraklasten im Hangenden,
37,31 - 37,15 m	dünnschichtige Dolomite mit dolomitische Mergel im Liegenden,
37,15 - 38,53 m	wechsellagernd dickschichtige und bankige Kalksteine mit Bioturbationen und mit bioklastischer Kalksteinlage mit Brachiopoden und Intraklasten. Im Liegenden treten Tonsteine auf,
38,53 - 40,35 m	bioklastische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden, Intraklasten und horizontale Schichtungen. Im folgenden bankige Kalksteine, wechsellagernd mit dünnschichtigen und knauerigen Kalksteinlagen mit Bioturbationen und Tonsteinlagen,
40,35 - 41,27 m	knauerige Kalksteine mit Bioturbationen wechsellagernd mit zwei bankigen Kalksteinhorizonten mit Brachiopoden und bioklastischen Kalksteinlagen mit Brachiopoden und Intraklasten sowie Tonsteinlage. Im Liegenden ist eine Rinne zu beobachten,
41,27 - 41,93 m	dünnschichtige Kalksteine mit einer Rinne. Im Hangenden bioklastischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden,
41,93 - 42,70 m	knauerige und dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen, wechsellagern mit zwei bankigen Kalksteinhorizonten mit Brachiopoden und Tonsteinlagen. Wellenstrukturen und horizontale Schichtungen sind zu beobachten,
42,70 - 43,69 m	bankige Kalksteine mit Brachiopoden, wechsellagernd mit dünnschichtigen und knauerigen Kalksteinen mit Bioturbationen,
43,69 - 45,35 m	bankige und bioklastische Kalksteinhorizonten mit Brachiopoden, Crinoiden und Intraklasten wechsellagern mit knauerige Kalkstein mit Bioturbationen,
45,35 - 46,52 m	Stark bioturbate Kalksteine mit <i>slumps</i> Strukturen,
46,52 - 47,51 m	knauerige Kalksteine mit Bioturbationen und bankiger Kalksteinhorizont mit horizontale Schichtungen.

#### Góraźdze-Schichten

47,51 - 49,07 m	bankige Kalksteine mit Bioturbationen und horizontale Schichtungen. In der Mitte des Schichtenfolge Hartgrund, Intraklasten und Brachiopoden sind zu beobachten,
49,07 - 51,04 m	knauerige und bankige Kalksteine mit Bioturbationen. In dem bankigen Horizonten treten Brachiopoden und horizontale Schichtungen auf,
51,04 - 51,56 m	bankige Kalksteinhorizonte mit Bioturbationen und Hartgrund und folgenden oolithischer Kalksteinhorizont mit Bioturbationen,
51,56 - 54,25 m	bankige Kalksteine mit Bioturbationen und Tonsteinlage und in folgenden oolithische Kalksteinhorizonte mit Bioturbationen und Hartgrund. Im Liegenden treten knauerige Kalksteine mit Bioturbationen auf,
54,25 - 55,62 m	bankige Kalksteine mit Bioturbationen und mit zwei oolithische Kalksteinhorizonten mit Bioturbationen. In bankigen Horizonten treten Brachiopoden, Intraklasten und horizontale Schichtungen auf,
55,62 - 57,78 m	bankige Kalksteine mit Bioturbationen und horizontale Schichtungen mit zwei oolithischen Kalksteinhorizonten. In bankigen Horizonten sind Brachiopoden, Intraklasten und Hartgrund zu beobachten. In oolithischen treten Bioturbationen und Brachiopoden auf.

## 2. Lithologisches Profil Strzelce Opolskie (Groß-Strehlitz), Ligota Dolna, Gogolin (in Oberschlesien)

Dieses lithologische Profil wurde aus drei Aufschlüssen (Zementwerk „Strzelce Opolskie“ in Strzelce Opolskie und den stillgelegten Steinbrüchen in Ligota Dolna und Gogolin) zusammengestellt (Anlage 2). Der Aufschluß in Ligota deckt sich teilweise mit der Profil Strzelce. Zwischen den Profilen in Gogolin und Ligota gibt es eine ca. 20 Meter mächtige Schichtlücke.

Die unterste Schichtenfolge sind im Steinbruch Gogolin aufgeschlossen. Es handelt sich dabei um die Untere Gogolin-Schichten, die zum Unteren Muschelkalk gehören. Das gesamte Profil ist 12,99 Meter mächtig.

### Untere Gogolin-Schichten

0,00 - 0,66 m	bankige und knauerige Kalksteine mit Bioturbationen und Brachiopoden mit zwei bioklastischen Kalksteinhorizonten mit Brachiopoden und Crinoiden,
0,66 - 1,07 m	bioklastische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden und Crinoiden im Hangenden treten bankige Kalksteine mit Brachiopoden, Intraklasten und horizontale Schichtungen auf,
1,07 - 2,28 m	bioklastische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden, Gastropoden, Crinoiden und Intraklasten mit zwei bankigen Kalksteinlagen mit horizontale Schichtungen,
2,28 - 3,24 m	bioklastische und bankige Kalksteinhorizonten mit Brachiopoden und Crinoiden wechsellagernd mit knauerigen Kalksteinlagen mit Bioturbationen. Im Liegenden sind horizontale Schichtungen zu beobachten,
3,24 - 3,61 m	bioklastische Kalksteinhorizonten mit Brachiopoden und Crinoiden, wechsellagern mit bankige Kalksteinlagen,
3,61 - 4,89 m	bankige Kalksteinhorizonten mit horizontale Schichtungen. Im Hangenden sind Brachiopoden zu beobachten,
4,89 - 5,13 m	bioklastische Kalksteinhorizonten mit Brachiopoden,
5,13 - 6,33 m	bankige Kalksteine mit Bioturbationen, Brachiopoden, Knochen und Tonsteinlagen. Horizontal- und Schrägschichtung und <i>slumps</i> Strukturen sind zu beobachten,
6,33 - 8,10 m	wechsellagernd bioklastische und bankige Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden und Crinoiden wechsellagern mit Tonsteinlagen, dickschichtigen und knauerigen Kalksteinlagen mit Brachiopoden und Bioturbationen. In bankigen Horizonten <i>slumps</i> Strukturen und horizontale Schichtungen sind zu beobachten,
8,10 - 8,71 m	knauerige Kalksteine mit Brachiopoden, Bioturbationen und Tonsteinlagen sowie zwei bankige Kalksteinlagen. In der gesamten Schichtenfolge sind Brachiopoden, Crinoiden <i>slumps</i> Strukturen und horizontale Schichtungen zu beobachten,
8,71 - 9,10 m	dickschichtige Kalksteine mit Tonsteinlagen. Im Hangenden treten Tonsteine auf,

9,10 - 9,43 m	bioklastische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden und Crinoiden, im Hangenden treten zwei bankigen Kalksteinhorizonten mit ein Hartgrund am Top,
9,43 - 10,07 m	Tonsteine mit knauerige Kalksteinlage die Brachiopoden und Crinoiden enthält und mit bankigen Kalksteinlage mit Intraklasten. Im Liegenden treten Bioturbationen auf,
10,07 - 10,70 m	braungelbliche bankiger Dolomithorizont, im Liegenden treten dolomitische Mergel auf,
10,70 - 11,26 m	dickschichtige Dolomite mit dolomitische Mergel. Im Liegenden sind Horizonte mit sigmoidalen Strukturen zu beobachten,
11,26 - 11,94 m	bankige Dolomithorizonte wechsellagern mit dünn-schichtigen Dolomit mit dolomitische Mergel im Hangenden,
11,94 - 12,42 m	bankige Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden und Crinoiden wechsellagern mit dickschichtige Dolomithorizont,
12,42 - 12,99 m	bankige Dolomithorizonte mit horizontale Schichtungen, wechsellagern mit dolomitischen Mergel. Im Liegenden sind Rinnen zu beobachten.

#### Profil Ligota Dolna.

In diesem Steinbruch sind die Oberen Gogolin-Schichten und ein Teil der Górażdże-Schichten aufgeschlossen. Das gesamte Profil ist 22,29 Meter mächtig, und besteht aus 15,88 Meter Oberen Gogolin-Schichten und 6,41 Meter Górażdże-Schichten.

#### Obere Gogolin-Schichten

-0,15 - 0,09 m	dünn-schichtige Kalksteine mit bioklastischer Kalksteinhorizont, die Brachiopoden enthalten im Hangenden,
0,09 - 0,67 m	knauerige, dickschichtige und bankige Kalksteine mit Brachiopoden und Tonsteinlagen,
0,67 - 1,72 m	wechsellagernd knauerige, dickschichtige, stark bioturbate, dünn-schichtige Kalksteine mit Bioturbationen und zwei bankigen Kalksteinhorizonten mit Brachiopoden. Im Hangenden treten bioklastische Kalksteinhorizonte auf. In der gesamte Schichtenfolge sind Tonsteinlagen zu beobachten,
1,72 - 2,22 m	knauerige und dickschichtige Kalksteine mit Tonsteinlagen,
2,22 - 3,11 m	bankige und bioklastische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden wechsellagern mit Tonsteinlagen und knauerigen Kalksteinlagen. Im Hangenden sind horizontale Schichtungen zu beobachten.
3,11 - 4,17 m	dickschichtige, dünn-schichtige und stark bioturbate Kalksteine mit Brachiopoden und Bioturbationen wechsellagern mit Tonsteinlagen,
4,17 - 4,67 m	bioklastischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden, Crinoiden und Horizontalschichtungen im Hangenden,
4,67 - 5,63 m	dünn-schichtige und stark bioturbate Kalksteine mit Brachiopoden und Bioturbationen wechsellagern mit Tonsteinen,
5,63 - 7,11 m	bioklastische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden, Crinoiden und horizontale Schichtungen im Hangenden. Im Liegenden knauerige Kalksteine mit Brachiopoden und Bioturbationen,

7,11 - 8,70 m	dünnschichtige und dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen und <i>slumps</i> Strukturen,
8,70 - 10,08 m	bioklastische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden und Crinoiden und bankige Kalksteinhorizonte, wechsellagern mit knauerigen Kalksteinen mit Bioturbationen und Tonsteinlagen,
10,08 - 11,00 m	stark bioturbate Kalksteine mit bioklastischen Kalksteinlagen, die Brachiopoden enthalten,
11,00 - 12,00 m	dünnschichtige Kalksteine mit Tonsteinlagen und bankiger Kalksteinhorizont,
12,00 - 15,58 m	knauerige Kalksteine mit Bioturbationen wechsellagern mit bioklastischen und bankigen Kalksteinlagen mit Brachiopoden und Crinoiden und dünnschichtigen Kalksteinlagen,
15,58 - 15,73 m	oolithischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden, Crinoiden und Intraklasten. Am der Oberfläche des Abschnitts sind Rippeln zu beobachten.

#### Górazdze-Schichten

15,73 - 16,47 m	oolithische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden, Crinoiden und Intraklasten im Liegenden knauerige Kalksteine mit bankige Kalksteinlage mit Brachiopoden. Im Hangenden treten bioklastische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden und Crinoiden auf,
16,47 - 17,13 m	oolithische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden, Crinoiden und Intraklasten wechsellagern mit bankige Kalkstein mit Brachiopoden,
17,13 - 19,17 m	bankige Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden und horizontale Schichtungen wechsellagern mit zwei oolithischen Kalksteinhorizonten mit horizontale Schichtungen,
19,17 - 22,14 m	oolithische Kalksteine mit Brachiopoden, Intraklasten und Schrägschichtungen. An der Oberfläche sind Rippeln zu beobachten.

#### Profil Strzelce Opolskie.

In Steinbruch sind Untere Muschelkalks Gebilde von Obere Gogolin-Schichten bis zum Karchowice-Schichten aufgeschlossen. Das gesamttes Profil ist 54,30 m lang und dazu gehören Obere Gogolin-Schichten (8,94 Meter mächtig), Górazdze-Schichten (14,98 Meter mächtig), Terebratel-Schichten (13,69 Meter mächtig) und Karchowice-Schichten (16,59 Meter mächtig).

#### Obere Gogolin-Schichten

8,70 - 9,88 m	bioklastische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden, Gastropoden und Crinoiden, wechsellagern mit knauerigen Kalksteinen mit Bioturbationen. In Schichtenfolge treten auch bankige Kalksteine und Tonsteinlagen auf,
---------------	--

9,88 - 10,88 m	dickschichtige Kalksteine mit Tonsteinlagen und bioklastische Kalksteinhorizont mit Brachiopoden, im Hangenden bankiger Kalksteinhorizont,
10,88 - 11,91 m	dickschichtige Kalksteine mit knauerigen und bankigen Kalksteinlagen die Brachiopoden enthalten und mit zwei bankige Kalksteinhorizonte mit horizontale Schichtungen. Im Liegenden treten Tonsteine auf,
11,91 - 13,97 m	knauerige Kalksteine mit Bioturbationen und Tonsteinlagen, wechsellagern mit bankigen Kalksteinhorizonten und eine bioklastische Kalksteinlage mit Brachiopoden. Im Liegenden treten Brachiopoden und im Hangenden Intraklasten auf.

#### Górażdże-Schichten

13,97 - 14,52 m	graubraune oolithische Kalksteinhorizont mit Intraklasten, im Liegenden knauerige Kalksteine,
14,52 - 14,82 m	braungelbliche oolithische Kalksteine mit Brachiopoden, Gastropoden, Crinoiden, Intraklasten, und Onkoiden. Im Hangenden an Oberfläche Rippeln sind zu beobachten,
14,82 - 16,70 m	bankige Kalksteine mit horizontale Schichtungen und Tonsteinlagen, im folgenden treten stark bioturbate Kalksteine auf,
16,70 - 18,71 m	oolithische Kalksteine mit bankige Kalksteinlage. Im Hangenden oolithische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden, Gastropoden und Onkoiden. An der Oberfläche sind Rippeln zu beobachten,
18,71 - 20,27 m	bankige und bioklastische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden und oolithischer Kalksteinlage mit Brachiopoden, Gastropoden, Crinoiden und Onkoiden,
20,27 - 21,00 m	gelber oolithischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden, Gastropoden und Onkoiden,
21,00 - 22,41 m	bankige Kalksteine mit Brachiopoden und oolithische Kalksteinhorizont mit Brachiopoden und Gastropoden,
22,41 - 23,24 m	oolithische Kalksteine mit Brachiopoden, im Hangenden treten bankige Kalksteine mit Brachiopoden auf,
23,24 - 24,23 m	gelbe oolithische Kalksteine mit Brachiopoden und Gastropoden,
24,23 - 25,77 m	bankige Kalksteine mit gelbbraune oolithische Kalksteinhorizont,
25,77 - 27,28 m	oolithische Kalksteine mit Onkoiden. Im Hangenden sind Brachiopoden und Gastropoden zu beobachten,
27,28 - 28,32 m	bankige Kalksteine mit oolithische Kalksteinhorizont wechsellagern mit dickschichtigen Kalkstein und Tonsteinlagen.
28,32 - 29,81 m	oolithische Kalksteine mit Onkoiden und Schrägschichtungen. An Oberfläche sind Rippeln zu beobachten.

#### Terebratel-Schichten

29,81 - 30,11 m	dickschichtige Kalksteinschichten mit Tonsteinlagen im Liegenden,
30,11 - 30,62 m	dünnschichtige Kalksteine mit Tonsteinlagen und bioklastische Kalksteinhorizont die Brachiopoden und Intraklasten enthalten. Im

30,62 - 31,17 m	Hangenden oolithischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden, Crinoiden und Intraklasten, bankige Kalksteine wechsellagern mit oolithischen Kalksteinhorizonten,
31,17 - 31,42 m	knauerige und dickschichtige Kalksteine mit Tonsteinlage,
31,42 - 33,42 m	dünnschichtige Kalksteine mit Bioturbationen und <i>slumps</i> Strukturen,
33,42 - 33,94 m	knauerige Kalksteine mit Tonsteinlagen, im folgenden bankige Kalksteinhorizonte mit oolithischer Kalksteinlage,
33,94 - 35,26 m	oolithische Kalksteine mit Brachiopoden und Crinoiden. An Oberfläche sind Rippeln zu beobachten,
35,26 - 37,04 m	bioklastische Kalksteinhorizonten mit Brachiopoden wechsellagern mit knauerigen Kalksteinen mit Brachiopoden und Tonsteinen. Im Liegenden zwei bankige Kalksteinhorizonte mit Bioturbationen,
37,04 - 37,52 m	dünnschichtige Kalksteine mit Brachiopoden, Bioturbationen und Tonsteinlagen,
37,52 - 39,28 m	knauerige Kalksteine mit Brachiopoden und Bioturbationen, wechsellagern mit bankige Kalksteinhorizonten und Tonsteinlagen. Im Hangenden bioklastische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden und Crinoiden,
39,28 - 41,24 m	dünnschichtige Kalksteine mit Brachiopoden und Bioturbationen, wechsellagern mit Tonsteinen. In der Mitte der Schichtenfolge sind <i>slumps</i> Strukturen zu beobachten,
41,24 - 41,73 m	bioklastische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden, wechsellagern mit knauerigen Kalksteinen mit Brachiopoden und Tonsteinen,
41,73 - 42,19 m	dickschichtige Kalksteine mit bankige Kalksteinhorizont mit Hartgrund und Tonsteinlagen, im Hangenden bioklastische Kalksteinhorizont mit Brachiopoden und Intraklasten,
42,19 - 43,59 m	knauerige Kalksteine wechsellagern mit bioklastischen Kalksteinhorizonten mit Brachiopoden und Intraklasten und Tonsteinlagen.

#### Karchowice-Schichten

43,59 - 44,19 m	bioklastische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden, Crinoiden und Intraklasten,
44,19 - 44,76 m	knauerige Kalksteine mit Brachiopoden, wechsellagern mit dickschichtigen Kalksteinen mit horizontale Schichtungen und Tonsteinlagen,
44,76 - 45,71 m	bankige Kalksteine mit Bioturbationen, Brachiopoden, Crinoiden und drei Hartgründen, wechsellagern mit bioklastische Kalksteinhorizont mit Brachiopoden und Crinoiden,
45,71 - 51,23 m	bankige Kalksteine mit Bioturbationen, Brachiopoden, Gastropoden, Crinoiden und Schwämmen. Im Hangenden ist Hartgrund zu beobachten,
51,23 - 54,42 m	bankige Kalksteine mit Bioturbationen, Crinoiden und Schwämmen sowie mit Hornstein Lagen. Im Hangenden horizontale Schichtungen sind zu beobachten,

54,42 - 60,19 m      bankige Kalksteine mit Bioturbationen und Schwämmen. In der Mitte der Schichtenfolge sind horizontale Schichtungen zu beobachten.

3. Lithologisches Profil Raciborowice (Groß-Hartmannsdorf, Niederschlesien)

Dieses lithologisches Profil wurde in dem geschlossenen Muschelkalk Steinbruch in Raciborowice (Groß-Hartmannsdorf, Niederschlesien) aufgenommen (Anlage 3).

Im Steinbruch sind obere Röt Schichten und Untere Muschelkalk Schichten von Unteren Gogolin-Schichten bis zum Terebratel-Schichten aufgeschlossen. Des gesamttes Profil ist 74,98 Meter mächtig mit 11,25 Meter Röt, 37,02 Meter Gogolin-Schichten, 11,95 Meter Górażdże-Schichten und 14,76 Meter Terebratel-Schichten.

Röt

-0,17 - 0,53 m	wechsellagernd dickschichtige und dünnsschichtige Kalksteine mit Brachiopoden und Bioturbationen mit Einschaltungen von bankigen Kalksteinlagen mit Bioturbationen und Tonsteinen,
0,53 - 2,31 m	bankige Dolomithorizont mit Brachiopoden und Schrägschichtungen im Hangenden,
2,31 - 2,72 m	bioklastischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden und mit dünnsschichtigen Dolomiten im Hangenden,
2,72 - 3,41 m	bankiger Dolomithorizont mit Brachiopoden,
3,41 - 3,78 m	dolomitische Mergeln mit dünnsschichtigem Dolomit im Liegenden,
3,78 - 4,18 m	bankiger Dolomithorizont,
4,18 - 5,16 m	dolomitische Mergeln mit dickschichtigen Dolomitlagen,
5,18 - 5,37 m	bankiger Kalksteinhorizont,
5,37 - 5,76 m	dickschichtige Dolomite und dolomitische Mergeln,
5,76 - 5,97 m	bankiger Kalksteinhorizont,
5,97 - 6,54 m	dolomitische Mergeln mit dickschichtigen Dolomiten und bankiger Dolomithorizont im Hangenden

Untere Gogolin-Schichten

6,54 - 7,03 m	bioklastische Kalksteinhorizont mit Brachiopoden und Intraklasten,
7,03 - 8,39 m	dolomitische Mergeln mit dickschichtigen Dolomitlagen, die Brachiopoden enthalten. Im Hangenden ist ein bioklastischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden und Crinoiden zu beobachten,
8,39 - 9,45 m	bankiger Dolomithorizont,
9,45 - 10,25 m	dolomitische Mergeln mit dickschichtige Dolomiten im Hangenden,
10,25 - 10,79 m	bankiger Dolomithorizont mit Zellenstrukturen im Hangenden,
10,79 - 11,25 m	dolomitische Mergeln mit dickschichtigen und dünnsschichtigen Dolomiten,
11,25 - 11,65 m	bioklastische Kalksteinhorizont mit Brachiopoden und Crinoiden,
11,65 - 12,72 m	Mergeln mit bankige Dolomithorizonten die Brachiopoden enthalten,
12,72 - 13,11 m	bioklastischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden und Crinoiden,
13,11 - 16,20 m	Mergeln mit dickschichtigen Kalksteinlagen,

16,20 - 16,75 m	dünnschichtige Kalksteine mit dickschichtigen Kalksteinlagen mit Brachiopoden. Im Hangenden bankiger Kalksteinhorizont mit Brachiopoden und Fischresten,
16,75 - 20,25 m	Mergeln mit dickschichtige Kalksteinlagen,
20,25 - 21,39 m	bankige Kalksteine mit Brachiopoden. Im Hangenden ist ein bioklastischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden zu beobachten,
21,39 - 21,89 m	dickschichtige Kalksteine wechsellagern mit bankigem Kalksteinhorizont. Im Hangenden bioklastische Kalksteinhorizont mit Brachiopoden und Tonsteinlagen,
21,89 - 22,30 m	bankige Dolomite wechsellagern mit zwei bankigen Kalksteinhorizonten.

### Obere Gogolin-Schichten

22,30 - 22,82 m	dünnschichtige Kalksteine mit Bioturbationen und sigmoidalen Strukturen,
22,82 - 23,62 m	wechsellagernd dickschichtige und dünnschichtige Kalksteine mit Bioturbationen und Einschaltungen von zwei bankigen Kalksteinhorizonten, die Brachiopoden enthalten,
23,62 - 24,09 m	knauerige Kalksteine mit Bioturbationen,
24,09 - 24,68 m	dickschichtige Kalksteine mit bankigen Kalksteinlagen, die Brachiopoden enthalten,
24,68 - 25,64 m	knauerige Kalksteine mit bankigen Kalksteinhorizonten mit Brachiopoden,
25,64 - 26,07 m	dünnschichtige Kalksteine mit Bioturbationen. Im Hangenden bankiger Kalksteinhorizont mit Brachiopoden,
26,07 - 26,75 m	dünnschichtige Kalksteine mit Bioturbationen. Im Liegenden dickschichtige Kalksteine und im Hangenden bankiger Kalksteine mit Brachiopoden und <i>slumps</i> Strukturen,
26,75 - 27,33 m	dickschichtige Kalksteine mit bankigem Kalksteinhorizont im Hangenden,
27,33 - 28,45 m	knauerige Kalksteine mit Bioturbationen und bankige Kalksteinlage mit Brachiopoden,
28,45 - 29,13 m	wechsellagernd dünnschichtige und dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen und zwei bankige Kalksteinlagen, die Brachiopoden enthalten,
29,13 - 30,45 m	bankige Kalksteine mit Brachiopoden,
30,45 - 31,59 m	dickschichtige Kalksteine mit Brachiopoden, wechsellagern mit dünnschichtigen und bankigen Kalksteinlagen mit Brachiopoden,
31,59 - 31,83 m	bankige Kalksteinhorizont,
31,83 - 32,36 m	dünnschichtige Kalksteine mit Bioturbationen und bankigen Kalksteinhorizont mit Brachiopoden im Hangenden,
32,36 - 33,04 m	dickschichtige Kalksteine mit Brachiopoden, wechsellagern mit dünnschichtigen Kalksteinen mit Bioturbationen,
33,04 - 33,44 m	bioklastische Kalksteinhorizont mit Intraklasten, Brachiopoden und Crinoiden,
33,44 - 33,57 m	stark bioturbate Kalksteine mit dickschichtigen und bioklastischen Kalksteinlagen mit Brachiopoden. Im Hangenden bankige

	Kalksteinhorizont. In gesamtem Schichtenfolge sind <i>pillow</i> Strukturen zu beobachten,
33,57 - 36,31 m	dünnschichtige Kalksteine mit Bioturbationen und dickschichtigen Kalksteinlagen die Brachiopoden enthalten,
36,31 - 37,16 m	dickschichtige Kalksteine mit Brachiopoden,
37,16 - 38,59 m	dünnschichtige Kalksteine mit Bioturbationen und bankige Kalksteinlagen die Brachiopoden enthalten,
38,59 - 39,18 m	dünnschichtige Kalksteine mit sigmoidalen Strukturen,
39,18 - 39,54 m	dickschichtige Kalksteine,
39,54 - 40,06 m	dünnschichtige Kalksteine mit Bioturbationen. Im Hangenden bioklastische Kalksteinhorizont mit Brachiopoden,
40,06 - 41,50 m	dünnschichtige Kalksteine mit Bioturbationen und dickschichtige Kalksteinlage die Brachiopoden enthält. Im Hangenden bioklastische Kalksteinhorizont mit Brachiopoden,
41,50 - 41,94 m	dickschichtige Kalksteine mit bankigem Kalksteinhorizont im Hangenden die Brachiopoden enthält,
41,94 - 42,86 m	stark bioturbate Kalksteine mit bioklastische Kalksteinhorizont im Hangenden, der Brachiopoden enthält,
42,86 - 44,55 m	dünnschichtige Kalksteine mit Bioturbationen und bioklastischen Kalksteinlagen mit Brachiopoden,
44,55 - 45,05 m	dickschichtige Kalksteine mit bankigem Kalksteinhorizont im Hangenden, der Brachiopoden enthält,
45,05 - 47,55 m	stark bioturbate Kalksteine wechsellagern mit dünnschichtigen Kalksteinen,
47,55 - 47,63 m	bioklastischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden, Gastropoden und Crinoiden,
47,63 - 47,91 m	dünnschichtige Kalksteine.
47,91 - 48,27 m	Schichtlücke.

#### Górażdże-Schichten

48,27 - 48,76 m	bankige Kalksteine mit Horizontalschichtung,
48,76 - 51,17 m	oolithische Kalksteine mit Brachiopoden,
51,17 - 53,27 m	bankige Kalksteine, wechsellagern mit dünnschichtigen Kalksteinlagen mit Bioturbationen und Tonsteinlagen. Im der gesamten Schichtenfolge sind Horizontal-, Schrägschichtungen und Rinnen sind zu beobachten,
53,27 - 54,27 m	oolithische Kalksteine,
54,27 - 54,79 m	bankiger Kalksteinhorizont,
54,79 - 56,10 m	oolithische Kalksteine mit Horizontalschichtung, wechsellagern mit stark bioturbaten Kalksteinen,
56,10 - 56,37 m	bankige Kalksteinhorizont,
56,37 - 60,22 m	oolithische Kalksteine mit Fischgräten Schichtungen,
60,22 - 60,69 m	bankige Kalksteinhorizont mit horizontale Schichtungen,
60,69 - 61,05 m	dünnschichtige Kalksteine mit Tonsteinlage im Liegenden,
61,05 - 61,46 m	bankiger Kalksteinhorizont,
61,46 - 62,07 m	dickschichtige Kalksteine mit bankigen Kalksteinlagen,

62,07 - 63,66 m	oolithische Kalksteine mit Horizontalschichtung, wechsellagern mit knauerigen Kalksteinen mit Bioturbationen,
63,66 - 64,40 m	bankige Kalksteine mit oolithische Kalksteinhorizonten, die Horizontalschichtung enthalten.

#### Terebratel-Schichten

64,40 - 64,81 m	knauerige Kalksteine, wechsellagern mit bankigen Kalksteinlagen und Tonsteinen,
64,81 - 64,95 m	dünnschichtige Kalksteine mit Tonsteinlagen im Liegenden,
64,95 - 67,08 m	oolithische Kalksteine mit Horizontalschichtung wechsellagern mit Tonsteinen. Im folgenden oolithische Kalksteine mit Bioturbationen, Brachiopoden, Crinoiden, Fischgräten Schichtungen und Hartgrund,
67,08 - 68,06 m	knauerige Kalksteine mit Bioturbationen,
68,06 - 69,16 m	oolithische Kalksteine mit Brachiopoden, Crinoiden und Intraklasten, wechsellagern mit Tonsteinen,
69,16 - 70,33 m	knauerige Kalksteine mit Bioturbationen und bioklastischem Kalksteinhorizont im Hangenden, der Brachiopoden enthält,
70,33 - 71,43 m	knauerige Kalksteine mit Bioturbationen und bankigem Kalksteinhorizont im Hangenden der Brachiopoden enthält,
71,43 - 73,57 m	knauerige Kalksteine mit Brachiopoden und Bioturbationen. Im Hangenden bioklastischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden, <i>slumps</i> Strukturen und bankiger Kalksteinlage,
73,57 - 74,24 m	knauerige Kalksteine mit Bioturbationen,
74,24 - 74,98 m	bankige Kalksteine wechsellagern mit Tonsteinen.

#### 4. Lithologisches Profil Rüdersdorf (in Brandenburg)

Dieses lithologisches Profil wurde im Steinbruch der Rüdersdorfer Zement Werk GmbH in Rüdersdorf aufgenommen (Anlage 4).

Im Steinbruch sind Schichten, beginnend mit den oberste Myophorien-Schichten, über den vollständigen Untere und Mittlere Muschelkalk, bis hin zur Basis Horizont Trochitenkalk im Obere Muschelkalk aufgeschlossen.

Das bearbeitete Profil erfaßt aufgeschlossene Myophorien-Schichten, Untere Muschelkalk und den unteren Teil des Mittlere Muschelkalks.

Das gesamte Profil umfaßt 170,40 Meter. Die erste 9,93 Meter gehören zum Myophorien-Schichten. Der Untere Muschelkalk ist 136,97 Meter mächtig und besteht aus 72,92 Metern Unterer Wellenkalk, 9,58 Meter Oolithbänke, 18,36 Meter Mittlere Wellenkalk, 4,52 Meter Terebratelbänke, 19,01 Meter Obere Wellenkalk und 12,58 Meter Schaumkalkbänke. Die letzten 23,50 Meter gehören zum Mittlere Muschelkalk. Diese Gliederung wurde vom Autor auf der Basis seiner Beobachtungen und Sequenzanalyse vorgenommen. Die Horizonte A bis O der geochemische Gliederung von STREICHAN 1980, konnten wiedergefunden werden und sind in Anlage 4 gekennzeichnet. Es handelt sich dabei um Horizont A (Myophorien-Schichten) die ist 9,93 Meter, B - 7,04 Meter, C - 12,72 Meter, D - 35,73 Meter, E - 7,70 Meter, F - 13,76 Meter, G - 9,08 Meter, H - 7,27 Meter, I - 26 Meter, K - 14,72 Meter, L - 6,17 Meter, M - 2,41 Meter, N - 14,18 Meter und O - 3,6 Meter mächtig.

#### Myophorien-Schichten

0 - 0,17 m	bioklastischer Kalksteinhorizont mit Intraklasten und Brachiopoden,
0,17 - 1,43 m	dünnschichtigen Kalksteinen, wechsellagern mit dickschichtigen Kalksteinen mit Brachiopoden. In der ist Mitte eine bioklastischer Kalksteinlage,
1,43 - 1,88 m	Tonsteine mit dickschichtigen Kalksteinlagen die Brachiopoden enthalten und ein bioklastischer Kalksteinlage mit Brachiopoden,
1,88 - 2,04 m	knauerige Kalkstein, die Brachiopoden und Bioturbationen enthalten mit Einschaltungen von Tonsteinlagen,
2,04 - 2,20 m	bioklastischer Kalkstein mit Brachiopoden,
2,20 - 2,39 m	Tonsteine,
2,39 - 2,95 m	dünnschichtiger Kalkstein mit Bioturbationen, wechsellagern mit dickschichtigen Kalksteinen die Brachiopoden enthalten. Am Top bankige und bioklastische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden,
2,95 - 3,23 m	Tonsteine; am Top befinden sich bankige und bioklastische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden und Gastropoden,
3,23 - 4,22 m	Tonsteine mit dickschichtige Kalksteinlagen und bankigen Kalksteinlagen die Brachiopoden enthalten,
4,22 - 4,37 m	bioklastische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden,
4,37 - 5,05 m	differenzierte Schichtenfolge mit bankigen Kalksteinen und knauerige Kalksteinlagen die Brachiopoden und Bioturbationen enthalten. Im Liegenden Tonsteinlage,
5,05 - 9,07 m	differenzierte Schichtenfolge mit bioklastischen und bankigen Kalksteinhorizonten die Brachiopoden enthalten und dickschichtige

	Kalksteine mit knauerigen Kalksteinlagen wechsellagern mit Tonsteinen,
9,07 - 9,22 m	bioklastische und bankige Kalksteine mit Brachiopoden,
9,22 - 9,53 m	dickschichtige und knauerige Kalksteine und Tonsteine wechsellagern mit bioklastischer Kalksteinlage mit Brachiopoden,
9,53 - 9,93 m	bankige Kalksteine mit Brachiopoden, am Top befindet sich ein dünner bioklastischer Horizont mit Brachiopoden.

#### Unterer Wellenkalk

9,93 - 10,96 m	differenzierte Schichtenfolge, im Liegenden mit bankigen und bioklastische Kalksteinen, die Brachiopoden und Gastropoden enthalten und knauerigen Kalksteine, wechsellagern mit Tonsteinlagen, im Hangenden Tonsteine mit dickschichtigen Kalksteinlagen, die Brachiopoden enthalten,
10,96 - 12,28 m	bioklastische Kalksteine mit Brachiopoden und Gastropoden, wechsellagern mit dickschichtigen und knauerigen Kalksteinen und Tonsteinen,
12,28 - 12,66 m	dünnschichtige Kalksteine mit Bioturbationen und dickschichtige Kalksteinlagen mit bankige Kalksteinhorizonten am Top,
12,66 - 13,00 m	bankiger Kalksteinhorizont mit dünnem bioklastischem Kalkstein am Top, der Brachiopoden und Gastropoden enthält,
13,00 - 16,00 m	Schichtlücke,
16,00 - 16,68 m	dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen und Brachiopoden, wechsellagern mit bioklastischen Kalksteinen, die Brachiopoden enthalten,
16,68 - 16,98 m	bioklastische Kalksteine mit Brachiopoden und Gastropoden im Liegenden mit Tonsteinen und dickschichtigen Kalksteinen mit Brachiopoden. An der Oberfläche sind Rippeln zu beobachten,
16,98 - 17,29 m	dickschichtige und knauerige Kalksteine mit Bioturbationen,
17,29 - 17,98 m	Kalksteine mit sigmoidalen Strukturen, wechsellagern dickschichtigen Kalksteinen mit Brachiopoden,
17,98 - 18,26 m	knauerige Kalksteine mit bioklastische Kalksteinlagen mit Brachiopoden und Gastropoden,
18,26 - 18,73 m	dickschichtige Kalksteine mit Brachiopoden. Hier befindet sich eine Rinne. Umgelagert mit bankige Kalkstein mit Brachiopoden und Kalksteinlage mit sigmoidalen Strukturen,
18,73 - 19,10 m	knauerige Kalksteine mit Rinne, am Top mit bioklastischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden und Gastropoden,
19,10 - 19,80 m	dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen, Brachiopoden und Gastropoden wechsellagern mit knauerigen Kalksteinen mit Bioturbationen und bankige Kalksteinhorizont mit Horizontalschichtung. In der Mitte des Schichtenfolge sind Wellenstrukturen zu beobachten,
19,80 - 20,20 m	dünnschichtige Kalksteine mit Rinne, Bioturbationen und Brachiopoden,

20,20 - 21,20 m	knauerige Kalksteine mit Brachiopoden und Bioturbationen, wechsellagern mit dickschichtigen und bankigen Kalksteinen mit Brachiopoden. In der Mitte des Schichtenfolge sind Rinnen zu beobachten. Im Hangenden bankige Kalksteine mit Horizontalschichtung und an Oberfläche sind Rippeln zu beobachten,
21,20 - 23,73 m	dickschichtige Kalksteine mit Wellenstrukturen, Brachiopoden und Bioturbationen, mit Tonsteinen im Liegenden. Umgelagert mit knauerigen und bankigen Kalksteinen mit Bioturbationen und Brachiopoden und mit bioklastischen Kalksteinhorizonten mit Brachiopoden und Gastropoden,
23,73 - 25,02 m	Kalksteine mit sigmoidalen Strukturen, wechsellagern mit stark bioturbaten Kalksteine, bankigen Kalksteinen mit Brachiopoden und bioklastischen Kalksteinhorizonten mit Brachiopoden und Gastropoden,
25,02 - 25,48 m	zwei bioklastische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden und Gastropoden, im Liegenden mit bankigen Kalksteinhorizont, wechsellagern mit knauerigen Kalkstein mit Bioturbationen,
25,48 - 26,42 m	dickschichtige Kalksteine mit Brachiopoden, wechsellagern mit stark bioturbaten Kalksteinen, im Liegenden Tonstein. Am Top befindet sich ein bioklastischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden und Gastropoden,
26,42 - 26,87 m	dünnschichtige Kalksteine mit Bioturbationen, wechsellagern mit dickschichtigen Kalksteinen mit Brachiopoden, im Liegenden Kalksteinhorizonte mit sigmoidalen Strukturen,
26,87 - 27,48 m	stark bioturbate Kalksteine, wechsellagern mit bioklastischen Kalksteinhorizonten mit Brachiopoden. Im Hangenden ist eine Rinne zu beobachten,
27,48 - 27,93 m	knauerige Kalksteine mit Bioturbationen, mit dickschichtigem Kalkstein am Top,
27,93 - 28,08 m	bioklastische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden und Gastropoden,
28,08 - 28,80 m	dickschichtige Kalksteine mit Tonsteinlagen und Brachiopoden,
28,80 - 29,15 m	bankige Kalksteinhorizont mit bioklastischen Kalksteinen am Top, die Brachiopoden und Gastropoden enthalten,
29,15 - 29,68 m	dickschichtige Kalksteine mit sigmoidalen Strukturen, die in bankige Kalksteinen übergehen, im Liegenden mit Tonsteinen und dünnschichtigen Kalksteinen. An Top dünne bioklastischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden und Gastropoden,
29,68 - 33,28 m	dünnschichtige Kalksteine mit Bioturbationen, wechsellagern mit dickschichtigen und bankigen Kalksteinlagen mit Brachiopoden und bioklastische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden und Gastropoden. Im Liegenden sind Kalksteine, Wellenstrukturen zu beobachten. In der Mitte des Schichtenfolge treten bankige Kalksteine mit Horizontalschichtung und Intraklasten auf,
33,28 - 34,28 m	Schichtlücke,
34,28 - 34,45 m	bioklastische Kalksteine mit Brachiopoden und Gastropoden, wechsellagern mit Tonsteinlagen,

34,45 - 34,95 m	stark bioturbate Kalksteine, mit bankigem Kalksteinhorizont, am Top mit Brachiopoden und Tonsteinlage,
34,95 - 37,25 m	differenzierte Schichtenfolge mit dünn- und dickschichtigen, stark bioturbaten, knauerigen, bankigen und bioklastischen Kalksteinen mit Tonsteinlagen. Brachiopoden sind zu beobachten und oft treten Bioturbationen auf. Bioklastische Kalksteinen enthalten auch Gastropoden. Im Liegenden tritt eine Rinne auf, oberhalb zwei Kalksteinhorizonten mit sigmoidalen Strukturen und in der Mitte der Schichtenfolge sind Wellenstrukturen zu beobachten,
37,25 - 38,79 m	dünn- und dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen, wechsellagern bankigen Kalksteinlagen mit Brachiopoden und bioklastischen Kalksteinen mit Brachiopoden und Gastropoden. Im Hangenden bioklastische Kalksteine mit Horizontalschichtung. Am Top, dickschichtige Kalksteine,
38,79 - 39,27 m	stark bioturbate Kalksteine und knauerige Kalksteine mit Bioturbationen, wechsellagern mit bioklastischen Kalksteinen mit Brachiopoden,
39,27 - 41,08 m	dünn- und dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen wechsellagern mit bankigen Kalksteinlagen mit Brachiopoden und bioklastischen Kalksteinen mit Brachiopoden und Gastropoden. In der ganzen Schichtenfolge treten Tonsteinlagen auf. In der Mitte des Profilabschnitts, mächtige dickschichtige Kalksteine mit Horizontalschichtung,
41,08 - 42,14 m	stark bioturbate Kalksteine, im Liegenden und Hangenden mit bankigen und bioklastischen Kalksteinhorizonten die Brachiopoden und Gastropoden enthalten. Innerhalb der gesamten Schichtenfolge treten auch bankige und bioklastische Kalksteinhorizonte auf, die Brachiopoden und Gastropoden enthalten. In bankigen Kalksteinen ist Horizontalschichtung zu beobachten,
42,14 - 43,65 m	dünn- und dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen, wechsellagern mit dickschichtigen Kalksteinlagen, knauerigen und bankigen Kalksteinen die Brachiopoden enthalten und in denen Horizontalschichtung zu beobachten. Im Hangenden treten Wellenstrukturen auf,
43,65 - 44,75 m	Schichtenfolge mit bankigen Kalksteinhorizonten, wechsellagern mit knauerigen Kalksteinen mit Bioturbationen, dünn- und dickschichtigen Kalksteinen und mit Tonsteinen. In bankigen Kalksteinen sind Brachiopoden, Intraklasten und Horizontalschichtung zu beobachten. Im Hangenden bioklastischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden und Gastropoden,
44,75 - 48,30 m	dünn- und dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen, dickschichtige Kalksteinlagen mit Muscheln und knauerigen Kalksteinen mit Bioturbationen. Im folgenden bankige Kalksteinen mit Brachiopoden und Gastropoden und dünn- und dickschichtige Kalksteine in denen Rutschungen zu beobachten sind. Im Hangenden treten mächtige dickschichtige Kalksteine mit Wellenstrukturen und bankige Kalksteine mit Horizontalschichtung auf,
48,30 - 50,84 m	knauerige Kalksteine mit Bioturbationen, wechsellagern mit bankigen und bioklastischen Kalksteinlagen mit Brachiopoden und

50,84 - 51,44 m	Gastropoden und stark bioturbaten Kalksteinlagen. Im Hangenden treten bankige Kalksteinhorizonte mit Horizontalschichtung und bioklastische Kalksteine mit Intraklasten auf,
51,44 - 51,87 m	dünnschichtige Kalksteine mit Bioturbationen, im Liegenden stark bioturbate Kalksteine. Am Top treten bankige Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden und Horizontalschichtung auf, die mit
51,87 - 52,78 m	dünnschichtigen Kalksteinen wechsellagern sind, knauerige und dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen, knauerige Kalksteinen mit Bioturbationen und dünnschichtige Kalksteine. Am Top treten bioklastische Kalksteinhorizonte mit
52,78 - 53,67 m	Brachiopoden und Gastropoden, wechsellagern knauerige und dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen,
53,67 - 56,11 m	bankige Kalksteinhorizonten Schichtenfolge mit Brachiopoden, wechsellagern mit knauerigen und dünnschichtigen Kalksteinen mit Bioturbationen und Tonsteinen. In der Mitte des Profilabschnitts treten bankige Kalksteinhorizonte mit Schrägschichtung auf. Die
56,11 - 56,74 m	folgenden zwei Horizonten enthalten Horizontalschichtung, stark bioturbate Kalksteine, wechsellagern mit bankige Kalksteinhorizonten. Im Liegenden bankige Kalkstein mit
56,74 - 57,65 m	Brachiopoden, knauerige Kalksteine mit Bioturbationen, im Liegenden dünnschichtige Kalksteinen mit Bioturbationen, wechsellagern mit
57,65 - 61,63 m	dickschichtigen Kalksteinlagen. Am Top treten bioklastische Kalksteinhorizonten mit Brachiopoden auf, stark bioturbate Kalksteine, wechsellagern mit bankigem Kalkstein mit Brachiopoden und Horizontalschichtung sowie dünnschichtigen
61,63 - 62,52 m	Kalksteinen mit Bioturbationen, dickschichtigen Kalksteinen mit Brachiopoden und knauerigen Kalksteinen mit Bioturbationen. Es tritt auch ein bioklastischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden auf. Im mittleren dünnschichtigen Kalksteinhorizont sind Rinnen
62,52 - 63,95 m	Strukturen zu beobachten, bankige Kalksteinhorizonte Schichtfolgen, wechsellagern mit dünnschichtigen, knauerigen und dickschichtigen Kalksteinen. Im
63,95 - 64,46 m	Liegenden treten Bioturbationen auf und in dickschichtigen Kalksteinen sind <i>slumps</i> Strukturen zu beobachten. Im Hangenden treten bankige Kalksteinhorizonten mit Horizontalschichtung auf,
64,46 - 69,53 m	dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen, wechsellagern mit stark bioturbaten Kalksteinen. Im Liegenden treten Kalksteine mit sigmoidalen Strukturen und im Hangenden bankige und bioklastische Kalksteinlagen mit Brachiopoden auf. Untere
	Horizonte enthält auch Gastropoden, dünnschichtige Kalksteine mit bankige Kalksteinhorizont am Top die Brachiopoden enthält. In dieser Schichtenfolge wurde ein
	Ammonit gefunden, stark bioturbate Kalksteine, wechsellagern mit dünnschichtigen, dickschichtigen, knauerigen, bankigen und bioklastischen Kalksteinen. Im Liegenden Tonsteinlagen. Bioklastische Kalksteinlagen mit Brachiopoden und Gastropoden sowie
	Intraklasten und dünnschichtige Kalksteine mit Bioturbationen,

69,53 - 71,84 m	dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen im Liegenden mit Tonsteinen, wechsellagern mit dünn- und dickschichtigen Kalksteinen mit Bioturbationen, stark bioturbaten Kalksteinen, bankigen Kalksteinen und Tonsteinen. In der Mitte des Schichtenfolge sind Kalksteinlage mit sigmoidalen Strukturen und im Hangenden Kalksteinen - <i>slumps</i> Strukturen zu beobachten,
71,84 - 73,16 m	differenzierte Schichtenfolge mit stark bioturbaten, knauerigen, dickschichtigen Kalksteinen mit Bioturbationen, bankigen Kalksteinen und mit Tonsteinlagen, im Liegenden Tonsteinhorizont,
73,16 - 76,06 m	Schichtenfolge mit bankigen und oolithischen Kalksteinhorizonten, wechsellagern mit dünn- und dickschichtigen Kalksteinen und Tonsteinen und stark bioturbaten Kalksteinen. Im Liegenden bankige Kalksteinbank mit Horizontalschichtung, oberhalb tritt eine Rinne auf. Zwei oolithische Kalksteinhorizonte mit Horizontalschichtung,
76,06 - 78,98 m	bankige Kalksteine mit Tonsteinen und dickschichtigen Kalksteinlagen und im Liegenden dünn- und dickschichtige Kalksteine. Im folgenden treten zwei bioklastische Kalksteinlagen auf, untere mit Brachiopoden, obere mit Brachiopoden und Gastropoden. In der Mitte des Profilabschnitts treten bankige Kalksteine mit Brachiopoden und Intraklasten auf,
78,98 - 82,08 m	stark bioturbate Kalksteine und bankige Kalksteinen mit Tonsteinlagen und bioklastischem Kalksteinhorizont mit Brachiopoden. Im Liegenden stark bioturbate Kalksteine, die in bankige Kalksteine übergehen. Hier sind <i>slumps</i> Strukturen zu beobachten. In den folgenden 94 cm mächtige Schichtenfolge, wechsellagernd stark bioturbaten und bankigen Kalksteinen mit Horizontalschichtung,
82,08 - 82,80 m	bankige Kalksteine mit Tonsteinlagen, im Liegenden mit dickschichtigen Kalksteinen und Rinne. In bankigen Horizonten ist Horizontalschichtung zu beobachten.

#### Oolithbänke

82,80 - 83,78 m	oolithische Kalksteinhorizonte mit mehreren Hartgründen (6 Horizonte), im Liegenden Tonsteine und Horizonte mit Intraklasten, am Top braungelbe oolithische Horizonte,
83,78 - 86,79 m	oolithische Kalksteine, wechsellagern mit dünn- und dickschichtigen und bankigen Kalksteinen und Tonsteinlagen. Im Hangenden bioklastische Kalksteinlagen mit Brachiopoden und Gastropoden und dünn- und dickschichtigen Kalksteinen mit Bioturbationen. In oolithischen Kalksteinen ist Horizontalschichtung zu beobachten. In zwei Horizonten treten Brachiopoden und Intraklasten auf,
86,79 - 89,57 m	braungelbe oolithische Kalksteine, im Liegenden mit dünn- und dickschichtigen Kalksteinen, wechsellagern mit Tonsteinen und stark bioturbate Kalksteinlage. Oolithische Basishorizont mit Intraklasten und Brachiopoden,

89,57 - 90,77 m	oolithische Kalksteinhorizonten mit Bioturbationen, wechsellagern mit bankigen Kalksteinen mit Bioturbationen und stark bioturbaten Kalksteinlagen und Tonsteinlage. Im Liegenden zwei oolithische Kalksteinhorizonten mit Horizontalschichtung,
90,77 - 91,75 m	differenzierte Schichtenfolge mit dickschichtigen, knauerigen und dünn-schichtigen Kalksteine mit Bioturbationen und drei bankigen Kalksteinhorizonten, im Liegenden Tonstein. In bankigen Horizonten sind Horizontalschichtung, Intraklasten und Brachiopoden zu beobachten,
91,75 - 92,43 m	oolithische Kalksteine mit Brachiopoden und Gastropoden, im Liegenden ist Diagonalschichtung sind zu beobachten.

#### Mittlerer Wellenkalk

92,43 - 93,26 m	dünn-schichtige Kalksteine wechsellagern mit bioklastischen Kalksteinlagen mit Brachiopoden und dickschichtigem Kalksteinen. In den hangenden Schichten treten Bioturbationen auf,
93,26 - 96,02 m	bankige und bioklastische Kalksteinen mit Brachiopoden, wechsellagern mit dünn-schichtigen und dickschichtigen Kalksteinen mit Bioturbationen, und mit Tonsteinlagen. Im Liegenden bankige Kalksteinhorizont mit <i>slumps</i> Strukturen. Das Hangenden enthält bankige Kalksteine mit Brachiopoden. In der Schichtenfolge sind Horizontalschichtung und Intraklasten zu beobachten,
96,02 - 97,51 m	braungelbe oolithische Kalksteine mit Bioturbationen, wechsellagern mit bankigen Kalksteinen mit Bioturbationen. In der Mitte des Abschnittsfolge sind oolithische Kalksteinhorizont mit Intraklasten und Brachiopoden und Horizontalschichtung zu beobachten,
97,51 - 98,78 m	oolithische Kalksteine, wechsellagern mit knauerigen Kalksteinen mit Bioturbationen und bankigen Kalksteinlagen mit Horizontalschichtung im Liegenden stark bioturbate Kalksteinen mit Bioturbationen. In oolithische Kalksteinhorizonten sind Brachiopoden, Horizontal- und Diagonalschichtung zu beobachten,
98,78 - 100,36 m	oolithische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden, wechsellagern mit bankigen Kalksteinen mit Brachiopoden und Tonsteinlagen. Im Liegenden treten braungelbe Horizonte mit Horizontal- und Schrägschichtung und Bioturbationen auf. Im Hangenden treten hellbraune Horizonte mit Horizontalschichtung und Intraklasten auf,
100,36 - 103,57 m	differenzierte Schichtenfolge mit bankigen und oolithischen Kalksteinen, wechsellagern mit dünn-schichtigen und dickschichtigen Kalksteinen und Tonsteinlagen. Oolithische Kalksteine mit Brachiopoden, Gastropoden und Intraklasten. Häufig treten auch Horizontal- und Diagonalschichtung und Rinnenstrukturen auf. Im Liegenden braungelbe oolithische Horizont und bankige Kalkstein mit Bioturbationen und <i>slumps</i> Strukturen,

103,57 - 108,07 m	braungelbe mächtige oolithische Kalksteine mit Brachiopoden und hellbraune Horizonte mit Tonsteinlagen und bankigem Kalksteinhorizont. Im Liegenden treten drei Horizonte mit <i>herring bones</i> Schichtung auf. In den folgenden Schichten treten Horizonte mit Intraklasten und Horizontalschichtung auf,
108,07 - 110,02 m	braungelbe oolithische Kalksteinhorizonten mit Brachiopoden und Intraklasten, im Liegenden mit dünn-schichtigen Kalksteinen und bankigen Kalksteinlagen und Tonstein an der Basis. Gastropoden, Horizontal- und Diagonalschichtung sind zu beobachten. An der Top braungelbe oolithische Kalksteinhorizont mit Brachiopoden und Intraklasten,
110,02 - 110,79 m	differenzierte Schichtenfolge mit bankigen, dickschichtigen, dünn-schichtigen Kalksteinen und Tonsteinen mit Bioturbationen.

#### Terebratelbänke

110,79 - 112,03 m	braungelbe oolithische Kalksteinhorizonten, wechsellagern mit dickschichtigen, knauerigen, stark bioturbaten und dünn-schichtige Kalksteinen mit Bioturbationen. Im Liegenden treten bankige Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden und Intraklasten und oolithischer Horizont mit Brachiopoden und Horizontalschichtung auf. Im Hangenden ist Schräg- und Horizontalschichtung zu beobachten,
112,03 - 113,00 m	braungelbe oolithische Kalksteine. In der Basis und am Top treten Horizonte mit Intraklasten und Horizontalschichtung auf, die mit Tonsteinen wechsellagern sind. In Abschnittsfolge sind Brachiopoden und <i>herring bones</i> Schichtung zu beobachten,
113,00 - 113,82 m	braungelbe oolithische und bankige Kalksteine mit Horizontalschichtung, wechsellagern mit Tonsteinen. Im Liegenden dünn-schichtige Kalksteinen. Im Hangenden treten Intraklasten auf,
113,82 - 115,31 m	oolithische Kalksteine mit Intraklasten, Brachiopoden und Horizontalschichtung. Im Hangenden bankige Kalksteinen und Tonsteinlagen.

#### Oberer Wellenkalk

115,31 - 117,26 m	differenzierte Schichtenfolge mit braungelben oolithischen Kalksteinhorizonten. An der Basis treten bankige Kalksteine mit Brachiopoden und dünn-schichtige Kalksteine mit Rinnen auf. In oolithischen Kalksteinen ist Horizontalschichtung zu beobachten. Im folgenden treten stark bioturbate, dickschichtige, dünn-schichtige Kalksteinen und Tonsteinen auf mit bankigen Kalksteinlagen die Horizontalschichtung enthalten,
117,26 - 129,31 m	12 Meter mächtige braungelbe oolithische Kalksteine mit Brachiopoden und Gastropoden. Im Liegenden braungraue oolithische Kalksteinlagen mit Schrägschichtung und Tonsteinlagen. Im Profilabschnitts treten Intraklasten, Horizontal-

129,31 - 130,69 m	und Schrägschichtung auf. In der Mitte der Schichtenfolge sind <i>slumps</i> Strukturen zu beobachten, dickschichtige Kalksteine mit amalgamiertem braungelben oolithischen Kalksteinhorizont mit Brachiopoden, Horizontalschichtung und Tonsteinlagen. Im Hangenden ist Horizontalschichtung zu beobachten,
130,69 - 131,93 m	braungraue oolithische Kalksteine mit Horizontalschichtung und bankigen Kalksteinen. In oolithischen Horizonten treten Intraklasten und Brachiopoden auf,
131,93 - 132,07 m	dickschichtige Kalksteine,
132,07 - 132,96 m	oolithische Kalksteine mit Brachiopoden und Horizontalschichtung mit Tonsteinlagen,
132,96 - 133,44 m	dickschichtige Kalksteine mit oolithischen Kalksteinhorizonten und Tonsteinlagen,
133,44 - 134,32 m	oolithische Kalksteinhorizonten mit Brachiopoden, am Top ein bankiger Kalkstein mit Intraklasten auf. In der Basis ist Horizontalschichtung zu beobachten.

#### Schaumkalkbänke

134,32 - 135,56 m	bankige und oolithische Kalksteine mit Intraklasten und Brachiopoden. Am Top oolithische Kalksteinhorizont. Im Liegenden tritt oolithische Kalksteinhorizont mit Brachiopoden und Intraklasten auf,
135,56 - 136,10 m	bankige Kalksteine mit dickschichtigen Kalksteinlagen, wechsellagern mit Tonstein. In bankigen Kalksteinen treten, Intraklasten, Brachiopoden und Horizontalschichtung auf,
136,10 - 137,55 m	oolithische Kalksteinhorizonten, wechsellagern mit Tonsteinlagen. In drei Horizonten treten Horizontalschichtung auf. Im Liegenden Brachiopoden und Intraklasten sind zu beobachten,
137,55 - 139,17 m	bankige und dickschichtige Kalksteine mit Tonsteinlagen und einem bioklastischen Kalksteinhorizont mit Brachiopoden. In Schichtenfolge Brachiopoden sind Horizontalschichtung und Wellenstrukturen zu beobachten,
139,17 - 140,41 m	amalgamierte oolithische Kalksteinhorizont mit Intraklasten in der Basis. Brachiopoden, Gastropoden und Horizontalschichtung sind zu beobachten,
140,41 - 141,28 m	bankige Kalksteinhorizonten mit Brachiopoden und Intraklasten, dünn- und dickschichtige Kalksteinlagen und Tonsteine,
141,28 - 142,28 m	amalgamierte oolithische Kalksteine mit Brachiopoden. Im Hangenden treten Rinne und Horizontalschichtung auf,
142,28 - 144,03 m	bankige und bioklastische Kalksteine mit Brachiopoden, wechsellagern mit dickschichtigen und dünn- und dickschichtigen Kalksteinen. An der Basis tritt ein bankiger Kalksteinhorizont mit Intraklasten auf. Im Hangenden sind dickschichtige Kalksteine mit Brachiopoden, Bioturbationen und Horizontalschichtung zu beobachten,
144,03 - 146,62 m	bankige Dolomite mit bankigen und bioklastischen Kalksteinlagen mit Brachiopoden und dickschichtige Dolomiten. Im Liegenden

dolomitische Mergel. In der Schichtenfolgen sind Lösungshohlräume von Gips, Brachiopoden und Bioturbationen zu beobachten,  
 146,62 - 146,91 m bankige Kalksteine mit Brachiopoden.

#### Orbikularis-Schichten

146,91 - 150,19 m mächtige bankige Dolomite. Lösungshohlräume von Gips und Horizontalschichtung sind zu beobachten. Im folgenden treten bioklastische Kalksteinlage mit Brachiopoden und dünn-schichtige Kalksteinlagen,  
 150,19 - 152,61 m bankige Dolomithorizonte mit Horizontalschichtung und Lösungshohlräumen von Gips, wechsellagern mit dünn-schichtigen und dickschichtigen Dolomiten mit Lösungshohlräumen von Gips.

#### Mittlere Muschelkalk

152,61 - 155,61 m dolomitische Mergeln mit dünn-schichtigen und dickschichtigen Dolomitlagen mit horizontaler Lamination und dickschichtige Kalksteinen mit horizontaler Lamination,  
 155,61 - 155,76 m bankiger Dolomithorizont,  
 155,76 - 159,77 m dolomitische Mergeln mit horizontaler Lamination. Horizonten mit *slumps* Strukturen sind zu beobachten. Im folgenden dickschichtige Dolomitlagen und dickschichtige Kalksteine mit Lamination,  
 159,77 - 160,68 m dünn-schichtige Dolomite mit dickschichtigen Kalksteinlagen,  
 160,68 - 161,16 m dolomitische Mergel, laminiert in Top, mit dickschichtigen Kalksteinlagen mit Lamination,  
 161,16 - 163,03 m bankige Dolomithorizonte, wechsellagern mit dickschichtigen und dünn-schichtigen Dolomiten,  
 163,03 - 166,84 m dolomitische Mergel mit dickschichtigen Dolomiten und dickschichtigen Kalksteinlagen. Horizonten mit *slumps* Strukturen und Lamination sind zu beobachten,  
 166,84 - 167,45 m bankige Dolomithorizont,  
 167,45 - 168,66 m dickschichtige Dolomite mit dolomitischen Mergel im Hangenden,  
 168,66 - 170,40 m bankige Dolomithorizonte, wechsellagern mit dickschichtigen Dolomiten mit bankige Kalksteinlage am Top.

5. Lithologisches Profil Gernrode (in Sachsen - Anhalt).

Das lithologische Profil wurde im Muschelkalksteinbruch im Ort Gernrode aufgenommen (Anlage 5).

Aufgeschlossen sind hier die Schichten vom Unteren Wellenkalk bis zur Basis des Schaumkalks.

Das Profil umfaßt so die aufgeschlossenen Schichten des Wellenkalks, sowie die Oolith- und Terebratelbänke.

Das gesamte Profil ist 82,75 Meter lang und die Mächtigkeiten der einzelnen Formationen ergeben sich wie folgt: Unterer Wellenkalk 23,4 Meter, Oolithbänke 7,66 Meter, Mittlerer Wellenkalk 31,56 Meter, Terebratelbänke 6,42 Meter, Oberer Wellenkalk 13,71 Meter.

Unterer Wellenkalk

-0,5 - 0,00 m	graugrüne, stark bioturbate Kalksteine,
0,00 - 1,14 m	graugelbe, dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen,
1,14 - 1,35 m	graue, dünn-schichtige Kalksteine mit Bioturbationen,
1,35 - 2,22 m	braungelbe Tonsteine. Bei 1,88 m muschelführende, graue bankige Kalksteinbank eingelagert,
2,22 - 2,34 m	graugelbe bankige Kalksteine,
2,34 - 2,57 m	graugelber dünn-schichtiger Kalkstein,
2,57 - 4,00 m	stark bioturbate Kalksteine. In Lagen sind bankige Kalksteine mit Brachiopoden sowie knauerige Kalksteine mit Bioturbationen enthalten,
4,00 - 4,74 m	graue knauerige Kalksteine mit Bioturbationen,
4,74 - 4,92 m	braungraue dünn-schichtige Kalksteine,
4,92 - 5,17 m	dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen,
5,17 - 5,45 m	knauerige Kalksteine mit Bioturbationen,
5,45 - 5,68 m	dünn-schichtige Kalksteine mit Bioturbationen,
5,68 - 5,94 m	bankige Kalksteine mit Bioturbationen,
5,94 - 6,17 m	dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen,
6,17 - 7,03 m	dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen und Brachiopoden, enthält in drei Lagen bankigen Kalkstein. Im oberen Horizont sind Brachiopoden beobachtet worden. Im Liegenden sind Tonstein und dünn-schichtige Kalksteinlagen zu beobachten,
7,03 - 7,19 m	dünn-schichtiger Kalkstein mit Bioturbationen,
7,19 - 7,28 m	bioklastische Kalksteine mit Brachiopoden,
7,28 - 8,94 m	stark bioturbate Kalksteine mit Bioturbationen. Im liegenden befindet sich Tonstein und dünn-schichtige Kalksteine mit Bioturbationen. In diesem Profilabschnitt konnte eine bioklastische brachiopodenführende Kalksteinlage identifiziert werden,
8,94 - 9,14 m	dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen,
9,14 - 9,20 m	bioklastische Kalksteine, enthält Brachiopoden und Gastropoden,
9,20 - 10,51 m	knauerige Kalksteine mit Bioturbationen in Wechsellagerung mit bioturbaten, dünn-schichtigen Kalksteinen,
10,51 - 10,90 m	dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen,

10,90 - 11,58 m	stark bioturbate Kalksteine und Lagen von bankigem Kalkstein. An der Basis dieses Profilabschnitts wurden Brachiopoden gefunden,
11,58 - 11,76 m	dünnschichtiger Kalkstein,
11,76 - 12,03 m	bankige Kalksteine mit Tonstein an der Basis,
12,03 - 12,23 m	knauerige Kalksteine mit Bioturbationen,
12,23 - 12,40 m	stark bioturbate Kalksteine,
12,40 - 13,13 m	bankige Kalksteine mit Lagen von knauerigem, bioturbatem Kalkstein sowie Tonsteinlagen. Der untere Horizont enthält Bioturbationen und der Mittlere ist horizontal geschichtet,
13,13 - 13,89 m	dünnschichtige Kalksteine mit Lagen von bankigem brachiopodenführendem Kalkstein,
13,89 - 14,17 m	knaueriger Kalkstein mit Bioturbationen,
14,17 - 14,23 m	bioklastische Kalkstein Horizonte mit Brachiopoden und Gastropoden,
14,23 - 14,86 m	dickschichtiger Kalkstein mit Bioturbationen, am Top mit bankigem Kalkstein abgedeckt,
14,86 - 15,40 m	knauerige Kalksteine mit Bioturbationen. Im unteren Teil dieses Abschnitts befinden sich stark bioturbate Kalksteine und im oberen Teil bankige Kalksteinhorizonte,
15,40 - 15,94 m	dünnschichtige Kalksteine mit Bioturbationen,
15,94 - 16,55 m	dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen,
16,55 - 16,88 m	bankige Kalksteinhorizonte mit Bioturbationen und basaler Tonsteinlage,
16,88 - 17,50 m	dickschichtige, brachiopodenführende Kalksteine, in zwei Lagen eines bioklastischen Kalksteins finden sich Brachiopoden und Gastropoden,
17,50 - 17,65 m	stark bioturbate Kalksteine, am Top dieses Abschnitts befinden sich bioklastische Kalksteine, welche Brachiopoden und Gastropoden enthalten,
17,65 - 18,23 m	dünnschichtige Kalksteine mit Bioturbationen sowie mit Wellenstrukturen,
18,23 - 19,31 m	stark bioturbate Kalksteine mit Lagen von bioturbatem, dünnschichtigem Kalkstein. Am Top befindet sich ein bankiger Kalksteinhorizont,
19,31 - 20,37 m	stark bioturbate Kalksteine. Am Top befindet sich ein bioturbater, bankiger Kalksteinhorizont mit einer bioklastischen Kalksteinlage, welche Brachiopoden und Gastropoden enthält,
20,37 - 21,28 m	stark bioturbate Kalksteine, am Top bankige Kalksteine,
21,28 - 22,25 m	bankige Kalksteine mit Lagen eines dünnschichtigen Kalksteins mit Bioturbationen und stark bioturbate Kalksteine,
22,25 - 22,73 m	dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen.

#### Oolithbänke

22,73 - 23,37 m	bankige Kalksteine mit oolithischer Kalksteinlage. In unterem bankigem Abschnitt horizontale Schichtung,
23,37 - 23,64 m	dünnschichtiger und dickschichtiger Kalkstein mit Brachiopoden, abgedeckt durch bankigen Kalkstein am Top,
23,64 - 25,05 m	oolithische Kalksteinbank,

25,05 - 25,36 m	bankige Kalkstein Horizonte mit dickschichtigen Kalksteinlagen, differenzierte, dickschichtige, stark bioturbate und dünn-schichtige Kalksteine,
25,36 - 26,38 m	
26,38 - 26,73 m	Tonsteine, bedeckt mit Horizont eines bankigen Kalksteins, bankige Dolomite mit Lösungshohlräume nach Gips und mit dünner Tonsteinlage in der Mitte des Profilabschnitts. Am Top
26,73 - 29,75 m	
29,75 - 30,56 m	Horizonte mit horizontaler Schichtung, dickschichtige Dolomite, am Top als bankiger Dolomithorizont mit Intraklasten ausgebildet,
30,56 - 31,33 m	dünn-schichtige Kalksteine, am Top bankige Dolomite.

### Mittlerer Wellenkalk

31,33 - 33,87 m	Wechselagerung von knauerigen bioturbaten Kalksteinen mit stark bioturbaten Kalksteinen und mit drei bankige Kalksteinhorizonten, wobei der liegende Horizont horizontale Schichtung enthält,
33,87 - 37,18 m	Wechselagerung von dickschichtigen, bioturbaten Kalksteinen mit dünn-schichtigen bioturbaten Kalksteinen,
37,18 - 37,34 m	bankige Kalksteinbänke mit bioklastischem Horizont, welcher Brachiopoden und Intraklasten enthält,
37,34 - 38,76 m	differenzierte, knauerige Kalksteine mit Brachiopoden wechsellagern mit dünn-schichtigen bioturbaten Kalksteinen und stark bioturbaten Kalksteinen. Abgedeckt wird der Profilabschnitt durch einen bankigen, horizontaldickschichtigen Kalksteinhorizont,
38,76 - 39,40 m	dünn-schichtiger Kalkstein und dickschichtiger Kalkstein mit Brachiopoden, am Top befindet sich bioklastischer Kalkstein mit Brachiopoden,
39,40 - 42,80 m	Wechselagerung von dünn-schichtigen Kalksteinen mit Bioturbationen sowie stark bioturbaten Kalksteinen, beendet wird dieser Profilabschnitt durch einen bankigen Kalksteinhorizont,
42,80 - 43,24 m	dünn-schichtiger und dickschichtiger Kalkstein,
43,24 - 44,13 m	zwei bankige Kalksteinhorizonte, getrennt durch knauerige Kalksteinlage,
44,13 - 44,60 m	differenzierte Abfolge; dickschichtige, dünn-schichtige und stark bioturbate Kalksteinen mit Bioturbationen wechsellagern,
44,60 - 44,77 m	Bankiger Kalksteinhorizont,
44,77 - 45,65 m	dünn-schichtige und dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen, abgedeckt durch bioklastischen Kalksteinhorizont, welcher Brachiopoden und Gastropoden enthält,
45,65 - 46,10 m	dünn-schichtiger Kalkstein mit Bioturbationen, abgedeckt durch bankigen brachiopodenführenden Kalksteinhorizont,
46,10 - 46,49 m	stark bioturbate Kalksteine,
46,49 - 47,80 m	dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen, enthalten sind zwei bankige brachiopodenführende Kalksteinhorizonte,
47,80 - 48,04 m	stark bioturbate Kalksteine, am Top befindet sich bioklastischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden,
48,04 - 49,86 m	dünn-schichtige Kalksteine mit Bioturbationen und mehrere Lagen bioklastischen Kalksteins mit Brachiopoden,
49,86 - 50,12 m	stark bioturbate Kalksteine,

50,12 - 51,11 m	dünnschichtiger Kalkstein mit Bioturbationen,
51,11 - 51,65 m	Knaueriger Kalkstein mit Bioturbationen und zwei bioklastischen Kalksteinhorizonten, welche Brachiopoden enthalten,
51,65 - 52,25 m	differenzierte Abfolge, dünnschichtige Kalksteine mit Bioturbationen, knauerige Kalksteine mit Bioturbationen sowie Tonsteine,
52,25 - 55,42 m	bankiger Kalksteinkomplex mit Brachiopoden, wechsellagernd mit dickschichtigen und dünnschichtigen Kalksteinen; an der Basis befinden sich bioklastische Kalksteine mit Intraklasten und Brachiopoden, wobei die Abfolge durch einen oolithischen Kalksteinhorizont im Liegenden abgeschlossen ist. Im oberen Teil des Profilabschnitts befindet sich ein Kalksteinhorizont mit horizontale Schichtung, welcher im hangenden Bereich Intraklasten und am Top Brachiopoden und Gastropoden enthält,
55,42 - 58,02 m	stark bioturbate Kalksteine mit einer Lage eines knauerigen Kalksteins mit Bioturbationen; am Top befindet sich ein bioklastischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden,
58,02 - 58,50 m	dünnschichtige Kalksteine mit Bioturbationen, am Top befindet sich ein bankiger Kalksteinhorizont,
58,50 - 59,40 m	differenzierte Abfolge; stark bioturbate Kalksteine, dünnschichtige Kalksteine mit Bioturbationen und dickschichtige Kalksteine, am Top befindet sich ein bankiger Kalksteinhorizont,
59,40 - 59,93 m	stark bioturbate Kalksteine, am Top bankiger Kalksteinhorizont,
59,93 - 60,79 m	dünnschichtiger Kalkstein mit Bioturbationen sowie dickschichtige Kalksteine,
60,79 - 61,10 m	dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen, an der Basis mit Tonsteinen, am Top befindet sich ein bankiger Kalkstein mit horizontaler Schichtung,
61,10 - 61,88 m	dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen, an der Basis mit Tonstein, am Top befindet sich ein bankiger Kalksteinhorizont,
61,88 - 62,12 m	knauerige Kalksteine mit Bioturbationen.

#### Terebratelbänke

62,12 - 63,85 m	oolithischer Kalkstein mit Brachiopoden, wechsellagernd mit bankigen Kalksteinen, welche Brachiopoden und Bioturbationen enthalten; mit Hartgrund. An der Basis stark bioturbate Kalksteinlagen,
63,85 - 64,17 m	bankige Kalksteine mit gut ausgebildetem Hartgrund und bioklastischen Kalksteinlagen, welche Brachiopoden und Intraklasten enthalten,
64,17 - 64,60 m	stark bioturbate Kalksteine mit Bioturbationen, an der Basis mit Tonsteinlagen,
64,60 - 64,72 m	bioklastischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden,
64,72 - 65,19 m	bankiger Kalkstein mit Brachiopoden, sowie zwei oolithischen Kalksteinhorizonte,
65,19 - 65,89 m	oolithische Kalksteine. Unterer Horizont mit diagonaler Schichtung. In obere Abschnitt brachiopodenführend,
65,89 - 66,88 m	dünnschichtige Kalksteine,

66,88 - 67,72 m	bankiger Kalksteinkomplex mit Brachiopoden, Crinoiden und Intraklasten sowie gut ausgebildetem Hartgrund, am Top mit bioklastischen Kalksteinhorizonten, welche Intraklasten und Brachiopoden enthalten,
67,72 - 68,53 m	oolithische Kalksteinkomplex mit Intraklasten, Brachiopoden und Crinoiden, wechsellagernd mit bankigen Kalksteinlagen, welche Intraklasten und Brachiopoden enthalten.

### Oberer Wellenkalk

68,53 - 68,87 m	Knauerige und dünn-schichtige Kalksteine, getrennt durch bankigen Kalksteinhorizont,
68,87 - 69,16 m	bankige Kalksteine wechsellagernd mit bioklastischen Kalksteinen, welche Brachiopoden und Gastropoden enthalten,
69,16 - 70,00 m	dickschichtiger Kalksteinkomplex mit bioklastischer Kalksteinlage, welche Brachiopoden und Gastropoden enthält, am Top bankige Kalksteine,
70,00 - 71,14 m	stark bioturbater Kalksteinkomplex, an der Basis dünn-schichtige und dickschichtige Kalksteine,
71,14 - 71,46 m	bankiger Kalksteinhorizont, an der Basis mit Tonstein,
71,46 - 73,40 m	differenzierter Profilabschnitt; stark bioturbate Kalksteine, dickschichtige Kalksteine mit Bioturbationen und dünn-schichtige Kalksteinen mit Bioturbationen, am Top bioklastische Kalksteine mit Brachiopoden und Gastropoden,
73,40 - 73,55 m	Stark bioturbate Kalksteine mit Bioturbationen,
73,55 - 75,20 m	differenzierte Abfolge, dünn-schichtiger Kalksteine mit Bioturbationen, knaueriger Kalksteine mit Bioturbationen und stark bioturbater Kalksteine, an der Basis befinden sich Tonsteine und am Top bankige und bioklastische Kalksteine mit Brachiopoden,
75,20 - 75,34 m	bioklastische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden, an der Basis mit stark bioturbaten Kalksteinen,
75,34 - 75,93 m	dünn-schichtige Kalksteine mit Bioturbationen, am Top befindet sich bioklastischer Kalkstein mit Brachiopoden,
75,93 - 77,26 m	stark bioturbate Kalksteine und bioklastische Kalksteinlage mit Brachiopoden sowie bankiger Kalksteinhorizont, am Top bioklastischer Kalkstein mit Brachiopoden,
77,26 - 78,50 m	stark bioturbate Kalksteine,
78,50 - 79,12 m	dünn-schichtige Kalksteine mit Bioturbationen sowie bioklastischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden,
79,12 - 79,76 m	bankige Kalksteine wechsellagern mit dünn-schichtigen Kalksteinen,
79,76 - 80,18 m	stark bioturbate Kalksteine,
80,18 - 82,23 m	Bankige Dolomite mit Lösungshochräume nach Gips.

## 6. Lithologisches Profil Steudnitz (in Thüringen)

Zur Erstellung des hier dokumentierten Profils wurden lithologische Teilprofile eines Aufschlusses in der Ortschaft Dornburg und eines angeschlossenen Muschelkalksteinbruchs, an das Zementwerk in Steudnitz (Thüringen) aufgenommen (Anlage 6). Hierbei wurden die in dem Aufschluß der Ortschaft Dornburg (2 km entfernt von Steinbruch) Profilmeter 0 bis 23 stratigraphisch und lithologisch erfaßt. Dieses Aufschluß enthält einige Meter der Grau-Violetten Folge (Röt) und der Myophorien-Schichten.

Im Profil Steudnitz sind durchgehend die Schichten von der Muschelkalkbasis (Wellenkalk-Schichten) bis zu den *Orbicularis*-Schichten des Mittleren Muschelkalks aufgeschlossen.

Das gesamte Profil (Anlage 6) ist 128,33 m lang. Die Mächtigkeiten der einzelnen Formationen sind im folgenden: Grau-Violette Folge 7,13 m, Myophorien-Schichten 15,87 m, Unterer Wellenkalk 36,84 m, Oolithbänke 8,62 m, Mittlerer Wellenkalk 22,39 m, Terebratelbänke 5,85 m, Oberer Wellenkalk 17,71 m, Schaumkalkbänke 11,47 m, *Orbicularis*-Schichten 2,41 m.

### Teilprofil Ortschaft Donburg.

#### Grau-Violette Folge

0 - 1,75 m	graugrüne, dünn-schichtige dolomitische Mergeln, laminiert mit rosa Fasergipslage; in der Höhe von 24 und 88 cm zwei dünne (4-6 cm), graue, Dolomithorizonte,
1,75 - 2,21 m	graugrüne Mergeln,
2,21 - 3,05 m	graubraune, dünn-schichtige mergelige Dolomite mit Lamination,
3,05 - 4,73 m	graugrüne Mergeln,
4,73 - 4,96 m	Abschnittprofil mit zwei hellgrauen Dolomithorizonten, dazwischen grauer, dünn-schichtiger Dolomit,
4,96 - 6,56 m	graugrüne Mergeln mit Lamination; in der Mitte ein grauer, dickschichtiger Dolomithorizont und eine dünne, graue, bankige Kalksteinlage,
6,56 - 6,86 m	graubraune, dickschichtige, mergelige Dolomite,
6,86 - 7,13 m	graubrauner dünn-schichtiger Mergel.

#### Myophorien-Schichten

7,13 - 7,34 m	grauer, bankiger Kalksteinhorizont mit Brachiopoden,
7,34 - 8,92 m	graugrüne mergelige Dolomite mit häufigen Lagen eines grauen, dickschichtigen Kalksteins, welcher Brachiopoden enthält,
8,92 - 9,79 m	mehrere graue, bankige Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden, wechsellagernd mit grauen, dünn-schichtigen mergeligen Dolomiten,
9,79 - 12,71 m	Wechsellagerung von grauen, mergeligen Dolomiten mit mehreren grauen, dickschichtigen Kalksteinlagen und bankige

12,71 - 17,99 m	Kalksteinhorizonten mit Brachiopoden. An der Basis ein graublauer mit Coelestinhorizont, sehr mächtige, graue und hellgraue dolomitische Mergeln mit zwei kleinen dickschichtigen Kalksteinlagen, welche Brachiopoden enthalten,
17,99 - 18,01 m	hellgrauer, bankiger mergeliger Dolomithorizont,
18,01 - 20,02 m	graue Mergeln,
20,02 - 20,33 m	grauer, dünn-schichtiger mergeliger Dolomit,
20,33 - 22,00 m	grauer, Mergel mit charakteristischen Kugelstrukturen,
22,00 - 23,00 m	gelbe, bankige Dolomitbank.

Im Folgenden Teilprofil in Steudnitz.

#### Unterer Wellenkalk

23,00 - 23,45 m	braungelber oolithischer Kalkstein mit Intraklasten und diagonaldickschichtigem Grenzhorizont,
23,45 - 23,80 m	im Hangenden graubrauner, bioklastischer Kalksteinhorizont mit Intraklasten. Wechsellagernd mit Knauerigem Kalkstein, welcher Bioturbationen enthält und mit Tonstein,
23,80 - 27,86 m	Wechsellagerung von dünn-schichtigen, dickschichtigen, stark bioturbaten, knauerigen, bankigen und bioklastischen Kalksteinen. In der Höhe von 2,7 - 3,12 m, kleine, gelbe dickschichtige Dolomite. In dieser Schichtenfolge treten 7 Kalksteinhorizonte mit sigmoidaler Struktur sowie dünn-schichtige Kalksteine mit <i>load cast</i> Rinnen auf. Die gesamte Schichtfolge ist reich an Bioturbationen und Tempestithorizonten (ca. 18),
27,86 - 28,05 m	braungrauer, ca. 20 cm mächtiger bankiger Kalksteinhorizont mit Hartgrund und am Top, Tempestithorizont mit bioklastischem Material von Brachiopoden und Gastropoden, sowie Intraklasten,
28,05 - 28,77 m	im Hangenden braungraue, ca. 67 cm mächtig Kalksteine mit dünner Tonlage, welche zum Top allmählich von dünn-schichtigen bis bankigen Kalksteinen übergeht. Am Top, ca. 10 cm mächtige Konglomeratbank (sogenannte „Konglomeratbank d1“), mit Brachiopoden und Gastropoden,
28,77 - 29,88 m	im Hangenden über ein Meter mächtiger grauer, dünn-schichtiger Kalkstein, unterteilt durch drei dünne (~ 2 cm) Tempestithorizonte und eine 10 cm mächtige knauerige Kalksteinschicht; Konglomeratbank am Top. Im oberen Profilabschnitt und in den knauerigen Kalksteinen treten Bioturbationen und in den Tempestithorizonten Brachiopoden auf,
29,88 - 29,98 m	grauer bankiger Kalksteinhorizont mit Intraklasten – „Konglomeratbank d2“,
29,98 - 30,24 m	zwei bankige Kalksteine mit Tonlage und bioklastischer Kalksteinbank, Wechsellagerung von stark bioturbaten Kalksteinen mit Tonlagen,
30,24 - 31,95 m	dünn-schichtige Kalksteine im Liegenden, im Hangenden stark bioturbate Kalksteine, wechsellagernd mit knauerigen Kalksteinen, Tempestithorizonten und dünn-schichtigen, knauerigen Kalksteinen, am Top drei bioklastische Horizonte mit dünn-schichtigen und

31,95 - 34,56 m	stark bioturbaten Kalksteinen. In der gesamten Schichtenfolge häufiges Auftreten von Bioturbationen und bioklastischen Kalksteinen welche Brachiopoden und Gastropoden enthalten, dünn-schichtige Kalksteine, regelmäßig wechsellagernd mit dünnen (~ 2 cm) Tempestithorizonten und bankigen, dickschichtigen und knauerigen Kalksteinlagen. Häufiges Auftreten von Bioturbationen;
34,56 - 34,88 m	in drei dünn-schichtige Kalksteinhorizonten Wellenstrukturen, zwei bioklastische Kalksteinhorizonte, wechsellagernd mit 10 cm mächtigen dünn-schichtigen Kalksteinlagen. Unterer Horizont enthält Brachiopoden, Gastropoden, Crinoiden und Intraklasten,
34,88 - 40,65 m	in Liegenden wechsellagern dünn-schichtige, dickschichtige, knauerige und bankige Kalksteine mit bioklastische Kalksteinlagen. In alle Schichten treten Bioturbationen und vereinzelt Brachiopoden auf. Im nächsten Profilabschnitt folgen dünn-schichtige Kalksteine mit knauerigen Kalksteinlagen, am Top zwei bioklastische Kalksteinhorizonte, wechsellagernd mit stark bioturbaten Kalksteinen. Die ganze Folge enthält Bioturbationen und die bioklastischen Kalksteinhorizonte enthalten Brachiopoden. Im Hangenden stark bioturbate, dünn-schichtige und knauerige Kalksteine, am Top bankiger Kalkstein. Auftreten von Bioturbationen und bankige Kalksteine enthalten Brachiopoden. Am Top des Profilabschnitts, knauerige Kalksteine mit Bioturbationen, bankiger Kalksteinhorizont mit Brachiopoden, stark bioturbate und knauerige Kalksteine mit Bioturbationen,
40,65 - 40,95 m	bankiger und bioklastischer Kalksteinhorizont,
40,95 - 43,10 m	stark bioturbate Kalksteine und bankiger Kalksteinhorizont, des weiteren dünn-schichtige und knauerige Kalksteine und ein ca. 10 cm mächtiger bioklastischer Horizont,
43,10 - 48,32 m	knauerige Kalksteine mit bioklastischen Kalksteinhorizonten, in der Mitte und am Top drei dünn-schichtige Kalksteinlagen. In der gesamten Schichtenfolge treten Bioturbationen auf,
48,32 - 48,72 m	bankige Kalksteinhorizonte mit bioklastischen Kalksteinlagen,
48,72 - 49,00 m	knauerige Kalksteine mit Bioturbationen und bioklastische
49,00 - 50,77 m	Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden und Gastropoden, stark bioturbate Kalksteine, im Liegenden mit dünn-schichtigen Kalksteinen, wechsellagernd mit bioklastischen Kalksteinhorizonten mit Brachiopoden, in einem Horizont auch Gastropoden. In ganzen Abschnitt Bioturbationen,
50,77 - 54,16 m	Wechsellagerung von knauerigen und dünn-schichtigen Kalksteinlagen, sowie zwei bankige Kalksteinhorizonte und Tonsteinlagen. In knauerigen Kalksteinen treten Bioturbationen auf und im ersten bankigen Kalksteinhorizont Intraklasten,
54,16 - 57,14 m	Wechsellagerung von stark bioturbaten und bioturbaten Kalksteinen, am Top bankiger Kalksteinhorizont mit Brachiopoden. Wellige Strukturen sind zu beobachten. Im Hangenden knauerige Kalksteine mit Bioturbationen, ein bankiger Kalksteinhorizont, sowie dickschichtige und stark bioturbate Kalksteine mit Bioturbationen und am Top folgt bioklastischer Kalksteinhorizont,

57,14 - 59,19 m knauerige und stark bioturbate Kalksteine mit *debriss flow* und Wellenstrukturen. In gesamte Profil abschnitt sind Bioturbationen zu beobachten.

### Oolithbänke

59,19 - 61,02 m graubrauner, bankiger Kalksteinhorizont – „Oolithbank  $\alpha$ “, im Liegenden wechsellagernd mit knauerige Kalksteine. Im Haupthorizont treten häufig Hartgründe, Brachiopoden, Crinoiden und Bioturbationen auf,

61,02 - 63,97 m graue, stark bioturbate Kalksteine, wechsellagernd mit dickschichtigen Kalksteinen mit Rutschungen und Bioturbationen, knauerige Kalksteine mit Bioturbationen und dünnsschichtige Kalksteine an der Basis,

63,97 - 64,17 m graue, dünnsschichtige Kalksteine mit Bioturbationen und Rinnenstrukturen,

64,17 - 65,20 m graue, stark bioturbate Kalksteine mit Bioturbationen, wechsellagernd mit dünnsschichtigen Kalksteinen mit Bioturbationen,

65,20 - 65,80 m dünnsschichtige Kalksteine mit Bioturbationen und Rinnenstrukturen, dickschichtigen Kalksteinen mit Bioturbationen und Rutschungsstrukturen,

65,80 - 67,15 m bankiger Kalksteinhorizont – „Oolithbank  $\beta_1$ “, wechsellagernd mit knauerigen Kalksteinen mit Bioturbationen. Unterer, graubrauner, bankiger Kalksteinhorizont mit Bioturbationen, am Top bioklastischer Kalkstein mit Brachiopoden und oberer, bankiger Kalkstein mit mehreren Hartgründen, Intraklasten, Brachiopoden und mit horizontalen Schichtungen am Top,

67,15 - 68,21 m graue, stark bioturbate Kalksteine mit Bioturbationen und dünnsschichtige Kalksteine mit Bioturbationen, Rinnen- und Rutschungsstrukturen,

68,21 - 68,55 m bankiger Kalksteinhorizont - „Oolithbank  $\beta_2$ “ mit Intraklasten und Hartgrund, teilweise überlagert von bioklastischem Kalkstein mit Brachiopoden und Intraklasten.

### Mittlerer Wellenkalk

68,55 - 71,64 m Wechsellagerung von dünnsschichtigen, stark bioturbaten, knauerigen und bankigen Kalksteinen, am Top bioklastische Kalksteine mit Brachiopoden. In der gesamten Folge treten Bioturbationen auf,

71,64 - 71,80 m bioklastischer Kalksteinhorizont, „Konglomeratbank F1“ mit Brachiopoden und Intraklasten sowie mit dünner, knaueriger Kalksteinlage,

71,80 - 74,92 m stark bioturbate Kalksteine, wechsellagernd mit knauerigen Kalksteinen und einem bankigem Kalksteinhorizont, am Top dünnsschichtige Kalksteine. In der gesamten Folge treten

74,92 - 75,00 m	Bioturbationen und Tonsteinlagen auf. In bankigem Kalksteinhorizont treten Brachiopoden auf,
75,00 - 77,20 m	bioklastischer Kalksteinhorizont, „Konglomeratbank F2“ mit Brachiopoden und Intraklasten,
77,20 - 83,07 m	Wechsellagerung von knauerigen und dünn-schichtigen Kalksteinen mit stark bioturbaten, bioklastischen Kalksteinlagen und Tonsteinlagen. In der gesamten Schichtenfolge Brachiopoden und Bioturbationen enthalten,
83,07 - 83,29 m	stark bioturbate Kalksteine, wechsellagernd mit dünn-schichtigen und knauerigen Kalksteinen. In unteren dünn-schichtigen Kalksteinen sind Wellenstrukturen zu beobachten. In der gesamten Folge sind Bioturbationen enthalten,
83,29 - 84,99 m	bioklastischer Kalksteinhorizont, „Konglomeratbank F3“ mit Brachiopoden, Crinoiden und Intraklasten, wechsellagernd mit dünner knaueriger Kalksteinlage,
84,99 - 85,12 m	dünn-schichtiger, knaueriger und stark bioturbater Kalkstein und bioklastischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden und Crinoiden. In der gesamten Folge sind Bioturbationen zu beobachten. Obere dünn-schichtige Kalksteine mit Rutschungsstrukturen,
85,12 - 89,28 m	bioklastischer Kalksteinhorizont, „Konglomeratbank F4“ mit Brachiopoden und Intraklasten,
89,28 - 90,89 m	stark bioturbate Kalksteine wechsellagernd mit dünn-schichtigen und knauerigen Kalksteinen und mit drei bioklastischen Kalksteinhorizonten, am Top bankiger Kalksteinhorizont mit Brachiopoden. In unteren Teil auch Tonsteinlagen. Dünn-schichtige Kalksteine enthalten Wellenstrukturen. In der gesamte Folge Bioturbationen enthalten,
	knauerige, dünn-schichtige Kalksteine und bankiger Kalksteinhorizont mit Brachiopoden. Auftreten von dünnen Tonsteinlagen. In unteren dünn-schichtigen Kalksteinen sind Wellenstrukturen zu beobachten. In der gesamte Folge Bioturbationen.

#### Terebratelbänke

90,89 - 92,75 m	„Terebratel-Bank $\tau_1$ “. Amalgamierte bioklastische Kalksteinbank mit Brachiopoden und Crinoiden, geht stufenweisen nach oben in einen knauerigen Kalkstein mit Bioturbationen, reich in Brachiopoden über,
92,75 - 93,44 m	dickschichtige Kalksteine und auskeilende miteinander wechsellagernde knauerige und dünn-schichtige Kalksteine mit Wellenstrukturen. Auftreten von Tonsteinlagen,
93,44 - 94,57 m	„Terebratel-Bank $\tau_2$ “. Amalgamierte bioklastische Kalksteinbank mit Brachiopoden. Nach oben geht diese in knauerige Kalksteine mit Brachiopoden über,
94,57 - 95,30 m	Wechsellagerung von dickschichtigen und welligen Kalksteinen mit Bioturbationen,
95,30 - 96,17 m	knauerige, dünn-schichtige Kalksteine mit Bioturbationen sowie bioklastische Kalksteinlagen mit Brachiopoden und Gastropoden.

Oberer Wellenkalk

96,17 - 99,90 m	Wechselagerung von dickschichtigen, welligen (mit entwickelten Wellen- und Rutschungsstrukturen), knauerigen und stark bioturbaten Kalksteinen mit Rutschungsstrukturen, im Liegenden dünn- und dickschichtige Kalksteine. Am Top bioklastischer Kalksteinhorizont mit Brachiopoden und Gastropoden. In der gesamten Folge Bioturbationen,
99,90 - 101,02 m	stark bioturbate Kalksteine mit Rutschungsstrukturen und Bioturbationen. Am Top knauerige Kalksteine mit Brachiopoden und Bioturbationen,
101,02 - 102,62 m	dünn- und dickschichtige Kalksteine mit bioklastischem Kalksteinhorizont. Im Hangenden knauerige Kalksteine mit Tempestithorizonten, Brachiopoden und Gastropoden. In der gesamten Folge Bioturbationen,
102,62 - 106,11 m	stark bioturbate Kalksteine, wechselagernd mit dünn- und dickschichtigen Kalksteinen welche Tempestithorizonte mit Brachiopoden und Gastropoden enthalten. In stark bioturbaten Kalksteinen sind Rutschungs- und Wellenstrukturen zu beobachten. Im gesamten Abschnitt Bioturbationen,
106,11 - 107,69 m	bankige, knauerige und dickschichtige Kalksteine mit mehreren Tempestithorizonten mit Brachiopoden und Gastropoden, Auftreten von Bioturbationen,
107,69 - 109,91 m	dünn- und dickschichtige Kalksteine, im Liegenden dünne Kalksteine mit Sigmoidalen Strukturen, Wechselagerung von stark bioturbaten, knauerigen und dickschichtigen Kalksteinen, sowie bioklastische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden und Gastropoden. In stark bioturbaten Kalksteinen sind Rutschungsstrukturen zu beobachten und in dickschichtigen Kalksteinen treten ca. 10 cm große Intraklasten auf. In der gesamten Folge Bioturbationen,
109,91 - 112,82 m	stark bioturbate Kalksteine mit Wellenstrukturen. Wechselagerung von dünn- und dickschichtigen Kalksteinen, Tempestithorizonten und einem Kalksteinhorizont mit Sigmoidaler Struktur. In der gesamten Folge Bioturbationen,
112,82 - 114,45 m	dünn- und dickschichtige Kalksteine mit mehreren Tempestithorizonten und Tonsteinlagen, wechselagernd mit dickschichtigen Kalksteinen. In gesamter Folge Bioturbationen,

Schaumkalkbänke

114,45 - 116,81 m	„Schaumkalk x <sub>1</sub> “. Bankige oolithische Kalksteinhorizonte mit Brachiopoden und Gastropoden, wechselagernd dickschichtige und dünn- und dickschichtige Kalksteine. Bankige und bioklastische Kalksteinhorizonte. Oolithische Kalksteinbänke mit Horizontal-, Schräg- und Diagonalschichtung mit bioklastischen Lagen und Intraklasten. An der Basis eine Konglomeratbank,
-------------------	---

116,81 - 120,80 m	wechsellagernd, dünn- und dickschichtige und stark bioturbate Kalksteine mit bankigen, bioklastischen und oolithischen Kalksteinhorizonten und Tonsteinlagen. Häufig dünne Kalksteine mit sigmoidalen Strukturen. In oolithischen und bioklastischen Kalksteinhorizonten horizontale Schichtungen. Im gesamten Abschnitt treten Bioturbationen auf,
120,80 - 121,80 m	„Schaumkalk x <sub>2</sub> “. Zwei bioklastische Kalksteinhorizonte, oolithisch an der Basis, mit oolithischen Kalksteinhorizonten. Enthalten Gastropoden und Brachiopoden. Wechsellagerung von dickschichtigen Kalksteinen mit Tonsteinlagen. In oolithischem Basishorizont Schrägschichtung. Am Top dickschichtige Kalksteine mit Brachiopoden,
121,80 - 125,65 m	Dolomite im unteren Teil bankig und stufenweise nach oben übergehend in dickschichtige und dünn- und dickschichtige Dolomitabfolge mit dickschichtigen Kalksteinlagen. Am Top dickschichtige Dolomite mit bankiger Dolomithorizonte, entwickelte <i>gutter cast</i> Kanäle. In der gesamten Folge Lösungshohlräume nach Gips, häufige Richtung dieser ist nach oben.
125,65 - 125,94 m	„Schaumkalk x <sub>3</sub> “. Bankige Dolomite mit oolithischem Kalksteinhorizont mit Brachiopoden.

#### Orbicularis-Schichten

125,94 - 128,33 m	dickschichtige Dolomite und Mergel, sowie bankige Dolomithorizonte, allmählich übergehend in dünn- und dickschichtige Dolomite und weiter in Mergel mit dickschichtigen Kalksteinen. Im unteren Teil Lösungshohlräume nach Gips.
-------------------	--

● **IX. Anlagen**

1. Profil Płaza, Pogorzyce - 1:100
2. Profil Strzelce Opolskie, Ligota Dolna, Gogolin - 1:100
3. Profil Raciborowice - 1:100
4. Profil Rüdersdorf - 1:100
5. Profil Gernrode - 1:100
6. Profil Steudnitz - 1:100
7. Korrelation der Gammalogs von Bohrungen und Aufschlüssen
8. Korrelation der Aufschlüsse

## Abkürzungsverzeichnis zur Anlagen

lst.	- limestone	- Kalkstein
dol.	- dolomites	- Dolomit
mrl.	- marls	- Mergel
snd.	- sandstone	- Sandstein
dol, lst,	- dolomitic limestone	- dolomitische Kalkstein
dol. mrl.	- dolomitic marls	- dolomitische Mergel
gr.	- grey	- grau
gn.	- green	- grün
yl.	- yellow	- gelb
br.	- brown	- braun
grgn.	- grey green	- graugrün
grbr.	- grey brown	- graubraun
brgr.	- brown grey	- braungrau
bryl.	- brown yellow	- braungelb
rdyl.	- red yellow	- rotgelb
blgr.	- blue grey	- blaugrau
lpi.	- light pink	- hellrosa

• **Erklärung über selbständiges Abfassen der Dissertation**

Die Arbeit „Sequenzstratigraphie des Muschelkalks im östlichen Teil des Germanischen Beckens“ habe ich selbständig und ohne fremde Hilfe verfaßt. Ich habe keine anderen als in der Arbeit genannten Quellen und Hilfsmittel benutzt und die wörtlich oder inhaltlich aus fremden Werken benutzten Stellen habe ich als solche kenntlich gemacht.

Jarosław Kędzierski

## Lebenslauf

Jarosław Kędzierski    Diplom-Geologe  
geb. am    25. Oktober 1971  
in    Kędzierzyn-Koźle / Polen

- SCHULBILDUNG UND SONSTIGER WERDEGANG

Grundschule Kędzierzyn-Koźle	1978 - 1986
Technische Fachschule Kędzierzyn-Koźle: Abitur	1986 - 1991

- HOCHSCHULAUSBILDUNG

Studiengang Geologie/Paläontologie	10/91 - 06/96
------------------------------------	---------------

Uniwersytet Jagielloński Kraków

Diplomthema: Conodonten aus karbonatischen Gesteinen der  
Mittleren Trias in der Nordsudetischen Senke - Stratigraphie und  
Paläomilieu-Analyse

Diplom am:	18. Juni 1996
------------	---------------

Abschluß: "sehr gut"

Promotion	10/96 - 09/99
-----------	---------------

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Thema der Dissertation: Sequenzstratigraphie des Muschelkalks  
im östlichen Teils des Germanischen Beckens (Deutschland,  
Polen)