

Technische Universität Bergakademie Freiberg  
Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau  
Institut für Geologie  
Studiengang Geologie



# Diplomkartierung

## Geologische Kartierung des Troia-Rückens im Maßstab 1:10000

vorgelegt von  
cand.-geol. Katrin Bergmann  
und  
cand.-geol. Pia Lippmann

betreut von  
Prof. Dr. Broder Merkel  
und  
Dr. Christian Wolkersdorfer

TU Bergakademie Freiberg  
Institut für Geologie  
Lehrstuhl für Hydrogeologie

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit versichere ich, daß ich die vorliegende Diplomkartierung und Diplomarbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Diplomkartierung wurde als Gruppenarbeit angefertigt und die Beiträge des Einzelnen sind durch Angabe von Initialen gekennzeichnet, wobei KB für Katrin Bergmann und PL für Pia Lippmann steht.

Freiberg, Juli 2003

## **DIPLOMKARTIERUNG**

---

<b>1</b>	<b>VORWORT</b>	<b>4</b>
1.1	Einleitung (KB)	4
1.2	Danksagung (KB; PL)	6
<b>2</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG (KB; PL)</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>GEOLOGIE</b>	<b>8</b>
3.1	Geologie der Biga-Halbinsel (PL)	8
3.2	Tektonik (PL)	10
3.3	Orogenesen (PL)	12
3.4	Vulkanismus (PL)	13
3.5	Entwicklungen im Tertiär und Quartär (PL)	14
<b>4</b>	<b>DAS KARTIERGEBIET</b>	<b>15</b>
4.1	Beschreibung des Kartiergebietes (PL)	15
4.2	Klima (KB)	17
4.3	Flora/Fauna (PL)	18
4.4	Historische Stätte Troia (PL, KB)	19
4.4.1	Siedlungsgeschichte von Troia	19
4.4.2	Geschichte der Ausgrabungen	21
4.5	Geomorphologie (PL)	22
4.6	Ausbildung des Neogens (KB)	24
4.7	Entwicklung des Gebietes im Tertiär und Quartär (PL)	27
4.8	Tektonik und Lagerungsverhältnisse (KB)	29
4.9	Hydrogeologische Verhältnisse (KB)	32
<b>5</b>	<b>AUFSCHLUSSDOKUMENTATION</b>	<b>33</b>
5.1	Geländearbeit (KB)	33
5.2	Aufschlüsse (KB)	35

<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>40</b>
7.1	Beschreibung ausgewählter feinstratigraphischer Profile	41
7.2	Petrographie der Profile	50
7.3	Normalprofil	51
7.4	Tektonik des Arbeitsgebietes	55
7.5	Einordnung der Stratigraphie	59
7.5.1	Beschreibung der Formationen nach YALTIRAK (1998, 2000)	60
<b>8</b>	<b>KORNGRÖßENANALYSE</b>	<b>63</b>
8.1	Siebanalyse	63
8.1.1	Allgemeines zur Siebanalyse	63
8.1.2	Probenaufbereitung	64
8.1.3	Untersuchung der Ton- und Schlufffraktion	66
8.1.4	Allgemeines zum LUMOSSED-Photometer	66
8.2	Probenaufbereitung	68
8.3	Ergebnisse	69
8.4	Klassifizierung der Proben	71
8.5	Bestimmung des $k_f$ -Wertes	72
8.6	Interpretation der Korngrößenanalyse	74
<b>9</b>	<b>MIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNGEN</b>	<b>81</b>
9.1	Mikroskopische Untersuchung der Dünnschliffe	81
9.1.1	Beschreibung der Dünnschliffe	82
9.1.2	Klassifikation der Dünnschliffe	103
9.1.3	Bestimmung der Porositäten aus den Dünnschliffen	106
9.1.4	Interpretation der Dünnschliffe	110
9.2	Mikroskopische Untersuchung der gesiebten Körner	117
9.2.1	Ergebnisse	117
9.2.2	Interpretation der gesiebten Körner	122
<b>10</b>	<b>RÖNTGENDIFFRAKTOMETRIE</b>	<b>127</b>
10.1	Allgemeines zur Methode	127
10.1.1	Qualitative Analyse	129
10.1.3	Atterbergzylinder	132
10.2	Probenaufbereitung	133
10.3	Beschreibung der wichtigsten Tonminerale	136
10.3.1	Zweischichtminerale	136
10.3.2	Dreischichtminerale	137
10.3.3	Wechselagerungsminerale	138
10.4	Ergebnisse	140
10.5	Interpretation der Röntgendiffraktometrie	142

<b>11</b>	<b>TONSTEINE ZUR HERSTELLUNG KERAMISCHE ERZEUGNISSE</b>	<b>146</b>
11.1	Tongesteine als keramische Rohstoffe	146
11.1.1	bindsame und unbindsame Rohstoffe	146
11.1.2	Definition von Tonen und Kaoliniten	146
11.1.3	Unterscheidung von Tonen	147
11.1.4	Verwendung von „Tonen“ und „Kaolinit“	148
11.1.5	Verarbeitung von Tonen	149
11.2	Eignung der kartierten Gesteine als keramische Rohstoff	152
<b>12</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNG</b>	<b>154</b>
12.1	Auswertung der Profilbeschreibung	154
12.2	Auswertung der Korngrößenanalyse	156
12.3	Auswertung der mikroskopischen Untersuchung	157
12.4	Auswertung der Röntgendiffraktometrie	160
12.5	Auswertung der Untersuchung zur Eignung als keramischer Rohstoff	161
<b>13</b>	<b>VERZEICHNISSE</b>	<b>162</b>
13.1	Literaturverzeichnis	162
13.2	Abbildungsverzeichnis	166
13.3	Tabellenverzeichnis	167

# **1 VORWORT**

## **1.1 Einleitung (KB)**

Der Historische Nationalpark Troia im Nordwesten Anatoliens umfaßt eine Fläche von 250 km<sup>2</sup>. Dabei nimmt das Kartiergebiet eine ca. 50 km<sup>2</sup> große Fläche im Norden des Nationalparks um das Ausgrabungsgelände von Troia ein. Çanakkale befindet sich ca. 25 km nordöstlich und Izmir ca. 300 km südlich davon (Abb. 1).

1871 entdeckte Heinrich Schliemann das antike Troia; Anfang und Mitte des 20. Jahrhunderts wurden die Ausgrabungen unter Wilhelm Dörpfeld (1894) und Carl W. BLEGEN (1932-1938) weitergeführt. Nach mehrjähriger Unterbrechung nahm ein internationales Forscherteam unter Leitung von Manfred Korfmann von der Eberhard-Karls-Universität Tübingen die Arbeiten 1988 wieder auf. Die Besiedlung des Hissarlık begann bereits in der Frühbronzezeit (ca. 3000 v.u.Z.). Im Laufe der Zeit wurden die Siedlungen auf dem Hissarlık mehrmals zerstört und wieder errichtet, wobei die einzelnen Schichten übereinander gebaut wurden, was diesen Ort archäologisch so interessant macht.

Im Zusammenhang mit den archäologischen Forschungen ergab sich die Fragestellung nach der historischen Wasserversorgung Troias. Ziel der vorliegenden geologischen Kartierung und der zwei angeschlossenen Diplomarbeiten mit hydrogeologischem Schwerpunkt ist, das Gelände und die heutigen Siedlungen um den Hissarlık hinsichtlich der natürlichen Wasservorkommen zu untersuchen. Dabei sollten Rückschlüsse auf die historische Versorgung der Bewohner Troias mit Wasser möglich sein.

Dazu führten Pia Lippmann und Katrin Bergmann, in Zusammenarbeit mit dem türkischen Geomorphologen Ilhan Kayan und seinen Mitarbeitern von der Ege Universität Izmir, von Juli bis August 2002 eine geologische Kartierung des Gebietes um den Siedlungshügel Hissarlık durch. Vor Ort wurde das Projekt durch ein internationales Archäologenteam unter der Leitung von Manfred KORFMANN unterstützt. Dabei wurden die neogenen Sedimente des Plateaus bis Gökçalı im Osten und Akçapınar im Südosten, sowie die quartären Schwemmebenen der Flüsse Karamenderes und Dümrek kartiert.

Schwerpunkt der Geländeaufnahmen und der Auswertungen stellten die Wasserleitfähigkeit der einzelnen Schichten, ihre Lithologie und Lagerungsverhältnisse dar. An manchen Stellen konnten im Gelände natürliche Wasseraustritte beobachtet

werden, die teilweise schon früher von Einheimischen ausgebaut wurden. Wasserführende Schichten wurden im Gelände auch an ihrem Bewuchs erkannt, zum Beispiel durch Moose und Flechten. Aus diesen Beobachtungen ließen sich erste Rückschlüsse auf die historische Wasserversorgung des Gebietes ableiten.

An ausgewählten Stellen wurden insgesamt 56 Sedimentproben für weitergehende Untersuchungen an der TU Bergakademie Freiberg entnommen. Anhand von Siebanalysen und Dünnschliffmikroskopie gewonnenen Korngrößenverteilungen lassen Aussagen über die Wasserleitfähigkeit der einzelnen Schichten zu. Mit Hilfe der Röntgendiffraktometrie wurden Tonminerale bestimmt und Rückschlüsse auf ihr hydrologisches Verhalten gezogen.

Im Zusammenhang mit dieser Kartierung entstanden zwei weitere Arbeiten von BLUME und WEBER, die das Gebiet hydrogeologisch untersuchten. Ziel des Projektes ist die Modellierung der heutigen Grundwasserverhältnisse und die Rekonstruktion der historischen Wasserversorgung Troias.



Abb. 1: Lage Troias in der Türkei (aus ANONYM A 2003).

## **1.2 Danksagung (KB; PL)**

Wir möchten allen Personen danken, die in irgendeiner Form zum Gelingen der Diplomkartierung und Diplomarbeit beigetragen haben.

Besonders bedanken wir uns bei unseren Betreuern Herrn Dr. Christian Wolkersdorfer und Herrn Prof. Dr. Broder Merkel für die Diskussionen und Anregungen bei der Interpretation der Daten und bei der Bereitstellung von Kartenmaterial und Literatur. Weiterhin erhielten wir themenbezogene Veröffentlichungen von Frau Dipl. Geol. Jana Göbel, die uns außerdem bei der Auswertung der Daten mit Rat und Tat zur Seite stand.

Unser Dank gilt ebenso dem internationalen Troia-Team unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. Manfred Korfmann für die Unterstützung vor Ort. Ebenso wäre unsere Geländearbeit ohne die Hilfe von Prof. Dr. Ilhan Kayan und seinen Mitarbeitern und Studenten der Universität Izmir nicht möglich gewesen. Cenk Yalkıtrak möchten wir für die Erklärungen zu den Formationen danken. Für die finanzielle Unterstützung in der Türkei bedanken wir uns bei Daimler Chrysler, dem Förderkreis der „Freunde von Troia“ und dem DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft).

Herrn Prof. Dr. Christoph Breitkreuz und Frau Petra Wohrow danken wir für die Möglichkeit der Nutzung des sedimentologischen Labors zur Aufbereitung des Probenmaterials.

Bei der Bearbeitung der Tonproben und der Auswertungen der Daten unterstützten uns Herr Prof. Dr. Reinhard Kleeberg und seine Mitarbeiterinnen Frau Gerlach, Frau Weiser und Frau Landers im Institut für Mineralogie der TU Bergakademie Freiberg

Ein großes Dankeschön gebührt unseren Kommilitonen Claudia Blume und Claudia Weber für die Zusammenarbeit und Unterstützung.

## 2 ZUSAMMENFASSUNG (KB; PL)

Vom Juli bis August 2002 wurde im Rahmen der archäologischen Ausgrabungen um die historische Stätte Troia die Geländeaufnahmen zur vorliegenden Kartierung durchgeführt. Ziel der Arbeit war es, die neogenen Sedimente des Troia-Rückens im Nordwesten der Biga-Halbinsel zu kartieren und eine geologische Karte im Maßstab 1:10000 anzufertigen. In den Anlagen 1 und 2 sind die Ergebnisse dieser Arbeit dargestellt. Das Gebiet teilt sich in die alluvialen Schwemmebenen von Karamenderes und Dümrek und die neogenen Sedimente des Troia-Rückens auf. Vermutlich handelt es sich bei den alluvialen Ablagerungen zum Teil um aufgearbeitetes Material aus den magmatischen und metamorphen Gesteinen des Hinterlandes.

Bei der Geländearbeit stellte sich der Troia-Rücken als eine Abfolge verschiedener Sand-, Ton-, Schluff- und Kalksteine dar, die sich unter anderem in Korngröße, Organikgehalt, Fossilführung, Karbonatgehalt, Verfestigungsgrad und Farbe unterscheiden und von quartären Alluvialbildungen umrandet werden. Bei den Auswertungen der im Gelände aufgenommenen Daten stellte sich heraus, daß die Ablagerungen des Troia-Rückens einerseits flachmarinen, andererseits lakustrinen Ursprungs sind. Durch die Erosion wurden die obersten Schichten des Neogens auf dem Rücken bereits abgetragen, was sich durch Gerölle belegen läßt.

Weiterführend wurden von BERGMANN und LIPPMANN zwei Diplomarbeiten angefertigt, in denen zum einen von LIPPMANN die geologischen Schichten, die Wasserführung und die historische Bedeutung der Höhle südwestlich Troias untersucht wurden. Zum anderen wurden die bei der Kartierung aufgenommenen Schichten von BERGMANN petrographisch genauer bestimmt und deren hydraulische Eigenschaften abgeschätzt; weiterhin werden die Schichten in die schon bestehenden Formationen nach YALTIRAK (2000) eingeordnet, deren räumliche Beziehung zueinander zu geklärt und gegebenenfalls eine Lokalstratigraphie entwickelt. Dazu war eine umfassende wissenschaftliche Bearbeitung der Proben (Siebanalyse, Polarisationsmikroskopie und Röntgendiffraktometrie) nötig, deren Beschreibungen und Ergebnisse in den Diplomarbeiten von BERGMANN und LIPPMANN zu finden sind.

### 3 GEOLOGIE

#### 3.1 Geologie der Biga-Halbinsel (PL)

OKAY et al. (1991) teilen die Biga-Halbinsel in vier Zonen ein, die sich in NE-SW-Richtung erstrecken. Es handelt sich dabei um die Gelibolu-, Ezine-, Ayvacik-Karabiga- und Sakarya-Einheiten. Die Gelibolu-Zone besteht aus einem spät-kretazischen, ophiolitischen Grundgebirge mit einer tertiären Überdeckung und zeigt charakteristische Merkmale eines sedimentationsarmen Akkretionskeils (OKAY, SIYAKO, BÜRKAN 1991). Nach OKAY (1991) setzt sich die Abfolge der Ezine-Zone aus kontinentalen Gesteinen zusammen, welche wiederum in die Karadağ Einheit – bestehend aus Metasandsteinen, Metaquarziten und Kalksteinen – sowie den Denizgören Ophiolit und die Çamlıca Glimmerschiefer unterteilt werden. Ähnliche Merkmale wie die Gelibolu-Zone zeigt die Ayvacik-Karabiga-Zone. Dort befindet sich der Çetmi-Ophiolit über den hochmetamorphen Einheiten der Kazdağ-Gruppe, abgetrennt durch die zwei Kilometer mächtige Alakeçi-Mylonit-Zone (OKAY et al. 1991).

BRINKMANN (1976), ŞENGÖR & YILMAZ (1981) und YILMAZ (1997) deklarieren den Bereich zwischen der Intra-Pontiden-Sutur und der Izmir-Ankara-Sutur als Sakarya-Kontinent. Dessen westliches Ende stellt die Biga-Halbinsel dar. YILMAZ (1997) teilt die Sakarya-Zone in zwei verschiedene metamorphe Assoziationen ein, welche er als die Komplexe von Uludağ und Yenişehir bezeichnet. An der Basis der Uludağ-Gruppe stehen hochmetamorphe Gesteine wie Schiefer, Gneise, Amphibolite und Migmatite an. Sie sind von Arkosen, flachmarinen permischen Kalken und flach- bis tiefmarinen triassischen Karbonaten und Klastiten mit zwischengelagerten Ophioliten überdeckt. Meta-Ophiolite und grünschiefermetamorphe, vulkanisch-sedimentäre Einheiten der späten Trias charakterisieren die Yenişehir-Gruppe (ELMAS & YIĞITBAŞ 1999, 2000, 2001). Eine transgressive Abfolge aus der Zeit von Lias bis Turon überlagert diese metamorphen Einheiten. Diese Deckschichten setzen sich zusammen aus fluviatilen Ablagerungen, flachmarinen Kalken des mittleren bis oberen Jura, Kalksteinen der Unterkreide und Radiolarit-Cherts mit pelagischen Kalken aus dem Cenoman und Turon (ELMAS, YIĞITBAŞ 1999, 2000, 2001). Vulkanische bzw. vulkanoklastische Gesteinen aus dem Tertiär bedecken die Abfolgen in weiten Teilen der Biga-Halbinsel (ELMAS & YIĞITBAŞ 2001). Sie sind im Südwesten des Kartiergebietes aufgeschlossen (Kapitel 3.4). Sedimentäre Einheiten entlang der Dardanellen werden von YALTIRAK & ALPAR (2002) als Ablagerungen der Gazhanedere-, Kirazlı-, Alçitepe-, Conkbayırı-, Özbek- und Marmara-Formation

beschrieben. Diese Ton-, Schluff-, Sand-, Kalksteine und Konglomerate entstanden zwischen dem mittleren Miozän und späten Pleistozän im Gebiet südlich des Ganos-Störungssystems. Im Kapitel 4.6. ist die Ausbildung dieser Einheiten genauer beschrieben. In der Abbildung 2 ist die Einteilung der Biga-Halbinsel nach KNACKE-LOY (1994) dargestellt.

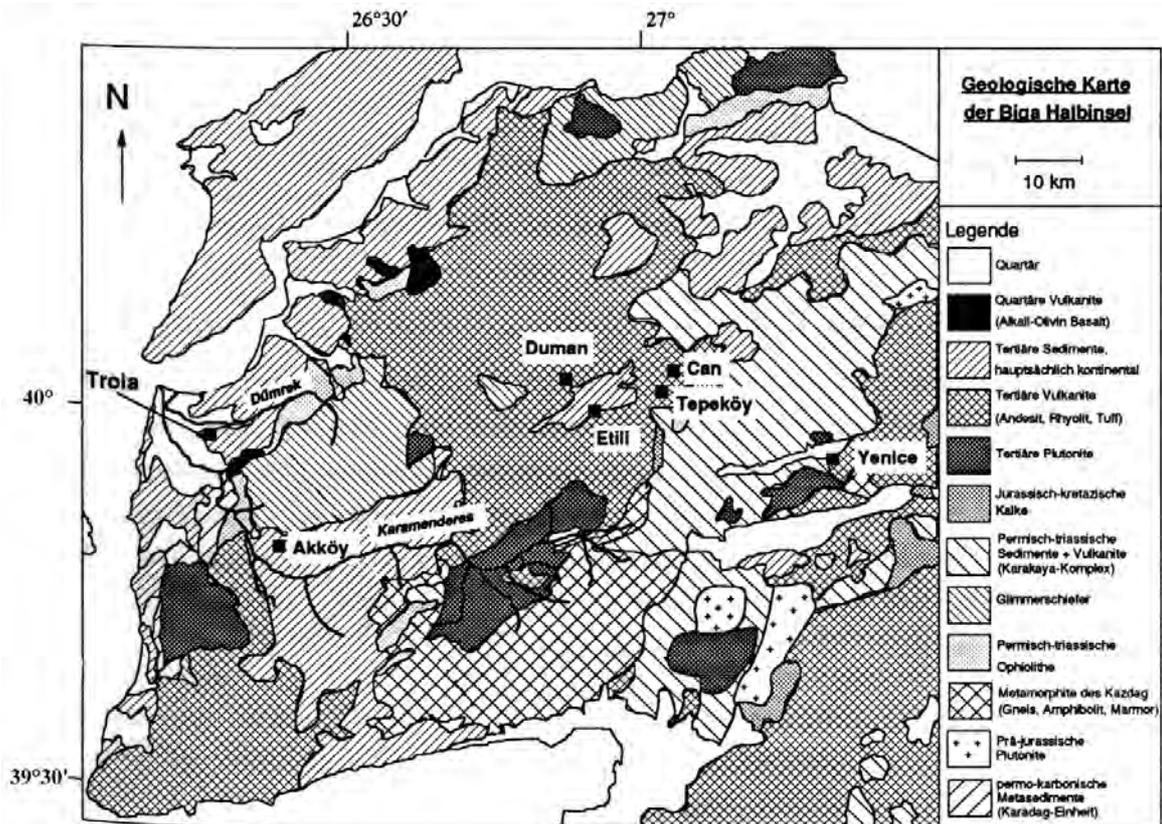


Abb. 2: Vereinfachte geologische Karte der Biga-Halbinsel (nach KNACKE-LOY 1994).

### 3.2 Tektonik (PL)

Durch die Drift der Arabischen und der Afrikanischen Platte gegen die Eurasische Platte wird ein ausgeprägtes Störungsmuster im Ägäisraum und in der Türkei erzeugt. Als Ausgleich zu dieser nord- bzw. nordöstlich gerichteten Bewegung weicht die anatolische Platte, gebunden an die Nord- und Ostanatolischen Störungszonen, seit dem späten Eozän (ŞENGÖR & YILMAZ 1981) mit einer Rate von 20 mm/a nach Westen aus (YILMAZ 2003). Als Folge expandiert die Ägäis in N-S-Richtung. In Abb. 3 sind die Störungssysteme und die Bewegungen der Platten dargestellt.

YILMAZ (2003) sieht als zweite Ursache der Ägäis-Extension den Rückzug des Hellenic Trench an, wobei der Einfluß eher geringfügig ist. Im Westen der Türkei vergrößert sich dadurch die Transportgeschwindigkeit der anatolischen Platte auf 40 mm/a. Von Ost nach West erstreckt sich das Nordanatolische Störungssystem, welches im Bereich des Marmara-Meers nach Westen in das Ganos Fault System übergeht. Die Entwicklung dieser dextralen strike-slip-Störung begann während des frühen Miozäns und dauert bis heute an (YALTIRAK 2002).

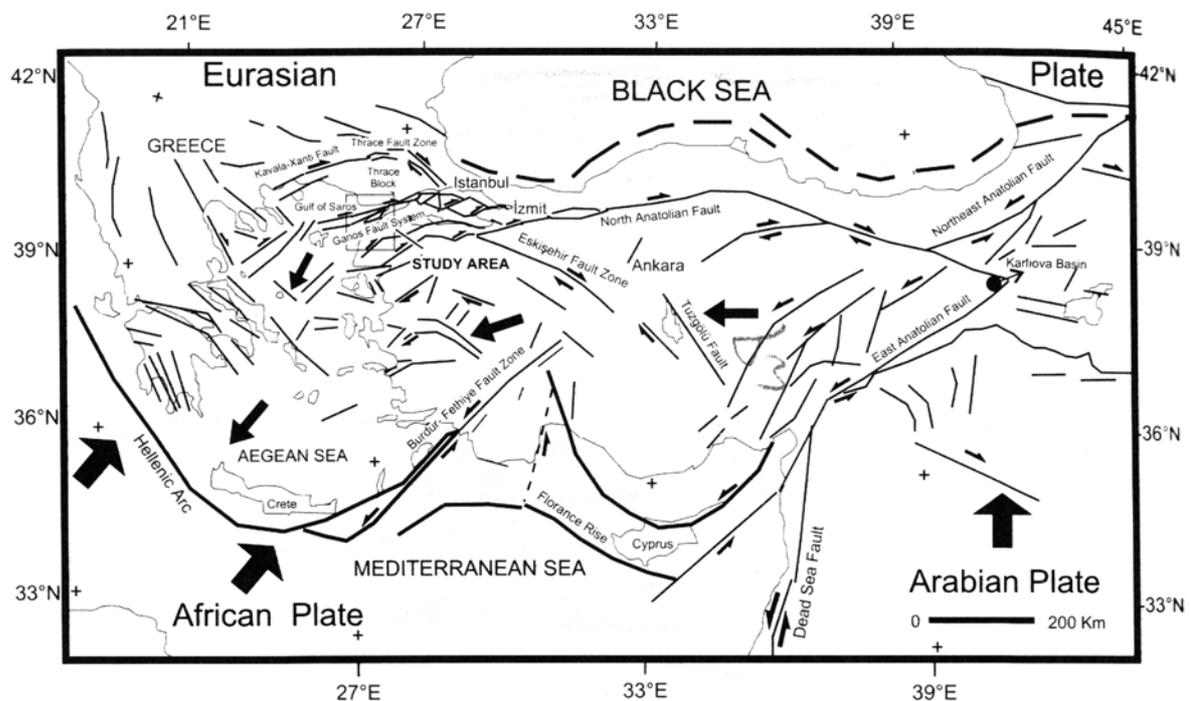


Abb. 3: Tektonische Karte der Türkei und Griechenlands (aus YALTIRAK 1998).

In Zusammenhang mit der Ausbildung 3 des transtensionalen Spannungsregimes entstanden im frühen Pliozän morphologische Einheiten wie der Golf von Saros, die Dardanellen, der Golf von Edremit und der Kazdağ. Listrische Störungen, die sich in Folge der tektonischen Ereignisse bildeten, werden als Ursache der Rotation der Blöcke angesehen. Eine Auswirkung ist die bis heute andauernde Hebung der Region um den Kazdağ. Aufgrund der tektonischen Bewegungen änderte sich die Richtung der Entwässerungswege nach Norden. Mit dem Wasser des Flusses Karamenderes, welcher im Kazdağ-Massiv entspringt, gelangten im Quartär große Massen klastischen Materials in die Troas und wurden in einer alluvialen Ebene aufgeschüttet (OKAY 1991).

Entlang der Störungen der Biga-Halbinsel ist die seismische Aktivität groß. Erdbebenzonen befinden sich in der Saros-Bucht mit ihrer westlichen Verlängerung in den Nord-Ägäis-Trog und im westlichen Teil des Golfes von Edremit (YILMAZ 2003).

Bei der Kartierung wurden drei Störungen in der näheren Umgebung von Troia aufgefunden (Anlagen 1 und 2). Diese stehen mit dem Nordanatolischen Störungssystem in Zusammenhang. YILMAZ (2003) bestimmte die Periodizität der Erdbeben mit einer Magnitude von 6 auf der Richter-Skala auf 110 Jahre; Erdbeben mit Magnituden zwischen 5 und 6 treten alle 25 bis 30 Jahre auf. Dabei können Erdbeben mit Magnituden über 5 in Troia Schäden verursachen.

### 3.3 Orogenesen (PL)

KAYAN (1994) beschreibt die strukturelle Entwicklung der Türkei als Ergebnisse der paläotektonischen und die neotektonischen Phasen. Demnach überdauerte die paläotektonische Periode einen langen Zeitraum bis zum Ende der alpinen Gebirgsbildung, wobei sich die nördlichen und südlichen Gebirgsgürtel herausbildeten. Im Miozän kollidierten die Afrikanische und Arabische Platte mit der Eurasischen Platte. Dabei war die Geschwindigkeit der Drift der Arabischen Platte höher als die der Afrikanischen, wodurch sich die Erdkruste im östlichen Teil der Türkei verdickte und zu hohen Gebirgsmassiven geformt wurde. Entlang des Nordanatolischen Störungssystems wurden die Spannungskräfte in westliche Richtung abgeleitet.

Vor etwa 5 Millionen Jahren, nachdem in flachmarinen und lakustrinen Milieus die Sedimente abgelagert wurden, welche heute die Rücken des Kartiergebietes bilden, begann die Hebung und Deformation dieser Becken unter dem Einfluß neotektonischer Aktivitäten. Diese setzten sich im Pliozän fort und verringerten sich erst im Laufe des Quartärs. Während der tektonischen Ereignisse fand in den entsprechenden Gebieten intensiver Vulkanismus statt.

Bei der Entwicklung der Strukturen der Biga-Halbinsel spielen vor allem die triassische Karakaya-Orogenese, die alpidische Orogenese im frühen Tertiär sowie strike-slip-Bewegungen des frühen Miozän eine Rolle. In der Ezine-Zone zeigen sich die tektonischen Ereignisse der Trias in Form flach einfallender Überschiebungen (z.B. Çamköy Überschiebung), während im Karakaya-Komplex steile Störungssysteme und kilometergroße Blöcke entstanden. Im Zuge der alpidischen Orogenese wurden die Gesteine der Sakarya-Zone leicht gefaltet. Die Ophiolit-Komplexe der Biga-Halbinsel wurden dabei über die kontinentalen Gesteine gehoben. Dagegen beeinflussen strike-slip-Störungen seit dem frühen Miozän vor allem den Süden der Biga-Halbinsel. Lakustrine Becken sowie die Heraushebung des Kazdağ werden als Folge dieser Aktivitäten angesehen (OKAY et al. 1991).

### 3.4 Vulkanismus (PL)

Während der tektonischen Entwicklungen in der Türkei herrschte zumeist auch ein intensiver Vulkanismus. Weite Areale im Osten der Türkei sind von vulkanischen Gesteinen bedeckt, Abb. 4 zeigt die Verteilung der Vulkanite und Plutonite in Westanatolien. Vulkanische Aschen und Pyroklastite sind vor allem in Zentralanatolien anzutreffen.

In Westanatolien werden drei Phasen von intensivem Vulkanismus zwischen Oligozän und Pliozän unterschieden, in denen intrusive und extrusive Gesteine verschiedener Assoziationen entstanden. Plutonite mit granitischer Zusammensetzung wurden auf 20 — 35 Millionen Jahre datiert, während die intermediären Vulkanite 15 — 30 Millionen Jahre alt sind. Vor vier bis zehn Millionen Jahre begann eine zweite Phase vulkanischer Aktivität; dabei wurden u.a. die Basalte im Südwesten des Kartiergebietes gebildet (YILMAZ 1997).



Abb. 4: Verteilung junger Vulkanite und Plutonite in Westanatolien (nach YILMAZ 1997).

### 3.5 Entwicklungen im Tertiär und Quartär (PL)

Zu Zeit des frühen und mittleren Miozän war das Mittelmeeres mit dem Indischen Ozean verbunden. Nordwestanatolien war durch eine relativ ebene, von dichter Vegetation bedeckte Oberfläche geprägt. Warmes und humides Klima begünstigte die intensive Verwitterung der Gesteine in den Bergmassiven, wobei das erodierte Material innerhalb weiter, flacher Seen unter niedrig energetischen Bedingungen abgelagert wurde. Entlang der N–NE-verlaufenden Störungen entstanden Vulkane (KAYAN 1999). Vor ca. 15 Millionen Jahren begann die Hebung Anatoliens durch die Kollision mit der Afrikanischen und Arabischen Platte, wodurch sich weitere Becken, Gräben und Halbgräben entwickelten. Auch die Gesteine des Arbeitsgebietes entstanden während dieser Zeit.

Gegen Ende des Miozän stellte sich die Morphologie aufgrund der voran gegangenen tektonischen Ereignisse wesentlich unebener dar. Durch die nordwärts gerichtete Drift der Afrikanischen und Arabischen Platte gegen die Eurasische Platte wurde die Verbindung des Mittelmeerraumes mit dem Indischen Ozean unterbrochen. Im Gegensatz zu den warm-humiden Bedingungen zu Beginn des Miozän herrschte am Ende dieser Epoche ein arides bis semi-arides Klima und die Vegetation veränderte sich zu trockener Steppe. Während des Pliozäns fanden die Prozesse der tektonischen Hebung und der daraus resultierenden Erosion der Hochflächen sowie der terrestrischen Sedimentation in den alluvialen Ebenen ihre Fortsetzung (KAYAN 1999).

Vor allem klimatische Veränderungen sind für die morphologischen Entwicklungen im Quartär verantwortlich (KAYAN 1994). Vereisungen hatten zwar keinen direkten Einfluß auf die Troas, jedoch wurde das Gebiet aufgrund seiner küstennahen Lage von den glazial bedingten Meeresspiegelschwankungen betroffen. Änderungen des Küstenverlaufs und der Sedimentationsräume waren die Folge dieser Entwicklungen. Während der Regressionen des Meeresspiegels waren das Schwarze Meer und das Marmara-Meer Binnenseen; die Dardanellen und der Bosphorus waren Flüsse. Sinkende Temperaturen während der Glaziale führten zu einer verringerten Evapotranspiration und damit zu vermehrtem Wasserreichtum in den Fließgewässern, was wiederum zu verstärkter Erosion führte. Die weiterhin andauernde Hebung der Landmasse aufgrund neotektonischer Prozesse (Kapitel 3.4 ) begünstigte diese Entwicklung. Durch die Kraft des Wassers wurden morphologische Unebenheiten zum Teil ausgeglichen, in dem Material der kristallinen Bergländer durch die Flüsse in Täler und Ebenen transportiert und dort aufgeschüttet wurde.

## 4 DAS KARTIERGEBIET

### 4.1 Beschreibung des Kartiergebietes (PL)

Südwestlich von Istanbul, im Westen Anatoliens, erstreckt sich der Historische Nationalpark Troia. Çanakkale als nächst größere Stadt befindet sich etwa 25 km nordöstlich, Izmir ca. 300 km südlich des Arbeitsgebietes. Sechs Dörfer liegen innerhalb des Gebietes: Kalafat, Tevfikiye, Çıplak, Halileli, Akçapınar und Gökçalı (von W nach E). In Nordsüdrichtung durchquert die Straße von Çanakkale nach Ezine das Gebiet. In Abb. 5 ist das Kartiergebiet dargestellt, welches eine etwa 50 km<sup>2</sup> große Fläche im nördlichen Teil des Nationalparks umfaßt. Im Norden der Biga-Halbinsel befinden sich die Yeniköy-, Kumkale- und Troia-Rücken mit ähnlicher genetischer Ausbildung. Hauptsächlicher Bestandteil des Kartiergebietes ist der Troia-Rücken, welcher sich von West nach Ost erstreckt und aus unterschiedlichen neogenen Sedimentgesteinen aufgebaut ist.

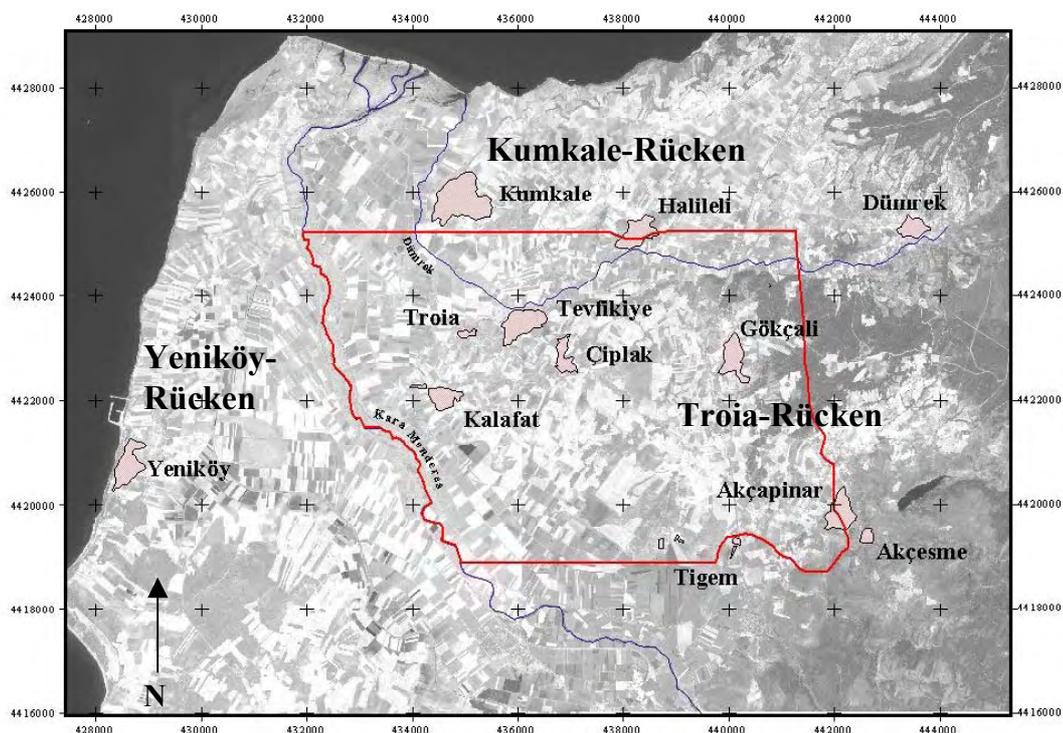


Abb. 5: Lage des Kartiergebietes auf der Biga-Halbinsel im Nordwesten der Türkei. Maßstab 1:72000; Koordinatensystem: UTM WGS 84, basierend auf Ikonos-Daten.

In Form einer flach nach Südwesten einfallende Hochebene, welche im Osten von tertiären Magmatiten und prä-neogenen Metamorphiten begrenzt wird, ist dieser Rücken im Gelände erkennbar. Entlang der steilen Böschung an der Nordseite des Rückens sind in Wasserrissen eine Vielzahl von Aufschlüssen zu finden. Weitere Profile befinden sich an der Straße zwischen Çanakkale und Ezine.

Den höchsten Punkt des Gebietes stellt der Çilin Tepe bei 4423610/440630 (UTM WGS 84) dar. Er erhebt sich 129 Meter über dem Meeresspiegel. Nördlich des Hanges erstreckt sich eine quartäre Ebene, welche Höhen von 10 – 20 Meter über dem Meeresspiegel aufweist. KAYAN et al. teuften hier bereits mehrere Bohrungen ab und rekonstruierten die Entwicklung der Küstenlinie aus den ermittelten Bohrprofilen. Erläuterungen dazu befinden sich in Kapitel 4.7. Zwischen dem Troia- und dem Kumkale-Rücken, deren Lage in Abb. 5 ersichtlich ist, windet sich das Flußbett des Dümrek von Ost nach West. In den Sommermonaten ist der Fluß größtenteils trocken; Gerölle lassen aber auf einen Durchfluß in den regenreichen Wintermonaten schließen. Etwa entlang des Flußbettes verläuft die nördliche Gebietsgrenze. Von Südost nach Nordwest fließt der Karamenderes und bildet die westliche Grenze des Gebietes. Dieser Fluß führt auch im Sommer Wasser und spielt, neben den zahlreichen Bohrungen in der Ebene, für die landwirtschaftliche Bewässerung eine entscheidende Rolle. Nordwestlich des Dorfes Kumkale münden Dümrek und Karamenderes in die Dardanellen. Zwischen Kalafat und Tigem taucht die nach SW einfallende tertiäre Hochfläche unter die alluviale Quartärebene ab. Dieser Kontakt verläuft weitgehend parallel zum Lauf des Karamenderes. Im Osten verläuft die Gebietsgrenze in Nord-Süd-Richtung zwischen Gökçalı und Akçapınar. Abb. 5 zeigt die Ausdehnung des Kartiergebietes und den Verlauf der Grenzen.

In den Fünfziger- und Sechzigerjahren des 20. Jahrhunderts wurden politische Rückwanderer im Bereich der Troas angesiedelt. Sie schufen neue Ackerflächen, indem sie die Sümpfe drainierten und Kanäle und Dämme anlegten (HÖHFELD 2001). Zur Bewässerung der Ackerflächen wird darüber hinaus Wasser aus den oberflächennahen Aquiferen entnommen, teilweise werden auch tiefer liegende Grundwasserleiter genutzt.

## 4.2 Klima (KB)

Die Troas als westlicher Teil der Biga-Halbinsel wird dem mediterranen Klimabereich zugeordnet. Im Sommer steigen die Temperaturen auf über 40 °C an, während der Niederschlag ein Minimum von unter 10 mm pro Monat erreicht (Tab. 1). Im Durchschnitt liegen die Jahresmittelwerte bei 14,8 °C. Die Winter sind milder als in den gemäßigten Breiten Europas, jedoch kann es in der Troas in manchen Wintern zu Kälteeinbrüchen kommen. Nur an etwa 26 Tagen sinken die Durchschnittstemperaturen unter den Nullpunkt; es gibt durchschnittlich 4 Schneetage pro Jahr. Die Sommer sind wärmer und trockener als in Mitteleuropa, was eine verstärkte Nutzung der Grundwässer für die Landwirtschaft zur Folge hat.

Mit einem durchschnittlichen Jahresniederschlag von 635 mm fallen im Norden der Biga-Halbinsel ähnliche Niederschlagsmengen wie in Deutschland. Im Unterschied zu Deutschland fällt der Hauptanteil des Niederschlags hier im Winter, Frühjahr oder Herbst. Somit herrscht in der Troas ein Winterniederschlagsregime. Der Kazdağ bildet mit Gipfeln über 1700 mNN im Süden der Biga-Halbinsel eine natürliche Klimascheide, welche die Niederschlagsmengen in der Troas beeinflussen. Einen besonders regenarmen Landstrich in der Troas stellt die Schwemmebene des Karamenderes dar. Diese Trockenheit wird ebenfalls durch die starke Nutzung der Grundwässer für die Landwirtschaft begünstigt.

Tab. 1: durchschnittliche ( $T \bar{\phantom{o}}$ ), maximale ( $T \max$ ) und minimale ( $T \min$ ) monatliche Temperaturen, durchschnittlicher monatlicher Niederschlag ( $P$ ); Meßzeitraum: für  $T \bar{\phantom{o}}$  und  $P$  1951 bis 1990, für  $T \max$  und  $T \min$  1961 bis 1990, Station Çanakkale (nach HOARE 2002)

	Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
$T \bar{\phantom{o}}$ [°C]	6,3	6,7	8,0	12,3	17,3	21,9	24,5	24,3	20,5	15,6	11,9	8,5	14,8
$T \max$ [°C]	9,5	10,1	12,3	17,2	22,4	27,5	30,1	29,8	26,2	20,3	15,8	11,8	19,4
$T \min$ [°C]	2,9	3,5	4,7	8,4	12,4	16,2	18,7	18,8	15,5	11,5	8,2	5,2	10,5
$P$ [mm]	107,0	69,4	67,4	45,7	31,6	22,5	12,9	7,5	25,1	49,1	90,9	106,0	635,0

### 4.3 Flora/Fauna (PL)

Während die Troas vor der Besiedelung weitgehend bewaldet war, ist dieses Gebiet heute durch intensive Landwirtschaft geprägt. Vor allem Sonnenblumen, Baumwolle, Melonen, Oliven, Paprika, Tomaten und Mais werden heute im unmittelbaren Umfeld Troias angebaut. Seit der Trockenlegung der Sümpfe in den Fünfziger- und Sechzigerjahren ist dabei die Bewässerung der Felder notwendig und der Karamenderes wird als „Lebensader“ der Troas angesehen (HUTTER & SCHWADERER 2001).

Der von Kiefern dominierte Hochwald, welcher sich zur Zeit der ersten Siedler großflächig auf dem Bergland erstreckte, ist im Kartiergebiet nur noch östlich von Gökçalı anzutreffen. Entlang des Karamenderes wachsen feuchtigkeits-liebende Pflanzen wie Weiden, Pappeln und Tamarisken. Dagegen sind durch Trockenlegung die großen Schilfbestände in den ehemals sumpfigen Bereichen dezimiert worden. Seltene Irisarten, Orchideen und die Troia-Eiche sind im Gebiet zu finden (HUTTER & SCHWADERER 2001).

Als Rückzugsgebiet zahlreicher Vogelarten spielt die Troas eine entscheidende Rolle. Neben Wiedehopf, Rotkopfwürger und Bienenfresser brüten dort Weißstörche und Reiher. Weiterhin ist das Gebiet von Smaragdeidechsen, Schildkröten und Gottesanbeterinnen bevölkert. Aus archäologischen Befunden ist die Troas vor der anthropogenen Besiedlung als Lebensraum von Tieren wie Löwen, Bären, Wölfen und Schakalen bekannt. Knochenfunde belegen weiterhin, daß sich u.a. Pelikane, Adler, Geier und Flamingos in diesem Areal aufhielten (UERPMANN 2001).

## **4.4 Historische Stätte Troia (PL, KB)**

### 4.4.1 Siedlungsgeschichte von Troia

Vor 5500 Jahren begann die Entwicklungsgeschichte von Troia. Seit dieser Zeit wuchs die Siedlung auf dem Hissarlık ungefähr 20 m in die Höhe. Neue Siedlungen wurden mit verändertem Grundriß über den vorherigen gebaut. Dabei wurden die existierenden Gebäude teilweise zerstört oder aufgearbeitet. Im folgenden wird in Anlehnung an BRANDAU (1997) ein kurzer Abriß zur Geschichte der Besiedlung am Hissarlık gegeben.

#### **Maritime Troia-Kultur**

Troia I: 3000 — 2500 v.u.Z.

Bereits die ersten Siedlungen bestanden aus befestigten Bauten. Ackerbau, Jagd und Fischfang stellten die Lebensgrundlagen der Bewohner dar; es wurde Handel betrieben.

Troia II: 2600 — 2500 v.u.Z.

In der zweiten Besiedlungsphase entstand auf dem Hügel ein Fürsten- oder Königssitz mit Handelsbeziehungen nach Mesopotamien und Nordsyrien. Ein bedeutender Fortschritt dieser Zeit war die Entwicklung der Töpferscheibe, die es ermöglichte, Keramikwaren besser und schneller herstellen zu können. Außerdem besaßen die Bewohner große Kunstfertigkeiten in der Metallverarbeitung, was Schatzfunde von SCHLIEMANN belegen.

Troia III: 2500 — 2300 v.u.Z.

Zur Zeit von Troia III war die Siedlung eher unbedeutend und hatte keinen Herrschersitz. Dicht gedrängte und scheinbar unbefestigte Häuser prägten das Bild der Stadt.

Nach einer Periode mit sehr dünner, teilweise sogar fehlender Besiedlung, schließt sich die anatolische Troia-Kultur an.

#### **Anatolische Troia-Kultur**

Troia IV: 2200 — 1900 v.u.Z.

In Troia IV wurden die Mauern wieder befestigt. An der Besiedlungsform änderte sich wenig. Als wichtigste Neuerung wird die Errichtung von Kuppelöfen angesehen.

Troia V: 1900 — 1750 v.u.Z.

Veränderungen traten in Troia IV nur in der Herstellung der Keramik auf.

Über die Siedlungsphasen III bis V ist nur wenig bekannt, da SCHLIEMANN diese bei den Ausgrabungen der von ihm als „verbrannten Stadt“ bezeichneten Periode Troia II weitgehend zerstörte.

Von 1750 bis 1700 v.u.Z. war der Hissarlık erneut dünn besiedelt.

### **Troianische Hochkultur**

Troia VI: 1700 — 1250 v.u.Z.

Troia VI war die mächtigste Stadt in der Geschichte der Besiedlung und wurde von den Griechen zu einem Fürsten- und Königssitz ausgebaut. Von der Bedeutung der Stätte zeugen die gewaltigen Befestigungsmauern mit ihren Toren und Türmen, die schon SCHLIEMANN entdeckt hatte. Aus den Funden verschiedener Keramiken schließen die Archäologen auf Handelsbeziehungen mit dem gesamten Ägäis-Raum. Bei den Ausgrabungen wurden zahlreiche Knochenreste gefunden, die erstmals die Pferdehaltung in diesem Gebiet belegen. BLEGENS Ansicht nach wurde Troia VI durch ein Erdbeben zerstört.

Troia VII: 1250 — 1180 v.u.Z.

BLEGEN interpretierte die von Homer beschriebene Belagerung Troias und den Troianischen Krieg in diese Periode. Grund für seine Annahmen war die Veränderung der Bebauung von großen zu zahlreichen kleineren Häusern. Von Hand hergestellte Keramik deutete auf eine eventuelle Besiedelung durch neue Völker hin. Nachdem der Siedlungshügel durch einen Brand zerstört wurde, blieb er 400 Jahre unbesiedelt.

### **Griechische Zeit**

Troia VIII: 700 — 85 v.u.Z.

Um 700 v.u.Z. besiedelten Äolier die Stadt und nannten sie Ilion. Von den neuen Siedlern wurden unter anderem den Athena-Tempel sowie das große Theater errichtet.

### **Römische und byzantinische Zeit**

Troia IX: 85 v.u.Z. — 5. Jhdt. u.Z.

Nachdem die Römer die Stadt erobert hatten, zerstörten sie diese teilweise und bauten neue Tempel. Hierfür wurde die Spitze des Burgberges eingeebnet, wodurch sich die gesamte Struktur der Stadt veränderte. Wohnhäuser befanden sich nun in der neu errichteten Unterstadt südlich des Burgberges. Um 500 u.Z. wurde die Stadt durch ein Erdbeben zerstört und von der Bevölkerung nahezu verlassen. Troia X: 12 — 13 Jhdt.

In der letzten Besiedlungsperiode wurde in Troia ein Bischofssitz gegründet. Im 14. Jahrhundert verließen die Bewohner nach dessen Auflösung endgültig die Stadt.

#### 4.4.2 Geschichte der Ausgrabungen

1868 befand sich Heinrich SCHLIEMANN erstmals zu Forschungszwecken in der Troas. Er vermutete Troia zunächst in der Nähe des Ortes Pinarbaşı, ca. 25 km südlich des heutigen Ausgrabungsortes. Dort fand er jedoch keine Hinweise auf eine frühere Besiedlung. Frank CALVERT überzeugte SCHLIEMANN davon, Troia auf dem Hissarlık zu suchen, wo SCHLIEMANN 1870 schließlich eine Probegrabung durchführte. Von der Authentizität des Ortes überzeugt, unternahm er von 1871 bis 1873 und 1878/79 offizielle Grabungen. Während dieser 5 Kampagnen untersuchte er die Stratigraphie der Siedlung und teilte sie in 9 Perioden ein. 1882 und bei den Kampagnen 1889/90 wurde SCHLIEMANN von Wilhelm DÖRPFELD unterstützt, welcher nach dem Tod SCHLIEMANNs am 26.12.1890 die Leitung der Grabungen 1893/94 und 1924 übernahm. Von 1932 bis 1938 führte ein Team unter Carl BLEGEN, von der Universität Cincinnati, die Grabungen fort. Dabei wurden die von SCHLIEMANN unterschiedenen neun Perioden in insgesamt 46 Bauphasen gegliedert. Seit 1982 leitet Manfred KORFMANN (Eberhard-Karls-Universität Tübingen) die Arbeiten in der Troas. Zunächst unternahm er Grabungen in der Beşik-Bucht und auf dem Sivri- und Yassitepe, bevor er 1988 die Forschungen auf dem Hissarlık wieder aufnahm. Seitdem forscht ein Team internationaler Wissenschaftler in alljährlichen Kampagnen, um mehr über die Geschichte Troias zu erfahren.

#### 4.5 Geomorphologie (PL)

Während der südliche Bereich der Biga-Halbinsel durch eine Folge tektonisch bedingter, NE—SW-orientierter Horst- und Grabenstrukturen gekennzeichnet ist, prägen flache Plateau-Rücken, bestehend aus tertiären Sedimentiten, das Landschaftsbild der nordwestlichen Biga-Halbinsel. Abb. 6 zeigt die einzelnen morphologischen Elemente der Troas. Im Bereich des Kartiergebietes erhebt sich der Troia-Rücken 20 bis 130 m über dem Meeresspiegel. Entsprechend den Lagerungsverhältnissen der Sedimentschichten, welche mit geringen Beträgen nach Südwesten hin einfallen, paßt sich die Morphologie dem Untergrund an. Die höchsten Erhebungen befinden sich deshalb im Osten des Neogenrückens, welcher nach Norden von einem steil abfallenden, West—Ost-streichenden Hang begrenzt wird. Östlich schließen sich die tertiären Basalte und Metamorphite an.

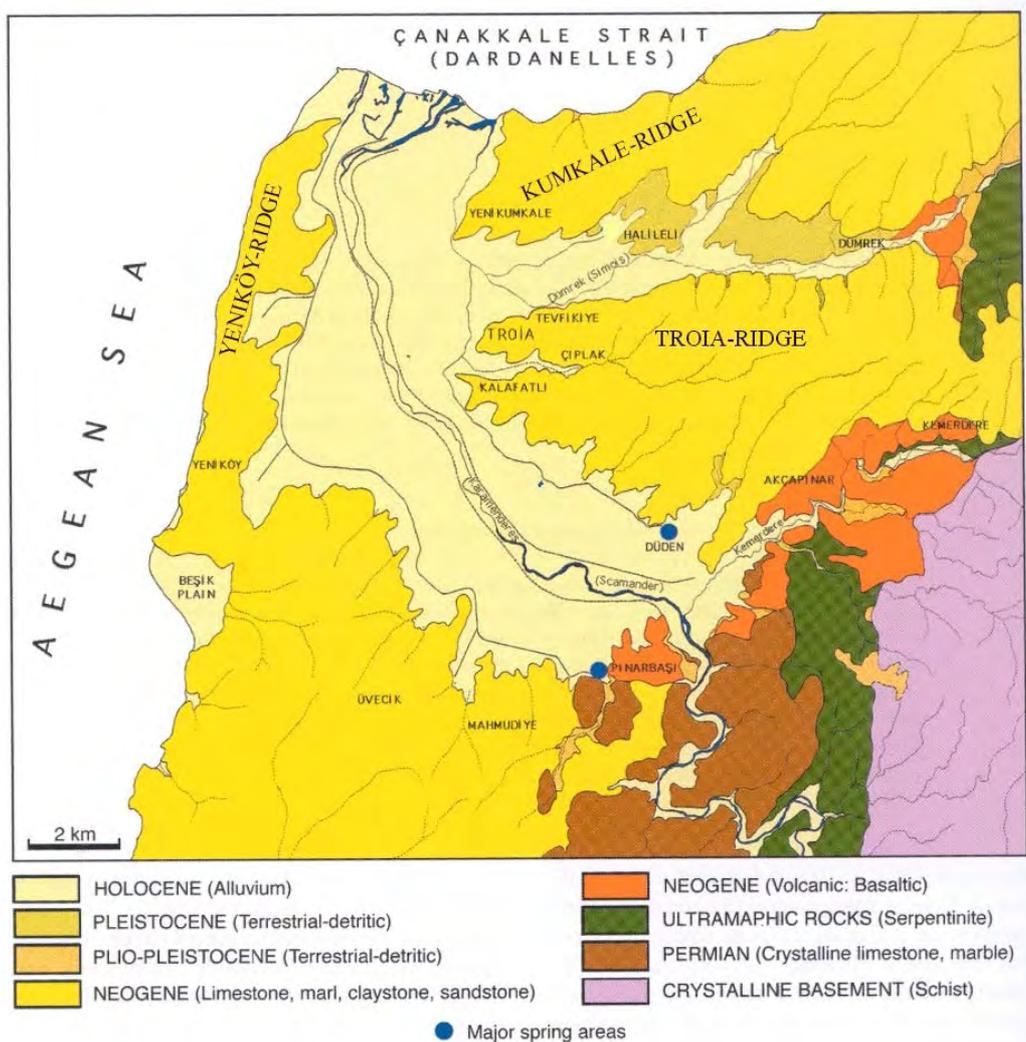


Abb. 6: Vereinfachte geologische Karte der Troas (nach KAYAN 2000).

Durch den Fluß Çıplak wurde die quartäre Ebene zwischen Troia und Kalafat geformt. Unter dem Flußbett wird eine Schwächezone vermutet, in welche sich der Çıplak von Ost nach West einschneidet und die daraufhin mit klastischem Material verfüllt wurde. Heute ist der durch Grundwasserabsenkungen ausgetrocknete Fluß als morphologische Senke im Gelände erkennbar.

Im Norden des Troia-Plateaus liegt, in Ost-West-Richtung orientiert, der Kumkale-Rücken, abgetrennt durch die alluvialen Ablagerungen des Dümrek. Wenige Kilometer nördlich schließt sich die Meerenge der Dardanellen an. Westlich des Hıssarlık befindet sich in Nord-Süd-Orientierung der Yeniköy-Rücken zwischen dem Schwemmland des Karamenderes und der Ägäis. Jede der drei Erhebungen ist aus neogenen Sedimenten aufgebaut, die zusammen unter ähnlichen Bedingungen abgelagert wurden.

Karamenderes und Dümrek schnitten sich in das neogene Gestein und verfüllten die Täler im Quartär mit klastischem Material aus dem Hinterland. Als Resultat dieser Entwicklung entstanden die flache Ebenen zwischen den Rücken.

#### 4.6 Ausbildung des Neogens (KB)

Nach YALTIRAK (2000) wird das Tertiär der Biga-Halbinsel in sechs Einheiten unterteilt: Gazhanedere-, Kirazlı-, Alçıtepe-, Conkbayırı-, Özbek- und Marmara-Formation. Dabei wird das Untersuchungsgebiet in die pliozäne bis pleistozäne Conkbayırı- und die spätmiozäne Alçıtepe-Formation eingegliedert (Abb. 7).

Über dem prä-neogenen Basement lagert, teilweise diskordant, die Gazhanedere-Formation. Diese ist im nördlichen Teil des Golfs von Saros und entlang der Dardanellen weitverbreitet. Allgemein wird die Formation den Bildungen des frühen bis mittleren Miozäns zugeordnet. Typisch sind klastische Ablagerungen mäandrierender Flüsse und teilweise lakustrine Tonsteine, wobei die Mächtigkeiten zwischen 150 und 330 Metern schwanken. In einigen Tonsteinen wurden Süßwasser-Ostrakoden beschrieben (YALTIRAK 2002).

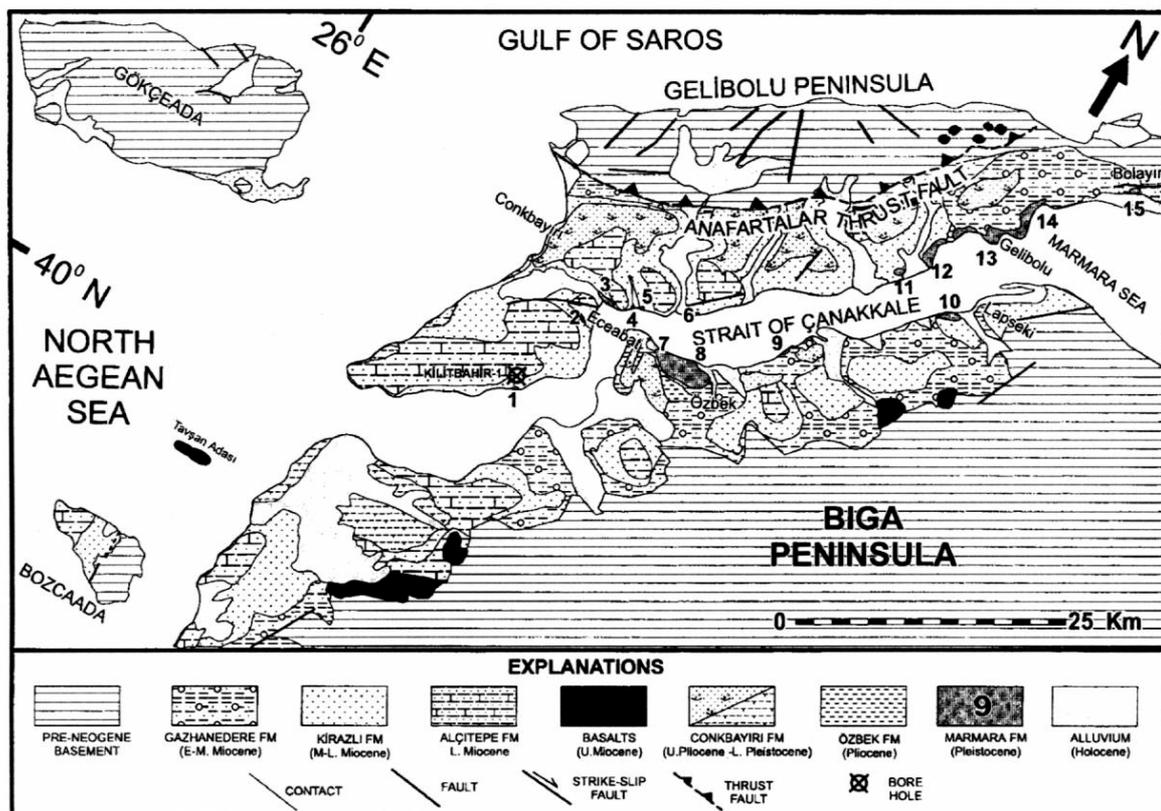


Abb. 7: Geologische Karte der Dardanellen (aus YALTIRAK 2000).

Darüber folgt die Kirazlı-Formation. Im Mittel- bis Spätmiozän lagerten sich fluviatile und Strandablagerungen ab, hauptsächlich massive Sandsteine mit Schluffsteinen. Makro- und Mikromammaliaresten wurden in diesen Schichten gefunden und zur Altersbestimmung genutzt. Im oberen Teil der Formation stehen rötliche Feinsandsteine mit Bivalvenschalenresten an. Vereinzelt Gipslagen sind in diese Sandsteinen eingeschaltet. Im Allgemeinen ist diese Formation 80 bis 120 Meter mächtig und von verfestigten Dünenablagerungen geprägt (YALTIRAK 2002). Im östlichen Teil des Kartiergebietes steht die Alçıtepe-Formation an. Diese lagerte sich im späten Miozän in einem flachmarinen oder lakustrinen Milieu in Form von sandigen und oolithischen Kalksteinen und Sandsteinen ab. Darüber hinaus befinden sich Konglomerate und Sandsteine im Hangenden der durchschnittlich 200 Meter mächtigen Einheit. Oft wurden marine Bivalvenreste, marine Ostrakoden, Fischreste und Mammaliaknochenbruchstücke beschrieben. Nur im Westen des Kartiergebietes ist das Hangende der Formation aufgeschlossen, welches von ÜNAL (1996) als sandiger Kalkstein, unterlagert von einem Sandstein, beschrieben wird. Diese Abfolge läßt sich im westlichsten Block des Troia-Rückens gut erkennen. Markant an der Alçıtepe-Formation im Gebiet ist ein rötlicher Sandstein mit auffallend häufig auftretenden Windkantern, welcher im Südosten ausstreicht (YALTIRAK 2002).

Den westlichen und damit größten Teil des Troia-Rückens bildet die oberpliozäne bis unterpleistozäne Conkbayırı-Formation. Charakterisiert wird diese durch alluviale Fans mit Tonsteinen als Basement, überlagert von Sandsteinen. Anhand von Süßwassermollusken, Sporen und Pollen wurde sie datiert. Im Kartiergebiet stellt sich die Formation als eine Abfolge wenige Meter mächtiger, meist karbonatischer Sand-, Ton-, Schluff- und Kalksteine in unregelmäßiger Reihenfolge dar. Auffällig sind zwei in der recherchierten Literatur nicht beschriebene stromatolithische Kalksteine, die bei der Geländearbeit als Markerhorizonte dienen, aber im größeren Maßstab lateral nicht verfolgbar sind. ÜNAL (1996) beschreibt das Basement der Conkbayırı-Formation als 30 bis 40 Meter mächtigen Feinsandstein, der von einem 80 Meter mächtigen Mergel überlagert wird. Bei der Geländearbeit wurden nur wenige Zentimeter bis Meter mächtige Schichten angetroffen und beschrieben, die eine solche Vereinfachung kaum zulassen.

In der Arbeit von YALTIRAK (2003) wird die Conkbayırı-Formation in die Truva- und die Özbek-Einheiten untergliedert. Details zur Ausbildung der Truva-Formation fehlen. Über der Conkbayırı-Formation (bzw. der Truva-Formation) lagerte sich im Pliozän diskordant

die Özbek-Formation ab. Hauptsächlich werden gut gerundete Konglomerate und Sandsteine mit karbonatischen Zementen beschrieben. Laut YALTIRAK (2003) steht diese Formation etwa 85 bis 115 Metern über dem heutigen Meeresspiegel an.

Im Pleistozän entstand die Marmara-Formation, für die eine stark detritische und aufgearbeitete Strandfazies charakteristisch ist. Abhängig von der morphologischen Ausbildung der Küstenlinie variiert die Mächtigkeit der Formation zwischen 2 und 36 m.

#### 4.7 Entwicklung des Gebietes im Tertiär und Quartär (PL)

In flachmarinen und lakustrinen Milieus wurden während des Neogens verschiedene Sedimente abgelagert. Durch die tektonisch bedingte Hebung (Kapitel 3.6) brachen diese Schichtenabfolgen auseinander und wurden gering geneigt (KAYAN 1998). So entstanden die drei Blöcke, welche heute als morphologische Erhebungen zu erkennen sind: im Westen der Sigeion/Yeniköy-Rücken, im Norden der Kumkale-Rücken und im Südosten der Troia-Rücken. Flüsse folgten den Senken zwischen den gehobenen Gebieten und füllten diese mit alluvialem Material (KAYAN 1998).

In Abb. 8 wird die Entwicklung der Karamenderes-Ebene in den letzten 6000 Jahren dargestellt. Während eiszeitlich bedingter Regressionen im Holozän existierten der Bosphorus und die Dardanellen als Flüsse und der Karamenderes trat als Nebenfluß dieser großen Ströme auf. Dagegen wurden bei Meeresspiegelanstiegen in Interglazialen die Ebenen um Troia mit Meerwasser überflutet. Flachmarine Ablagerungen bildeten sich.

Bis vor 7000 Jahren lag die Küstenlinie in der Nähe von Pınarbaşı. Ausgedehnte Sumpfareale erstreckten sich in Folge in diesem Gebiet. Seit etwa 6000 Jahren liegt der Meeresspiegel, bis auf kleine Schwankungen, auf heutigem Niveau (KAYAN 1996, 2001). Wie in Abb. 6 ersichtlich, begannen Karamenderes und Dümrek in dieser Zeit, die flache Bucht schrittweise mit alluvialen Ablagerungen zu verfüllen. Diese Entwicklung dauert bis heute an.

Vor 5000 Jahren, zur Beginn der Besiedlung Troias, lag die Küste in der Nähe des Hissarlik. Eventuell hatte diese Tatsache Einfluß auf die Gründung der Siedlung. Es gibt Theorien, die den antiken Hafen Troias im Bereich der damals flachen Bucht vermuten.

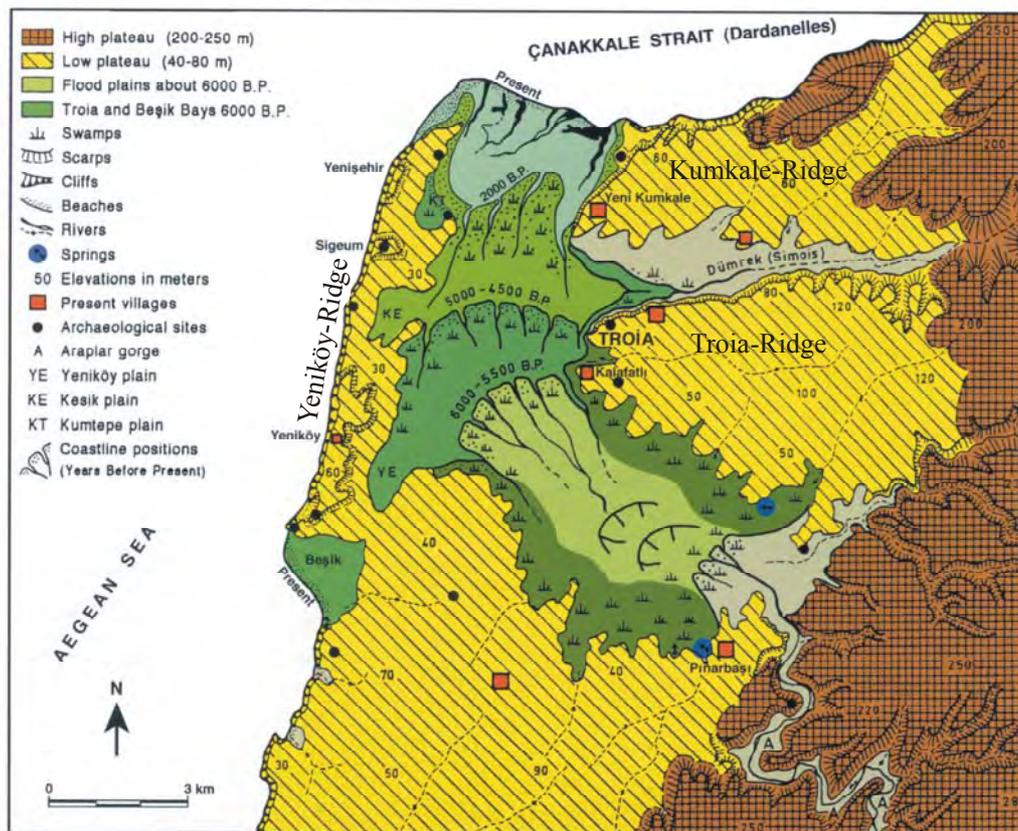


Abb. 8: Paläogeographische Rekonstruktion der Karamenderes-Ebene (nach KAYAN 2000).

#### 4.8 Tektonik und Lagerungsverhältnisse (KB)

Durch zwei NE—SW-streichende Störungen wird der Troia-Rücken in drei Blöcke zerteilt. Entlang der Straße zwischen Çıplak und Halileli verläuft die westliche Störung, die Straße von Çanakkale nach Ezine wurde im Verlauf der östlichen Störung gebaut. Vermutlich sind die Blöcke nach Westen abgeschoben. Zwischen den Blöcken wurde mit Hilfe der stratigraphischen Profile von BERGMANN (2003) unterschiedliche Versätze festgestellt. Gegen den mittleren Block ist der westliche mit einem Betrag von etwa zehn Meter versetzt. Zwischen dem östlichen und dem mittleren Block ist die Verschiebung nicht quantifizierbar. Laut YALTIRAK (2002) steht im Osten des Gebietes die spätmiozäne Alçitepe-Formation an. Durch das flache Einfallen und die Konstruktion der Profile (BERGMANN 2003) wird deutlich, daß sich der mittlere um mehrere Zehnermeter gegen den Ostblock abgesenkt hat. Eine W—E-streichende Störung wurde in der Mitte des Troia-Rückens entdeckt. Vermutlich verlief der Fluß Çıplak entlang dieser Schwächezone und verfüllte sie zwischen Troia und Kalafat im Holozän mit alluvialen Ablagerungen. Ein Versatz von etwa zehn Metern an dieser Störung konnte durch einen markanten Stromatolithenhorizont im Gelände festgestellt werden. Als Resultat der Untersuchungen muß der Troia-Rücken in insgesamt sechs Blöcke unterteilt werden. Wahrscheinlich liegt die Basis der Störungen an der Grenze zum metamorphen Basement. Genauere Bezeichnungen und Beschreibungen der Störungen sind in BERGMANN (2003) zu finden.

Im Gebiet herrscht eine fast horizontale Lagerung der Schichten vor. Durchschnittlich fallen sie in einem flachen Winkel von  $5-6^\circ$  nach WSW ein. Dabei entspricht das Einfallen der Blöcke dem der Schichten. Während der mittlere und der östliche Block steiler gestellt sind, fällt der westliche wesentlich flacher ein. Auch die Einfallsrichtungen schwanken stark, jedoch läßt sich eine Vorzugsorientierung von ca.  $240^\circ$  feststellen. Abb. 9 stellt die vor Ort gemessenen Fallrichtungen und -winkel im Schmidtschen Netz dar. Im Gelände war es oft nicht möglich, repräsentative Messungen aller Schichten durchzuführen, da einige Schichten unter den herrschenden Oberflächenbedingungen leicht lösliche Bindemittel enthalten, schwach verfestigt oder stark verwittert sind.

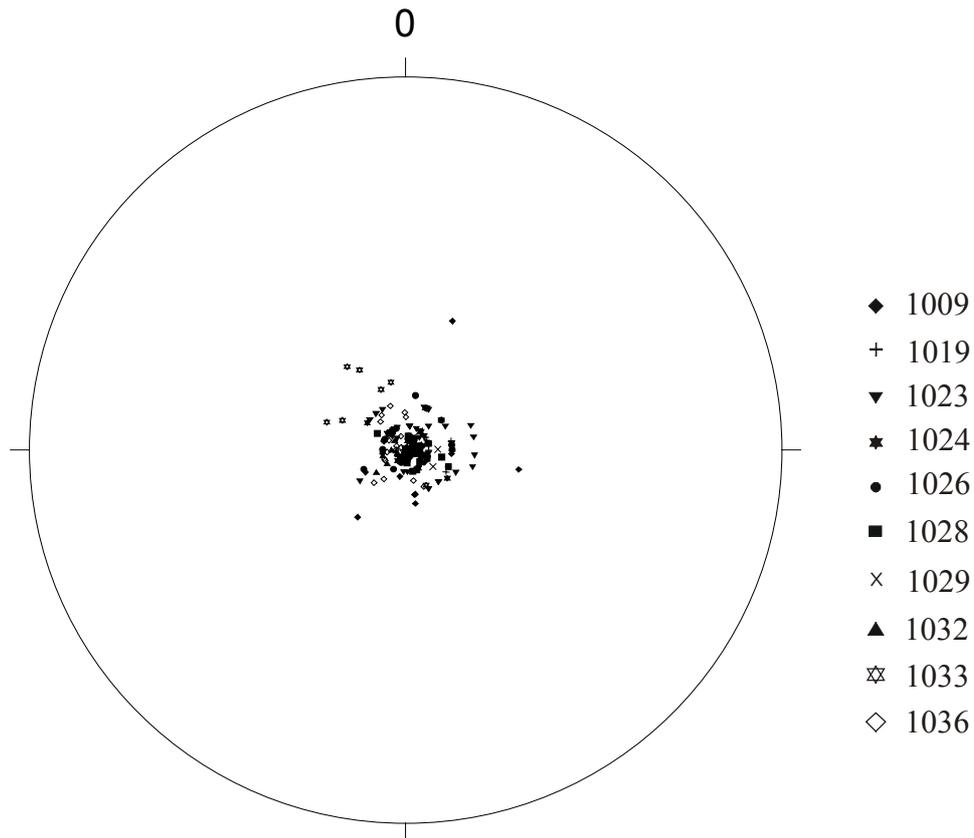


Abb. 9: Einfallen der Schichten in den Aufschlüssen 1009, 1019, 1023, 1024, 1026, 1028, 1029, 1032, 1033 und 1036 im Schmidtschen Netz, untere Halbkugel.

Bei der Messung der Klüfte wurde im Gelände das Vorhandensein einer Hauptkluftrichtung deutlich, in Abbildung 10 sind die Klüftrosen der gemessenen Trennflächen dargestellt. Dabei variieren die Werte zwischen  $120^\circ$  und  $160^\circ$  und mit einem Winkel von  $80$  bis  $90^\circ$  fallen die Klüfte annähernd vertikal ein. Allerdings sind aufgrund der geringen Wertemenge (teilweise fünf oder sechs Werte) kaum gesicherte Rückschlüsse möglich. Schwierig ist auch die Interpretation der Trennflächen als Klüfte, da durch fehlende Bohrungen auf dem Troia-Rücken nicht belegt ist, ob es sich dabei zum Teil um Trockenrisse oder Verwitterungsbildungen handelt.

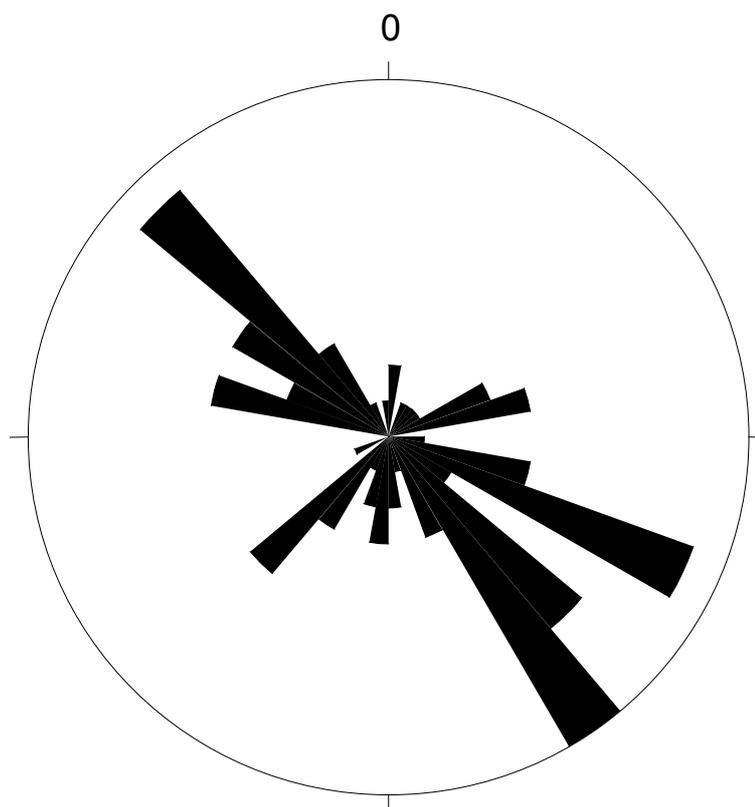


Abb. 10: Einfallen der Klüfte der Aufschlüsse 1023, 1024, 1029, 1033, 1035 und 1036 im Rosen-Diagramm, 10° Klassen.

#### 4.9 Hydrogeologische Verhältnisse (KB)

In Zusammenhang mit der vorliegenden Kartierung untersuchten BLUME und WEBER das Gebiet unter hydrogeologischen Gesichtspunkten. Dabei wurde von BLUME ein hydrogeologisches Modell der nordwestlichen Troas erstellt, während WEBER die Grundwässer hydrochemisch untersuchte und einteilte. Im Untergrund des Troia-Rückens befinden sich karbonatische, tonig-schluffige und sandige Gesteine von denen aufgrund ihrer Petrographie niedrige Durchlässigkeitsbeiwerte (ca.  $10^{-6}$  bis  $10^{-8}$ ) angenommen werden. Vermutlich sind die Gesteine insgesamt schlechte Grundwasserleiter oder bilden Geringleiter. Einige Sandschichten lassen höhere  $k_f$ -Werte (ca.  $10^{-6}$  bis  $10^{-4}$ ) erwarten und könnten somit Grundwasserleiter darstellen. Da die Schichten in einem flachen Winkel nach WSW einfallen, wird vermutlich auch der Troia-Rücken in diese Richtung entwässert. Vereinzelt wurden in den Profilen am Nordhang des Rückens natürliche Wasseraustritte beobachtet. Diese liegen in Bereichen stark verwitterter Biogenkalke mit herausgelösten Fossilienresten in Wechsellagerung mit dünnen Tonsteinen und mächtigeren Sandsteinen. Oft sind diese Schichten an ihrem Moosbewuchs erkennbar. Am Profil 1009 konnten an einer natürlichen Quelle Bearbeitungsspuren entdeckt werden, die laut Auskunft der Bevölkerung von einem früheren Ausbau der Quelle stammen. Gesondert untersucht wird von LIPPMANN (2003) die vermutlich wasserführenden Schichten der Quelhöhle südwestlich Troias.

Von den Flüssen Dümrek und Karamenderes, die das Gebiet am Nord- bzw. am Süd- und Westrand durchfließen, werden die hydrographischen Verhältnisse bestimmt. In den nördlichen Ausläufern des Kazdağ-Massivs (Ida-Gebirge) entspringt der Karamenderes. Er durchquert das Ezine-Bayramiç-Becken von Osten nach Westen und fließt in nördlicher Richtung durch eine alluviale Ebene in die Dardanellen. Im Salihler-Plateau entspringt der Dümrek und bildet auf dem Weg zu den Dardanellen ebenfalls eine alluviale Ebene aus. Durch die Troia-Ebene floß bis vor wenigen Jahrzehnten der Çıplak-Fluß. Dieser fließt heute auf einem weiten Stück nicht mehr, da durch die intensive Landwirtschaft und Grundwassernutzung der Grundwasserspiegel stark absank.

## 5 AUFSCHLUSSDOKUMENTATION

### 5.1 Geländearbeit (KB)

Zur Kartierung wurden folgende Hilfsmittel verwendet:

Zollstock

A5-Heft kariert mit festem Einband

Fotoapparat

Garmin GPS 12 (UTM-Zone 35, nördliche Hemisphäre, WGS 84)

Freiberger Geologenkompaß (nach Prof. Dr. Clar)

Lupe mit 10facher Vergrößerung

Geologenhammer

Als Grundlage für die Kartierung dienten Landsat-Karten der Biga-Halbinsel. Bei der ersten Geländebegehung wurde festgestellt, daß sich die meisten Profile am Nordhang des Troiarückens befinden. Durch den Bau der Straße zwischen Ezine und Çanakkale wurden mehrere Hügel im Kartiergebiet zerschnitten, wodurch drei Straßenaufschlüsse entstanden.

In großen Arealen des Gebietes stehen nur zentimeter- bis maximal dezimeter-mächtige Aufschlüsse an den Rändern der Felder an. Oft sind diese noch von Hangschutt überrollt. In den Profilen sind hauptsächlich Tonsteine, Ton/Sandsteine, Mergel und Kalksteine aufgeschlossen. Selten sind dünne Schluffsteine anzutreffen. Da es auf dem Troiarücken kaum Profile gibt, wurde versucht, markante und lateral verfolgbare Horizonte zu finden. Dazu eigneten sich die kompetenten Stromatolithenschichten. Jedoch treten vier Stromatolithen auf, die im Gelände nahezu die gleiche Ausbildung zeigen. Strukturelle Veränderungen einzelner Stromatolithenlagen (domartige Ausbildungen, gröbere klastische Lagen) können zu Verwechslungen führen, lassen sich aber durch laterale Änderungen im Ablageungsmilieu erklären. Dies erschwert eine Verfolgung des Markerhorizontes erheblich. Im Osten des Nordhanges fand sich ein kompetenter, grober, bunter Sandstein, der über den östlichen Nordhang bis zur Straße Ezine/Çanakkale verfolgbar ist. Danach taucht die Schicht unter die quartären Ablagerungen ab.

Von allen Profilen wurden Detailaufnahmen angefertigt. Eine Gliederung der Sedimentabfolgen in den Profilen ist im Gelände nicht möglich, da die Schichten lateralen Änderung und Faziesverzahnungen unterworfen sein können. Zur Charakterisierung eines Horizontes während der Profilbeschreibung gehören Farbe, Korngröße, Kompetenz,

Klüftung, Organikgehalt, Fossilführung und sedimentologische Strukturen. Weiterhin wurden die aufgenommenen Schichten im Gelände auf ihren Karbonatgehalt mit 10 %iger HCl getestet. Insgesamt wurden 54 Sedimentschichten aus unterschiedlichen Profilen beprobt. Ziel war es, ein umfassendes Bild über die Ablagerungsverhältnisse und die Eignung der Schichten als Grundwasserleiter oder Grundwassernichtleiter zu ermitteln. In den Diplomarbeiten von BERGMANN und LIPPMANN sind die Methoden und Ergebnisse, sowie deren Interpretationen im einzelnen dargestellt.

## 5.2 Aufschlüsse (KB)

Tab. 2: Liste der Aufschlüsse (Lage, Hoch- und Rechtswert Anlage 1).

Ausfluß- nummer	Beschreibung der Aufschlußlokalität
1009	Wasserriß nordöstlich von Tevfikiye
1013	trockenes Bett des Çıplak-Flusses südlich von Gökçalı
1019	nördlicher Straßenaufschluß an der neuen Straße Gökçalı bzw. zwischen Ezine/Çanakkale
1020	mittlerer der drei Straßenaufschlüsse an der neuen Straße Gökçalı bzw. zwischen Ezine/Çanakkale
1021	südlicher Straßenaufschluß an der neuen Straße Gökçalı bzw. zwischen Ezine/Çanakkale
1022	Wasserriß nördlich von Gökçalı
1023	Wasserriß östlich der neuen Straße Gökçalı
1024	Straßenaufschlüsse entlang der alten Straße von Gökçalı
1026	Wasserriß östlich von Gökçalı
1027	Wasserriß am Nordhang des Neogenplateaus zwischen 1026/1023
1028	Wasserriß nordwestlich der neuen Straße von Gökçalı
1029	Wasserriß zwischen der neuen Straße von Gökçalı und der Straße Çıplak/Haleleli
1030	Wasserriß zwischen Çıplak und Halileli
1031	Wasserriß westlich der neuen Straße zwischen Çıplak/Halileli
1032 =	Wasserriß westlich von 1031 westlich der neuen Straße zwischen
1035	Çıplak/Halileli
1033	Straßenaufschluß an der neuen Straße zwischen Çıplak/Halileli
1034	Graben auf dem Troia-Rücken östl. der Straße zwischen Çıplak/Halileli
1036	Quellhöhle südwestlich der Ausgrabungsstätte Troia
1037	Wasserriß am Nordhang des Neogenplateaus mit Wasseraustritt
1038	Kiesgrube in der Quartärebene, westlich von der Siedlung Dümrek
1040	Südostseite des Berges südwestlich von Akçapmar

### 5.3 Probenstücke (KB)

Tab. 3: Liste der Probenstücke mit Gesteinsbezeichnung, Mächtigkeit, angewandte Methoden; WL = Wechsellagerung, SA = Siebanalyse, DS = Dünnschliff, RD = Röntgendiffraktometrie.

Probennummer	Lithologie	Mächtigkeit [cm]	SA	DS	RD	erläutert bei
1019-6	Sandstein	20 — 43				KB
1019-8	Sandstein mit Schill	38	x			KB
1019-16	Sandstein	150	x	x		KB
1019-26	Tonstein-Sandstein-WL	130	x			KB
1019-37	Schlufftonstein	20			x	KB
1019-42	Tonkalkstein, salzig	57	x	x	x	KB
1019-51	Tonstein	100	x		x	KB
1019-67	Tonstein-Sandstein-WL	110	x			KB
1019-87	Sandstein	210	x	x		KB
1019-97/89	Tonstein-Sandstein-WL	115	x	x		KB
1019-103	Kalkstein	30		x		KB
1019-105	Kalkstein	75		x		KB
1019-114	Sandstein	100	x			KB
1019-115	Kalkstein	100		x		KB
1019-117	Kalkstein	20 — 25		x		KB
1021-1	Tonkalkstein	30-35	x			KB
1021-2	Sandkiesstein	220	x			KB
1022	Kalkstein	20 — 30		x		KB
1023	Tonstein-Sandstein-WL	105	x			KB
1024	Kalkstein, versintert	110		x		KB
1026-1	Toniger Sandstein	10	x			KB
1026-2	Feinsandstein	12		x		KB
1026-3	Sandstein	60		x		KB
1029-1	Kalkstein	120		x		KB
1030-4	Biogenkalk	9		x		KB
1033-8	Stromatolith	30		x		KB
1035-4	Biogenkalk	80		x		KB

Probennummer	Lithologie	Mächtigkeit [cm]	SA	DS	RD	erläutert bei
1036-1	Tonschluffstein	15	x		x	PL
1036-2/1	Tonschluffstein	50	x	x		PL
1036-2/2	Tonschluffstein	50			x	PL
1036-3a/1	Tonstein	20	x			PL
1036-3a/2	Tonstein	20			x	PL
1036-3b	Tonstein	45	x			PL
1036-4/1	Tonstein	13				PL
1036-4/2	Tonstein	13	x		x	PL
1036-4/3	Tonstein	13				PL
1036-5	Tonschluffstein	0 — 40	x	x		PL
1036-6/1	Sandstein	70	x			PL
1036-6/2	Sandstein	70				PL
1036-7	schluffiger Sandstein	10		x		PL
1036-8	Sandstein	60		x		PL
1036-9	toniger Sandstein	120	x		x	PL
1036-10	Tonstein	20	x			PL
1036-11	Biogenkalk	10	x			PL
1036-12	Oolithischer Sandstein	240		x		PL
1037-1	Tonstein	80	x		x	KB
1037-2	Kalkstein, schillreich	18		x		KB
1037-5	Tonkalkstein	60	x		x	KB
1037-6	Tonstein	3	x			KB
1037-7	Sandstein	10	x			KB
1037-8	Biogenkalk	130		x		KB
1038-1	Sandstein	250	x			KB
1038-2	Sandstein	350	x	x		KB
3004-2	Basalt	4000		x		KB

Die in der Tabelle 3 aufgeführte Aufschlußnummer 3004 beruht auf der Bezeichnung der Bearbeiterinnen BLUME & WEBER (2003). Analysen und Ergebnisse der Probenaufbereitung sind bei BERGMANN (2003), bzw. bei LIPPMANN (2003) für den Aufschluß 1036, beschrieben.





# Diplomarbeit

## Geologische Verhältnisse der Neogenen Sedimente zwischen Troia und Gökçalı/Türkei

vorgelegt von

cand.-geol. Katrin Bergmann

betreut von

Prof. Dr. Broder Merkel

und

Dr. Christian Wolkersdorfer

TU Bergakademie Freiberg

Institut für Geologie

Lehrstuhl für Hydrogeologie

## 6 ZUSAMMENFASSUNG

Ziel der Arbeit ist, die neogenen Sedimente des Troia-Rückens zwischen Gökçalı und Troia umfassend petrographisch und mineralogisch zu beschreiben und die Profile der Diplomkartierung zu bearbeiten. Dazu wurden von 23 Proben Dünnschliffe angefertigt, 20 Proben mittels Siebanalyse und 5 röntgendiffraktometrisch untersucht. Von besonderem Interesse waren die hydrogeologischen Eigenschaften der Gesteine.

Der Troia-Rücken besteht aus unterschiedlich mächtigen Sand-, Kalk- und Tonsteinen in unterschiedlichen Ausbildungen. Unterteilt werden die Ablagerungen des Troia-Rückens in die miozäne Alçıtepe und die pliozäne Conbayırı-Formation (nach YALTIRAK 2000). Nach den Ergebnissen handelt es sich dabei überwiegend um feinförnige, meist karbonatische Ablagerungen in einem flachen brackischen Becken. In dieses Becken lagerten sich zusätzlich zu den feinkörnigen Beckensedimenten gröberes klastisches fluviatiles Material ab. Dieses terrestrische Material stammt von Magmatiten, Metamorphiten und Sedimentiten, welche in der Umgebung des Arbeitsgebietes anstehen. Sturmwellen transportierten marines Material, wie dickschalige Biogene und Minerale (Chlorit), in das Becken. Besiedelt wurde dieses Becken von Mollusken, Gastropoden und dünnchaligen Ostrakoden und in den flachen lichtsicheren Bereich wuchsen Stromatolithe.

Im Miozän lagerte sich in diesem Becken unterschiedliche Ton-, Kalk- und Sandsteine ab. Am Ende des Miozäns nehmen die feinkörnigen Ablagerungen zu, was auf eine Vertiefung des Ablagerungsraumes oder eine Abnahme der klastischen Einträge zurückzuführen ist. Eine Vertiefung des Ablagerungsraumes kann durch ein Absinken des Beckens oder eine Meeresspiegelerhöhung hervorgerufen werden. Im Pliozän ist eine Veränderung des Ablagerungsraumes nicht feststellbar. Ab dem Miozän wurde das Gebiet gehoben (YALTIRAK 2000), wodurch sich die Troia-, die Çıplak- und die Gökçalı-Störung ausgebildeten. Zeitgleich zur Ablagerung der Alçıtepe-Formation intrudierten Basalte im Gebiet, welche teilweise das Becken unterlagern (mündliche Mitteilung BIRKLE) und zur Ausbildung der drei Störungen beitrugen.

Aus den Ergebnissen der Siebanalyse wurden die  $k_f$ -Werte berechnet, wobei es sich bei den Proben auf Grund des hohen Ton- und Karbonatgehaltes um schlechte bis sehr schlecht Grundwasserleiter handelt. Diese  $k_f$ -Bestimmung ist mit Vorsicht anzuwenden, denn die Korngrößen sind nie über das gesamte Profil gleichmäßig ausgebildet.

## 7 AUFSCHLÜSSE

### 7.1 Beschreibung ausgewählter feinstratigraphischer Profile

Zu Beginn der Arbeit war eine feinstratigraphische Aufnahme von Profilen notwendig, mit Hilfe derer die anstehenden Schichten parallelisiert wurden und eine stratigraphische Einordnung erfolgte. Als Ergebnis dieser Arbeit entstand ein Normalprofil und zwei Schnitte durch den Troia-Rücken (Abb. 18).

Bei den aufgenommenen Profile handelt es sich überwiegend um Aufschlüsse am Nordhang des Troiarückens, welcher als morphologische Steilkante ausgebildet ist. Dieser Hang wird saisonal von Flüssen und kleinen Bächen ausgewaschen. In den entstehenden trockenen Wasserrissen stehen die neogenen Sedimentschichten weitgehend frei von Geröllüberschüttung an. Drei weitere Aufschlüsse befinden sich an der Straße zwischen Ezine und Çanakkale. Zusätzlich wurden mehrere Profile in der Quelhöhle KASKAL.KUR im westlichen Teil des Grabungsgeländes von Pia Lippmann aufgenommen und ihrer Diplomarbeit (2003) beschrieben. Umgeben wird der neogene Sedimentrücken von quartären Bildungen, welche in einem einzelnen Profil im Nordosten des Arbeitsgebietes aufgenommen wurden.

Wie anhand der Profile (Anhang 3) gezeigt werden kann, besteht der gesamte untersuchte Troiarücken aus Sand-, Schluff-, Ton- und Kalksteinen. Weiterhin wurde in der Kartierung festgestellt, daß die aufgenommenen Schichten nahezu horizontal ohne weitreichende sedimentologische Änderungen in ihrer Ausbildung verlaufen. Auf Grund dieser Beobachtung werden an dieser Stelle nur vier ausgewählte Profile exemplarisch beschrieben, welche die Ausbildung aller anstehenden Schichten am vollständigsten umfassen.

Zunächst wird das umfangreichste im Gelände aufgenommene Profil 1019 beschrieben, welches sich an einem Straßenaufschluß zwischen Ezine und Çanakkale befindet. Die in diesem Profil beschriebenen Abfolgen wurden im Gelände entlang des Nordhangs des Troiarückens in westlicher Richtung in nahezu gleicher Ausbildung in verschiedenen Profilen beschrieben. Am Nordhang des Troiarückens befinden sich unter anderem die Profile 1029 und 1033, in welchen die im Profil 1019 beschriebenen Abfolgen ebenfalls anstehen. Um den lateralen Verlauf der Schichten darzustellen, werden beide Profile beschrieben und mit dem Profil 1019 verglichen. Im Osten des Gebietes verläuft entlang der Ortschaft Gökçalı eine Störung, welche den Troia-Rücken in zwei Einheiten unterteilt.

Um die Unterschiede dieser Blöcke darzustellen wird das Profil 1023 beschrieben, in welchem deutlich veränderte Sedimentabfolgen gegenüber den Profilen 1019, 1029 und 1033 anstehen. In der den Troiarücken umgebenden Quartärebene wurde das Profil 1038 aufgenommen, um die Ablagerungen im Quartär zu bestimmen.

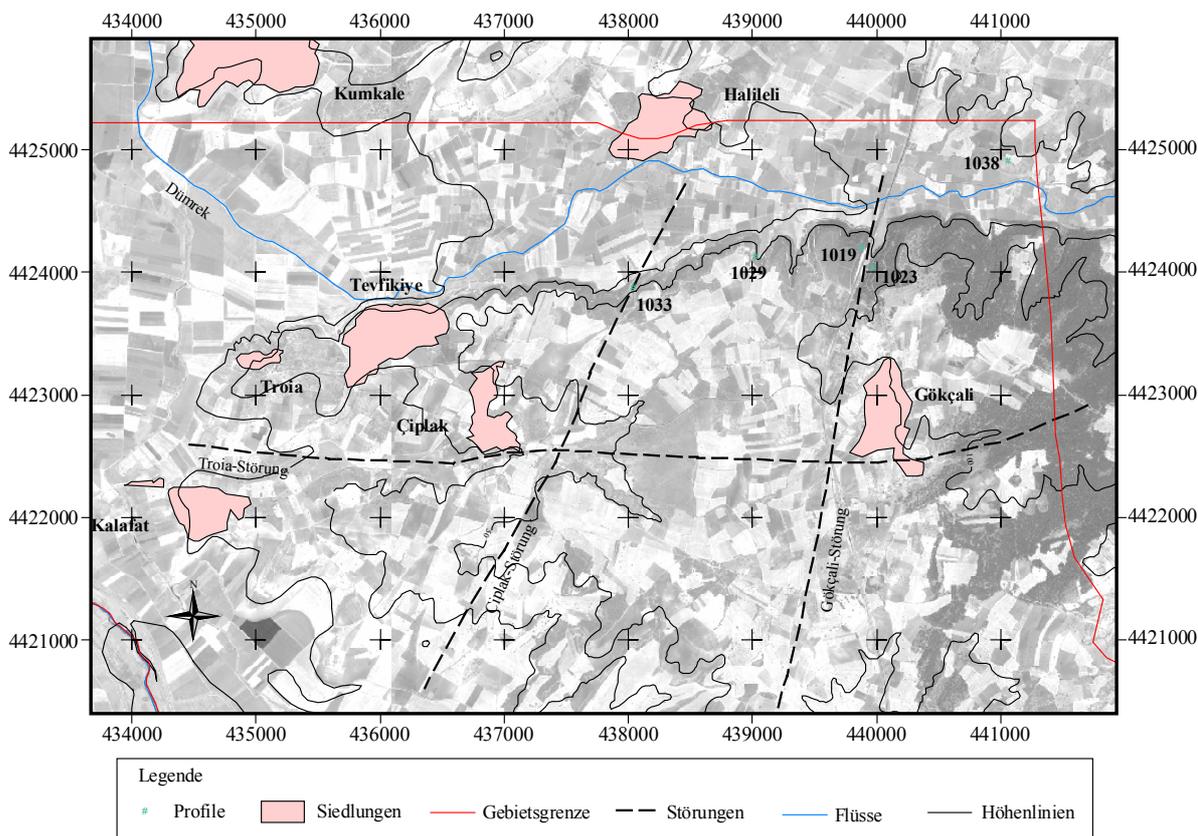


Abb. 11: Lage der beschriebenen Profile, Maßstab 1:66000, UTM WGS 84, basierend auf Ikonos-Daten.

**Profil 1019**

Das bestaufgeschlossene Profil durch den Troia-Rücken befindet sich an einem Straßenaufschluß im Norden der Ortschaft Gökçalı und schließt einen ca. 40 Meter mächtigen Anschnitt auf (Abb.12). An der Basis des Aufschlusses ist eine fünf bis sechs Meter mächtige Abfolge von hellgelben und hellgrauen schwach verfestigten Mollusken-führenden Sandsteinen, in welche 10 bis 20 cm-mächtige hellgraue Ton- und Schluffsteine eingelagert sind. An der Basis dieses Sandsteinkörpers finden sich grobsandige Channel-Bildung, dessen Schichtflächen sich scharf gegen die eingeschnittenen Schichten abgrenzen. Darüber folgte ein bei der Geländeaufnahme von Hangschutt verdeckter Bereich, in welchem die anstehenden Schichten über eine Mächtigkeit von einen Meter nicht aufgeschlossen waren. Überlagert wird diese Abfolge von einem fünf bis sechs Meter mächtigen karbonatischen, schwach verfestigter Tonschluffsteinkörper, welcher an der Basis und im Top Knochenreste enthält. In diesem sind 10 bis 20 cm mächtige hellgraue Mollusken-führende Ton- und Schluffsteinen eingelagert. Im Hangenden sind die Schichten in einer Mächtigkeit von vier bis fünf Metern nicht aufgeschlossen oder stark von Hangschutt überrollt. Darüber lagern mehrere 20 bis 30 cm mächtige Mollusken-führende tonige Sandsteine mit zwischengelagerten Ton-, Schluff- und Kalksteinen, welche insgesamt zu einem sechs bis sieben Metern mächtigen Sand-Tonsteinkomplex zusammengefaßt werden, wobei dieser im Topbereich sandiger wird und allmählich in einen Ton-Kalkstein übergeht. In dieser Mollusken-führende graubraune Kalkstein sind tonige Lagen eingeschaltet. Im Topbereich schließt sich ein fünf bis sechs Meter mächtiger Sandsteinkörper an, welcher aus 20 bis 30 cm mächtigen hellgraugelben Sandsteinlagen mit zuwischengeschalteten tonigen Lagen besteht. Einzelne Lagen dieses Sandsteinkomplexes beinhalten Ooide und sind Mollusken-führend. Ein fünf Meter mächtige mäßig verfestigter hellgrauer Kalkstein, welcher aus geringmächtigen einzelnen Kalksteinlagen besteht bildet des Abschluß der im Profil aufgeschlossenen Schichten. Eingelagert ist ein ca. Meter mächtiger hellgrauer lagiger, leicht welliger Stromatolith.

Eine Faziesveränderung des Ablagerungsraumes ist im Profil nicht erkennbar, es handelt sich vielmehr um eine Abfolge aus niedrig und hoch energetischen Ablagerungen, wobei die mehrere Meter mächtigen kalkigen Ton- und Schluffsteinkörper ein längerfristiges Absinken der Strömungsenergie im Ablagerungsraum vermuten lassen. Die mächtigen Sandsteinkomplexe sprechen für mehrere gröber klastische fluviatile Einträge terrigenen Materials in ein niedrig energetisches marines, brackisches oder limnisches Becken. Bei den Fossilresten sind überwiegend Schalen von Mollusken und seltener von Gastropoden

enthalten und in zwei Schichten sind Knochenreste erhalten. Da es sich bei den Kalksteinen meist um gering fossilführende oder sogar fossilfreie Schichten handelt, wird vermutet, daß es sich um chemisch in einem flachen Becken gefällte Karbonate handelt. Daraus folgend besteht das Profil aus niedrig und hoch energetischen Ablagerungen ohne das eine Tendenz zum Verflachen oder Absinken des marines, brackisches oder limnische Bildungsräume erkennbar ist.



Abb. 12: Übersicht Profil 1019

### **Profil 1023**

Das Profil 1023 besteht aus zwei Teilstücken, welche sich von 49 bis 60 bzw. von 92 bis 112 Meter über NN aufgeschlossen sind. An der Basis der aufgeschlossenen Schichten ist ein ca. drei Meter mächtiger hellgrauer Mollusken- und Gastropoden-führender Kalkstein anstehend. Über diesem Kalkstein sind die anstehenden Schichten über eine Mächtigkeit von ca. einem Meter nicht aufgeschlossen. Darüber ist ein ca. 50 cm mächtiger grünlich grauer Mollusken-führender Kalktonstein aufgeschlossen. Den Abschluß der aufgeschlossenen Schichten stellt ein vier Meter mächtiger hellgelber, bräunlicher Sandtonstein dar, in welchen zwei 10 bis 20 cm mächtige Kalksteine eingelagert sind. Dieser Sandsteinkomplex besteht aus mehreren Sand- und Sandtonsteinen, welche jeweils zwischen 20 cm bis einen Meter mächtig sind. Die basalen Sandsteine dieses Komplexes führen Mollusken und Gastropoden, wobei in den oberen dieser beiden Sandsteine dünne Kieslagen eingelagert sind. Den Abschluß dieses Sandsteinkomplexes und der im Teilprofil aufgeschlossenen Schichten stellt ein massiver 20 cm mächtiger grauer Mollusken-führender Kalkstein dar. Darüber sind die Schichten in einer Mächtigkeit von ca. 30 Metern von Hangschutt verdeckt. Bei 92 Metern über NN steht ein mittelgrauer Mollusken-führender Kalksteinkomplex an, in welchen 20 cm mächtige Kalkton- und Sandsteine eingelagert sind. Darüber sind die Schichten über eine Höhe von ca. zwei Metern nicht aufgeschlossen. 96 Meter über NN steht ein ca. drei Meter mächtiger hellgrauer, bräunlicher Mollusken-führender Tonsandstein an. Überlagert wird dieser Tonsandstein von einem 30 cm mächtigen Biogenkalkstein, welcher in einen über einen Meter mächtigen hellgrauen, grünlichen massiven Tonkalkstein übergeht. Darüber steht ein ca. drei Meter mächtiger hellgelber Sandtonstein an, in welchen ein 20 cm mächtiger hellgrauer Mollusken-führender Kalkstein eingelagert ist. Dieser Sandsteinkomplex ist fossilfrei und geht im Hangenden in eine Sand- Tonsteinwechsellagerung über. Darüber sind mittelgraue massive Mollusken-führende Kalksteine anstehend, in welche ein 20 cm mächtiger fossilfreier Tonstein eingelagert ist. In einigen dieser Kalksteinschichten sind die Biogene horizontal eingeregelt. Darüber sind die Schichten in einer Mächtigkeit von ca. einem Meter von Hangschutt überrollt. Den Abschluß der aufgeschlossenen Schichten stellt ein vier Meter mächtiger gelbbraunlicher Sandtonstein dar, in welchen massive graue 10 bis 20 cm mächtige Kalksteine eingelagert sind. Diese Kalkstein führen Mollusken. In diesem Sandsteinkomplex wurde der mittlere Sandtonstein unter der Beschriftung 1023 beprobt.

Ein Faziesänderung des Ablagerungsraumes ist im Profil nicht erkennbar. Es handelt sich vielmehr um eine unregelmäßige Abfolge von zwei bis drei Meter mächtigen Kalk- oder Kalktonsteinen und drei bis vier Meter mächtigen Sand- oder Sandtonsteinen. Die Sandsteine enthalten häufig tonige Beimengungen, welche in einem niedrig energetischen Ablagerungsraum sedimentiert wurden. Bei den meisten Sandtonsteinen handelt es sich um Wechsellagerungen von Sand- und Tonsteinen, was einen kurzzeitigen Wechsel der Ablagerungsenergie, von höher zu niedrig energetisch, anzeigt. Bei den Kalksteinen handelt es sich in der Mehrzahl auf Grund der geringen Fossilführung um chemisch gefällte Sedimente. Auffällig sind die deutlich dunkleren Färbungen einiger Kalksteine, was auf die Einlagerung von organischem Material zurückzuführen ist. Bei den Kalk- und Kalktonsteinen handelt es sich um Ablagerungen in einem niedrig energetische Bildungsbereich. Folglich handelt es sich bei den aufgeschlossenen Schichten des Profils 1023 um einen Wechsel aus höher und niedrig energetischen Ablagerungen. Dabei ist die Ablagerungsenergie in allen Schichten gering, da in den meisten Schichten tonige Beimengungen enthalten sind. Die Sandsteine stammen aus fluviatilen Einträgen terrestrischen Materials, welche in ein niedrig energetisches flachmarines oder brackisches Becken geschüttet wurden. Dabei waren diese fluviatilen Schüttungen relativ niedrig energetisch und von der Menge gering, da die abgelagerten Sedimente tonige Beimengungen enthalten.

### **Profil 1029**

An der Basis des Profils 1029 steht ein ca. acht bis neun Meter mächtiger hell bis mittelgraubrauner Sandsteinkörper an, welcher weiter in verschiedene 40 bis 100 cm mächtige Sand- und Sandtonsteine unterteilt werden kann, in welche 20 bis 40 cm mächtige Tonkalksteine eingelagert sind. Im mittleren Bereich dieses Komplexes steht ein 10 cm mächtiger hellgrauer, lagiger Stromatolith an, wobei es sich um den gleicher Stromatolithen handelt, welcher im Profil 1019 aufgeschlossen ist. Im oberen Bereich des Sandsteinkomplexes steht ein Meter mächtiger mittelgrauer Tonsandstein an, in welchem Blattreste eingelagert sind, wobei es sich wahrscheinlich um Teile eingespülter Landpflanzen aus terrestrischen Bildungsbereichen handelt. Überlagert wird dieser Sandsteinkomplex von einem 2 Meter mächtigen hellgrauen Ooid- und Mollusken-führenden Kalkstein. Den Abschluß der im Profil aufgeschlossenen Schichten bildet ein Meter mächtiger hellgrauer horizontal geschichteter Sandstein. Wie gezeigt werden kann handelt es sich bei diesem Profil um Ablagerungen eines niedrig energetischen Beckens, in welche in unregelmäßigen Abständen gröber klastisches Material aus terrigenen

Abtragungsräumen abgelagert wurden. Im Hangenden nehmen die feinkörnigen niedrig energetischen Bildungen zu, was auf ein absinken des Ablagerungsraumes unter die Sturmwellenbasis oder auf eine Abnahme des klastischen Eintrags deutet.

### **Profil 1033**

Das Profil 1033 befindet sich am Nordhang des Troia-Rückens, westlich der Profile 1019 und 1029, wobei in diesem Profil die sedimentären Abfolgen der genannten Profile lateral fortgeführt werden. In Basisbereich sind hellgraugelbe schwach verfestigte Molluskenführende Kalk- und Ton-/Kalksteine in einer Mächtigkeit von ca. einem Meter aufgeschlossen, welche eine horizontale Schichtung zeigen. Überlagert werden diese von einem vier Meter mächtigen hellgelben Sandstein mit zwischengeschalteten 30 cm mächtigen grüngrauen fossilfreien Tonstein. Im mittleren Bereich der Abfolge lagern ein vier Meter mächtiger grauer massive Biogenkalke und Ton-Kalkstein, in welchen zwischengelagert ein domartig aufgewölbter Stromatolith eingelagert ist. Diese Kalksteine sind überwiegend homogen und zeigen zum überlagernden Sandstein eine scharfe Abgrenzung. Dieser Sandstein ist über drei Meter mächtig, hellgraugelb, durchgängig Horizontalgeschichtet und mäßig verfestigt. Unterhalb der Bodenbildung befindet sich ein lagiger knolliger Stromatolith, welcher den Abschluß der im Profil aufgeschlossenen Schichten bildet. Wie gezeigt werden kann sind im Profil niedrig und hoch energetische Ablagerungen aufgeschlossen, wobei eine Tendenz zu feinerkörnigen oder gröberen Klasten nicht erkennbar ist. Bei den hochenergetischen Ablagerungen handelt es sich um kurzzeitige fluviatile klastische Einträge terrigenen Materials in ein niedrig energetisches Environment, zum Beispiel ein brackisches oder flachmarines Becken. Beprobet und untersucht wurde der Stromatolith unter der Bezeichnung 1033-8 (Abb. 13).



Abb. 13: Stromatolith  
(Probe 1033-8).

**Profil 1038**

Im Profil ist eine Abfolge aus drei insgesamt 15 Meter mächtigen rötlichen fossilfreien Sandsteinen aufgeschlossen, wobei die Färbung auf die Einlagerung von Eisenoxiden zurückgeführt wird (Abb. 14, 15). An der Basis ist ein drei Meter mächtiger leicht horizontal geschichteter Sandstein aufgeschlossen, welcher in einigen Bereichen Kiesnester enthält. Der ca. drei Meter mächtige mittlere Sandstein ist feinkörniger und stärker verfestigt als der basale Sandstein. Im Topbereich lagert ein ca. acht Meter mächtiger schräg geschichteter Kiessandstein, welcher leichte Schräg- und Kreuzschichtungen aufweist. Im Gelände eine Gerölluntersuchung an der basalen Schicht vorgenommen, deren Ergebnisse sind in Tabelle 4 dargestellt sind, wobei nur die Komponenten größer 63  $\mu\text{m}$  betrachtet wurden. Überwiegend handelt es sich bei den enthaltenen Geröllen um Sand- und Kiesfraktion, wobei überwiegend gerundete Quarze, Metamorphite und nicht gerundete Serpentine enthalten sind. Gerundete und nicht gerundete Komponenten sind in der basalen Sandsteinlage in etwa gleichen Anteilen enthalten. Magmatite und Sedimentite treten in der gesamten Schicht in geringeren Anteilen auf. Dies läßt auf ein Liefergebiet in metamorphen und quarzreichen Gesteinen schließen, wobei Sedimentite, welche den neogenen Troia-Rücken bilden in geringen Anteilen enthalten sind, was auf eine geringe Abtragung dieser Sedimentite deutet. Daraus folgend handelt es sich um fluviatile Ablagerungen, welche überwiegend metamorphen und quarzreichen Gesteinen nach einem kurzen Transportweg unter hoch energetischen Verhältnissen abgelagerte. Von den beiden basalen Schichten wurden Proben 1038-1 und 1038-2 entnommen.



Abb. 14: Profil 1038

Tab. 4: Geröllanalyse der basalen Sandsteinschicht 1038-1

Komponenten	Kies (>2 mm)		Sand (63 µm-2 mm)	
	gerundet (in %)	nicht gerundet (in %)	gerundet (in %)	nicht gerundet (in %)
Quarze	9	2	1	16
Sedimentite	3	1	-	2
Metamorphite	7	2	10	5
Serpentinite	4	5	15	6
Magmatite	-	2	1	2
Basalte	2	1	3	1



Abb. 15: Profil 1038

## 7.2 Petrographie der Profile

Eine ausführliche Erläuterung zu den Petrologien der in den Profilen aufgeschlossenen Sedimente erfolgt an dieser Stelle nicht, sondern eine Beschreibung des aus allen Profilen zusammengefaßte Normalprofil. Im Anhang unter 3 sind alle Profile, welche bei der Geländearbeit aufgenommen wurden graphisch dargestellt, wobei die Ergebnisse der Siebanalyse und der mikroskopischen Untersuchung eingeflossen sind.

Bei den Gesteinen des Troia-Rückens handelt es sich um cm bis m mächtige Ton-, Schluff-, Sand- und Kalksteine, welche in unterschiedlichen Ausbildungen und Verfestigungen vorliegen. Reine Ton- oder Schluffsteine sind ausschließlich in dünnen, cm mächtigen Lagen in den Profilen aufgeschlossen, wobei mächtigere tonige oder schluffige Ablagerungen stark kalkig sind. Bei den Kalksteinen handelt es sich überwiegend um dichte helle oder hellgraue chemisch gefällte Sedimentite und in geringeren Anteilen um massive Biogenkalke, welche größere Hohlräume beinhalteten. Sandsteine besitzen eine schluffig, tonige Matrix und enthalten karbonatische Beimengungen und in geringen Anteilen Kiese. Die meisten Gesteine zeigen ein relativ breites Korngrößenspektrum auf, was allgemein für eine schlecht sortierte fluviatile Ablagerung spricht. Meist führen die Schichten Mollusken-, Gastropoden- oder Ostrakodenbruchstücke, wobei in zwei Schichten Knochenreste und in einer Schicht inkohlte Blattabdrücke enthalten sind.

### 7.3 Normalprofil

In der Abbildung 15 ist, als Weiterbearbeitung der Profile, ein Normalprofil erstellt worden, welches in zwei stratigraphische Einheiten unterteilt wird, wobei diese durch die östlichere der beiden NS verlaufenden Störung voneinander getrennt werden. Von YALTIRAK (2000) werden die westlich der Störung aufgeschlossenen Ablagerung der Conkbayırı-Formation und die östlich aufgeschlossenen Sedimente der miozänen Alçıtepe-Formation zugeordnet.

Zunächst werden die der Alçıtepe-Formation zugehörigen Schichten, beschrieben. An der Basis ist ein 12 bis 15 Meter mächtiger hellgelbgrauer Mollusken- und Gastropoden-führenden Sandstein an, welcher im Liegenden horizontal geschichtet und von Grobsandlagen durchzogen ist. Darüber sind Schichten über eine Mächtigkeit von ca. 10 Metern nicht aufgeschlossen und von Hangschutt verdeckt. Überlagert wird dieser Bereich von hellgrauen 5 bis 6 Meter mächtigen Mollusken- und Gastropoden-führenden Kalksteinen, welche am Top horizontalgeschichtet sind. Darüber lagert ein fossilfreier schwach verfestigter 2 bis 3 Meter mächtiger ungeschichteter Ton-Kalkstein. Bei beiden Kalktonsteine handelt es sich um potentielle Grundwasserstauer. Im Anschluß ist ein 10 bis 15 Meter mächtiger hellgelbgrauer Mollusken-führender Sandstein aufgeschlossen, in welche an der Basis Grobsandlagen, eingelagert sind. Über diesem möglichen Grundwasserleiter ist ein 4 bis 5 Meter mächtiger Mollusken-führender Biogenkalkstein aufgeschlossen, bei welchem es sich um einen Grundwasserstauer handelt. Dieser Kalkstein ist an der Basis kreuzgeschichtet und in der Mitte des Körpers sind mehrere Tonlagen eingeschaltet. Der Übergang zu dem mittelgelben Sand-Tonstein gefolgt allmählich, wobei im Hangenden des Biogenkalks vermehrt Tonlagen eingeschaltet sind, welche zunehmend sandiger werden und schließlich in den Sand-Tonstein übergehen. Darüber lagert ein ca. 8 Meter hellgraugrünlicher Ton-Kalkstein, welcher an der Basis Mollusken-führend ist. Überlagert wird dieser Kalkstein von einem eine Meter mächtigen massiven hellgrauen stromatolithischen Kalkstein. Im Hangenden ist ein hellgrauer Ton-Sandstein aufgeschlossen bei dem es sich um einen möglichen Grundwasserleiter handelt. Dieser ist in Lagen fossilführend, wobei zum Top die Sandlagen mächtiger werden. Den Abschluß der aufgeschlossenen Schichten der Alçıtepe-Formation stellt ein hellgrauer Mollusken-führender Ton-Kalkstein dar, welcher im mittleren Bereich horizontalgeschichtet ist.

Wie gezeigt werden kann, handelt es sich bei der gesamten Formation um eine Abfolge von Sand-, Ton- und Kalksteinen in unterschiedlichen Ausbildungen. Allgemein werden

die feinkörnigen Schichten zum Liegenden hin mächtiger, was für eine Vertiefung des Ablagerungsraumes unter den Sturmwellenbereich oder ein Nachlassen der gröber klastischen Einträge zurückzuführen ist.

Bei der Conkbayırı-Formation handelt es sich wie bei der Alçitepe-Formation um eine Abfolge von Sand-, Ton- und Kalksteinen. Unterhalb der Basis der aufgeschlossenen Schichten steht ein ca. 30 bis 40 Meter mächtiger hellgrauer Tonkalkstein, welchen im Gelände an Hand von Oberflächenausstrichen bestimmt wurden, wobei wahrscheinlich gering mächtige Lagen unterschiedlicher Ausbildung in diesen eingeschaltet sind. Überlagert wird diese Schicht von einem fünf Meter mächtigen mittelgrauer Sandstein welcher an der Basis Channel-Bildungen enthält und fossilfrei ist. Im Hangenden dieser Abfolge ist ein fünf Meter mächtiger hellbrauner karbonatischen Tonsandstein ausgebildet, welcher an der Basis und im Hangenden Knochenreste enthält und horizontalgeschichtet ist. Darüber sind die Schichten in einer Mächtigkeit von ca. einem Meter von Hangschutt überrollt. Darüber ist ein mittelgrauer Mollusken-führender Tonsandstein aufgeschlossen, in welche an der Basis konglomeratische und schluffig, tonige Lagen eingelagert sind. Im Hangenden dieser Schicht ist ein mittelgraubrauner Mollusken-führender Kalkstein aufgeschlossen, welcher an seiner Basis mehrere Tonlagen enthält. Im mittleren Bereich dieses potentiellen Grundwasserstauers sind Gastropodenbruchstücke eingelagert. Überlagert wird diese Schicht von einem sechs Meter mächtigen hellgelben Mittelsandstein, welcher an der Basis fossilführend ist. Am Top und an der Basis sind Channel-Bildungen aufgeschlossen. Den Abschluß dieser Schicht bildet ein hellgrauer stromatolithischen Kalkstein, welcher ca. einen Meter mächtig ist und eine wellige, lagige Oberfläche besitzt. In dem überlagernden Kalkstein sind Mollusken und Ooiden enthalten. Darüber ist ein hellgelbgrauer Sandstein aufgeschlossen, welcher im mittleren Bereich Grobsandlagen und im Topbereich Tonlagen enthält. Den Abschluß der Conkbayırı-Formation bildet ein hellgrauer stromatolitischer Kalkstein, welcher von einem dichten tonigen ungeschichteten Kalkstein überlagert wird. Dieser ungeschichtete Kalkstein enthält im Topbereich Ooide.

Wie gezeigt werden kann handelt es sich bei der Formation um eine Abfolge aus niedrig und hoch energetischen Ablagerungen, wobei eine Tendenz zu feinkörnigeren oder grobkörnigen Bildungen nicht festgestellt werden kann. Es handelt sich bei den Ablagerungen dieser Formation um Schüttungen gröber klastischen fluviatilen Materials in einen niedrig energetischen Ablagerungsraum.

Abb. 16: Normalprofil der neogenen Schichten des Troia-Rückens

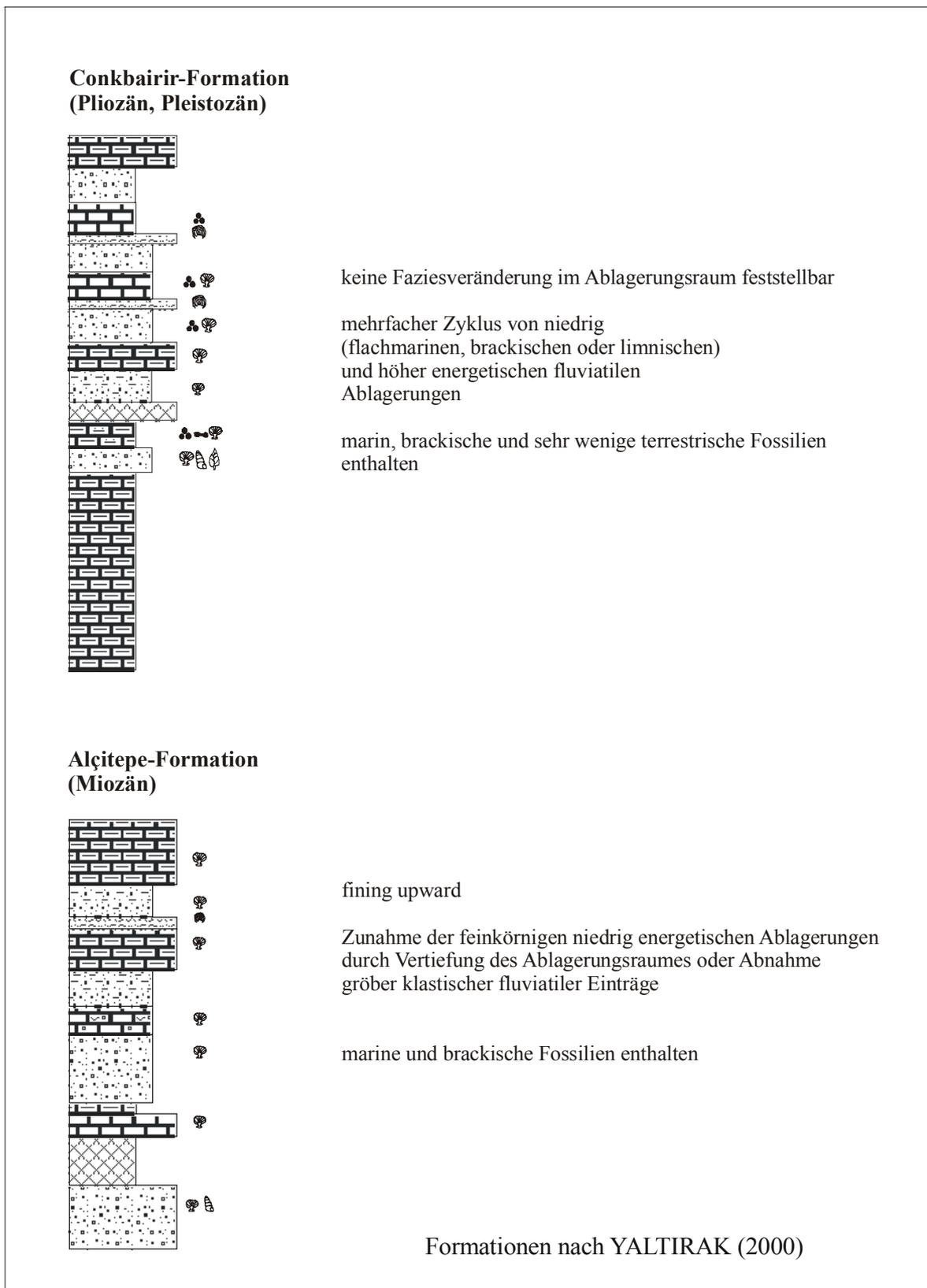


Abb. 17: fazielle Rekonstruktion des Normalprofils

#### 7.4 Tektonik des Arbeitsgebietes

Wie in der Anlage 1 und der Abbildung 18, 19 ersichtlich, werden auf Grund der Geländeaufnahmen und der Auswertung der Profile drei Störungen auf dem Troia-Rücken vermutet. Es handelt sich dabei um zwei N—S und eine E—W gerichtete, welche in der Literatur bislang nicht beschrieben wurden, werden und wofür hier zur besseren Unterscheidung Namen eingeführt.

Im folgenden wird die E—W gerichtete Störung als **Troia-Störung** bezeichnet, diese verläuft im Liegenden des Çıplak-Flusses und teilt den neogenen Sedimentrücken in einen Nord- und einen Südblock. Der Versatz an dieser Störung beträgt wenige Meter und im Quartär lagerte sich entlang dieser Schwächezone fluvialtile Sedimente zwischen den Siedlungen Kalafat und Troia (Tevfikiye) ab.

Bei den zwei N—S verlaufenden Störungen wird nachfolgend die östliche als **Gökçalı-Störung** und die westliche als **Çıplak-Störung** bezeichnet, wobei beide Störungen erst bei der Bearbeitung der bei der Geländearbeit aufgenommenen Profile genau beschrieben werden konnten. Bei der Çıplak-Störung handelt es sich um eine Schwächezone, welche östlich der Siedlung Çıplak und entlang der Straße von Çıplak nach Halileli verläuft, wobei für diese Störung an Hand der konstruierten Profile ein Versatz von fünf bis zehn Metern festgestellt wurde. Die Gökçalı-Störung verläuft westlich der Siedlung Gökçalı und entlang der Straße zwischen Çanakkale und Ezine. An beiden Störungen konnte im Gelände die gleiche Aufschlußsituation beobachtet werden, einseitig sind die Profile, welche entlang der Störungen verlaufen, gut aufgeschlossen, wobei an der entgegengesetzten Seite ein steilerer Abhang aus lockerem Material vorhanden ist.

Daraus folgend wird der Troia-Rücken von den drei Störungen in sechs Blöcke unterteilt, wobei die Schichten an der Çıplak-Störung und der Troia-Störung durch den geringen Versatz lateral kaum verändert werden, so das diese bei der weiteren Betrachtung des Troia-Rückens nicht einbezogen werden. An der Gökçalı-Störung beträgt der Versatz mehrere Zehner Meter, wodurch im Osten der Störung andere Schichtenfolgen anstehen als im Westen der Störung. Um den Troia-Rücken zu unterteilen wird auf Grund des Versatzes ausschließlich die Gökçalı-Störung betrachtet, wodurch sich eine Zweiteilung des Troia-Rückens ergibt.

Im folgenden wird der westliche Block, auf dem sich die Siedlungen Cıplak, Tevfikiye und Troia befinden, als **Troia-Block** bezeichnet. Innerhalb dieses Blockes verläuft die Cıplak-Störung, deren Versatz wenige Meter beträgt. Der im Osten befindliche Block wird im weiteren als **Gökçalı-Block** bezeichnet, auf welchem sich die Ortschaften Gökçalı und Akçapınar befinden. Beide Blöcke werden durch die Gökçalı-Störung voneinander getrennt, wobei sich an dieser Störung aus den konstruierten Profilen ein Versatz von mehreren Zehner Metern ergibt. Durch diesen Versatz treten im Gökçalı-Block andere Schichten an die Oberfläche als im Troia-Block, bei dem es sich um jüngere Bildungen handelt.

Wird der Gökçalı-Block im Zusammenhang mit der Formationsbeschreibung von YALTIRAK betrachtet, kann festgestellt werden, daß die Abfolgen zu den Beschreibungen der Alçıtepe-Formation passen, welche als flachmarine bis lakustrine Bildung aus sandigen Kalksteinen, Oolithen und Sandsteinen beschrieben wurden. Eingeschaltet finden sich Mollusken, Ostrakoden und Ooide in unterschiedlichen Schichten.

Nach der Veröffentlichung von YALTIRAK (2000) werden die Bildungen in die Conkbayırı-Formation gestellt. Danach werden sie als alluviale Fan-Ablagerungen beschrieben. Weiterhin wurden Süßwassermollusken, Sporen und Pollen beschrieben und zur Datierung genutzt. Darüber hinaus sind die Aussagen über diese Formation in der genannten Veröffentlichung gering.

In Abbildung 18, 19 ist die Lage der zwei N-S streichenden Störungen und die dadurch entstehende Zerteilung des Rückens dargestellt. Als Ursache dieser tektonischen Elemente werden Graben- oder Talentwicklungen, sowie Hebungen des Gebietes vermutet, welche von YALTIRAK (1998) im Zusammenhang mit der allgemeinen tektonischen Entwicklung des Golfs von Saroz beschrieben wurde. Auf Grund dieser Arbeit von YALTIRAK werden die Störungen als hebungsbedingte Bildungen bestimmt. Im Osten stehen massive Vulkanite und Metamorphite an, während das Gebiet im Westen und Norden in eine marines Environment übergeht. Bei den Vulkaniten handelt es sich nach YALTIRAK (2000) um spätmiozäne Bildungen und nach persönlicher Mitteilung von BIRKLE unterlagern diese zumindest Teile des Troia-Rückens, wobei deren Platznahme ein Auslöser für die nach Nordwesten gerichteten Störungen sein könnte.

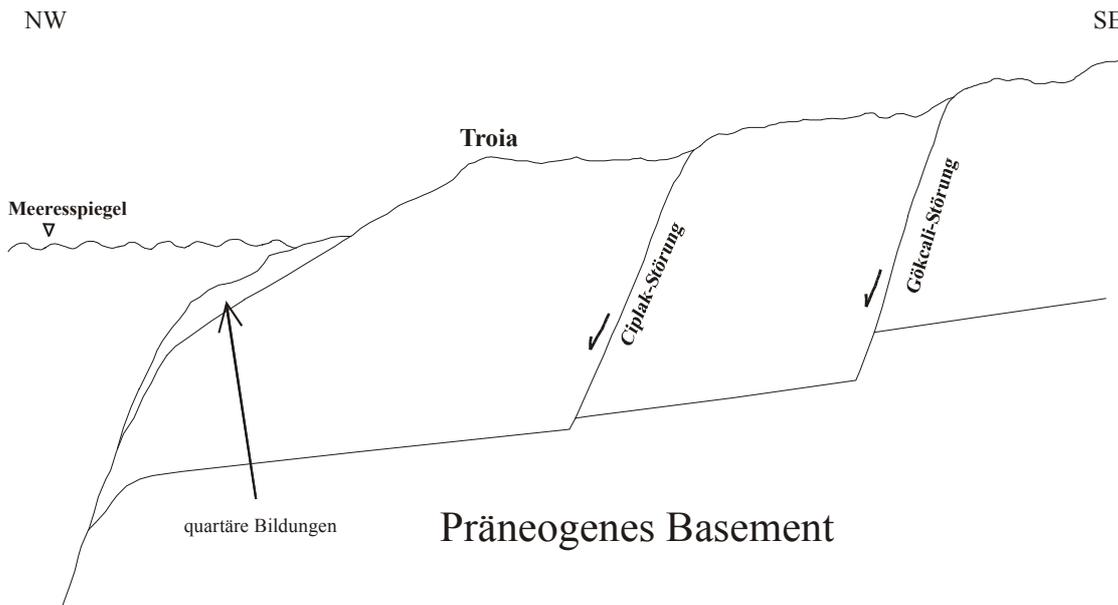


Abb. 18: Prinzipdarstellung durch den Troia-Rücken in NW—SE-Richtung

Abb. 19: Profilschnitte durch den Troia-Rücken in W/E- und NNE/SSW-Richtung

## 7.5 Einordnung der Stratigraphie

Ausgehend vom Normalprofil wird versucht, eine Einordnung in die bestehende Stratigraphie vorzunehmen. Eine stratigraphische Einteilung wurde bis jetzt nur von YALTIRAK in drei verschiedenen Versionen (1998, 2000, 2002) vorgenommen.

In der ersten Version von 1998 stellt der Autor den Troia-Rücken in die Kirazlı-Formation, welche als Bildung des Serravalian und Tortonian beschrieben wird. Den im Norden liegenden Kumkale-Rücken und den westlich liegenden Yeniköy-Rücken ordnet er der jüngeren Alçitepe-Formation zu. Diese Formation lagerte sich im oberen Tortonian und Messinian ab. Am nördlichen Rand des Arbeitsgebietes steht nach dieser Veröffentlichung die Gazhanedere-Formation an, welche im Serravalian und Langhian abgelagert wurde. Im Südosten wird das Gebiet von magmatischen Bildungen begrenzt, welche von YALTIRAK (1998) in die Zeit zwischen der Kirazlı- und der Alçitepe-Formation datiert werden. Folglich handelt es sich bei den anstehenden Gesteinen des Troia-Rückens um mittel- bis spätmiozäne Bildungen.

Somit beschreibt YALTIRAK die Ablagerungen des Troia-, Kumkale- und des Yeniköy-Rückens aus unterschiedlichen Zeiten. Zunächst lagerten sich die Sedimente des Troia-Rückens ab, anschließend stiegen saure Vulkanite auf und schließlich bildeten sich die Sedimente des Kumkale- und des Yeniköy-Rückens. Im Quartär schnitten sich mehrere Flüsse in die Sedimente zwischen den drei Rücken und Meeresspiegelschwankungen führten zu Verlagerungen der Flußläufe und nachfolgender Sedimentation der neu entstandenen Buchten in den ehemaligen Flußtäälern.

In der Veröffentlichung aus dem Jahr 2000 von YALTIRAK werden die gesamten Ablagerungen jüngerer Formationen zugeordnet. Demnach gehört die Rücken nunmehr der früh-pleistozänen bis spät-pleistozänen Conkbayırı-Formation an und am südöstlichen Rand des Arbeitsgebietes steht die früh miozäne Alçitepe-Formation an. Saure Vulkanite im Südosten des Gebietes werden in dieser Veröffentlichung zeitlich jünger eingeordnet. Von YALTIRAK (2000) werden die drei Rücken als Bildungen derselben Formation beschrieben. Zwischen den Rücken lagern zumeist fluviatile quartäre Ablagerungen. Seine geänderte Einordnung des Troia-Rückens beruht nicht auf einer Neukartierung, sondern auf einer neuen Auswertung der bekannten Daten. Wird die Veröffentlichung von 2000 betrachtet, lagerten sich die drei Rücken zeitgleich in einem flachen Becken ab und wurden ab dem späten Miozän gehoben. Zwischen diese drei Blöcken schnitten sich während deren Hebung fluviatile Systeme ein und lagerten im Quartär klastisches Material ab

---

In der Arbeit von YALTIRAK aus dem Jahr 2002 wird die Conkbayırı-Formation in die Truva- und die Özbek-Formation unterteilt. Ob es sich dabei um eine Unterteilung der Conkbayırı-Formation oder um eine Verzahnung der Formationen handelt ist nicht ersichtlich. Leider werden zu den Formationen, den zeitliche Einordnungen oder dem Grund der Unterteilung keine Angaben gemacht. Ebenso unklar ist, ob es sich dabei um die Auswertung neuer Daten handelt oder um die Bearbeitung der bereits 1998 verwendeten. Als richtig werden die Zuordnungen in YALTIRAK (2002) angesehen (persönliche Mitteilung YALTIRAK 2003).

#### 7.5.1 Beschreibung der Formationen nach YALTIRAK (1998, 2000)

Im folgenden Unterkapitel werden die Gazhanedere-, Kirazlı- und Alçıtepe-Formation auf Basis der Veröffentlichung von YALTIRAK (1998) beschrieben. Nur von der Conkbayırı-, der Özbek- und der Marmara-Formation liegen neuere Beschreibungen aus der Veröffentlichung von YALTIRAK (2000) vor. In allen Arbeiten wird bei YALTIRAK das Neogen in sieben Formationen unterteilt: Gazhanedere-, Kirazlı-, Alçıtepe-, Conkbayırı-, Özbek- und Marmara-Formation. Unterhalb der neogenen Ablagerungen steht das **präneogene Basement** an. Es handelt sich dabei um unterschiedliche Metamorphite und Magmatite.

##### **Gazhanedere-Formation:**

Zunächst wurde im Neogen die früh- bis mittelmiozäne Gazhanedere-Formation abgelagert. Diese Formation wurde von SALTİK (1974) festgelegt (YALTIRAK 1998). Hauptsächlich sind diese Ablagerungen im Gebiet um die Gelibolu Peninsula, im nördlichen Teil des Sarozgolfes und der Dardanellen ausgebildet. YALTIRAK beschreibt die Formation als grobe klastische Ablagerung eines mäandrierenden Flusses, in denen kohleführende Lagen und lakustrine Tone zwischengeschaltet sind. Im Liegenden befinden sich fluviatile Folgen grobklastischen Materials und rötlicher Tonsteine, die zum Hangenden hin grünlicher werden und schluffige Einschaltungen enthalten. Um Eceabat erreicht die Formation eine Mächtigkeit von 300 bis 330 Metern und enthält *Unio*-führende Tonschluffsteinlagen. Zwischen Çanakkale und Lapseki bildete sich im Miozän ein breiter Fluß aus, der konglomeratisches Material und rötliche-grünliche Tonsteine mit Süßwasserstrakoden ablagerte.

### **Kirazlı-Formation:**

Überlagert wird die Gazhanedere-Formation von der Kirazlı-Formation, bei der es sich nach YALTIRAK (1998) überwiegend um Fluß- und Strandbildungen handelt. An der Basis sind massive Sandsteine mit Schluffsteineinschaltungen ausgebildet, wobei im Topbereich Schrägschichtungen häufiger werden. Fossilien aus dem Liegenden der Abfolge werden auf ein tortonisches Alter datiert. In der Umgebung von Gelibolu und Eceabat besteht die Formation aus schräg- bis vertikalgeschichteten Sandsteinen mit zwischengeschalteten Tonsteinlagen. Im Topbereich sind Konglomerate mit *Maetra* abgelagert, welche zusammen mit Mammaliaresten auf ein früh-tortonisches Alter datiert wurden.

### **Alçitepe-Formation:**

Nach YALTIRAK (1998) wurde die 200 Meter mächtige Alçitepe-Formation von ÖNEM (1974) eingeführt. Ihren Namen erhält die Formation von der Stadt Alçitepe, in deren Umgebung der Locus Typicus ansteht. In einem flachmarine bis lakustrine Environment wurden sandigen Kalksteinen, Oolithen und Sandsteinen, sowie *Maetra*-führende Kalksteine abgelagert. Im Osten der Dardanellen beginnt die Formation mit Bildung einer transgressiven Abfolge aus kreuzgeschichteten Sandsteinen mit Schalenresten und ooidreichen, marinen Kalksteinen. In der Formation enthaltene Bivalven wurden von TERNEK (1949) auf ein tortonisches Alter datiert.

Zwischen den Ablagerungen der Alçitepe- und der Conkbayırı-Formation intrudierte ein intermediäres bis saures Magma. Dieses durchbrach an einzelnen Stellen die Oberfläche und lagerte sich faziell verzahnt zu den oben genannten Formationen ab. **Basalte** der Biga-Halbinsel wurden nach YALTIRAK (2000) auf ein spätmiozänes Alter datiert, welches im folgenden auch für die im Arbeitsgebiet anstehenden Basalte angenommen wird.

### **Conkbayırı-Formation:**

Bei der nach KELLOG (1973) beschriebenen Conkbayırı-Formation handelt es sich überwiegend um alluviale Fan-Ablagerungen, welche im Zusammenhang zum Anafartalar-Störungssystem stehen. Die Abfolge beginnt mit der Ablagerung von Tonschluffsteinen und geht zum Hangenden in Sandsteine über. Mittels Süßwassermollusken, Sporen und Pollen wurde die Formation von ÖNAL (1984) auf das späte Pliozän datiert.

### **Özbek-Formation:**

Nahe Çanakkale-Stadt befindet sich die Ortschaft Özbek, in deren Umgebung der Locus Typicus der Özbek-Formation beschrieben ist, welche lateral mit den groben Sandsteinen

aus den obersten Ebenen der Conkbayırı-Formation verzahnt sind. Im Locus Typicus wird die Basis von konglomeratischen Sandsteinen gebildet und im Topbereich sind Bivalven und Milioliden enthalten und die Ablagerungen werden gröber und schlechter sortiert. Im Locus Typicus wird die Mächtigkeit der gesamten Formation mit 17 Metern angegeben. Mit Hilfe unterschiedlicher Fossilien wurde die Ablagerungen auf das späte Pliozän bis frühe Quartär datiert.

### **Marmara-Formation:**

Den Abschluß der neogenen Bildungen stellt nach YALTIRAK (2000) die Marmara-Formation dar. Hauptsächlich bestehen die Ablagerungen der Formation aus detritischem Material, welches in einer Strandfazies abgelagert wurden. Im Quartär wurden die hangenden Lagen der Formation erodiert, woraus sich stark schwankende Mächtigkeiten bei der Ausbildung der Formation in unterschiedlichen Profilen ergeben. An der Basis sind fossilreiche Sandsteine aufgeschlossen, welche in einer Strandfazies gebildet wurden, welche meist gerundete Quarzgerölle und Ostrakoden, sowie Gastropoden und Bivalven enthält. Am Top stehen fossilreiche Sandsteine an, welche auf ein meerwärts progradierendes Delta schließen lassen. Diese werden überlagert von Deltaablagerungen und einem fossilarmen Sandstein. Nach Yaltirak (2000) wurde die Formation mittels radiometrischer Messungen auf ein Alter von ca. 1 bis 2 Millionen Jahren datiert.

### **Quartäre Ablagerungen:**

Quartäre Ablagerungen wurden von KAYAN ( 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001) in verschiedenen Veröffentlichungen für die Ebenen um den Troia-Rücken mittels Auswertung von Bohrdaten, genau beschrieben. Nach KAYAN handelt es sich bei diesen Ablagerungen um verschiedene marine, brackische und fluviatile Bildungen, welchen hauptsächlich aus Deltaschüttungen, flachmarinen Ablagerungen, channel fillings und Hangablagerungen gebildet werden.

Wird der Gökçalı-Block im Zusammenhang mit der Formationsbeschreibung von YALTIRAK betrachtet, kann festgestellt werden, daß die Abfolgen zu den Beschreibungen der Alçitepe-Formation passen, welche als flachmarine bis lakustrine Bildung aus sandigen Kalksteinen, Oolithen und Sandsteinen beschrieben wurden. Eingeschaltet finden sich Mollusken, Ostrakoden und Ooide in unterschiedlichen Schichten. Nach der Veröffentlichung von YALTIRAK (2000) werden die jüngeren Bildungen, östlich der Gökçalı-Störung, in die Conkbayırı-Formation gestellt, welche als alluviale Fan-Ablagerungen beschrieben werden.

## 8 KORNGRÖßENANALYSE

### 8.1 Siebanalyse

#### 8.1.1 Allgemeines zur Siebanalyse

Mittels Korngrößenanalyse werden Stein-, Kies-, Sand-, Schluff- und Tonfraktion einer Probe bestimmt. Gewöhnlich werden mit der Siebung die Körnungen von Kies und Sand ermittelt, also Körner mit einem Durchmesser  $> 0,063$  mm. Stammen die Proben aus Ablagerungen von Ästuaren, Stränden oder vom Meeresboden, können unterschiedliche Salze, aber auch Gips enthalten sein, welche im Trockenschrank auskristallisieren und einzelnen Mineralkörner miteinander verklebt, was zu einer Verfälschung der Ergebnisse führt. Um Agglomerationen zu verhindern werden den Proben vor der Siebung Dispersionsmittel zugesetzt. In den Korngrößen kleiner  $63 \mu\text{m}$  wird das Verhalten der Körner durch die Konzentration und Wertigkeit von Salzen im Haftwasser bestimmt, welche zu Flockungen und Zusammenballungen der einzelnen Partikel führt, die bei der nachfolgenden Korngrößenanalyse zu einer Verfälschung der Ergebnisse und letztendlich zur falschen Interpretation der Sedimentationsräume führt. Es können Trocken- oder Naßsiebverfahren verwendet werden, wobei in jedem Fall die getrocknete Gesamtprobenmenge vorher und die einzelnen Fraktionen hinterher gewogen werden.

Beim **Trockensiebverfahren** werden Siebe mit unterschiedlichen Lochweiten übereinander gestapelt und mit einem mechanischen Rüttler verbunden, wobei sich eine Rüttelzeit von 15 bis 20 Minuten empfiehlt. Über die Menge und Maschenweite der verwendeten Siebe entscheidet der Bearbeiter, es empfiehlt sich aber je nach Genauigkeit der Analyse unterschiedliche Siebintervalle zu verwenden. Beim Siebvorgang fallen die Körner gravitativ durch die groben Siebe, bis sie in dem Sieb, daß kleiner als die Korngröße ist, liegen bleiben. Nach dem Siebvorgang werden die einzelnen Siebe mit einem Pinsel oder einer Bürste geleert und auf 0,01 Gramm genau ausgewogen.

Da viele Sedimentite Mischungen aus Kies, Sand und feineren Teilchen sind, kann die Trockensiebung nur für einen Teil des Gesamtkornspektrums eine Lösung sein. Die feinere Fraktion wird gewöhnlich bei  $63 \mu\text{m}$  von der gröberen abgetrennt und gesondert, zum Beispiel mit dem Photometer, untersucht. Bei der **Naßsiebung** findet oft eine Abtrennung der Sand- und Kiesfraktion von den Tonen und Schluffen statt. Zunächst wird die Probe getrocknet, gewogen und über einen individuell festgelegten Zeitraum in einem Dispersionsmittel gelöst um eventuell enthaltene Salze und Organika zu entfernen.

Anschließend wird die Probe mit klarem Wasser durch ein 63µm-Sieb geschlämmt, wobei die Fraktion kleiner 63 µm zur Berechnung der Gesamtprobe und zur weiteren Analyse aufgefangen wird. Um die Totalgehalte der gesiebten Fraktionen zu erhalten, werden die Differenzen aus den Gewichten der Ausgangsprobe und der aufgefangenen Fraktionen benutzt. Beim Trocknen der Proben ist darauf zu achten, daß diese nicht über 100 °C erhitzt werden, da sonst Veränderungen an den Tonpartikeln vorkommen, welche diese Partikel für weitere Untersuchungen unbrauchbar machen kann.

### 8.1.2 Probenaufbereitung

Im Sedimentlabor der TU Bergakademie Freiberg wurden 30 der 56 im Kartierungsgebiet genommenden Sedimentproben aufbereitet und hinsichtlich der Korngrößen, Kornverteilung, Rundung und Fossilführung untersucht. Dabei sind 10 Proben aus der Quellschicht in der Arbeit von LIPPMANN (2003) beschrieben. Mit Hilfe der Kornverteilung werden Rückschlüsse auf die  $k_f$ -Werte der Proben und ihre Wasserdurchlässigkeit sowie den Bildungsbedingungen der Sedimente gezogen.

Zuerst wurde von jeder Probe eine repräsentative Teil getrocknet und abgewogen, dabei handelt es sich um eine Mengen zwischen 100 bis 200 g, wobei je größer das sichtbare Korngrößenspektrum, desto mehr Probenmaterial verwendet wurde. Im Naßsiebverfahren wurden zunächst die Fraktion kleiner 63 µm abgetrennt und die Schluff-, Sand- und Kiesfraktion wurde aufgefangen, getrocknet und erneut gewogen. Aus den erhaltenden Werten läßt sich indirekt, durch Subtraktion der Ausgangsgewichte und den Gewichten der größer 63 µm-Fraktionen, der Tonanteil berechnen.

Um die Sand- und Kiesfraktion genauer zu unterteilen, wurde die Proben trocken gesiebt. Auf Grund der Verfestigungen in einigen Proben wurden diese zunächst im Ultraschallbad 10 bis 15 Minuten behandelt und anschließend wurde nach der DIN 18123 die getrocknete Restprobe mit Hilfe eines mechanischen Rüttlers gesiebt. Es wurde das Gerät Vibrotronic Typ VE 1 der Firma Rentsch verwendet. Um eine ausreichende Fraktionierung der Probe zu gewährleisten, wurde eine Rüttelzeit von 30 Minuten bei einer Frequenz von 60 Sekunden und einer Amplitude von 0,60 mm verwendet. Weiterhin mußte im Labor ein fehlendes 250 µm durch ein 280 µm Sieb ersetzt werden.

Nach der DIN 18123 wurden folgende Siebsätze verwendet:

0,063 mm

0,125 mm

0,25 mm (ausgewechselt durch ein 0,28 mm Sieb)

0,5 mm

1 mm

2 mm

4 mm

8 mm

16 mm

In Anschluß an die Siebung wurden die einzelnen Fraktionen gewogen und die Korngrößenverteilungen in Kornsummenkurven dargestellt und die einzelnen Fraktionen unter dem Binokular genau untersucht. Dies wird in Kapitel 9, mikroskopische Untersuchungen, dargestellt und ausgewertet.

### 8.1.3 Untersuchung der Ton- und Schlufffraktion

Eine Korngrößenuntersuchung an feinkörnigen Sedimenten oder an der Ton-, Schlufffraktion größerer Sedimente erfolgt nicht durch direkte Messung der Korndurchmesser selbst, wie bei der Siebanalyse, sondern durch indirekte Messungen der Partikelbewegungen in einer Flüssigkeit. Diese Methode beruht auf der Sedimentationsgeschwindigkeit der Körner in einer Lösung, über diese der Korndurchmesser berechnet wird. Bei der Bestimmung von Sinkgeschwindigkeiten wird der Sedimentationszylinder, wie dem Atterberg-Zylinder oder ein photometrisches Verfahren, verwendet. Mit Hilfe des Sedimentationszylinders wurde die Ton-, Schlufffraktion für die röntgenographische Untersuchung aufbereitet, weshalb eine kurze Beschreibung dieser Methode in Kapitel 10, röntgenographische Untersuchungen, erfolgt.

Zur Berechnung der Sedimentationsrate wird das **STOKESSche Gesetz** verwendet, wobei davon ausgegangen wird, daß sich die Teilchen mit konstanter Sinkgeschwindigkeit in einer ruhigen Flüssigkeit absetzen. Auf die Teilchen wirkt die Schwerkraft, die vom Flüssigkeitswiderstand aufgehoben wird. Diese Werte sind in der Formel durch die Viskosität und den Widerstandsbeiwert der Teilchen repräsentiert.

Das Gesetz wird in TUCKER (1996) wie folgt beschrieben:

$$v_s = [d^2(p_s - p) * g] / 18 \mu$$

wobei  $v_s$  die Sinkgeschwindigkeit,  $d$  der Teilchendurchmesser,  $p_s$  die Dichte des Kornes,  $p$  die Dichte der Flüssigkeit,  $g$  die Erdbeschleunigung und  $\mu$  die dynamische Viskosität der Analysenflüssigkeit ist. Voraussetzung für die Gültigkeit der Gleichung ist die Annahme, daß die Körner kugelförmig sind und etwa gleiche Dichten besitzen. Weil dies in Sedimenten meist nicht der Fall ist, ändert sich die Sinkgeschwindigkeit mit der Änderung der Form und der Dichte, was im Widerstandsbeiwert berücksichtigt wird.

### 8.1.4 Allgemeines zum LUMOSSED-Photometer

Bei der Messung der Korngrößenanalyse der Ton- und Schlufffraktion wurde ein LUMOSSED-Gerät der Firma Rentsch verwendet, welches im Korngrößenbereich von 1-250  $\mu\text{m}$  die Teilchengröße mißt. Das Analysensystem LUMOSSED beruht auf dem Prinzip der gravimetrischen Sedimentation und zählt zu den sedimentationsfotometrischen Verfahren. Es mißt die Korngrößen von Feststoffen der Ton- und Schlufffraktion in einer Suspension nach dem Stokesschen Gesetz.

Bei der Analyse wird zunächst eine geringe Probenmenge in eine mit Wasser gefüllte Glasküvette gegeben und mit einem speziellen Gerät homogenisiert. Je nach Größe und Form der Partikel, und der daraus folgenden Sinkgeschwindigkeit, beginnen die Körnchen zu sedimentieren. In den einzelnen Meßebenen ändert sich dadurch ständig die Feststoffkonzentration, welche mit Sensoren aufgezeichnet wird. Zur Messung der Konzentration werden drei Lichtbündel ausgestrahlt, über Spiegel durch die Küvette gelenkt und von drei Sensoren in unterschiedlichen Höhen aufgenommen. Von den Körnern wird Licht absorbiert und die Restintensität von den Sensoren in elektrische Signale umgewandelt und einem Analog-Digital-Wandler zugeführt wird. Die Fehlerquote liegt unter der einer Messung nach der Pipettiermethode (aus: ANONYM B 2003, ANONYM C 2003).

## 8.2 Probenaufbereitung

Zunächst wurden die Proben nach den in der Siebanalyse genannten Methode in Fraktionen getrennt. Zur genauen Untersuchung der Fraktion kleiner 63  $\mu\text{m}$  wurden 20 bis 30 g Probenmaterial getrocknet, gewogen und naßgesiebt. Die Ton- und Schlufffraktion wurde aufgefangen und erneut in einer Abdampfschale getrocknet. Zunächst wurden die Proben mit destilliertem Wasser versetzt und im Ultraschallbad vorbereitet und anschließend 10 bis 20 ml der Suspension im LUMOSSED-Gerät mit 0,45 g/L Natriumpyrophosphat-Lösung gegeben. Eine einzelne Messung dauerte drei Minuten und wurde, um Fehler so gering wie möglich zu halten, dreimal wiederholt.

### 8.3 Ergebnisse

In den Anlagen unter 4 sind die Ergebnisse der Siebanalyse und die LUMOSSED-Daten für die Werte der Korngröße kleiner 63  $\mu\text{m}$  graphisch und tabellarisch dargestellt. Vereinzelt wurden tonig-karbonatische Agglomerationen angetroffen, die erst nach dem Trockensieben erkannt wurden und von karbonatischen Bindemitteln oder vorhandenen Salzen stammen, die mit kaltem oder warmem Wasser nicht oder nur teilweise entfernt werden können. Da diese Agglomerationen homogen und feinkörnig sind, aber wegen ihrer Ausbildung eine viel größere Korngröße angeben, als die einzelnen Körner tatsächlich haben, werden diese Proben nicht in den Korngrößenverteilungen berücksichtigt. In einigen Proben fanden sich stärker verfestigte Partien, bei welchen teilweise der Eindruck entstand, daß es sich dabei um umgelagerte Bruchstücke von Ton- oder Schluffsteinen handelt. Bei dem Versuch der Zerstörung dieser Agglomerationen mit dem Mörser wurden enthaltene Körner und Fossilien beschädigt, was eine weitere Verfälschung der Korngrößenverteilung zur Folge hat.

Die Agglomerationen verändern die Korngrößenverteilung, weshalb Proben, bei welchen diese Agglomerationen auftraten nicht bei der Auswertung der Siebanalyse und der LUMOSSED-Daten berücksichtigt werden. Aus diesem Grund werden von den 20 bearbeiteten Proben nur die Ergebnisse von 13 verwendet.

Tab. 5: Liste der in der Auswertung angegebenen Kennwerte

Kennwerte	Größenzeichen	Beschreibung
Korndurchmesser	$d$	Durchmesser der Körner, in Summenkurve dargestellt
Mediandurchmesser	$d_{50}$	die Hälfte der Körner ist gröber, die andere feiner als der Wert; aus der Summenkurve ablesbar
Ungleichförmigkeitsgrad	$U$	gibt Neigung der Körnungslinie als Gleichförmigkeit bzw. Ungleichförmigkeit der Kornverteilung an, aus den Korndurchmessern $d_{60}$ und $d_{10}$ berechnet
Schiefe nach FOLK&WARD	$SK_1$	gerichtete Streuung, in einer Normalverteilungskurve liegen Median- und Mittelwert zusammen, die Schiefe gibt die Abweichung von der Normalverteilungskurve; zeigt ob mehr Fein- oder Grobkorn vorhanden sind
Kurtosität oder Gipfeligkeit	$K_G$	gibt die Breite der Summenkurve als Sortierungsgrad an, berechnet als Maß aus dem Verhältnis der Streuung der Extremwerte und der Verteilung
Sortierung nach TRANSK	$S_0$	Streuung, ermittelt mit der Korngröße der 75%- und 25%-Perzentile
Sortierung nach INMAN	$\sigma_0$	Streuung von 68 % der Teilchen um den Mittelwert; berechnet aus der 0,5-fachen Standardabweichung
Sortierung nach FOLK&WARD	$\sigma_1$	Streuung von 90% der Teilchen um den Mittelwert, berechnet aus der 1,65-fachen Standardabweichung

#### 8.4 Klassifizierung der Proben

Für die Charakterisierung der Proben nach sedimentologischen Methoden wurden die Kornsummenkurven ausgewertet. Auffällig an den Kornsummenkurven ist der relativ flache Verlauf, der die schlechte bis sehr schlechte Sortierung der Proben anzeigt, und der sehr großer Ungleichförmigkeitswert.

Tab. 6: Klassifizierung der Proben nach der Auswertung der Kornsummenkurven.

---

Probennummer	Klassifizierung nach der Korngrößenanalyse
1019-8	kiesiger Sandschluffstein
1019-16	kiesiger Sandschluffstein
1019-26	sandiger Schlufftonstein
1019-97-89	sandiger Schlufftonstein
1019-114	tonig, schluffiger Sandkiesstein
1021-1	schluffiger Sandkiesstein
1021-2	tonig, schluffiger Kiessandstein
1023	toniger Sandschluffstein
1026-1	toniger Schluffsandstein
1029-17	toniger Schluffsandstein
1037-7	kiesiger Schluffsandstein
1038-1	tonig, schluffiger Kiessandstein
1038-2	toniger Schluffsandstein

---

## 8.5 Bestimmung des $k_f$ -Wertes

Bei der Bestimmung gibt es unterschiedliche Verfahren, wobei die Verfahren nach HAZEN, ZIESCHANG und BEYER am häufigsten verwendet werden. Zunächst wird der wirksame Korndurchmesser  $d_w$  und der Ungleichförmigkeitsgrad  $U$  ermittelt, wobei zur Berechnung des  $U$ -Wertes die Korndurchmesser  $d_{10}$  und  $d_{60}$  dividiert werden. Für einen  $U$ -Wert größer 5 wird der  $k_f$ -Wert nach BEYER bestimmt, für einen Wert unter 5 erfolgt eine Berechnung nach HAZEN und ZIESCHANG. Allerdings hatte keine Probe einen  $U$ -Wert unter 5, so daß nur die Berechnung nach BEYER durchgeführt wurden. Die Berechnung des  $k_f$ -Wertes nach BEYER erfolgt nach der Formel:

$$k_f = c * d_w^2 \text{ [m/s]},$$

wobei  $d_w = d_{10}$  ist und  $c$  einer Tabelle entnommen wird (Hydrogeologie DIETRICH 2001). Die Ergebnisse der Berechnungen des  $k_f$ -Wertes nach den drei Methoden sind sich sehr ähnlich, wobei Unterschiede ausschließlich aus der Ermittlung des empirischen Beiwertes  $c$  resultieren. Alle drei Formeln errechnen die  $c$ -Werte aus einem Verhältnis zum  $U$ -Wert. ZIESCHANG modifiziert die Formel durch den Einbezug des Glimmeranteils in die Berechnung als  $c_2$ -Wert. Bei HAZEN gibt es nur eine geringe Anzahl von  $c$ -Werten, so daß der daraus ermittelte  $k_f$ -Wert nur eine grobe Abschätzung sein kann. Bei BEYER steht eine Tabelle zur Verfügung, welche die Abhängigkeit des empirischen Beiwertes vom Ungleichförmigkeitgrad beschreibt. Aus der Tabelle kann für jeden  $U$ -Wert ein  $c$ -Wert abgelesen werden, wodurch die Ermittlung des  $k_f$ -Wertes wesentlich genauer ist (HÖLTING 1996, DIETRICH 2000).

Durchlässigkeitsbeiwerte nach DIN 18130 aus HÖLTING 1996:

sehr stark durchlässig	$> 10^{-2}$ m/s
stark durchlässig	$10^{-2}$ bis $10^{-4}$ m/s
durchlässig	$10^{-4}$ bis $10^{-6}$ m/s
schwach durchlässig	$10^{-6}$ bis $10^{-8}$ m/s
sehr schwach durchlässig	$> 10^{-8}$ m/s

Diese  $k_f$ -Werte sind mit Vorsicht anzuwenden, da in der Regel wenige Proben entnommen werden, wobei die Korngrößen des Gesteins nie in der gesamten Schicht gleichmäßig ausgebildet sind. Aus hydrogeologischer Sicht ist die  $k_f$ -Wertbestimmung durch Pumpversuche immer der Berechnung aus Summenkurven vorzuziehen.

Tab. 7: aus den Summenkuven berechnete  $k_f$ -Werte

Probennummer	$k_f$ -Wert (nach BEYER) in m/s	Durchlässigkeit
1019-8	$1,4 \cdot 10^{-5}$	durchlässig
1019-16	$5,0 \cdot 10^{-7}$	schwach durchlässig
1019-26	$7,8 \cdot 10^{-9}$	sehr schwach durchlässig
1019-97-89	$6,0 \cdot 10^{-9}$	sehr schwach durchlässig
1019-114	$4,1 \cdot 10^{-6}$	schwach durchlässig
1021-1	$9,6 \cdot 10^{-6}$	schwach durchlässig
1021-2	$7,4 \cdot 10^{-6}$	schwach durchlässig
1023	$1,7 \cdot 10^{-7}$	schwach durchlässig
1026-1	$8,5 \cdot 10^{-7}$	schwach durchlässig
1029-17	$2,8 \cdot 10^{-8}$	sehr schwach durchlässig
1037-7	$7,9 \cdot 10^{-6}$	schwach durchlässig
1038-1	$2,2 \cdot 10^{-5}$	durchlässig
1038-2	$1,8 \cdot 10^{-7}$	schwach durchlässig

## 8.6 Interpretation der Korngrößenanalyse

### Probe 1019-8

Bei der Probe handelt es sich nach der Sortierung nach INMAN, sowie nach FOLK & WARD und nach TRANSK um ein sehr schlecht sortiertes Sediment, wobei die Kurtosis eine normalgipfelige Kurve anzeigt, also eine mäßig sortierte Ablagerung darstellt. Die positive Schiefe zeigt eine Verschiebung der Kurve in die Feinkornfraktion an. Ein schlecht bis sehr schlecht sortiertes Gestein mit einer schlechten Rundung wird als textuell unreif bezeichnet, wobei es sich um eine fluviatile Ablagerung handelt. Auf Grund der Verschiebung der Kurve in den Feinkornbereich liegt eine Bildung unter niedrig energetischen Bedingungen vor. Nach STEWART (1958) entstanden die Ablagerung zwischen Ruhigwasserbereich mit langsamer Sedimentationsrate und Flußablagerung und nach PASSEGA (1964) liegt die Probe am Rande der Strandablagerung, wobei Strandablagerung allgemein weniger feinkörniges Material enthalten. Eine Ablagerung im Ruhigwasserbereich beschreibt, auf Grund der Anreicherung der Feinkornfraktion und der schlechten Sortierung, den Ablagerungsraum besser. Folglich handelt es sich um eine niedrig energetische Flußablagerung oder eine Sedimentation in einem flachmarinen, brackischen oder limnischen Becken.

### Probe 1019-16

Nach der Sortierung nach INMAN, FOLK & WARD, TRANSK und dem Ungleichförmigkeitswert ist das Sediment sehr schlecht sortiert und nach der Kurtosis schlecht sortiert. Eine negative Schiefe zeigt ein Überwiegen der Grobfraktion, was auf eine größere Ablagerungsenergie schließen läßt. Rückschlüsse auf den Bildungsbereich läßt die textuelle Unreife des Gesteins zu, wobei unreife Gesteine in fluviatilen Environments abgelagert werden. Die Verschiebung der Kurve in den Grobkornbereich zeigt höhere Energien während der Ablagerungen an, wobei anzunehmen ist, daß die Probe in einem fluviatilen Bereich mit höherem energetischen Niveau abgelagert wurde. In dem Diagramm nach STEWART (1958) wurde diese Probe im fluviatilen Bereich bzw. zwischen Fluß- und Ruhigwasserablagerungen sedimentiert und im Diagramm von PASSEGA (1964) am Rand der Strandablagerungen abgelagert, wobei eine Strandablagerung auf Grund der schlechten Sortierung eher unwahrscheinlich ist. Die Ablagerung erfolgte durch einen höher energetischen, möglicherweise fluviatilen Transport.

### **Probe 1019-26**

Nach der Kurtosis, sowie nach der Sortierung nach INMAN und FOLK & WARD, ist die Probe schlecht und nach TRANSK und dem Ungleichförmigkeitsgrad sehr schlecht sortiert. Die negative Schiefe zeigt ein Überwiegen der Feinkornablagerungen an, wobei die Probe textuell auf Grund der schlechten bis sehr schlechten Sortierung und der Rundung als unreif beschrieben wird. Sehr geringe Strömungsenergien und/oder kurze Transportwege, beispielsweise fluviatile Ablagerungen, bewirken das Entstehen von unreifen Gesteinen, wobei der erhöhte Feinkornanteil eine sehr geringe Strömungsenergie anzeigt. Diese Probe wird nach STEWART (1958) an den Rand der Ruhigwasserablagerung gestellt und nach PASSEGA (1964) kann die Ablagerung nicht genau bestimmt werden und liegt zwischen Strand- und Flußablagerung.

### **Probe 1019-97/89**

Nach INMAN, FOLK & WARD, TRANSK und dem Ungleichförmigkeitswert ist die Probe sehr schlecht sortiert und nach der Gipfeligkeit sehr schlecht sortiert. Eine Verschiebung der Probe in die Grobkornfraktion gibt die negative Schiefe an und das Gestein ist textuell unreif. Unreife Gesteine sind überwiegend fluviatile Ablagerungen, wobei die Verschiebung der Korngrößen in der Grobkornbereich mit höheren Strömungsenergien oder längeren Transportwegen erklärt wird. In allen drei Diagrammen liegt das Sediment außerhalb der bestimmbaren Ablagerungsmilieus. Bei STEWART (1958) wird das Gestein an den Rand der Ruhigwasserablagerungen gestellt und bei PASSEGA (1964) in die Nähe der fluviatilen Bildungen, wobei eine Verzahnung der Ablagerungsräume, beispielsweise eine fluviatile, höher energetische Schüttung in einen niedrig energetischen Bereich, möglich wäre.

### **Probe 1019-114**

Nach der Berechnung von FOLK & WARD und dem Ungleichförmigkeitwert, ist die Probe sehr schlecht sortiert und nach INMAN und TRANSK schlecht sortiert und nach der Kurtosis ist sie sehr gut sortiert. Da die Probe eine negative Schiefe aufweist, sind mehr grobe als feine Körner enthalten. Auf Grund der enormen Schwankungen bei der Sortierung ist eine Abschätzung der Reife des Gesteins schwierig und wird die Rundung einbezogen, ist das Gestein unreif. Dies könnte eine fluviatile Ablagerung oder eine relativ schlecht sortierte Strand- oder Schelfablagerung sein. Eine Verschiebung in die Grobkornfraktion kann unter erhöhten Strömungsenergien gebildet worden sein. Nach dem Sortierungsgrad (STEWART 1958) ist keine eindeutige Zuordnung der Ablagerungsbedingungen möglich und im

Diagramm nach PASSEGA (1964) wurde das Sediment zwischen einer Strandfazies und einer fluviatilen Bildung abgelagert und nach STEWART (1958), mit der Schief abgetragen, wird die Probe als fluviatile Bildung beschrieben.

#### **Probe 1021-1**

Die Sortierung dieser Probe ist nach INMAN, FOLK & WARD, TRANSK und dem Ungleichförmigkeitswert sehr schlecht und mittels der Kurtosis wurde eine mäßige bis schlechte Sortierung ermittelt. Texturell ist das Gestein auf Grund der schlechten bis sehr schlechten Sortierung zu den unreifen Ablagerungen zu zählen und die Anreicherung der Grobkornfraktion zeigt erhöhte Transport- und/oder Ablagerungsenergien an. In dem Diagramm von STEWART (1958) ist das Ablagerungsmilieu dieser Sedimentprobe nicht eindeutig zu bestimmen und PASSEGA (1964) weist die Probe als Strandablagerung aus. Da eine Strandablagerung im allgemeinen eher reif bis sehr reif ist, wird diese Einteilung nicht vordergründig berücksichtigt. Wird die Schiefe abgetragen, so wurde diese Probe am Rande eines fluviatilen Ablagerungsraum sedimentiert.

#### **Probe 1021-2**

Nach INMAN, FOLK & WARD, TRANSK und dem Ungleichförmigkeitswert ist diese Probe sehr schlecht sortiert, was an der flachen Summenkurvenverlauf (Anlage 4) zu erkennen ist. Eine mäßige Sortierung erreicht die Probe nach der Kurtosis und nach der Schiefe ist die Probe stark negativ, was eine deutliche Anreicherung der Grobfraction anzeigt. Die Ablagerung ist texturell unreif und die Verschiebung in die Grobkornfraktion zeigt erhöhte Strömungsenergien bei der Ablagerung und/oder dem Transport an. In allen drei Diagrammen kann diese Probe keinem Ablagerungsraum zugeteilt werden, wodurch sich die schwierige Zuordnung der Probe in einen bestimmten Sedimentationsraum zeigt. Auf Grund der Siebanalyse und der Kornsummenkurve läßt sich feststellen, daß die Ablagerung unter relativ erhöhten Strömungsenergien nach einem kurzzeitigen Transport erfolgte.

#### **Probe 1023**

Nach INMAN, FOLK & WARD, TRANSK und dem Ungleichförmigkeitswert ist diese Probe sehr schlecht und nach der Kurtosis mäßig sortiert. Die negativen Schiefe der Kurve zeigt eine Verschiebung der Korngrößen in den Bereich der Grobfraction an. Auf Grund der schlechten bis sehr schlechten Sortierung und der schlecht Rundung wird diese Probe als texturell unreif beschrieben. Diese lagern sich überwiegend unter geringen Strömungsenergien und/oder nach einem kurzen Transportweg ab. Nach PASSEGA (1964)

und STEWART (1958) wurde diese Probe am Rande eines wellendominierten Environments oder einer Strandfazies abgelagert. Dagegen befindet sich das Sediment nach STEWART (1958), abgetragen nach der Sortierung, in einer Ruhigwasserablagerung. Da Strandablagerungen allgemein als reife bis sehr reife Gesteine beschrieben werden, ist dieser Ablagerungsraum für die beprobte Schicht eher nicht anzunehmen und auch wellendominierte Ablagerungen sind im allgemeinen besser gerundet und reifer. In Ruhigwasserablagerungen wäre anzunehmen, daß die Feinfraktion überwiegen würde, in der Probe ist aber die Grobfraktion angereichert.

### **Probe 1026-1**

Diese Probe ist nach INMAN, FOLK & WARD, TRANSK und dem Ungleichförmigkeitswert sehr schlecht sortiert, was im flachen Verlauf der Summenkurve (Anlage 4) sichtbar ist. Auch die Kurtosis zeigt eine schlechte Sortierung der Probe und die Schiefe ist symmetrisch. Auf Grund der schlechten bis sehr schlechten Sortierung wird dieses Gestein zu den textuell unreifen eingeordnet, welche bei geringen Strömungsenergien und/oder kurzen Transportwegen abgelagert wurden. Meist handelt es sich dabei um fluviatile oder glaziale Ablagerungen. Nach STEWART (1958) wurde dieses Sediment in einem Ruhigwasser-Environment abgelagert und in dem Diagramm von PASSEGA (1964) ist keine eindeutige Zuordnung möglich, jedoch steht die Probe in der Nähe der fluviatilen Ablagerungen. Daraus geht hervor, daß die Probe nach einem sehr kurzen Transportweg und/oder sehr geringe Ablagerungsenergie abgelagert wurde. Unter höheren Strömungsenergien wäre die Feinfraktion nicht zur Ablagerung gekommen, wobei zu niedrige Transportenergien die gröbere Komponenten nicht mit transportieren könnten.

### **Probe 1029-17**

Nach INMAN, FOLK & WARD, TRANSK und dem Ungleichförmigkeitswert ist diese Probe sehr schlecht sortiert und nach der Kurtosis mäßig bis gut sortiert, wobei die Kurve leicht in den negativen Bereich verschoben ist und somit mehr Grobkorn enthält. Eine flach verlaufende Summenkurve ist ebenfalls ein Zeichen für die schlechte Sortierung der Probe (Anhang 4). Auf Grund der schlechten bis sehr schlechten Sortierung und dem relativ hohen Feinkorngehalt wird die Probe als textuell unreif bezeichnet. Da die Summenkurve leicht in den Grobkornbereich verschoben ist wird angenommen, daß es sich bei der Probe um ein Sediment handelt, welches unter relativ hohen Strömungsenergien abgelagert wurde. Dadurch wurden vermutlich die feineren Körner (Ton-/Schlufffraktion) nicht vollständig mit abgelagert. Möglich wäre auch ein Liefergebiet mit reiferen

Sedimentgesteinen, welche umgelagert wurden und dabei einen kurzen Transportweg zurücklegten oder mit geringer Energie transportiert wurden. Nach PASSEGA (1964) wird diese Ablagerung an den Rand der fluviatilen Sedimentation gelegt und nach STEWART (1958) kann die Probe auf Grund der schlechten Sortierung den Ruhigwasserablagerung zugeordnet werden, wobei eine Ruhigwasserablagerung unwahrscheinlich erscheint, da die niedrigen Strömungsenergien nicht dazu ausreichen würden, die Grobkornfraktion, die in der Probe leicht angereichert ist, zu transportieren. Wie gezeigt werden kann handelt es sich bei der Ablagerung um eine Bildung in einem relativ niedrigen energetischen Environment.

### **Probe 1037-7**

Nach INMAN, FOLK & WARD, TRANSK ist diese Probe sehr schlecht sortiert, was auch aus dem flachen Verlauf der Kornsummenkurve (Anlage 4) zu sehen ist. Einen Hinweis auf eine mäßige Sortierung gibt der große Ungleichförmigkeitswert und die Kurtosis zeigt eine schlechte Sortierung der Probe. Eine eindeutige Verschiebung der Kurve in den Feinkornbereich zeigt die Schiefe, womit die Probe mehr Feinkorn als Grobkorn enthält. Texturelle ist die beprobten Schicht, ausgehend von der schlechten bis sehr schlechten Sortierung und der deutlichen Verschiebung der Kurve in den Feinkornbereich, als unreif zu bezeichnen. Unreife Sedimente lagern sich unter fluviatilen Bedingungen ab. In den beiden STEWART (1958)-Diagrammen ist keine eindeutige Zuordnung der Ablagerungsbedingungen möglich, jedoch wird die Ablagerung in die Nähe der Ruhigwassersedimentation gestellt. Nach PASSEGA (1964) erfolgt die Ablagerung als Strandfazies. Eine Ablagerung im Ruhigwasser läßt sich an Hand des erhöhten Anteils an Feinkornfraktion belegen, wogegen Strandablagerungen meist als reife bis sehr reife Gesteine beschrieben werden, was von der Probe nicht angenommen wird.

### **Probe 1038-1**

Diese Probe ist nach INMAN, FOLK & WARD, TRANSK sehr schlecht sortiert und der sehr hohe Ungleichförmigkeit deutet auf eine sehr schlechte Sortierung. Einen deutlichen Hinweis auf eine Verschiebung in den Grobkornbereich gibt die negative Schiefe. Die Ablagerung ist den texturell unreifen Gesteinen zuzuordnen, sowohl nach der Rundung als auch nach der Sortierung, welche unter sehr geringere Strömungsenergien und/oder kurzem Transportwege gebildet wurden. Nach PASSEGA (1964) handelt es sich hierbei um eine Strandablagerung, STEWART (1958) ordnet die Probe als Flußablagerung ein. Eine Strandablagerung lagert meist reife bis sehr reife Gesteine ab, da dies ausgehend von der

Rundung und der Sortierung der Probe nicht angenommen werden kann, handelt es sich wahrscheinlich nicht um eine solche Ablagerung wie sie nach PASSEGA (1964) eingeteilt werden würde.

### Probe 1038-2

Nach INMAN, FOLK & WARD, TRANSK ist die Probe sehr schlecht bis schlecht sortiert, was auch aus der flach einfallenden Kornsummenkurve hervorgeht (Anlagen 4). Auch der hohe Ungleichförmigkeitsgrad zeigt die mäßige Sortierung an und die Kurtosis zeigt eine schmalgipfelig Kurve, was eine gute Sortierung angibt. Die deutlich negative Schiefe zeigt, daß die Körner in den Grobkornbereich verschoben sind, also mehr grobe als feine Fraktion vorhanden ist. Texturell handelt es sich bei dieser Probe auf Grund der schlechten Sortierung und der schlechten Rundung um ein unreifes Gestein. Folglich lagerte sich die Probe nach einem sehr kurzen Transportweg und/oder mit sehr geringer Strömungsenergie ab. Im Diagramm von STEWART (1958) lagerten sich das Sediment in einer Ruhigwasserfazies ab und nach PASSEGA (1964) und STEWART (1958), nach der Schiefe abgetragen, ist keine eindeutige Zuordnung möglich.

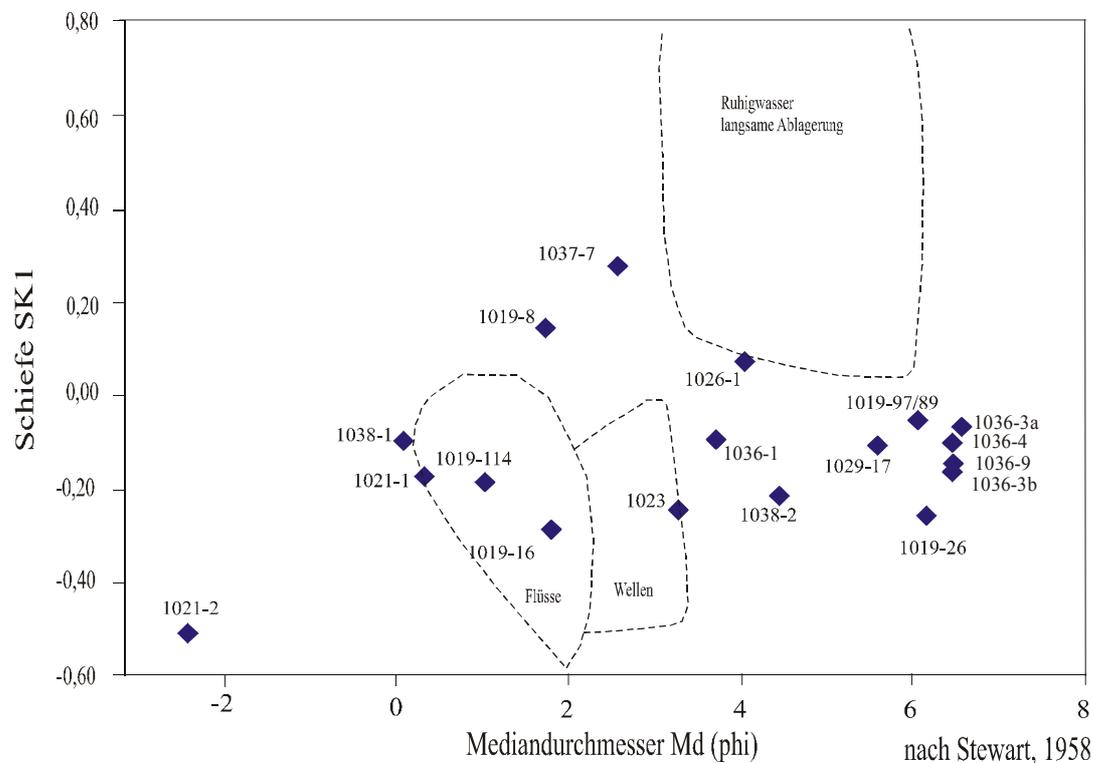


Abb. 20: Diagramm der Ablagerungsräume nach STEWART 1958.

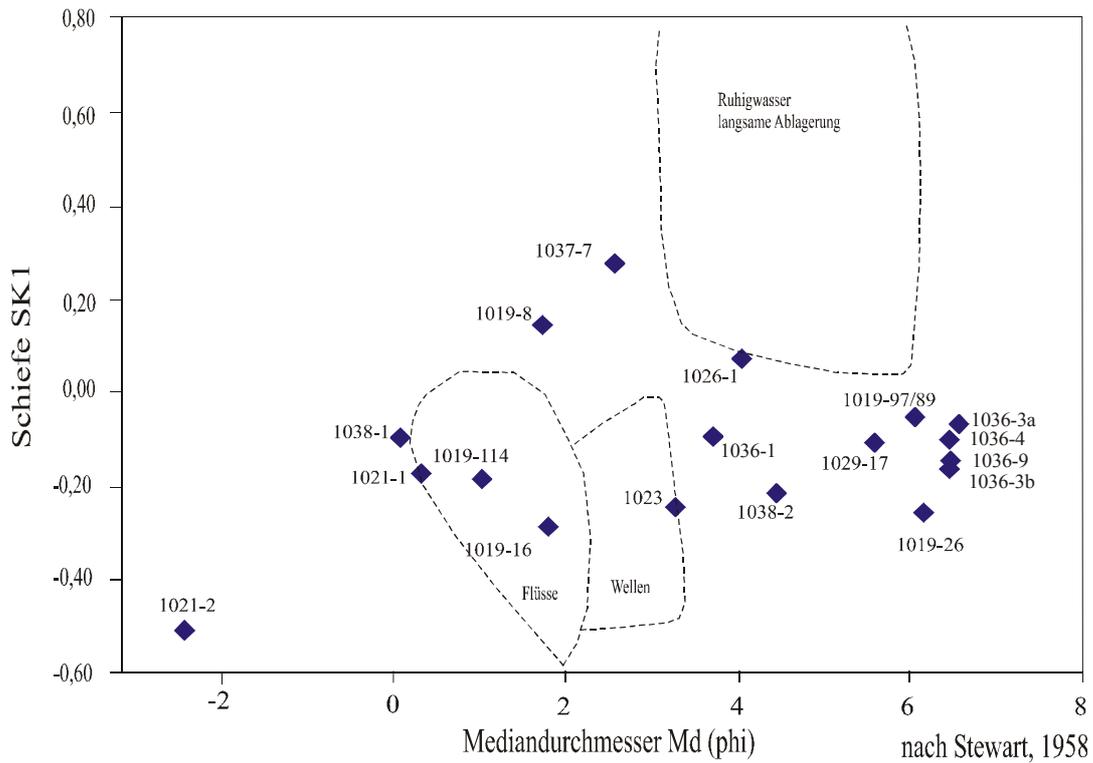


Abb. 21: Diagramm der Ablagerungsräume nach STEWART 1958.

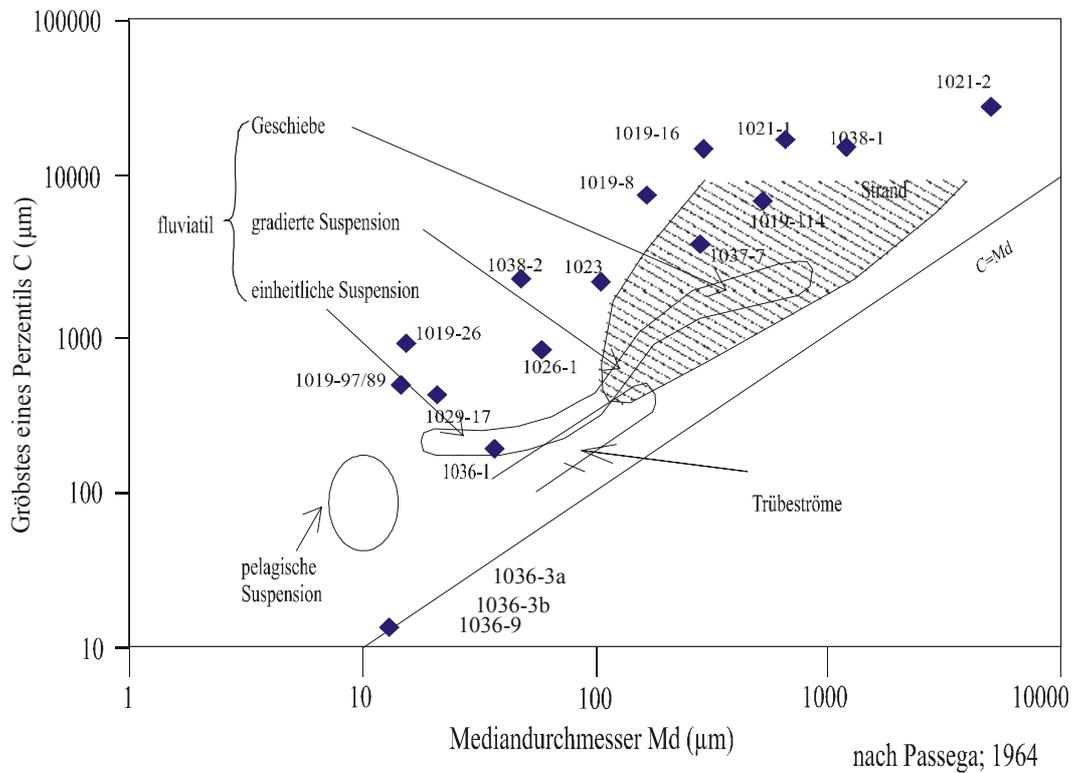


Abb. 22: Diagramm der Ablagerungsräume nach PASSEGA 1964.

## **9 MIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNGEN**

### **9.1 Mikroskopische Untersuchung der Dünnschliffe**

Ziel der Untersuchung der Dünnschliffe ist, eine petrographische Bestimmung und eine Abschätzung der Porositäten der Gesteine vorzunehmen. Bei der Gesteinsbeschreibung wurden die Klassifikationen nach DUNHAM (1962) und nach FOLK (1959, 1962) verwendet, welche im Abschnitt 9.1.2 beschrieben sind. Zur Bestimmung der Porositäten wurden die Methoden nach CHOQUETTE & PRAY (1970) und nach DUNHAM (1962) verwendet, wobei nach DUNHAM (1962) die Matrixporosität und nach CHOQUETTE & PRAY (1970) die sichtbare Porosität bestimmt wurden. Eine Abschätzung der sichtbaren Porosität erwies sich als schwierig, da durch die Aufbereitung Risse und Löcher entstanden, sowie ganze Partikel herausgerissen worden waren. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden im Anhang in der Tabelle 5 dargestellt.

Im Weiteren werden im Abschnitt 9.2 die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der gesiebten Körnerfraktionen beschrieben und interpretiert. Unter dem Binokular der Firma Jenalab wurden dazu die aus der Korngrößenanalyse gewonnenen Fraktionen einzeln auf ihre enthaltenen Komponenten und deren Rundung, sowie ihre Fossilführung, hin betrachtet. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind im Anhang in der Tabelle 6 dargestellt.

### 9.1.1 Beschreibung der Dünnschliffe

#### **1019-16**

Matrix: 70 — 75 %

Quarz: 20 — 25 %

Gesteinsfragmente: 2 — 3 %

Feldspäte: akzessorisch

Glimmer: akzessorisch

Olivin: akzessorisch

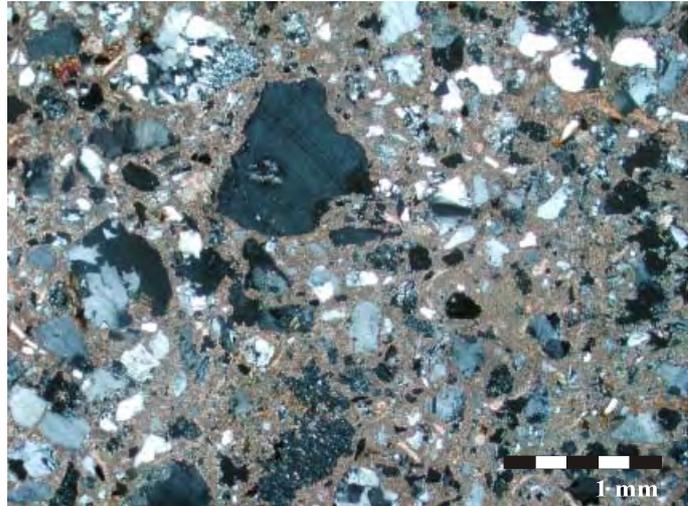


Abb. 23: 1019-16

Karbonatischer Sandstein mit schlecht gerundete Quarze, Gesteinsfragmente, Feldspäte und kleinere Glimmer in einer mikritischen Matrix (25-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols).

Im Dünnschliff finden sich hauptsächlich Quarze, weniger Feldspäte, Gesteinsfragmente, Glimmer und Olivine in einer mikritischen und feinkörnigen Matrix schwimmen. In der Matrix sind vereinzelt größere karbonatische Kristalle zu erkennen. Bei den Quarze treten mono- und polykristalline Körnern auf, wobei polykristalline Quarze auf Druckbeanspruchung oder metamorphe Überprägung deuten. Als mögliche Ursache werden unterschiedliche Liefergebiete vermutet. Zwischen den einzelnen Klasten treten dünne Channels und vugs (Lösungsporen) auf.

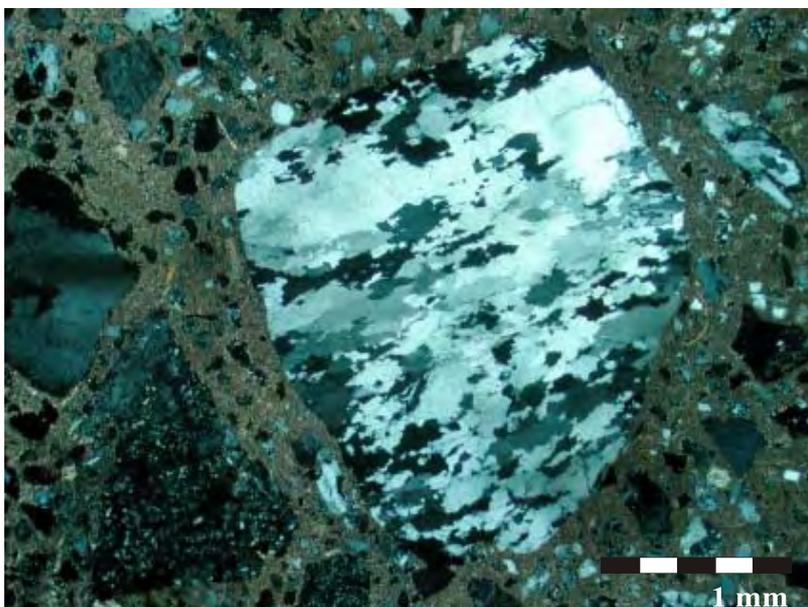


Abb. 24: 1019-16

polykristalline Quarz (25-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols).

**1019-42**

Matrix: 75 — 80 %

Peloide: 15 — 20 %

Rekristallisierte Biogene: 2 — 3 %

Quarz: 1 — 2 %

Opakminerale 1 — 2%

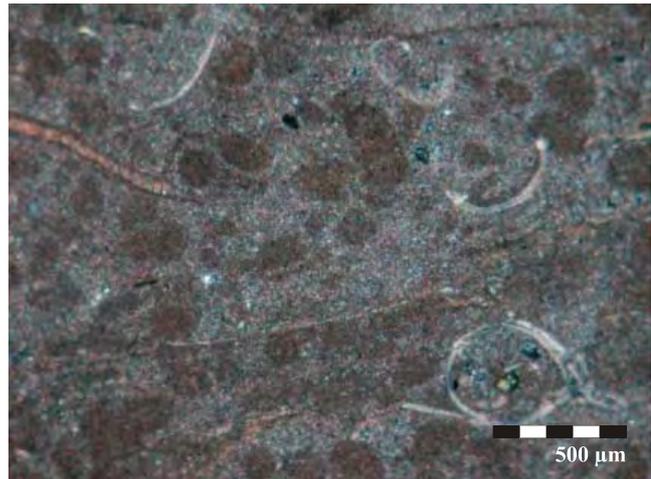


Abb. 25: 1019-42

Salziger karbonatischer Tonstein mit rekristallisierten Biogenresten und Peloiden in einer mikritischen Matrix (50-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols).

Auffällig sind die vielen dunkelbraunen rundlichen, teilweise ovalen, Peloiden, bei welchen Ursprung und Entstehung nicht geklärt werden konnten. In geringen Anteilen sind rekristallisierte Biogene, Quarze, Opakminerale und Gesteinsbruchstücke enthalten. Bei den Quarzen zeigen sich mono- und polykristalline Ausbildungen, wobei polykristalline Quarze eine Beanspruchung, zum Beispiel durch metamorphe Überprägung, anzeigen. Hauptsächlich bestehen die Gesteinsbruchstücke aus Quarzen und Feldspäten. Im Dünnschliff sind die Klasten in einigen Bereichen angereichert, während andere Bereiche nahezu frei von Komponenten sind.

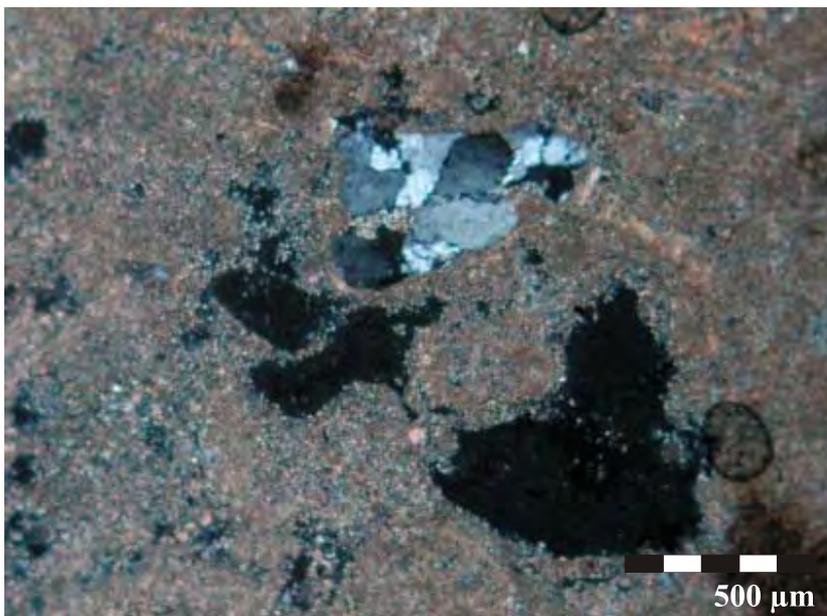


Abb. 26: 1019-42

undulös auslöschenden Quarz und größere Lösungshohlräume in mikritischer Matrix (50-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols).

### 1019-87

Matrix: 50 — 60 %

Quarz: 25 — 30 %

Rekristallisierte Biogene: 15 — 20%

Glimmer: 1 — 2 %

Opakminerale: akzessorisch

Bei 10-facher Vergrößerung sind in der Matrix einzelne kleinere calcitischen Kristalle, welche dicht miteinander verzahnt sich und vereinzelt größere calcitische Kristalle erkennbar. Biogene liegen im Schliff in einklappiger, leicht gebogener und meist zerbrochener Ausbildung vor und sind in einzelnen Bereichen des Schliffes angereichert und leicht eingeregelt. Bei den Quarzen treten sehr kleine und schlecht gerundete Körner auf und Glimmer sind als plattige, längliche Aggregate ausgebildet. Im Schliff läßt sich eine hohe Porosität feststellen, welche durch Hohlräume zwischen den einzelnen Kristallen und den Komponenten entstehen.

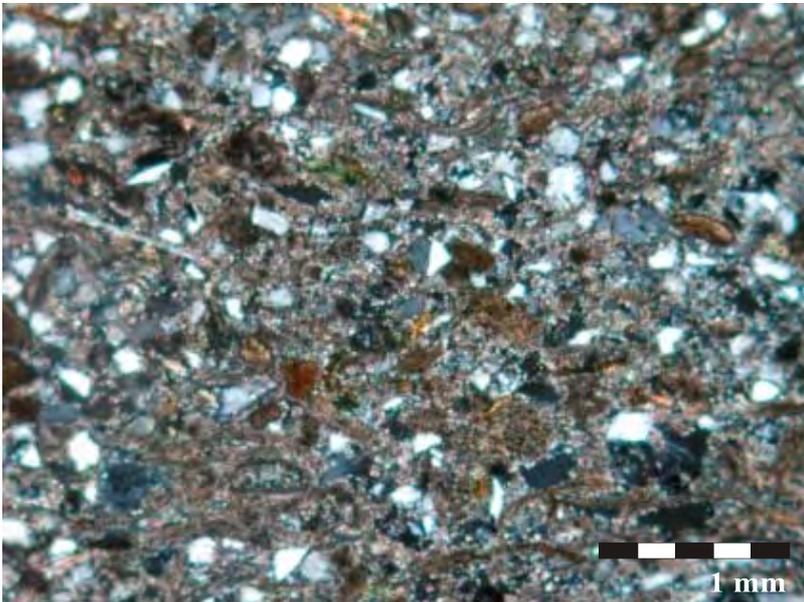


Abb. 27: 1019-87

Karbonatischer Sandstein mit vielen Quarzen, leicht gebogenen Schalenresten, Opakmineralen und kleinere Glimmern in Matrix (25-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols).

**1019-89/97**

Matrix: 75 — 80 %

Gesteinsbruchstücke: 10 %

Quarz: 7 — 10 %

Feldspäte: 3 %

Opakminerale: 1 — 2 %

Im Dünnschliff sind überwiegend kantengerundete Gesteinsbruchstücke, Quarze und Feldspäte enthalten, welche regellos in einer dichten mikritischen Matrix schwimmen. Nur zwischen den Gesteinsbruchstücken wird die Matrix deutlich gröber. Quarze liegen in mono- und polykristalliner Ausbildung vor, wobei die polykristallinen Körner eine Überprägung, zum Beispiel bei metamorpher Beanspruchung anzeigen. In der dichten Matrix fehlen vereinzelt Körner, wobei es sich dabei um beim Schleifen herausgerissene Partikel handelt, welches eine Abschätzung der sichtbaren Porosität erschwert.

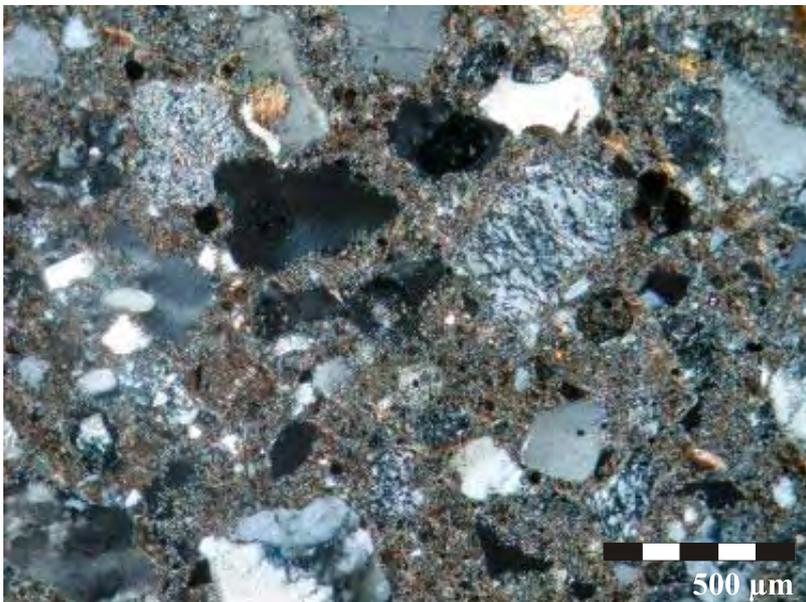


Abb. 28: 1019-89/97

Regellos verteilte Quarze, Gesteinsfragmente und Feldspäte in einer mikritischen Matrix (50-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols).

### 1019-103

Matrix: 97-98 %

Quarz: 2-3 %

Peloide: akzessorisch

Opakminerale: akzessorisch

Dieser Schliff besteht nahezu ausschließlich aus dichter sparitischer Matrix, in welcher einzelne Klaster in Bereichen angereichert sind. Als Klaster sind in geringen Mengen Quarze und akzessorisch Peloide, sowie Opakminerale enthalten. Vereinzelt schwimmen in der Matrix größere Calcitkristalle, wobei diese angelöst sind und stellenweise in die karbonatische Matrix übergehen. Im Schliff ist es schwierig, die sichtbare Porosität abzuschätzen, da viele große Komponenten bei Schleifen herausgerissen wurden und im Schliff als Hohlräume vorlagen.

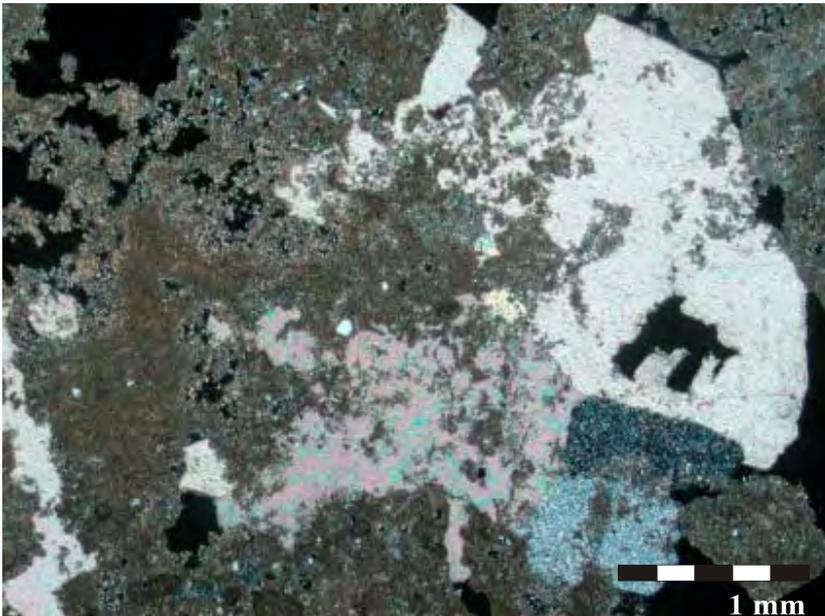


Abb. 29: 1019-103

In feinkörniger, karbonatischer Matrix sind größere Calcitkristalle enthalten (25-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols).

### 1019-105

Ooide: 50 — 60 %

Matrix: 40 — 50 %

Im Schliff ist ein oolithisches komponentengestütztes Gefüge sichtbar, wobei als Nukleos Quarze und unterschiedliche Gesteinsbruchstücke umkrusteten werden. Die einzelnen karbonatischen Lagen können unterschiedlich mächtig sein, so treten Ooide auf, die aus großen Kernen und wenigen dünnen Lagen bestehen, genauso wie Ooide welche aus kleinen, teilweise aufgelösten Kernen mit vielen Lagen bestehen. Besonders gut sind im Schliff zwei Wechsel zwischen Ooidlagen und dichten, mikritischen Lage sichtbar (Abb. 31, 32). Deutlich sichtbar sind die Ooide auf einer Seite in die mikritische Schicht eingesunken, während auf der anderen Seite ein allmählicher Übergang zu sehen ist, wobei der Mikrit langsam immer stärker mit Ooide durchsetzt wird. Diese zwei mikritischen Lagen sind bis auf ein dünnes Ooidband frei von Komponenten. Bei gekreuzten Nicols lassen sich die Ooiden an Hand des in den Ooiden sichtbaren Balkenkreuzes in radialstrahlig und konzentrisch aufgebaute Formen unterscheiden. Zwischen den einzelnen Ooide befinden sich Hohlräume, welche nur teilweise mit Matrix verfüllt sind.

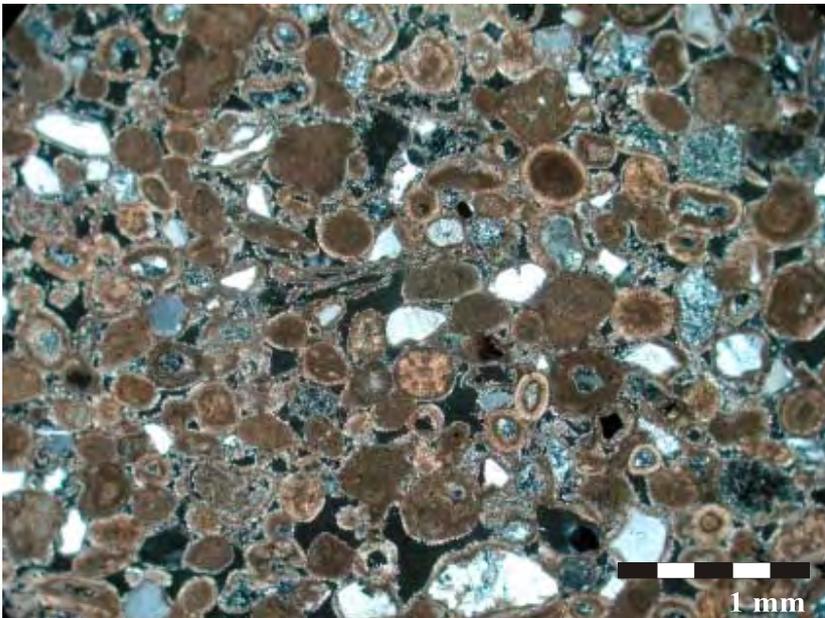


Abb. 30: 1019-105

Oolithischer Kalkstein:  
(25-fache Vergrößerung,  
gekreuzte Nicols)

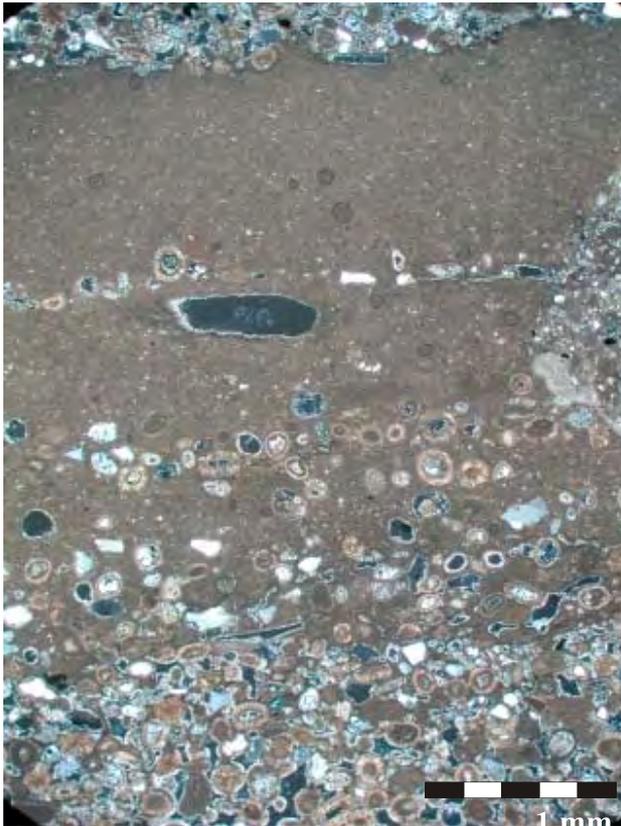


Abb. 31: 1019-105

Wechsel zwischen dichte Matrix und Ooiden; oben eingeschwemmte Ooide und unten aufgearbeitete Ooidlage, von mikritischer Matrix durchsetzt (25-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols).

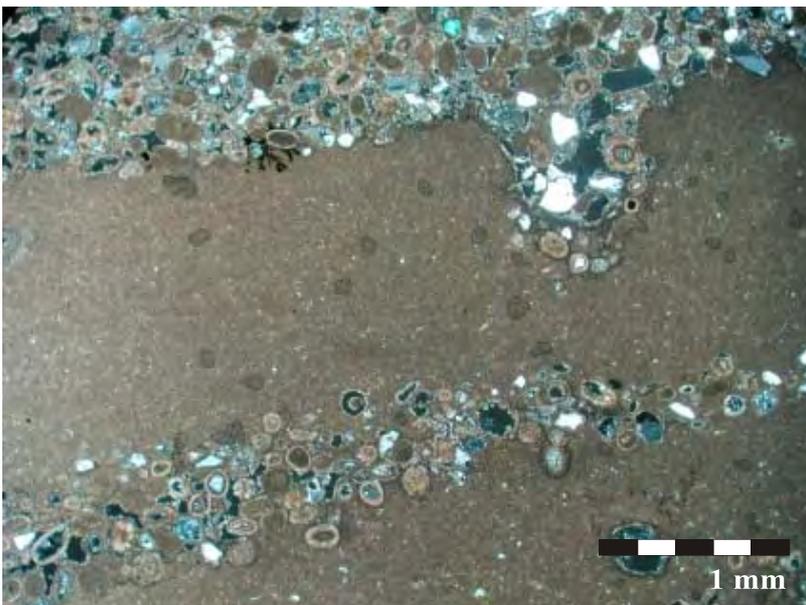


Abb. 32: 1019-105

Dünnes oolithisches Band in mikritischer Matrix (25-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols).

### 1019-115

Calcit: 100 %

Eisenoxid: akzessorisch

Bei dem Dünnschliff handelt es sich um ein laminares, lagiges Gefüge, welches von den dünnen calcitischen Algenmatten eines Stromatolithen stammt. Bei der mikroskopischen Untersuchung erscheint dieser als unregelmäßige Lamination besteht aus mikritischen und größeren, sparitischen Lagen. Zwischen den einzelnen Lagen sich Hohlräume ausgebildet, welche durch Algenfilamente entstanden sind, die nach ihrer Ablagerung verwesten und nicht ausgefüllt wurden und meist miteinander verbunden sind.

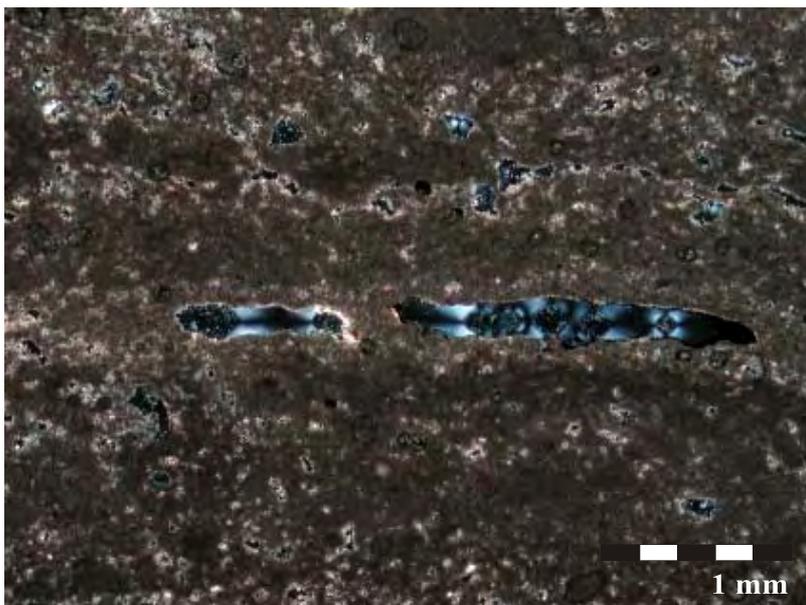


Abb. 33: 1019-115

Stromatolithenkalk mit Laminierung aus dünnen, mikritischer Lagen und Lagen aus Mikrit und Sparit (25-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols).

**1019-117**

Matrix: 85 — 90 %

Quarz: 5 — 10 %

Gesteinsbruchstücke: 3 — 5 %

Feldspäte: akzessorisch

Ooide: akzessorisch

Größtenteils besteht der Schliff aus einer dichten mikritischen Matrix, in welcher in einzelnen Bereichen Quarze, Ooide, Gesteinsfragmente, Feldspäte und Olivine angereichert sind. Bei den Quarzen treten mono- und polykristalline Ausbildungen auf, welche meist stark alteriert und von einer feinen karbonatischen Kruste überzogen sind. Die Gesteinsbruchstücke bestehen überwiegend aus Quarzen und Feldspäten und sind ebenfalls von karbonatischem Material umkrustet. Ooide lassen sich bei gekreuzten Nicols an Hand des Balkenkreuzes in radialstrahlige und konzentrische Formen unterteilen. Zwischen den einzelnen Komponenten sind einige Hohlräume nicht mit Matrix verfüllt, wodurch Zwickelporen entstehen.

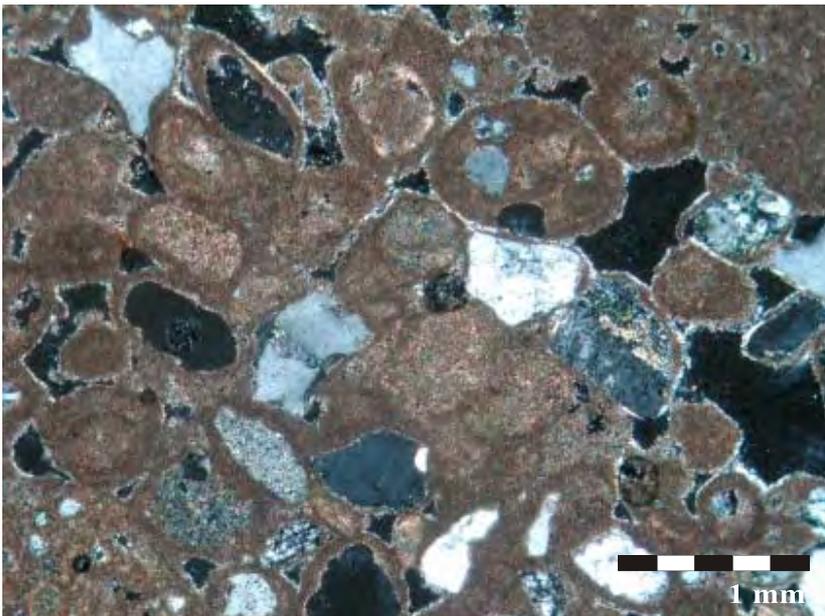


Abb. 34: 1019-117

Kalkstein mit Ooide in einer mikritischen Matrix und Zwickelhohlräumen (25-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols).

**1022**

Matrix: 96 — 98 %

Ooide: 1 — 2 %

Quarz: 1 — 2 %

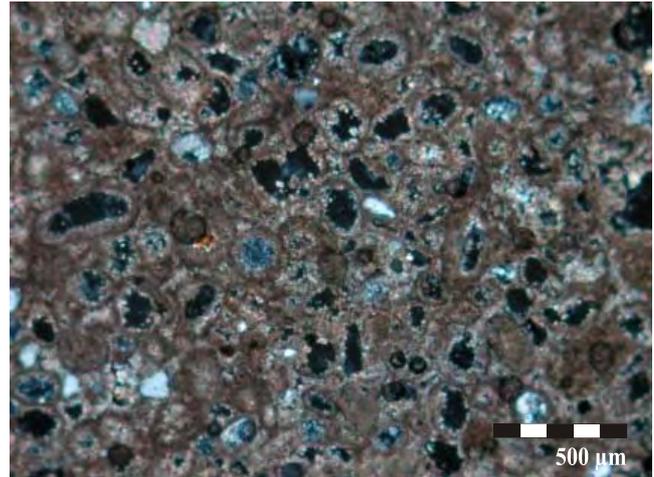


Abb. 35: 1022

Kalkstein mit zusammengespülten Ooiden (50-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols)

Im Dünnschliffphoto Abb. 35 wird ein Bereich des Schliffes sichtbar, in dem Quarze und Ooide angereichert sind und der Schliff komponentengestützt ist. Bei den Quarzen treten mono- und polykristallin ausgebildete Körner auf, wobei polykristalline Körner eine Überprägung anzeigen. Meist bilden diese Quarze die Kerne der Ooide oder die Ooide sind nicht verfüllt, wobei diese Hohlräume teilweise mit karbonatischen Rekristallisationen verfüllt sind. Zwischen den Ooiden und den Quarzen ist die Matrix in einigen Bereichen größer. Im Schliff ist eine große Anzahl an vugs (Lösungshohlräumen) und Channels in der dichten Matrix vorhanden.

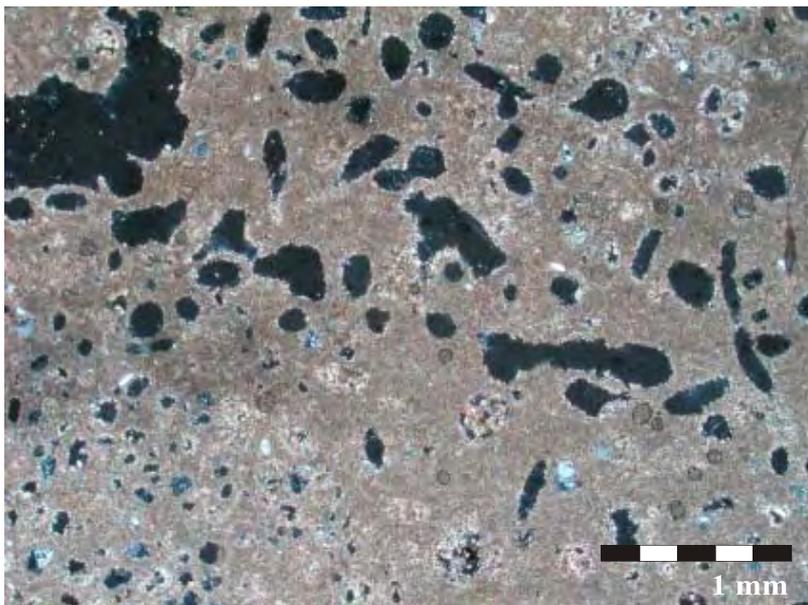


Abb. 36: 1022

Kalkstein mit kleinen Quarzen (25-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols).

## 1024

Matrix: 50 — 55 %

Ooide: 35 — 40 %

Rekristallisierte Biogene: 10 — 20 %

Das Gestein besteht aus unterschiedlichen Ooiden und zerbrochenden, teilweise rekristallisierten Schalenresten in einer mikritischen bis spartitischen Matrix. Bei den Ooide lassen sich zwei Gruppen unterscheiden, zum einen Ooide mit kleinen Kernen und vielen Lagen und zum anderen Ooide mit großen Kernen und wenigen oder sogar nur einer karbonatischen Lage. Überwiegend sind die Ooide radialstrahlig ausgebildet und lagern sich um einen Nukleos aus Quarz, Gesteinsbruchstücken oder Schalenresten. Besonders an diesem Schliff ist die aus großen Calcitkristallen bestehende Sinterkruste, welche lagig ausgebildet sind.

Abb. 37: 1024

Versintenter Biogenkalk mit Sinterlagen  
(50-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols).

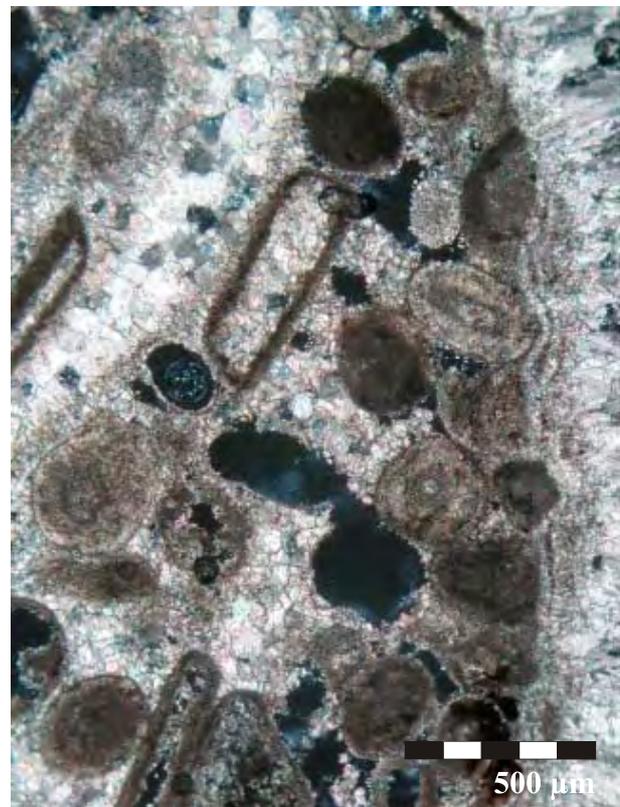




Abb. 38: 1024

Sinter, welcher in mehrere Lagen einen Teil der Probe umkrustet (50-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols).

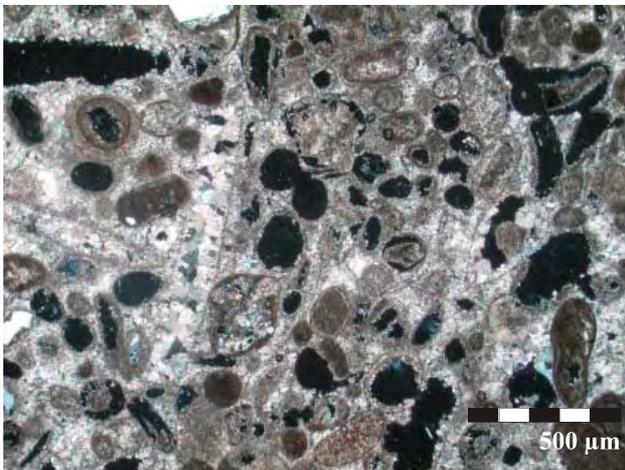


Abb. 39: 1024

Versinterter Biogenkalk mit Ooiden (50-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols).

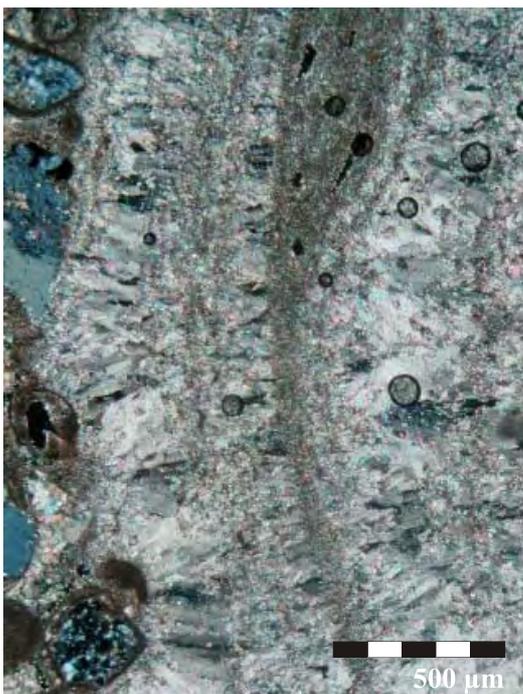


Abb. 40: 1024

Sinter, in welchen aus großen Calcitkristallen enthalten sind (50-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols).

## 1026-2

Matrix: 60 — 70 %

Quarz: 20 — 30 %

Rekristallisierte Biogene: 10 — 20 %

Gesteinsfragmente: akzessorisch

Der Dünnschliff enthält hauptsächlich Quarze und rekristallisierte Biogene, welche in einer sparitischen, selten mikritischen, Matrix schwimmen und sich größtenteils gegenseitig abstützen. Einige dieser Quarzkörner sind von karbonatischen Kriställchen umhüllt. Bei den Biogenen handelt es sich um leicht gebogene, rekristallisierte Schalenreste, welche nur teilweise mit Mikrit verfüllt sind. Aus diesen nicht verfüllten Hohlräumen ergibt sich eine höhere sichtbare Porosität im Dünnschliff.

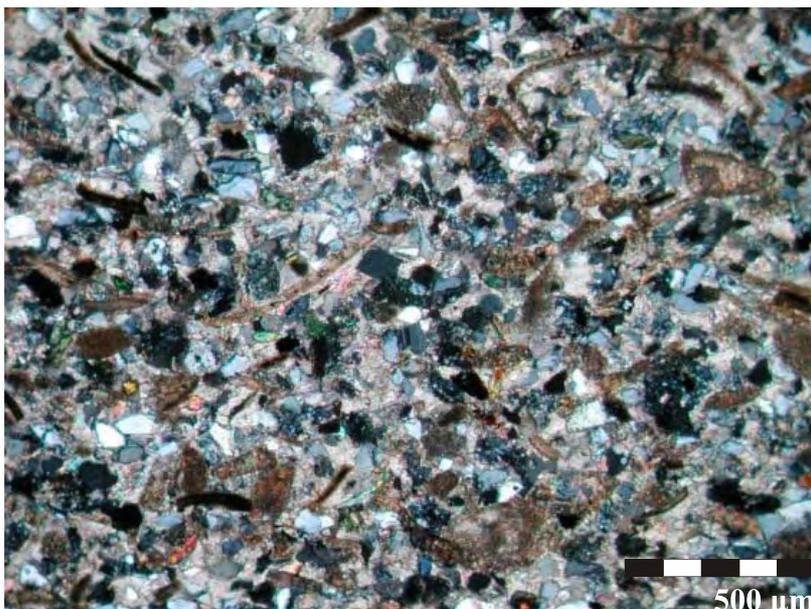


Abb. 41: 1026-2

Kalkstein mit Quarzen, rekristallisierte Biogenen und Gesteinsbruchstücken in der karbonatischen Matrix (50-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols).

### 1026-3

Matrix: 60 — 80 %

Rekristallisierte Biogene: 10 — 20 %

Quarz: 5 — 10 %

Gesteinsfragmente: 5 — 10 %

Opakminerale: akzessorisch

Feldspäte: akzessorisch

Eisenoxide: akzessorisch

Im Dünnschliff finden sich überwiegend rekristallisierte Biogene, mono- und polykristalline Quarze und Gesteinsfragmente unterschiedlicher Herkunft in einer mikritischen bis sparitischen Matrix. Gesteinsbruchstücke bestehen überwiegend aus Quarzen, Feldspäten und Opakmineralen und sind stark angelöst und teilweise alteriert. Bei den Biogenen treten dickschalige, große Molluskenschalen und dünne, leicht gebogene und wesentlich kleinere Ostrakodenschalen auf, welche in einzelnen Lagen eingeregelt und angereichert sind. Akzessorisch treten Eisenoxide, Feldspäte und Opakminerale auf, welche in Bereichen in denen Biogene angereichert sind ebenfalls häufiger auftreten.

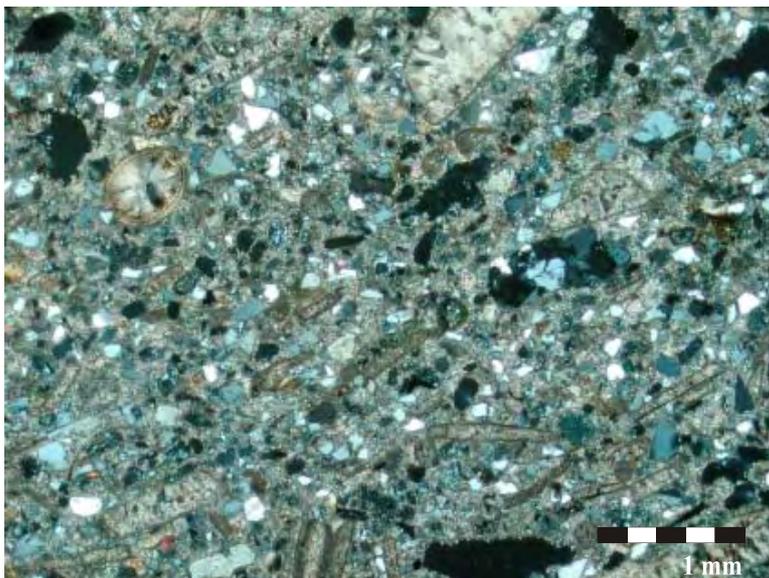


Abb. 42: 1026-3

Karbonatischer Sandstein mit Quarzen, Feldspäten, rekristallisierte Schalenbruchstücken und wenige Opakmineralen in einer dichten Matrix (25-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols).

### 1029-1

Matrix: 90 — 93 %

Quarz: 5 — 7%

Feldspäte: 1 — 3 %

Gesteinsfragmente: 1 — 2 %

Im Schliff finden sich einzelne Bereiche in denen Feldspäte, Quarze, Glimmer, Gesteinsfragmente und Eisenoxide gehäuft anzutreffen sind und Bereiche, in denen ausschließlich dichte, wolkige Matrix und wenige kleine Calcitkristalle vorhanden sind. Um die meisten Komponenten ist ein karbonatischer Kristallsaum ausgebildet oder die Komponenten sind angelöst oder beginnen sind umzuwandeln. Meist sind Matrix und Komponenten so dicht miteinander verzahnt, daß zwischen diesen keine sichtbare Porosität feststellbar ist.

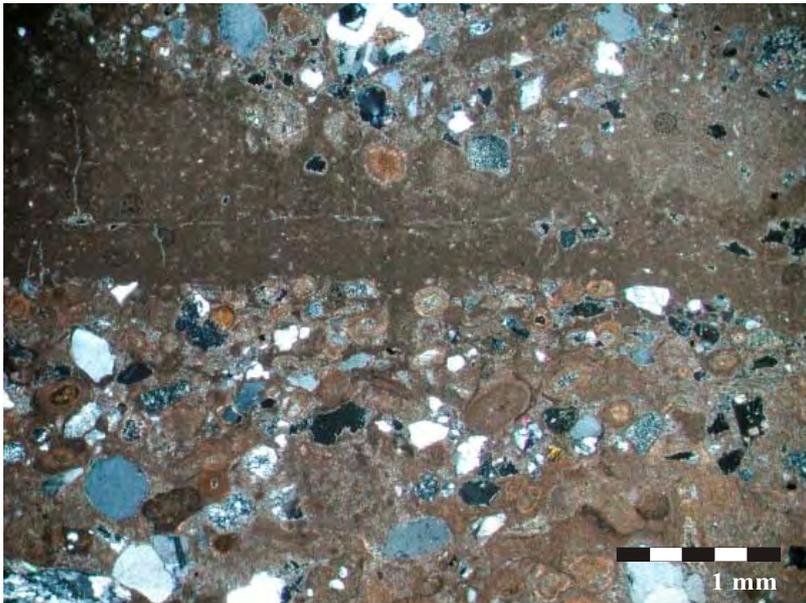


Abb. 43: 1029-1

Wechsel zwischen  
mikritischer, dichter  
Matrix und  
klastgestützten Bereichen.  
(25-fache Vergrößerung,  
gekreuzte Nicols)

### 1030-4

Matrix: 60 — 70 %

Rekristallisierte Biogene: 25 — 30 %

Ooide: 5 — 10 %

Quarz: 1 — 2 %

Gesteinsbruchstücke: akzessorisch

Bei den Biogenen treten teilweise komplett erhaltene Gastropoden und leicht gebogene dichtschalige Mollusken auf, nur teilweise sind diese mit dichtem mikritischem Material verfüllt, so daß sich oft Hohlräume in oder zwischen den Schalenresten ausbilden. In einzelnen Bereichen des Schliffes sind die Biogene angereichert und eingeregelt. Die Ooide enthalten meist einen kleinen Nukleos aus Gesteinsbruchstücken oder Quarzen, welcher von mehreren karbonatischen Lagen umkrustet ist. Bei den Quarzen sind ausnahmslos sehr kleine, schlecht gerundete Körner vorhanden, welche regellos in der dichten Matrix schwimmen.

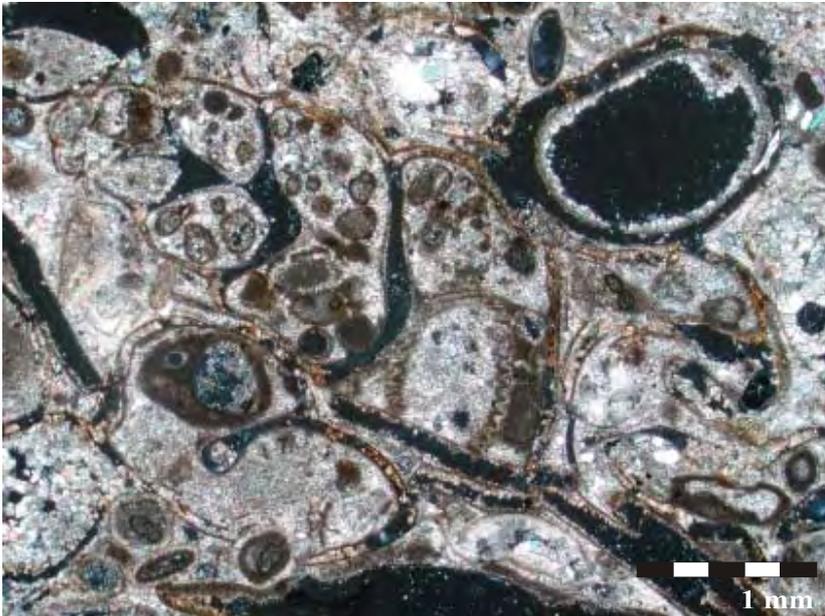


Abb. 44: 1030-4

Biogenen, welche mit Sediment verfüllt sind, und Ooiden (25-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols).

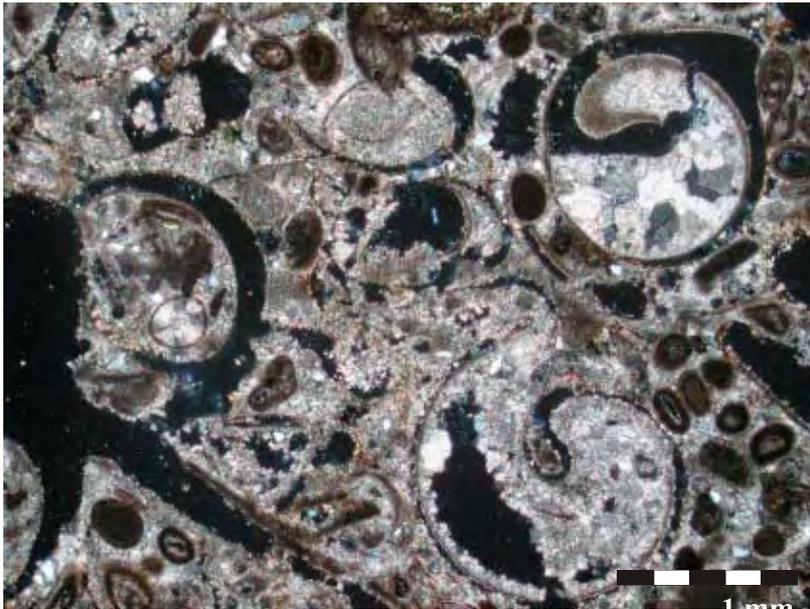


Abb. 45: 1030-4

Komplett erhaltene  
rekristallisierte  
Schalenreste teilweise  
mit dichtem mikritischen  
Material verfüllt (25-  
fache Vergrößerung,  
gekreuzte Nicols).

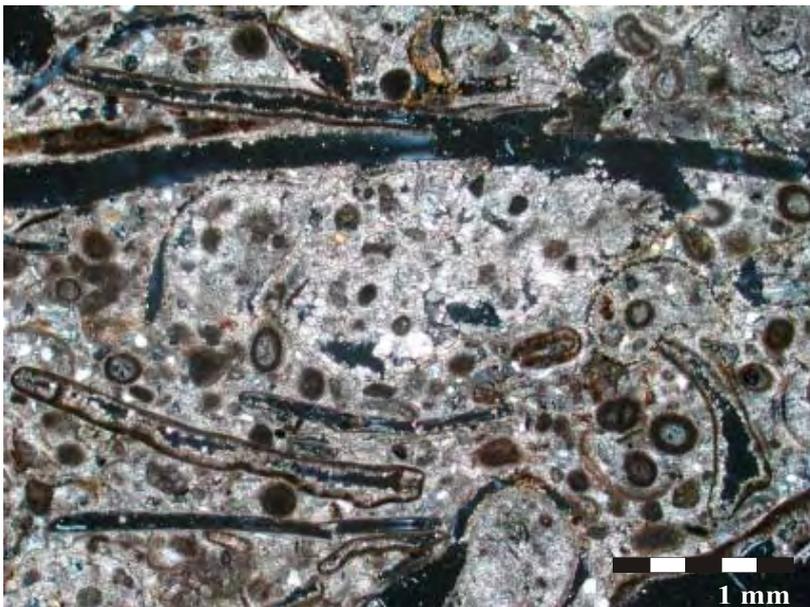


Abb. 46: 1030-4

Lagen länglicher,  
schwach gebogener  
rekristallisierter  
Mollusken (25-fache  
Vergrößerung, gekreuzte  
Nicols).

### 1033-8

Calcit: 100 %

Peloide: akzessorisch

Im Dünnschliff ist ein laminares Gefüge, in welchem mikritische und sparitische Lagen abwechselnd enthalten und akzessorisch dunkelbraune, rundliche Peloide eingelagert sind, vorhanden. Bei diesem lagigen Gefüge handelt es sich um einen Stromatolith, bei welchem die einzelnen karbonatischen Lagen von abgestorbenen Algenmatten gebildet wurden. Dieser Stromatolith ist wesentlich gröber in der Ausbildung und enthält größere Hohlräume als der Stromatolith, welcher im Dünnschliffes 1019-115 untersucht wurde.



Abb. 47: 1033-8

In Lagen ausgebildete Hohlräume in mikritischer Matrix (25-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols).

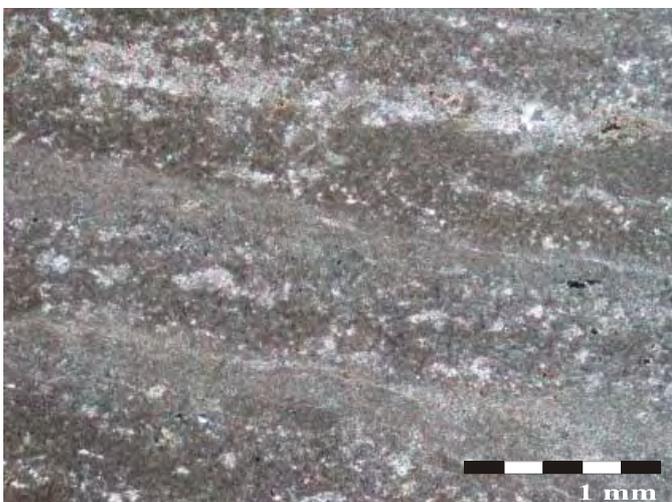


Abb. 48: 1033-8

Wechsel zwischen mikritischen und sparitischen Lagen (25-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols).

### 1035-4

Matrix: 90 — 95 %

Rekristallisierte Biogene: 5 — 10 %; in Lagen 10 — 15 %

Quarz: 1 — 2%; in Lagen 5 — 7 %

Peloide: akzessorisch

In Dünnschliff sind rekristallisierte Biogenen und Quarze enthalten, welche sich in einigen Bereichen anreichern und dort eingeregelt sind. Bei den Biogenen handelt es sich um zerdrückte Molluskenschalen, wobei die sonst dichte, feinkörnige Matrix zwischen diesen Schalenresten gröber und sparitischer ausgebildet ist. In den Bereichen, in den Quarze angereichert sind, liegen diese nicht komponentengestützt vor, so daß zwischen den Körnern Hohlräume entstehen. Wird der gesamte Schliff betrachtet, fällt ein deutlicher Wechsel zwischen klastreichen Bereichen, zu biogenreichen Bereichen und zu nahezu komponentenfreien Bereichen auf.

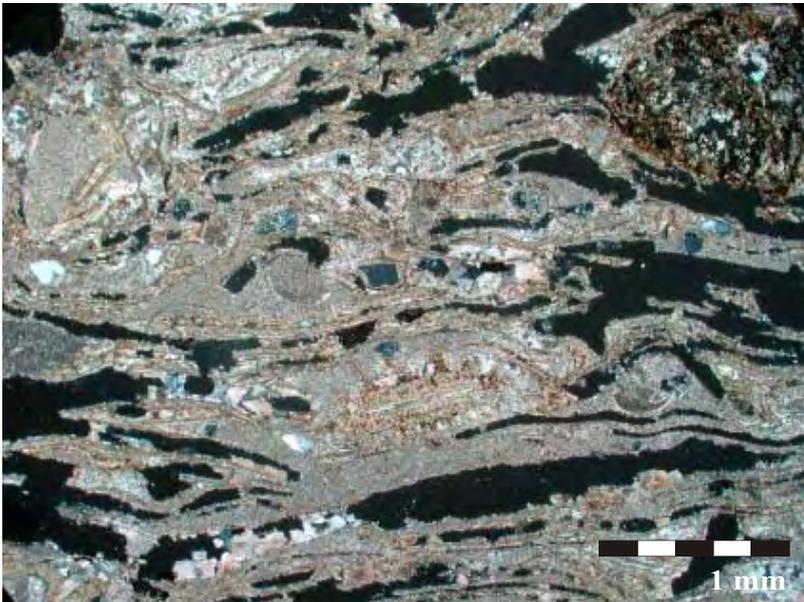


Abb. 49: 1035-4

lagig eingeregelt  
Mollusken in einer  
mikritischen bis  
sparitischen Matrix (25-  
fache Vergrößerung,  
gekreuzte Nicols).

### 1037-2

Matrix: 70 %

Rekristallisierte Biogene: 20 %

Peloide: 7 — 8 %

Quarz: 1 — 2 %

Opakminerale: akzessorisch

Der Dünnschliff besteht aus rekristallisierten Biogenen, Peloiden und einem geringen Anteil an Quarzen und Opakmineralen, welche in einer dichten mikritischen bis sparitischen Matrix schwimmen. In einzelnen Bereichen des Schliffes sind Peloide angereichert, während diese im restlichen Schliff nur vereinzelt auftreten. Im Dünnschliff sind mehrere Wechsel zwischen komponentengestützten, peloid- und biogenreichen und dichten, mikritischen Lagen erkennbar. Bei den Biogenen handelt es sich um dünnchalige, gebogene Molluskenschalen, welche nur teilweise mit mikritischer Matrix ausgefüllt sind und selten komplett erhalten sind.

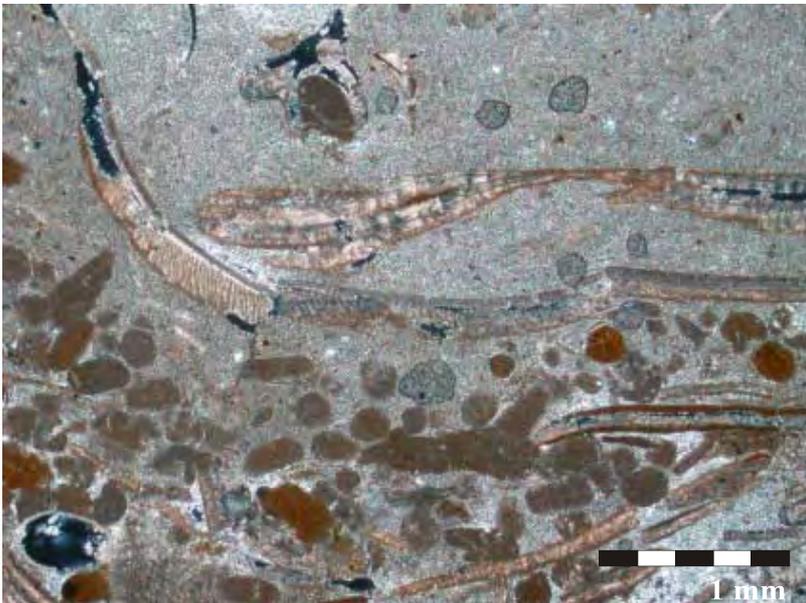


Abb. 50: 1037-2

Wechsel zwischen peloid- und schalenreicher Lage und einer mikritischen dichten Lage (25-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols).

### 1037-8

Matrix: 65 — 75 %

Rekristallisierte Biogene: 10 — 15 %

Gesteinsbruchstücke: 7 — 10 %

Ooide: 7 — 10 %

Im Dünnschliff sind Ooide, Schalenreste und Gesteinsfragmente in einer mikritisch bis sparitischen Matrix enthalten, wobei die Schalenreste rekristallisiert, meist eingeregelt und hohl sind. Einzelne Schalen sind bis zu 1 mm lang, dünn und leicht gebogen, daneben treten auch dickschalige, kleinere und oft stark zerbrochene Molluskenschalen auf. Die Gesteinsfragmente bestehen aus Feldspäten und Quarzen, wobei einige kleinere Gesteinsfragmente von karbonatischem Material umkrustet sind. Bei den Ooide bilden oft Gesteinsfragmente oder Quarze den Nukleos aus.

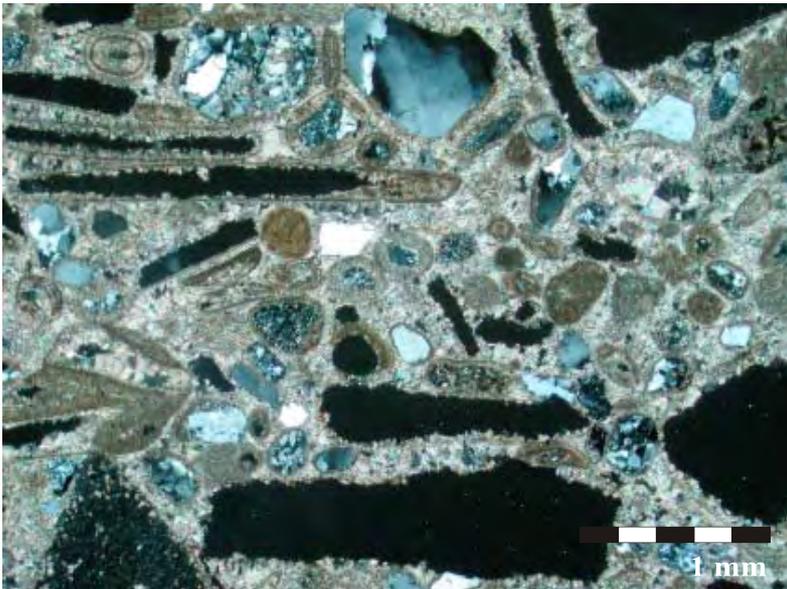


Abb. 51: 1037-8

Schalenresten, Ooide und Gesteinsbruchstücken (25-fache Vergrößerung, gekreuzte Nicols).

### 9.1.2 Klassifikation der Dünnschliffe

In diesem Abschnitt werden die Methoden zur Klassifikation der Dünnschliffe nach DUNHAM (1962) und FOLK (1959, 1962) und zur Einteilung der Porositäten nach ARCHIE (1951) und CHOQUETTE & PRAY (1970) beschrieben. Alle Erläuterungen zu den Klassifikationen stammen aus FLÜGEL (1978) und EGGENHOFF (2000/01).

#### **Karbonatklassifikation nach DUNHAM (1962):**

Bei der Klassifikation nach DUNHAM (1962) wird besonders Wert auf die Gefüge und die Verbindungen der Körner untereinander gelegt, wobei besonders folgende Merkmale wichtig sind:

- das Vorhandensein / Fehlen von Karbonatschlamm (mud, Mikrit)
- Lage der Komponenten zueinander
- Anzeichen von organischen Strukturen
- Anlagerungsgefüge

Nach DUNHAM (1962) werden matrixgestützte Proben mit weniger als 10 % Körnern als Mudstone bezeichnet, enthalten sie mehr als 10 % Körner sind es Wackestones, wobei in beide eine mikritische Matrix vorhanden sein muß. Ist die Matrix gröber, also sparitisch, und stützen sich die Körner gegenseitig ab, handelt es sich um einen Packstone oder einen Grainstone, wobei letzterer weitgehend frei von Mikrit ist. Werden die Körner erst während der Ablagerung zusammengespült, erfolgt eine Unterteilung in Bafflestone (Sedimentfänger), Bindestone (werden durch Algen gebunden) und Framestone (Gerüstbildner). Werden die Körner nicht gemeinsam abgelagert handelt es sich, je nach Matrix, um einen Floatstone (mikritische Matrix) oder einen Rudstone (sparitische Matrix). Nach der Klassifikation von DUNHAM (1962) lassen sich Rückschlüsse auf die Ablagerungsenergien ziehen und Aussagen zu Porositätstrends ableiten.

#### **Karbonatklassifikation nach FOLK (1959, 1962):**

Bei dieser Klassifikation wird die Matrix als Hauptbestandteil der Probe betrachtet, weiterhin werden folgende Elemente unterschieden und in die Klassifikation einbezogen:

allocheme Komponenten (Intraklasten, Oolithe, Pellite, Fossilien)

Mikrit

Sparit

Zur Bestimmung wird zunächst der Anteil an allochemen Komponenten (also Klasten, Ooide und Fossilien) abgeschätzt. Sind mehr als 10 % enthalten wird von einem allochemen Gestein gesprochen, bei weniger als 10% von einem mikrokristallinen. Danach wird entschieden, ob es sich bei der Matrix um Sparit oder Mikrit handelt und anschließend werden die Komponenten bestimmt. Diese werden, je nach Gehalt und Zusammensetzung, in der Gesteinsklassifikation abgekürzt verwendet, wobei nach FOLK (1959, 1962) die Komponenten hierarchisch geordnet sind. Intraklasten sind als wichtigste Komponenten definiert, da sich hieraus Rückschlüsse auf die Bildungsbedingungen ziehen lassen (Abb. 52) und die Beschreibung der Gesteine eindeutiger ist.

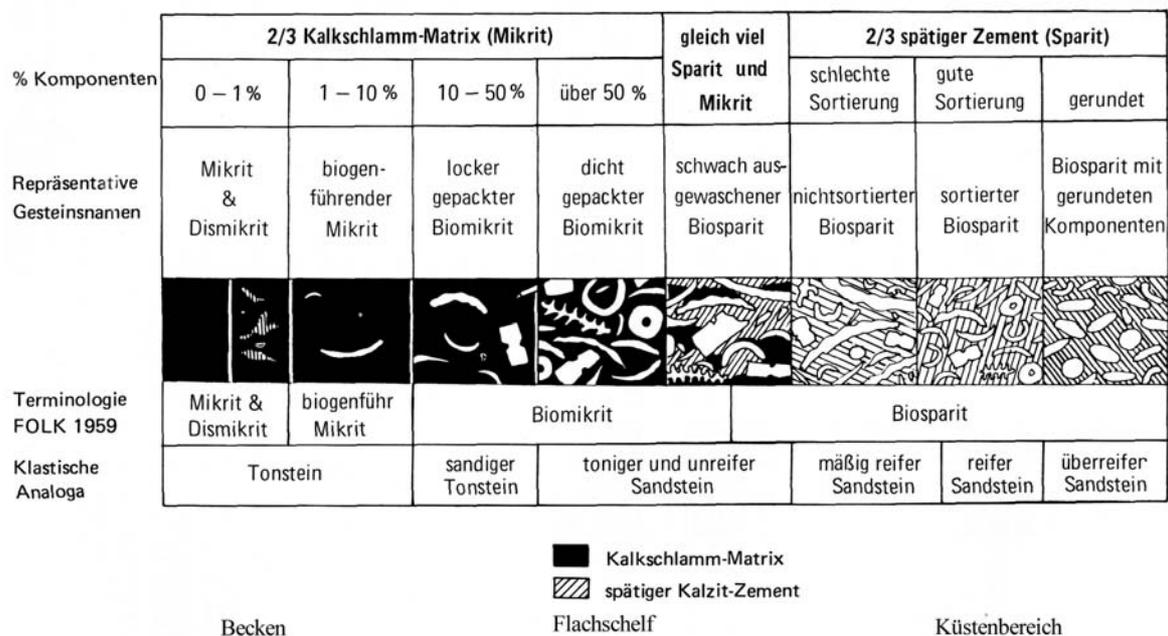


Abb. 52: Textur-Spektrum von Karbonaten, niedrig energetische Ablagerungen (links) und hoch energetische Ablagerungen (rechts) (aus FLÜGEL 1978).

Tab. 8: Klassifizierung der Proben nach DUNHAM (1962) und FOLK (1959, 1962)

Probennummer	Klassifizierung nach DUNHAM (1962)	Klassifizierung nach FOLK (1959, 1962)
1019-16	Wacke-, Packstone	Intramikrit
1019-42	Mudstone	Mikrit
1019-87	Wacke-, Packstone	Intrabiosparit
1019-97/89	Wacke-, Packstone	Intersparit, Intramikrit
1019-103	Mudstone	Mikrit
1019-105	Pack-, Grainstone	Oomikrit
1019-115	Stromatolith	Stromatolith
1019-117	Wackestone	Intramikrit
1022	Mud-, Wackestone	intaklast bearing Micrite
1024	Wacke-, Packstone	Oosparit
1026-2	Packstone	Intrasparit
1026-3	Wacke-, Packstone	Biosparit, Biomikrit
1029-1	Mud-, Wackestone	Biomikrit
1030-4	Packstone	Biosparit
1033-8	Stromatolith	Stromatolith
1035-4	Wackestone	Biosparit, Biomikrit
1037-2	Wackestone	Biopelmikrit
1037-8	Wacke-, Packstone	Biosparit, Biomikrit

### 9.1.3 Bestimmung der Porositäten aus den Dünnschliffen

#### **Klassifikation der Porosität nach ARCHIE (1951):**

Mit der Klassifikation nach ARCHIE (1951) soll der absolute Prozentwert der Porosität bestimmt werden, eine Bestimmung der Fazies oder Diagenese ist dabei nicht beabsichtigt. Zur Bestimmung des Absolutwertes wird zunächst die Matrixporosität und anschließend die sichtbare Porosität bestimmt. Da die Unterteilung der sichtbaren Porositäten nach CHOQUETTE & PRAY (1970) genauer ist, wird nur die Klassifikation der Matrixporosität nach ARCHIE (1951) vorgenommen. Bei dieser Bestimmung der Matrixporosität wird ein Bereich erfaßt, welcher mit 10-facher Vergrößerung nicht mehr in einzeln Körner aufgelöst werden kann.

Folgende Typen von Matrix werden nach ARCHIE (1951) unterschieden:

- I** Ausbildung der Matrix ist dicht, kompakt, hart, kristallin und bei 10-facher Vergrößerung besteht die Matrix aus eng verzahnten Kristallen oder Komponenten, zwischen welchen kein sichtbarer Porenraum vorhanden ist. Die Porosität liegt zwischen 2 bis 5 %.
  
- II** Ausbildung der Matrix ist dicht, kreidig, matt, erdig und im Vergleich zu **I** sind bei 10-facher Vergrößerung die Körner weniger miteinander verzahnt. Bei einer extrem feinkörnigen Matrix ist unter 10-facher Vergrößerung eine kreidige Masse zu erkennen, wobei die einzelnen Körner gerade noch voneinander zu unterscheiden sind. Die Porosität liegt um 15 %.
  
- III** Die Matrix erscheint gröber, körnig bis sandig und bei 10-facher Vergrößerung sind die einzelnen Körner gut zu erkennen und die wenig effektive Verzahnung untereinander sichtbar. Brüche erfolgen immer entlang einzelner Kristallflächen, weshalb eine rauhe, sandige Oberfläche erscheint. Ebenfalls in diese Porositätenklasse fallen Oolithe, Onkolithe und andere komponentenreiche Gesteine. Die Porosität liegt um 5 bis 7 %.

### **Klassifikation der Porosität nach CHOQUETTE & PRAY (1970):**

Bei der Klassifikation der Porosität nach CHOQUETTE & PRAY (1970) werden unterschiedliche Arten von Poren beschrieben, wobei nach von sedimentären Gefüge abhängige und unabhängige Porositäten unterschieden wird (Abb. 53).

Vom sedimentären Gefüge abhängige Porositäten:

- Zwickelporen (interparticle): Porosität zwischen den Komponenten
- Hohlformen (intraparticle): Porosität innerhalb der Komponenten
- Partikellösungsporen (moldic): Hohlräume, die durch das Weglassen von Komponenten entstehen
- Fensterporen (fenestral): Porosität in Form von Fenstergefügen, Beispiel: Algenmatten
- Schirmporen (shelter): Hohlräume, welche unter z. Bsp. konvex liegenden Schalen erhalten bleiben, Hohlräume durch die Schalen vor Verfüllung geschützt
- Biogengerüstporen (growth-framework): Hohlräume zwischen sessilen gerüstbildender Organismen

Vom sedimentären Gefüge unabhängige Porositäten:

- Kluftporen (fracture): als Folge von Klüften oder tektonischer Beanspruchung
- Röhrenporen (channel): lange, schmale Poren, in der Orientierung nicht vom Gefüge anhängig
- kleinere Gesteinslösungsporen (vugs): entstanden durch Lösen kleinerer Gesteinsbestandteile
- größere Gesteinslösungsporen (caverns): entstanden durch Lösen größerer Gesteinsbestandteile

Von sedimentären Gefüge abhängige oder unabhängige Porositäten:

- Breccienporen (breccia): Porositäten in Zwickelhohlräumen von Breccien (teilweise sedimentär, teilweise diagenetisch)
- Biogenbohrungsporen (boring). Als Folge von Anbohrungen durch Organismen
- Schrumpfungsporen (shrinking): als Folge von Entwässerungen bzw. Austrocknungen
- Bioturbationsporen (burrow): Poren als Folge biogener Durchwühlung

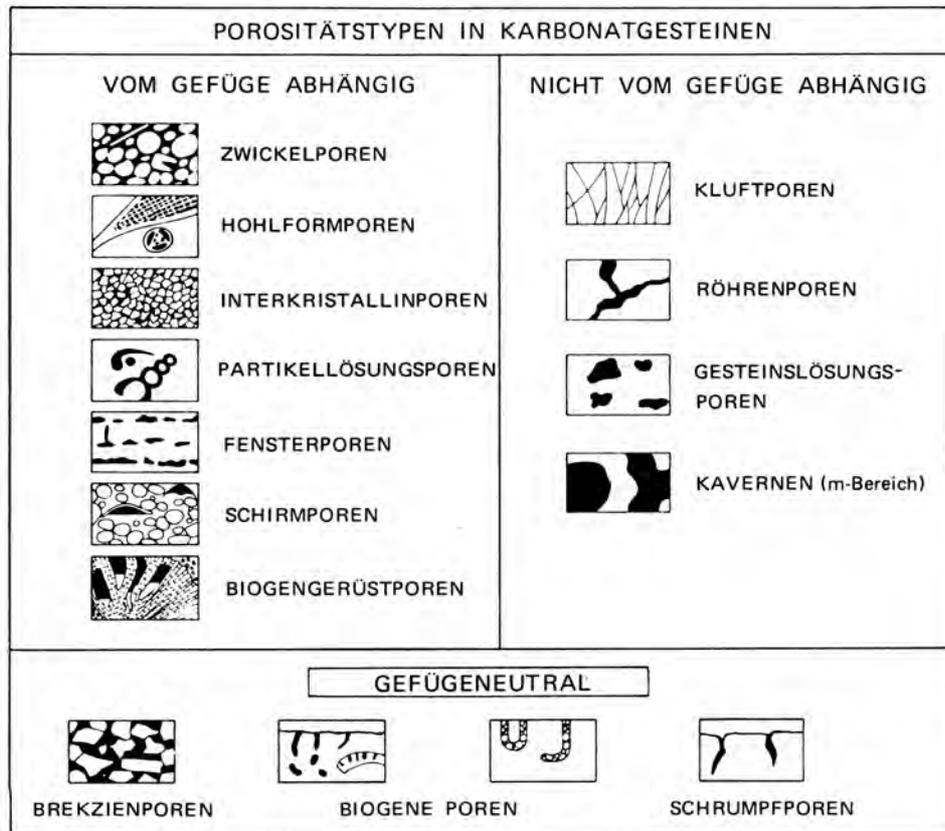


Abb. 53: Klassifikation der Porositätstypen in Karbonatgesteinen nach CHOQUETTE & PRAY (1970) (aus FLÜGEL 1978).

Tab. 9: nach ARCHIE (1951) und CHOQUETTE & PRAY (1970) bestimmten Porositäten der Dünnschliffe

Probennr.	Matrixporosität nach Archie (1951)	Sichtbare Porosität nach CHOQUETTE & PRAY (1970)
1019-16	Matrixporosität I: 2 — 5 %	vugs, channels; 5 %
1019-42	Matrixporosität I/II: 2 — 5%; 15 %	shelter, intraparticle, Kluftporosität
1019-87	Matrixporosität II: 15 %	interkristallin, interparticle
1019-97/89	Matrixporosität I/II: 2 — 5 %; 15 %	Hohlräume; 7 — 8 %
1019-103	große Hohlräume durch Schleifen, Porosität: nicht abschätzbar	
1019-105	Matrixporosität III: 5 — 7 %	Hohlräume, interparticle, moldic; 15 %
1019-115	Matrixporosität I: 2 — 5 %	Hohlräume, 15 %
1019-117	Matrixporosität I/II: 2 — 5; 15 %	Zwickelporen; 5 — 10 %
1022	Matrixporosität I-II: 2 — 5 %; 15 %	vugs, channels, Ooidkerne fehlen; bis 20 %
1024	Matrixporosität III: 5 — 7 %	intraparticle, moldic, channel; 10 — 20 %
1026-2	Matrixporosität I: 2 — 5%	intraparticle
1026-3	Matrixporosität I/II: 2 — 5 %; 15 %	Hohlräume (inkl. Schleifverluste); moldic; 10 — 15 %
1029-1	Matrixporosität I/II: 2 — 5 %; 15 %	keine sichtbare Porosität, Körner beim Schleifen herausgerissen
1030-4	Matrixporosität III: 5 — 7 %	intraparticle, moldic; 10 — 15 %
1033-8	Matrixporosität I/II: 2 — 5 %, 15 %	als Hohlräume; 5 — 10 %
1035-4	Matrixporosität I/II: 2 — 5 %, 15 %	intrapar., moldic, vugs; 10 — 15, max 20 — 30 %
1037-2	Matrixporosität I: 2 — 5 %	shelter, moldic, intraparticle; 5 — 10 %
1037-8	Matrixporosität II/III: 15 %, 5 — 7 %	intraparticle, moldic, vugs; 10 — 15 %

#### 9.1.4 Interpretation der Dünnschliffe

Ziel der Interpretation der Dünnschliffe ist eine Abschätzung der Bildungsbedingungen und der Transportenergien, welche nötig waren um diese Gesteine abzulagern, dabei wurden die Klassifikationen von DUNHAM (1962) nach FLÜGEL (1982) weiter unterteilt und in 24 Standardmikrofaziestypen (SMF) untergliedert wurden. Für die Klassifikationen von FOLK (1959) wurde vom selben Autor 1962 eine Zuordnung zu bestimmten Faziestypen unternommen.

##### **Schliff 1019-16**

Der Schliff 1019-16 besteht hauptsächlich aus Quarzen, welche in einer feinkörnigen, mikritischen Matrix schwimmen und wird nach FOLK (1962) als Intramikrit bezeichnet. Nach DUNHAM (1962) wird nur die Matrix und der Anteil der enthaltenden Körner betrachtet, daraus folgend handelt es sich um einen Wacke- oder Packstone. Die darüber hinaus akzessorisch enthaltenen Komponenten, wie Gesteinsfragmente, Glimmer, Olivine und Feldspäte, werden bei diesen beiden Klassifikationen nicht berücksichtigt. Alle auftretenden Klasten sind schlecht gerundet, was auf einen mäßigen Transport und/oder auf mäßige Energien bei der Ablagerungen hinweist. Im Gegensatz dazu besteht der überwiegende Anteil des Gesteins aus dichter mikritischer Matrix, was auf ein sehr geringes energetisches Ablagerungsmilieu oder nachträglichen Eintrag von feinkörnigem Material hindeutet. Bei der Interpretation nach FOLK (1962) wird das Gestein als Tonstein bezeichnet, welcher sich in niedrig energetischen Bereichen, möglich wäre ein tieferes marines Becken, abgelagert hat. Nach FLÜGEL (1982) entstehen Mudstones überwiegend pelagisch in tieferen Becken distal vom Festland unterhalb der Sturmwellenbasis. Folglich handelt es sich bei der Probe auf Grund der Feinkörnigkeit, der schlechten Rundung und dem geringen Anteil an Komponenten um eine Bildung in einem niedrig energetischen Ablagerungsraum, welche unterhalb der Sturmwellenbasis, zum Beispiel in tiefer marinen oder brackischen Becken, abgelagert wurde.

##### **Schliff 1019-42**

Nach DUNHAM (1962) wird die Probe als Mudstone klassifiziert, wobei dieser als feinkörniges, dichtes Gesteine beschrieben wird. Nach FLÜGEL (1982) wird dieser Mudstone als Becken- oder Schelf- bzw. Randablagerungen gezählt, in welcher pelagische Mikrofossilien enthalten sind, welche im Dünnschliff nicht nachgewiesen werden konnten. Nach der Klassifikation von FOLK (1962) handelt es sich um einen Mikrit, welcher unter niedrig energetischen Verhältnissen in einem tieferen Becken unterhalb der

Sturmwellenbasis abgelagert wurde. Daraus folgend wird festgestellt, daß nach beiden Interpretationen die Ablagerung der untersuchten Probe in einem niedrig energetischen Ablagerungsraum, zum Beispiel einem marinen oder brackischen Becken, unterhalb der Sturmwellenbasis stattgefunden hat.

#### **Schliff 1019-87**

Bei der Probe handelt es sich nach FOLK (1959), auf Grund des hohen Anteils an Quarzen und Biogenen, um einen Intrabiosparit und nach DUNHAM (1962) um einen Wacke- oder Packstone. Bei den Biogenen finden sich einklappige, leicht gebogene Molluskenreste, welche meist komplett erhalten und in Lagen eingeregelt sind und in einem limnischen, brackischen und marinen Bereich abgelagert wurden. Werden die Modell von FLÜGEL (1982) und FOLK (1962) herangezogen, lagerte sich die Probe bei allen Modellen übereinstimmend in einem höher energetischen Schelf- oder Lagunenbereich ab.

#### **Schliff 1019-97/89**

Wird die Probe 1019-97/89 nach FOLK (1959) bestimmt, wird ein Intersparit oder Intramikrit und nach DUNHAM (1962) einen Wacke- oder Packstone klassifiziert. Im Dünnschliff sind in geringen Anteilen Feldspäte, Opakminerale, Quarze und Gesteinsfragmente vorhanden, welche in einer mikritisch bis sparitische Matrix schwimmen. Allgemein sind die Komponenten schlecht bis kantengerundet und stammen aus terrigenen Einträgen. Aus den Klassifikationen nach FOLK (1962), FLÜGEL (1982) interpretiert, wurde das untersuchte Gestein in einem höher energetischen Milieu, möglicherweise einem marinen Schelfbereich, abgelagert, wobei das Fehlen von Biogenen durch eine rasche Überdeckung nach der Ablagerung erklärt werden kann.

#### **Schliff 1019-103**

Nach FOLK (1959) wird die Probe 1019-103 als Mikrit und nach DUNHAM (1962) als Mudstone klassifiziert. Mikrite werden nach FOLK (1962), auf Grund der Feinkörnigkeit der Probe, zu den niedrig energetischen Ablagerungen in einem marinen, brackischen oder limnischen Becken unterhalb der Sturmwellenbasis gezählt. Bei den Mirkofaziestypen von FLÜGEL (1982) werden die Mudstones als niedrig energetische, pelagische Bildungen gedeutet, welche ähnlich FOLK (1962) in einem marinen, brackischen oder limnischen Becken unterhalb der Sturmwellenbasis abgelagert werden.

### **Schliff 1019-105**

Bei dem Dünnschliff 1019-105 handelt es sich nach DUNHAM (1962) um einen Pack- oder Grainstone und nach FOLK (1962) um einen Oomikrit, da der Schliff überwiegend aus Ooiden besteht, welche in einer dichten mikritischen Matrix schwimmen. Bei diesen Ooiden handelt es sich um Tangentialoide, welche unter niedrig energetischen Bedingungen randmarin bis brakisch und teilweise hypersalinar gebildet werden. Nach FLÜGEL (1982) werden Pack- oder Grainstones in höher energetischen flachmarine, brackischen oder lagunären Becken abgelagert.

### **Schliff 1019-115, Schliff 1033-8**

Nach DUNHAM (1962) und FOLK (1962) ist keine Einteilung in die Klassifikationen nach Korngrößen, Matrix und Komponenten möglich, da es sich bei dieser Probe um einen lagig ausgebildeten Stromatolithen handelt. Stromatolithen stellen klar definierte Anforderungen an ihren Lebensraum, da sie aus Algen aufgebaut werden, welche Photosynthese betreiben. Folglich bilden sich Stromatolithen ausschließlich in lichtdurchfluteten flachen Becken, ohne Einträge klastischen Materials. Aus der Form des Stromatolithen kann das Energieniveau im Bildungszeitraum abgeleitet werden, aus der Tatsache, daß es sich bei dem untersuchten um einen domartig aufgewolbten Stromatolithen handelt, läßt sich auf eine Bildung in einem niedrig energetischen Environment schließen. In dem Modell von FLÜGEL (1982) wird der Stromatolith in Landnähe, in extrem flachen Wasser gebildet und tritt auf Grund der geringen Wassertiefe meist zusammen mit Evaporiten auf.

### **Schliff 1019-117**

Nach der Beschreibung der Körner und der Matrix handelt es sich nach DUNHAM (1962) um einen Wackestone und nach FOLK (1959) um einen Intramikrit. Überwiegend besteht der Schliff aus mikritischer Matrix, in welcher terrigen eingetragene Gesteinsfragmente, Feldspäte und Quarze schwimmen. Die akzessorisch enthaltenen Ooide bilden sich ausschließlich unter speziellen Bildungsbedingungen, allerdings muß zunächst geklärt werden, ob diese Ooide im Ablagerungsraum gebildet wurden oder eingespült wurden. Gegen eine Bildung der Ooide am Ablagerungsort spricht, daß keine der terrigen eingetragenen Klasten von karbonatische Lagen umkrustet ist. Werden die Modelle von FOLK (1962), FLÜGEL (1982) zur Interpretation herangezogen, handelt es sich auf Grund der Klasten um eine höher energetische Becken- oder Schelfablagerung.

### **Schliff 1022**

Bei dem Schliff 1022 handelt es sich nach FOLK (1959) um einen intraklast bearing Micrite und nach DUNHAM (1962) um einen Mudstone. In sehr geringen Anteilen sind terrigen eingetragene Klasten und Ooide in einer dichten mikritischen Matrix vorhanden. Quarze und Ooide wurden in unterschiedlichen Bildungsräumen gebildet, anschließend zusammengespült und zusammen abgelagert. Es handelt sich bei den Quarzen um terrigene Bildungen und bei den Ooiden um marine. Wird der Bildungsraum nach FOLK (1962) und FLÜGEL (1982) bestimmt wurde das feinkörnige Sediment unter sehr geringen Energien, möglicherweise in einen tieferen marinen oder brackischen Becken oder unter pelagisch Bedingungen, abgelagert, in welches terrestrisches und marines Material eingetragen wurde.

### **Schliff 1024**

Bei dem Dünnschliff 1024 handelt es sich nach FOLK (1959), auf Grund der großen Anzahl von Ooiden, um einen Oosparit und nach DUNHAM (1962) um einen Wacke-/Packstone. Es sind ausschließlich Ooide und Biogene in einer überwiegend sparitischen Matrix vorhanden, wobei es sich bei den Biogenen um zerbrochene Schalen, darunter auch Reste von Gastropodenhäusern, handelt. Diese sind meist einfach zerbrochen und zeigen keine abgerundeten Kanten, was auf ein einmaliges Umlagerungsereignis deutet. In der Probe traten überwiegend radialstrahlige Formen, aber auch Tangentiooide auf. Das diese in unterschiedlichen Bildungsräumen entstehen, wird von einem Zusammentrag nach der primären Bildung ausgegangen. In der Klassifikation von FLÜGEL (1982) werden Wacke- oder Packstone distal, also im offenen Meer, abgelagert. Folglich handelt es sich bei dem Gestein um das Resultat eines einmaligen hoch energetischen Ereignisses, bei welchem unterschiedliche Ooide und Biogene zusammengespült und zusammen abgelagert wurden.

### **Schliff 1026-2**

Nach DUNHAM (1962) wird der Schliff 1026-2 als Packstone und nach FOLK (1959) als Intrasparit klassifiziert. In dem Dünnschliff ist ein hoher Prozentsatz an Biogenen und Quarzen und geringere Mengen von Gesteinsfragmente vorhanden. Bei den Biogenen handelt es sich um Molluskenschalen, welche teilweise, calcitisch verfüllt sind oder Hohlräume aufweisen und in einzelnen Lagen angereichert sich. Überwiegend sind die Schalen einfach zerbrochen und die Kanten nicht gerundet, was auf einen einmaligen kurzzeitigen Transport hindeutet. Da terrigen eingetragene Quarze und Gesteinsfragmente in größeren Mengen vorhanden sind, wird von einer proximalen Ablagerung ausgegangen.

Nach FLÜGEL (1982) wurde das Sediment an einem Foreslope gebildet, an welchem der Eintrag von größeren Mengen terrigenen Materials möglich ist. Nach der Interpretation nach FOLK (1962) wird das Sediment als unsortierten Sandstein, welcher unter größeren Energien in einem Schelfbereich abgelagert wurde, beschrieben.

### **Schliff 1026-3**

Nach DUNHAM (1962) wird der Dünnschliff 1026-3 als Wacke- oder Packstone bezeichnet und nach FOLK (1959) als Biosparit oder Biomikrit klassifiziert. Im Schliff sind neben rekristallisierten Biogenen, geringen Anteilen von terrigenen eingetragenen Quarzen, Gesteinsfragmenten, Opakmineralen, Feldspäten und Eisenoxiden enthalten. Bei den Biogenen handelt es sich um Molluskenbruchstücke, welche teilweise sparitisch verfüllt und von einem feinem calcitischen, kristallinen Saum umhüllt sind. Biogenführende Wacke-/Packstone werden nach FLÜGEL (1982) als mäßig energetische Bildungen beschrieben, welche in flachmarinen, brackischen oder limnischen Becken oder Lagunen abgelagert werden. Nach der Interpretation von FOLK (1962) handelt es sich um eine höher energetische Bildung, also Ablagerungen im Flachwasser- oder Küstenbereich.

### **Schliff 1029-1**

Betrachtet man die Klassifikation nach DUNHAM (1962), handelt es sich um einen Mudstone oder Wackestone. Bei der Klassifikation nach FOLK (1959) werden die Komponenten einbezogen und es handelt sich um einen Biomikrit. In der dichten mikritischen Matrix sind in geringen Mengen terrigenes eingetragenes Material, wie Quarze, Feldspäte und Gesteinsfragmente, enthalten. Auf Grund der feinkörnigen, dichten Matrix wird eine Ablagerung in einem niedrig energetischen marinen oder brackischen Bereich vermutet, in welchen terrestrisches Material eingetragen wurde. Ein Biomikrit wird von FOLK (1962) als Tonstein bezeichnet, welcher sich ausschließlich in den Ruhigwasserbereich eines Beckens abgelagert. Nach FLÜGEL (1982) handelt es sich bei diesem Mudstone oder Wackestone um eine pelagische Bildung, welche distal in einem Becken unterhalb der Sturmwellenbasis erfolgte.

### **Schliff 1030-4**

Bei dem Dünnschliff 1030-4 handelt es sich nach DUNHAM (1962) auf Grund der überwiegend sparitischen Matrix, des Anteils an Biogenen, Ooiden und Quarzen, um einen Packstone und nach FOLK (1959) um einen Biosparit. Bei den Biogenen finden sich leicht gebogen, dickschalig Mollusken- und Gastropodenbruchstücke, welche eingeregelt und teilweise mit einem dunkler Saum von Eisenoxiden umhüllt sind. Werden die Ooide

betrachtet, so bilden sich diese bevorzugt in Bereichen, in denen kalkbindende Organismen fehlen. Da diese Organismen in der Probe bestimmt wurden, kann von unterschiedlichen Bildungsräumen für die Ooide und die Biogene ausgegangen werden. Wird der Anteil an Quarzen und Gesteinfragmenten betrachtet, war der Eintrag von terrestrischem Material während der Ablagerung sehr gering, was auf einen eher distalen Ablagerungsraum hindeutet. Nach FOLK (1962) werden diese Ablagerungen als tonige Sandsteine bezeichnet, welche in einem Bereich mit höheren Energien, also zwischen Schelf und Becken, abgelagert wurden. Nach WILSON (1975) und FLÜGEL (1982) wird ein biogenreicher Packstone als Foreslopebildung bezeichnet, welcher an einem Schelf- oder Beckenrand entsteht.

#### **Schliff 1035-4**

Der Schliff 1035-4 wird nach DUNHAM (1962) als Wackestone und nach FOLK (1959) als Biosparit oder Biomikrit bezeichnet. In geringen Anteilen sind terrigene Quarze und marine Pelioide enthalten, wobei die Komponenten in einzelnen Bereichen des Schliffes angereichert sind. Auffällig sind dabei die in Lagen eingeregelter, ganzschaliger, komplett erhaltenen, aber zerdrückter Biogene, welche auf eine niedrig energetische Ablagerung und langsame Kompaktion deuten. Nach den Modellen von FOLK (1962) und FLÜGEL (1982) handelt es sich um eine Ablagerung mit ganzen Organismen, welche idealerweise das gesamte Faunenspektrum des Bildungsbereiches gut darstellen soll. Abgelagert werden diese Sedimente in einer Schelffazies mit offener Zirkulation, also in einem Ruhigwasserbereich oberhalb der normalen Wellenbasis.

#### **Schliff 1037-2**

Nach DUNHAM (1962) handelt es sich um ein Wackestone und nach FOLK (1962) um ein Biopelmikrit. Bei den enthaltenen Biogenen handelt es sich um stark zerbrochene und rekristallisierte Molluskenreste, welche nur teilweise verfüllt und teilweise von einem calcitischen Saum umhüllt sind. Auffällig ist die Einregelung und die Anreicherung dieser Mollusken in Lagen. Sämtliche im Schliff enthaltene Komponenten sind schlecht bis kantengerundet, was für eine kurzzeitige höher energetische Aufarbeitung oder mäßige Energien bei der Ablagerung spricht. Nach den Modellen von FOLK (1962) und FLÜGEL (1982) wird das Gestein als Flachwasserbildung in einem flachen marinen, brackischen oder lakustrinen Becken oder einer Lagune klassifiziert.

### **Schliff 1037-8**

Bei dem Dünnschliff 1037-8 handelt es sich nach DUNHAM (1962) um einen Wacke- oder Packstone und nach FOLK (1962) um einen Biosparit oder Biomikrit. Im Schliff sind neben Biogenen, Ooide auch terrigen eingetragene Komponenten, wie Gesteinsbruchstücke und Quarze, enthalten. Bei den Biogenen handelt es sich um eingeregelt, überwiegend unverfüllte bis 1 mm lange, dünne und dickschalige Reste mindestens zweier nicht näher bestimmter Mollusken-Form. Die schlechte Rundung der Gesteinsfragmente und der Quarze, sowie die unterschiedlich ausgebildeten Ooide deuten auf ein Zusammentragen von Material aus verschiedenen Bildungsräumen hin. Ooide bilden sich ausschließlich in Bereichen, in denen kalkbindende Organismen fehlen, in der Probe wurden solche aber bestimmt, was ebenfalls auf unterschiedliche Bildungsräume der Komponenten deutet. Nach den Modellen von FOLK (1962) und FLÜGEL (1982) handelt es sich bei dem Gestein um eine Ablagerung mit karbonatisch umkrusteten Körnern und Biogenen, welches sich in Schelfen, Lagunen oder flachen marinen, brackischen oder limnischen Becken abgelagerten.

## 9.2 Mikroskopische Untersuchung der gesiebten Körner

### 9.2.1 Ergebnisse

#### **Probe 1019-8**

In der trockengesiebten Probe 1019-8 sind Quarze, Gesteinsfragmente, Biogene und Opakminerale enthalten, wobei ein relativ großes Korngrößenspektrum vorhanden ist, was auf eine schlechte Sortierung der Probe schließen lässt. In den gröberen Fraktionen sind ausschließlich Quarze und Gesteinsfragmente enthalten, wobei mit abnehmender Korngröße der Anteil an Quarzen ab und der an Gesteinsbruchstücke zu nimmt. Bei den Quarzen handelt es sich überwiegend um milchig, trüb und vereinzelte rötlich gefärbte und seltener um klare, transparente Körner, wobei die Quarze mit abnehmender Korngröße einen immer besser werdenden Rundungsgrad aufweisen. Bei den vorhandenen Biogenen handelt es sich um mehrlagige, einfach zerbrochene Molluskenreste und Bruchstücke von Gastropoden, welche in kleineren Fraktionen häufiger anzutreffen sind.

#### **Probe 1019-16**

Hauptsächlich sind in der Probe 1019-16 Gesteinsfragmente und Quarze enthalten, wobei es sich bei den Gesteinsfragmenten um dunkle, dichte Magmatite und geschieferte, grünliche Metamorphite handelt. Die Quarze sind milchig, trüb bis durchscheinend und mäßig bis kantengerundet, wobei eine leichte gelbliche Färbung auftritt, welche auf Eisenhydroxideinschlüssen zurückgeführt wird. Mit abnehmender Korngröße nimmt der Anteil der Gesteinsbruchstücke gegenüber den Quarzen ab. Ab 280  $\mu\text{m}$  sind Biogene enthalten, wobei es sich um Bruchstücke und komplett erhaltende Schalen der Ostrakodengattung *Cyprideis* (nach BASSIOUNI 1979) handelt, welche elliptisch und besonders dünn ausgebildet sind. Akzessorisch treten Opakmineralen und grünliche, metallisch glänzende Glimmerplättchen auf, wobei es sich bei erst genannten um Eisenoxide oder Sulfide handelt. Bei den Glimmern handelt es sich auf Grund ihrer Ausbildung um Chlorite, welche im wesentlichen aus niedrig metamorphen Gesteinen stammen.

#### **Probe 1019-26**

In der Probe 1019-26 sind hauptsächlich Gips, Eisenoxide, Kalksteine und Quarze, sowie akzessorisch Gesteinfragmente, Biogene und Opakminerale enthalten. Bis zur 500  $\mu\text{m}$ -Fraktion nimmt der Gipsgehalt der Probe stetig ab und in der 280  $\mu\text{m}$ -Fraktion sind diese noch akzessorisch anzutreffen, wobei ab 125  $\mu\text{m}$  Gipsplättchen erneut als häufigste Komponente enthalten sind. In der 1 mm-Fraktion sind die Gipsplättchen vereinzelt zusammengewachsen und bilden wüstenrosenartige Aggregate aus. Eisenoxide treten in

allen Fraktionen etwa in gleichbleibenden Anteilen auf und wirken meist wie losgelöste Krusten von Körner oder Biogenen. Quarze reichern sich bis in die 280 µm-Fraktion an und sind in kleinen Korndurchmesser in geringeren Anteilen anzutreffen, wobei es sich meist um klare, sehr schlecht gerundete, seltener um trübe, milchige bis durchscheinende Körner handelt. Bei den Kalksteinen handelt es sich um hellgraue bis hellgelbe tonig, karbonatische Komponenten, welche in allen Fraktionen in gleichen Anteilen vorhanden sind. Bei den Biogenen handelt es sich in der Mehrzahl um rötlichbraune Knochenreste und dünne Schalen der Ostrakoden-Gattung *Cyprideis* (nach BASSIOUNI 1979), wobei es sich bei den Knochenresten vermutlich um Wirbelfragmente handelt. Akzessorisch sind Magmatite und Metamorphite, sowie Opakmineralen enthalten, wobei es sich bei den Opakmineralen um Eisenoxide oder Sulfide handelt.

#### **Probe 1019-97/89**

In der Probe 1019-97/89 sind überwiegend Gesteinsfragmente, Quarze und Kalksteine enthalten, wobei mit abnehmender Korngröße der Anteil der Kalksteine ab und der an Gesteinsfragmente und Quarze zunimmt. Akzessorisch sind in den einzelnen Fraktionen Glimmer, Opakminerale und Eisenoxide vorhanden. Die Quarze sind sehr unterschiedlich ausgebildet, so treten überwiegend klare, transparente Körner mit deutlich schlechterer Rundung und trübe, sowie grünliche, gelbliche, bräunliche und rötliche gefärbte Körner auf. Unter dem Begriff der Gesteinsfragmente sind in dieser Probe Magmatite, Metamorphite und Sedimentite zusammengefaßt, welche eine mäßige Rundung aufzeigen und deren Anteil mit kleiner werdenden Fraktionen abnimmt. Ab 500 µm-Siebdurchmesser sind bräunliche bis dunkelbraune, metallisch glänzende Glimmerplättchen in der Probe enthalten, wobei es sich um Biotite handelt, welche hauptsächlich aus metamorphen Gesteinen, wie Glimmerschiefern oder Phylliten stammen. Bei den Opakmineralen handelt es sich um Eisenoxide oder Sulfide, die als schlecht gerundete, relativ kleine Körner in der 125 µm-Fraktionen akzessorisch auftreten.

#### **Probe 1019-114**

In der Probe 1019-114 sind überwiegend Quarze, Gesteinsfragmente und Feldspäte enthalten und in geringen Anteilen sind Glimmer und Opakminerale vorhanden. Mit kleiner werdenden Korngrößen steigt der Anteil der Quarze, wobei vor allem in den größeren Korngrößen klare und transparente Quarze enthalten sind. Ab der 1 mm-Fraktion treten zunehmend trübe und gefärbte Quarze auf, wobei rötliche, gelbliche, rosa und orange Färbungen enthalten sind. Vereinzelt sind die Quarze mit anderen Mineralen, wie

Glimmern, verwachsen, was auf eine unvollständige Verwitterung des Ausgangsgestein schließen läßt. Bei den Gesteinsfragmenten sind Magmatite und Metamorphite vorhanden, wobei die erst genannten überwiegen und meist auffällig gut bis kantengerundet sind, wobei mit abnehmender Korngröße der Anteil an Gesteinsfragmenten abnimmt. Ab 2 mm Korndurchmesser treten helle und dunkle, vereinzelt goldene und grünliche Glimmerplättchen auf. Bei den grünlichen Körner handelt es sich um Chlorite, bei den dunklen, bräunlich, goldenen Glimmern um Biotite und bei den hellen, transparenten um Muskovite, wobei Muskovite chemisch stabiler sind als Biotite, obwohl diese in den Ausgangsgesteinen häufiger vorhanden sind. Vermutlich handelt es sich bei den Opakmineralen, die in einigen Fraktionen akzessorisch vorkommen, um Sulfide oder Eisenoxide.

#### **Probe 1021-1**

Bis 500 µm sind ausschließlich Quarze und magmatische, metamorphe und sedimentäre Gesteinsfragmente in wechselnden Anteilen enthalten. Die Quarze sind kantengerundet und überwiegend trübe bis durchscheinende, aber auch gefärbte und klare, schlechter gerundete Körner sind enthalten, wobei die unterschiedlichen Färbungen durch verschiedene Einschlüsse verursacht werden. Bei den akzessorisch vorkommenden Opakmineralen handelt es sich um Sulfide oder Eisenoxide, welche in Fraktionen unter 500 µm auftreten. In der 125 µm-Fraktion sind in geringen Anteilen grünliche und bräunliche Glimmerplättchen enthalten, wobei es sich Biotit und Chlorite handelt.

#### **Probe 1021-2**

In allen Fraktionen der Probe 1021-2 sind fast ausschließlich Quarze und schlecht bis kantengerundete Magmatite, Metamorphite und Sedimentite enthalten. In geringen Anteilen treten Feldspäte, Glimmer, Opakminerale und Olivine auf. Bei den Quarzen sind überwiegend trübe bis durchscheinende oder rötliche, gelbe, bräunliche, grünliche und rosa gefärbte Körner auf. Mit abnehmender Korngröße nimmt der Anteil an klaren, schlechter gerundeten Quarzen zu und der Anteil an trüben oder gefärbten Quarze ab. Feldspäte finden sich nur in einzelnen Fraktionen und da diese leicht verwitterbare Minerale sind, lassen sich Rückschlüsse auf die Verwitterungsprozesse und die Transportvorgänge ziehen. Die Glimmer stellen sich als bräunlich, golden schimmernde Körner dar, welche als Biotite bestimmt wurden, wobei diese zu den leicht verwitterbare Minerale gehören und beim Transport schnell zerstört werden. Akzessorisch finden sich Opakminerale in einigen Fraktionen, wobei es sich um Sulfide oder Eisenoxide handelt, welche relativ kleine, gut

gerundete Körner ausbilden. Ebenfalls akzessorisch treten kleine grünliche, transparente Olivine auf, welche zu den verwitterungsresistenten Mineralen gehören.

### **Probe 1023**

Die Probe 1023 besteht aus Gesteinsfragmenten, Quarzen, Olivinen, Glimmern, Schalenresten und Opakmineralen und in der 125 µm-Fraktion sind Gipsplättchen enthalten. Bei den Gesteinsfragmenten handelt es sich um gut bis kantengerundete Bruchstücke von Magmatiten und Sedimentiten, wobei mit abnehmender Korngröße der Anteil an Magmatiten im Verhältnis zu den Sedimentiten abnimmt. Quarze sind in der Probe schlecht gerundet und treten als trübe, durchscheinende und gefärbte Körner auf, wobei mit abnehmender Korngröße der Anteil von Quarzen und deren Rundungsgrad abnimmt. Ab 1 mm Korngröße finden sich kleine, helle, splitterig brechende Molluskenbruchstücke in der Probe. Bei den sehr schlecht gerundeten bräunlichen und grünlichen Glimmernplättchen handelt es sich um Biotite und Phlogopithe, wobei Biotite chemisch instabil sind und leichter verwittern. Grünliche, transparente, gut gerundete Olivine finden sich ausschließlich akzessorisch in der 280 µm-Fraktion. In der 125 µm-Fraktion sind akzessorisch Opakminerale und kleine, transparente Gipsplättchen enthalten.

### **Probe 1029-17**

In allen Korngrößen der Probe 1029-17 sind die Bestandteile, Quarze, Gesteinsfragmente, Glimmer und Schalenreste, in gleichen Anteilen enthalten. Bei den Gesteinsfragmenten handelt es sich um schlecht bis kantengerundete Magmatite und Sedimentite. Quarze treten überwiegend als schlecht gerundete milchige, durchscheinende oder klare Körner mit Fettglanz auf den Bruchflächen auf, wobei mit abnehmender Korngröße der Anteil an klaren Körnern zunimmt. Bei den Schalenresten lassen sich hellgraue, dickschalige und dünnschalige Molluskenfragmente unterscheiden, wobei dickschalige Bruchstücke in den größeren Fraktionen häufiger auftreten. Bei den dunkelgrünen, metallisch glänzenden Glimmern handelt es sich um Chlorite, welche überwiegend aus niedrig metamorphen Gesteinen stammen, aber auch sekundär bei der Verwitterung von Ferromagnesium-Mineralen gebildet werden können.

### **Probe 1037-7**

In der Probe 1037-7 sind Quarze, Gesteinsbruchstücke, Schalenreste und Glimmer enthalten, wobei mit abnehmender Korngröße die Anteile von Quarzen und Gesteinsbruchstücken im Verhältnis zu den Schalenresten abnimmt. Unter den Gesteinsfragmenten sind Sedimentite und dichte, dunkle, kristalline Magmatite

zusammengefaßt, wobei die Sedimentgesteinen hauptsächlich aus oolithische Biogenkalke bestehen und mit abnehmender Korngröße der Anteil an Magmatiten gegenüber der Sedimentiten abnimmt. Bei den Quarzen treten hauptsächlich trübe, milchige Körner auf und ab 280 µm Korngröße finden sich zusätzlich klare Quarze, wobei alle Quarzkörner schlecht gerundet sind und eine matte, beanspruchte Oberflächen zeigen, welche auf einen längeren Transportweg oder höhere Strömungsenergien hindeuten. In der 1 mm-Fraktion treten hellgrau, dickschalige, sowie hellbraune, dünnschalige, oval geformte Schalenbruchstücke auf, wobei es sich bei den ovalen Form um eine Ostrakoden-Form handelt, während die dickschalige Form den Mollusken zugeordnet wird. Bei den Glimmern handelt es sich um grünliche, durchscheinende Chloritplättchen.

### **Probe 1038-1**

In der Probe 1038-1 sind Gesteinsfragmente, Quarze und in geringeren Mengen Opakminerale und Glimmer enthalten, wobei mit abnehmender Korngröße der Anteil an Gesteinsbruchstücken ab und der Anteil an Quarzen zunimmt. Gesteinsfragmente bestehen aus gut bis kantengerundeten länglich bis nadelig ausgebildeten grünen, weißlichen Metamorphiten, dichten, dunkelgrauen Magmatite und Sedimentite. Unter den Quarzen treten klare, milchig, trübe und gelblich, rosa, sowie bläulich gefärbte Körner auf, wobei allgemein die Quarze schlechter gerundet sind als die Gesteinsfragmente. Akzessorisch finden sich grünliche, durchscheinende Chloritplättchen in der Probe, welche in niedrig metamorphen Gesteinen oder als Neubildung bei der Verwitterung von Ferromagnesiumsilikaten entstehen. Bei den gut gerundeten Opakmineralen, welche als kleine schwarze, metallisch glänzende Körner enthalten sind, handelt es sich um Eisenoxide oder Sulfate.

### **Probe 1038-2**

Als Hauptkomponenten treten Quarze und Gesteinsfragmente auf und ab 280 µm Korngröße zusätzlich Glimmer und Opakminerale, wobei je kleiner die Fraktionen, desto geringer der Anteil an Gesteinsfragmenten und desto höher der Anteil an Quarzen ist. Bei den Gesteinsbruchstücken finden sich Sedimentite, dunkelgraue dichte Magmatite und stengelige, weißlich grüne Metamorphite. Allgemein sind die Gesteinsfragmente besser gerundet als die Quarze, wobei diese als milchig, trüb, klare oder gefärbte Körner vorhanden sind und die Färbung auf unterschiedliche Einschlüsse zurückzuführen ist. Bei den Glimmern handelt es sich um grünliche Chlorit-, transparente Muskovit- und bräunliche Biotitplättchen.

### 9.2.2 Interpretation der gesiebten Körner

#### **Probe 1019-8**

Auf Grund der Anreicherung an verwitterungsresistenten Quarzen und quarzreichen Gesteinsfragmenten wird das Gestein als kompositionell reif angesprochen. Bei den untersuchten Fossilien handelt es sich um zerbrochene Schalen, welche zumindest aufgearbeitet wurden. Die stark zerbrochenen Biogenfragmenten, welche in einem flachmarinen oder brackischen Bereich abgelagert wurden zeigen ebenfalls an, daß das Material vor der endgültigen Ablagerung aufgearbeitet wurde. Wird davon ausgegangen, daß es sich beim Ausgangsgestein bereits um ein aufgearbeitetes Sedimentgestein handelte, kann auch ein kürzer Transportweg und/oder geringer Strömungsenergien angenommen werden. Da die Gesteinsfragmente als Magmatite und Metamorphite identifiziert wurden, kann die These des kurzen Transportweges bestätigt werden, da diese in der näheren Umgebung des Arbeitsgebietes anstehen. Wie gezeigt werden kann wurde das Gestein möglicherweise als fluviatile Ablagerung aus einem Liefergebiet mit anstehenden Sedimentiten, Magmatiten und Metamorphiten in ein flaches marines oder brackisches Becken sedimentiert. Die enthaltenen Magmatite werden von YALTIRAK (2000) als miozäne Bildungen beschrieben, was auf eine Ablagerung des beprobten Sedimentits nach dieser Zeit bedeuten.

#### **Probe 1019-16**

Kompositionell ist die Probe 1019-16, durch seinen hohen Anteil an Gesteinsfragmenten, relativ unreif, wobei je mehr Quarze enthalten sind, desto reifer das Gestein ist. Unreife Gesteine entstehen durch fluviatilen Transport und/oder kurze Transportwege. Eine weitere Möglichkeit wäre, daß das Ausgangsmaterial nur gering aufgearbeitet und ohne wesentliche physikalische oder chemische Verwitterung abgelagert wurde. Die wenigen vorgefundenen Fossilien lassen auf einen marinem oder brackischen Ablagerungsraum schließen. Folglich wurden magmatische und metamorphe Gesteine erodiert und nach kurzem, hoch energetischen Transport in einem marinen oder brackischen Environment abgelagert. Ein höher energetischer Transport ist notwendig um die bis zu 4 mm großen Quarze und Gesteinsfragmente zu befördern. Da die dünnschaligen, teilweise filigranen Biogenfragmente vollständig erhalten sind, ist davon auszugehen, daß die Strömungsenergie bei der Ablagerung der Fossilien niedrig war, also die Biogene beim Transport der anderen Komponenten noch nicht vorhanden waren und erst nach der Ablagerung der Klasten in das Sediment eingetragen wurden.

### **Probe 1019-26**

Bei der Probe 1019-26 handelt es sich um eine kompositionell sehr unreife Probe, da hohe Anteil an leicht verwitterbaren Gipsen und Eisenoxiden enthalten sind. Möglich ist ein Eintrag von Sulfiden nach der Ablagerung, wenn der Sedimentstrom in ein flachmarines oder brackisches Becken geschüttet, dieses später teilweise eingedampft und dabei Evaporite abgelagert wurden. Unterstützt wird diese Vermutung durch die Ausbildung der enthaltenen Gipse als klare, idiomorphe Kristalle, welche bei einem Transport gerundet worden wären. Da die verwitterungsresistenten Quarze schwerer verwittern als die Gipse und doch besser gerundet sind, bestätigt sich die Theorie des Eintrags der Gipse nach der Ablagerung der Klaster. Die Erhaltung der dünnchaligen Ostrakoden sprechen für einen Transport in ein flachmarines oder brackisches Becken, da diese ebenfalls bei einem längeren Transport zerstört worden wären. Möglicherweise stammen die Eisenoxide von Verwitterungsbildungen, welche vor dem Transport gebildet wurden und während der Umlagerung durch die Transportenergie von den umkrusteten Körnern entfernt wurden. Die vereinzelt auftretenden dunkelgrünen Chlorite stammen aus niedrig metamorphen Gesteinen. Daraus folgend wird die Ablagerung als hoch energetische Schüttung in ein flaches marines oder brackisches Becken erklärt, welches nach der Sedimentation teilweise eindampfte, wobei Karbonate und Gipse gebildet wurden. Da die Knochenfragmente und Ostrakodenschalen fragil und dünn sind, wird vermutet, daß diese nach der primären Ablagerung eingetragen wurden.

### **Probe 1019-97/89**

Bei der Probe 1019-97/89 handelt es sich um eine kompositionell relativ reife Probe mit größeren Mengen an Quarzen und Gesteinsbruchstücken und geringen Gehalten an chemisch instabilen Glimmern. Kompositionell reife Gesteine werden nach einem höherer energetischen Transport oder intensiver physikalische oder chemische Verwitterung abgelagert. Meist handelt es sich dabei um gerundete Stranablagerungen. Da die Probe fossilfrei ist, wird angenommen, daß die Ablagerung nach ihrer Sedimentation nicht besiedelt wurde. Daraus folgend wird das Gestein als fluviatile Ablagerung klassifiziert, welche in einem mäßig energetischen Ablagerungsraum, beispielsweise im Strand- oder Schelfbereich, geschüttet wurde, wobei dort die Gerölle vor der Diagenese weiter gerundet und leicht verwitterbare Minerale entfernt wurden. Die Magmatite werden von YALTIRAK (2000) auf ein miozänes Alter datiert, wonach die Ablagerung des Sedimentes erst nach dem Miozän erfolgt sein kann.

### **Probe 1019-114**

Auf Grund der relativ hohen Anteile von Gesteinsbruchstücken, Feldspäten und Glimmern wird die Probe 1019-114 zu den kompositionell unreifen gerechnet. Allgemein stellen kompositionell unreife Ablagerungen fluviatile Systeme dar, welche geringer energetischen Transport- und Ablagerungsenergien unterworfen waren. Die kantengerundeten Quarze, im Vergleich zu den kanten- bis schlecht gerundeten Gesteinsfragmenten und Feldspäten, lassen sich so nicht erklären. Möglich wäre, daß diese aus einem Liefergebiet mit bereits gerundeten Komponenten stammt, wogegen die Feldspäte und Gesteinsbruchstücke von dichteren magmatischen oder metamorphen Ausgangsgesteinen stammen, welche in der Nähe des Arbeitsgebietes anstehen. Von YALTIRAK (2000) werden die magmatischen Gesteine als miozäne Bildungen datiert, womit dieses Sediment nach dem Miozän gebildet worden sein muß. Da die Quarze besser gerundet sind als die leichter verwitterbaren Feldspäte und Gesteinsfragmente werden mehrere Liefergebiete angenommen, welche von einem fluviatilen Systems umgelagert wurden.

### **Probe 1021-1**

Wird der hohe Anteil an Quarzen und gut gerundeten Gesteinsfragmenten betrachtet, handelt es sich um eine kompositionell reife Probe, welche in Strand- oder Schelffazien abgelagert werden.

### **Probe 1021-2**

Kompositionell handelt es sich bei der Probe 1021-2 auf Grund des hohen Anteils von Quarzen und Gesteinsbruchstücken um eine reife Probe. Chemisch instabile Minerale, wie Kalifeldspäte und Biotite finden sich in sehr geringen Mengen. Reife Gesteine sind Ablagerungen von Strand- oder Schelffazien, wogegen das große Korngrößenspektrum für eine fluviatile Ablagerung spricht. Ein fluviatiles System wäre in der Lage aus unterschiedlichen Ausgangsgesteinen Material abzutragen und in einer Strandfazies einzutragen, wo das Material vor der endgültigen Überdeckung aufgearbeitet wurde.

### **Probe 1023**

Auf Grund der hohen Anteile an Gesteinsfragmenten und Quarzen wird die Probe 1023 als reif eingeordnet, Komponenten wie Glimmer, Opakminerale oder Olivine welche akzessorischen vorliegen, werden sie bei der Betrachtung der Reife vernachlässigt. Reife Gesteine entstehen unter stärkeren Verwitterungsprozessen oder intensiven Umlagerungsvorgängen, bei welchen instabilen Minerale und Gesteinsfragmente zerstört

werden. Auf Grund des gleichen Rundungsgrades von Gesteinsfragmenten und Quarzen kann davon ausgegangen werden, daß diese nach ähnlichen Transportwegen und Verwitterungsprozessen abgelagert wurden. Bemerkenswert sind die hellen, dünnchaligen Molluskenreste, welche bei einem längeren Transport, welcher Quarze und Gesteinsfragmente rundet, zerstört worden wäre. Wahrscheinlicher ist ein späterer Eintrag der Schalen in das Sediment, möglicherweise nach der primären Ablagerung. Bei den Gipsplättchen handelt es sich möglicherweise ebenfalls um Bildungen, welche nach der Ablagerung des Sedimentes eingetragen wurden. Wahrscheinlich wurde das klastische Material nach dem Transport in ein flachmarines oder brackisches Becken geschüttet, welches verflachte oder zeitweise vom offenen Meer abgeschnitten wurde, wobei es zu einem Eindampfen und zur Bildung von Karbonaten und Gipsen kam.

#### **Probe 1029-17**

Kompositionell wird die Probe 1029-17 auf Grund der hohen Anteile von Quarzen und Gesteinsfragmenten, als reif bezeichnet, wobei bei der Ablagerung stärkere Verwitterungsprozesse oder höher energetische Transportmechanismen gewirkt haben. Wird die Fossilführung betrachtet, ergeben sich zwei Eintragungsmöglichkeiten, zum einen die Möglichkeit die Ostrakodenschalen während, zum anderen nach dem Transport einzulagern. Gegen eine Ablagerung während des Umlagerungsprozesses sprechen die dünnen Schalenreste, welche bei Transportenergien, die Quarze und Gesteinbruchstücke runden, vollständig zerstört worden wären. Enthaltene dickschaligen Molusken-Reste könnten während des Transportes, zum Beispiel in fluviatilen Bereichen, eingetragen worden sein. Folglich lagerte sich klastisches fluviatiles Material in einem niedrig energetischen Becken ab, wobei Mollusken- und Ostrakodenschalen zu unterschiedlichen Zeitpunkten des Transportes und der Ablagerung eingelagert wurden.

#### **Probe 1037-7**

Auf Grund der hohen Anteile an Gesteinsfragmenten und Quarzen wird die Probe 1037-7 als kompositionell reif beschrieben. Reife Sedimente entstehen durch weitreichende Verwitterungsbildungen und intensivere Umlagerungsprozesse. Leicht verwitterbare Bestandteile, wie die enthaltenen Schalenreste, werden meist nach der Ablagerung eingetragen. Beispiele für reife Gesteine sind gut aufgearbeitete fluviatile Ablagerungen oder weniger gut gerundete Strandsedimente, wobei eine Verzahnung der Fazien möglich ist. Quarze treten in gut gerundeten Körnern auf, gehören aber zu den schwer verwitterbaren Mineralen, wobei Gesteinsfragmente, welche leichter verwittern, schlechter

gerundet sind. Dieser Widerspruch kann durch unterschiedliche Transportwege und -längen oder unterschiedlich reife sedimentäre Liefergesteine erklärt werden. Folgend läßt sich das Gestein als Ablagerung eines fluviatilen Systems beschreiben, welches unterschiedliche Ausgangsgesteine abtrug und in einen Strandbereich schüttete, wo eine Aufarbeitung der Gerölle stattfand und Fossilien eingelagert wurden.

#### **Probe 1038-1**

Werden die Klasten nach ihrer Rundung und ihrer Zusammensetzung bestimmt, handelt es sich um ein kompositionell reifes Sediment, wofür der geringe Anteil an leicht verwitterbaren Komponenten und der große Anteil an Quarzen und Gesteinsfragmenten spricht. Sie entstehen nach längerem oder höher energetischen Transport als fluviatile Ablagerungen oder als schlechter aufgearbeitete Strandablagerungen. Da sich der Aufschluß, aus dem diese Probe stammt, zwischen zwei neogenen Sedimentrücken befindet, wird die Ablagerung als jünger als diese Sedimentrücken bestimmt. Wird die Aufschlußsituation berücksichtigt, handelt es sich eindeutig um eine fluviatile Ablagerung, was durch die Reife und die Klasten bestätigt werden kann.

#### **Probe 1038-2**

Auf Grund des hohen Anteil an Gesteinsfragmenten und Quarzen wird der Probe 1038-2 zu den kompositionell reifen Sedimenten geordnet. Sämtliche enthaltende Komponenten sind schlecht bis kanten gerundet und lediglich die Metamorphite sind besser gerundet. Mit der kompositionellen Reife werden in erster Linie die Verwitterungsprozesse im Liefergebiet, sowie der Grad und Ausmaß der Umlagerungs- und Transportvorgänge beschrieben. Reife Gesteine sind gut aufgearbeitete fluviatile Ablagerungen oder schlecht sortierte Strandfazien. Die enthaltenden Gesteinsbruchstücke, sowohl die Metamorphite, die Magmatite, als auch die Sedimentite, stammen von Gesteinen die in der Umgebung des Aufschlusses anstehen. Daraus folgend läßt sich die Probe als Teil einer fluviatilen Ablagerung beschreiben, welche Material von den Magmatiten, Metamorphiten und Sedimentiten, welche in der näheren Umgebung anstehen, bezog.

## 10 RÖNTGENDIFFRAKTOMETRIE

### 10.1 Allgemeines zur Methode

In diesem Abschnitt werden die allgemeinen Methoden der Röntgendiffraktometrie und die bei den Proben angewandten Arbeitsweisen erläutert, welche durchgeführt wurden um den Mineralbestand der Tonsteine zu analysieren. Die röntgenographische Mineralbestimmung beruht auf der Registrierung von Netzebenenabständen in den Kristallgitter, wobei jedes Mineral typische Netzebenenabstände besitzt. Bei dem Verfahren werden die Röntgenstrahlen an den Kristallgittern gebeugt und in einem bestimmten Winkel reflektiert, wobei dieser Winkel charakteristisch für ein Mineral oder eine Mineralgruppe ist, welche damit bestimmt werden können. Voraussetzung für die Röntgendiffraktometrie ist die Annahme, daß ein monochromatischer Strahl mit der bekannten Wellenlänge  $\lambda$  an bestimmten Netzebenen mit konstanten Abstand  $d$  unter einem charakteristischen Winkel  $\varphi$  reflektiert wird und zwischen diesen Werten die BRAGGSche Gleichung besteht:

$$d = (n \cdot \lambda) / (2 \cdot \sin \varphi)$$

Mit einem Detektor werden die reflektierten Winkel  $\varphi$  registriert, als Peaks dargestellt und ausgewertet. Exemplarisch sind unterschiedliche Peaks für unterschiedliche Minerale in Abbildung 54 für die Probe 1037-1 (BL 4) dargestellt, wobei jeder Peak oder jede Gruppe von Peaks für ein Mineral oder eine Mineralgruppe typisch sind. Teilweise kommt es zur Überlagerung von mehreren Peaks, wobei in diesem Fall keine eindeutige Bestimmung möglich ist. Um diese Minerale zu bestimmen werden unterschiedliche Präparate angefertigt und in Glyzerin gelagert oder auf 550 °C erhitzt und anschließend erneut röntgenographisch gemessen, wobei sich die Peaks mineraltypische verschieben. Eine sichere qualitative Bestimmung der Tonminerale erfolgt durch die unterschiedlichen röntgenographischen Nachweisintensitäten und eine quantitative Abschätzung über die Auswertung der Peaks. Um den Peaks Minerale zuzuordnen, erfolgt der Zugriff auf eine Datenbank, welche Peaks und Peak-Gruppen aller Minerale enthalten und durch Vergleichen der gespeicherten Peaks mit den gemessenen Minerale identifiziert werden können (SCHÜLLER, 1992; HEIM 1990).

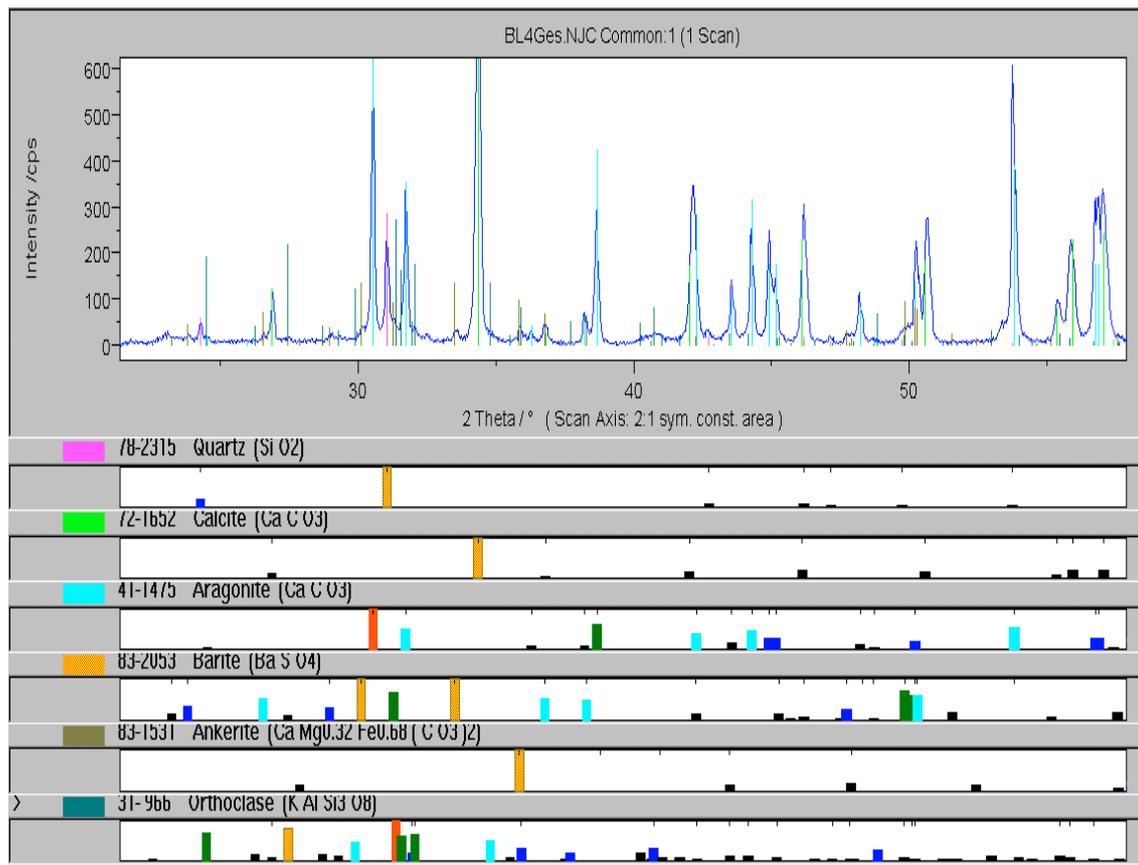


Abb. 54: Zuordnung der Röntgeninterferenzen (Ausschnitt) der Probe 1037-1 (BL-4) zu Vergleichsdaten aus PDF-4, Co-K $\alpha$ -Strahlung, 40 kV, mA, Graphitsekundärmonochromator, automatische Divergenzblende, Diffraktometer Philips PW 3020, 4-80 °2 $\Theta$ , Schritt 0,025, 3 sec/Schritt

### 10.1.1 Qualitative Analyse

Mit Hilfe eines Detektors werden die Beugungswinkel  $\varphi$  zur Ermittlung der Netzebenenabstände der Minerale registriert, wobei sich aus den gemessenen  $d$ -Werten und den Intensitäten der einzelnen Beugungspeaks typische Kurvenverläufe ergeben, an Hand derer eine Mineralbestimmung möglich ist. Im röntgendiffraktometrischen Labor der TU Bergakademie Freiberg wird das Programm *autoquan* zur qualitativen und quantitativen Auswertung der Proben verwendet. Dazu werden zunächst die Beugungslinien der Schichtebenen mit denen in den Karteien verglichen, wobei auf Grund des unterschiedlichen Aufbaus der Minerale aus verschiedenen Schichtgittern, charakteristische Unterschiede sichtbar werden

Zunächst wird ein texturarmes Präparat mit lockerer Füllung des Probenmaterials, für eine erste statistische Verteilung der Probe gemessen, wozu 30-40 mg Tonsubstanz aus einer dicken Suspension bei Zimmertemperatur (ca. 20 °C) auf einen Objektträger eingetrocknet werden und sich die Minerale locker horizontal einregeln. Weiterhin werden zur besseren Registrierung der Beugungslinien Texturpräparate angefertigt, bei denen durch langsame Sedimentation der Tonteilchen auf einer Objektfläche eine parallele Einregelung der Schichtebenen zur Oberfläche erreicht wird. Anschließend werden diese Texturpräparate mit Glykol bedampft, wobei die H<sub>2</sub>O-Moleküle aus den Zwischen-Schichten der Tonminerale verdrängt werden und eine Aufweitung der Z-Schichten erreicht wird. Da sich nicht in allen Tonmineralen quellfähige Zwischenschichten befinden, läßt dieses Verhalten Rückschlüsse auf die enthaltenen Minerale zu.

Darüber hinaus werden Erhitzungspräparate angefertigt, bei welchen die Proben auf 550 °C erhitzt und in den Mineralen eine vollständige Dehydratation, ohne anschließende Rehydratation, stattfindet. Bei der anschließenden röntgenographischen Messung zeigen diese Tonminerale deutliche Veränderungen der Schichtgitter, welche charakteristisch für einzelne Tonminerale sind (SCHÜLLER 1992; HEIM 1990).

In der Abbildung 55 werden die Peaks der einzelnen Fraktionen für die Probe 1036-2/2 (BL-1) dargestellt, wobei Ankerit in der Probenbehandlung nicht vollständig entfernt wurde und die Tonminerale in der Feinfraktion angereichert sind. Im Folgenden soll an der Probe 1036-3b (BL-5) an Hand der vorkommenden Mineralenpeaks die Schwierigkeit der Bestimmung dargestellt werden. In der Abbildung 56 sind die drei Präparationsmethode

verzeichnet, wobei die Peaks der einzelnen Tonminerale nach Präparationsmethoden in unterschiedlicher Ausbildung vorliegen. Bei den dargestellten Tonmineralen handelt es sich um: Kaolinit, Illit, Chlorit und Wechsellagerungsminerale.

Kaolinit verändert seinen Peak nach der Glykolierung nicht, da Kaolinit keine aufweitbaren Zwischenschichten im Schichtgitter enthält. Nach der Erhitzung auf 550 °C ist der Peak des Kaolinites nicht mehr vorhanden, da die Kaolinitstruktur durch die Wärmeeinwirkung zerstört wird. Bei Illitminerale finden sowohl bei der Glykolierung, als auch bei der Erhitzung auf 550 °C keine Veränderung der Struktur statt, wodurch sich die Peaks in der Abbildung nicht verändern. Chlorit zeigt zwei Reflexe, wobei diese bei der unbehandelten Probe bei 7 und 14,5  $\theta$  liegen. Der niedrigere Wert wird von dem Reflex der Wechsellagerung teilweise überlagert, während der höhere Reflex von dem des Kaolinites verdeckt wird. Bei der unbehandelten Probe fällt der Peak mit dem der Wechsellagerungsminerale zusammen, wodurch eine eindeutige Zuordnung nicht möglich ist. Der zweite Peak überlagert sich mit dem des Kaolinites, wodurch an diesem Peak ebenfalls keine eindeutige Zuordnung möglich ist. Ein deutlicher Unterschied ist zu dem glykolierten Präparat sichtbar, obwohl Chlorit keine aufweitbaren Zwischenschichten im Kristallgitter enthält und sich die Peaks nicht verschieben. Der niedrigere Peak ist durch die Verschiebung der Peaks der Wechsellagerung deutlicher sichtbar, wobei der höheren Peak vom Kaolinit-Peak überlagert wird. Wird das Mineral auf 550 °C erhitzt werden Gitterstrukturen zerstört, wodurch der höhere Peak bei 14,5  $\theta$  verschwindet und nur der niedrigere Peak bei 7  $\theta$  gleich bleibt. Bei den Wechsellagerungsmineralen handelt es sich um eine smektitreiche Illit-Montmorillonit-Wechsellagerung, welche in der unbehandelten Probe einen Peak zeigen, welcher vom Chlorit verdeckt wird. Wird die Probe glykoliert wird der Peak deutlich intensiver, da in der Wechsellagerung aufweitbare Schichten enthalten sind, was eine Verschiebung der Peaks in Richtung niedriger  $\theta$ -Werte bewirkt. Wird die Probe auf 550 °C erhitzt verschwindet der niedrige Peak und es bildet sich durch Veränderungen im Schichtgitter ein Peak bei 10  $\theta$  aus, welcher von dem Illit-Peak verdeckt wird.

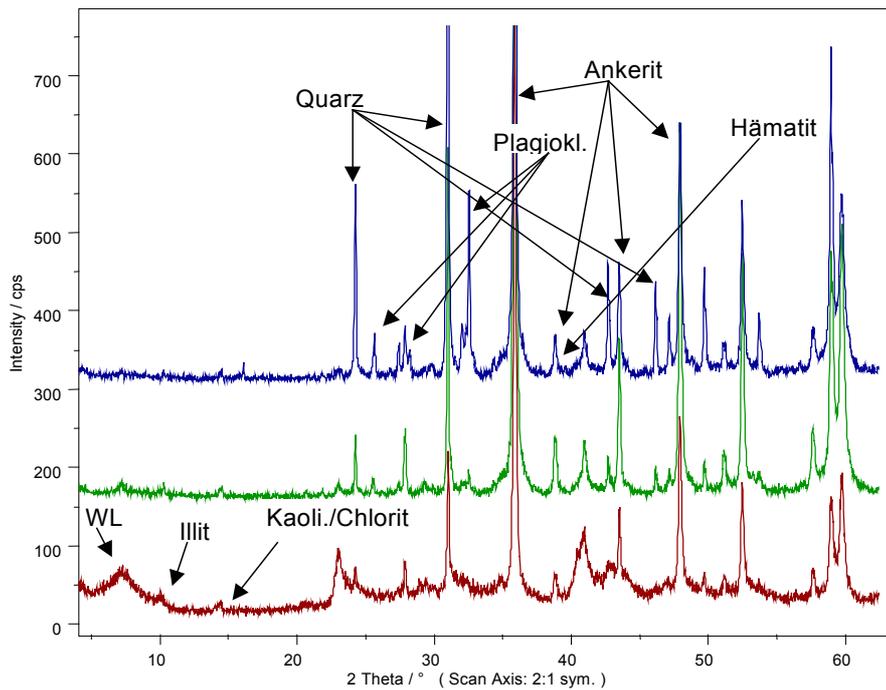


Abb. 55: Vergleich der Diffraktogramme (Ausschnitt) der Kornfraktionen  $< 2 \mu\text{m}$ , 2-63 und  $> 63 \mu\text{m}$  von Probe 1036-2/2 (BL-1), Co-K $\alpha$ -Strahlung, automatische Divergenzblende.

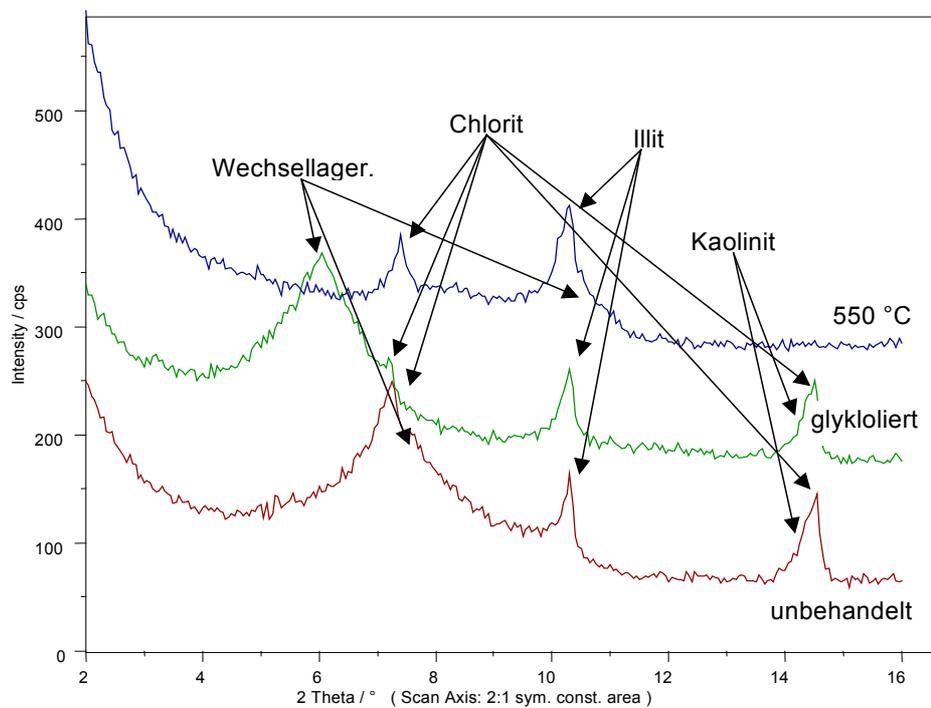


Abb. 56: Vergleich der Diffraktogramme von Texturpräparaten Probe 1036-3b (BL-5) 2-63  $\mu\text{m}$ , Co-K $\alpha$  Strahlung, automatische Divergenzblende.

### 10.1.2 Quantitative Analyse

Eine genaue quantitative Bestimmung von Tonmineralen ist schwierig, da in unterschiedlichen Lagerstätten unterschiedliche Eigenschaften der Minerale, wie Zusammensetzung, Teilchengröße und Fehlernungen, auftreten. Für eine quantitative Analyse werden die integralen Intensitäten (also die Flächen der Peaks) und nicht deren Höhe verwendet, da die Höhen wesentlich schneller durch unterschiedliche Fehlernungen oder Teilchengrößen verändert werden. Ebenfalls sind die Basisreflexe schlecht zur Bestimmung geeignet, da diese stark von der Textur, Fehlernungen und Untergrundstreuungen beeinflusst werden. Schwierigkeiten ergeben sich hauptsächlich aus der Absorption von Strahlen, durch die Anwesenheit stark absorbierender Stoffe, wie Eisenoxide, welche aus diesem Grund vor Beginn der Messung entfernt werden (SCHÜLLER 1992; HEIM 1990).

### 10.1.3 Atterbergzylinder

Die Methode nach ATTERBERG wird bei feinkörnigen Sedimenten oder bei Fraktionen kleiner Korngröße der Naßsiebung durchgeführt und beruht auf der Annahme, daß aufgerührte Teilchen einer verdünnten Suspension in der Wassersäule mit einer bestimmten Geschwindigkeit absinken, welche von der Korngröße abhängt. Nach dem STOKESSchen Gesetz werden die Kornfraktionen, die nach bestimmten Absinkzeiten an einer Stelle entnommen werden, immer kleiner.

Innerhalb der Ton- und Schlufffraktion nehmen die Kohäsionskräften mit abnehmender Teilchengröße zu, wobei in einem natürlichen Ablagerungsraum dieses Substrat Flocken oder Aggregate mit starken kohäsiven Aggregatkräften bilden würde. Um dieses Phänomen bei der Analyse zu vermeiden, werden niedrigere Korn- und Ionenkonzentrationen verwendet und vorhandenen organischer Substanz, welche Flockungen begünstigen würden, entfernt und ein Dispersionsmittel zuzugeben. Um die Bedingungen des STOKESSchen Gesetzes zu erfüllen, muß die dynamische Viskosität des Wassers während des Versuches gleich bleiben, was durch eine konstante Labortemperatur, meist um 20 °C, erreicht wird (TUCKER 1996).

## 10.2 Probenaufbereitung

An zehn Proben wurden im mineralogischen Labor des Werner-Baus der TU Bergakademie Freiberg mit Hilfe der Röntgendiffraktometrie eine Tonmineralanalyse durchgeführt, wobei zur Analyse Sedimentproben ausgewählt wurden, die über einen besonders hohen Tongehalt verfügen und im Gelände als auffällig mächtige Schichten auftreten und für die Konstruktion der hydrogeologischen Verhältnisse von Bedeutung sind. Weiterhin sollen diese Daten zur Bestimmung der Eignung als keramische Rohstoffe Verwendung finden. Eine Ausnahme stellen die Schichten aus der Quelhöhle südwestlich von Troia dar, bei denen ein Schnitt durch die aufgeschlossenen Schichten bezweckt wurde, weshalb gering mächtige Schichten analysiert wurden.

Im Labor aufbereitete Proben:

1036-2/2	:	BL-1
1036-4/3	:	BL-2
1036-3a/1	:	BL-3
1037-1	:	BL-4
1036-3b	:	BL-5
1037-5	:	BL-6
1036-9	:	BL-7
1019-42	:	BL-8
1019-37	:	BL-9
1019-51	:	BL-10

Die Proben 1036-2/2 (BL-1), 1036-4/3 (BL-2), 1036-3a/1 (BL-3), 1036-3b (BL-5) und 1036-9 (BL-7) werden in der Arbeit von LIPPMANN (2003) beschrieben und interpretiert.

Zunächst wurden die Proben zerkleinert und um ein repräsentatives Kornspektrum zu erhalten und anschließend geviertelt. Die eingesetzten Probenmenge richtet sich nach den Ergebnissen der Korngrößenverteilung, wobei eine ausreichende Menge von Tonmineralen in der Probe gewährleistet sein mußte. Je gröber die Probe, desto mehr Probenmaterial wird zur Aufbereitung benötigt. Da bei den bearbeiteten Proben von einem hohen Tonanteil ausgegangen wurde, waren ca. 20 g Probenmaterial ausreichend.

Enthalten die Proben Karbonate, Eisen-, Manganoxide oder Organika müssen diese vor einer weiterführenden Bearbeitung und Untersuchung entfernt werden, da diese Beimengungen die Eigenschaft haben Strahlungen zu absorbieren und dadurch die Intensitäten der zurückgeworfenen Strahlung verringern, was das Ergebnis der Röntgendiffraktometrie verfälscht würde.

### **Entfernung der Karbonate**

Da die Proben, ausgehend von den vorherigen Untersuchungen, einen hohen Anteil von Karbonaten enthalten, wurden zunächst 20 ml Natriumacetat-Essigsäure als Puffer zugegeben, worauf hin alle Proben, wie erwartet, heftige Reaktionen zeigten. Durch Zugabe von 1 ml (1:3) Salzsäure und unter ständiger Kontrolle mit Indikatorpapier, sollte die Probe auf den idealen pH-Wert von 4,5 gebracht werden. Da der pH-Wert über dem Idealwert lag, wurden erneut wenige Milliliter Salzsäure in die Lösung gegeben und mit jeweils 10 ml H<sub>2</sub>O homogenisiert. Um eine ausreichende Reaktionszeit zu gewährleisten, wurden die Proben mehrere Stunden stehen gelassen. Zur Verbesserung der Karbonatlösung wurden die Proben mit dem Bunsenbrenner bis 50 °C erwärmt, wobei eine Erhitzen über 50 °C vermieden wurde, da bei diesen Temperaturen Umbildungen in den Kristallgittern der Tonminerale auftreten können, welche nur teilweise reversibel sind und die Ergebnisse der Röntgendiffraktometrie verfälschen. Nach dem Erhitzen wurde erneut der pH-Wert mit Indikatorpapier gemessen und je nach pH-Wert der Probe erneut Salzsäure zugegeben. Diese Prozedur wurde mehrmals wiederholt bis die Probe auf den pH-Wert von 4,5 stabil blieb und keine Reaktion bei erneuter Zugabe von Salzsäure erkennbar war, dazu wurden in jede Probe insgesamt 10 bis 30 ml Salzsäure zur Lösung der Karbonate zugegeben. Abschließend wurden die Cl-Verbindungen aus der Salzsäure, welche die Messungen im Röntgendiffraktometer stören, mit einer Zentrifuge vom Typ Hettich Rotanta entfernt.

Nachdem die Karbonate entfernt, die Proben getrocknet und erneut gewogen war, wurde mit einem Sieb die größer 63 µm-Fraktion abgetrennt und getrocknet. Im Atterberg-Zylinder wurde die restliche Probe durch Sedimentation in kleiner und größer 2 µm getrennt, wofür eine geringe Probenmenge in Suspension gebracht und in den Atterberg-Zylinder mit destilliertem Wasser gefüllt wurde und um Ausflockungen zu verhindern ein Dispersionsmittel zugesetzt wurde. Die Körner sinken mit der, im STOKESSchenGesetz beschriebenen Sinkgeschwindigkeit auf den Boden des Zylinders und nach einer definierten Zeit, welche von der dynamischen Viskosität des Wassers abhängig ist, in der

Versuchsreihe waren es 11 Stunden und 30 Minuten, setzen sich Körner mit einem bestimmten Korndurchmesser ab und können durch eine Öffnung am unteren Ende des Zylinders abgezogen werden. Anschließend wurde die Probe im Zylinder erneut mit destilliertem Wasser aufgegossen und mit Dispersionsmittel versetzt und durch kräftiges Schütteln erneut alle in der Suspension befindlichen Teilchen in Schwebelage gebracht. Nach 11 Stunden und 30 Minuten wurden die abgesetzten Teilchen abgezogen und die Prozedur wiederholt, wobei erst nach mehrmaliger Durchführung sichergestellt wurde, daß sich alle Teilchen aus der Suspension, welche kleiner  $2\ \mu\text{m}$  sind, abgesetzt haben. Beendet wurde die Trennung der Fraktionen im Atterberg-Zylinder, als die Suspension mit der restlichen Absinkzeit von 11 Stunden und 30 Minuten klar blieb und somit keine Teilchen kleiner  $2\ \mu\text{m}$  enthalten waren. Nachdem alle Fraktionen getrennt, getrocknet und gewogen sind, wurde daraus der prozentuale Anteil der Einzelfraktionen an der Probe berechnet.

#### **Vorbereitung für die röntgenographische Untersuchung**

Als Vorbereitung für die röntgenographische Untersuchung wurden ca. 1,5 bis 2 Gramm von jeder Fraktion schrittweise gemörsert und mit einem dichten Pinsel durch ein Sieb mit der Maschenweite  $< 30\ \mu\text{m}$  gedrückt und abschließend die aufbereiteten Fraktionen einzeln mit dem Ardenne-Vibrator mit kleinen Kügelchen drei Minuten homogenisiert.

### 10.3 Beschreibung der wichtigsten Tonminerale

Die folgenden Beschreibungen zu den einzelnen Tonmineralen wurde aus SCHÜLLER (1992) und HEIM (1990) entnommen, dabei werden ausschließlich die in den Proben enthaltenen Tonminerale beschrieben.

#### 10.3.1 Zweischichtminerale

##### **Kaolinit** $[\text{Si}_2\text{O}_5][\text{Al}_2(\text{OH})_4]$

Kaolinminerale sind nicht quellbare dioktaedrische Aluminiumsilikate, welche hauptsächlich bei der Zersetzung von feldspatreichen Silikatgesteinen und Hellglimmern bei der Verwitterung unter tropischen bis subtropischen Bedingungen entstehen. Kaolinit ist unter den Zweischichtmineralen das weltweit am meisten verbreitete, wobei je nach Vorkommen die Kaolinitplättchen mittlere Durchmesser zwischen 0,5 bis vier  $\mu\text{m}$  aufweisen. Kaolinit ist häufig als Verwitterungsbildung bis in den Schluff-Bereich angereichert, so daß diese Tonminerale in pelitischen Sedimenten angereichert sind. Kaolinit bildet farblose, transparente Plättchen, die leistenförmig oder wurmförmig gekrümmt ausgebildet sind.

Bildungsbedingungen:

Damit sich Kaolinit bilden kann muß ein pH-Wert um 5 vorhanden sein und weiterhin ein niedriges Si/Al-Verhältnis und ein sehr langsames Ausfallen der Al-Hydroxide gegeben sein.

Vorkommen:

Im terrestrischen Bereich bilden sich Kaolinite überwiegend in Zusammenhang mit intensiver Verwitterung in tropischen bis subtropischen Klimaten, aber auch gemäßigt humiden Klimazonen, allerdings in wesentlich geringerem Umfang als in den Tropen. Allgemein kann der Kaolinit-Anteil in der Tonfraktion dieser Klimaten 2-7 % in jungen Tonen betragen, wobei durch die Verwitterung von Feldspäten oder pyroklastischen Gesteinen die Kaolinitbildung in kühleren Klimaten begünstigt wird. Kaolinit sind in Versenkungstiefen über 3000 Metern und Temperaturen über 100 °C chemisch instabil.

Röntgenographische Bestimmungsmerkmale:

Deutlich erkennbar am scharfen 001-Reflex bei 7,14 Å (siehe dazu Abb. 54), wobei der Nachweis neben Chlorit auf Grund der ähnlichen Basisreflexe schwierig ist. Beim Kaolinit erscheint der 002-Reflex gegen den 001-Reflex verschoben und breiter und durch

kurzzeitiges Erhitzen des Präparates auf 550 °C werden die Kaolinitstruktur zerstört, wobei die Minerale bei 450 °C das in den Strukturen gebundene Wasser verlieren. Chloritminerale dagegen zeigen nach dem Aufheizen keine Veränderung der Reflexe.

### 10.3.2 Dreischichtminerale

**Talk**  $[\text{Si}_4\text{O}_{10}][(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_3(\text{OH})_2]$

Talk ist ein selten vorkommendes nicht quellfähiges Tonmineral, welches hydrothermal oder epizonal metamorph bei Temperaturen über 300 °C gebildet wird und sehr selten authigen in Evaporiten auftritt.

**Chlorit**  $(\text{Mg},\text{Al})_6[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$

Bei den Chloritmineralen ergibt sich durch die unterschiedliche Belegung der Schichten di- und trioktaedrische Formen, wobei die trioktaedrischen am weitesten verbreitet sind. Das Fehlen von aufweitbaren Zwischenschichten unterscheidet die Chlorite von anderen Dreischichtmineralen wie Talk und Illit.

Bildungsbedingungen:

Chlorit bilden sich unter den hohen Temperaturen magmatischer, metamorpher und hydrothormaler Bildungsräume und sind unter den Bedingungen an der Erdoberfläche nur wenig stabil. Bei der Verwitterung mafischer Gesteine, hauptsächlich dem Zersatz von Pyroxenen und Amphibolen, kann Chlorit auch unter Oberflächenbedingungen neugebildet werden und in der Tonfraktion kleiner zwei µm Durchmesser ist Chlorit meist detritischer Natur.

Vorkommen:

Chlorit tritt in paläozoischen Tonschiefern und Mergeln mit einem Anteil von 10 bis 40 % auf, wobei in jüngeren Sedimenten deutliche hohe Chloritgehalte auf lakustrine oder marine Ton- und Mergelablagerungen mit hoher Salinität hindeuten. Chlorite treten meist in marinen Ablagerungen auf und sind als sedimentäre Chlorite meist in Oolithen und anderen Eisen-Anreicherungen in marinen Aufarbeitungszonen oder in fluviatilen Ablagerungsmilieu zu finden.

Röntgenographische Bestimmungsmerkmale:

Eine röntgenographische Identifizierung der Chlorite ist auf Grund der gut geordneten Kristallstruktur an Hand von Texturpräparaten gut möglich, wobei Chlorite intensive, scharfe Basisreflexe zeigen und beim Zusatz von Glyzerin nicht quellen. Im Gegensatz zu

anderen Tonmineralen erhöht sich die Intensität des Basisreflexes nach dem Erhitzen auf 500 °C und nur wenn Beimengungen von Kaolinit vorhanden sind erschwert sich die Erkennung durch die ähnliche Ausbildung der Reflexe.

### **Illit** $\text{KA}_2[(\text{OH})_2/\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$

Illit ist ein di- und trioktaedrische Dreischichtminerale ohne innerkristalline Quellfähigkeit.

Bildungsbedingungen:

In pelitischen Sedimenten oder Böden entsteht Illit durch die Verwitterung von Glimmern, hauptsächlich Muskovit. Unter Oberflächenbedingungen bildet sich Illit nur, wenn reichlich  $\text{K}^+$ -Angebot vorhanden ist, wobei quellbare Dreischichtminerale zu Illit umgewandelt werden können. Eine Illitisierung findet unter erhöhten Druck- und Temperaturbedingungen, in einer Versenkungstiefe von 2000 bis 3000 Metern statt, wobei aus der Verwitterung von Feldspäten entstehen  $\text{K}^+$ -reiche Wässer nötig sind. Unter Oberflächenbedingungen kann sich Illit in einem salinaren Bildungsraum oder in Flüssen bei einem ein pH-Wert um 8 und einem hohen Mg- und K-Konzentration bilden.

Vorkommen:

Illit tritt hauptsächlich im Festlandsbereich gemäßiger bis kühler Klimaten der mittleren und höheren Breiten auf. Im marinen Bereich tritt nur eine geringe Glimmerverwitterung auf, wodurch nicht quellbare Dreischichtminerale wie Illit besser erhalten bleiben als beispielsweise Kaolinite. Als Hauptbestandteil ist Illit sowohl im festländischen als auch marinen Bereich mittlerer bis höherer Breiten in der Tonfraktion in Gesteinen jeden Alters enthalten, weiterhin findet in Böden und Sedimenten der gemäßigten humiden Klimate ein Glimmerabbau statt, der die Bildung von Illit begünstigt.

Röntgenographische Bestimmungsmerkmale:

Illit zeigt einen deutlichen breiten Basisreflex bei etwa 10 Å und keine Veränderung der Reflexe nach Erhitzen auf 550 °C oder dem Behandeln mit Glycerin.

### 10.3.3 Wechsellagerungsminerale

#### **Smektitreiche Montmorillonit-Illit-Wechsellagerung** $\text{Al}_2[(\text{OH})_2/\text{Si}_4\text{O}_{10}]$

Diese Wechsellagerungen der Tonminerale entstehen durch die strukturelle Ähnlichkeit der Elementarschichten einiger Tonminerale, wobei sich Tonminerale in einem Milieu bilden, welches günstig für die Entstehung verschiedener Schichtsilikate ist und in dem es

zu Verbindungen der Elementarschichten kommen kann, wodurch sich Wechsellagerungen ausgebildet.

Bildungsbedingungen:

Smektit-Illit-Wechsellagerungen können unter Umständen aus vulkanischem Material gebildet werden, wobei sich zunächst Quarz und Feldspat als Entglasungsprodukte bilden und daraus bei der Verwitterung unter langsamer  $K^+$ -Zufuhr Wechsellagerungen entstehen. Weiter verbreitet als Neubildungen von Wechsellagerungen sind Umwandlung von einer Mineralphase in eine andere, bei dieser Entwicklung werden zunächst Smektiten dann Smektit-Illit-Wechsellagerungen und schließlich unter steigenden Druck- und Temperaturbedingungen Illit ausgebildet. Wird Smektit in einen  $K^+$ -reiches Bildungsraum transportiert, so entwickeln sich auch unter Oberflächenbedingungen Smektit-Illit-Lagen und schließlich Illit, wobei die Diagenesen durch wechselndes Austrocknen und Durchnässen erheblich beschleunigt wird.

Vorkommen:

In Tonmineralen treten Wechsellagerung meist zwischen Chlorit und Illit auf, welche fast immer aus einer ihrer Komponenten (also Illit oder Chlorit) durch Verwitterung, Diagenese oder leichte Metamorphose hervor gehen. Auf Grund ihrer mechanischen und strukturechemischen Instabilität können Wechsellagerungen keine großräumigen Transport- und Sedimentationsprozesse überstehen, weshalb sie überwiegend autochthon auftreten und ihrer Verbreitung eng mit ihrem Bildungsraum verknüpft ist.

Röntgenographische Bestimmungsmerkmale:

Bei der Bestimmung wird in Minerale mit regelmäßiger und unregelmäßiger Wechsellagerung unterschieden, wobei Minerale mit regelmäßiger Wechsellagerung an ihren deutlichen Serien von Basisreflexen zu erkennen sind und die Summe der Basisabstände den Schichttyp angibt. Unregelmäßige Wechsellagerungen zeigt eine nicht rationale Serie von Basisrefelxen. Zur Identifizierung der Minerale werden Texturpräparate verwendet, wobei in die quellfähigen Schichten Glycerin eingelagert wird und diese aufgeweitet werden, was zu verschobenen Reflexen führt. Neben dem Quellverhalten ist die Veränderung der Minerale nach kurzzeitigem Erhitzen auf  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$  für die röntgenographische Erkennung der wechsellagernden Schichttypen wichtig.

## **10.4 Ergebnisse**

Die Ergebnisse der röntgenographischen Untersuchung sind im Anhang 7 tabellarisch dargestellt. Die Proben 1036-2/2 (BL-1), 1036-4/3 (BL-2), 1036-3a/1 (BL-3), 1036-3b (BL-5) und 1036-9 (BL-7) gehören zu Profilen aus der Quelhöhle südwestlich von Troia und werden von LIPPMANN in der Diplomarbeit (2003) untersucht und beschrieben. Aus dem Profil 1037, welche sich an der Nordkante des Troia-Rückens befinden, stammen die Proben 1037-1 (BL-4 und 1037-5 (BL-6), wobei an diesem Profil besonders die Wasseraustritte, die dort an einigen Schichten zu beobachten waren, interessierten. Die Proben 1019-37 (BL-9, 1019-42 (BL-8) und 1019-51 (BL-10) stammen dem Profil 1019, welches sich an einem relativ neuen Straßenaufschluß nahe der Ortschaft Gökçalı befindet.

### **1037-1 (BL-4)**

In der unbehandelten Gesamtprobe befindet sich fast 80 % Karbonat, davon ca. 45 % Aragonit, 35 % Calcit und ein sehr geringer Anteil an Ankerit, zusätzlich ist ein sehr geringer Anteil Tonmineralen, Illit und Muskovit, bestimmt worden. Diese drei Schichttonminerale ergeben zusammen ca. 10 % der gesamten Probe. In geringeren Anteilen finden sich Quarz, Orthoklas, Plagioklas (Albite) und Barit. In der Schlufffraktion, welche fast 60 % der Gesamtprobe ausmacht, finden sich hauptsächlich Montorillonit-Illit-Wechselagerung, wobei daneben Illit, Kaolinit, Kalifeldspat und Quarz in geringen Anteilen enthalten sind. In der Tonfraktion, welche 35 % der Probe bilden, sind Quarze Hauptbestandteil und Kalifeldspäte, Wechselagerungsminerale, Chlorit, Kaolinit und Illit in geringen Anteilen enthalten. Die Feinsandfraktion enthält die Tonminerale Illit, Chlorit, sowie Kalifeldspat und Quarz und als Akzessorium Pyrit.

### **1037-5 (BL-6)**

Die Gesamtprobe besteht zu 32 % aus der Ton-, zu 68 % aus der Schlufffraktion und eine Feinsandfraktion ist nicht vorhanden. Dabei besteht die Gesamtprobe zu 60 % aus Karbonaten, wobei in geringen Anteilen Wechselagerungsmineralen, Illit, Kaolinit und Quarz und Plagioklase enthalten und als Spur Chlorit anzutreffen ist.

### **1019-42 (BL-8)**

In der Probe befinden sich über 18 % Tonfraktion, 74 % Schluff- und ca. 8 % Feinsandfraktion, wobei die Gesamtprobe zu 60 % aus Karbonaten, zu 30 % aus Quarzen und zu insgesamt 10 % aus Tonmineralen (Illit, Chlorit, Kaolinit und Wechselagerungsmineralen) besteht.

**1019-37 (BL-9)**

Zur Hälfte besteht die Probe aus Ton- und zur Hälfte aus Schlufffraktion, wobei die Feinsandfraktion nicht ausgebildet ist. Mit über 65 % besteht die Gesamtprobe überwiegend aus den Tonmineralen; Illit, Kaolinit, Chlorit und Wechsellagerungsmineralen. Zusätzlich sind Quarze mit 20 % und geringere Anteile von Karbonaten, Kalifeldspäten und Anatas enthalten.

**1019-51 (BL-10)**

Über 70 % des Probenmaterial bestehen aus der Tonfraktion, 26 % sind Schluffe und nur ca. 4 % Feinsande. Die Gesamtprobe besteht zu 50 % aus Wechsellagerungsmineralen, wobei in den restlichen 50 % geringe Anteile von Quarz, Illit, Kaolinit, Chlorit, Kalifeldspäten und Karbonate enthalten sind.

## 10.5 Interpretation der Röntgendiffraktometrie

### 1037-1 (BL-4)

Die Gesamtprobe 1037-1 besteht zu 70 % aus Karbonaten, zu 15 % aus terrigen eingetragenen Material und zu 15 % aus Tonmineralen. An Tonmineralen sind überwiegend smektitreiche Illit-Montmorillonit-Wechselagerungen enthalten, welche bei der Verwitterung von Kalifeldspäten und Albiten, also bei der Verwitterung von sauren bis intermediären Gesteinen, entstehen. Da diese Minerale chemisch instabil sind, kann auf Grund der hohen in der Proben enthaltenen Anteile kein großräumiger Transport oder Sedimentationsprozeß stattgefunden haben. Als zweithäufigstes Tonmineral ist Illit enthalten, welches bei der Verwitterung von Hellglimmern wie Muskovit unter Oberflächenbedingungen bei ein pH-Wert von ca. 8 und hohe Magnesium- und Kaliumanteile gebildet wird. Es kann sowohl marin als auch terrestrisch gebildet werden, wobei unter marinen Bedingungen eingespülter Illit besser erhalten bleiben als beispielsweise Kaolinit. Illit entsteht auch im fluviatilen oder lakustrinen Bereichen oder bei der Festlandsverwitterung in gemäßigten bis kühlen Klimaten der mittleren bis höheren Breiten. Kaolinit bildet sich überwiegend bei der terrestrischen Verwitterung in tropischen bis subtropischen Klimaten aus Kalifeldspäten, Hellglimmern, Pyroxenen oder Hornblenden, wobei ein pH-Wert um 5 vorliegen muß. In gleichen Anteilen wie Kaolinit ist Chlorit enthalten, welche an der Oberfläche weniger stabil sind und primär in magmatischen, metamophen und hydrothermalen Bildungsräumen entstehen. Zusätzlich bildet sich Chlorit bei der Verwitterung von Pyroxenen, Amphibolen und Biotiten als Neubildungen in Sedimentiten, wobei neugebildeter Chlorit in Tonsteinen und Mergeln durchschnittlich bei 10 bis 40 % liegen. In jüngeren Sedimenten deuten erhöhte Chloritgehalte auf überwiegend marine Bildungen hin, wobei auch die Möglichkeit der lakustrinen Bildung, wenn auch in deutlich geringerem Umfang, möglich ist. Auf einen höheren terrigenen, klastischen Eintrag deuten die hohen Anteile von Quarz und Feldspäten, welche zusammen einen Anteil von 10 % an der Gesamtprobe ausmachen. Bei den Karbonaten handelt es sich auf Grund fehlender Fossilbruchstücke um eine chemische Fällung. Folglich handelt es sich bei der Ablagerung um eine Ruhigwasserbildung, in welcher chemisch Karbonate ausgefällt wurden, sich die Wechselagerungsminerale bildeten und es zu Einträgen geringer Mengen klastischen Materials kam.

### **1037-5 (BL-6)**

Die Probe 1037-5 besteht zu 60 % aus Karbonaten, zu 20 % aus terrigenem eingetragenen Quarz, Plagioklase und zu 20 % aus Tonmineralen. Ein Drittel der Tonmineralen wird durch Wechsellagerungsminerale gebildet und 60 % sind Illit, Kaolinit und Chlorit. Bei den Wechsellagerungsmineralen handelt es sich um eine smektitreiche Illit-Montmorillonit-Wechsellagerung, welche primär bei der Verwitterung von Kalifeldspäten und Albiten gebildet werden und auf Grund ihrer chemischen Instabilität nach der Bildung nicht großräumig transportiert oder umgelagert worden sein können. Illit entsteht bei der terrestrischen Verwitterung von Hellglimmern, überwiegend in gemäßigt humiden Klimaten unter einem leicht erhöhten pH-Wert. Kaolinit entsteht überwiegend bei einem leicht sauren pH-Wert von 5 in tropischen bis subtropischen Klimaten bei der terrestrischen Verwitterung von Hellglimmern, Pyroxenen oder Amphibolen und können auf Grund der chemischen Instabilität nicht unter Versenkungstiefen von 3000 Metern oder 100 °C gebracht werden. Auf Grund der unterschiedlichen Bildungsmilieus wird davon ausgegangen, daß mindestens ein Tonmineral allochthon gebildet wurde. Weiterhin in Spuren enthalten ist Chlorit, welche hauptsächlich in Korngrößen um 2 µm auftreten, welche nach HEIM (1990) als detritische Bildung beschrieben werden. Wahrscheinlich handelt es sich bei den Karbonaten um chemische Fällungen bei der Eindampfung eines flachen Beckens, wofür der hohe Anteil an Wechsellagerungsmineralen, welche bevorzugt unter diesen Bedingungen entstehen spricht. Die Bildung von Tonmineralen ist im Verhältnis zu den Mengen an Karbonaten, welche in der Probe enthalten sind sehr gering

### **1019-42 (BL-8)**

Die Probe 1019-42 besteht zu 60 % aus Karbonaten, zu 30% aus terrestrischen Quarzen und zu 19 % aus den Tonmineralen Illit und Wechsellagerungsmineralen. Als Spuren sind Chlorit und Kaolinit enthalten. Bei den Karbonaten handelt es sich auf Grund der fehlenden Biogene um ein chemisch gefälltes Sediment. Bei den Quarzen handelt es sich um allochthon eingetragenes Material und Chlorite mit einer Korngröße von ca. 2 µm werden von HEIM (1990) als detritische Chlorite eingeordnet. Illite und die Wechsellagerungsminerale bilden sich überwiegend bei der Verwitterung von Albiten und Kalifeldspäten weitgehend in gemäßigten Klimabereichen. Weiterhin können Kaolinit, Illit, Chlorit und Smektit bei der Zersetzung von Glimmern gebildet werden.

### **1019-37 (BL-9)**

In der Gesamtprobe 1019-37 sind 40 % Wechsellagerungsminerale, 20 % Quarzen und 10 % Karbonate enthalten, wobei die Tonminerale (Illite, Kaolinite, Chlorite und Wechsellagerungsminerale) ca. 65 % der Gesamtprobe ausmachen. Diese Wechsellagerungsmineralen entstehen bei der Verwitterung von Kalifeldspäten und Albiten in gemäßigten Klimaten, wobei durch die wechselhafte Umwandlung eines Ausgangsgesteines, die Wechsellagerungen entstehen. Wechsellagerungsminerale bilden sich überwiegend bei der Verwitterung von magmatischen Gesteinen und sind chemisch sehr instabil, was einen längeren Transport nach der Bildung ausschließt. Bei den Quarzen und Kalifeldspäten handelt es sich um allothigene Bildungen, welche bei einem fluvialen Transport in ein Becken eingetragen wurden. Kaolinit bildet sich bei einem pH-Wert um 5 bei der Verwitterung von Hellglimmern, allerdings bildet sich Illit, welcher ebenfalls enthalten ist bei einem pH-Wert um 8, was gegen eine gemeinsame Bildung spricht. Wahrscheinlicher ist der Eintrag einzelner Tonminerale aus unterschiedlichen Bildungsräumen, zum Beispiel der fluviale Eintrag in ein brackisches oder marines Milieu. Weiterhin zeigt Kaolinit auf Grund seiner chemischen Instabilität an, daß das Gestein nicht über 100 °C erhitzt oder unter 3000 Meter versenkt wurde, da in diesem Fall die Kaolinitstrukturen nicht mehr vorhanden wären. Chlorit stammt meist aus magmatischen oder metamorphen Gesteinen, kann aber auch in Sedimenten neu gebildet werden, wobei in jungen Sedimenten erhöhte Gehalte auf marine Bildungen hindeuten. Bei den Karbonaten handelt es sich um chemisch gefällte Sedimente. Anatas kommt als Neubildung bei der Diagenese von Sedimenten vor und entstehen außerdem bei der Verwitterung von titanhaltigen Gesteinen und sind akzessorisch sind diese in Magmatiten und Metamorphiten enthalten.

### **1019-51 (BL-10)**

In der Gesamtprobe 1019-51 finden sich nur 5 % Karbonate; ca. 50 % werden von Wechsellagerungen gebildet und mit einem Anteil von 15 % sind Illit und Quarz vorhanden. In geringen Mengen sind Kaolinit, Chlorit und Kalifeldspäte enthalten und bei den Quarzen und Kalifeldspäten handelt es sich um allochthone Bildungen. Auf Grund des auffällig geringen Gehaltes an Karbonaten und des hohen Anteils an Wechsellagerungsmineralen ist eine Verwitterung von magmatischen Ausgangsgesteinen unter wechselnden Milieubedingungen wahrscheinlich. Kaolinit, Chlorit und Illit bilden sich bei der Verwitterung von Glimmern und Wechsellagerungen, sowie Kaolinite bei der Verwitterung von Kalifeldspäten und Albiten. Der geringe Anteil an Karbonaten kann aus

kleineren karbonatischen Schalenfragmenten stammen. Wechsellagerungsminerale sind chemisch instabil und können nach ihrer Bildungen keine großräumigen Transporte erfahren haben, weshalb es sich bei diesen Bildungen um autochthon entstandene Minerale handelt. Wie gezeigt werden konnte wurde die Tonminerale bei der Verwitterung magmatischer Gesteinen gebildet.

Tab. 10: Übersicht der röntgenographisch bestimmten Probenbestandteile, Anteile in %

Probennummer	1037-1 (BL-4)	1037-5 (BL-6)	1019-42 (BL-8)	1019-37 (BL-9)	1019-51 (BL-10)
Karbonat	70	60	60	10	5
Quarz	10	19	30	21	18
Anatas	-	-	-	Spur	-
Kalifeldspäte	4	-	-	7	8
Plagioklas	-	3	-	-	-
Chlorit	1	Spur	Spur	3	1
Kaolinit	2	1	Spur	6	7
Illit	3	4	6	13	12
Wechsellagerung	10	13	4	40	50

Liegen Gehalte unter 1 % vor, werden diese als Spur bezeichnet.

Die Proben 1036-2/2 (BL-1), 1036-4/3 (BL-2), 1036-3a/1 (BL-3), 1036-3b (BL-5) und 1036-9 (BL-7) in der Arbeit von LIPPMANN (2003) beschrieben und interpretiert.

## **11 TONSTEINE ZUR HERSTELLUNG KERAMISCHE ERZEUGNISSE**

### **11.1 Tongesteine als keramische Rohstoffe**

Tone als Rohstoffe zur Herstellung von Keramik zu verwenden ist eine der ältesten Nutzung dieser Gesteine und beruht vor allem auf der Eigenschaft der Bildsamkeit, welche Tone in Verbindung mit Wasser aufweisen. Als Bildsamkeit wird die Fähigkeit verstanden, ein Ton-Wasser-Gemisch unter der Einwirkung äußerer Kräfte zu verformen und diese Form beizubehalten. Dabei bleibt der enge Zusammenhalt der Tonminerale erhalten, was Risse in der Keramik verhindert, wobei diese Eigenschaft durch die starken Bindungskräfte der Tonminerale untereinander entsteht (SCHÜLLER 1993).

#### 11.1.1 bindsame und unbindsame Rohstoffe

Zunächst muß eine Unterteilung der Bestandteile in bindsam und unbindsam erfolgen, wobei als bindsame Rohstoffe Tone und Kaolinit bezeichnet werden, die der keramischen Rohmasse die gewünschte Verarbeitbarkeit verleihen. Als unbindsame Rohstoffe werden Minerale und Gesteine bezeichnet, welche die Verarbeitungseigenschaften verändern, zum Beispiel Quarz und Feldspat. Talk steht an der Grenze zwischen bindsamen und unbindsamen Rohstoffen, da er eine gewisse Bildsamkeit aufweist, nicht aber an die von Tonen oder Kaoliniten heranreicht (SCHÜLLER 1993).

#### 11.1.2 Definition von Tonen und Kaoliniten

Da die Begriffe der Tone und Kaolinite in den Naturwissenschaften und der Technik an unterschiedliche Sachverhalte gebunden sind, erfolgt hier eine Definition. In der Geologie und Tonmineralogie werden alle klastischen Sedimente in einer Korngröße kleiner als 2 µm als Tone oder Tonsteine bezeichnet und Kaolinite werden Schichtsilikate mit einer bestimmten Struktur genannt. In der Technik und bei der Verarbeitung hat es sich als sinnvoll erwiesen, alle tonigen Sedimente in primären Lagerstätten als „Kaolinit“ zu bezeichnen. Werden diese durch Transportmechanismen umgelagerten, handelt es sich also um sekundären Lagerstätten, bezeichnet man diese als „Tone“. Durch den Transport der „Tone“ findet eine natürlicher Aufbereitung statt, welche Mineralum- und Neubildungen zur Folge hat. Dadurch weichen die Mineralbestände von „Ton“ und „Kaolinit“ stark voneinander ab, was Auswirkungen auf die Förderung und Nutzung der Lagerstätten hat. Als „Rohkaolinit“ werden kaolinithaltige primäre Lagerstätten bezeichnet, die größtenteils unveränderte Minerale der überwiegend sauren Ausgangsgesteine enthalten, in diesen

treten hauptsächlich Quarze, Feldspäte, Glimmer und verschiedene Mineralneubildungen (überwiegend Kaolinit) auf. Bei den „Tonen“ sind durch den Transport grobkörnige Gesteins- und Mineralreste zerkleinert und vermehrt Tonminerale gebildet worden.

„Rohkaolinite“ können meist nicht direkt verarbeitet werden, so daß im Aufarbeitungsprozessen zunächst Kaolinit angereichert werden muß. Dieses aufgearbeitete Produkt wird als „Kaolinit“ oder „Feinkaolinit“ in der Technik bezeichnet und kann auf Grund der Abwesenheit von färbenden Bestandteilen zu Porzellan verarbeitet werden.

Dagegen ist der „Ton“ schon durch seinen natürlichen Transport aufbereitet und kann meist ohne Weiterbearbeitung abgebaut und verwendet werden. Durch das Fehlen von groben Anteilen übertrifft der „Ton“ den „Kaolinit“ in Bildsamkeit und Trockenbiegefestigkeit erheblich und durch den Transport haben sich in den meisten „Tonen“ Eisenminerale oder organische Substanz eingelagert, welche zu einer Verfärbung der Keramik führt. Teilweise ist die Abgrenzung zwischen „Ton“ und „Kaolinit“ schwierig, da die spätere technische Verwendung berücksichtigt werden muß (SCHÜLLER 1993).

### 11.1.3 Unterscheidung von Tonen

Verschiedene Gesichtspunkte gelten für die Klassifikation von Tonen, wie die Eigenschaften, der Verwendungszweck und der Mineralbestand, wobei für die technische Verwendung die Bildsamkeit eine wichtige Rolle spielt. Es wird dabei in magere, halbfette und fette Tone unterschieden, wobei diese Untergliederung durch den Anteil an Schichtsilikaten und Quarzen entsteht. Magere Ton enthalten einen geringen Anteil an Schichtsilikaten und einen hohen Anteil an Quarzen und ist der Ton praktisch frei von Beimengungen wird er als „Blauton“ bezeichnet, der seine typische Färbung durch die Beimengung organischer Substanz erhält. Durch die meist feinkristalline Ausbildung der Schichtsilikate sind die fetten Tone im allgemeinen feinkörniger, wobei diese einem hohen Anteil an feinen Kapillaren enthalten, in welchen viel Wasser gespeichert werden kann. Bei der Herstellung von Keramik stellt sich die Wahl einen plastischen, fetten Ton zu verwenden, was die Formgebung erleichtert, oder einen mageren Ton zu verwenden, der problemlos trocknet, allerdings auf Grund seines geringen Anteils an Tonmineralen zur Rissbildung neigt. In der Praxis werden magere Tone mit fetteren gemischt oder fette Tone gemagert. Ursprünglich war über die mineralogische Charakterisierung der Tone wenig

bekannt, weshalb Tone hauptsächlich nach ihren bevorzugten Einsatzbereichen benannt und abgebaut wurden.

Im Allgemeinen wird bei den regional begrenzten Tonen Ziegel- und Töpfertone unterschieden, wobei **Ziegelton**e geschichtete, bunte Tone sind. Oft werden dazu Lehme wegen ihres erhöhten Feinsandanteiles und dem größeren Anteil an verschiedensten Schichtsilikaten verwendet. In wechselnden Mengen sind kleinere Anteile von Glimmern, Chloriten, Montmorilloniten, Feldspäten und Hornblenden beigemischt. Die typisch rote Brennfarbe entsteht durch einen hohen Anteil von Eisenmineralen und eine in einigen Gebieten bevorzugte Gelbfärbung entsteht durch die Zugabe größerer Mengen von Kalk. In ihrer Zusammensetzung werden die Tone regional den technischen Prozessen angepaßt. **Töpferton** sind kalk- und eisenreiche bindsame Tone die zur Herstellung von Ton- und Steingut verwendet werden, wobei allgemeine Klassifikation nicht möglich ist, da es sich bei Töpfertonen meist um regionale Vorkommen handelt, welche den Anforderungen bei der Bearbeitung angepaßt werden (SCHÜLLER 1993, RAPP 2002).

#### 11.1.4 Verwendung von „Tonen“ und „Kaolinit“

Erste Verwendungen von Tonen, jeglicher Zusammensetzung sind seit den Paläolithikum bekannt, als Höhlenwände mit feuchtem Ton verziert wurden. Später entstanden Tonfiguren und Tone wurden als Baustoffe verwendet. Im Neolithikum wurde das Brennen von Tonen entwickelt, wodurch die Tone widerstandsfähiger und härter wurden.

„Kaolinite“ und „Tone“ besitzen je nach Region unterschiedliche Zusammensetzungen und werden für unterschiedliche keramische Produkte verwendet, wobei Kaoline durch Schlämmen aus dem Rohkaolinit gewonnen werden und überwiegend Kaolinit als Hauptschichtsilikat enthalten. Diese Art der Tonaufbereitung und –verarbeitung wird bis heute in der Siedlung Akköy, ca. 30 km südöstlich von Troia angewendet. Alle technisch hergestellten Kaoline bestehen neben Kaolinit aus kleinen Mengen anderer Minerale, wobei diese Bestandteile großen Einfluß auf die Eigenschaften der Keramik haben. So können Illite und Feldspäte die Feuerfestigkeit der Keramik beeinträchtigen und Wechsellagerungsminerale sich günstig auf die Bildsamkeit und die Trockenbiegefestigkeit auswirken.

Von der Industrie werden keramische Tone und Ziegeltonen unterschieden. **Keramische Tone** müssen, trotz aller regionalen Unterschiede, in gewissen Grenzbereichen liegen, dagegen spiegeln Ziegeltonen die gesamte Bandbreite der Zusammensetzung sedimentärer Gesteine wieder. Bei den keramischen Tönen werden bestimmte Tonreviere eingeteilt, in Deutschland zum Beispiel Gebiete im Westerwald oder in der Pfalz. Diese bestehen meist aus Kaoliniten, Illit/Serizit und Quarzen und enthalten weiterhin Wechsellagerungsminerale, Feldspäte, Eisenminerale und organische Substanzen in unterschiedlichen Anteilen.

Als **Ziegeltonen** dagegen werden alle lokalen Sedimentgesteine verwendet, die den Anforderungen an Brennverhalten und Bildsamkeit einigermaßen entsprechen, wobei ausschließlich lokale Vorkommen genutzt werden, welche auf Grund von Unwirtschaftlichkeit keine größeren Transportstrecken zurücklegen können. Ihre Zusammensetzung ist sehr uneinheitlich und regional unterschiedlich. Es sind größere Anteile von Illiten, Montmorilloniten und Chloriten in diesen Ziegeltonen enthalten. Eine erhöhte Beimengung von Flußmitteln, wie Karbonaten und Feldspäten, erzielt eine Sinterung der Keramiken schon bei 1000 °C und eine Zugabe größerer Mengen von Eisenmineralen oder Pigmenten führt zu der typischen Rotfärbung (SCHÜLLER 1993, KNACKE-LOY 1994, RAPP 2002).

#### 11.1.5 Verarbeitung von Tonen

Von der Form und Größe der Keramik, sowie den verwendeten Herstellungsverfahren hängen die Anforderungen an die Tone ab. Bei modernen Gießverfahren werden dünnflüssige Schlacken benutzt, welche in poröse Formen gegossen werden und durch Druckerhöhung das gebundene Wasser verlieren. Bei der Formgebung im feuchten Zustand, zum Beispiel beim Töpfern, spielt die Bildsamkeit die entscheidende Rolle, ist dabei der Wassergehalt des Gemisches zu hoch, deformiert sich der geformte Körper bereits durch sein Eigengewicht und bei zu niedrigen Wassergehalten entstehen Risse beim Trocknen. Die Abschätzung des optimalen Wassergehaltes beruht jedoch weitgehend auf praktischen Erfahrungen, wonach Kaolinite weniger plastisch reagieren als Tone, was auf eine geringere Teilchengröße und einen höheren Anteil an quellfähigen Schichtsilikaten in den Tönen zurückzuführen ist.

### **Trocknung**

Bei der Trocknung wird das zur Formung erforderliche Wasser ausgetrieben, bevor die sogenannten Rohscherben in der Brennofen gebracht werden. Durch die Poren trocknet die Keramik von außen und um eine schnelle Trocknung zu ermöglichen ist eine große Porosität nötig, wobei plastische Tone durch ihre Feinkörnigkeit Schwierigkeiten haben. Besonders schlecht trocknen Ziegeltoner, die einen großen Anteil an quellfähigen Mineralen enthalten.

### **Brennen**

Beim Brennvorgang erhält der keramische Rohstoff durch thermische Umwandlung der einzelnen Minerale und der Verzahnung der Minerale untereinander seine endgültigen Eigenschaften. Unterhalb von 1000 °C versintern die Tone, wobei Tonminerale mit sich selbst und miteinander reagieren. Durch Zugabe von Flußmittel kann diese Temperatur gesenkt werden. Eine Versinterung erfolgt dann bei niedrigeren Temperaturen. Kaolinite werden unter thermischer Beanspruchung über 1200 °C in Mullit umgewandelt, wobei die in den Schichtgittern eingebauten Hydroxylgruppen zerstört werden und sich die Kristallstruktur ändert. Glimmer und Illit verändern ebenfalls bei Temperaturen über 1200 °C ihre Kristallstrukturen und bei Chloriten erfolgt eine Dehydroxylierung, wodurch sich die Silikatschichten schrittweise enger zusammenlagern. Talk beginnt bereits bei Temperaturen ab 900 °C seine eingebauten Hydroxylgruppen abzugeben, wobei sich die chemische Struktur völlig ändert.

Natürliche Tonsteine sind immer Gemische aus neugebildeten Tonmineralen und zerkleinerten Ausgangsgesteinen, wodurch sich der Ablauf der Reaktionen beim Brennen verändert. Oft werden diesen Tonen Flußmittel oder Magerungen zugefügt um sie besser nutzen zu können. So wirkt zum Beispiel ein hoher Anteil von Illiten (über 60 %) oder Feldspäten als Flußmittel und ist Quarz im Ausgangsgemisch enthalten, wird die Viskosität der Schmelze erhöht und trägt damit zur Feuerfestigkeit von Keramik bei (SCHÜLLER 1993, Rapp 2002).

Tab. 11:1 verschiedene Minerale und ihre Auswirkung auf die Eigenschaften der Keramik  
(Auszug aus SCHÜLLER (1993) nach SCHMIDT (1981)).

Mineral	Plastizität, Bindefähigkeit	Trockenem- pfindlichkeit	Trockenbiege- festigkeit	Brennverhalten, Brennfarbe
Kaolinit	erhöht Plastizität	vermindert	vermindert	erhöht Feuerfestigkeit
Montmorillonit	erhöht wesentlich die Bindefähigkeit und Plastizität	erhöht stark	erhöht stark	begünstigt die Scherbenver- dichtung
Glimmer, Muskovit	vermindert	vermindert	vermindert	kann den Erweichungspunkt senken
Illit	vermittelt gute Plastizität	erhöht	erhöht	wirkt als Flußmittel, rot brennend
Chlorit	wirkt teilweise plastizitätssenkend	erhöht oder vermindert	-	rot bis braun brennend
Quarz	vermindert, wirkt magernd, grobkörnig texturzerstörend	vermindert	vermindert	verbessert die Feuerfestigkeit
Feldspat	vermindert, wirkt magernd	vermindert	vermindert	bewirkt Ausbildung der Glasphase, bei höheren Temperaturen als Flußmittel
Karbonate	wirkt magernd	vermindert	vermindert	wirkt farbregulierend, in kleinen Mengen als Flußmittel
Pyrit	-	-	-	kann braune Flecken hinterlassen

## **11.2 Eignung der kartierten Gesteine als keramische Rohstoff**

Für die Feststellung der Eignung der Tonsteine als keramischer Rohstoff wurden die Analyseergebnisse der Röntgendiffraktometrie verwendet, wobei die hohen Karbonatgehalte sich auf die Herstellung keramischer Produkte nur bedingt positiv auswirken. Auf Grund der Komplexität der zur Herstellung keramischer Produkte geeigneter Gesteine kann keine allgemeine Einschätzung aller kartierten Sedimente erfolgen, da ohne genauere Untersuchungen keine Ablagerung als keramischer Rohstoff bestimmt werden kann. Weiterhin fanden sich überwiegend gering mächtige Tonlagen, bei welchen selbst bei stofflicher Eignung, ein Abbau nicht wirtschaftlich wäre.

### **1037-1 (BL-4)**

Auf Grund der sehr hohen Karbonatgehalte von 70 % der Gesamtprobe 1037-1, ist dieses Sediment nicht zur Herstellung von Keramik geeignet. Zwar können Beimengungen von Karbonaten zur Verbesserung der Flußfähigkeit eingesetzt werden, jedoch nicht in diesen Größenordnungen. Quarz und Wechsellagerungsminerale sind in Anteil von 33 % in der Gesamtprobe vorhanden. 10 % sind Illite und Kalifeldspäte und in geringeren Anteilen finden sich Plagioklase und Chlorite und in Spuren ist Pyrit vorhanden, welche beim Brennen braune Flecken auf der Keramik hinterlassen. Der hohe Anteil von Quarzen wirkt sich magernd auf den Ton aus und erhöhen die Feuerfestigkeit, wirken aber auch texturzerstörend. Da die Wechsellagerung aus Illit und Monmorillonit besteht, erhöhen sie wesentlich die Bindefähigkeit und Plastizität, was sich positiv auf die Eignung als keramischer Rohstoff auswirkt. Kalifeldspäte und Karbonate, welche als Flußmittel wirken bilden zusammen einen Anteil von 30 % der Gesamtprobe. Chlorit gibt der Keramik eine rötliche bis bräunliche Färbung und Kaolinit wirkt sich positiv auf die Feuerfestigkeit und die Plastizität aus. Wie gezeigt werden konnte handelt es sich bei dem vorliegenden Tonstein um ein für die Herstellung von Keramik nicht geeignetes Sediment, da zu geringe Gehalte an Tonmineralen enthalten sind, was zur Bildung von Rissen bei der Keramik führt.

### **1037-5 (BL-6)**

In der Probe 1037-5 sind nach den Untersuchungen der Röntgendiffraktometrie 60 % Karbonaten, 19 % Quarze und Wechsellagerungsminerale mit 13 % vorhanden. In geringeren Anteilen sind Illit, Plagioklase, Kaolinit und in Spuren Chlorit enthalten. Quarz wirkt sich vermindert auf die Trockenempfindlichkeit und die Trockenbiegefestigkeit aus und wirkt magernd. Die Wechsellagerungsminerale erhöhen wesentlich die Bindefähigkeit

und die Plastizität. Als Flußmittel wirken die Karbonate, sowie Illit und Chlorit bewirkt eine fleckige rötlich bis bräunliche Färbung. Folglich handelt es sich bei dem Gestein, auf Grund der hohe Gehalte an Flußmitteln und den geringen Gehalten an Tonmineralen, um ein zur Herstellung von Keramiken ungeeigneten Rohstoff.

#### **1019-42 (BL-8)**

Dies Probe 1019-42 besteht zu 60 % aus Karbonaten, Quarz sind mit 30 % in der Probe enthalten und in geringen Anteilen sind Illit, Wechsellagerungsminerale und Kaolinit vorhanden. Karbonate und Illite wirken als Flußmittel und Quarz, sowie Kaolinit erhöhen die Feuerfestigkeit. Bei den Wechsellagerungsmineralen (Montmorillonit und Illit) erhöht sich wesentlich die Bindefähigkeit und Plastizität, wobei durch die Beimengung von Chlorit die Keramik eine fleckige rötliche bis bräunliche Färbung erhält. Auf Grund des hohen Anteils an Flußmittel (über 70 %) und der geringen an Tonmineralen (10 %), ist dieses Gestein zur Herstellung keramischer Produkte ungeeignet.

#### **1019-37 (BL-9)**

Die Probe 1019-37 enthält nur 10 % Karbonate. In einer größeren Menge sind Wechsellagerungsminerale und Quarze enthalten, wobei weniger häufig Kalifeldspäte, Kaolinit, Chlorit und Illit auftreten. Die Wechsellagerungen bestehen aus Monmorillonit und Illit, welche günstig bei der Herstellung der Keramik auswirken und Quarz, sowie Kaolinit, welche die Feuerfestigkeit verbessern. Karbonat, Feldspat und Illit wirken als Flußmittel und Kaolinite erhöhen die Plastizität. Daraus folgend ist diese Probe als keramischer Rohstoff verwendbar.

#### **1019-51 (BL-10)**

Hauptbestandteil der Probe 1019-51 sind Wechsellagerungsminerale mit 50 % der Gesamtprobe und in geringen Anteilen sind Karbonate, Kalifeldspäte, Kaolinit und Illit, sowie Plagioklase und Chlorit enthalten. Bei den Wechsellagerungsmineralen handelt es sich um Montmorillonit und Illit, welche sich günstig auf die Bindefähigkeit und Plastizität auswirken. Quarz und Kaolinit erhöhen die Feuerfestigkeit der Keramik und als Flußmittel wirken Karbonate, Feldspäte und Illit. Von den untersuchten Proben ist diese, auf Grund des hohen Gehaltes an Tonmineralen und des geringen Gehaltes an Flußmitteln, am besten für die Herstellung von Keramiken geeignet.

## 12 SCHLUSSFOLGERUNG

### 12.1 Auswertung der Profilbeschreibung

Bei den Ergebnissen der Profilbeschreibung handelt es sich um eine weiterführende Bearbeitung der bei der Geländearbeit für die angeschlossenen Diplommkartierung angefertigten Profile, wobei in dieser Arbeit wurden fünf Profile exemplarisch beschrieben wurden. Aus allen aufgenommenen Profilen wurde ein Normalprofil und zwei Profilschnitte durch den Troia-Rücken erstellt, welche in Abb.16 und Abb.18 zu finden sind. Bei den Gesteinen des Troia-Rückens handelt es sich um cm bis m mächtige Ton-, Sand- und Kalksteine.

Durch die Gökçalı-Störung wird der Troia-Rücken in den Troia-Block und den Gökçalı-Block geteilt. Durch tektonische Bewegungen stehen im Gökçalı-Block ältere Sedimentschichten an, welche nach YALTIRAK (2000) der miozänen Alçitepe-Formation zugeordnet werden. Der im westen der Gökçalı anstehende Troia-Block wird als Ablagerung der pleistozäne Conkbayırı-Formation (nach YALTIRAK 2000) identifiziert.

Im Normalprofil der neogenen Sedimente des Troia-Rückens zeigt die Alçitepe-Formation ein fining upward, also ein mächtiger werden der feinkörnigen Schichten zum Top hin. Diese entstehen durch ein Verflachen des Ablagerungsraumes oder eine Verringerung der Strömungsenergien bei der Ablagerung. Die mächtigen dichten Kalksteine werden auf Grund der geringen Fossilführung als chemisch gefällte Sedimente eingeordnet, welche in einem flachmarinen oder brackischen Becken abgelagert wurden. Dieses Becken muß zeitweise von offenen Meer abgeschnitten oder der Zugang eingeengt worden sein, wobei sich höher saline Verhältnisse ausbilden. Eine Erhöhung der Salinität wird durch die Artenarmut der Schichten bestätigt. In unregelmäßigen Abständen kam es zum fluviatilen Eintrag klastischen Material, welche in dem Becken abgelagert wurden.

Bei der Conkbayırı-Formation ist eine solche fazielle Tendenz nicht erkennbar. Es sind niedrig und hoch energetische Ablagerungen in gleichen Mächtigkeiten aufgeschlossen. Es handelt sich um regelmäßige fluviatile Schüttungen terrestrischem Material in ein flaches marines oder brackisches Becken. Erfolgte kein klastischer Eintrag lagerten sich Ton- und Ton-/Kalksteine ab.

Es handelt sich um ein flaches marines oder brackisches Becken in welches in unregelmäßigen Abständen fluviatiles Material eingetragen wurde und die

Ablagerungsenergie erhöht wurde. Am Ende des Miozäns kam es zu einem Absinken der Ablagerungsenergie, wodurch sich mächtigere Tonkalksteine abgelagerten. Das Absinken der Ablagerungsenergie kann auf eine Vertiefung des Ablagerungsraumes oder ein Nachlassen des fluviatilen Eintrages erklärt werden. Im Pliozän nahm die Ablagerungsenergie zeitweilig zu. Es kam zu einem Verflachen des Beckens oder zu vermehrtem Eintrag fluviatilen Materials. Als Auslöser für eine Verflachung oder Vertiefung des Beckens werden tektonische Bewegungen angesehen.

Ab dem Miozän wurde nach YALTIRAK (2000) das Gebiet gehoben. Bereits die Zunahme der gröber klastischen Ablagerungen im Pliozän könnten für eine tektonische Hebung des Gebietes sprechen, womit die Annahme von YALTIRAK bestätigt werden würde. Auslöser für diese tektonischen Hebungsbewegungen sind nicht bekannt, es könnte aber ein Zusammenhang mit den im Miozän (nach YALTIRAK 2000) auftretenden Vulkaniten, welche das Gebiet unterlagern, bestehen. Im Verlauf dieser Hebungen wurden die obersten neogenen Lagen aberodiert, wofür die auf dem Troia-Rücken kartierten Gerölle schließen lassen. Diese Hebungen führten zur Ausbildung der drei Störungen, welche heute den Troia-Rücken zerteilen. Auf Grund des unterschiedlichen Versatzes wird von unterschiedlichen Bildungsaltern für die drei Störungen ausgegangen. Die Gökçalı-Störung weist den größten Versatz auf und wird aus diesem Grund als älteste der drei Störungen vermutet. Bei der Troia- und der Çiplak-Störung wurde ein Versatz von wenigen Metern festgestellt, warum vermutet wird, daß diese Störungen nach der Gökçalı-Störung angelaget wurden.

## 12.2 Auswertung der Korngrößenanalyse

Bei der Untersuchung der Korngrößenanalyse stellte sich heraus, daß die meisten Proben schlecht bis sehr schlecht sortiert und schlecht bis mäßig gerundet sind. In den Proben sind überwiegend Quarze und Gesteinsbruchstücken enthalten. Seltener sind Biogenfragmente, Opakminerale und Glimmer vorhanden. Bei der Auswertung der Kornsummenkurven stellte sich ein deutlicher flacher Verlauf der Kurven heraus und die Mehrheit der Proben und in den Grobkornbereich verschoben sind. Nur die Proben 1019-8, 1019-97-89, 1026-1 und 1037-7 sind in den Bereich der Feinkornfraktion verschoben. Auf Grund des flachen Verlaufes der Kornsummenkurve sind die Proben schlechte bis sehr schlecht Grundwasserleiter, drei Proben sogar Grundwasserstauer.

Auf Grund der Rundung und der Sortierung sind die Proben texturell unreif. Werden die Komponenten betrachtet, sind die Proben, je nach Anteil der Komponenten, als strukturell reif bis unreif einzuordnen. In der Mehrzahl handelt es sich bei den Proben um texturell und strukturell unreife Proben, welche überwiegend unter fluviatilen Bedingungen nach einem kurzen hoch energetischen Transport abgelagert wurden. Vereinzelt sind Proben texturell und strukturell reif, wobei es sich bei diesen um Strandablagerungen handeln könnte.

Zur Interpretation der Daten wurden die Diagramme nach STEWART (1958) oder PASSEGA (1962) verwendet. Häufig ist eine eindeutige Zuordnung des Ablagerungsraumes nach STEWART (1958) oder PASSEGA (1962) nicht möglich, da die Proben außerhalb der Sedimentationsfelder liegen oder sich in jeder Darstellung in einem anderen Feld, und somit Ablagerungsraum, befinden. Meist liegen die Proben im Bereich der wellenbeeinflussten oder fluviatilen Ablagerung. Nach PASSEGA (1958) wurden einige Proben in einer Strandfazies und die meisten im fluviatilen Bereich gebildet

Es handelt sich bei den Proben in der Mehrzahl um fluviatile hoch energetische Ablagerungen. Wenige Proben wurden im Stradbereich abgelagert und sind besser gerundet und sortiert.

### 12.3 Auswertung der mikroskopischen Untersuchung

Bei der Klassifizierung der Proben handelt es sich nach FOLK (1959,1962) um Mikrite mit unterschiedlichen Anteilen von Ooiden, Biogenen und Gesteinsfragmenten. Nach DUNHAM (1962) werden überwiegend Mud-, Wacke- und Packstones bestimmt. Es handelt sich bei den Proben überwiegend um feinkörnige Sedimente, welche unter niedrig energetischen Energien abgelagert wurden. Überwiegend bestehen die Proben aus dichten mikritischer Matrix in welcher unterschiedlich viele Komponenten schwimmen. Bei diesen Komponenten handelt es sich um Quarze, Gesteinsbruchstücke, Biogene und Ooide. Bei den Quarzen und Gesteinsbruchstücken handelt es sich um fluviatil eingetragenes terrestisches Material. Bei den Biogenen sind Mollusken und seltener Gastropoden enthalten. Von besonderer Bedeutung für die Bestimmung des Ablagerungsraumes sind die Ooide (Abb. 57). Diese entstehen ausschließlich unter spezifischen Bedingungen im flachmarinen, brackischen oder limnischen Bereich. Bei den in den Proben enthaltenen Ooiden handelt es sich um Tangentialoide, welche in niedrig energetischen Bildungsbereichen entstehen.

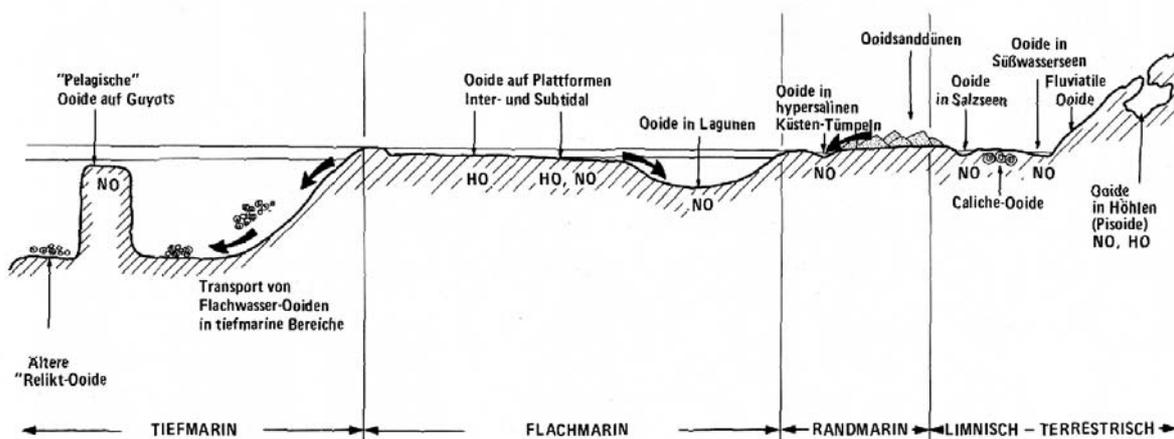


Abb. 57: verschiedene Entstehungsräume für Ooide (von FLÜGEL 1978).

(HO): hochenergetische Ooide entstehen in bewegtem Wasser

(NO): niedrig energetische Ooide, entstehen in Ruhigwasserbereichen

Bei den Dünnschliffen handelt es sich überwiegend um niedrig energetische Ablagerungen, was an Hand der Ooide und dem geringen Anteil an Komponenten belegt werden kann. Die biogenreichen Dünnschliffe werden als hoch energetische Ablagerungen bezeichnet, wobei es sich bei den Biogenen meist um zusammengespülte Bruchstücke handelt.

Weiterhin wurde die Porosität der Dünnschliffe abgeschätzt. Matrixporosität wurde nach Archie (1951) bestimmt. Sichtbare Porosität nach CHOQUETTE & PRAY (1970), da diese Unterteilung genauer ist. Auf Grund der mikritischen Matrix handelt es sich überwiegend um die Matrixporosität I (also 2 bis 5 %) und II (also ca. 15 %). In einzelnen Schliffen wurde eine Abschätzung der Porositäten nicht durchgeführt, da nicht abschließend festgestellt werden konnte, ob es sich dabei um Gesteinshohlräume oder um vom Schleifer verursachte Bildungen handelt.

Bei den mikroskopisch untersuchten Fraktionen der Siebanalyse sind hauptsächlich Quarze und Gesteinsfragmente enthalten. In geringeren Anteilen sind Biogenbruchstücke, Ooide, Glimmer und Opakminerale vorhanden. Bei den Gesteinsfragmenten handelt es sich um dichte dunkle Magmatite, schieferige weißlich, grünliche Metamorphite und unterschiedliche Sedimentite. Sowohl die beschriebenen Magmatite, als auch die Metamorphite stehen in der näheren Umgebung des Arbeitsgebietes an, was für einen kurzen Transportweg spricht. Die verwitterungsresistenten Quarze sind in einigen Proben gut bzw. besser gerundet als die restlichen enthaltenen Komponenten. Dies kann durch unterschiedliche Einträge in einen Ablagerungsraum oder durch die Erosion reifer Sedimente als Liefergesteine für zumindest einen Teil der Quarze begründet werden. Bei den Biogenen sind unterschiedliche Mollusken und Gastropoden, sowie die Ostrakodengattung *Cyprideis* (BASSIOUNI 1979). Auf Grund der unterschiedlichen Ausbildung der Schalen und deren unterschiedliche Erhaltung werden unterschiedliche Transport- und Ablagerungsenergien angenommen.

Für die Rekonstruktion des Ablagerungsraumes wird eine Grafik aus FLÜGEL (1978) herangezogen. In der Grafik werden zwei Ablagerungsräume unterschieden, wobei in diesen Sedimentationsräumen lagunäre zyklische Sedimentationen und Stillwasserablagerungen beschrieben werden. Bei den lagunären Ablagerungen handelt es sich um Wechsellagerungen von Ton- und Sandsteinen in unregelmäßigen Mächtigkeiten und Abfolgen. An Schelfhang werden dichte Karbonatschlämme abgelagert und Stromatolithen gebildet. Das lagunäre Becken wird in unregelmäßigen Abständen, zum

Beispiel von Sturmwellen, von Meerwasser überschwemmt, solange der Meeresspiegel konstant bleibt. Sinkt der Meeresspiegel trocknet das brackische oder lagunäre Becken aus und wird erodiert. In dieses Becken kann es zu Einträgen von fluviatilen terrestrischen Material kommen. Im Beispiel B sind am Schelfhang größeren Wasserenergien vorhanden, wodurch geringere Mengen feinklastischen Materials abgelagert werden. Dadurch kommt es am Schelfhang zur Bildung von Riffen.

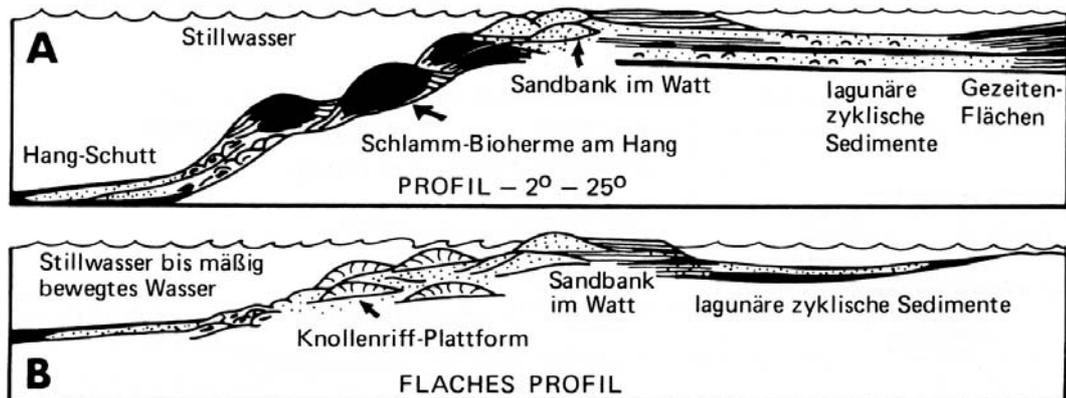


Abb. 58: Ausbildung von Schelfen mit Karbonatsedimentation, wobei (A) Mudmounts, (B) Knollenriffe mit bioklastischem Detritus und (C) Riffkomplexe darstellen (aus FLÜGEL 1978).

Werden die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der Dünnschliffe und der Fraktionen der Siebanalyse zusammengefaßt, läßt sich der Ablagerungsraum der Proben am besten mit der in Abb. 58 dargestellten Grafik A beschreiben. Es handelt sich um Ablagerungen eines flachen Schelfbereiches und einem brackischen Bereich, in welchen Sand-, Ton- und Kalksteine sedimentiert wurden. Deutlich wird die enge fazielle Verzahnung der Ablagerungsräume. Es wird angenommen, daß es sich beim Troia-Rücken um ein flaches brackisches Becken handelt, in welches fluviatil terrestrisches und mit Sturmwellen marines Material eingetragen wurde. Die Sedimente des Troia-Rückens bildeten sich in der Grafik A im Bereich der zyklischen Ablagerungen, welche nur zeitweise eine Verbindung mit dem offenen Meer haben. Im brackischen Bereich werden sowohl die vorhandenen Stromatolithen als auch die Ooide (Abb. 57) gebildet.

## 12.4 Auswertung der Röntgendiffraktometrie

Ziel der Röntgendiffraktometrie war die Untersuchung der Bestandteile der Tonsteine. Dabei stellt sich ein hoher Karbonatgehalt bei einigen Proben heraus. Nur in den Proben 1019-37 (BL-9) und 1019-51 (BL-10) überwiegen die Tonminerale die restlichen Bestandteile. Da in den Proben wenige bis keine Fossilreste entdeckt wurden, wird davon ausgegangen, daß es sich um chemisch gefällte Karbonate handelt. Bei den enthaltenen Tonmineralen handelt es sich überwiegend um Illit-Montmorillonit-Wechselagerungen. Weiterhin sind Kaolinit, Illit und Chlorit enthalten. Kaolinit deutet auf eine terrestrische Entstehung, während Chlorit bevorzugt unter marinen Bedingungen entsteht. Wechselagerungsminerale entstehen meist bei Milieuänderungen. Verändern sich die Bildungsbedingungen wird ein anderes Mineral abgelagert. Auf Grund der chemischen Instabilität dieser Minerale kann nach deren Bildung kein großräumiger Transport stattgefunden haben.

Als Bildungsraum wird ein brackische oder eine flachmarine Becken angenommen, in welches klastisches Material (Quarz, Feldspäte, Plagioklase) eingetragen wurde. Im diesem Becken bildeten sich die Tonminerale, wobei ein Teil der Tonminerale auf Grund unterschiedlicher Bildungsbedingungen aus terrestrischem oder marinen Bereichen eingetragen worden sein muß.

Werden alle Gesichtspunkte betrachtet handelt es sich um ein flaches brackisches oder lakustrines Becken, welches zeitweilig teilweise eindampfte. Dabei kann es zur Ablagerung feinkörniger Körnchen. In zeitlichen Abständen wurden geringe Mengen klastischen Materials eingetragen. Wechselagerungsminerale bildeten sich in diesem Becken, durch unterschiedliches Eintrocknen und Durchnässen des Bildungsraumes. Die Frage nach der Herkunft der anderen Tonminerale, ob allochthon oder autochthon, muß an dieser Stelle unbeantwortet bleiben.

## **12.5 Auswertung der Untersuchung zur Eignung als keramischer Rohstoff**

Wie bei der röntgenographischen Untersuchung festgestellt werden konnte sind in den Proben 1037-1 (BL-1), 1037-5 (BL-5) und 1019-42 (BL-6) 60 bis 70 % Karbonat enthalten, welche bei dem Brennen die gefolmten Töpferwaren instabil werden lassen. In den Proben 1019-37 (BL-9) und 1019-51 (BL-10) sind über 50 bzw. über 70 % Tonminerale enthalten. Nach KURZE 2001 sind zur Herstellung keramischer Produkte nur Ausgangsmaterialien mit weniger als 25 % Karbonaten geeignet. Die Proben 1019-37 (BL-9) und 1019-51 (BL-10) werden auf Grund des für keramische Rohstoffe geringen Anteils an Schichtsilikaten und des hohen an Quarz und Karbonaten als magere Tone bezeichnet.

Werden die gesamten in den Profilen aufgenommenen Tonsteine betrachtet, fallen viele auf Grund ihrer geringen Mächtigkeit und der daraus resultierenden Unwirtschaftlichkeit aus der Betrachtung heraus. Mächtiger ausgebildete Tonsteine enthalten in der Mehrzahl unterschiedliche Mengen an karbonatischen Beimengungen und sind auf Grund der Wirkung von Karbonaten als Flußmittel zur Herstellung keramischer Waren nicht verwendbar. Viele dieser Tonsteine zeigten bei der Geländeaufnahme heftige Reaktionen mit Salzsäure. Es wird davon ausgegangen, daß viele dieser Tonsteine einen ähnlichen Karbonatgehalt wie die untersuchten Tonsteine enthalten und nicht zur Herstellung keramischer Waren geeignet sind. Diese Tonsteine könnten aufbereitet und angereichert werden, was auf Grund des Vorliegens von Tonmaterial aus der Schwemmebene der Flüsse Karamenderes und Dümrek nicht wirtschaftlich erscheint. In der Arbeit von KNACKE-LOY (1998) werden die Tone der Schwemmebenen als Ausgangsmaterial für die troianische Keramikherstellung angenommen. Weiterhin kann bei der Geländearbeit keine Untersuchung der Tonminerale auf ihren Minerale und deren Gehalte durchgeführt werden.

## **13 VERZEICHNISSE**

### **13.1 Literaturverzeichnis**

#### **A**

ADAMS, A. /MACKENZIE, W.S. /GILFORD, C. (1986): Atlas der Sedimentgesteine in Dünnschliffen, Enke, Stuttgart

ANOMYN A: [www.maschreq.de/content/laenderlexikon/tuerkei/karte.shtml](http://www.maschreq.de/content/laenderlexikon/tuerkei/karte.shtml) letzter Zugriff: 23.07.2003

ANOMYN B: [www.ejpayne.com/Lumosed.htm](http://www.ejpayne.com/Lumosed.htm) letzter Zugriff: 21.07.2003

ANONYM C: [www.chem-eng.fh-mannheim.de/imv/Lumosed.htm](http://www.chem-eng.fh-mannheim.de/imv/Lumosed.htm) letzter Zugriff: 21.07.2003

#### **B**

BASSIOUNI, M. (1979): Brackische und marine Ostrakoden (Cytherideinae, Hemicytherinae, Trachyleberidinae) aus dem Oligozän und Neogen der Türkei, In: Geologisches Jahrbuch, Reihe B, Bd. 31, Schweizerbart, Stuttgart

BRANDAU, B. (1997): Troia: Eine Stadt und ihr Mythos, Die neuesten Entdeckungen; Orbis, München

BRINKMANN, R. (1976): Geology of Turkey, Enke, Stuttgart

#### **D**

DIETRICH, P. (2001): Hydrogeologie I, Vorlesungsskript, TU Bergakademie Freiberg

#### **E**

EGENHOFF, S. (2001/2002): Einführung in die Sedimentologie von Karbonaten, Evaporiten und Phosphaten; TU Bergakademie Freiberg

ELMAS, A./YIĞITBAŞ E. (2001): Ophiolite emplacement by strike-slip tectonics in the Pontide Zone and the Sakarya Zone in northwestern Anatolia, Turkey. In: Earth Sciences (Geol. Rundschau), Springer Verlag, S. 257-269

## **F**

FLÜGEL, E. (1978): Mikrofazielle Untersuchungsmethoden von Kalken, Springer, Berlin/Heidelberg/New York

## **H**

HEIM, D. (1990): Tone und Tonminerale. Enke, Stuttgart

HOARE, R. (2002): [www.worldclimate.com/cgi-bin/grid.pl?gr-N40E026](http://www.worldclimate.com/cgi-bin/grid.pl?gr-N40E026) © Copyright 1996 — 2002 Buttle and Tuttle Ltd., letzter Zugriff 21.07.2003

HÖHFELD, V. (2001): Die Landschaft Homers heute, Naturraum und Landschaftsressourcen in einer Abwanderungsregion. In Troia, Traum und Wirklichkeit. Archäologisches Landesamt Baden Württemberg et al. (Hrsg.): Begleitbuch zur Ausstellung „Troia, Traum und Wirklichkeit“, Theiss, Stuttgart

HÖLTING, B. (1996): Hydrogeologie, Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie, Enke, Stuttgart

## **L**

LAGALY, G. /KÖSTER, H. M. (1993): Tone und Tonminerale. In: Jasmund, K. (Hrsg.)/Lagaly, G. (Hrsg.): Tonminerale und Tone, Struktur, Eigenschaften, Anwendung und Einsatz in Industrie und Umwelt. Steinkopf, Darmstadt

LATACZ, J. (2001): (W)Ilios ist Wilusa; Damals, Das aktuelle Magazin für Geschichte und Kultur, 4/2001, S. 20/21

## **K**

KAYAN, I. (1996): Holocene Stratigraphy of the lower Karamenderes-Dümrek plain and Archaeological Material in the alluvial Sediments to the North of the Troia Ridge. In.: Studia Troica Band 6, Von Zabern, Mainz, S. 239 - 249

KAYAN, I. (1997): Geomorphological Evolution of the Çıplak Valley and Archaeological Material in the alluvial Sediments to the South of the lower city of Troia. In.: Studia Troica Band 7, Von Zabern, Mainz, S. 490 – 506

KAYAN, I. (1998): Geoarchaeological research in the Troad. Manuskript zum Vortrag beim Troia und Archäometrie-Kolloquium an der TU Bergakademie Freiberg zur Eröffnung des Lehrstuhles für Archäometallurgie am 4.Juni 1998

KAYAN, I. (2000): The Water Supply of Troia. In: Studia Troica, Band 10, Von Zabern, Mainz, S. 135 – 144

KNACKE-LOY, O. (1998): Isotopengeochemie, chemische und petrographische Untersuchungen zur Herkunftsbestimmung der bronzezeitlichen Keramik von Troia. Heidelberger Geowissenschaftliche Abhandlungen, Band 77

KURZE, M. (2001): Sedimentologie, TU Bergakademie Freiberg

## **O**

OKAY, A. (1991): Geology and Tektonik of the Biga Peninsula, Northwest Turkey. Bullerin Technal University Istanbul, Vol. 44

## **P**

PICHLER, H./SCHMITT-RIEGRAF, C. (1993): Gesteinbildende Minerale im Dünnschliff, Enke Stuttgart

## **R**

RAPP, G.R. (2002): Archaeomineralogy, Springer, Berlin, Heidelberg, New York

RÖSLER, H.-J.; STARKE, R. (1967): Einführung in die Tonmineralogie, 1. Lehrbrief; Bergakademie Freiberg

## **S**

SCHÜLLER, K.-H. (1993): Keramik aus: JASMUND, K./LAGALY, G (1993): Tonminerale und Tone, Steinkopff, Darmstadt

## T

TUCKER, M. (1996): Methoden der Sedimentologie. Enke, Stuttgart

## U

UERPMMANN, H. P./ UERPMMANN M. (2001): Leben in Troia, Die Pflanzen- und Tierwelt: In Archäologisches Landesamt Baden Württemberg et al (Hrsg.) Troia Traum und Wirklichkeit Begleitband zur Ausstellung „Troia Traum und Wirklichkeit“, Theiss, Stuttgart

## Y

YALITRAK, C./ALPAR, B./HÜSEYİN Y. (1998): Tectonic elements controlling the evolution of the Gulf of Saros (northeastern Aegean Sea, Turkey) In: Tectonophysics, Vol. 300, S. 227 - 235

YALITRAK, C./ALPAR, B. (2002): Kinematics and evolution of the northern branch of the North Anatolian Fault (Ganos Fault) between the Sea of Marmara and the Gulf of Saros. In: Marine Geology, Vol.190, Nr.1-2, S. 351-366

YALITRAK, C./ALPAR, B./SAKINÇ, M./YÜCEL, H. (2000): Origin of the strait of Çanakkale (Dardanelles): regional tectonics and the Mediterranean-Marmara incursion. In: Marine Geology, Vol. 164, S. 139 - 156

YILMAZ, Y. (1997): Geology of Western Anatolia. In: SCHINDLER, C./PFISTER, M. (Hrsg.): Active tectonics of northwestern Anatolia- the Marmara Poly-Projekt. vdf Hochschulverlag AG der ETH Zürich, S.31-51

YILMAZ, Y. (2003): Seismotectonics and Geology of Troia and Surrounding Areas, Northwest Anatolia; Buch Troia and the Troas. In: WAGNER, G.A./ PERNICKA, E./ UERPMMANN H. P. (Hrsg): Troia and the Troas

## 13.2 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Lage Troias in der Türkei (aus ANONYM a 2003). .....	5
Abb. 2: Vereinfachte geologische Karte der Biga-Halbinsel (nach KNACKE-LOY 1994).....	9
Abb. 3: Tektonische Karte der Türkei und Griechenlands (aus YALTIRAK 1998).....	10
Abb. 4: Verteilung junger Vulkanite und Plutonite in Westanatolien (nach YILMAZ 1997). ..	13
Abb. 5: Lage des Kartiergebietes auf der Biga-Halbinsel im Nordwesten der Türkei.....	15
Abb. 6: Vereinfachte geologische Karte der Troas (nach KAYAN 2000).....	22
Abb. 7: Geologische Karte der Dardanellen (aus YALTIRAK 2000).....	24
Abb. 8: Paläogeographische Rekonstruktion der Karamenderes-Ebene (nach KAYAN 2000).	28
Abb. 9: Einfallen der Schichten in den Aufschlüssen .....	30
Abb. 10: Einfallen der Klüfte der Aufschlüsse .....	31
Abb. 11: Lage der beschriebenen Profile .....	42
Abb. 12: Übersicht Profil 1019 .....	44
Abb. 13: Stromatolith (Probe 1033-8).....	47
Abb. 14: Profil 1038 .....	48
Abb. 15: Profil 1038 .....	49
Abb. 16: Normalprofil der neogenen Schichten des Troia-Rückens.....	53
Abb. 17: fazielle Rekonstruktion des Normalprofils.....	54
Abb. 18: Prinzipdarstellung durch den Troia-Rücken in NW—SE-Richtung .....	57
Abb. 19: Profilschnitte durch den Troia-Rücken in W — E- und NNE — SSW-Richtung ....	58
Abb. 20: Diagramm der Ablagerungsräume nach STEWART 1958.....	79
Abb. 21: Diagramm der Ablagerungsräume nach STEWART 1958.....	80
Abb. 22: Diagramm der Ablagerungsräume nach PASSEGA 1964.....	39
Abb. 23 — 51: Dünnschliffbilder.....	82 — 102
Abb. 52: Textur-Spektrum von Karbonaten (aus FLÜGEL 1978). .....	104
Abb. 53: Porositätstypen CHOQUETTE & PRAY (1970) (aus FLÜGEL 1978).....	108
Abb. 54: Zuordnung der Röntgeninterferenzen der Probe 1037-1 (BL-4).....	128
Abb. 55: Vergleich der Diffraktogramme von Probe 1036-2/2 (BL-1) .....	131
Abb. 56: Vergleich der Diffraktogramme von Texturpräparaten Probe 1036-3b (BL-5).....	131
Abb. 57: verschiedene Entstehungsräume für Ooide (aus FLÜGEL 1978).....	157
Abb. 58: Ausbildung von Schelfen mit Karbonatsedimentation (aus FLÜGEL 1978). .....	159

### 13.3 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Temperaturen und Niederschläge der Station Çanakkale (nach HOARE 2002) .....	17
Tab. 2: Liste der Aufschlüsse .....	35
Tab. 3: Liste der Probenstücke .....	36
Tab. 4: Geröllanalyse 1038-1 .....	49
Tab. 5: Liste der in der Kennwerte .....	70
Tab. 6: Klassifizierung der Proben nach der Kornsummenkurven. ....	71
Tab. 7: aus den Summenkuven berechnete $k_f$ -Werte.....	73
Tab. 8: Klassifizierung der Proben nach DUNHAM (1962) und FOLK (1959, 1962).....	105
Tab. 9: Porositäten der Dünnschliffe nach ARCHIE (1951) und CHOQUETTE & PRAY (1970)	109
Tab. 10: Übersicht der röntgenographisch bestimmten Probenbestandteile .....	145
Tab. 11:1 Minerale und Auswirkung auf Keramik (SCHÜLLER 1993 nach SCHMIDT 1981)..	151

Technische Universität Bergakademie Freiberg  
Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau  
Institut für Geologie  
Studiengang Geologie



# Anhang

## Diplomkartierung und Diplomarbeit

vorgelegt von  
cand. geol. Katrin Bergmann

betreut von  
Prof. Dr. Broder Merkel  
und  
Dr. Christian Wolkersdorfer

TU Bergakademie Freiberg  
Institut für Geologie  
Lehrstuhl für Hydrogeologie

## **INHALTSVERZEICHNIS**

### **ANHANG DER DIPLOMKARTIERUNG**

---

Anhang 1	Aufschlußliste	2 — 33
Anhang 2	Anschnitte der Probestücke	34 — 44

### **ANHANG DER DIPLOMARBEIT**

---

Anhang 3	Profile	45 — 66
Anhang 4	Siebkurven	66 — 79
Anhang 5	Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der Dünnschliffe	80 — 86
Anhang 6	Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der gesiebten Fraktionen der Siebanalyse	87 — 108
Anhang 7	Ergebnisse der Röntgendiffraktometrie, berechnet ohne Karbonat	109

## Anhang 1

Aufschluß- nummer	Lithologie	Schicht- nummer	Mächtigkeit [cm]	Anteile	Farbe	Fossilführung	Schichtung
1009 K	Kalkstein	4	> 57	Schluff	hellgelb	-	homogen
	Sandstein	3	40	Kies	hellgelbgrau	-	nicht eingeregelt, oben viele größere Komponenten
	Grobsandstein	2	22	FS, MS	bräunlich	-	komponentengestützt
	Tonkalkstein nicht aufgeschlossen	1	> 35 > 300	wenig FS	hellbraungrau	-	
1009 J	Feinsandstein	2	50 — 55		hellgelb, bräunlich	-	lagiger Farbwechsel, unregelmäßig
	Tonkalkstein nicht aufgeschlossen	1	> 10 100 — 150	Schluff	grüngrau	-	Schicht wellig, +/- horizontal
1009 I	Feinsandstein	2	> 50	Ton	hell-/mittelgrau	-	feingeschichtet
	Sandstein	1	> 65	oben toniger	hellgelb	-	nach oben feiner, toniger
1009 H	Feinsandstein	3	> 43	Ton, Schluff	hellgelb, hellgrau	wenige Muschelabdrücke, Schalen gelöst, Verockerungen	cm-mächtige Ton-/ Schluffbänder, netzartig
	Sandstein	2	22	Schluff	ocker, gelblich	-	homogen
1009 G	Ton-/Schluff-/Kalkstein	1	> 20	FS	ocker, mittelgrau	-	lagig kleine weiße Kalkaggregate
	Ton/Schluff-/Kalkstein	9	> 30	FS	mittelgrau, ocker	-	homogen
	Feinsandstein	8	10	Schluff	hellgelbgrau	Muscheln, Steinkernerhaltung, einklappig, verockerte Oberflächen, komplett	keine Einregelung
	sandiger Tonstein	7	30		hell-/dunkelgrau	-	Wechselagerung
	Tonkalkstein	6	> 10	FS	hellgrau	-	feingeschichtet
	Tonkalkstein	5	> 18	FS	hellgrau	-	homogen
	Sandstein	4	37	oben toniger	ocker/hellgrau	Muschel-/Schnecken­schalen, meist zerbrochen, immer nur eine Klappe mit Sand ver­füllt	fining upward, Schalen-bruch­stücke zum Top hin stärker zerbrochen
	Feinsandstein	3	4 — 5	Ton, Schluff	hellgrau	-	keine Schichtung erkennbar
	Feinsandstein	2	17	Schluff	hellgelbgrau	weiße Schalenbruch­stücke, stark zerbrochen (mm-Bereich)	homogen
	Sandstein	1	> 15		hellgelb	Muschelschalenbruch­stücke (1 — 2 cm), zweiklappig, mit Sand ver­füllt, Schnecken­häuser	Schalen lagig angeordnet
1009 F	nicht aufgeschlossen Sandstein	4	> 50 20 — 25	Schluff	hellgelb	weiße Schalenbruch­stücke (0,5 cm), nicht gerundet	Fossilführung nur in Lagen
	Schluffkalkstein	3	65	FS	hell-/mittelgrau		FS-Anteil nach oben abnehmend, coarsening upward
	Tonkalkstein	2	8 — 9	Schluff	weiß	sehr wenige Schalenbruch­stücke	lateral unterschiedl. Mächtigkeit
	Sandstein	1	> 10	Schluff	hellgrau	dünnschalige Gastropoden, größtenteils komplett, tw. angelöst	homogen
1009 E	nicht aufgeschlossen Schluffkalkstein	3	> 20 > 20	Ton	hell-/dunkelgrau	sehr geringer Fossilgehalt	plattig
1009 E	Feinsandstein	2	160 — 170	oben: Ton, Schluff	hellgrau	sehr wenig, Gastropoden, zweiklappige Schalenabdrücke, Ganzkörpererhaltung	keine Einregelung, keine Lagen
	Sandstein	1	170 — 180	FS, MS	graugelb		interne Schräg-, Kreuzschicht., schneiden sich gegenseitig
1009 D	Feinsandstein	5	25 — 30		hellgrau	vereinzelte Biogenreste (1 — 2 cm)	in Schichten lagig eingeregelt, gröbere Lagen eingeschaltet

## Anhang 1

Aufschluß- nummer	Lithologie	Schicht- nummer	Mächtigkeit [cm]	Anteile	Farbe	Fossilführung	Schichtung
	Konglomerat	4	20	GS, FK, tonige Matrix	hellgrau	unterer Teil: Schalenreste	fining upward
	Feinsandstein	3	6 — 18	Schluff	strohgelb/ocker		oben gröber, sandiger
	Biogenkalkstein	2	60 — 70		hellgrau	Steinkerne, Schalenbruchstücke, gedrehte Schneckenhäuser	Schichtung nicht erkennbar
1009 B	Feinsandstein nicht aufgeschlossen	1	20 — 40 > 100	Ton	ocker, braun	heller Schill, stark zerbrochen, in Lagen	homogen
	Karbonat	11	> 15	Calcit-Kristalle	hellgrau	-	lagig
	Tonstein	10	35	homogen	hell, weiß	im unteren Teil Schill	homogen
	Biogenkalkstein	9	20	Ton-Schluff-Matrix	hellgrau	Schalenbruchstücke	Zweiteilung der Lage sichtbar, Ton- /Schluffanteil wechselt
	Tonstein	8	< 5	homogen	braun, unten heller	-	homogen
	Biogenlage	7	10	Ton	hellgrau	zweiklappige Schalen und Steinkerne (gute Erhaltung)	keine Einregelung
	Biogenkalkstein	6	5	Schluff	hellgraubraun	stark zerbrochene Schalen (1— 2 cm lang)	keine Einregelung
	Schluffkalkstein	5	25		hellgrau	Schill (im mm-Bereich )	nicht erkennbar
	Schluffkalkstein	4	20	Ton	hellgrau, hellbraun	heller Schill, stark zerbrochen	homogen
	Biogenkalkstein	3	12	Schluff	hellgrau	Schill, Schalenbruchstücke (max. 2 — 3 cm), überwiegend zweiklappig	tw. eingeregelt
	Sandstein	2	9	MS, GS	rötlichbraun	Schalenreste (im mm- bis cm-Bereich)	Wechsel zwischen biogenreichen und -armen Lagen
1009 C	Tonkalkstein	1	5 — 6	Schluff, FS	mittelgrau		nicht erkennbar
	Biogenkalkstein	7	> 15	Ton, Sand	hellgrau	größere Schalenbruchstücke und Schill (2 — 3 cm)	homogen
	Feinsandstein	6	6	Schluff	rötlich	heller Schill, stark zerbrochen	eingeregelt
	Tonkalkstein	5	4 — 5		mittelgrau	-	homogen
	sandiger Tonstein	4	10	Schluff	rötlich, gelb/grau	-	Wechsellagerung (Ton/Sand)
	Tonkalkstein	3	30	Schluff	hell-mittelgrau	heller Schill, stark zerbrochen, in Lagen	Wechsel zwischen schillreichen und -armen Lagen
	Biogenkalkstein	2	12	Ton	hellgrau	Schalenbruchstücke, klein, weiß, eckig	Schill +/- geschichtet
	Tonkalkstein	1	> 20	Schluff	hellgrau	-	lagig, unterschiedl. mächtige Bänke sichtbar
1009 A	Biogenkalkstein	5	8 — 12	Ton	dunkelbraun	klein, weiße zerbrochene Schalenreste	+/- horizontal
1009 A	Tonstein	4	18	Schluff	hellgelb, weißlich	-	+/- horizontal
	Tonschluffstein	3	6	FS	braun	-	feinlaminiert (mm-Bereich)
	Biogenkalkstein	2	8	Ton, Schluff	hell, gelblich	Muscheln (hauptsächlich einklappig)	Schalen nicht eingeregelt
	Feinsandstein	1	> 5	Schluff	weiß		Schrägschichtung
1019	Kalkstein	117	20 — 25	Ton	hellgrau	-	knollige, wellige Oberfläche
	Tonkalkstein	116	85		braun/weiß	-	karbonat. Einschaltungen, nach unten mächtiger
	Kalkstein	115	100	Ton	weiß	-	knollig, wellig, schalig
	Sandstein	114	100	MS, FS	hellgrau	-	Schräg-/Kreuzschichtung

## Anhang 1

Aufschluß- nummer	Lithologie	Schicht- nummer	Mächtigkeit [cm]	Anteile	Farbe	Fossilführung	Schichtung
1019	Sandstein	113	15 — 20	FK	hellgrau	-	brauner Tonstein (112) im unteren Bereich aufgearbeitet
	Tonstein	112	15	FS	braun	-	tw. Schichtung erkennbar
	Sandstein	111	65		hellgelbgrau	-	nach Korngrößen in 4 Lagen unterteilbar, in Lagen coarsening upward
	Tonstein	110	7	Schluff	braun	-	Mittelsand-Einschaltungen
	Sandstein	109	23	GS	hellgelb	-	homogen
	Sandtonstein	108	15	Schluff	hellgelb/braun	-	Wechselagerung
	Sandstein	107	18	Ton	hellgelbgrau	-	homogen
	Tonstein	106	7	FS	braun	-	feingeschichtet
	Kalkstein	105	75	Ton	weiß	-	homogen
	Tonstein	104	7	FS	mittelgrau	-	homogen
	Kalkstein	103	30		hellgrau	-	über slumpings: knollig, wellig
	Tonstein	102	4	Schluff, FS	mittelgrau	-	homogen
	Sandstein	101	60	FS, MS	hellgelb	-	slumpings, load casts, allgemein fining upward
	Sandstein	100	60	GS, FK	hellgrau	-	channel, schneidet Schichten 99, 98, 97
	Tonstein	99	10	Sand	braun	-	aufgearbeitet
	Feinsandstein	98	15	Schluff	hellgelb	-	homogen
	Tonstein	97	12	Sand	hellgelb	-	Sandlinsen, unregelmäßig geschichtet, verrutscht
	Sandstein	96	22		hellgelb	-	fining upward
	Tonstein	95	10		braun	-	feingeschichtet
	Sandstein	94	8		hellbraun	-	homogen
	Tonstein	93	28		braun	-	homogen
	Sandstein	92	7		hellgraubraun	-	homogen
	Tonstein	91	8		braungraugrün	-	homogen, kleine Sandadern
	Sandstein	90	20	FS, MS	hellgelb	-	homogen, oben gröber
	Tonstein	89	20		hellgrau	-	feingeschichtet
	Tonstein	88	30		braun	-	homogen
	Sandstein	87	210	FS, MS	hellgelb	-	feingeschichtet, schwache Kreuzschicht., wellig
	Sandstein	86	70	Ton	hellgrau	-	feingeschichtet, laminiert
	Sandstein	85	50		hellgelb	-	zerbrochene Schneckenhäuser, Muschelschalenabdrücke
	Sandstein	84	0 — 20	MS	hell, ocker	-	homogen, channel, schneidet Schichten 83, 82, 81
Kalkstein	83	17		hellgrau	-	eingeregelt Steinkerne, Schalen teilweise weggelöst	
Tonstein	82	15		weiß/grau	-	wellig, eingeregelt	
Kalkstein	81	10 — 15		weiß	-	Muschelschalenabdrücke (tw. komplett)	
Tonkalkstein	80	13		weiß	-	zerbrochene Biogene, nicht eingeregelt	
Tonkalkstein	79	15		graubraun	-	Muschelschalenabdrücke, verockert	
Tonkalkstein	78	20	FS	weiß	-	wenige Muschelschalenabdrücke	

## Anhang 1

Aufschluß- nummer	Lithologie	Schicht- nummer	Mächtigkeit [cm]	Anteile	Farbe	Fossilführung	Schichtung
	Kalkstein	77	100		hellgrau	Muschelschalen (größtenteils eingeregelt), Steinkerne, Schneckenhäuser	+/- eingeregelt
	Schluffkalkstein	76	3	Ton, FS	hellgrau	-	homogen, ungeschichtet
	Kalkstein	75	8	Ton, Schluff, FS	hellgrau	Steinkerne, Schalenreste, +/- komplett	homogen
	Tonkalkstein	74	10		dunkelgrün	Schill, eingeregelt, Bruchstücke im mm-Bereich	eingeregelt Schalenreste
	Biogenkalkstein	73	25		hellgrau	+/- komplette Steinkerne, wenige Muschelschalenabdrücke	homogen
	Tonkalkstein	72	15	Schluff	hellgrau	verockerte Abdrücke, +/- komplett	eingeregelt
	Tonkalkstein	71	10	Schluff, FS	hellgrau	eingeregelt Schalen, +/- komplett	eingeregelt
	Tonkalkstein	70	60	Schluff	hellgraubraun	in Lagen Biogenreste, Schalen mit Sediment verfüllt, tw. zerdrückt	teilweise Schalen eingeregelt
	Kalkstein	69	37		weiß	einklappige Schalenabdrücke, komplett	kaum eingeregelt
	Sandstein	68	12	FS, MS	rötlich	Schalenreste, am Top vermehrt auftretend	eingeregelt
	Tonsandstein	67	110		graugrün/hellgrau	-	Wechselagerung
	Biogenkalkstein	66	20	Ton, FS	hellgelb	vollständige Steinkerne, tw. eingeregelt, ein- und zweiklappig	tw. eingeregelt, Basis: toniger, Top: sandiger, fester
	Tonkalkstein	65	25	FS	hellgrau	Steinkerne (2 — 3 cm), zwei- und einklappig, Schalen weggelöst	keine Einregelung, in 3 Bänke unterteilbar (nach Komp.)
	Tonkalkstein	64	11		graugrün	eingeregelt Schalenbruchstücke, lagig	zum Pflaster eingeregelt Bruchstücke
	Kalkstein	63	10		hellgrau	einklappige Schalenreste, Steinkerne, tw. vollständig, eingeregelt	eingeregelt
	Sandstein	62	22	alle Korngrößen	hellgelb, ocker	-	interne Schrägschichtung, unterschiedl. KG
	Tonsandstein	61	5		hellbraun	Schill, eingeregelt, Bruchstücke im mm-Bereich	Wechselagerung (Sand-, Tonstein)
	Sandstein	60	40 — 45		hellgelb	-	interne Schrägschichtung, unterschiedl. KG, load casts
1019	Tonsandstein	59	45		braun/hellgrau	im Ton wenig Schill (bis 5 mm)	fein laminiert (mm-Bereich), Ton geschichtet
	Sandstein	58	17		hellgraubraun	Schill im mm-Bereich, eingeregelt	feinlaminiert
	Tonstein	57	23	FS	hellbraun	-	+/- horizontal geschichtet
	Sandstein	56	10	GS, FK	hellgrau	Schill bis 10 mm	
	Feinsandstein	55	37	Ton	graubraun	-	geschichtet
	Kalkstein	54	25	FS, MS	weiß	Schillreich (mm-Bereich)	unebene Schichtflächen, load casts
	Schluffkalkstein	53	5 — 10	tonig	grünbraun	Schill (mm-Bereich), eingeregelt	homogen
	Sandstein	52	35		hellgrau	Schalenreste im mm-Bereich, Steinkerne erhalten, eingeregelt	load casts, Einregelung der Schalenreste
	Tonstein	51	100		braun	-	homogen
	Feinsandstein	50	35	Schluffanteil	grün	-	eingeschaltete GS-Lagen
	Tonkalkstein	49	10 — 15		braun	-	homogen
	Sandstein	48	45	GS, FK	graugrün	-	fining upward, Top: toniger werdend
	Tonkalkstein	47	16	GS	braun/grün	-	Wechselagerung (2 — 3 cm Lagen)
	Schluffkalkstein	46	80	Ton, FS	weiß	Muschelschalen	oben toniger
	Tonkalkstein	45	15	Schluff	weiß	fossilreich, Steinkerne, Schalenabdrücke, zerdrückt, meist komplett	Basis: mehr Schalenbruchstücke
	Tonkalkstein	44	17	Schluff	hellgrau	einschalige Muschelschalenreste, +/- komplett	
	Kalkstein	43	27		weiß	Biogene enthalten	Basis: biogenführend

## Anhang 1

Aufschluß- nummer	Lithologie	Schicht- nummer	Mächtigkeit [cm]	Anteile	Farbe	Fossilführung	Schichtung
	Tonkalkstein	42	57	Schluff	hell	zerbrochene Muschelschalen	eingeregelt, größere grüne Tonbrocken eingelagert
	nicht aufgeschlossen Tonstein	38	400 > 12		hellgelb	-	Top: horizontal geschichtet
	Schluffstein	37	20		hellgrau, grünlich	-	horizontalgeschichtet
	Feinsandstein	36	40	FS	hellgelb	-	Mitte: Schrägschichtung
	Tonstein	35	25	Schluff	hellgrau	-	homogen
	Tonstein	34	20		weiß	-	homogen
	Tonschluffstein	33	80		graubraun, ocker	-	homogen, Gipshäutchen zw. einzelnen Schichten
	Kalkstein	32	25	Ton, Schluff	hellgrau	Steinkerne, Muschelschalenabdrücke	Biogene eingeregelt
	Schluffstein	31	40 — 50	Ton	hellgrau	-	homogen
	Tonkalkstein	30	20		hellbraun	schillreich, +/- horizontal eingeregelt	Mitte: Lage ohne Schill
	Schlufftonstein	29	9		hell	Muschelreste bis 2 cm, vollständige Steinkerne	homogen
	Feinsandstein	28	20		hellgrau	Schill (mm-Bereich), lagig	lagig
	Feinsandstein	27	13		hellbraun	-	homogen
	Tonstein	26	140	Schluff	hell-/dkl.grau	-	Wechselagerung
	Sandstein	-	0 — 30	Ton	hellgraugelb	-	channel-Bildung
	Tonstein	25	> 35	Schluff	hellgrau	-	homogen
1019	nicht aufgeschlossen Sandstein	22	100 > 13	FS, MS	hellgelb	Steinkerne, Schalen weggelöst, bilden kompetene Lagen aus, lagig Schneckenhäuser, meist komplett erhalten	
	Kalkstein	21	15	FS	hellgrau	sehr wenig Fossilien	homogen
	Sandstein	20	15		hellgrau	in Lagen Fossilpflaster, Steinkerne (2 — 3 cm), Schneckenhäuser enthalten; sonst fossilarm	fossilführende Lagen
	Sandstein	19	20	Schluff, Ton	gelbgrau	-	fining upward
	Sandstein	18	12		weiß	wenige Schneckenhäuser	homogen
	Tonstein	17	3	Schluff, FS	mittelgrau	-	homogen
	Sandstein	16	150	GS, FK	hellgelbbraun	-	homogen
	Tonkalkstein	15	75	Sand	hellgrau	-	2 — 3 cm Sandlage im Topbereich
	Sandstein	14	28		hellgrau	einzelne weiße Schalenreste	homogen
	Schluffstein	13	12	Sand, Ton	hellgrau, ocker	-	Wechselagerung
	Sandstein	12	45		hellgelbgrau	-	homogen
	Schlufftonstein	11	1 — 2		hellgrau	-	slumping-Bildungen
	Feinsandstein	10	6		hellgelb, ocker	-	homogen
	Tonsandstein	9	5 — 10		mittelgrau/ocker	-	Wechselagerung
	Sandstein	8	28	FK	hellgrau, ocker	Schilllagen im mm-Bereich, einzelnen größere Schalenbruchstücke mit Aragonitschicht	Wechselagerung
	Sandstein	7	9	GS	hellgrau	-	homogen
	Feinsandstein	6	20 — 40		hellgelbgrau	Steinkerne (3 — 5 cm), zweiklappig, +/- horizontal	channel-Bildung, Schalen eingeregelt
	Feinsandstein	5	10 — 25		hellgrau	-	Top: feinkörniger
	Schluffstein	4	9 — 12	Ton, FS, MS	mittelgrau	-	Top: Wechsel mit FS/MS
	Sandstein	3	50	Schluff	hellgrau	Lagen fossilführend, einschalig, mit Sand ausgefüllt, Aragonitschicht z.T. erhalten	Grobsandlinsen (4x45 cm), sonst homogen
	Tonkalkstein	2	7	Schluff	hellgelbbraun	-	homogen

## Anhang 1

Aufschluß- nummer	Lithologie	Schicht- nummer	Mächtigkeit [cm]	Anteile	Farbe	Fossilführung	Schichtung
	Schluffkalkstein	1	> 6	FS, Ton	hellgrau	-	homogen
1020	Kalkstein	2	> 120	Schluff	weiß	Algenmatten, -lagen	homogen
	Tonkalkstein	1	> 20	FS	braun	-	homogen
1021	Kalktonstein	12	80 — 90		hellgrau/braun	-	Tonstein: homogen; Wechsellagerung
	Sandstein	11	220		rötlich	-	tw. gröbere Lagen
	Kalkstein	10	70		weiß, bräunlich	-	wolkige, lagige Strukturen
	Sandstein	9	100 — 110	alle Korngrößen	rötlich	-	keine Gradierung, Übergang nach S in Tonstein
	Kalkstein	8	100		hellgrau	-	Top der Wechsellagerung
	Tonkalkstein	7	300 — 350		grünbraun/braun	-	regellos verteilte Intraklasten, Tonstein homogen
1021	Kalkstein	6	80	FS, Ton, Schluff	hellgraubraun	-	fließender Übergang zu 1021-5
	Tonkalkstein	5	100	FS	grünbraun	-	grünliche Tonsteinprien unregelmäßig verteilt
	Kalkstein	4	20 — 120		hellgrau	-	schalig, lagige Struktur
	Tonstein	3	20 — 70		braungraugrün	-	weiße Kalkadern
	Kalkstein	2	60		hellgrau	-	dünn braune Tonsteine eingeschaltet, sonst homogen
	Tonstein	1	> 10		braun	-	homogen
1022	Kalkstein	2	20 — 30		hellgrau	Schnecken- und Muschelschalen	ooidisch
	Tonstein	1	> 10	FS	grünlich	-	homogen
1023 H	Kalkstein	24	25 — 30		hellgelb	Unterseite biogenreich, teilweise komplette Schalen erhalten	slumping-Bildung
	sandiger Tonstein	23	90	bis GS	hellgrau/braun	im Sand: mm-große Schalenbruchstücke	Wechsellagerung, laminiert; wellig
	Kalkstein	22	25		hellgrau	-	homogen
	sandiger Tonstein	21	105	FS, Ton, Schluff	hellgelb/braun	in Lagen schillführend	Wechsellagerung

## Anhang 1

Aufschluß- nummer	Lithologie	Schicht- nummer	Mächtigkeit [cm]	Anteile	Farbe	Fossilführung	Schichtung
	Kalkstein	20	12		hellgrau	ein- und zweiklappige Muscheln, Schalen gelöst, Steinkerne, wellige Unter- und Oberkante eingeregelt	
	sandiger Tonstein	19	120	oben Ton	hellgraubraun	-	allmählicher Übergang von Ton- zu Sandstein; Tonstein von oben eingesunken
	nicht aufgeschlossen		> 100				
	Sandstein	17	22	Kies	hellgelb	-	coarsening upward
	Kalkstein	16	18 — 20		hellgrau	Muschelschalen, Steinkerne, +/- horizontal eingeregelt, Schalen meist weggelöst	homogen
	Kalkstein	15	15 — 16		hellgrau	+/- komplette Steinkerne, zweiklappig	homogen
	Kalkstein	14	15		hellgrau	kleine, schlecht eingeregelt Schalenbruchstücke	wellige Oberfläche, sonst homogen
1023 H	Kalkstein	13	20	Ton	hellgrau, weiß	kleine zerbrochene Muschelschalen	homogen
	Kalkstein	12	12	Ton, Schluff, FS	hellgrau	komplette Steinkerne, ockergefärbte Oberfläche, Schalen weggelöst	Schalen eingeregelt
	Kalkstein	11	100		hellgrau	Schalen, Steinkerne erhalten, kompetentere Lagen enthalten viele Fossilien	kompetente Abschnitte, nach oben feinplattiger
	Kalkstein	10	60		hellgrau	1 — 2 cm mächtiges Band mit Muschelschalenbruchstücken	+/- Parallelschichtung, Schilllage
	Tonstein	9	10 — 20		graugrün	-	homogen
	Kalkstein	8	25		hellbräunlich	wenige Muschelschalen	Schalen eingeregelt, schwach geschichtet
	Kalkstein	7	14		hellgrau	Schalenreste, ein- und zweiklappig, lagig	homogen, Schilllagen
	Kalkstein	6	12		hellgrau	-	homogen
	Kalkstein	5	15		hellgrau	Schalenreste (< 1 cm)	aufgearbeitete Lagen
	Kalkstein	4	20		hellgrüngrau	zerdrückte Muschelschalen (1 — 2 cm), tw. zweiklappig	eingeregelt Schalenreste
	Kalkstein	3	20		hellgrau	zerbrochene Schalenreste (1 — 2 cm)	homogen
	Tonstein	2	28	FS, Schluff	dkl. grüngrau	in dünnen Lagen zerbrochene Schalenreste	geschichtet
	Kalktonstein	1	> 120		hellgelb/ocker	-	Wechselagerung, Parallelschichtung
1023 G	Tonkalkstein	10	> 200	FS	graugrün/hellgrau	-	Wechselagerung, Ton laminiert
	Kalkstein	9	10	FS	hellgelb	-	homogen
	Tonkalkstein	8	7		mittelgrau	Mitte: dünne Sandlage mit wenigen Schalen, eingeregelt, teilweise komplett	lagig, dünnplattig
	Sandstein	7	50	alle Korngrößen	hellgelb, ocker	-	Tonlagen eingeschaltet, sonst homogen
	Tonkalkstein	6	120	wenig FS, Schluff	dkl. grüngrau	-	homogen
	Biogenkalkstein	5	25		hellgelb	Schalen (bis 4 cm), teilweise eingeregelt, zweiklappig, Steinkerne, teilweise komplett	homogen

## Anhang 1

Aufschluß- nummer	Lithologie	Schicht- nummer	Mächtigkeit [cm]	Anteile	Farbe	Fossilführung	Schichtung
	Schluffstein	4	55	Ton	hell/dkl. grau	-	Wechselagerung: heller und dunkler Lagen
	toniger Sandstein	3	80		hellgrau/graugelb	zum Top schalenreicher, eingeregelt, zerdückt	Wechselagerung
	Tonkalkstein	2	13	Schluff, FS	hellgrau	-	Parallelschichtung
	toniger Sandstein nicht aufgeschlossen	1	> 90 > 200	Schluff	grau/ocker	2 — 3 cm mächtige Schilllage	+/- horizontale Wechselagerung
1023 A	Kalkstein	8	> 60		hellgrau	Schalenabdrücke, Schalen weggelöst	wellig, knollig
	Kalktonstein	7	50		hellgrau	Steinkerne, Muschelschalenabdrücke	Wechselagerung, wellig
	Tonstein	6	11	Schluff	graugrün	Muschelschalenabdrücke, Steinkerne, meist komplett	Biogene eingeregelt, sonst homogen
	Kalkstein	5	30		hellgrau	viele zweiklappige Muschelschalen, tw. weggelöst, Hohlräume erhalten	Tonlinsen mit Schalenresten
	Tonkalkstein	4	45		hellgrau	Topbereich: eingeregelt Schalen, mm- Bereich	parallel geschichtet
	Tonkalkstein	3	12		hellgraugrünlich	Top: Muschelschalenpflaster	Schalenreste eingeregelt
	Kalkstein	2	38		hellgrau	Steinkerne, komplett erhalten	
	Sandstein nicht aufgeschlossen	1	> 45 > 3000	GS, FK	hellgrau	zerbroche Schalenreste	Kreuzschichtung
1023 F	Kalkstein	4	> 20	FS, MS	hellgrau	Unterkante mit Muschelschalenabdrücken, Schneckensteinkerne	homogen, mit welliger Unterkante
	Sandstein	3	100	FS, MS	hellgrau	Top: auffällig dickschalige Muschelschalen mit Aragonitschicht	Kreuz-, Horizontalschichtung sichtbar
	toniger Sandstein	2	100		ocker/mittelgrau	im Sandstein angehäuft, zerbrochen, nicht eingeregelt	Wechsel., +/- horizontal gelagert
	Sandstein	1	> 10		hellgelb	-	Schichtung erkennbar, tw. FK eingeschaltet
	nicht aufgeschlossen Sandstein	4	> 25 > 150	GS, FK	hellgelb, ocker	Schneckenhäuser, teilweise angelöst, Aragonitschicht meist erhalten	FK/Sand-Lagen, tonige Bänder
	Kalkstein	3	15	FS, MS	hellgrau	eingeregelt Schneckenhäuser	in Lagen gelblich verfärbt
	Sandstein	2	70	Schluff	hellgrau	vereinzelt stark zerbrochene Muschelschalenreste	homogen
	Tonkalkstein	1	> 60	FS	grüngrau	mehrere Schilllagen, zerdrückte, vollständige Muschelschalen	FS-Lagen, Schilllagen
	nicht aufgeschlossen Kalkstein	2	> 100 > 20	FS	hellgrau	-	wellig, knollig, keine Schichtung
	Kalkstein	1	> 150		hellgrau	vereinzelt Schalenreste, zerbrochen	homogen
1023 C	Kalkstein	1	> 150	FS, MS	hellgrau	Muschelschalen, Abdrücke, Steinkerne tw. noch mit Schalen	homogen

## Anhang 1

Aufschluß- nummer	Lithologie	Schicht- nummer	Mächtigkeit [cm]	Anteile	Farbe	Fossilführung	Schichtung
1023 B	nicht aufgeschlossen Kalkstein	1	> 50 > 70	FS, Ton, Schluff	hellgrau	mit Sediment verfüllte Schneckenhäuser, teilweise zerbrochen	homogen
1024 B	Kalkstein Kalkstein	8 7	> 60 110		hellgrau hellgelb	im oberen Teil Steinkernlagen Schalenabdrücke, Schalen weggelöst	feingeschichtet eingeregelt
	Tonkalkstein	6	10		graubraungrünlich	zerbrochene, zerdrückte Schalenbruchstücke	eingeregelt
	Kalkstein	5	25		hellgelb	komplette Steinkerne	homogen
	Kalkstein	4	120	toing, schluffig	hellgrau	wenige Biogene, tw. Schalenerhaltung, tw. Abdrücke	tw. eingeregelt
	toniger Sandstein	3	70		grau/hellgrau	-	Wechsellagerung, Tonstein: geschichtet; Sandstein: homogen
	Kalkstein	2	100	Ton/ FS	hellgelb	Muschelschalenreste, unterschiedlich häufig verteilt, tw. Schalen weggelöst	eingeregelt
1024 A	toniger Sandstein nicht aufgeschlossen	1	> 140 > 300		rotbraun/hellgelb	-	interne Schichtung
	Sandstein	15	> 150		hellgrau	im oberen Bereich Schalenbruchstücke, mit Aragonit, Wandstärke: 2 — 3 mm	Kreuz-/Schrägschichtung
	Sandstein	14	30	FK, MK	hellgelb	zerbrochene Schalenreste, tw. eingeregelt	homogen
	sandiger Tonstein	13	90		T: mittelgrau; S: gelblich	-	Kiesbänder, -einschlungen, leichte Schrägschichtung
	toniger Sandstein	12	50	alle Korngrößen	T: weiß; S: hellgrau	-	Wechsellagerung
	Feinsandstein	11	30		hellgelb	-	homogen
	Kalkstein	10	200	FS	hellgrau	-	homogen
	toniger Sandstein	9	160	schluffig	T: grau; S: gelb	-	Wechsellagerung
	Kalkstein	8	50		hellgrau, weißlich	kleine Schalenhohlräume (ca. 5 mm)	homogen
	Sandstein	7	130	tw. FK	hellgelb	eingeregelter Schill	homogen
	Kalkstein	6	40	GS, FK, MK	hellgelb	Schill bis 3 cm, Aragonitschicht erhalten, gröbere und feinere Schilllagen, Schneckenhäuser	Kiese eingeregelt, in Lagen stark verfestigt
	sandiger Kalkstein	5	200		gelb/violett	-	feingeschichtet, parallelgeschichtet
1024 A	Sandstein	4	16	Ton	gelb	Schilllage (1 cm mächtig)	homogen
	Kalkstein	3	7		hellgrau	wenige Muschelschalen, eingeregelt	eingeregelte Biogene, sonst homogen
	Kalkstein	2	20		hellgelb	eingeregelte Schalenbruchstücke im mm- Bereich	homogen

## Anhang 1

Aufschluß- nummer	Lithologie	Schicht- nummer	Mächtigkeit [cm]	Anteile	Farbe	Fossilführung	Schichtung
	Sandstein	1	> 60	FS	gelblich	-	Schräg-/Kreuzschichtung
1026 B	Kalkstein	8	> 90		hellgrau	Biogene, Abdrücke, Schalen tw. gelöst	homogen
	Biogenkalkstein	7	37	Ton	hellgelbgrau	Biogene, Abdrücke, Schalen tw. gelöst	Wechsellagerung
	Ton-/Kalkstein	6	4 — 6		graugrün	geschichtete Schalenbruchstücke	geschichtet
	Kalkstein	5	13		hellgrau	-	homogen
	Kalkstein	4	13	Ton	hellgrau	Muschelschalenreste	homogen
	Tonkalkstein	3	7		graugrün	im Topbereich Muschelreste	homogen
	Biogenkalkstein	2	30		hellgelb/braun	-	homogen
	Sandstein	1	> 10		hellgelb	-	homogen
1026 A	nicht aufgeschlossen		> 3000				
	Sandstein	7	15 — 60	GS, FK	hellgelbgrau	herausgewitterte Schalen, Schneckenhäuser, Hohlräume	homogen
	Sandstein	6	110		hellgelb	-	homogen
	Sandstein	5	90	GS, FK	hellgelb	im Topbereich: Schill	lagig
	Feinsandstein	4	11	Glimmer	dlkgrau	lagenweise Schalenbruchstücke	eingeregelt
	Feinsandstein	3	60	Hell/Dunkelglimmer	hellgrau	-	leicht geschichtet
	Feinsandstein	2	12		mittel/dklgrau	-	homogen
	Feinsandstein	1	> 10		hellgrau	-	geschichtet
1027	Sandstein	10	> 100	MS, GS	hellgelb	-	homogen
	Feinsandstein	9	80	Glimmer	hellgrau	-	geschichtet
	Sandstein	8	150	GS, FK	hellgelb	-	größere Komponenten in Lagen
	Sandstein	7	500		hellgelb	-	Wechsellagerung
1027	toniger Sandstein	6	10		hellgrau	dickschalige Muschelschalenreste, erhalten Aragonit	homogen
	Tonkalkstein	5	9 — 13		mittelgrau	+/- komplette Schalen, Abdrücke, Steinkerne	homogen
	Tonstein	4	25		dklgrau	eingeregelter Schill, unterschiedl. Häufigkeit	homogen
	Tonkalkstein	3	18		graugrün	Schill, nur in Lagen, nicht gerundete Kanten	homogen
	Tonstein	2	8		mittelgrau	-	Kreuzschichtung
	Tonkalkstein	1	> 160	FS	gelb	-	geschichtet, in der Mitte FS-Lage

## Anhang 1

Aufschluß- nummer	Lithologie	Schicht- nummer	Mächtigkeit [cm]	Anteile	Farbe	Fossilführung	Schichtung
1028	Feinsandstein	11	> 30 — 40		hellgrau	-	homogen
	Kalkstein	10	170		hellgelb	in Lagen fossilführend, Schneckenhäuser, Muschelschalenbruchstücke	homogen
	Biogenkalkstein	9	5		hellgelb	Steinkerne, zerdrückt, eingeregelt, kl. Ooide	homogen
	Tonstein	8	40		hellgrau	-	nach oben sandiger
	Kalkstein	7	60		hellgrau	Muschelschalen herausgelöst, Ooide, Schneckenhäuser	Top: stromatolithenartig, uneben
	Kalkstein	6	90		weiß, hellgrau	kleinere Muschelschalenbruchstücke, eingeregelt	Wechselagerung
	Kalkstein	5	5		hellgrau	einige wenige Muschelschalen	homogen
	Tonstein	4	5 — 6		hellgrau	sehr kleiner, zerbrochener Schill	homogen
	Biogenkalkstein	3	110	Ton	hellgrau	Steinkerne, Schalen gelöst, Verockerung, zweiklappig, tw. Komplet	homogen
	Biogenkalkstein	2	10		hellgrau	hauptsächl. Steinkerne, eingeregelt, Muschelschalenpflaster	homogen
1029	toniger Sandstein	1	> 90		mittelgrau/hellgrau	immer im oberen Bereich schillführend	Wechselagerung
	Sandstein	20	> 100		hellgrau	-	homogen, leichte Schichtung erkennbar
	Kalkstein	19	100		weiß, hellgrau	wenige Schalenreste, tw. gelöst	Wechselagerung
1029	Kalkstein	18	150	FS	hellgrau	ab Mitte: Schalenreste, zerdrückt, komplett, zum Top stärker zerstört	geschichtet
	toniger Sandstein	17	105		mittelgrau/ocker	Pflanzenhäcksel im Tonstein	Wechselagerung; Ton: kreuzgeschichtet
	Kalkstein	16	13		hellgrau	Stromatolith	wellig, lagig
	toniger Sandstein	15	80		dlkgrün/gelblich	Sand im oberen Bereich schillführend	Wechsel.; Ton: auskeilend
	Biogenkalkstein	14	8		hellgraugelb	Steinkerne, Schalen gelöst	eingeregelt
	Sandstein	13	20	MS, GS	hellgrau	-	homogen
	Tonkalkstein	12	5 — 10		dklbraun	-	homogen
	Sandstein	11	70	FS, GS	hellgrau	-	Kreuzschichtung

## Anhang 1

Aufschluß- nummer	Lithologie	Schicht- nummer	Mächtigkeit [cm]	Anteile	Farbe	Fossilführung	Schichtung
	Tonkalkstein	10	20 — 25		dklgrün	Schill	homogen
	Feinsandstein	9	20		hellgrau	herausgewitterte Muschelschalen, Schalenabdrücke	homogen
	Sandstein	8	17		hellgrau	tw. Schalenreste, tw. Hohlräume	fining upward
	Feinsandstein	7	20 — 25		hellgrau	-	kreuzgeschichtet
	Sandstein	6	20 — 40	Kies	hellgrau	-	Kieslagen
	Tonkalkstein	5	55 — 60	GS	mittelbraun	-	homogen
	Sandstein	4	80		hellgraubraun	-	GS-Band, schräg-, kreuzgeschichtet
	sandiger Tonstein	2	100		hellgrau/braun	-	Wechselagerung
	Sandstein	1	> 120	Schluff	hellgrau	-	geschichtet
1030	Sandstein	7	>200		hellgelb	-	kreuzgeschichtet, Kiesbänder, -lagen
	Biogenkalkstein	6	85		hellgraubraun	schillreich, Schalen tw. gelöst	eingeregelt
	Biogenkalkstein	5	9		hellgraubraun	viele Biogene, verbacken	porös
	Sandstein	4	12	FS, MS	gelb	-	geschichtet
	Tonkalkstein	3	10	Sand	gelb	Schalenreste, tw. gelöst	Sandband (0,5 — 1 cm)
1030	Tonstein	2	7		gelbbraun	+/- eingeregelt Schalen	
	Tonstein	1	> 100		hellgrau	Schalenreste, tw. verockerte Schalenabdrücke	Schalen in Lagen
1033	Stromatholithenkalk	14	> 30		hellgrau	-	wellig, lagig
	Sandstein	13	> 250 — 300	FS	hellgraugelb	-	lagig, bankig
	Biogenkalkstein	12	50		hellgrau	Schalenabdrücke, Steinkerne	eingeregelt
	Biogenkalkstein	11	55	Ton, Schluff	hellgrau, weiß	in Lagen biogenführend	ungeschichtet
	Tonkalkstein	10	80		hellgrau, weiß	in Lagen Muschelschalenbruchstücke	ockerfarbende Bänder
	Tonstein	9	60	FS	dklgrau	-	homogen

Anhang 1

Aufschluß- nummer	Lithologie	Schicht- nummer	Mächtigkeit [cm]	Anteile	Farbe	Fossilführung	Schichtung
	Kalkstein	8	20		hellgrau	-	wellige Oberfläche, stromatolithisch
	Biogenkalkstein	7	75	Sand, Ton, Schluff	hellgelb, verockert	Schalenbruchstücke	fossilfreie Tonlagen
	Tonstein	6	40	FS	hellgrau	-	geschichtet, laminiert
	Sandstein	5	330	FS, MS	hellgelbgrau	in einzelnen Lagen schillführend	Tonlagen, channels
	Tonstein	4	30		grüngrau	-	tw. Kreuzschichtung
	Sandstein	3	65	Ton	hellgelb	Schill, GS-Lagen enthalten mehr Schill	homogen
	Kalkstein	2	35	Ton, Schluff	hellgelb	Schalenreste, tw. Zweiklappig	geschichtet, fossilführend nur in Lagen
	Tonkalkstein	1	> 90	Schluff	hellgrau	unteres 2/3 schillführend	horizontalgeschichtet
1035	Biogenkalkstein	16	> 25		hellgrau	Steinkerne: Schnecken, Muscheln	homogen
	Sandstein	15	7	FS	hellgelb	-	homogen
	Sandstein	14	60	Ton	hellgrau	-	homogen
	Kalkstein	13	95	GS, MS	hellgrau	-	homogen
1035	Biogenkalkstein	12	30	FS	hellgrau	Steinkerne, eingeregelt, komplett	homogen
	Biogenkalkstein	11	40		hellgrau	Steinkerne	homogen
	Biogenkalkstein	10	25		hellgrau	Steinkerne, verockert	homogen
	Tonkalkstein	9	45		hellgrau, weiß	-	geschichtet
	Karbonat	8	50	FS, MS, FK, GK	hell, weiß	unten Steinkerne	homogen
	Sandstein	7	10	MS	ockergelb	-	homogen
	Tonschluffstein	6	60	Kalkkomponenten	graugrün	-	homogen
	Stromatolith	5	15		hellgraugelb	-	homogen

## Anhang 1

Aufschluß- nummer	Lithologie	Schicht- nummer	Mächtigkeit [cm]	Anteile	Farbe	Fossilführung	Schichtung
	sandiger Biogenkalkstein	4	80		hellgelb	Schalenreste	oben feinlam. Sandstein und Schill eingeregelt
	Ton-/Sandstein-WL	3	110		grau-/ockergelb	-	Wechsellagerung
	Sandstein	2	45		hellgraugelb	Schalen, Steinkerne +/- komplett, zerdrückt	lagenweise toniger, karbonatischer Tonlagen (cm)
	Sandstein	1	>150	Kies	hellgraugelb	Abdrücke, Steinkerne	
1036 A	Biogenkalkstein	3	10	Schluff, FS	hellgraugelb	Muschelabdrücke, Steinkerne	keine
	Tonstein	2	20		hellgelb	-	keine
	Schluffstein	1	120	Ton	weiß	wenige Muschelschalen	keine
	nicht aufgeschlossen		10 — 20				
1036 B	Sandstein	8	240	Ooide, GS-FK-Lagen	hellgraugelb	wenige Muschelschalen	Lagen von GS/FK-Komponenten, verschiedene Kompetenzen
	Kalkstein	7	12	Sand	hellgrau	wenige Muschelschalen, zweiklappig	-
	Sandstein	6	83	FS, MS	hellgelbgrau	-	-
	Tonstein	5	55	Schluff	weißgelblich	eingeregelt Muschelabdrücke, Schalen gelöst	-
	Tonstein	4	12	Schluff, FS	sehr helles braun, gräulich	Muschelabdrücke, geplättet, dünne Lagen von eingeregelten Steinkernen	horizontal, fein laminiert
	Tonstein	3	35	Schluff	hellgrau, bräunlich, rötlich, gelblich	vereinzelte Muschelabdrücke	horizontal, fein laminiert, unterschiedliche Farben der Lagen
1036 B	Tonstein	2	40	Schluff, FS	hellgelb-weiß	Muschelabdrücke	horizontal
	Biogenkalkstein	1	>5	Ooide	hellgrau	Muschelsteinkerne, eingeregelt	keine
1037	karbon. Sandstein		>50		hellgelb	-	homogen
	Biogenkalkstein	8	130		hellgraubraun	Steinkerne, herausgewitterte Schalen, Schneckenschalen	oben sandiger, Biogene eingeregelt
	Sandstein	7	10	FS, MS, Schill	gelb, rötlich	Schill	homogen
	Tonstein	6	2 — 3		weiß, hellgrau	-	leichte Schichtung, sonst homogen
	Tonkalkstein	5	60		hellgrau	eingeregelt Schalen	geschichtet
	Biogenlage	4	55		hellgrau	Steinkerne, Schalen	homogen
	Sandstein	3	7	FS	hellgelb	wenig Schill	homogen
	Schilllage	2	18		hellgelbgrau	Schalenabdrücke, -reste	homogen
	Tonstein	1	> 80	Schill	hellgrau	-	geschichtet
1038	Sandstein	3	> 750	Kies	rötlich	-	bis 2m mächt. schräggeschichtete Partien, feiner/gröber; Kiesbänder
	Sandstein	2	350	FK, GK	rötlich	-	FK/GK-Lagen (10cm)

## Anhang 1

<b>Aufschluß- nummer</b>	<b>Lithologie</b>	<b>Schicht- nummer</b>	<b>Mächtigkeit [cm]</b>	<b>Anteile</b>	<b>Farbe</b>	<b>Fossilführung</b>	<b>Schichtung</b>
	Sandstein	1	> 250	Kies, Steine	rötlich	-	Bereiche mit MK-Nestern u. groben Nestern; leicht horizontal
1040	Basalt	1	> 500		dunkelgrau, schwarz	-	homogen, dicht

Leerseite

Anhang 1

Aufschluß- nummer	Verfestigung	Karbonat	Einfallen	Merkmale	GPS-Daten	Höhe [müNN]
1009 K	verfestigt, massig, porös	+		porös	4423650 35S 0436787	
	mäßig verfestigt			großes Korngrößenspektrum (bis Kies)		
	unverfestigt fest, trocken					
1009 J	mäßig verfestigt brüchig, stückig	+ +		weiße, 4 — 5 cm große Kalkaggregate knollig eingeschaltet		
1009 I	plattig, feingeklüftet, hart mäßig verfestigt	+		Konkretionen deutlich nach W mächtiger werdend, Größe bis 50 cm Länge, stark verfestigt zum Top toniger werdend, fining upward		
1009 H	unverfestigt	+			4423801 35S 0436853	42
	locker, körnig, unverfestigt	+		kleine weiße Kalkaggr., regellos		
	bröselig, trocken, unverfestigt	+		ocker/mittelgraue Färbung wechselt		
1009 G	schwach verfestigt	+		kleine weiße Kalkaggreg., regellos verteilt		
	mäßig verfestigt	+		Schalenbruchstücke zu einer Art gehörend, sehr artenarm		
	mäßig verfestigt			cm-mächtige Feinsand- und Tonlagen		
	feinplattig, schwach verfestigt					
	hart, splittig, senkrechte Risse, stark verfestigt	+		im unteren Teil Dentriten sichtbar	4423789 0436848	35S 38
	schwach verfestigt	+		deutliche Lagen sichtbar; unteren 12 cm: ocker; obere 25 cm: hellgrau; nach oben fester (kompetenter) werdend		
	schwach verfestigt unverfestigt	+				
	mäßig verfestigt	+		Schalen stark angelöst, porös; fining upward		
1009 F	mäßig verfestigt	+		unterschiedliche Färbung im Profil (hellgelb bis ocker/braun)	4423801 35S 0436846	36
	mäßig verfestigt	+		helle Kalkmineralisationen (Nester) im oberen Teil angehäuft		
	schwach verfestigt stark verfestigt	+ +				
1009 E	hart, fein geklüftet, schwach verfestigt	+		lateral uneben ausgebildet	4423778 35S 0436783	38
1009 E	Top: stärker verfestigt, stärker geklüftet	+		ockerfärbende Bänder eingeschaltet, lateral nicht durchgängig		
	unverfestigt, locker	-	200/30, 60/10, 35/18, 280/25	von dünnen karbonatischen Gängen durchzogen -> unregelmäßig, durchschneiden Schrägschicht., sehr große Konkretionen (bis 2 m Länge)	4423772 35S 0436793	36
1009 D	schwach verfestigt, Konkretionen	+	Uk: 358/2; Ok: 12/6	bemoost, zum Aufnahmezeitpunkt trocken, Wasserstellen davor, ehemaliger Brunnen, stark angewittert, markante Konkretionen	4422620 35S 0436803	34

Anhang 1

Aufschluß- nummer	Verfestigung	Karbonat	Einfällen	Merkmale	GPS-Daten	Höhe [müNN]
	verfestigt	+	Uk: 350/12; 348/10; 349/10 Ok: 347/2; 329/2			
	schwach	+	Ok: Streichen 292/10; 275/10; 305/5	vereinzelte Kalkkonkretionen enthalten		
	verfestigt, dicht, hart	+	nach W	andere Fossilführung als A, B, C, vereinzelte Calcite		
	schwach, weich, durchfeuchtet	+		Ton knetbar, wasserführende Schicht, tw. bemoost, (Töpferton ?)		
1009 B	verfestigt	+		oberer Bereich verdeckt		
	schwach	+				
	mäßig	+		unteren 7 — 8 cm: Biogenlage, wenig Bruchstücke; oberen 12-13 cm: viel Schill; Top: Ton-Schluff-Lage		
	schwach verfestigt, bröselig	-				
	verfestigt	+		geringe Artenvielfalt, wenige Schalenbruchstücke		
	verfestigt	+				
	sehr locker	+				
	unverfestigt, in Lagen stark verfestigt	+		Bereiche mit wenigen, kleineren Bruchstücken, Lagen mit mehr und größeren Schalenresten eingeschaltet		
	verfestigt	+		rundliche Aggregate (Ooide?)		
	schwach, bröselig	+		Körner mit rotbraunem Überzug (Fe-Oxid)		
1009 C	verfestigt, an Schwächezonen brechbar	+				
	mäßig	+				
	schwach verfestigt	+				
	mäßig	+		gleich Schicht 1 bei Profil 1009 B		
	mäßig	+		Ton-Sand-Wechselagerung (0,5 — 1 cm mächtig)		
	mäßig	+				
	schlecht verfestigt	+		fining upward, unterer Teil durch Schutt verdeckt		
1009 A	schwach verfestigt, bröselig	+		unten höherer Matrixanteil -> matrixgestützt, oben höherer Bruchstückanteil -> komponentengestützt	4423826 35 S 0436774	29
1009 A	schwach, intern kompetentere Knollen			bankig, massig, Mächtigkeit schwankt stark, kompetentere Knollen		
	mäßig	+		Brauntöne ändern sich lateral		
	verfestigt	+(Matrix)		Schalen vollständig, tw. zerdrückt, sehr artenarm, tw. Schalen weggelöst -> Steinkerne		
	mäßig	+		unterer Bereich von Schutt überrollt		
1019	kompetent, hart, Geländekante	+		markant, bildet Geländekante aus, Stromatolith	4424251 35S 0439948	56
	stückig, bröckelig, mäßig verfestigt	+		Topbereich: in hellgrauen Tonstein übergehend		
	kompetent	+		-> sehr markant, Algenlagen, Stromatolith		
	schwach verfestigt, locker, körnig	-		Top: Verockerung, Schichtungen erkennbar		

Anhang 1

Aufschluß- nummer	Verfestigung	Karbonat	Einfällen	Merkmale	GPS-Daten	Höhe [müNN]
	hart, kompetent, Geländekante	+		an der Basis: der Tonstein (112) aufgearbeitet von dieser Schicht		
	schwach verfestigt, locker, körnig schwach verfestigt	-		am Top: aufgearbeitet, mit Schicht 113 vermischt Basis: nach oben gröber bis FK; Mitte: homogen, Parallelschicht.; Top: bis FK, oben gröber bis reiner MS/GS ohne Matrix		
	mäßig verfestigt	-				
	locker, körnig, schwach verfestigt	-				
	mäßig verfestigt	T: - S:+		Ton evt. als Bodenbildungen, Tonlagen nach oben mächtiger		
	kompetent, hart			helle Tonlage (2 cm) zum Top mächtiger		
	plattig, bröselig, mäßig verfestigt	-				
	tw. porös, mäßig verfestigt	+		große sichtbare Porosität		
	plattig, mäßig verfestigt					
	über slumpings kompetenter, sonst mäßig verfestigt	+		über slumpings festere, knolligere Ausbildung, sonst eher plattig ausgebildet		
	plattig, bröselig, mäßig verfestigt	-		stark schwankende Mächtigkeit		
	mäßig verfestigt	-		oben toniger, ockergefärbt; Komponenten regellos, slumpings, load casts		
	stark verfestigt	+		channel-Bildungen, keine Schichtung in der Rinne, Komponenten: Sedimentite, Quarze, Basalte	4423965	
	mäßig verfestigt			aufgearbeitet, Tonbrocken, matrixgestützt, mehr Sandstein (100) eingearbeitet	35S 0439841	
	kompetent, stark verfestigt		Unterkante: 295/05; 302/05			
	trocken,mäßig verfestigt, geklüftet (Ton)			MS-Lage unterschiedlich mächtig, im mittleren Bereich Schicht "verrutscht"		
	locker, körnig			alle Korngrößen vorhanden, fining upward		
	plattig, geklüftet, schwach verfestigt					
	mäßig verfestigt	-				
	brüchig, plattig, geklüftet	-				
	mäßig verfestigt					
	schwach verfestigt, plattig, geklüftet			von dünnem Sandlagen (-adern) durchzogen		
	mäßig verfestigt			coarsening upward erkennbar		
1019	schwach verfestigt, plattig, geklüftet	+/-		Schichten 97 bis 89 —> Wechsellagerung		
	fest, geklüftet	-		leicht feucht, erdiger Geruch		
	Basis: kompetent, Top: schwächer verfestigt	+		in dünnen Lagen stärker verwittert, sandig = kompetent, Oberfläche wellig		
	inkompetente/ kompetente Lagen			kompetente Lage (sandiger) als Geländekante hervorstehend		
	stark verfestigt, kompetent, hart	+		Schneckenhäuser tw. rekristallisiert, Top: dünne rekristallisierte, karbonatische Äderchen (mm-Bereich), Top: weniger Komponenten		
	schwach verfestigt, körnig			eingeschnitten in die Schichten 83, 82, 81, tw. leicht abgesenkt, unten ocker, oben hell		
	kompetent, stark verfestigt	+				
	inkompetente/ kompetente Lagen			Wechsellagerung, unterschiedliche Kompetenzen in Lagen		
	kompetent, massiv	+		geschichtete FS-Lage an der Basis		
	inkompetent	+				
	inkompetent	+		grünlich, bräunliche Partien		
	schwach verfestigt	+				

## Anhang 1

Aufschluß- nummer	Verfestigung	Karbonat	Einfällen	Merkmale	GPS-Daten	Höhe [müNN]
	komp., massiv, splitterig, Geländestufe bildend	+		in Lagen wellig, knotig, einzeln hervorstehende Nasen bildend, Wechsel zwischen biogenarmen und -reichen Schichten		
	schwach verfestigt					
	massig, kompetent	+		markante wellige Unterkante		
	inkompetent	+		Schill in Lagen eingeregelt		
	in Lagen kompetenter	+		Wechsel in der Verfestigung innerhalb der Schicht		
	inkompetent	+				
	stark verfestigt	+		wellige Oberfläche		
	schwach verfestigt	+		Biogenreste in Lagen, diagenetisch zerdückt		
	inkompetente/ kompetente Lagen	+		dünnes gelbes Band (mm-Bereich)		
	mäßig verfestigt	-		zum Top mehr Schalenreste		
	mäßig verfestigt			Wechselagerung im cm-Bereich		
	mäßig verfestigt	+				
	kompetent mit inkompetenten Zwischenlage	+		ganze Schicht besteht nur aus Steinkernen, Matrix nicht erkennbar		
	schwach verfestigt	+		Anteil der Fossilführung wechselt		
	stark verfestigt	+	Unterkante: 260/10; 272/10			
	schwach verfestigt	-		Schrägschichtung, Veränderung der Korngrößen, vereinzelt fining upard erkennbar		
	mäßig verfestigt	+		im Sandstein Schalenbruchstücke enthalten		
	mäßig verfestigt			load casts sichtbar, FS/MS/GS-Bänder (bis 10 cm mächtig)		
1019	mäßig verfestigt	+		gesamte Schicht laminiert (Ton-/Sandwechsel)		
	mäßig verfestigt	+		Schicht laminiert		
	brüchig, stückig, mäßig verfestigt					
	mäßig verfestigt	+				
	splittrig, hart, kompetent					
	kompetent, stark verfestigt	+		load casts-Bildung, senkt sich in untere Schicht (53) ab		
	feinstückig, mäßig verfestigt	+		stark schwankende Mächtigkeit		
	mäßig verfestigt	+		load casts-Bildung, deutlich in die untere Schicht eingesunken		
	klüftig, bröckelig, mäßig verfestigt	+		im Topbereich: kleine Kalkkomponenten		
	mäßig verfestigt			grünlich, bräunlicher Übergang in der Schicht		
	mäßig verfestigt	+		Calcit		
	mäßig verfestigt	+				
	mäßig verfestigt	+		schäumt wenig, zögend, kleine weiße Kalkmineralisationen dispers verteilt		
	plattig, geklüftet, mäßig verfestigt	+				
	kompetent	+		Basis deutlich mehr Schalenbruchstücke		
	inkompetent	+				
	kompetent	+		Oberfläche wellig, uneben		

Anhang 1

Aufschluß- nummer	Verfestigung	Karbonat	Einfallen	Merkmale	GPS-Daten	Höhe [müNN]
	tw. stark geklüftet, sonst kompetent	+		salzig schmeckend, zum Top geringerer Salzgehalt, einzelne verhärtete Lagen		
	verfestigt, Geländekante ausbildend		Einfallen: 290/00; 246/05; 264/03	Wechselagerung von kompetenten hellen Tonlagen und zerklüfteten dunkelgrauen Tonsteinen		
	mäßig verfestigt	+		Basis: verockert, Gipshäutchen deutlich sichtbar zwischen einzelnen Lagen		
	mäßig verfestigt					
	geklüftet, blockig, mäßig verfestigt			bis zu 10 cm breite Klüfte		
	geklüftet, blockig, mäßig verfestigt			Gipshäutchen		
	stark geklüftet, mäßig verfestigt	+				
	mäßig verfestigt	+		obersten 3 — 5 cm ockergefärbt, stärker verfestigt		
	geklüftet, Top: stärker verfestigt			Kluffflächen verockert		
		+				
	mäßig verfestigt	+		Schalenbruchstücke in Lagen angereichert		
	schwach verfestigt, körnig	+				
	locker, körnig, schwach verfestigt					
	sehr bröckelig, mäßig verfestigt	+		zwischen den Tonlagen mm-mächtige Ton-Gips-Lagen gelagert		
	schwach verfestigt			gräbt sich ein, abgesenkt, bildet Störungen aus, verfüllt, +/- horizontal		
	feinplattig, trocken					
1019	kompetent, bildet deutlichen Geländevorsprung aus	+	Einfallen: 238/01; 299/10; 260/05	fossilreiche Lage verhärtet		
	gering verfestigt	+				
	verfestigt, Geländekante	+		an der Oberseite Fossilpflaster		
	mäßig verfestigt	+		unterschiedliche Korngrößen, fining upward		
	mäßig verfestigt	+				
	mäßig verfestigt					
	sehr locker, schwach verfestigt	+				
	plattig, brüchig, mäßig verfestigt	+		an der Bruchkante Calcit		
	verfestigt, stark geklüftet	+				
	schwach verfestigt	-		Wechselagerung		
	sehr locker, schwach verfestigt	+		in Lagen erhöhten Sand-, Tonanteil		
	schwach verfestigt			slumping-Bildungen, Mächtigkeit schwankt		
	schwach verfestigt			starke Schwankungen der Mächtigkeit		
	mäßig verfestigt			slumping-Bildungen		
	mäßig verfestigt	+				
	mäßig verfestigt	+		channel-Bildungen, sehr unterschiedliche Mächtigkeit, Steinkernlage		
	mäßig verfestigt			fining upward		
	mäßig verfestigt		Einfallen: 238/05; 272/05; 252/02			
	mäßig verfestigt	+				
	blockig, verfestigt	+				

Anhang 1

Aufschluß- nummer	Verfestigung	Karbonat	Einfallen	Merkmale	GPS-Daten	Höhe [müNN]
	blockig, mäßig verfestigt	+				
1020	kompetent, stark geklüftet	+		Algenmatten, platzt schalig ab, stark verwittet, porös	4423339 35S 0439619	121
	klüftig, hart, mäßig verfestigt	+		dispers verteilt kleine weiße Kalkmineralisationen		
1021	locker, körnig, schwach verfestigt, Lagen verhärtet	+		Ton schäumt nur auf Schichtflächen, einzelne Abschnitte härter und karbonatischer, viele Windkanter	4421915 35S 0439742	101
	locker, körnig, einzelne Lagen härter	+		großes Korngrößenspektrum, Windkanter		
	kompetent, bildet Geländekante	+		läuft mit 8/1021 südlich zusammen, bildet eine Schicht		
	schwach, locker, körnig	+		nach S in stückigen, homogenen Tonstein übergehend, auslaufend		
		+		beginnende Bodenbildung		
	schwach verfestigt, Lagen kompetenter	+		unregelmäßiger Wechsel von Ton und Kalkstein, Tonstein schäumt auf Klufflächen		
1021	kompetent, hart	+		wolkige, ungleichmäßige Färbung, einzelne Partien: als homogener Tonstein ausgebildet		
	feingeklüftet, Kluftabstand 0,5 — 1 cm, kompetent	+		stark durchwurzelt, karbonatische Kluftfüllungen		
	porös, stark verfestigt	+		Algenmatten? Wechsellagerung mehrerer Kalkschichten, stark verwittert		
	bröselig, feingeklüftet, mäßig verfestigt	+				
	kompetent, hart, Geländekante	+		stark verwittert		
	feinklüftig, schwach verfestigt	+		graugüne Einschaltungen, Verwitterungserscheinungen		
1022	bröckelig, stark verfestigt	+		Oolith, sehr porös	4423705 35S 0439972	110
	schwach verfestigt, klüftig					
1023 H	kompetent, splittiger Bruch, bildet größeren Geländevorsprung	+	Einfallen Oberkante: 151/05; 142/03; Unterkante: 55/05; 245/02; 55/12; 295/03; 204/10	Übergang zu 23/1023 H blättrig, plattig, mögliche slumping-Struktur	4423965 35S 0439856 ?	
	schwach verfestigt, locker	+/-		Ton leicht karbonatisch, Tonlagen werden nach oben geringmächtiger		
	kompetent, Geländekante, senkr. Klüfte (8 — 10 cm Abstand)	+	Einfallen Oberkante: 78/05; 260/04; Unterkante: 338/05; 303/04; 150/10	möglich: zwei unterschiedl. Ablagerungen ineinander verzahnt, load casts		
	Sand: schwach verfestigt; Ton: geklüftet	T: +; S: -		Schichten schneiden sich gegenseitig, Tonsteinlagen mit Schill		

Anhang 1

Aufschluß- nummer	Verfestigung	Karbonat	Einfallen	Merkmale	GPS-Daten	Höhe [müNN]
1023 H	kompetent, splittrig, Geländekante bildend	+	Einfallen Oberkante: 235/05; 135/04; 220/03; Unterseite: 218/05; 208/10; 222/05; 212/00; 315/10;	Unter- und Oberkante leicht wellig		
	stark geklüftet, stark verfestigt	S: +; T: +/-		Ton schäumt auf Klüften, zum Top toniger, tw. Ton von oben in Sand eingesunken		
	schwach verfestigt, locker kompetent	- +		wellige Oberfläche, coarsening upward		
	inkompetent kompetent, Geländekante ausbildend	+ +		Schalenbruchstücke gerundet, wellige Oberfläche		
	inkompetent stark verfestigt splittrig, Geländekante bildend	+ +				
	in Lagen kompetent, sonst mäßig verfestigt	+	Einfallen Unterseite: 255/05; 240/10; 250/15			
	stärker verfestigt als 10/1023 H	+				
	sehr schwach verfestigt mäßig verfestigt.	- +		Gipskristalle in Hohlräumen markante Klüfte, rundliche Außenkanten		
	kompetent, Terasse bildend inkompetent	+ +	Kluftflächen: (planar) 336/85; 008/70			
	kompetent, bildet Vorsprung mäßig verfestigt inkompetent stark geklüftet, mäßig verfestigt Tonstein: schwach verfestigt, stark geklüftet, Sandstein: stärker verfestigt mäßig verfestigt	+ + + - +		Top und Basis weniger kompetent, plattig abplatzend an der Basis Ockerfärbung, Gipshäutchen zwischen den Schichten, gr. Gipskristalle an der Außenseite		
1023 G	mäßig verfestigt	+	Einfallen: 208/05	dünne Störungen ziehen durch Schicht, tw. keilen Schichten aus, Ton: Gipshäutchen und rote Sandlagen eingeschaltet		
	massiv, kompetent stark geklüftet, stark verfestigt	+ +		wenige, breite Klüfte durchziehen die Schicht		
	schwach verfestigt, locker stark geklüftet, inkompetent, Mitte: stärker verfestigt kompetent	- + +		ocker gefärbte Tonlage Gipskrusten auf Kluftflächen, schäumt zögernd		

## Anhang 1

Aufschluß- nummer	Verfestigung	Karbonat	Einfallen	Merkmale	GPS-Daten	Höhe [müNN]
	mäßig verfestigt	+		dunklerer Schluff schäumt mit HCl mit Verzögerung		
	mäßig verfestigt	+		Tonsteinlagen mächtiger als Sandstein, zum Top alle Lagen fossilreicher schäumt mit HCl langsam, als Pulver schneller reagierend Schilllage eingeschaltet, Gips an den Tonlagen		
	mäßig verfestigt	+				
	mäßig verfestigt	-				
1023 A	komp. Geländekante bildend	+	Einfallen: 260/15; 275/15; 280/05; Uk: 130/10; 140/10; 158/05; 190/05; 330/10; 130/05; 225/03	wellig, knollige Oberfläche	4423868 35S 0439895	102
	kompetent , Tonstein schwach verfestigt	+	Einfallen: 262/10; 285/15; 310/00	mächtigere Kalkbänke, dünne Tonsteinlagen		
	mäßig verfestigt	+		Oberseite wellig von Schalenpflaster rundliche Hohlräume von weggelösten Biogene		
	mäßig verfestigt	+	Einfallen: 210/00			
	kompetent	+		Top: schluffiger werdend, eingeregelt Schalenreste Muschelpflaster		
	mäßig verfestigt	+				
	horizontal geklüftet, mäßig verfestigt	+	Einfallen: 210/10; 275/00			
	unverfestigt, locker	+		von gelb gefärbten Bändern durchzogen		
1023 F	kompetent, bildet deutliche Terasse aus	+				
	inkompetent	+		30 — 40 cm im Topbereich: schalenreich, einige Lagen komplett fossilfrei		
	mäßig verfestigt grob, körnig, mäßig verfestigt	+		Tonschicht wellig, uneben; Sandschicht mit vielen Schalen		
1023 E	schwach verfestigt, locker	+		sehr inhomogen		
	kompetent, bildet Geländekante aus verfestigt, kaum geklüftet mäßig verfestigt, fein geklüftet	+		schäumt wenig, an der Basis Karbonatanreicherung		
		+				
		+				
1023 D	kompetent, bildet Geländekante	+	Einfallen Oberkante: bildet Terrassen aus, Unter- und Oberkante sehr wellig, uneben 225/07;325/05;310/0 0 Einfallen Unterkante: 005/05; 230/04; 190/05			
1023 C	inkompetent, bröckelig locker, körnig, schwach verfestigt	+				

## Anhang 1

Aufschluß- nummer	Verfestigung	Karbonat	Einfallen	Merkmale	GPS-Daten	Höhe [müNN]
1023 B	inkompetent	+		Schalenbruchstücke teilweise angelöst, meist gerundet	4424156 35S 0439976	49
1024 B	schwach verfestigt, Klüfte versinterte Kruste, sehr hart, splittrig, kompetent	+	Einfallen Unterkante: 310/00; 255/03; 305/11, 295/05; 290/05	versinterte Kruste (cm breit), Schalen weggelöst		70
	inkompetent	+				
	mäßig verfestigt	+				
	mäßig verfestigt	+	Kluftfläche: 285/85, 282/80, 290/90; 289/87; 287/90; 285/80 (planar)			
	mäßig verfestigt	-		karbonatische Kluftfüllung, kleinere Tonfetzen im Sandstein; Tonstein wirkt aufgearbeitet		
	kompetent, Vorsprung ausbildend	+	Einfallen Unterkante: 220/05; 230/10; 208/03; 202/00			
	mäßig verfestigt	T: +/-; S:-		Gipsausscheidungen, Ton wirkt im Topbereich aufgearbeitet		
1024 A	mäßig verfestigt	+		Schalen tw. angelöst, porös; je größer die Komponenten, desto besser gerundet	4424370 35S 0440082	50
	kompetent	+		mittlerer Tonstein unten wellig, Sandstein oben gelblich		
	Tonstein: plattig, schwach verfestigt; Sandstein stärker verfestigt	+		Wechselagerung im cm-Bereich		
	locker, schwach verfestigt	+		Schicht keilt seitlich aus		
	mäßig verfestigt	+		schlecht aufgeschlossen, Tonstein mit deutlichem Schluffanteil		
	wenig verfestigt	+		porös		
	locker, schwach verfestigt	+		an der Oberfläche herausgewitterte Hohlräume, dadurch wellige Oberfläche		
	inkompetent	+	Einfallen : 195/02; 125/10; 180/00; 250/02; 255/02; 275/03			
	stark verfestigt, Geländekante bildend	+	Einfallen Oberkante: 205/10; 220/03; 220/05	zahlreiche Schneckenhäuser, diese Schichten stark verfestigt, dünne Tonlage in der Mitte		
	unterschiedliche Verfestigung, mehrere stärker verfestigte Schichten	+	Einfallen: 291/00; 285/01; 250/01; 140/05, 325/01; 35/03; 240/00	tw. rötliche FS-Lagen, Karbonatschichten keilen tw. aus, sind stark verfestigt		
	Sandstein locker, schwach verfestigt; Kalkstein: kompetenter, Vorsprung ausbildend	+				
1024 A	locker, schwach verfestigt	+				
	kompetent	+				
	schwach geklüftet, mäßig verfestigt	+		obere 3 — 5 cm grünlich gefärbt		

Anhang 1

Aufschluß- nummer	Verfestigung	Karbonat	Einfallen	Merkmale	GPS-Daten	Höhe [müNN]
	inkompetent	+		einige Schichten eisenrot, dünn, kompetenter		
1026 B	mäßig verfestigt			einspricht: 1023 A 7		
	mäßig verfestigt	+		einspricht: 1023 A 6		80-85
	mäßig verfestigt	+	Einfallen Unterkante: 10/01; 18/03; 192/03; 225/02	einspricht: 1023 A 5		
	mäßig verfestigt	+	Einfallen: 65/10; 255/05; 230/10; 220/00; 32/05	einspricht: 1023 A 4		
	mäßig verfestigt	+		einspricht: 1023 A 3		
	mäßig verfestigt	+		einspricht: 1023 A 2		
	schlecht aufgeschlossen			einspricht: 1023 A 1		
1026 A	kompetent Vorsprung ausbildend	+	Einfallen: 260/01; 278/02; 270/10; 288/05; 264/10; 300/00	unterschiedl. Mächtigkeit, Hohlräume -> Markerhorizont; Hohlräume tw. mit Kristallen gefüllt	4424127 35S 0440929	47
	mäßig verfestigt			unregelmäßig einzelne Lagen verhärtet		
	kompetent, Vorsprung ausbildend; einzelne schwächer verfestigte Lagen	+		wellige Oberfläche, Terasse bildend, größere Hohlräume entstanden		
	kompetent, bildet Vorsprung aus	+	Einfallen Oberkante: 118/05; 115/05; 190/12; Unterkante: 134/05; 90/05; 145/00; 156/05			
	inkompetent	-		feucht, bemoost, wasserführend		
	stark verfestigt, bildet Vorsprung aus	-		trocken		
	locker, schwach verfestigt	-		feucht, bemoost, wasserführend		
1027	stark verfestigt	+			4424350 35S 0440523	57/58
	inkompetent	+				
	kompetent	+				
	Wechsel: stärker und schwächer verfestigten Lagen			schlecht aufgeschlossen		
	mäßig verfestigt	+				
1027	kompetent	+		Schichten 1027 1-5 bilden runden Trog, channel		
	inkompetent	-		obere 5 cm schillreich, sonst eher schillarm		
	kompetent	+		Mitte ohne Schill		
	mäßig verfestigt	-				
	schwach verfestigt	+				

## Anhang 1

Aufschluß- nummer	Verfestigung	Karbonat	Einfallen	Merkmale	GPS-Daten	Höhe [müNN]
1028	kompetent			wellige unebene Oberfläche	4423833 35S 0439311	67
	Wechsel zwischen schwach und stärker verfestigten Lagen	+	Einfallen Oberkante; komp. Lage: 233/02; 275/03; 298/02; 311/04; 282/08; 292/10; 288/04	Wechselagerung aus inkompetenten, sandigen Lagen mit kompetenten, fossilführenden Lagen		
	mäßig verfestigt	+		ooidführend		
	inkompetent	-		Gipsausblühungen, stark ausgewaschene Schicht		
	kompetent	+		Top: stromatolithenartige Strukturen, sehr markant		
	Wechsel zwischen schwach und stärker verfestigten Lagen	+	Einfallen Oberkante: 189/03; 342/05; 294/02; 243/00; 267/02; 331/05; 228/02; 035/02; 354/03; 347/02; 290/02; 255/05			
	stark zerklüftet, mäßig verfestigt	+		bemoost, stark verwittert		
	schwach verfestigt					
	stark verfestigt	+		Top: dicht gedrängte Schalen, zerbrochen, nicht eingeregelt, in Lebendstellung eingebettet		
	kaum geklüftet, mäßig verfestigt	+	Eionfallen Oberkante: 145/05; 292/05; 287/03; 120/07; 355/02; 327/01; 003/00; 345/01; 315/00; 135/00			
	inkompetent	S:+ ;T: -		eher Sandstein mit Tonbändern		
1029	stark verfestigt				4424103 35S 0439001	55
	Wechsel zwischen schwach und stärker verfestigten Lagen	+		dünnen Lagen ooidführend		
1029	kompetent	+				
	inkompetent	S: +/-; T: -		Tonlagen mit Pflanzenhäcksel		
	komp., bildet Vorsprung aus	+		Stromatolith		
	inkompetent	+		Ton schäumt nur zögernd		
	komp., bildet Vorsprung aus	+				
	inkompetent	-				
	inkompetent	+				
	inkompetent	-				

## Anhang 1

Aufschluß- nummer	Verfestigung	Karbonat	Einfallen	Merkmale	GPS-Daten	Höhe [müNN]
	komp., bildet Vorsprung aus	+	Kluftflächen: 130/75; 135/90; 130/85; 115/80; 115/90; 122/90; 212/75; 220/90; 220/85; 215/90; 222/90; 221/85; 219/87; 227/80; 37/87 Einfallen Unterkante: 130/05; 302/07; 90/00; 270/07; 255/03; 250/03; 275/01; 211/03; 22/01; 180/00; 218/05	lateral starke Schwankungen der Mächtigkeit		
	inkompetent	+/-				
	kompetent	+		Unterseite wellig, am Top häufiger Schill		
	mäßig verfestigt	+				
	kompetent	-		im Topbereich verockert, Aufarbeitung des Tonsteins 1029/5		
	mäßig verfestigt	+	Kluftflächen: 182/80; 190/80 111/82; 90/85	Calcit		
	inkomp., stark geklüftet	-				
	komp., trocken	T:-; S:+		Tonstein: Calcit		
	inkomp.	+		schäumt mit HCL angeritzt besser, dolomitisch		
1030	inkopetent			tw. verhärtet	4424039 35 S 0438549	58
	komp.	+				
	komp.	+				
	schwach verfestigt	+		feucht, porös, schäumt nur zögernd		
	schwach verfestigt	+		feucht, locker, knetbar		
1030	schwach verfestigt	-		Moos tw. nur an der Schichtgrenze		
	inkompetent	+/-		leicht bemoost		
1033	stark verfestigt	+		markanter Stromatoilth	4424000 35S 0438262	50
	inkompetent	+		z. T. channelartig, lagenweise gröber		
	kompetent	+				
	inkompetent	+				
	schwach verfestigt	+		Abbauspuren (anthropogen)		
	schwach verfestigt	+/-				

## Anhang 1

Aufschluß- nummer	Verfestigung	Karbonat	Einfallen	Merkmale	GPS-Daten	Höhe [müNN]
	kompetent	+	Einfallen: 150/20; 145/22; 115/15; 330/09; 109/08; 168/15; 158/14 Kluftfläche: 108/86; 112/82; 110/78; 106/82; 111/79; 104/85; 42/88; 198/88; 50/85; 205/90; 25/90	Top: verockert, Stromolith		
	schwach verfestigt schwach verfestigt	+ T:-; S:+	Kluftflächen: 171/87; 169/86; 170/90	fossilfreie Tonsteine zwischengeschaltet, Top: sandig		
	Wechsel von schwächer und stärker verfestigten Lagen inkompetent	+ -	Kuftflächen (planar): 112/90; 110/85; 75/90; 75/85; 76/85; 75/90; 357/90; 155/80; 173/90; 0/90; 180/90	Karbonatbänder senkrecht zur Schichtung verlaufend, mehrere kompetente channel-Bildungen eingeschaltet		
	kompetent kompetent schwach verfestigt	+ + +		Tonmatrix grünlich, feinere Lagen enthalten weniger Schill Tonband eingeschaltet, wellige Übergänge im mittlern Bereich dunkler gefärbt		
1035	kompetent, hart, splittrig inkompetent mäßig verfestigt kompetent, splittriger Bruch	+ + +	Einfallen: 67/02, 129/03, 265/03, 52/05, 81/02	homogen, plattig nach oben toniger werdend, Moosbewuchs in Hohlräumen Kristallisationen, Moosbewuchs		
1035	inkompetent kompetent (Stufe)	+ +	Einfallen Unterkante: 75/05, 52/08, 89/03, 62/02, 55/02, 36/02			
	mäßig verfestigt inkompetent mäßig verfestigt inkompetent inkompetent stark verfestigt	+ + + + +	Kluftflächen: 136/87, 123/85, 140/90, 311/87, 315/87 Einfallen: 310/18	homogen, nach oben sandiger kleine Stromatolithen, gut ausgebildet		

## Anhang 1

Aufschluß- nummer	Verfestigung	Karbonat	Einfallen	Merkmale	GPS-Daten	Höhe [müNN]
	mäßig verfestigt	+		herausgewitterte Ooide erhöhen Porosität		
	mäßig verfestigt			Ton feinblättrig, dünne Lagen		
	stark verfestigt	+		Schillsandstein		
	schwach verfestigt	+		+/- homogen, nach oben toniger, grüner Tonstein		
1036 A	schwach kompaktiert	+		Steinkerne eingeregelt, Lösungshohlräume	Höhleneingan g: 4423345 35S 434750	
	keine	+		homogen		
	keine	+		homogen		
1036 B	tw. kompetent, tw. inkompetent; Klüftung: 111/01, 299/04, 110/03, 105/02	+	225/01, 113/01, 145/09, 161/10, 181/07, 110/05, 161/03, 179/08, 110/02, 346/07	unterschiedliche Anteile von Ooiden		
	kompetent, verfestigt, bildet Vorsprung	+	138/08, 334/09, 112/05, 340/02, 111/10, 258/02, 205/09	wellige Unter- und Oberkanten		
	locker, körnig	+		homogen, am Übergang zu darunterliegender Schicht: Moos		
	relativ fest	+	80/05			
	leicht, geklüftet	+		verwittert weiß an der Obeffläche		
	leicht, geklüftet	+		teilt sich im Inneren der Höhle in 2 Teilschichten auf: 3a und 3b, getrennt von Schicht 4		
		+				
1036 B	verfestigt	+		Ooide bis 1 mm		
1037	inkompetent	+			4423791 35 S 0437743	43
	kompetent, Geländestufe	+		versintert, unten bemoost; coarsening upward, Erhöhung der Porosität durch herausgelöste Schalen		
	mäßig verfestigt	+		nass, bemoost, schlammig, Basis rötlicher		
	mäßig verfestigt			nass, schlammig		
	mäßig verfestigt	+		feucht, leicht bemoost		
	stark verfestigt	+		feucht, weniger bemoost		
	schwach verfestigt	+		Wasser tropft heraus, Moos		
	stark verfestigt	+		Moos, feucht		
	stark verfestigt			Moos, feucht		
1038	mäßig verfestigt			channel-Bildungen mit Internsortierung, Sand/Kieskörper arbeiten sich gegenseitig auf, schneiden sich; ähnl. Schicht 1038/1; rötliche Färbung durch Eisenoxide	4424859 35S 0441039	31
	hart, körnig, stark verfestigt	-		kiesig, oben sandiger werdend, Oberkante: Einsenkungen, aufgearbeitet durch überlagernden Kies; rötliche Färbung durch Eisenoxide		

Anhang 1

Aufschluß- nummer	Verfestigung	Karbonat	Einfallen	Merkmale	GPS-Daten	Höhe [müNN]
	mäßig verfestigt	+		in Lagen feiner werdend; Matrix sandig; rötliche Färbung durch Eisenoxide		
1040	sehr kompetent, morphologische Höhen bildend			in Hohlräumen Kristallisation von Kalken, in der Grundmasse neugesproßte Minerale erkennbar		

Leerseite



Abb. 2.1: 1019-6

Karbonatischer Sandstein:

Dichter, hellgelber Feinsandstein mit karbonatischer Matrix. Im Gelände stellte sich die Schicht als channel-Ablagerung dar, mit deutlich schwankenden Mächtigkeiten. Die Matrix besteht aus schluffig-tonigem Material.

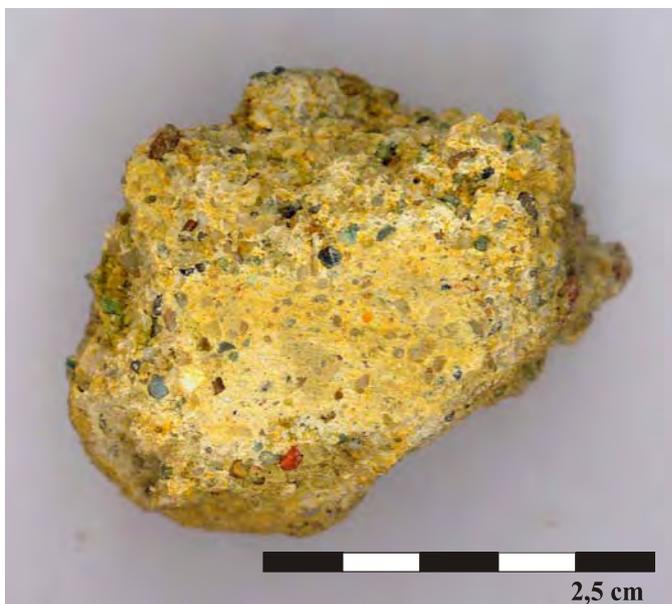


Abb. 2.2: 1019-16

Karbonatischer Sandstein:

Das Gestein ist schwach verfestigt und zeigt ein großes Korngrößenspektrum vom Ton, als Bindemittel, bis zum Feinkies. Besonders ist das im Gelände deutlich zu erkennende fining upward.



Abb. 2.3: 1019-42

Salziger karbonatischer Tonstein:

Der Tonstein enthält in Lagen eingeregelt zerbrochende Schalenreste und eingeschaltete hellgraue Schluffbänder. In Gelände war ein eindeutig salziger Geschmack des Gesteins festzustellen.



Abb. 2.4: 1019-87

Karbonatischer Sandstein:

Der Sandstein ist feingeschichtet. Das Gestein enthält Mikrofossilien, die im Gelände und im Anschnitt nicht zu erkennen sind. Die Schicht ist homogen, zeigt im Profil aber eine deutliche Änderung der Kompetenz und der Oberflächenstruktur.



Abb. 2.5: 1019-97/89

Wechselagerung zwischen karbonatische Sandsteinen und Mergeln:

Das Handstück zeigt eine Probe aus einem karbonatischen hellgelbbraunen Sandsteinschicht in der Wechselagerung. Die Wechselagerung besteht aus mehreren Ton- und Sandsteinen mit unterschiedlichem Verfestigungsgrad.



Abb. 2.6: 1019-103

**Kalkstein:**

Dieser Kalkstein zeigt markante, wellig-knollig ausgebildete Oberflächenstrukturen. Diese wolkigen Ausbildungen standen hauptsächlich über slumping-Bildungen des unterlagernden Sandsteines an.



Abb. 2.7: 1019-105

**Oolithischer Kalkstein:**

Das Gestein ist homogen, feinkörnig und kompetent ausgebildet. Im Gelände und im Probenanschnitt ist das oolithische Gefüge des Gestein nicht zu erkennen. 1-2 cm mächtige tonige Bänder ziehen sich durch das Handstück.



Abb. 2.8: 1019-115

Stromatolithenkalk:

Deutlich sichtbar ist das laminare Gefüge des Handstücks. Die einzelnen Lagen sind aufgebaut aus feinkörnigen Karbonatschlämmen und größerem karbonatischem Material.



Abb. 2.9: 1019-115

Stromatolithenkalk:

Im Bild sind deutlich die in Lagen angeordneten Hohlräume sichtbar. Gut zu erkennen ist die unregelmäßige Schichtung und teilweise unterschiedliche Färbung. Diese Hohlräume entstehen durch die Verwesung der Algen die den Stromatolith aufbauten.



Abb. 2.10: 1019-117

Kalkstein:

Im Handstück zeigt Fein- bis Grobsandkomponenten in einer karbonatischen Grundmasse. Im Profil bildete diese Schicht eine Geländekante aus.



Abb. 2.11: 1022

Kalkstein:

Das Handstück zeigt ein karbonatisches, feinförniges, dichtes Gestein in dem vereinzelt Ooide und Schalereste auftreten. Auffällig ist die mit bloßem Auge sichtbare hohe Porosität durch Lösungshohlräume und chanel.



Abb. 2.12: 1023

Wechselagerung zwischen nicht karbonatischem Sandstein und Mergel: Das Bild zeigt einen dichten hellbraunen Mergel mit einem lockeren Sandstein. Der Mergel bildet eine deutlichen Schichtung aus, die unregelmäßig ausgebildet ist. In einzelnen Lagen sind weiße Schalenreste eingeregelt.



Abb. 2.13: 1024

Versintenter Biogenkalk:

Im Gelände war diese Schicht mit mehrere cm mächtigen Sinterbildungen überzogen. Das Gestein ist lagenweise härter und bricht splittrig, möglicherweise sind diese Lagen versintert. Die enthaltenden Biogene sind eingeregelt.



Abb. 2.14: 1026-2

Kalkstein:

Dieses Gestein besteht aus dünnen Schalenresten in einer dichte, feinkörnigen Grundmasse. Das Handstück stammt aus einem Profil mit natürlichem Wasseraustritt und stellt eine trockene Lage zwischen zwei im Gelände feuchten und bemoosten Lagen dar.

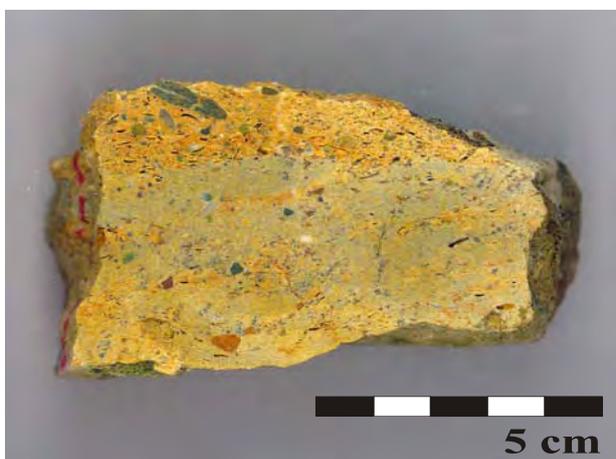


Abb. 2.15: 1026-3

Karbonatischer Sandstein:

Dieser hellgelbe Feinsandstein mit schluffig-toniger Grundmasse ist im Aufschluß leicht bemoost und feucht. Die Schicht ist leicht geschichtet und sehr inkompetent.



Abb. 2.16: 1030-4

**Biogenkalk:**

Dieses Handstück stammt aus einem weiteren Aufschluß mit natürlichem Wasseraustritt. Die Schichtenfolge entspricht dem Profil 1026. Das Bild zeigt einen stark verfestigten biogenreichen Kalkstein mit tonigen Einschaltungen.



Abb. 2.17: 1033-8

**Stromatolithenkalk:**

Deutlich erkennbar ist im Anschnitt die unregelmäßige Schichtung und die unterschiedliche Färbung des Gesteins. Dieser Stromatolith ist dichter und feinlaminiertes als 1019-115. Es ist auch eine geringere Porosität sichtbar. Besonders sind die domartigen Strukturen im oberen Teil des Bildes. In den Stromatolith sind vereinzelt hellgraue, tonige Lagen eingeschaltet.



Abb. 2.18: 1035-4

**Biogenkalk:**

Der dichte Kalkstein besteht aus Biogenen, hauptsächlich Schalenresten, in einer feinkörnigen karbonatischen Matrix. Die hohe sichtbare Porosität ist auf das Herauslösen von Schalenresten zurückzuführen. Im oberen Teil des Handstücks befindet sich ein körniger, feinlaminierten

Sandstein, der bei der Aufbereitung des Handstückes abbrach. Dieses Stück spiegelt nicht die ganze Schicht wieder.



Abb. 2.19: 1036-5



Abb. 2.20: 1036-7



Abb. 2.21: 1036-8



Abb. 2.22: 1036-12



Abb. 2.23: 1037-8

**Biogenkalk:**

Deutlich ist in der Abbildung die Einregelung der Biogene, Schalenreste auch Schneckenhäuser, zu sehen. Die größeren Klaster sind Quarze und Gesteinsfragmente. Die Schicht gehört zu einem Profil mit natürlichem Wasseraustritt. Das Gestein wirkt leicht versintert, ist selbst aber nicht feucht oder bemoost.



Abb. 2.24: 1037-8

**Biogenkalk:**

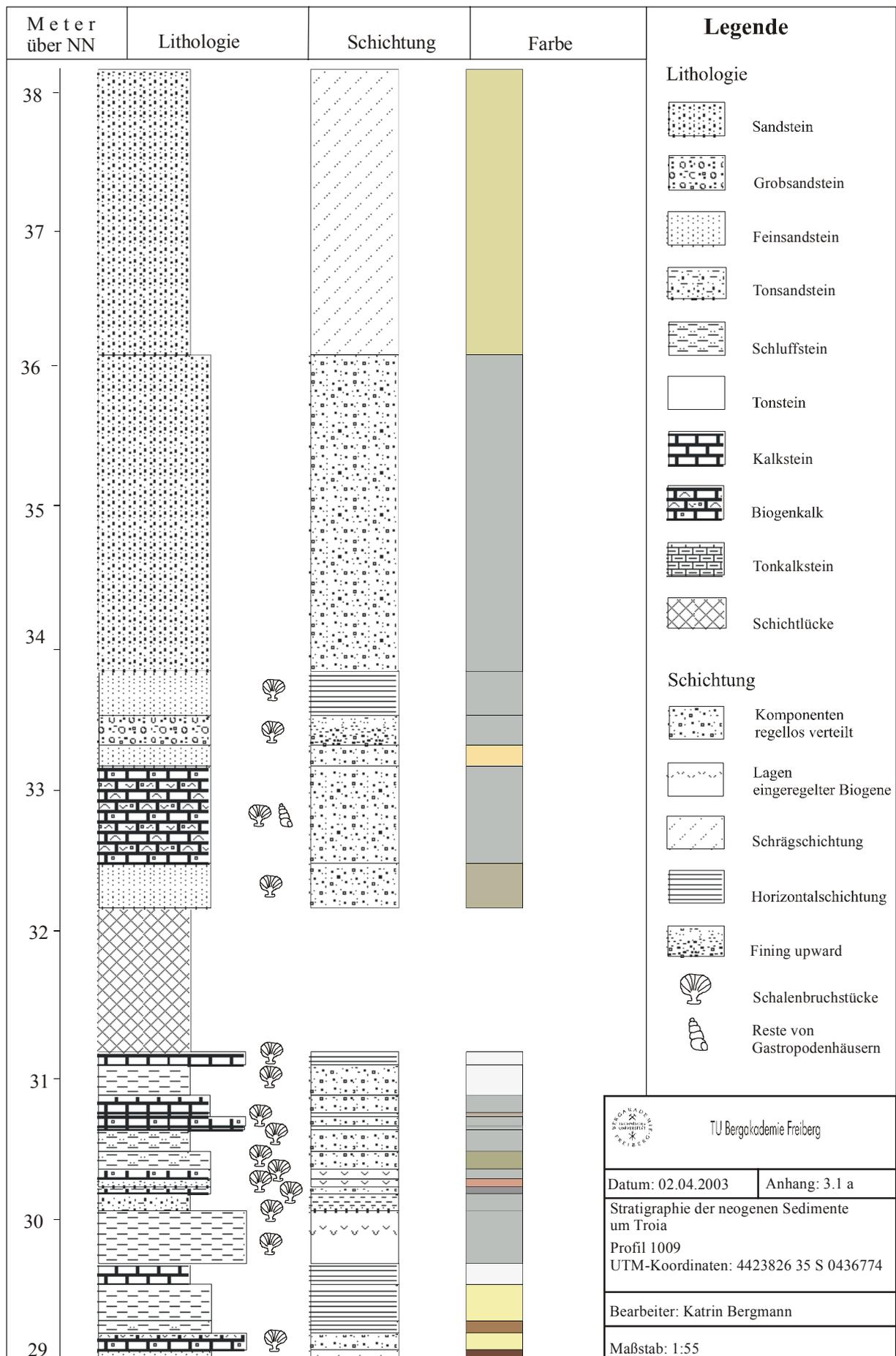
Sichtbar wird hier der lagige Aufbau des Handstückes. Größere kast- und biogenreichere Lagen wechseln mit Lagen kleinerer und weniger Klaster. In diesem Bild sind die sichtbaren Porositätenm deutlich. Einzelne Schalenreste wurden herausgelöst und bilden jetzt Hohlräume aus.

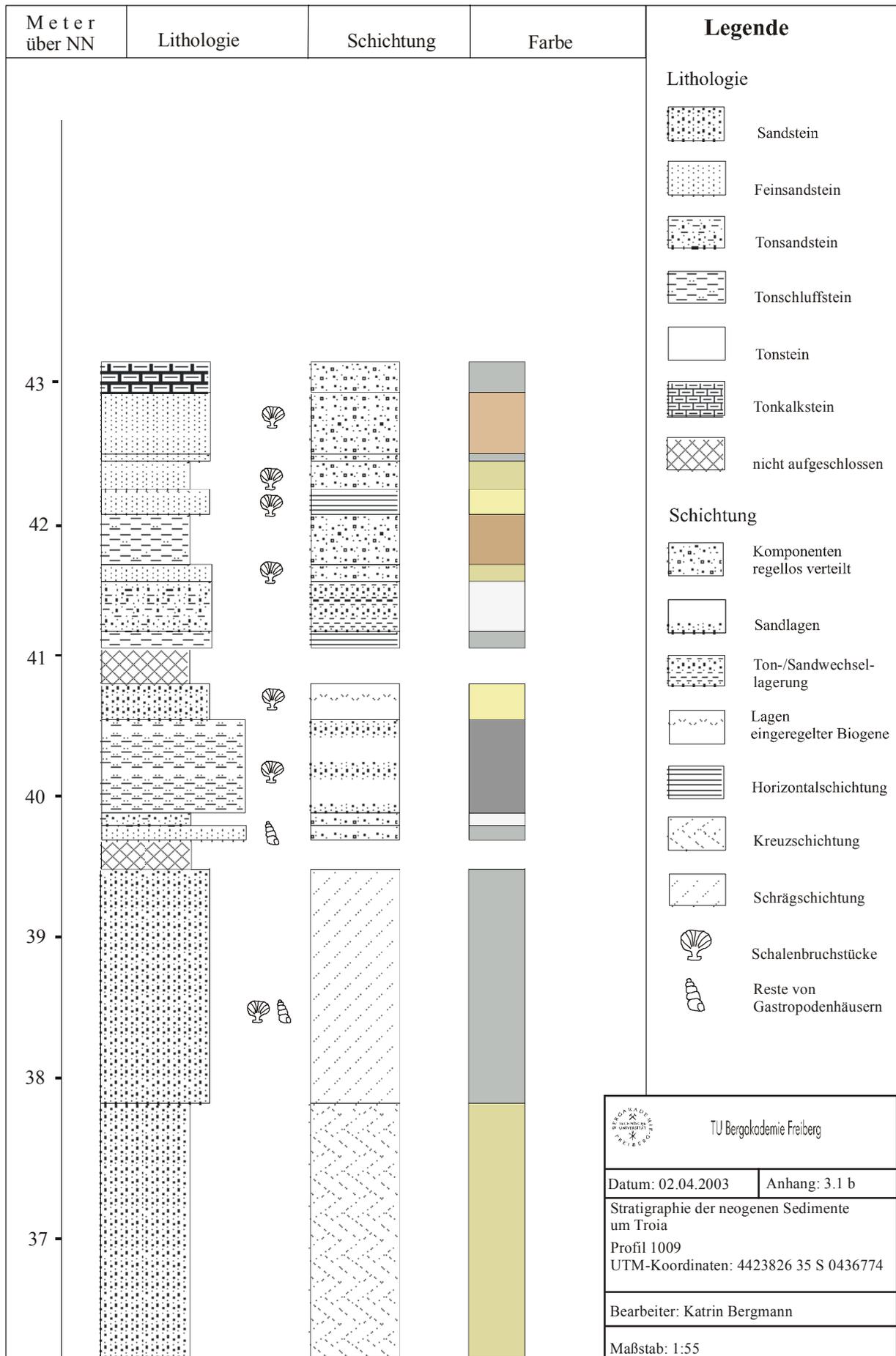


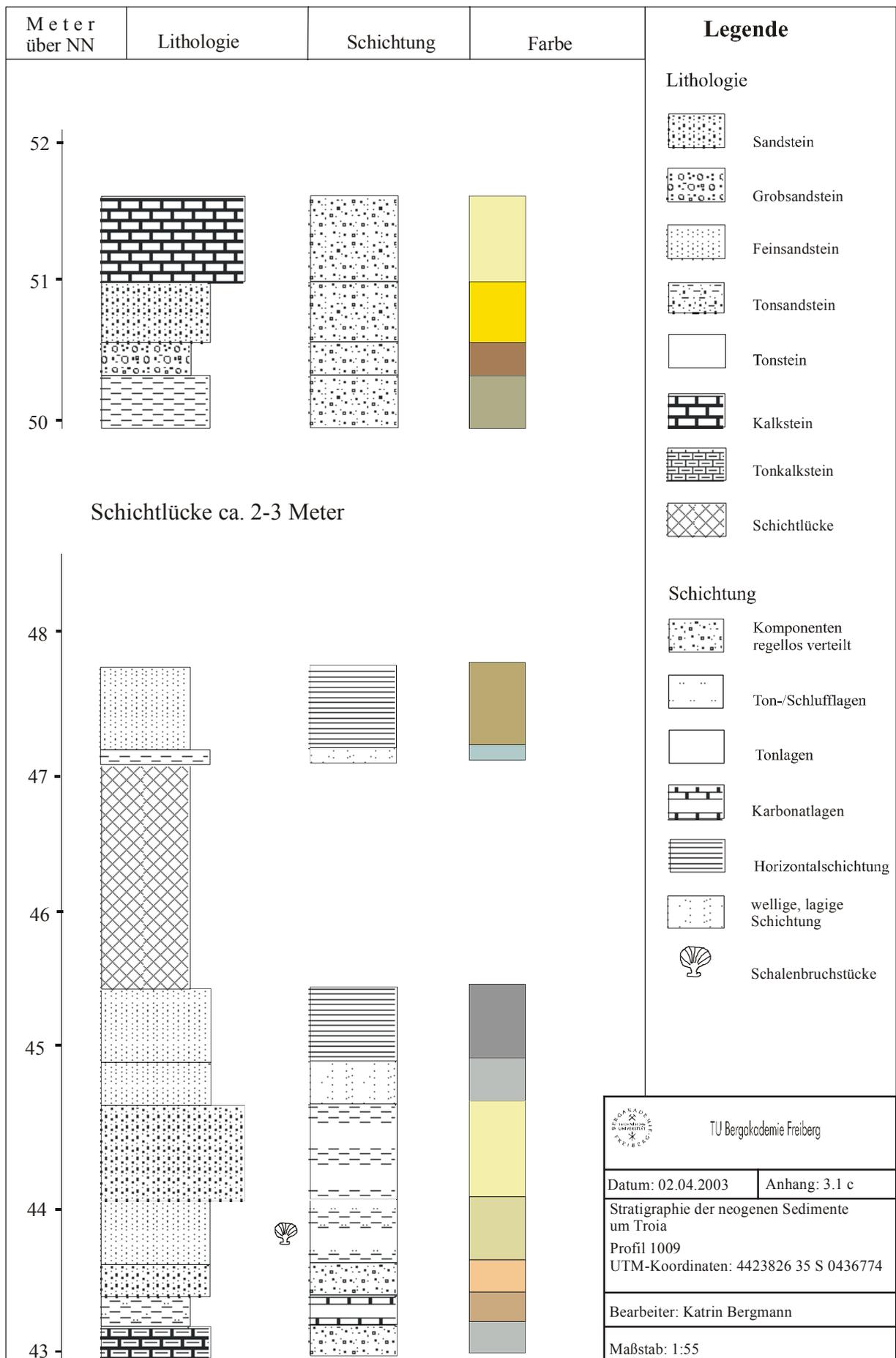
Abb. 2.25: 3004-2

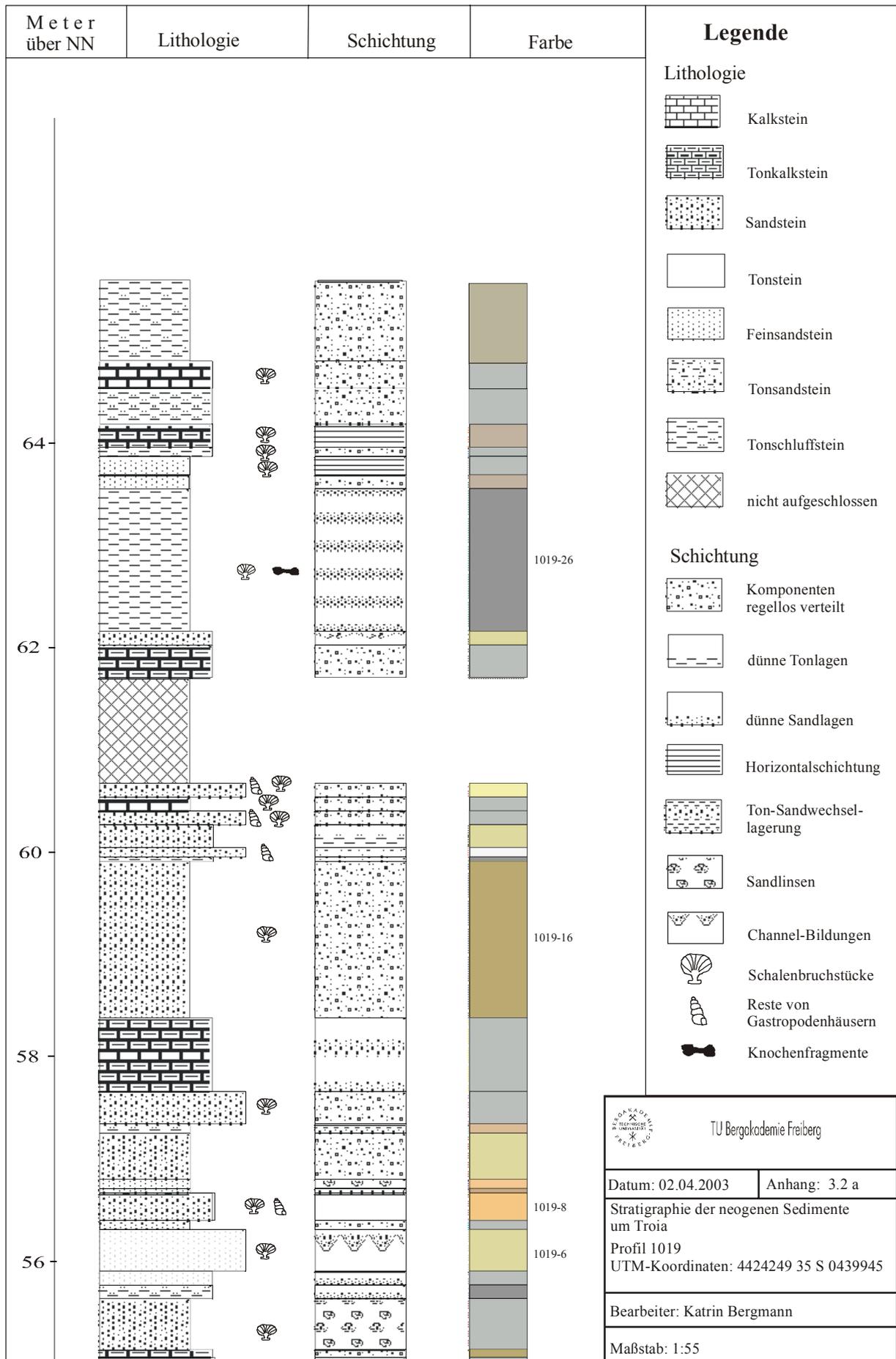
Basalt:

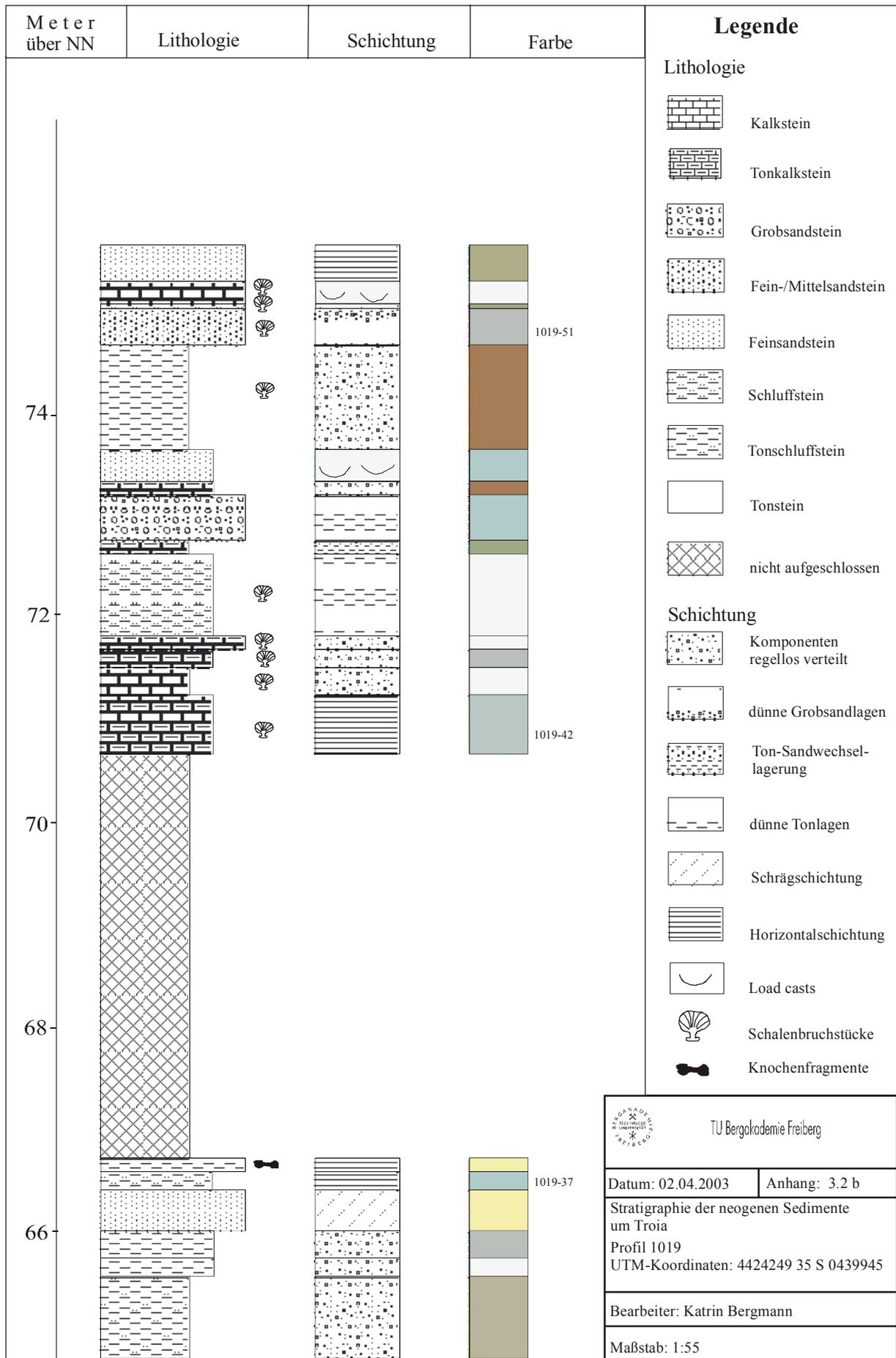
Dieser dichte Basalt stand an der Südost-Grenze des Kartiergebietes an. Sichtbar sind die Blasen Hohlräume die teilweise kalzitisch verfüllt sind. Die Hohlräume sind leicht gelängt.

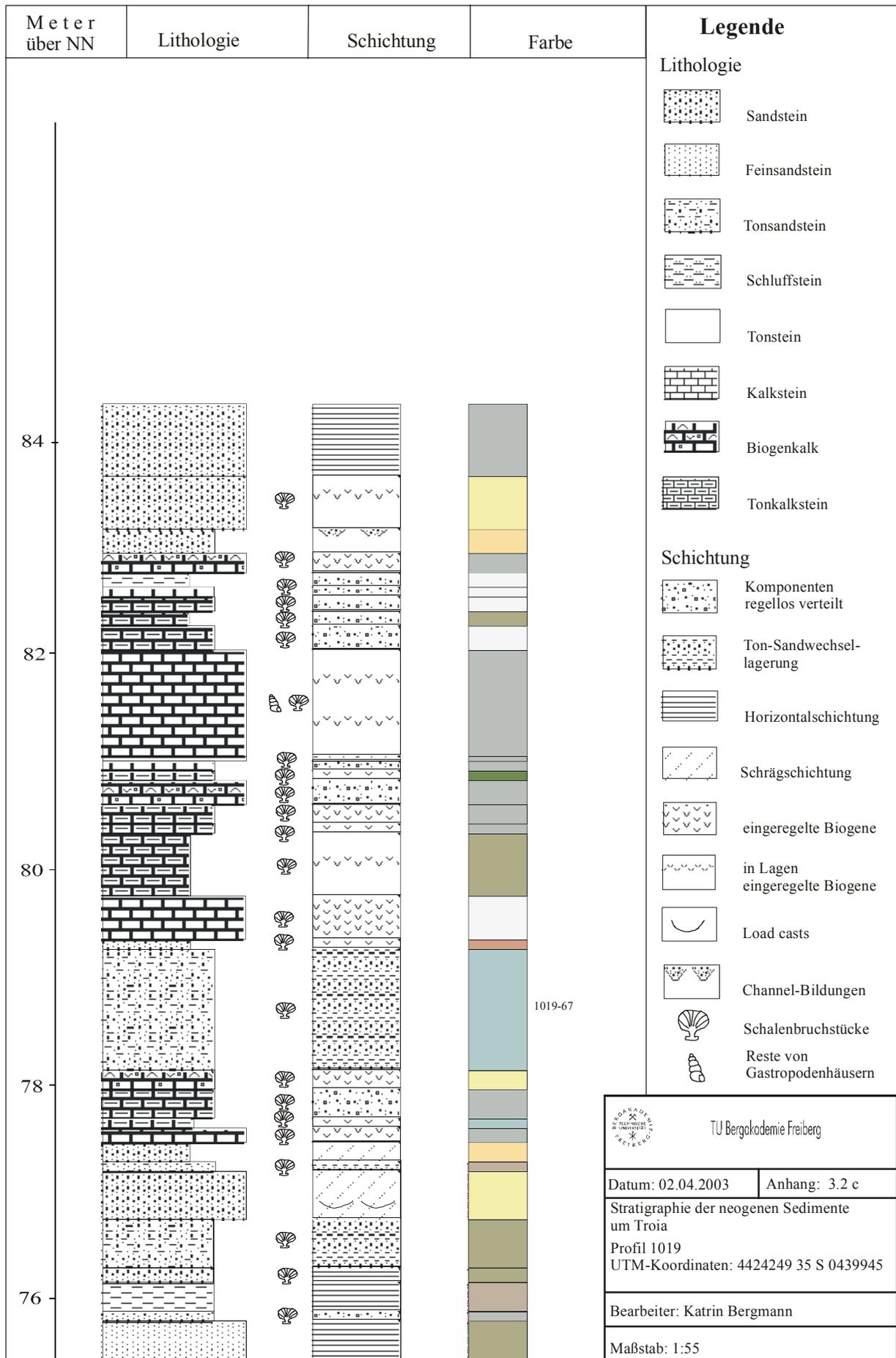


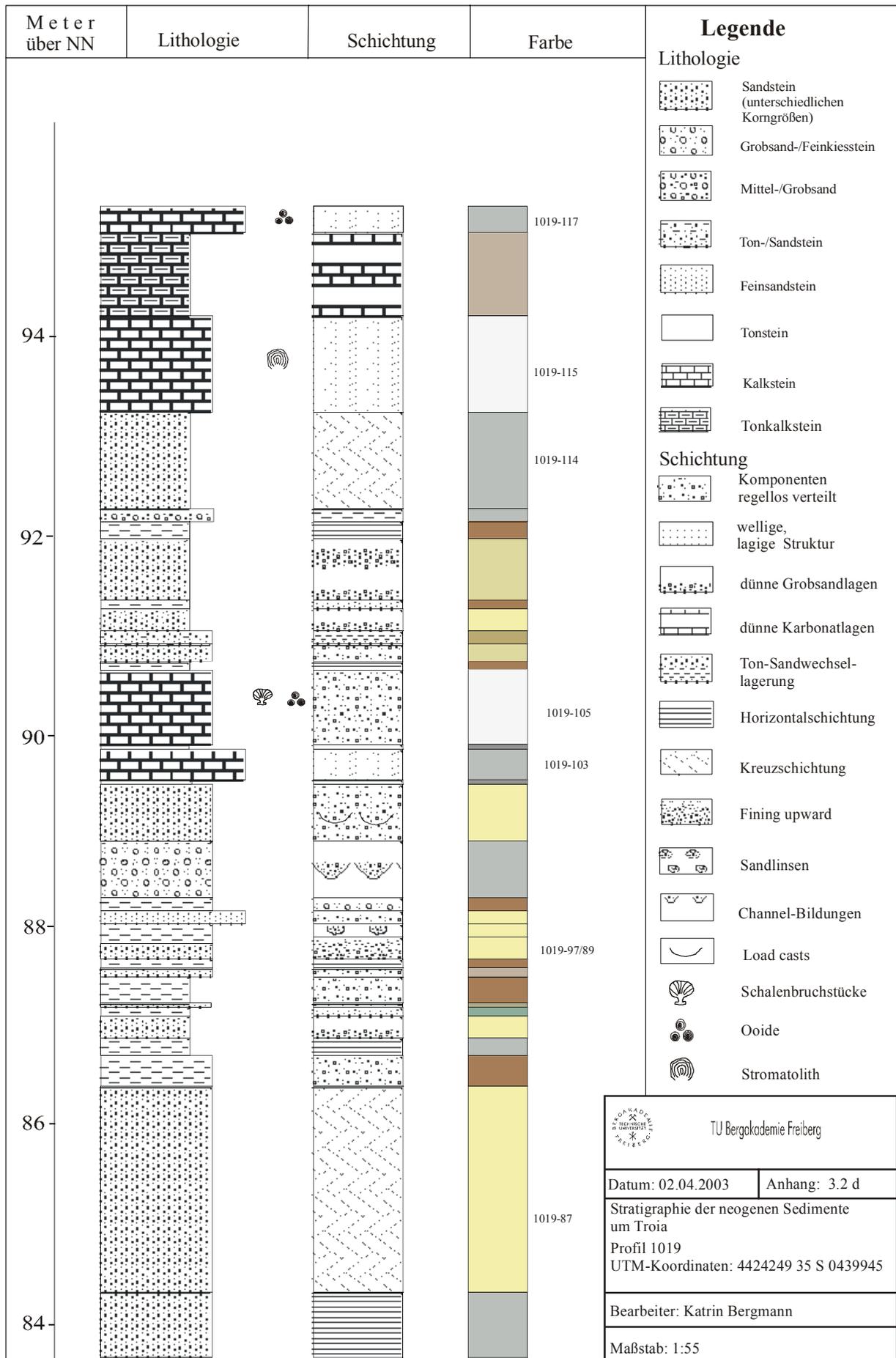


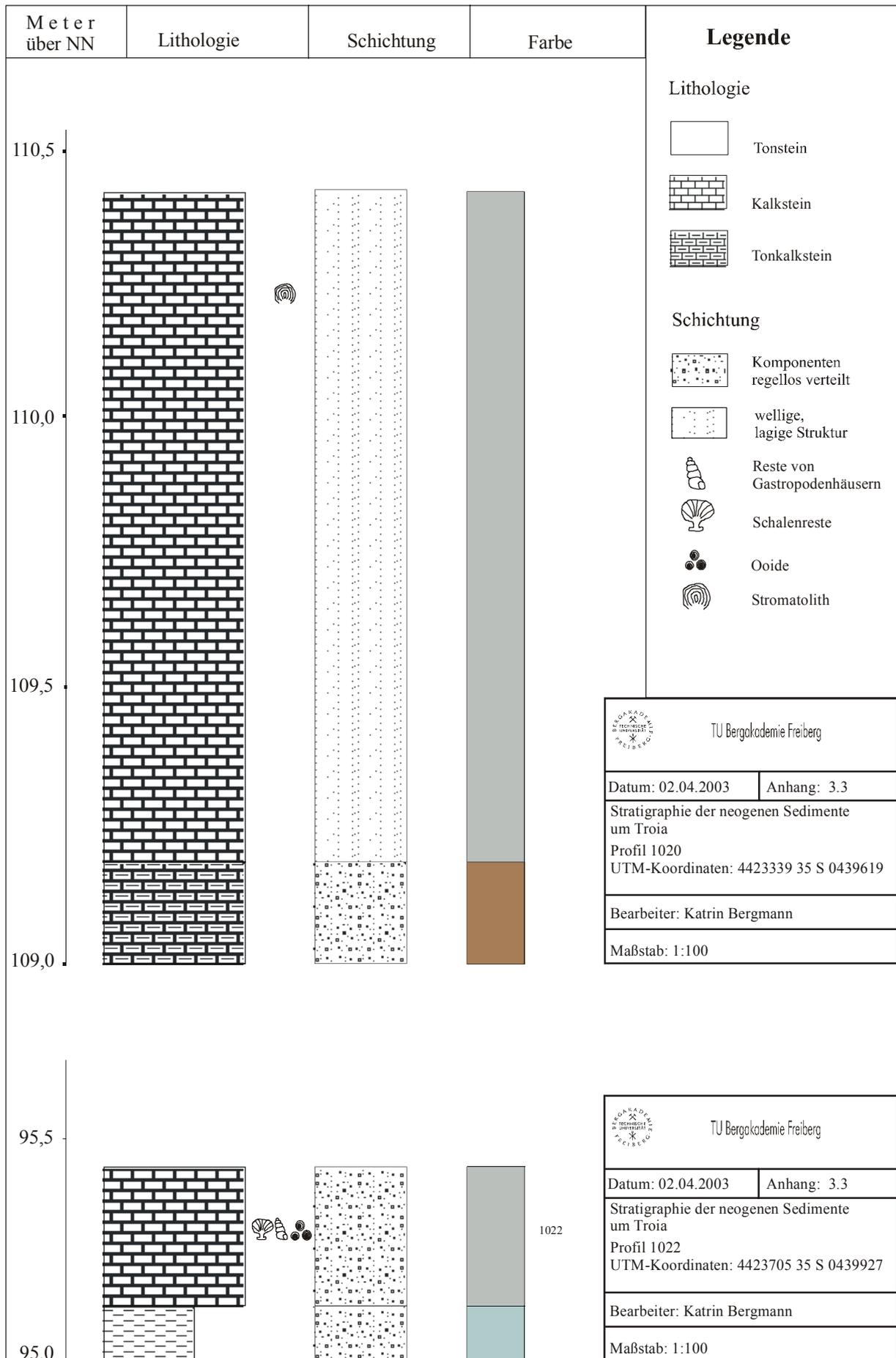




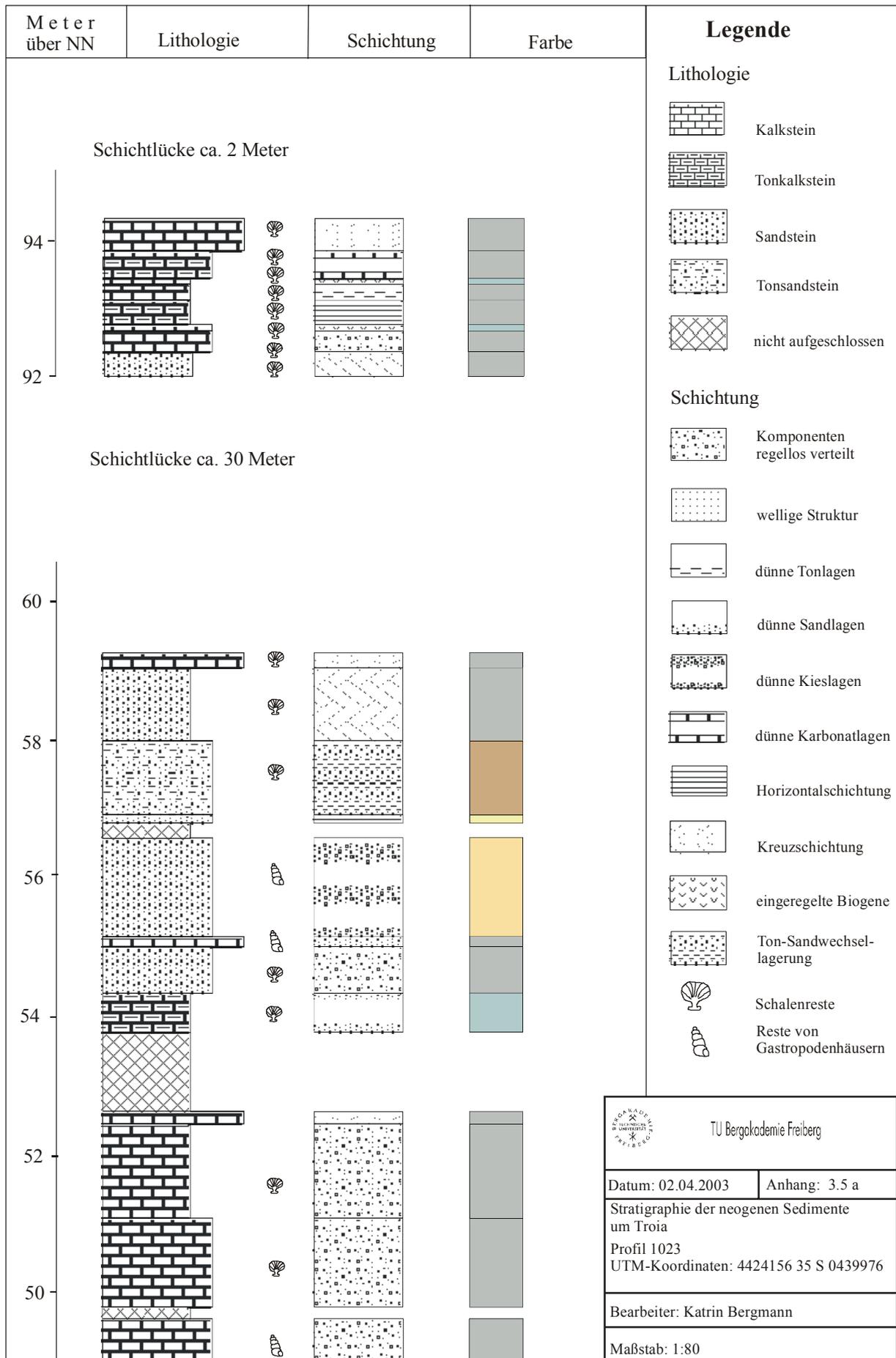


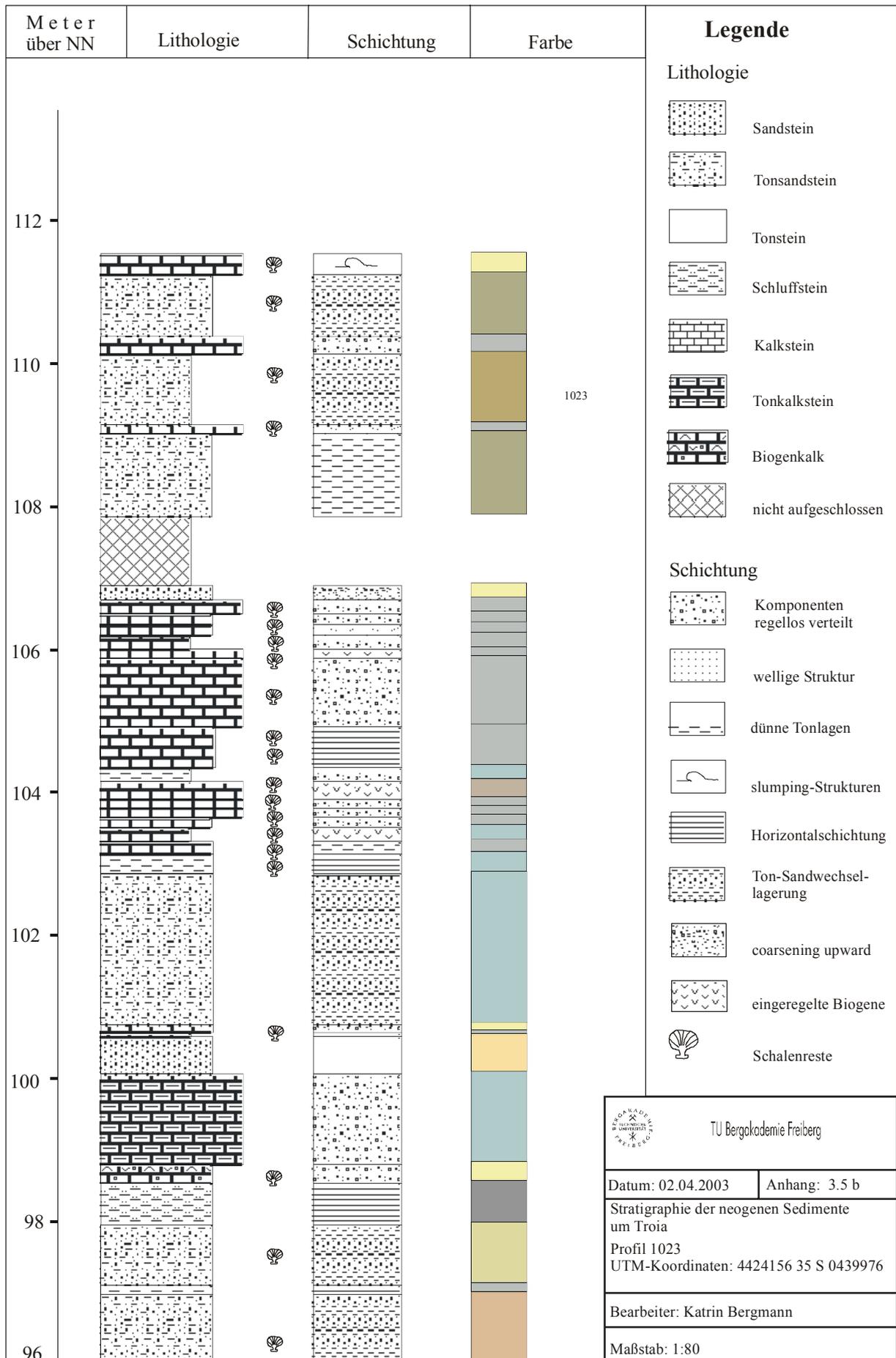




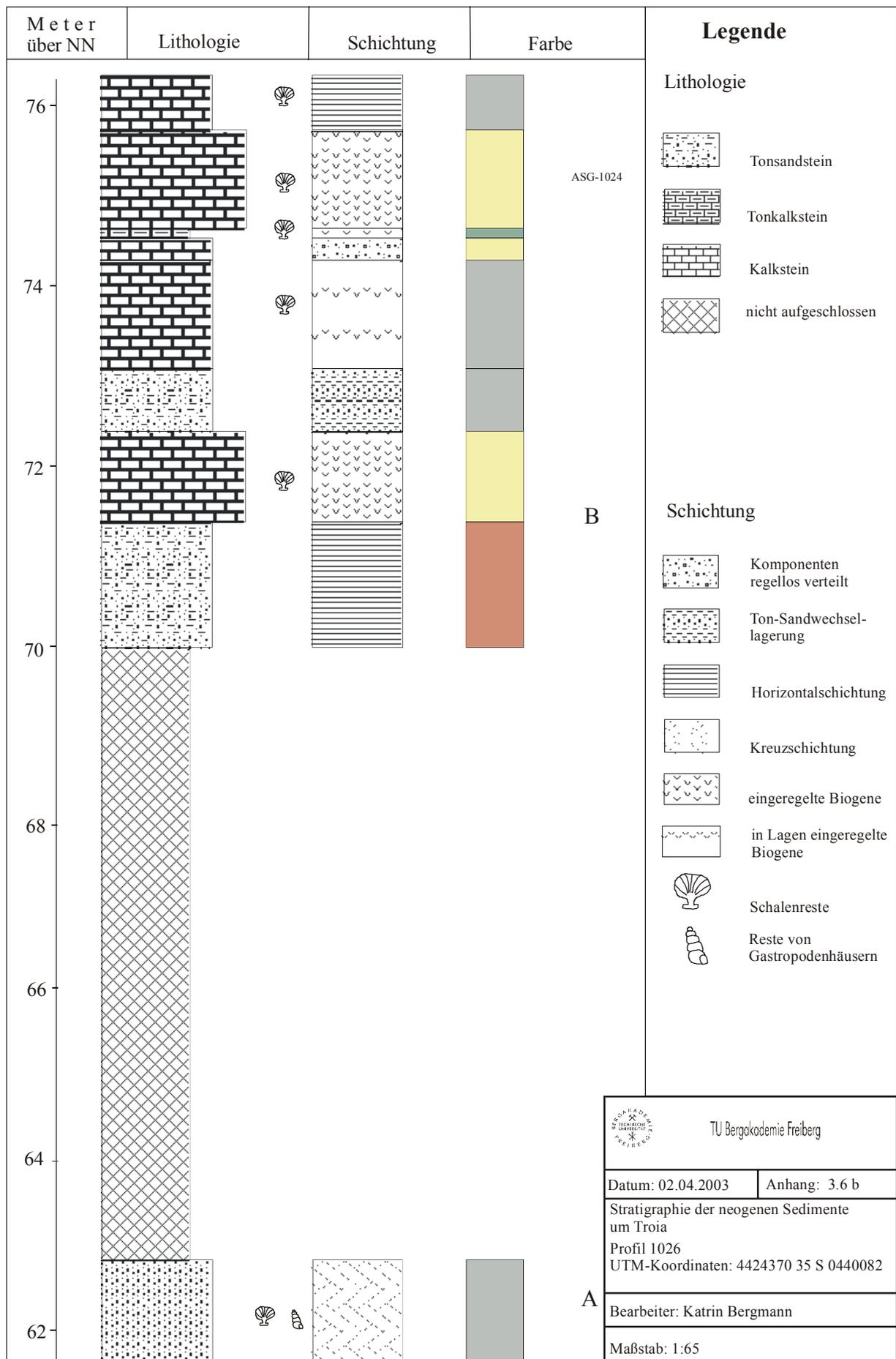


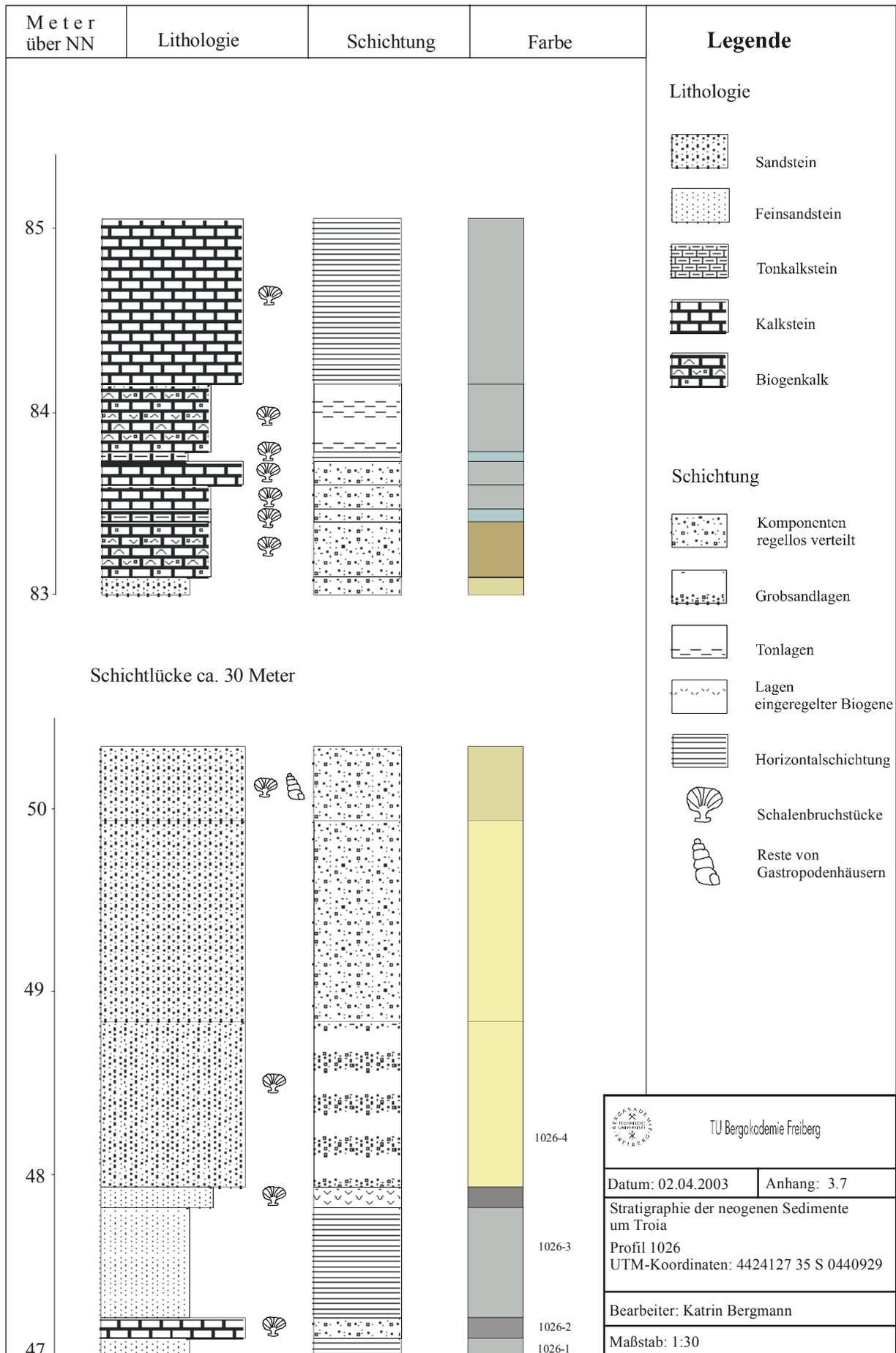


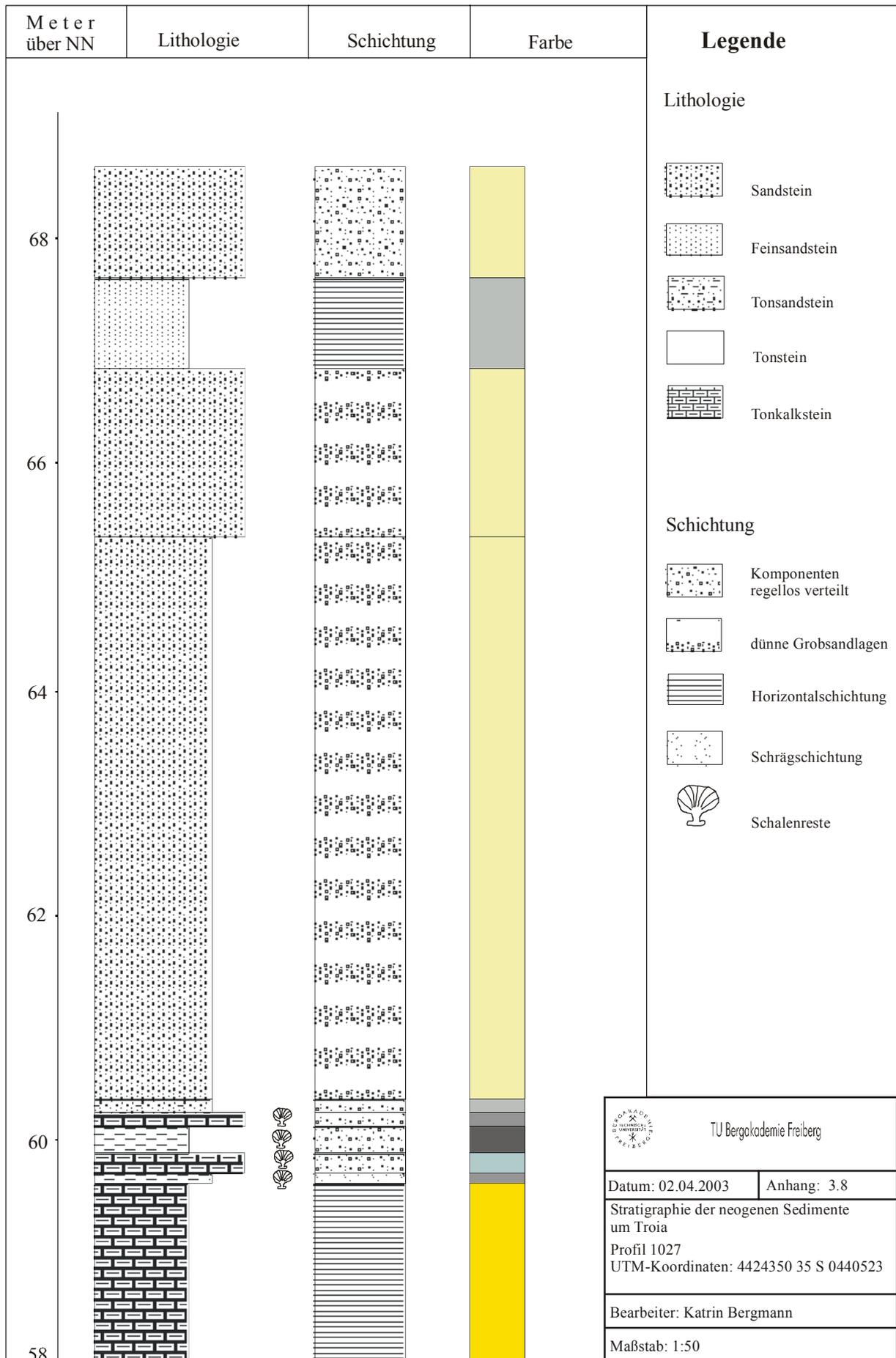


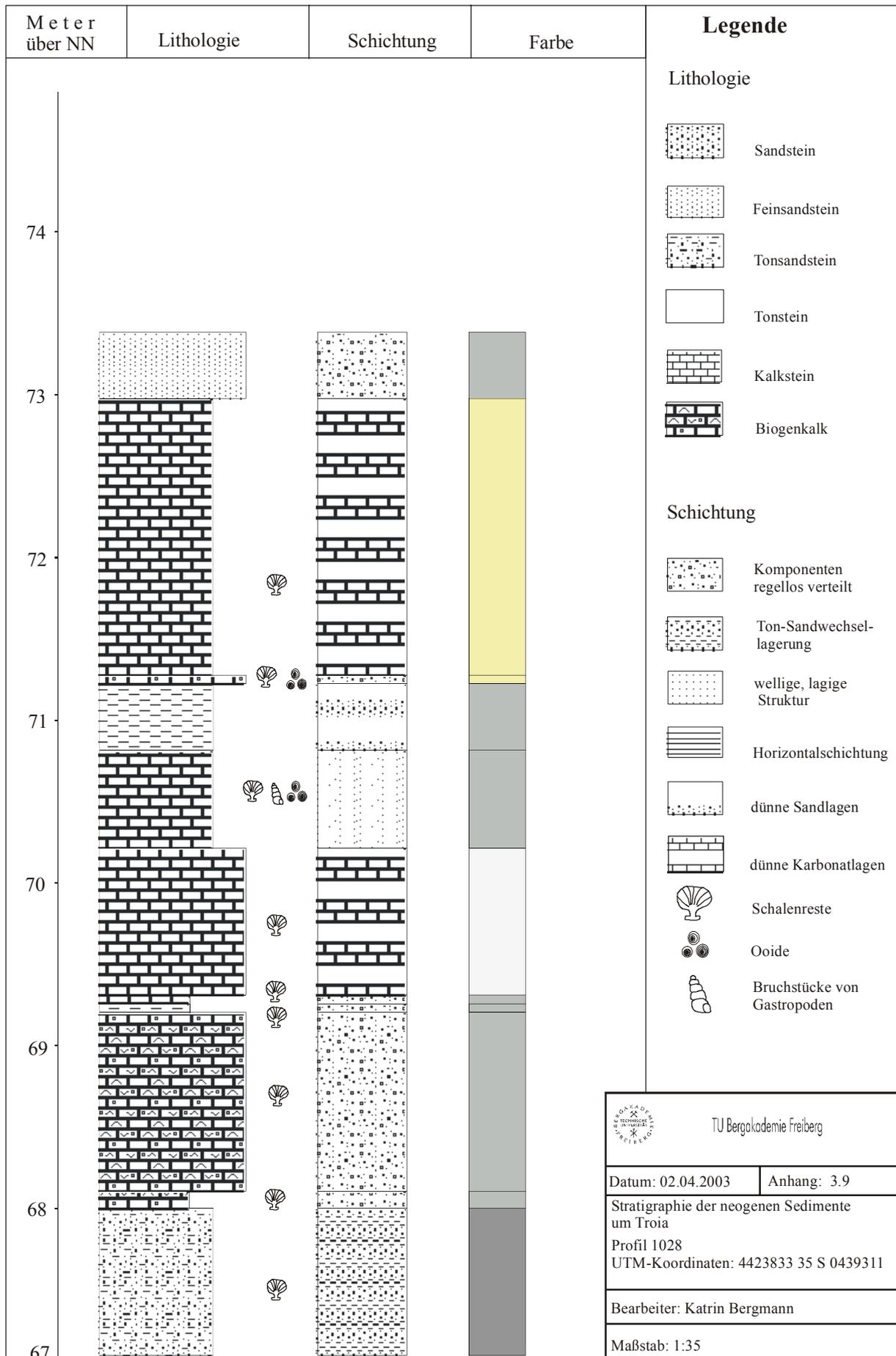


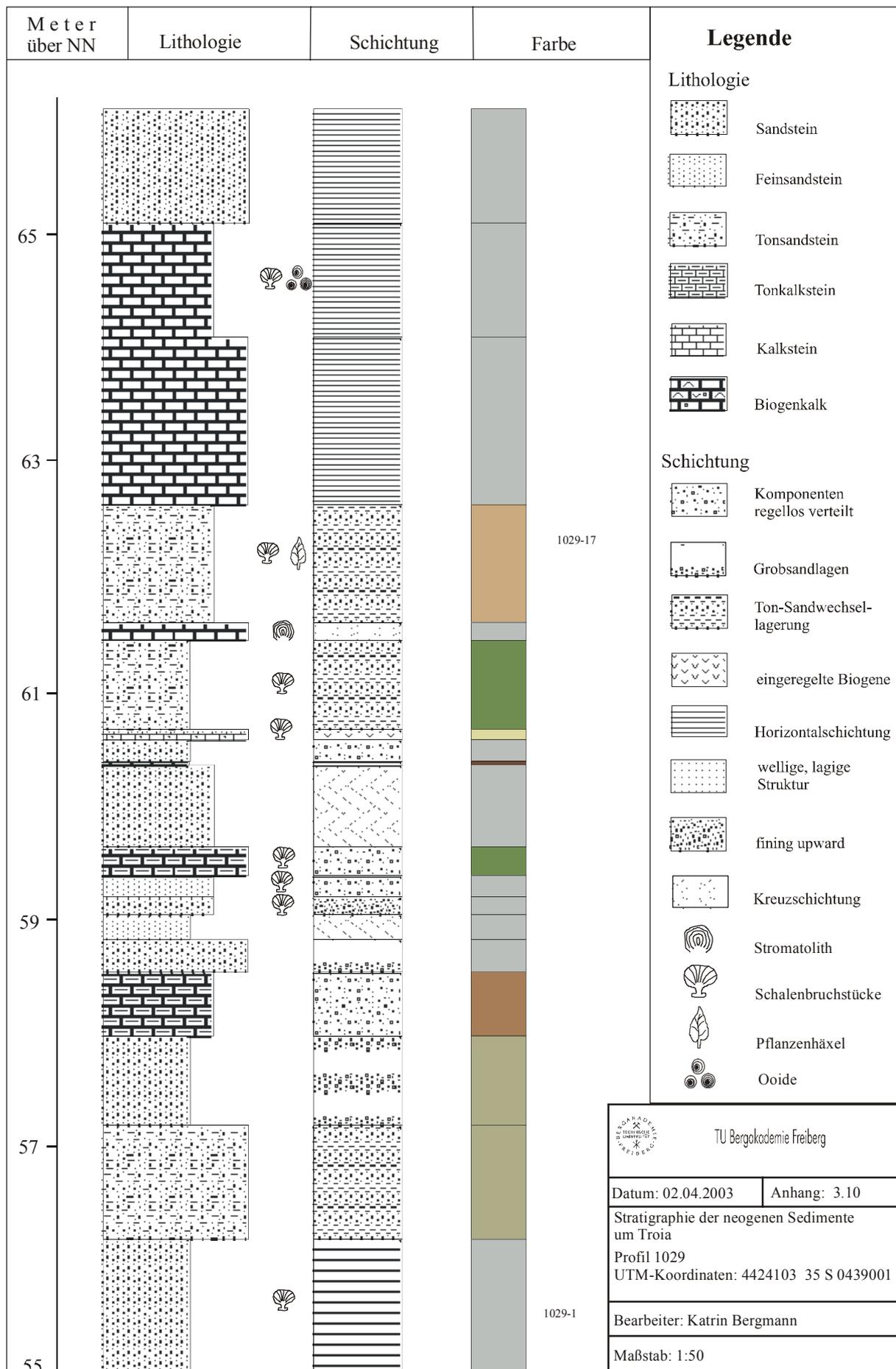


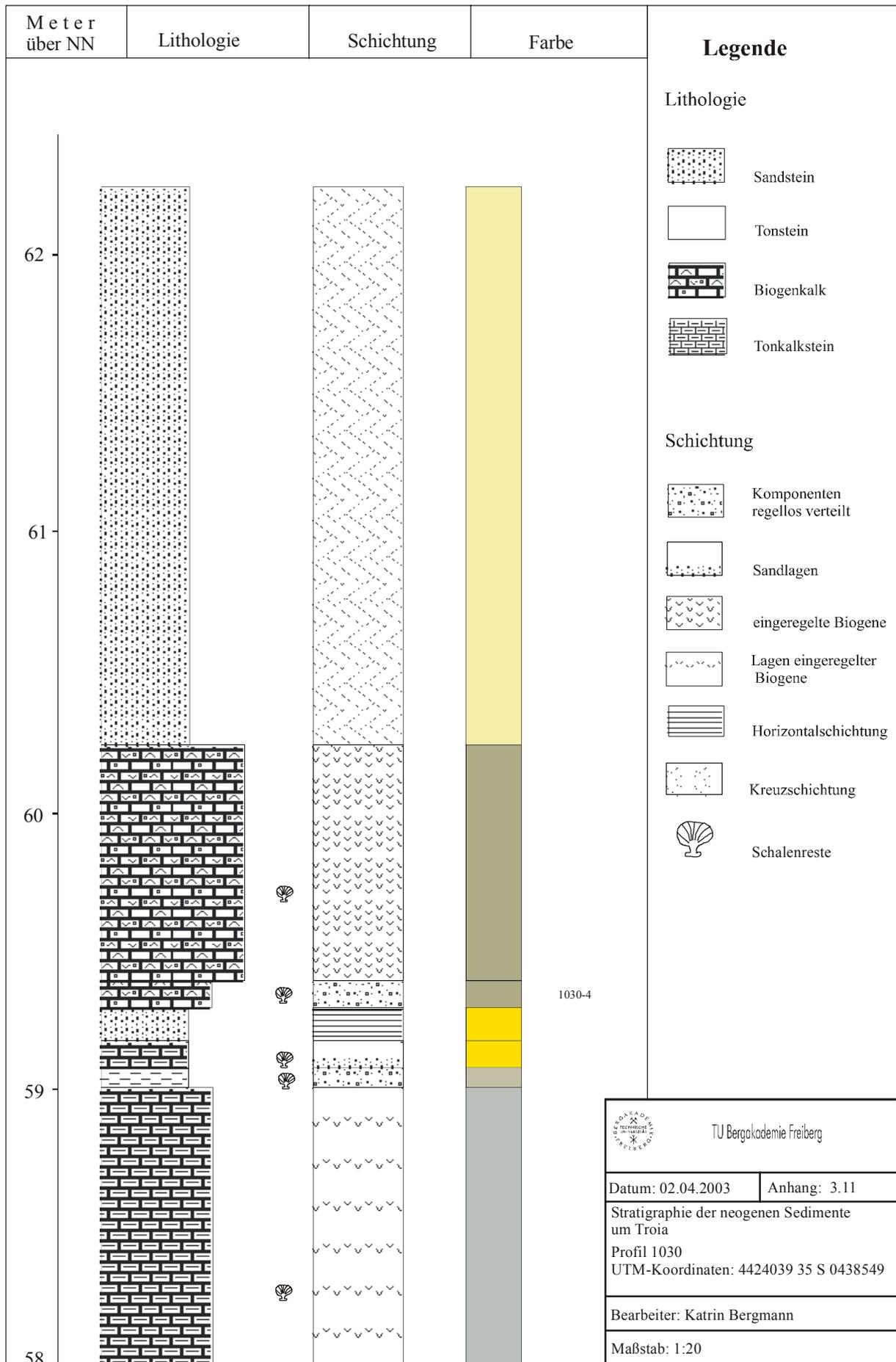


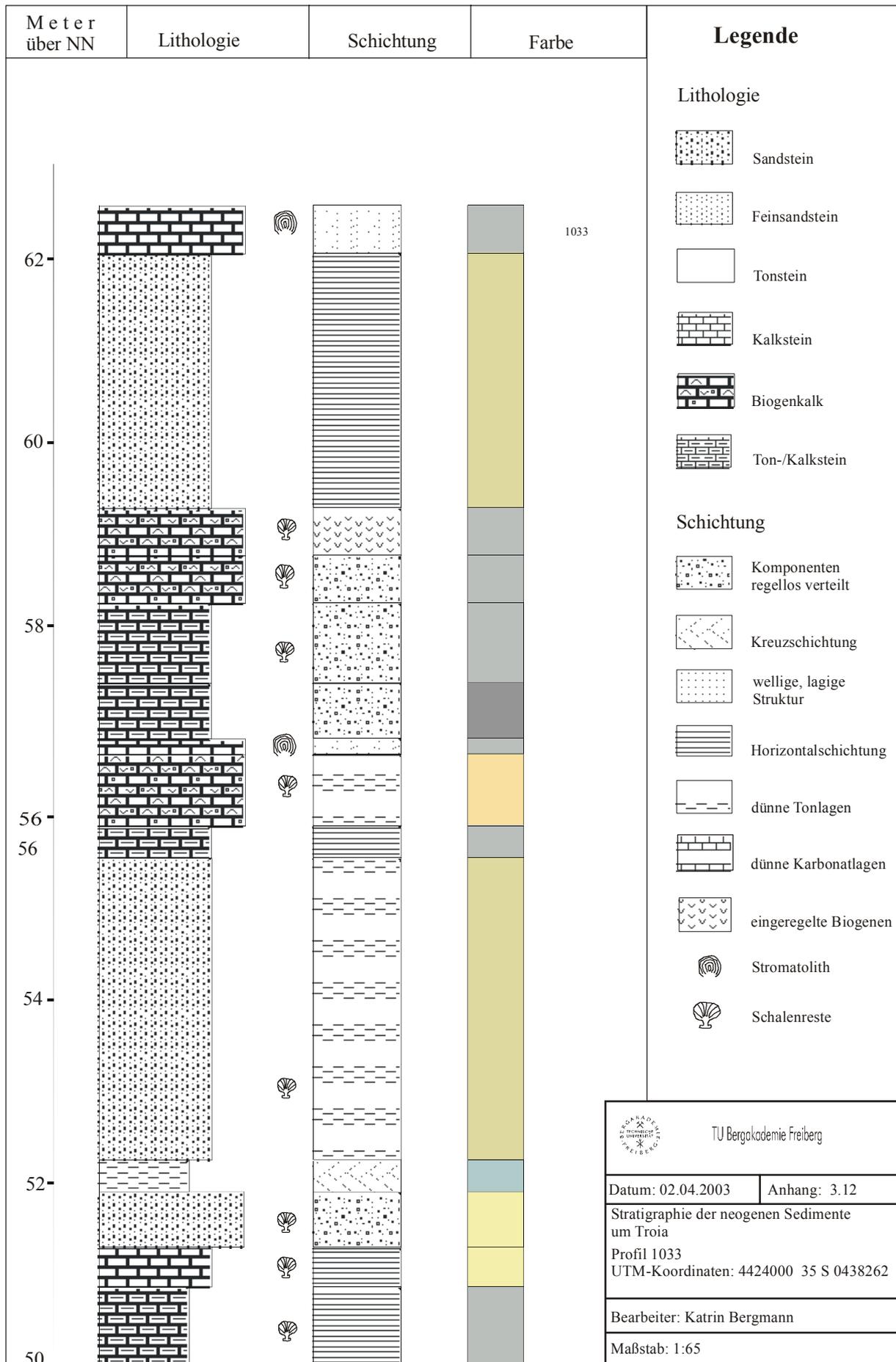




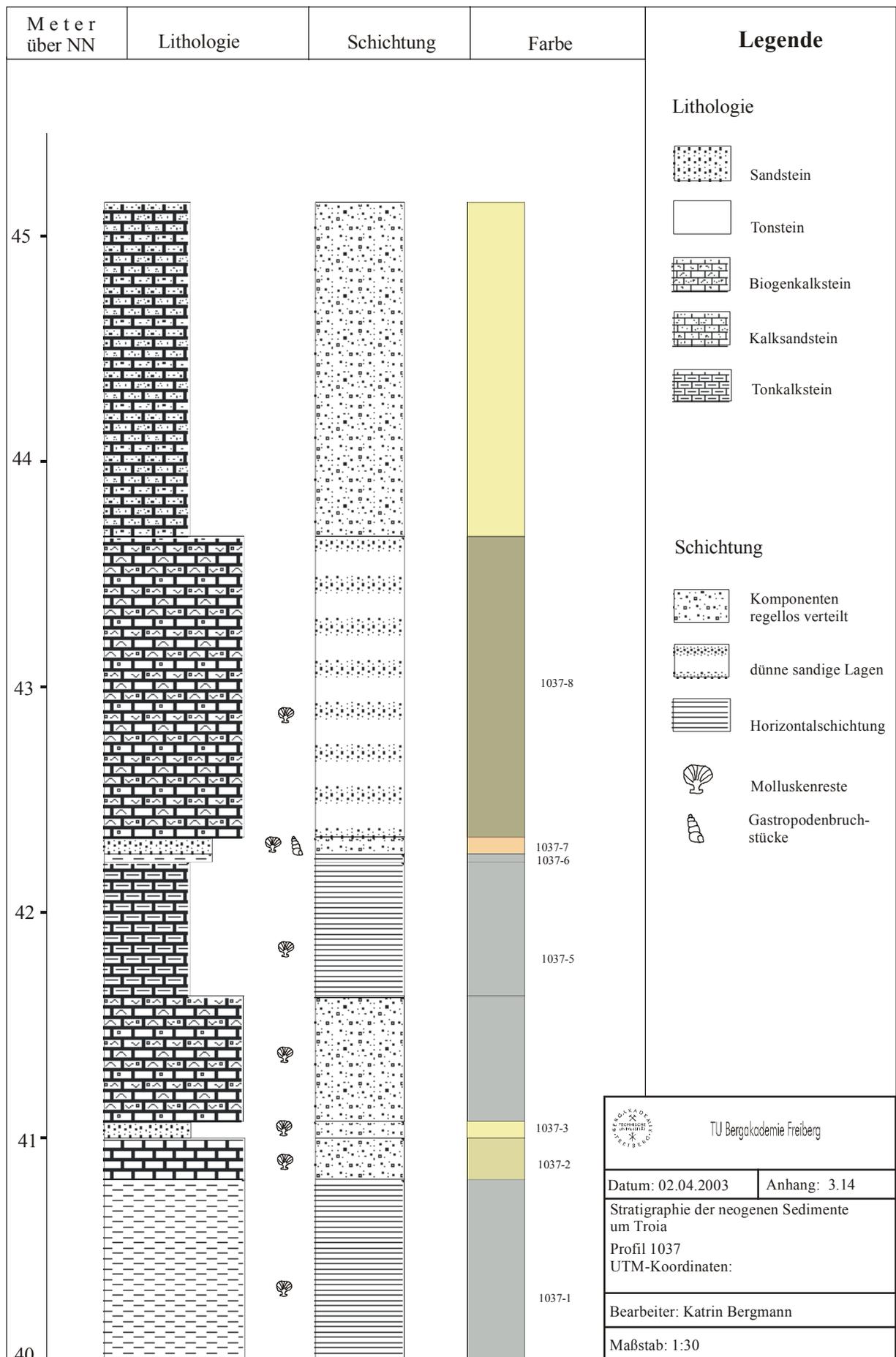


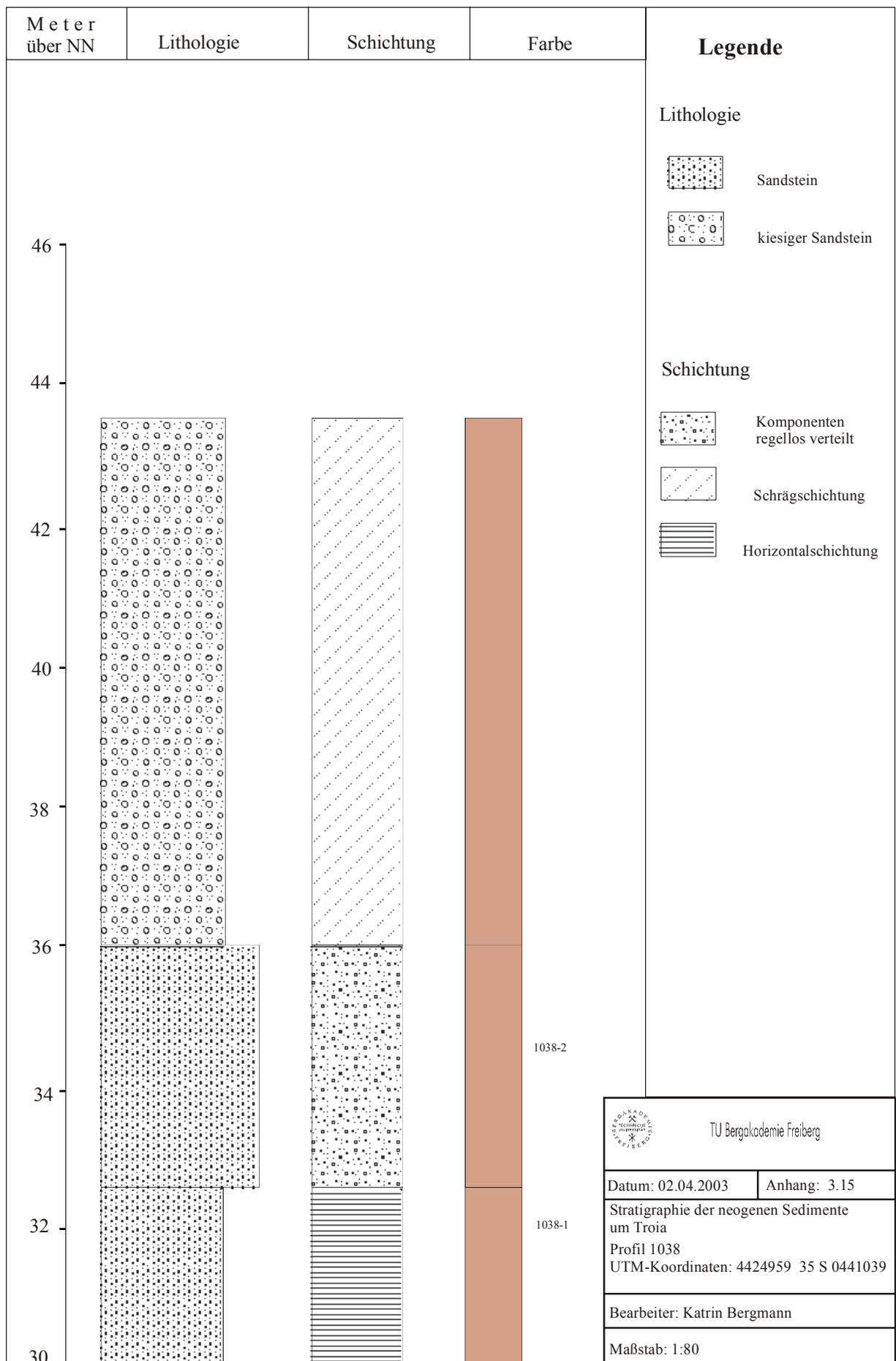












## Siebanalyse nach DIN 18123

Juli/Aug 2002

Projekt: **Troia**Probenbezeichnung: **TRO-2008-NSG-1019-8**Gesamtmasse Trockene Probe: **257,0 g**Einwaage Siebanteil: **257,0 g**

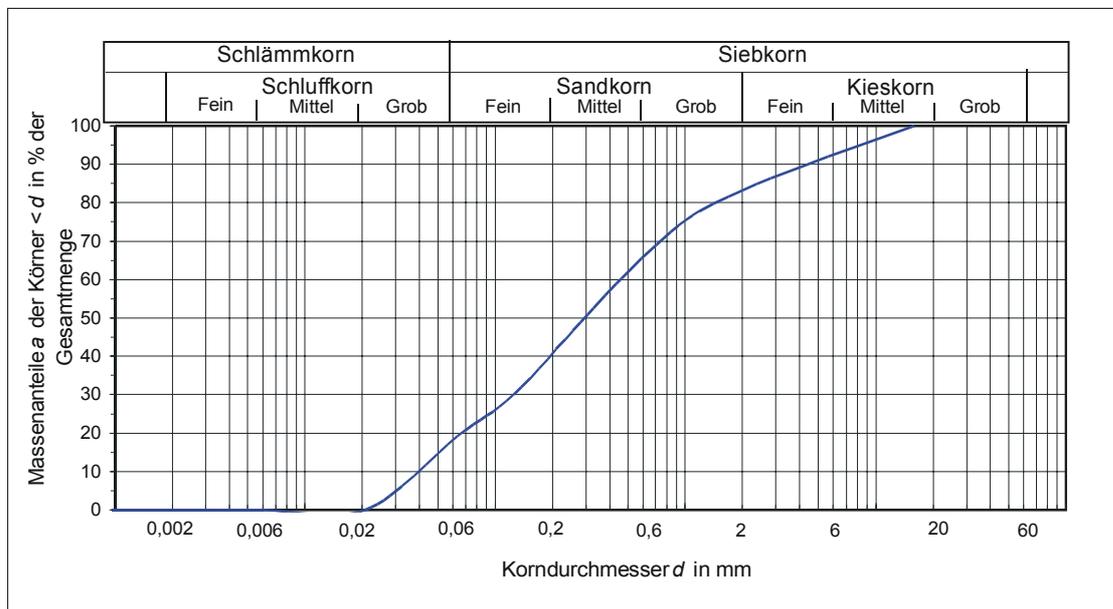
Siebverlust: 0,1%

Lithologie: kiesiger Sandschluffstein

● Trockensiebung

○ Naßsiebung

Maschenweite mm	Rückstand g	Rückstand %	Summe %		
100	<b>0,00</b>	0,00	100,00		
16	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>5</sub> :	0,032
8	<b>13,70</b>	5,33	94,67	d <sub>10</sub> :	0,043
4	<b>14,10</b>	5,49	89,17	d <sub>16</sub> :	0,056
2	<b>15,20</b>	5,92	83,26	d <sub>20</sub> :	0,068
1	<b>20,70</b>	8,06	75,19	d <sub>25</sub> :	0,097
0,5	<b>34,10</b>	13,28	61,92	d <sub>30</sub> :	0,126
0,28	<b>33,60</b>	13,08	48,83	d <sub>50</sub> :	0,300
0,125	<b>48,60</b>	18,93	29,91	d <sub>60</sub> :	0,468
0,063	<b>27,90</b>	10,86	19,04	d <sub>75</sub> :	0,993
0,02068	<b>48,90</b>	19,04	0,00	d <sub>84</sub> :	2,252
0,006	<b>0,00</b>	0,00	0,00	d <sub>95</sub> :	8,502
0,002	<b>0,00</b>	0,00	0,00	<b>U:</b>	<b>10,9</b>
0,000621	<b>0,00</b>	0,00	0,00	<b>C:</b>	<b>0,8</b>
0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	<b>INMAN σφ:</b>	<b>2,66</b>
< 0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	<b>FOLK &amp; WARD σ<sub>1</sub>:</b>	<b>2,55</b>
Summe	256,8	100,00		<b>TRASK S<sub>0</sub>:</b>	<b>3,20</b>
				<b>SK<sub>1</sub></b>	<b>0,15</b>
				<b>K<sub>G</sub>:</b>	<b>0,98</b>



# Siebanalyse nach DIN 18123

Juli/Aug 2002

Projekt: **Troia**  
 Probenbezeichnung: **TRO-2008-NSG-1019-16**

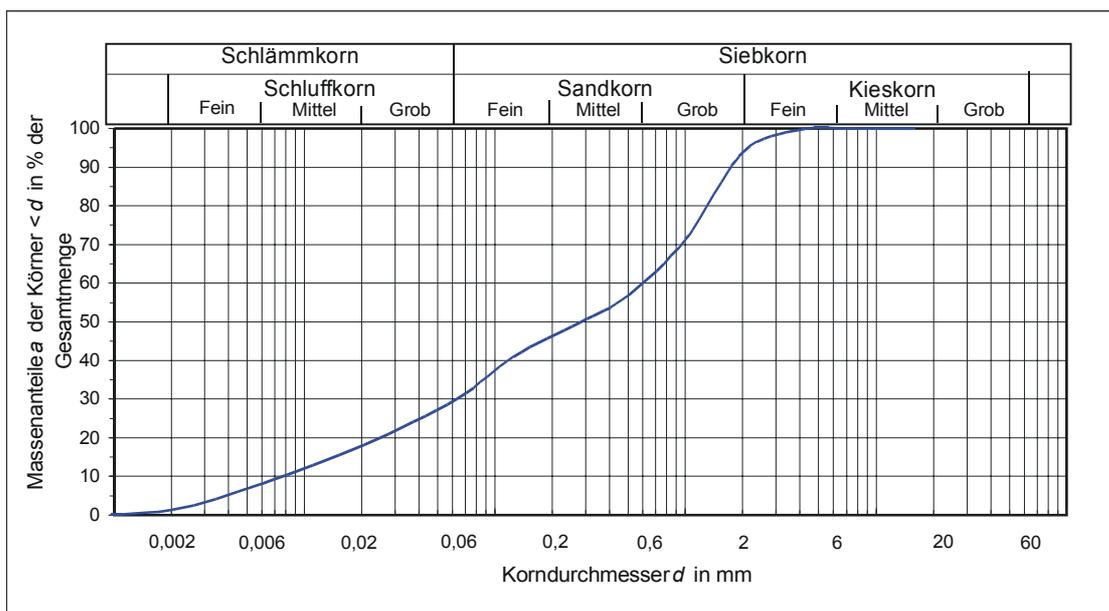
Gesamtmasse Trockene Probe: **127,7 g**  
 Einwaage Siebanteil: **127,7 g**

Lithologie: kiesiger Sandschluffstein

● Trockensiebung  
 ○ Naßsiebung

Siebverlust: 0,5%

Maschenweite mm	Rückstand g	Rückstand %	Summe %		
100	<b>0,00</b>	0,00	100,00		
16	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>5</sub> :	0,004
8	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>10</sub> :	0,009
4	<b>0,40</b>	0,31	99,69	d <sub>16</sub> :	0,018
2	<b>7,60</b>	5,98	93,71	d <sub>20</sub> :	0,027
1	<b>28,40</b>	22,34	71,36	d <sub>25</sub> :	0,045
0,5	<b>18,60</b>	14,63	56,73	d <sub>30</sub> :	0,063
0,28	<b>8,80</b>	6,92	49,81	d <sub>50</sub> :	0,286
0,125	<b>11,30</b>	8,89	40,92	d <sub>60</sub> :	0,612
0,063	<b>13,90</b>	10,94	29,98	d <sub>75</sub> :	1,163
0,02068	<b>15,03</b>	11,82	18,16	d <sub>84</sub> :	1,566
0,006	<b>12,71</b>	10,00	8,16	d <sub>95</sub> :	2,433
0,002	<b>8,59</b>	6,76	1,40	U:	<b>70,3</b>
0,000621	<b>1,78</b>	1,40	0,00	C:	<b>0,7</b>
0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	INMAN σφ:	<b>3,24</b>
< 0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	FOLK & WARD σ <sub>1</sub> :	<b>3,01</b>
Summe	127,1	100,00		TRASK S <sub>0</sub> :	<b>5,07</b>
				SK <sub>1</sub>	<b>-0,29</b>
				K <sub>G</sub> :	<b>0,80</b>



Siebanalyse nach DIN 18123

Werte Run 2

Juli/Aug 2002

Projekt: **Troia**  
 Probenbezeichnung: **TRO-2008-NSG-1019-26**

Gesamtmasse Trockene Probe: **155,7 g**  
 Einwaage Siebanteil: **155,7 g**

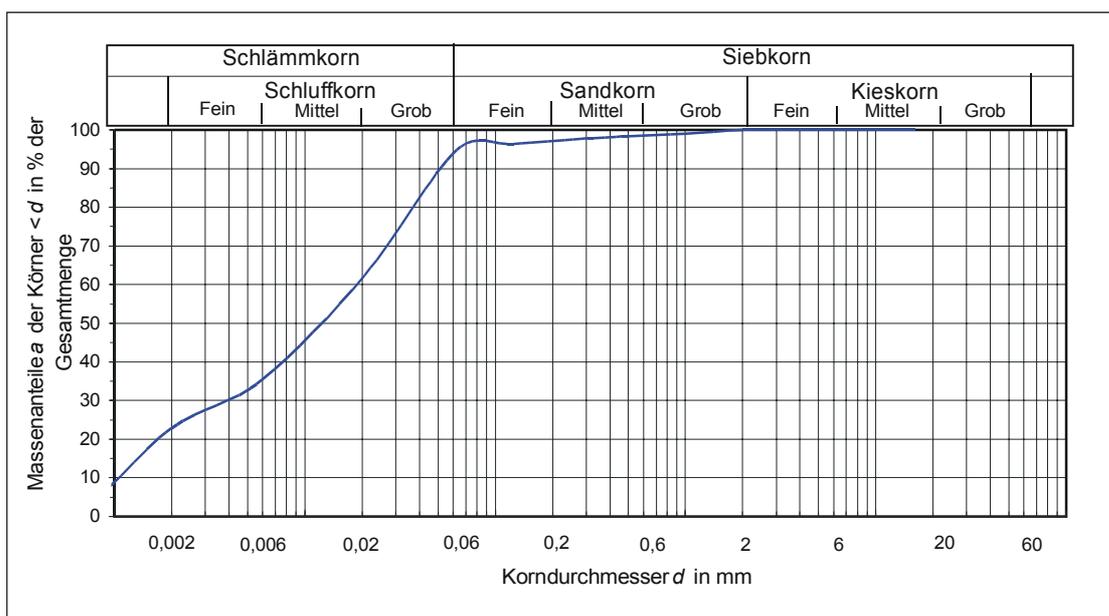
Lithologie: sandiger Schlufftonstein

● Trockensiebung

○ Naßsiebung

Siebverlust: 0,1%

Maschenweite mm	Rückstand g	Rückstand %	Summe %		
100	<b>0,00</b>	0,00	100,00		
16	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>5</sub> :	0,001
8	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>10</sub> :	0,001
4	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>16</sub> :	0,002
2	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>20</sub> :	0,002
1	<b>1,42</b>	0,91	99,09	d <sub>25</sub> :	0,003
0,5	<b>1,08</b>	0,70	98,39	d <sub>30</sub> :	0,004
0,28	<b>1,03</b>	0,66	97,73	d <sub>50</sub> :	0,014
0,125	<b>2,16</b>	1,39	96,34	d <sub>60</sub> :	0,019
0,063	<b>2,50</b>	1,61	94,73	d <sub>75</sub> :	0,037
0,02068	<b>50,44</b>	32,43	62,30	d <sub>84</sub> :	0,049
0,006	<b>41,99</b>	27,00	35,30	d <sub>95</sub> :	0,073
0,002	<b>19,45</b>	12,51	22,80	U:	<b>15,8</b>
0,000621	<b>35,46</b>	22,80	0,00	C:	<b>0,8</b>
0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	INMAN σφ:	<b>2,47</b>
< 0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	FOLK & WARD σ <sub>1</sub> :	<b>2,19</b>
Summe	155,5	100,00		TRASK S <sub>0</sub> :	<b>3,71</b>
				SK <sub>1</sub> :	<b>-0,26</b>
				K <sub>G</sub> :	<b>0,68</b>



## Siebanalyse nach DIN 18123

Juli/Aug 2002

Projekt: **Troia**Probenbezeichnung: **TRO-2008-NSG-1019-97-89**Gesamtmasse Trockene Probe: **113,8 g**Einwaage Siebanteil: **113,8 g**

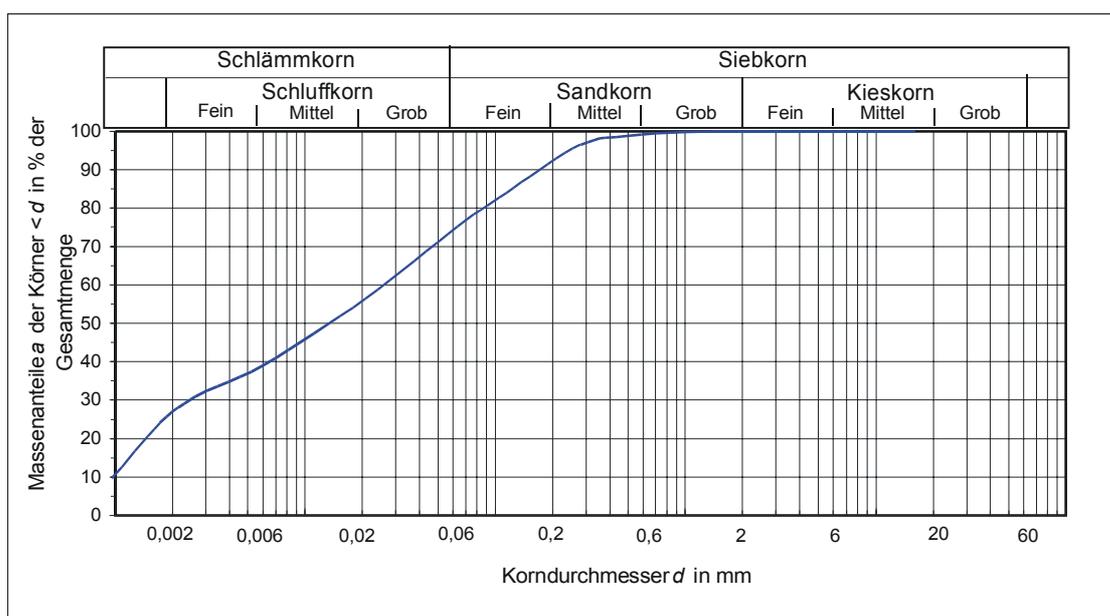
Siebverlust: 0,1%

Lithologie: sandiger Schlufftonstein

● Trockensiebung

○ Naßsiebung

Maschenweite mm	Rückstand g	Rückstand %	Summe %		
100	<b>0,00</b>	0,00	100,00		
16	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>5</sub> :	0,001
8	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>10</sub> :	0,001
4	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>16</sub> :	0,001
2	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>20</sub> :	0,002
1	<b>0,20</b>	0,18	99,82	d <sub>25</sub> :	0,002
0,5	<b>1,10</b>	0,97	98,86	d <sub>30</sub> :	0,003
0,28	<b>2,70</b>	2,37	96,48	d <sub>50</sub> :	0,015
0,125	<b>12,80</b>	11,26	85,23	d <sub>60</sub> :	0,029
0,063	<b>11,60</b>	10,20	75,02	d <sub>75</sub> :	0,063
0,02068	<b>21,35</b>	18,78	56,25	d <sub>84</sub> :	0,118
0,006	<b>19,55</b>	17,19	39,06	d <sub>95</sub> :	0,260
0,002	<b>13,81</b>	12,14	26,91	U:	<b>25,7</b>
0,000621	<b>30,60</b>	26,91	0,00	C:	<b>0,3</b>
0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	INMAN $\sigma\phi$ :	<b>3,18</b>
< 0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	FOLK & WARD $\sigma_1$ :	<b>2,83</b>
Summe	113,7	100,00		TRASK S <sub>0</sub> :	<b>5,75</b>
				SK <sub>1</sub> :	<b>-0,04</b>
				KG:	<b>0,67</b>



## Siebanalyse nach DIN 18123

Juli/Aug 2002

Projekt: **Troia**Probenbezeichnung: **TRO-2008-NSG-1019-114**Gesamtmasse Trockene Probe: **544,8 g**Einwaage Siebanteil: **544,8 g**

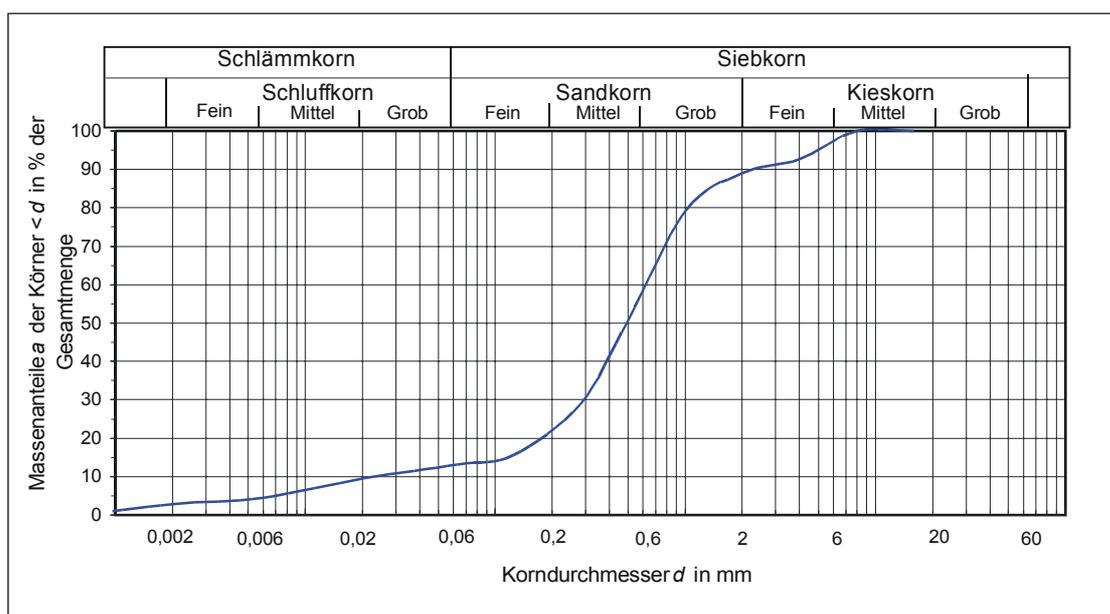
Siebverlust: 0,1%

Lithologie: tonig, schluffiger Sandkiesstein

● Trockensiebung

○ Naßsiebung

Maschenweite mm	Rückstand g	Rückstand %	Summe %		
100	<b>0,00</b>	0,00	100,00		
16	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>5</sub> :	0,007
8	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>10</sub> :	0,026
4	<b>39,50</b>	7,26	92,74	d <sub>16</sub> :	0,130
2	<b>20,00</b>	3,67	89,07	d <sub>20</sub> :	0,177
1	<b>53,30</b>	9,79	79,28	d <sub>25</sub> :	0,236
0,5	<b>154,60</b>	28,40	50,88	d <sub>30</sub> :	0,293
0,28	<b>120,60</b>	22,15	28,73	d <sub>50</sub> :	0,491
0,125	<b>71,60</b>	13,15	15,58	d <sub>60</sub> :	0,661
0,063	<b>13,50</b>	2,48	13,10	d <sub>75</sub> :	0,925
0,02068	<b>19,12</b>	3,51	9,59	d <sub>84</sub> :	1,482
0,006	<b>27,50</b>	5,05	4,54	d <sub>95</sub> :	5,243
0,002	<b>8,90</b>	1,63	2,90	U:	<b>25,8</b>
0,000621	<b>15,80</b>	2,90	0,00	C:	<b>5,1</b>
0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	INMAN $\sigma\phi$ :	<b>1,76</b>
< 0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	FOLK & WARD $\sigma_1$ :	<b>2,31</b>
Summe	544,4	100,00		TRASK S <sub>O</sub> :	<b>1,98</b>
				SK <sub>1</sub> :	<b>-0,19</b>
				KG:	<b>1,97</b>



## Siebanalyse nach DIN 18123

Juli/Aug 2002

Projekt: **Troia**Probenbezeichnung: **TRO-2808-NSS-1021-1**Gesamtmasse Trockene Probe: **212,4 g**Einwaage Siebanteil: **212,4 g**

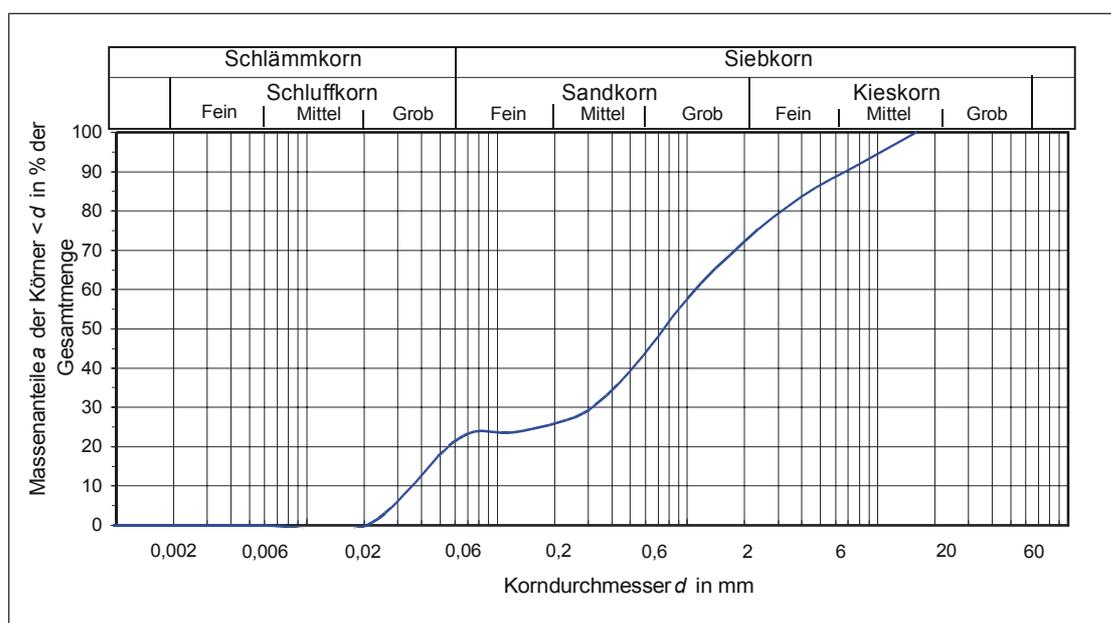
Siebverlust: -0,1%

Lithologie: schluffiger Sandkiesstein

● Trockensiebung

○ Naßsiebung

Maschenweite mm	Rückstand g	Rückstand %	Summe %		
100	<b>0,00</b>	0,00	100,00		
16	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>5</sub> :	0,030
8	<b>17,30</b>	8,14	91,86	d <sub>10</sub> :	0,040
4	<b>17,70</b>	8,33	83,54	d <sub>16</sub> :	0,051
2	<b>24,50</b>	11,52	72,01	d <sub>20</sub> :	0,059
1	<b>30,80</b>	14,49	57,53	d <sub>25</sub> :	0,166
0,5	<b>39,00</b>	18,34	39,18	d <sub>30</sub> :	0,312
0,28	<b>22,90</b>	10,77	28,41	d <sub>50</sub> :	0,795
0,125	<b>9,90</b>	4,66	23,75	d <sub>60</sub> :	1,171
0,063	<b>3,50</b>	1,65	22,11	d <sub>75</sub> :	2,518
0,02068	<b>47,00</b>	22,11	0,00	d <sub>84</sub> :	4,222
0,006	<b>0,00</b>	0,00	0,00	d <sub>95</sub> :	11,084
0,002	<b>0,00</b>	0,00	0,00	U:	<b>29,4</b>
0,000621	<b>0,00</b>	0,00	0,00	C:	<b>2,1</b>
0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	INMAN $\sigma\phi$ :	<b>3,18</b>
< 0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	FOLK & WARD $\sigma_1$ :	<b>2,88</b>
Summe	212,6	100,00		TRASK S <sub>O</sub> :	<b>3,89</b>
				SK <sub>1</sub> :	<b>-0,18</b>
				K <sub>G</sub> :	<b>0,89</b>



# Siebanalyse nach DIN 18123

Juli/Aug 2002

Projekt: **Troia**  
 Probenbezeichnung: **TRO-2808-NSS-1021-2**

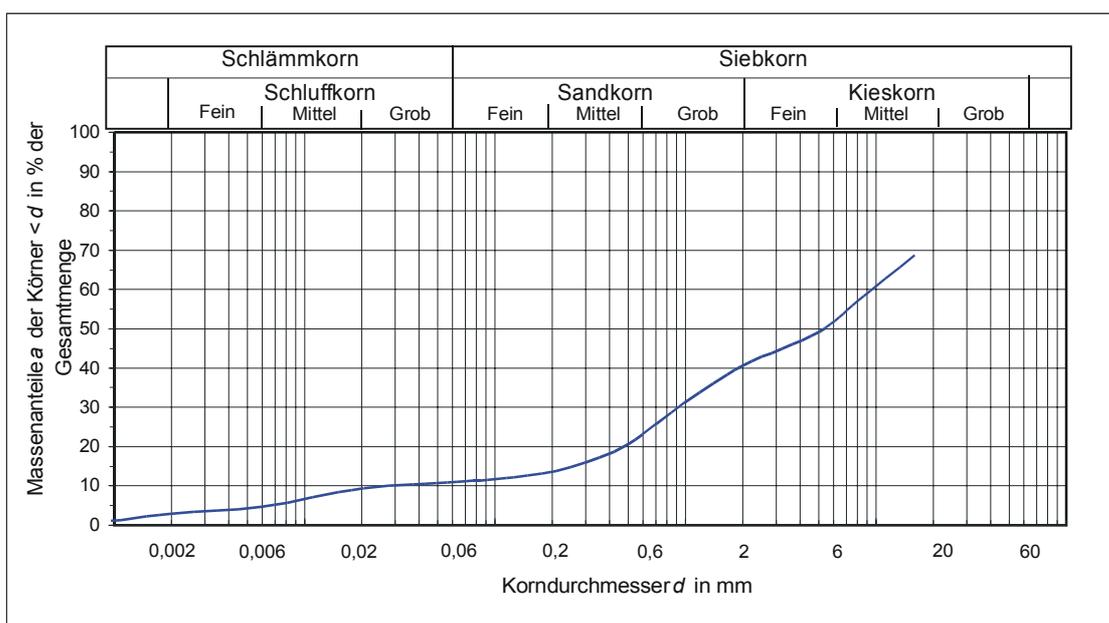
Gesamtmasse Trockene Probe: **522,9 g**  
 Einwaage Siebanteil: **522,9 g**

Lithologie: tonig, schluffiger Kiessandstein

● Trockensiebung  
 ○ Naßsiebung

Siebverlust: 0,0%

Maschenweite mm	Rückstand g	Rückstand %	Summe %		
100	<b>0,00</b>	0,00	100,00		
16	<b>164,00</b>	31,38	68,62	d <sub>5</sub> :	0,007
8	<b>61,20</b>	11,71	56,92	d <sub>10</sub> :	0,035
5	<b>40,50</b>	7,75	49,17	d <sub>16</sub> :	0,303
2	<b>44,70</b>	8,55	40,62	d <sub>20</sub> :	0,474
1	<b>48,20</b>	9,22	31,39	d <sub>25</sub> :	0,704
0,5	<b>56,40</b>	10,79	20,60	d <sub>30</sub> :	0,935
0,25	<b>30,60</b>	5,85	14,75	d <sub>50</sub> :	5,322
0,125	<b>13,30</b>	2,54	12,21	d <sub>60</sub> :	10,107
0,063	<b>5,70</b>	1,09	11,12	d <sub>75</sub> :	17,486
0,02068	<b>8,75</b>	1,67	9,44	d <sub>84</sub> :	19,585
0,006	<b>24,32</b>	4,65	4,79	d <sub>95</sub> :	22,150
0,002	<b>10,04</b>	1,92	2,87	<b>U:</b>	<b>290,4</b>
0,000621	<b>14,99</b>	2,87	0,00	<b>C:</b>	<b>2,5</b>
0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	<b>INMAN σφ:</b>	<b>3,01</b>
< 0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	<b>FOLK &amp; WARD σ<sub>1</sub>:</b>	<b>3,28</b>
Summe	522,7	100,00		<b>TRASK S<sub>O</sub>:</b>	<b>4,98</b>
				<b>SK<sub>1</sub></b>	<b>-0,51</b>
				<b>K<sub>G</sub>:</b>	<b>1,03</b>



## Siebanalyse nach DIN 18123

Juli/Aug 2002

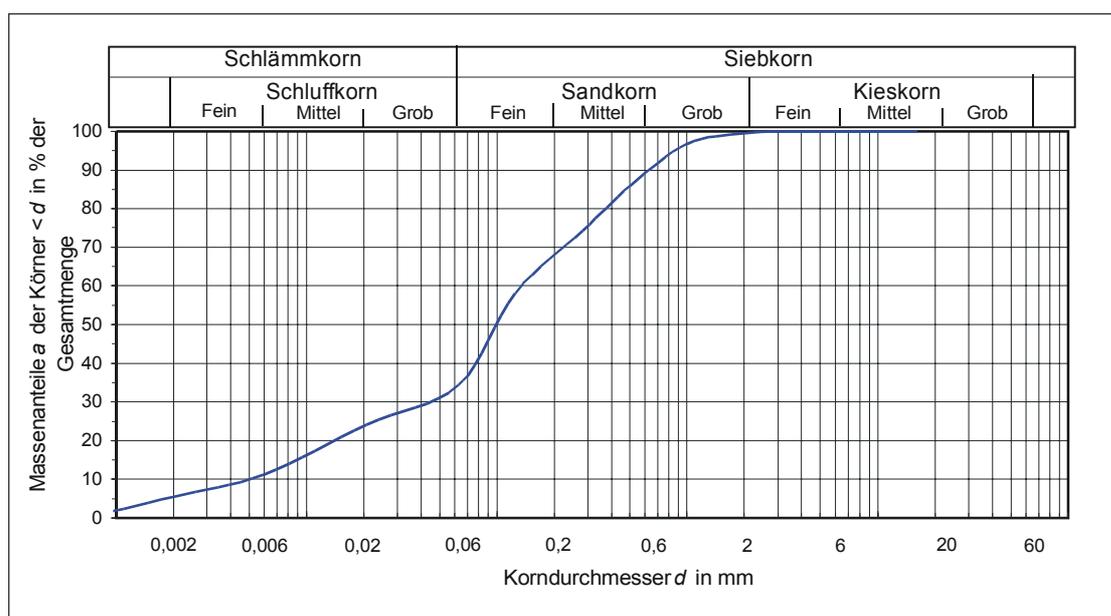
Projekt: **Troia**Probenbezeichnung: **TRO-0508-RNG-1023**Gesamtmasse Trockene Probe: **146,5 g**Einwaage Siebanteil: **146,5 g**Siebverlust: **0,5%**

Lithologie: toniger Sandschluffstein

● Trockensiebung

○ Naßsiebung

Maschenweite mm	Rückstand g	Rückstand %	Summe %		
100	<b>0,00</b>	0,00	100,00		
16	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>5</sub> :	0,0019
8	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>10</sub> :	0,0052
4	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>16</sub> :	0,012
2	<b>0,80</b>	0,55	99,45	d <sub>20</sub> :	0,016
1	<b>4,10</b>	2,81	96,64	d <sub>25</sub> :	0,025
0,5	<b>15,70</b>	10,77	85,86	d <sub>30</sub> :	0,045
0,28	<b>17,10</b>	11,74	74,13	d <sub>50</sub> :	0,104
0,125	<b>23,30</b>	15,99	58,14	d <sub>60</sub> :	0,143
0,063	<b>34,60</b>	23,75	34,39	d <sub>75</sub> :	0,296
0,02068	<b>15,12</b>	10,38	24,01	d <sub>84</sub> :	0,465
0,006	<b>18,74</b>	12,86	11,15	d <sub>95</sub> :	0,924
0,002	<b>8,21</b>	5,63	5,52	U:	<b>27,6</b>
0,000621	<b>8,04</b>	5,52	0,00	C:	<b>2,7</b>
0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	INMAN $\sigma\phi$ :	<b>2,67</b>
< 0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	FOLK & WARD $\sigma_1$ :	<b>2,69</b>
Summe	145,7	100,00		TRASK S <sub>O</sub> :	<b>3,46</b>
				SK <sub>1</sub> :	<b>-0,24</b>
				K <sub>G</sub> :	<b>1,02</b>



# Siebanalyse nach DIN 18123

Juli/Aug 2002

Projekt: **Troia**  
 Probenbezeichnung: **TRO-0708-GOR-1026-1**

Gesamtmasse Trockene Probe: **415,3 g**  
 Einwaage Siebanteil: **415,3 g**

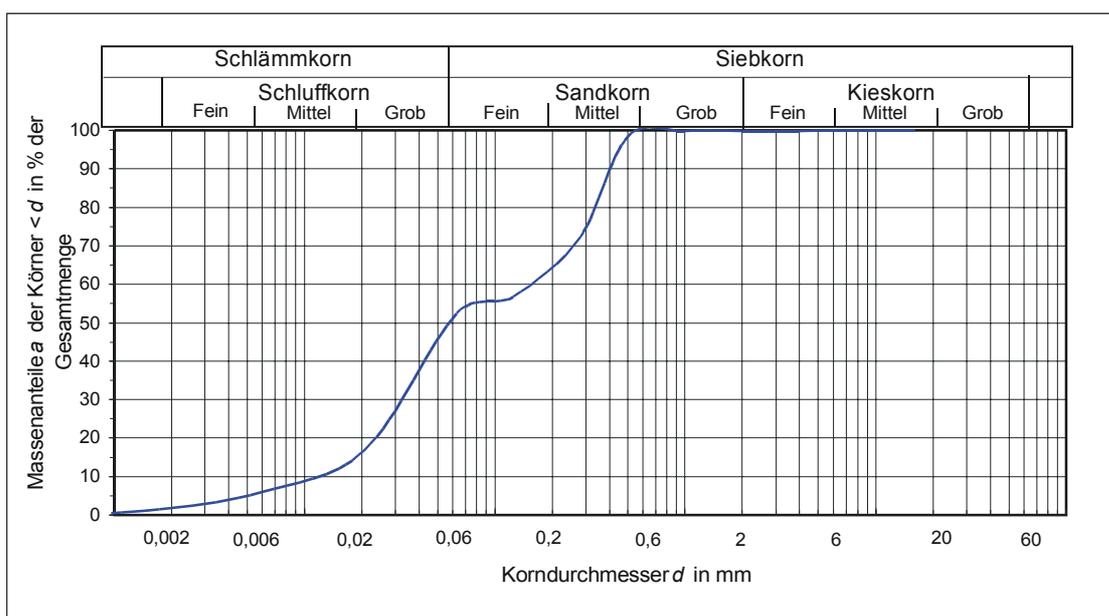
Lithologie: toniger Schluffsandstein

● Trockensiebung

○ Naßsiebung

Siebverlust: 0,1%

Maschenweite mm	Rückstand g	Rückstand %	Summe %		
100	<b>0,00</b>	0,00	100,00		
16	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>5</sub> :	0,005
8	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>10</sub> :	0,011
4	<b>0,40</b>	0,10	99,90	d <sub>16</sub> :	0,020
2	<b>0,10</b>	0,02	99,88	d <sub>20</sub> :	0,024
1	<b>0,30</b>	0,07	99,81	d <sub>25</sub> :	0,030
0,5	<b>6,20</b>	1,49	98,31	d <sub>30</sub> :	0,036
0,28	<b>107,70</b>	25,95	72,36	d <sub>50</sub> :	0,060
0,125	<b>65,10</b>	15,69	56,67	d <sub>60</sub> :	0,158
0,063	<b>17,60</b>	4,24	52,43	d <sub>75</sub> :	0,302
0,02068	<b>147,88</b>	35,63	16,80	d <sub>84</sub> :	0,379
0,006	<b>45,05</b>	10,86	5,94	d <sub>95</sub> :	0,472
0,002	<b>17,36</b>	4,18	1,76	U:	<b>13,7</b>
0,000621	<b>7,31</b>	1,76	0,00	C:	<b>0,7</b>
0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	INMAN σφ:	<b>2,14</b>
< 0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	FOLK & WARD σ <sub>1</sub> :	<b>2,06</b>
Summe	415,0	100,00		TRASK S <sub>O</sub> :	<b>3,15</b>
				SK <sub>1</sub>	<b>0,08</b>
				KG:	<b>0,81</b>



# Siebanalyse nach DIN 18123

Juli/Aug 2002

Projekt: **Troia**  
 Probenbezeichnung: **TRO-0908-RSZ-1029-17**

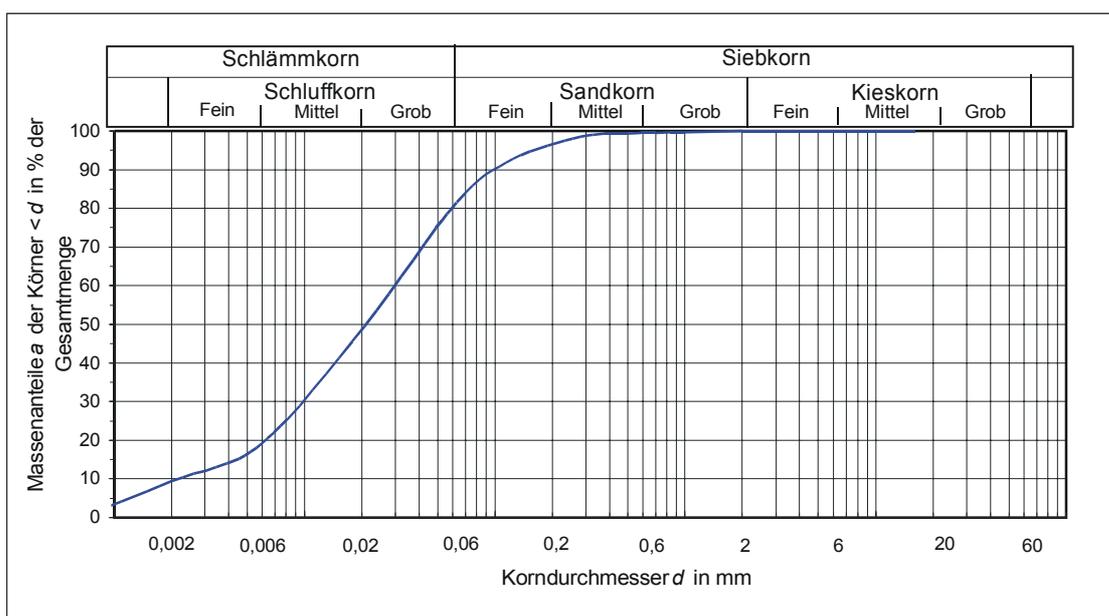
Gesamtmasse Trockene Probe: **120,8 g**  
 Einwaage Siebanteil: **120,8 g**

Lithologie: toniger Schluffsandstein

● Trockensiebung  
 ○ Naßsiebung

Siebverlust: 0,1%

Maschenweite mm	Rückstand g	Rückstand %	Summe %		
100	<b>0,00</b>	0,00	100,00		
16	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>5</sub> :	0,001
8	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>10</sub> :	0,002
4	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>16</sub> :	0,005
2	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>20</sub> :	0,006
1	<b>0,30</b>	0,25	99,75	d <sub>25</sub> :	0,009
0,5	<b>0,50</b>	0,41	99,34	d <sub>30</sub> :	0,011
0,28	<b>1,00</b>	0,83	98,51	d <sub>50</sub> :	0,021
0,125	<b>6,90</b>	5,72	92,79	d <sub>60</sub> :	0,035
0,063	<b>13,60</b>	11,27	81,52	d <sub>75</sub> :	0,054
0,02068	<b>38,74</b>	32,10	49,43	d <sub>84</sub> :	0,077
0,006	<b>36,50</b>	30,24	19,19	d <sub>95</sub> :	0,185
0,002	<b>11,89</b>	9,85	9,34	U:	<b>15,3</b>
0,000621	<b>11,27</b>	9,34	0,00	C:	<b>1,6</b>
0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	INMAN σφ:	<b>2,01</b>
< 0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	FOLK & WARD σ <sub>1</sub> :	<b>2,08</b>
Summe	120,7	100,00		TRASK S <sub>O</sub> :	<b>2,48</b>
				SK <sub>1</sub> :	<b>-0,10</b>
				KG:	<b>1,11</b>



## Siebanalyse nach DIN 18123

Juli/Aug 2002

Projekt: **Troia**Probenbezeichnung: **TRO-2008-RWA-1037-7**Gesamtmasse Trockene Probe: **96,2 g**Einwaage Siebanteil: **96,2 g**

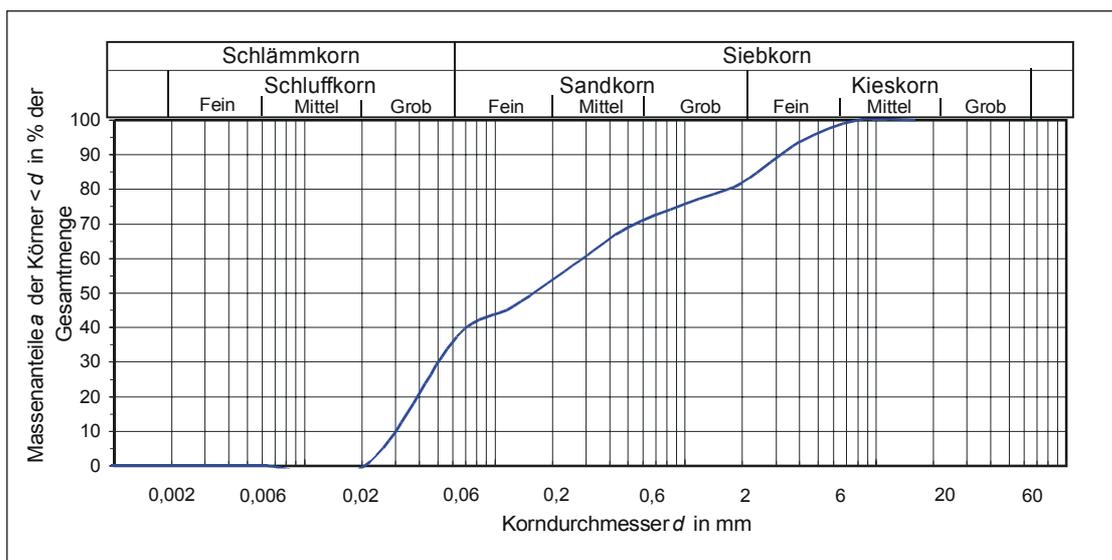
Siebverlust: 4,3%

Lithologie: kiesiger Schluffsandstein

● Trockensiebung

○ Naßsiebung

Maschenweite mm	Rückstand g	Rückstand %	Summe %		
100	<b>0,00</b>	0,00	100,00		
16	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>5</sub> :	0,026
8	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>10</sub> :	0,032
4	<b>5,70</b>	6,19	93,81	d <sub>16</sub> :	0,039
2	<b>10,90</b>	11,83	81,98	d <sub>20</sub> :	0,043
1	<b>5,70</b>	6,19	75,79	d <sub>25</sub> :	0,049
0,5	<b>6,30</b>	6,84	68,95	d <sub>30</sub> :	0,055
0,28	<b>8,70</b>	9,45	59,50	d <sub>50</sub> :	0,170
0,125	<b>12,30</b>	13,36	46,15	d <sub>60</sub> :	0,292
0,063	<b>8,10</b>	8,79	37,35	d <sub>75</sub> :	0,942
0,02068	<b>34,40</b>	37,35	0,00	d <sub>84</sub> :	2,342
0,006	<b>0,00</b>	0,00	0,00	d <sub>95</sub> :	4,768
0,002	<b>0,00</b>	0,00	0,00	U:	<b>9,1</b>
0,000621	<b>0,00</b>	0,00	0,00	C:	<b>0,3</b>
0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	INMAN $\sigma\phi$ :	<b>2,96</b>
< 0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	FOLK & WARD $\sigma_1$ :	<b>2,62</b>
Summe	92,1	100,00		TRASK S <sub>0</sub> :	<b>4,39</b>
				SK <sub>1</sub>	<b>0,28</b>
				K <sub>G</sub> :	<b>0,72</b>



# Siebanalyse nach DIN 18123

Juli/Aug 2002

Projekt: **Troia**  
 Probenbezeichnung: **TRO-2808-QKG-1038-1**

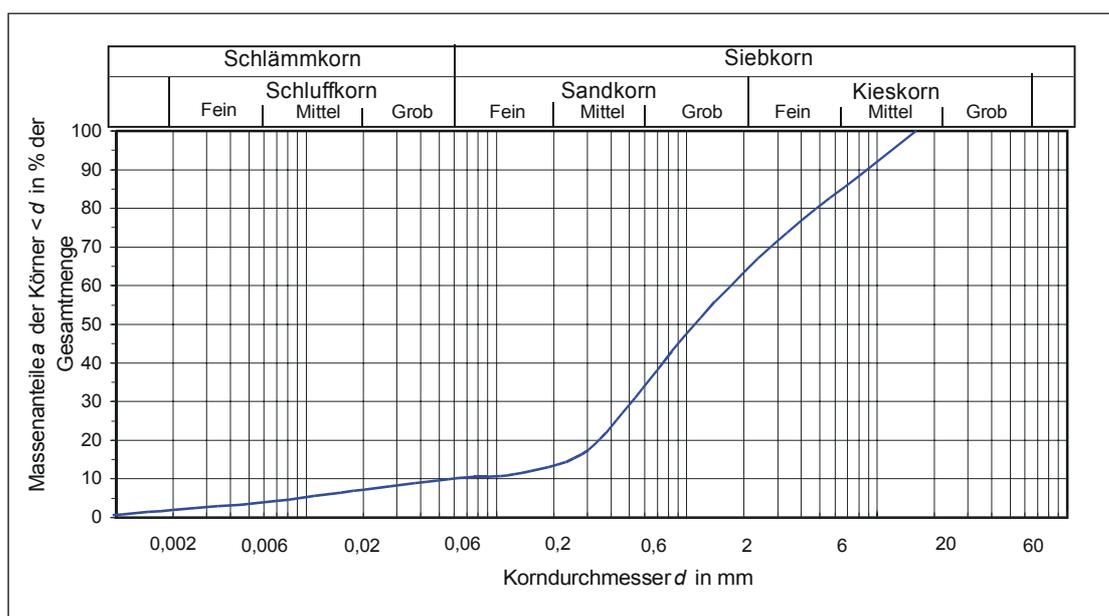
Gesamtmasse Trockene Probe: **203,5 g**  
 Einwaage Siebanteil: **203,5 g**

Lithologie: tonig, schluffiger Kiessandstein

● Trockensiebung  
 ○ Naßsiebung

Siebverlust: 0,0%

Maschenweite mm	Rückstand g	Rückstand %	Summe %		
100	<b>0,00</b>	0,00	100,00		
16	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>5</sub> :	0,011
8	<b>23,90</b>	11,75	88,25	d <sub>10</sub> :	0,060
4	<b>23,50</b>	11,55	76,70	d <sub>16</sub> :	0,269
2	<b>27,10</b>	13,32	63,37	d <sub>20</sub> :	0,343
1	<b>32,30</b>	15,88	47,50	d <sub>25</sub> :	0,430
0,5	<b>37,60</b>	18,48	29,01	d <sub>30</sub> :	0,527
0,28	<b>25,70</b>	12,63	16,38	d <sub>50</sub> :	1,158
0,125	<b>10,60</b>	5,21	11,16	d <sub>60</sub> :	1,787
0,063	<b>2,00</b>	0,98	10,18	d <sub>75</sub> :	3,745
0,02068	<b>5,89</b>	2,90	7,29	d <sub>84</sub> :	6,528
0,006	<b>6,89</b>	3,39	3,90	d <sub>95</sub> :	12,596
0,002	<b>3,77</b>	1,85	2,05	U:	<b>29,6</b>
0,000621	<b>4,16</b>	2,05	0,00	C:	<b>2,6</b>
0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	INMAN σφ:	<b>2,30</b>
< 0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	FOLK & WARD σ <sub>1</sub> :	<b>2,69</b>
Summe	203,4	100,00		TRASK S <sub>O</sub> :	<b>2,95</b>
				SK <sub>1</sub>	<b>-0,12</b>
				K <sub>G</sub> :	<b>1,34</b>



## Siebanalyse nach DIN 18123

Juli/Aug 2002

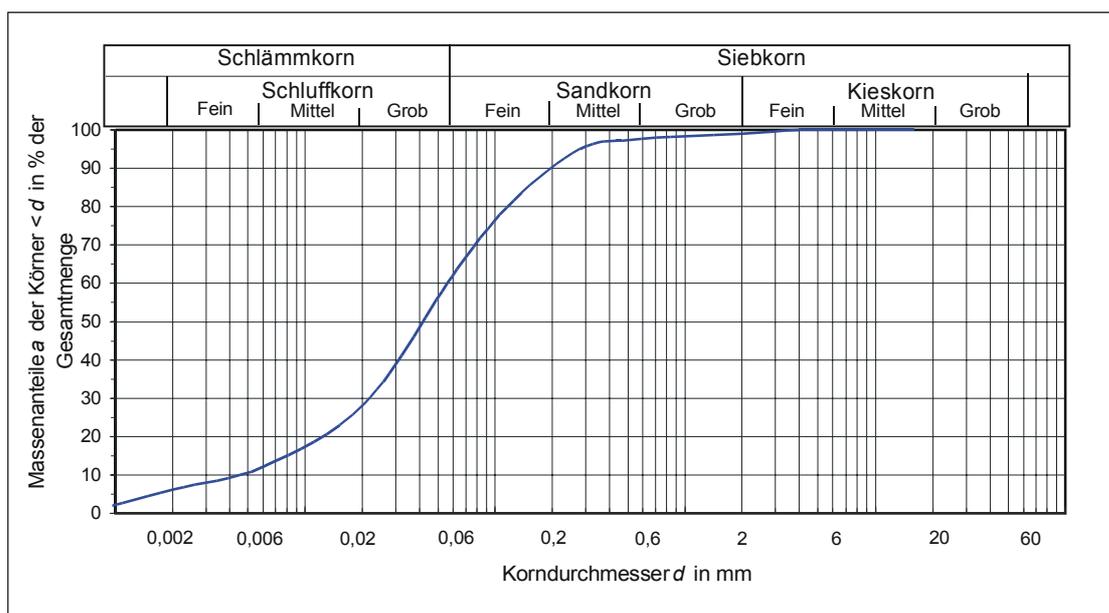
Projekt: **Troia**Probenbezeichnung: **TRO-2808-QKG-1038-2**Gesamtmasse Trockene Probe: **187,3 g**Einwaage Siebanteil: **187,3 g**Siebverlust: **0,2%**

Lithologie: toniger Schluffsandstein

● Trockensiebung

○ Naßsiebung

Maschenweite mm	Rückstand g	Rückstand %	Summe %		
100	<b>0,00</b>	0,00	100,00		
16	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>5</sub> :	0,002
8	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>10</sub> :	0,005
4	<b>0,00</b>	0,00	100,00	d <sub>16</sub> :	0,009
2	<b>1,80</b>	0,96	99,04	d <sub>20</sub> :	0,013
1	<b>1,20</b>	0,64	98,40	d <sub>25</sub> :	0,017
0,5	<b>1,90</b>	1,02	97,38	d <sub>30</sub> :	0,022
0,28	<b>4,30</b>	2,30	95,08	d <sub>50</sub> :	0,046
0,125	<b>25,40</b>	13,58	81,50	d <sub>60</sub> :	0,058
0,063	<b>33,10</b>	17,70	63,80	d <sub>75</sub> :	0,102
0,02068	<b>65,69</b>	35,13	28,67	d <sub>84</sub> :	0,154
0,006	<b>31,00</b>	16,58	12,09	d <sub>95</sub> :	0,279
0,002	<b>11,01</b>	5,89	6,20	U:	<b>12,8</b>
0,000621	<b>11,60</b>	6,20	0,00	C:	<b>1,9</b>
0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	INMAN σφ:	<b>2,01</b>
< 0,000313	<b>0,00</b>	0,00	0,00	FOLK & WARD σ <sub>1</sub> :	<b>2,12</b>
Summe	187,0	100,00		TRASK S <sub>O</sub> :	<b>2,42</b>
				SK <sub>1</sub>	<b>-0,22</b>
				KG:	<b>1,18</b>



## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der Dünnschliffe

Schliffnr.	Komponenten	Farbe	Pleochroismus	Spaltbarkeit	Auslöschung /- schiefe	Kristallform/ Rundung	Lichtbrechung	quantitativ (abgeschätzt)
<b>1019-16</b>	karbonat. Matrix	hellgrau	keiner	nicht sichtbar	nicht sichtbar	nicht sichtbar	ca. 1,5-1,6	70 — 75 %
	Quarz	hellgrau, hellgelb	keiner		undulös	schlecht bis kantengerunde	höher als Matrix	20 — 25 %
	Gesteinsfragmente	unterschiedlich	keiner	unterschiedlich	unterschiedlich	gut, tw. angewittert	höher als Matrix	2 — 3 %
	Feldspäte	farblos	keiner	gut	gerade	schlecht gerundet	höher als Matrix	akzessorisch
	Glimmer	farblos	keiner	gut		faserig, länglich	ähnlich wie Matrix	akzessorisch
<b>1019-42</b>	Olivine	bläuhellgelb-grün	leichter Farbpleo.	keine	gerade	schlecht gerundet	höher als Matrix	akzessorisch
	karbonat. Matrix	hellgraubraun	keiner	nicht sichtbar	nicht sichtbar	nicht sichtbar	ca. 1,5-1,6	75 — 80 %
	Peloide	hellbraun	keiner	keine		rundliche Aggregate		15 — 20 %
	Biogene, rekristallisiert	hellbraun	keiner	keine		schlecht bis kantengerundet	ähnlich wie Matrix	2 — 3 %
	Quarz	farblos	keiner	keine	undulös	schlecht bis kantengerundet	höher als Matrix	1 — 2 %
Opakminerale	schwarz	keiner	keine		sehr schlecht gerundet	niedriger als Matrix	1 — 2 %	

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der Dünnschliffe

Schliffnr.	Komponenten	Besonderheiten (Zonarbau, Einschlüsse, Zwillinge, Oberfläche)	Porosität (nach ARCHIE; 1952 und CHOQUETTE & PRAY; 1970)	Klassifizierung (nach DUNHAM; 1962 und FOLK; 1962)	sedimentologische Merkmale	Foto
<b>1019-16</b>	karbonat. Matrix Quarz Gesteinsfragmente Feldspäte Glimmer Olivine	mikritisch unterschiedliche Größe, bis Durchmesser von 0,2 mm; mono-, polykristallin Quarzite, Metamorphite polykristalline Verzwilligung überwiegend Hellglimmer kleine Körner	Matrixporosität I: 2-5 % sichtbare Porosität: 5 %, vugs, channels	Dunham: wacke- /packstone Folk: Intramikrit	matrixgestützt	Übersicht: 2,5x10
<b>1019-42</b>	karbonat. Matrix Peloide Biogene, rekristallisiert Quarz Opakminerale	mikritisch dunkel, rundlich, klein, keine Lagen erkennbar rekristallisiert mit feinkörnigem kalzit. Material, länglich, gebogen; auch kleinere, dünnchalige, zerbrochene in Bereichen gehäuft, sonst schwimmen einzelne Körner in der Matrix dispers verteilt, klein	Matrixporosität: I/II: 2-5%; 15% sichtbare Porosität: shelter, intraparticle, Klufporosität	Dunham: mudstone Folk: Mikrit		Übersicht: 5x10 Übersicht: 5x10

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der Dünnschliffe

Schliffnr.	Komponenten	Farbe	Pleochroismus	Spaltbarkeit	Auslöschung /- schiefe	Kristallform/ Rundung	Lichtbrechung	quantitativ (abgeschätzt)
<b>1019-87</b>	karbonat. Matrix	bräunlich, grau	keiner	nicht sichtbar	nicht sichtbar	nicht sichtbar	ca. 1,5-1,6	50 — 60 %
	Quarz	farblos	keiner	keine	undulös	schlecht bis kantengerundet	höher als Matrix	25 — 30 %
	Biogene, rekristallisiert	bräunlich (Fe-Oxide)	keiner	keine		schlecht bis kantengerundet	ähnlich wie Matrix	15 — 20 %
	Glimmer	farblos	keiner	gute bis sehr gute	gerade	faserig, länglich	ähnlich wie Matrix	1 — 2 %
	Opakminerale	schwarz	keiner	keine		sehr schlecht gerundet	niedriger als Matrix	akzessorisch
<b>1019-97/89</b>	karbonat. Matrix	hellbraun	keiner	nicht sichtbar	nicht sichtbar	nicht sichtbar	ca. 1,5-1,6	75 — 80 %
	Gesteinsfragmente	unterschiedlich	keiner	unterschiedlich	tw. gerade	kanten- bis gut gerundet	höher als Matrix	10 %
	Quarz	farblos	keiner	keine	tw. undulös	kantengerundet	höher als Matrix	7 — 10 %
	Feldspäte (Plg)	farblos	keiner	gute	gerade	schlecht bis kantengerundet		3 %
	Opakminerale	schwarz	keiner	keine		sehr schlecht gerundet	niedriger als Matrix	1 — 2 %

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der Dünnschliffe

Schliffnr.	Komponenten	Besonderheiten (Zonarbau, Einschlüsse, Zwillinge, Oberfläche)	Porosität (nach ARCHIE; 1952 und CHOQUETTE & PRAY; 1970)	Klassifizierung (nach DUNHAM; 1962 und FOLK; 1962)	sedimentologische Merkmale	Foto
<b>1019-87</b>	karbonat. Matrix Quarz Biogene, rekristallisiert Glimmer Opakminerale	spartitisch, mikritisch monokristallin Schalenreste, eingeregelt, gebogen, einklappig, meist nadelig, länglich; eingeregelt dispers verteilt, klein	Matrixporosität: II: 15% sichtbare Porosität: interkristallin, interparticle	Dunham: wacke-/nackstone Folk: Intrabiosparit	komponentengestützt	Übersicht: 5x10
<b>1019-97/89</b>	karbonat. Matrix Gesteinsfragmente Quarz Feldspäte (Plg) Opakminerale	mikritisch, spartitisch enthalten u.a. Quarz, Feldspäte, tw. stark rekristallisiert, einzelne größere Körner mono- und polykristallin polysynthetische Zwillinge: Plagioklase dispers verteilt, klein	Matrixporosität: I/II: 2-5%; 15% sichtbare Porosität: Hohlräume 7-8% (inkl. Schleifverluste)	Dunham: wacke-/packstone Folk: Intersparit, Intramikrit		Übersicht: 5x10

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der Dünnschliffe

Schliffnr.	Komponenten	Farbe	Pleochroismus	Spaltbarkeit	Auslöschung /- schiefe	Kristallform/ Rundung	Lichtbrechung	quantitativ (abgeschätzt)
<b>1019-103</b>	karbonat. Matrix	hellgrau	keiner	nicht sichtbar	nicht sichtbar	nicht sichtbar	ca. 1,5-1,6	97 — 98 %
	Quarz	farblos	keiner	keine	undulös	schlecht bis kantengerundet	höher als Matrix	2 — 3 %
	Peloide	hellbraun	keiner	keine		rundliche Aggregate		akzessorisch
	Opakminerale	schwarz	keiner	keine		sehr schlecht gerundet	niedriger als Matrix	akzessorisch
<b>1019-105</b>	Ooide	bräunlich, gelblich	keiner	keine		gut	ähnlich wie Matrix	50 — 60 %
	karbonat. Matrix	hellgrau	keiner	nicht sichtbar	nicht sichtbar	nicht sichtbar	ca. 1,5-1,6	40 — 50 %
<b>1019-115</b>	Calcit	hellgrau	keiner	keine		nicht		100 %
	Fe-Oxide	rotbraun	keiner	keine		nicht		akzessorisch

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der Dünnschliffe

Schliffnr.	Komponenten	Besonderheiten (Zonarbau, Einschlüsse, Zwillinge, Oberfläche)	Porosität (nach ARCHIE ; 1952 und CHOQUETTE & PRAY; 1970)	Klassifizierung (nach DUNHAM; 1962 und FOLK; 1962)	sedimentologische Merkmale	Foto
<b>1019-103</b>	karbonat. Matrix  Quarz  Peloide  Opakminerale	mikritisch, tw. spartitisch, beinhaltet unterschiedlich stark umgewandelte Karbonat- Kristalle mono- und polykristallin  in Zonen angereichert, sonst selten  dispers verteilt, klein	große Hohlräume durch Schleifen, Porosität: nicht abschätzbar	Dunham: mudstone  Folk: Mikrit		Übersicht: 2,5x10
<b>1019-105</b>	Ooide  karbonat. Matrix	lagig, konzentrisch, tw. radialstrahlig, untersch. Kerne: Quarze, Gesteinsfragmente  mikritisch, seltener spartitisch	Matrixporosität III: 5-7 %  sichtbare Porosität: 15 % Hohlräume, interparticle, moldic	Dunham: pack-/ grainstone  Folk: Oomikrit	Fazieswechsel zwischen eingeschalteten mikritischen Lagen und Ooidlagen  oben-unten-Kriterien erkennbar	Fazieswechsel: 2,5x10  Porosität: 5x10
<b>1019-115</b>	Stromatolith  Fe-Oxide	dicht, mikritisch  um einzelne Lagen	Matrixporosität I: 2-5 %  sichtbare Porosität: 15 % Hohlräume	Stromatolith	lagig, laminiert	Porosität: 2,5x10

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der Dünnschliffe

Schliffnr.	Komponenten	Farbe	Pleochroismus	Spaltbarkeit	Auslöschung /- schiefe	Kristallform/ Rundung	Licht- brechung	quantitativ (abgeschätzt)
<b>1019-117</b>	Matrix	braun	keiner	nicht sichtbar	nicht sichtbar	nicht sichtbar	ca. 1,5-1,6	85 — 90 %
	Quarz	farblos	keiner	keine	tw. undulös	kanten- bis gut gerundet	höher als Matrix	5 — 10 %
	Gesteinsfragmente	unterschiedlich	keiner	unterschiedlich	unterschiedlich	kanten- bis gut gerundet	höher als Matrix	3 — 5 %
	Feldspäte	farblos	keiner	gut	gerade	schlecht gerundet		akzessorisch
<b>1022</b>	Ooide	bräunlich, gelblich	keiner	keine		gut gerundet	ähnlich wie Matrix	akzessorisch
	karbonat. Matrix	hellgraubraun	keiner	nicht sichtbar	nicht sichtbar	nicht sichtbar	ca. 1,5-1,6	96 — 98 %
	Ooide	bräunlich, gelblich	keiner	keine		gut gerundet	ähnlich wie Matrix	1 — 2 %
<b>1024</b>	Quarz	farblos	keiner	keine	undulös	schlecht bis kantengerundet		1 — 2 %
	karbonat. Matrix	hellgraubraun	keiner	nicht sichtbar	nicht sichtbar	nicht sichtbar	ca. 1,5-1,6	50 — 55 %
	Ooide	bräunlich, gelblich	keiner	keine		gut gerundet	ähnlich wie Matrix	35 — 40 %
	Biogene, rekristallisiert	bräunlich, gelblich	keiner	keine		nicht gerundet	ähnlich wie Matrix	10 — 20 %

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der Dünnschliffe

Schliffnr.	Komponenten	Besonderheiten (Zonarbau, Einschlüsse, Zwillinge, Oberfläche)	Porosität (nach ARCHIE; 1952 und CHOQUETTE & PRAY; 1970)	Klassifizierung (nach DUNHAM; 1962 und FOLK; 1962)	sedimentologische Merkmale	Foto
<b>1019-117</b>	Matrix Quarz Gesteinsfragmente Feldspäte Ooide	mikritisch, um Komponenten feinkörniger, tw. Meniskuszement mono- und polykristallin; tw. stark alteriert, umkrustet von feinkristallinen karbonatischen Material quarzreich, angelöst, häufig umkrustet tw. serizitisiert, angelöst überwiegend Radialooide mit konzentrischem Schalenbau	Matrixporosität: I/II: 2-5; 15 % Zwickelporen 5-10%	Dunham: wackestone Folk: Intramikrit		Übersicht: 5x10
<b>1022</b>	karbonat. Matrix Ooide Quarz	mikritisch, zwischen Ooiden größer als Nukleos: Quarz, tw fehlender Kern auffällig klein, mono- und polykristallin	Matrixporosität I-II: 2-5; 15 % sichtbare Porosität: bis 20 %; vugs, channels, Ooidkerne fehlen	Dunham: mudstone Folk: intaklast bearing micrite	in Bereichen zusammengespült	Übersicht: 2 2,5x10 Ooidbild: 5x10
<b>1024</b>	karbonat. Matrix Ooide Biogene, rekristallisiert	spartisch, selten mikritisch; bilden tw. Strukturen nach Nukleos: Quarze, GBS., meist kleine Kerne, viele Krusten, radialstrahlig zerbrochen, auch Schneckenhäuser	Matrixporosität III: 5-7 % sichtbare Porosität: 10-20 % intraparticle, moldic, channel	Dunham: wacke-/packstone Folk: Oosparit	Sinterkruste am Rand, tw. Ooide abgeschnitten	Übersicht: 2 2,5x10 Übergang: 5 5x10 Sinterbild: 5 5x10

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der Dünnschliffe

Schliffnr.	Komponenten	Farbe	Pleochroismus	Spaltbarkeit	Auslöschung /- schiefe	Kristallform/ Rundung	Lichtbrechung	quantitativ (abgeschätzt)
<b>1026-2</b>	karbonat. Matrix	farblos	keiner	nicht sichtbar	nicht sichtbar	nicht sichtbar	ca. 1,5-1,6	60 — 70 %
	Quarz	farblos	keiner	keine	undulös	sehr schlecht gerundet	höher als Matrix	20 — 30 %
	Biogene, rekristallisiert	bräunlich	keiner	unterschiedlich		schlecht bis kantengerundet		10 — 20 %
	Gesteinsfragmente	farblos	keiner		gerade	schlecht bis kantengerundet	höher als Matrix	akzessorisch
<b>1026-3</b>	karbonat. Matrix	farblos	keiner	nicht sichtbar	nicht sichtbar	nicht sichtbar	ca. 1,5-1,6	60 — 80 %
	Biogene, rekristallisiert	hellgrau, hellgelb	keiner	keine		schlecht bis kantengerundet	ähnlich wie Matrix	15 — 20 %
	Quarz	farblos	keiner	keine	undulös	schlecht bis kantengerundet	höher als Matrix	5 — 10 %
	Gesteinsfragmente	unterschiedlich	keiner	unterschiedlich	unterschiedlich	gut gerundet		5 — 10 %
	Opakminerale	schwarz	keiner	keine		sehr schlecht gerundet	niedriger als Matrix	akzessorisch
Feldspäte	farblos	keiner	gut	gerade			akzessorisch	
Fe-Oxide	rotbraun	keiner	keine			sehr schlecht gerundet		akzessorisch

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der Dünnschliffe

Schliffnr.	Komponenten	Besonderheiten (Zonarbau, Einschlüsse, Zwillinge, Oberfläche)	Porosität (nach ARCHIE ; 1952 und CHOQUETTE & PRAY; 1970 )	Klassifizierung (nach DUNHAM; 1962 und FOLK; 1962 )	sedimentologische Merkmale	Foto
<b>1026-2</b>	karbonat. Matrix  Quarz  Biogene, rekristallisiert  Gesteinsfragmente	spartitisch, selten mikritisch  einige Körner umkrustet  Schalen, tw. kalzitisch verfüllt, hohl oder zu Mikrit umgewandelt; Lagen von größeren hohlen Schalen	Matrixporosität: I: 2-5 %  sichtbare Porosität: intraparticle	Dunham: packstone  Folk: Intrasparit	komponentengestützt, Kreuzschichtung (undeutlich)	Übersicht: 5x10  Hohlraumfüllung 2,5x10
<b>1026-3</b>	karbonat. Matrix  Biogene, rekristallisiert  Quarz  Gesteinsfragmente  Opakminerale  Feldspäte  Fe-Oxide	spartitisch, körnig  tw. verfüllt mit Karbonat (Sparit), feiner mikritischer Saum um die Biogenreste  Chagrin; mono-, polykristallin  unterschiedliche Zusammensetzung (Qz, Fsp, Opakmin.), angewittert  dispers verteilt, klein	Matrixporosität: I/II: 2-5 %; 15 %  sichtbare Porosität: Hohlräume 10-15 % (inkl. Schleifverluste); moldic	Dunham: wackepackstone  Folk: Biosparit, Biomikrit		Übersicht: 2,5x10
		Anreicherungen in bestimmten Bereichen, durchschneiden				

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der Dünnschliffe

Schliffnr.	Komponenten	Farbe	Pleochroismus	Spaltbarkeit	Auslöschung /- schiefe	Kristallform/ Rundung	Lichtbrechung	quantitativ (abgeschätzt)
<b>1029-1</b>	karbonat. Matrix	wolkig, graubraun	keiner	nicht sichtbar	nicht sichtbar	nicht sichtbar	ca. 1,5-1,6	90 — 93 %
	Quarz	farblos	keiner	Chagrin	gerade, ungerade	schlecht gerundet	höher als Matrix	5 — 7 %
	Feldspäte	farblos	keiner	gut	gerade	schlecht gerundet	höher als Matrix	1 — 2 %
	Gesteinsfragmente	hell	keiner	keine	unterschiedlich	angelöst, tw. umgewandelt	höher als Matrix	1 — 2 %
<b>1030-4</b>	karbonat. Matrix	hellgraubraun	keiner	nicht sichtbar	nicht sichtbar	nicht sichtbar	ca. 1,5-1,6	60 — 70 %
	Biogene, rekristallisiert	bräunlich, gelblich	keiner	keine		schlecht gerundet	ähnlich wie Matrix	25 — 30 %
	Ooide	bräunlich, gelblich	keiner	keine		gut gerundet	ähnlich wie Matrix	5 — 10 %
	Quarz	farblos	keiner	keine	undulös	sehr schlecht gerundet	höher als Matrix	1 — 2 %
	Gesteinsfragmente	unterschiedlich	keiner	unterschiedlich	unterschiedlich	unterschiedlich	höher als Matrix	akzessorisch

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der Dünnschliffe

Schliffnr	Komponenten	Besonderheiten (Zonarbau, Einschlüsse, Zwillinge, Oberfläche)	Porosität (nach ARCHIE ; 1952 und CHOQUETTE & PRAY; 1970 )	Klassifizierung (nachDUNHAM; 1962 und FOLK; 1962 )	sedimentologische Merkmale	Foto
<b>1029-1</b>	karbonat. Matrix  Quarz  Feldspäte	karbonatisch, mitrisch, tw. spartitisch (größere Kristalle)  unterschiedliche Größen, monokristallin, polykristallin, metamorph -> Liefergebiet  polysynthetische und Karlsbader Zwillinge	Matrixporosität: I/II: 2-5; 15 %  keine sichtbare Porosität; Körner beim Schleifen herausgerissen	Dunham: Mudstone, Wackstone  Folk: Biomikrit	Fazieswechsel sichtbar, tw. Matrix mit wenigen kleinen Komponenten	Fazieswechsel. 2,5x10
	Gesteinsfragmente	Quarz und/oder Feldspäte mit kleinen unbekannt Mineralen, Einschlüssen verwachsen				
<b>1030-4</b>	karbonat. Matrix  Biogene, rekristallisiert  Ooide  Quarz  Gesteinsfragmente	spartitisch, tw mikritisch  leicht gebogen, dickschalig, Schneckenhäuser, eingeregelt, tw dunkler Fe-Saum  klein, tw weggelöste Kerne, tw innen spartitisch  klein  eine 0,6-0,7 mm großes Sedimentbruchstück, wenige kleinere Bruchstücke	Matrixporosität III: 5-7 %  sichtbare Porosität: 10-15 %; intraparticle, moldic	Dunham: pachstone  Folk: Biosparit		Übersicht: 2,5x10

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der Dünnschliffe

Schliffnr.	Komponenten	Farbe	Pleochroismus	Spaltbarkeit	Auslöschung/-schiefe	Kristallform/Rundung	Lichtbrechung	quantitativ (abgeschätzt)
<b>1033-8</b>	Calcit	hellgrau	keiner	keine	nicht sichtbar	nicht gerundet	ca. 1,5-1,6	100 %
	Peloide	dunkelbraun	keiner	keine		rundliche Aggregate		akzessorisch
<b>1035-4</b>	karbonat. Matrix	hellgraubraun	keiner	nicht sichtbar	nicht sichtbar	nicht sichtbar	ca. 1,5-1,6	90 — 95 %
	Biogene, rekristallisiert	bräunlich, gelblich	keiner	keine		sehr schlecht gerundet	ähnlich wie Matrix	5 — 10 %, in Lagen 10 — 15 %
	Quarz	farblos	keiner	keine	undulös	sehr schlecht gerundet	höher als Matrix	1 — 2 %, in Lagen 5 — 7 %
	Peloide	dunkelbraun	keiner	keine		rundliche Aggregate		Akzessorisch
<b>1037-2</b>	karbonat. Matrix	hellgrau	keiner	nicht sichtbar	nicht sichtbar	nicht sichtbar	ca. 1,5-1,6	70 — 72 %
	Biogene, rekristallisiert	farblos	keiner	keine		schlecht bis kantengerundet	ähnlich wie Matrix	20 %
	Peloide	hellgrau	keiner	keine		rundliche Aggregate		7 — 8 %
	Quarz	transparent	keiner	keine	undulös	schlecht gerundet	höher als Matrix	1 — 2 %
	Opakminerale	schwarz	keiner	keine		sehr schlecht gerundet	niedriger als Matrix	akzessorisch

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der Dünnschliffe

Schliffnr.	Komponenten	Besonderheiten (Zonarbau, Einschlüsse, Zwillinge, Oberfläche)	Porosität (nach ARCHIE; 1952 und CHOQUETTE & PRAY; 1970)	Klassifizierung (nach DUNHAM; 1962 und FOLK; 1962)	sedimentologische Merkmale	Foto
<b>1033-8</b>	karbonatische Lagen Peloide	dicht, mikritische und spartitische Lagen dünne Lagen in spartitischen Schichten	Matrixporosität I/II: 2-5, 15 % sichtbare Porosität: 5-10 % als Hohlräume	Stromatolith	lagig, laminiert in Lage Quarzkörner	2x Übersicht: 2,5x10
<b>1035-4</b>	karbonat. Matrix Biogene, rekristallisiert Quarz Peloide	mikritisch, zwischen den Biogenen spartitisch in Lagen eingeregelt, zerdrückt in Bereichen, mono-polykristallin, tw angelöst, einzelne Körner umkrustet in einzelnen Bereichen angereichert	Matrixporosität I/II: 2-5, 15 % sichtbare Porosität: 10-15 %, max 20-30 % intrapart., moldic, vugs	Dunham: wackestone Folk: Biosparit/Biomikrit	Fazieswechsel von klastischen zu biogenreichen Lagen	Übersicht: 2,5x10
<b>1037-2</b>	karbonat. Matrix Biogene, rekristallisiert Peloide Quarz Opakminerale	mikritisch, tw. spartitisch stark zerbrochen, rekristallisiert, tw. innen hohl, in Lagen angereichert, selten Schalenhaltung klein, rundlich, dunkel, feinkörnig, ohne Internstruktur, in Lagen angereichert (dort bis 40%) in Verbindung mit kleineren Schalen mono- und polykristallin dispers verteilt, klein	Matrixporosität: I: 2-5 % sichtbare Porosität: sheltet, moldic, intraparticle 5-10 %	Dunham: wackestone Folk: Biopelmikrit	Fazieswechsel sichtbar: peloidreiche Lagen, feinkörniger matrixgestützte Bereiche	Fazieswechsel: 2,5x10 Übersicht: 2,5x10

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der Dünnschliffe

Schliffnr.	Komponenten	Farbe	Pleochroismus	Spaltbarkeit	Auslöschung /- schiefe	Kristallform/ Rundung	Lichtbrechung	quantitativ (abgeschätzt)
<b>1037-8</b>	karbonat. Matrix	hellbraun	keiner	nicht sichtbar	nicht sichtbar	nicht sichtbar	ca. 1,5-1,6	65 — 75 %
	Biogene, rekristallisiert	bräunlich, gelblich	keiner	keine		kaum bis nicht gerundet	ähnlich wie Matrix	10 — 15 %
	Gesteinsfragmente	unterschiedlich	keiner	unterschiedlich	tw. gerade	gut bis schlecht gerundet	höher als Matrix	7 — 10 %
	Ooide	bräunlich, gelblich	keiner	keine		Gut gerundet	ähnlich wie Matrix	7 — 10 %
<b>3004-2</b>	karbonat. Matrix	bräunlich	keiner	nicht sichtbar	nicht sichtbar	nicht sichtbar	ca. 1,5-1,6	70 — 80 %
	Sanidin	farblos	keiner	gut	gerade	nadelig, stengelig, länglich	höher als Matrix	15 — 20 %
	Pyroxen	farblos	schwacher Intensitätspleo.	gut (124°)	gerade	xenomorph bis hypidiomorph	höher als Matrix	5 — 10 %
	Calcit als Hohlraumfüllung	farblos	leichter Intensitätspleo.	gut in mehrere Richtungen	gerade	Hohlraumfüllungen, strahlig	ähnlich wie Matrix	1 — 2 %

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der Dünnschliffe

Schliffnr.	Komponenten	Besonderheiten (Zonarbau, Einschlüsse, Zwillinge, Oberfläche)	Porosität (nach ARCHIE ; 1952 und CHOQUETTE & PRAY; 1970 )	Klassifizierung (nachDUNHAM; 1962 und FOLK; 1962 )	sedimentologische Merkmale	Foto
<b>1037-8</b>	karbonat. Matrix  Biogene, rekristallisiert  Gesteinsfragmente  Ooide	spartisch, um Komponenten mikritisch, dicht verzahnt  eingeregelt, immer hohl, bis 1 mm lang, dünn und dickschalige Reste  0, 1-0,2 mm groß, quarz- und feldspatreiche Metamorphite und Magmatite, wenige Sedimente, tw umkrustet  Kerne: quarzreiche Gesteinsbrüchstücke, Quarz	Matrixporosität II/III: 15, 5-7 %  sichtbare Porosität: 10-15 %; intraparticle, moldic, vugs	Dunham: wacke/packstone  Folk: Biosparit/Biomikrit		Porosität: 2,5x10
<b>3004-2</b>	karbonat. Matrix  Sanidin  Pyroxen  Calcit als Hohlraumfüllung	feinkristallin, nicht näher bestimmbar  verzwilligt, leichte Einregelung erkennbar  unebene Oberfläche	dichtes, kompaktes Gestein	keine Klassifizierung  nach DUNHAM / FOLK möglich		

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der gesiebten Fraktionen der Siebanalyse

Probennr.	Korngröße	Komponenten	Rundungsgrad	Beschreibung der Komponenten	quantitativ [%], geschätzt
1019-8	8,00 mm	Quarz	kanten gerundet	überwiegend milchige Körner	80 — 90
		Gesteinsfragment	kantengerundet	unterschiedliche Ausbildung (Magmatite, Sedimentite, Metamorphite)	10 — 20
	4,00 mm	Quarz	kantengerundet	milchig Körner, unebene Oberfläche	60 — 70
		Gesteinsfragment	schlecht gerundet	unebene Oberfläche, stark angewittert, wenige Magmatite	30 — 40
	2,00 mm	Quarz	kantengerundet	trübe Körner, hellgrau, weiß gefärbt	50 — 60
		Gesteinsfragment	kantengerundet	u.a. aufgearbeitete Biogenkalke (Sedimentite)	25 — 30
	1,00 mm	Biogene	sehr schlecht gerundet	weiß, hellgrau, Muschelschalen (dick, mehrlagig!), wenige Gastropoden	15 — 20
		Quarz	kanten bis gut gerundet	viele milchig Körner; wenige klare; klare Körner meist schlechter gerundet	45 — 50
	500 µm	Gesteinsfragment	kantengerundet	oft Kalksteine, porös, hell; auch Metamorphite und Magmatite	35
		Biogene	sehr schlecht gerundet	plattig, runde Schalenreste; Gastropoden, teilweise mit Sediment verfüllt, matt, splittig	15 — 20
	280 µm	Quarz	kanten bis gut gerundet	meist trüb, wenige rötliche Körner	50 — 60
		Gesteinsfragment	kanten bis gut gerundet	Kalksteine, wenig Metamorphite und Magmatite	30 — 35
	125 µm	Biogene	sehr schlecht gerundet	Bruchstücke, Gastropoden und ovale Schalen (Ostrakoden, Gattung <i>Cyprideis</i> )	10 — 15
		Eisenoxide	sehr schlecht gerundet	milchig, matt, Fettglanz auf den Bruchflächen	50 — 60
	63 µm	Quarz	sehr schlecht gerundet	Ostrakoden der Gattung <i>Cyprideis</i> ; klein, oval, hellgrau-bräunlich, ähnlich 1026-1 und 1026-4; viele komplett, manche einschalig	30
		Biogene	sehr schlecht gerundet	rotbraun	< 5
		Gesteinsfragment	kanten bis gut gerundet	Ostrakoden der Gattung <i>Cyprideis</i> , weiß, gelblich	50 — 60
		Gesteinsfragment	kanten bis gut gerundet	mit dunklen Komponenten: Glimmer, sulfidischer Glanz sichtbar	30 — 35
		Quarz	mäßig gerundet	mehr klare als milchig, trübe Körner	10 — 15
		Biogene	sehr schlecht gerundet	kleine, weiße Schalenreste; Ostrakoden	40 — 45
		Gesteinsfragment	sehr schlecht gerundet	sehr unterschiedlich ausgebildet	30 — 35
		Opakminerale	schlecht gerundet	klein, dunkel, bräunlich schimmernd; möglicherweise Sulfide oder Eisenoxide	15 — 20
					10

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der gestieberten Fraktionen der Siebanalyse

Probennr.	Korngröße	Komponenten	Rundungsgrad	Beschreibung der Komponenten	quantitativ [%], geschätzt
1019-16	4,00 mm	Gesteinsfragment	schlecht bis kanten gerundet	dichte dunkle Magnetite und grünliche Metamorphite (geschiefert)	100
	2,00 mm	Gesteinsfragment	schlecht bis kanten gerundet	Magnetite, Metamorphite	50 — 55
		Quarz	kantengerundet	milchig, trüb, hell gefärbt	45 — 50
		Biogenreste	sehr schlecht gerundet	einzelnes Stück in der Korngröße	akzessorisch
	1,00 mm	Gesteinsfragment	kanten bis gut gerundet	Magnetite, Metamorphite	50 — 55
		Quarz	mäßig gerundet	milchig, trüb, hell gefärbt	45 — 50
	500 µm	Quarz	mäßig gerundet	milchig, trüb, hell gefärbt	60 — 65
		Gesteinsfragment	kanten bis gut gerundet	Magnetite (dicht, dunkel), Metamorphite (grün, länglich, schiefzig)	35 — 40
	280 µm	Quarz	mäßig gerundet	hell, milchig, trüb, teilweise Fettglanz auf den Flächen	65 — 70
		Gesteinsfragment	kanten bis gut gerundet	Magnetite, Metamorphite	20 — 25
		Biogenreste	sehr schlecht gerundet	hellgelblich, zerbrochen, elliptisch geformt, dünnschalig, teilweise komplett erhalten; Ostrakoden der Gattung <i>Cyprideis</i>	10
		Opakminerale	mäßig gerundet	dunkel gefärbt, möglicherweise Sulfide oder Eisenoxide	akzessorisch
	125 µm	Quarz	mäßig gerundet	hell, gelblich, matt, trüb	80
		Gesteinsfragment	kanten bis gut gerundet	Magnetite, Metamorphite	15 — 20
		Glimmer	mäßig gerundet	dunkelgrün, metallisch glänzend	< 5
		Biogenreste	sehr schlecht gerundet	nur Bruchstücke enthalten, hell gefärbt	akzessorisch
	63 µm	Quarz	mäßig gerundet	hell, milchig	80 — 85
		Kalksteine	gut gerundet	tonig, schluffig, auch Schalenreste enthalten	5 — 10
		Gesteinsfragment	kanten bis gut gerundet	Magnetite, Metamorphite	5
		Glimmer	mäßig gerundet	dunkelgrün, metallisch glänzend	5
		Opakminerale	mäßig gerundet	dunkel gefärbt	akzessorisch

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der gestiebtten Fraktionen der Siebanalyse

Probenr.	Korngröße	Komponenten	Rundungsgrad	Beschreibung der Komponenten	quantitativ [%], geschätzt
1019-26	1,00 mm	Gips	sehr schlecht gerundet	einzelne Kristalle, verwachsen (ähnlich Wüstenrose), hellgrau-beige, faserig	65 — 70
		Eisen-Oxide	sehr schlecht gerundet	ähnlich verockerten Krusten, von umkrusteten Fragmenten gelöst ?	15 — 20
		Kalksteine	kantengerundet	tonig, schluffig, porös, eingedellte Oberfläche	10 — 15
		Quarz	kantengerundet	klar und milchig ausgebildet	5 — 10
		Gesteinsfragment	kantengerundet	Magnetite, Metamorphite	<5
		Biogene	sehr schlecht gerundet	einzelne Knochenbruchstücke, rotbräunlich, klein, splittig, wahrscheinlich Wirbelrest ?	akzessorisch
		Opakminerale	sehr schlecht gerundet	dunkel, metallisch glänzend, Sulfide oder Eisenoxide	akzessorisch
	500 µm	Quarz	schlecht bis kantengerundet	größtenteils klare, aber auch trübe Körner; schwierig von Gips zu unterscheiden	45 — 50
		Gips	kanten bis gut gerundet	Kristalle erkennbar, hell, matt ausgebildet	25
		Eisen-Oxide	sehr schlecht gerundet	rotbraun, metallisch; gelöste Krusten ?	15
		Kalksteine	kantengerundet	hellgrau, porös, tonig, schluffig	10 — 15
		Gesteinsfragment	kantengerundet	Magnetite, Metamorphite	akzessorisch
		Biogene	sehr schlecht gerundet	einzelne stark zerbrochene Knochenreste, nicht zuordenbar; elliptisch, einklappige Schalen, bräunlich; als Ostrakoden bestimmt	akzessorisch
	280 µm	Quarz	kantengerundet	klare und milchige Körner; schwierig von Gips zu unterscheiden	55 — 60
		Eisen-Oxide	sehr schlecht gerundet	rotbraun, länglich,	25 — 30
		Kalksteine	kantengerundet	hellgrau, porös; tonig, schluffig	10 — 15
		Biogene	sehr schlecht gerundet	elliptische Ostrakodenreste: einklappig, transparent, bräunlich; Steinkerne enthalten; zusätzlich: zerbrochene weiße Schalenreste	5
		Gips	kantengerundet	klare, durchsichtige Kristalle	akzessorisch
	125 µm	Gips	kantengerundet	klar, durchsichtig	65 — 70
		Eisen-Oxide	sehr schlecht gerundet	rotbräunlich, metallisch glänzend, Bruchstücke	15
		Biogene	sehr schlecht gerundet	zerbrochen, gelblich, bräunlich, elliptische Ostrakodenreste	10 — 15
		Kalksteine	kantengerundet	hellgrau, porös	5
		Glimmer	sehr schlecht gerundet	dunkel, grünlich, plattig, länglich	akzessorisch
		Opakminerale	sehr schlecht gerundet gerundet	metallischer Glanz; möglicherweise Sulfide oder Eisenoxide	akzessorisch
	63 µm	Gips	sehr schlecht gerundet	sehr ähnlich Quarze, vereinzelt Kristalle ausbildend, klar	70 — 75
		Eisen-Oxide	sehr schlecht gerundet	rotbraun, Krusten, metallisch glänzend	10 — 15
		Kalksteine	kantengerundet	hell, weiß, gelblich, porös	10
		Biogene	sehr schlecht gerundet	ausschließlich Bruchstücke von elliptischen Ostrakodenschalen; bräunlich, gelblich	5

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der gesiebten Fraktionen der Siebanalyse

Probennr.	Korngröße	Komponenten	Rundungsgrad	Beschreibung der Komponenten	quantitativ [%], geschätzt
1019-97/89	1,00 mm	Kalksteine	mäßig gerundet	homogen, beige-grau, tonig, schluffig, strukturierte Oberflächen	60
		Gesteinsfragment	mäßig gerundet	Magmatite, Metamorphite und Sedimentite (Biogenkalk)	20
	500 µm	Quarz	schlecht bis kantengerundet	milchig, helle Körner	20
		Quarz	mäßig gerundet	trüb, milchig, fettglänzend, Körner überwiegen, aber auch weiße, gelbliche, rötliche Körner	40 — 50
	280 µm	Kalksteine	gut bis kantengerundet	homogen, beige-grau, tonig, schluffig	30 — 35
		Gesteinsfragment	gut bis kantengerundet	Magmatite, Metamorphite und Sedimentite (Biogenkalk)	20 — 25
	125 µm	Glimmer	sehr schlecht gerundet	einzelne große Glimmerkristalle, dunkel, bräunlich, metallisch glänzend	akzessorisch
		Quarz	schlecht bis kantengerundet	milchig, trüb, klare Körner, aber auch grünlische, bräunliche, gelbliche, rötliche Körner	70
	63 µm	Gesteinsfragment	mäßig gerundet	Magmatite und Metamorphite	15
		Kalksteine	kanten bis gut gerundet	beige, bräunlich, gelblich	10 — 15
Glimmer		sehr schlecht gerundet	einzelne Kristalle, Plättchen, metallischer Glanz, bräunlich, dunkel	akzessorisch	
Eisen-Oxide		sehr schlecht gerundet	robrötlich, metallischer Glanz, Krusten von Körnern ?	akzessorisch	
125 µm		Quarz	kanten bis gut gerundet	klar, milchig, trübe Körner, keine farbigen Körner vorhanden	80 — 85
		Gesteinsfragment	mäßig gerundet	Magmatite und Metamorphite	5 — 10
63 µm		Glimmer	sehr schlecht gerundet	dunkelbraun, Kristallform erkennbar, glänzend,	5
		Kalksteine	mäßig gerundet	weiß, porös, tonig, schluffig	5
63 µm		Opakminerale	kantengerundet	dunkel glänzend; möglicherweise Sulfide oder Eisenoxide	akzessorisch
		Quarz	mäßig gerundet	überwiegend klare Körner vorhanden, schlechter gerundet als farbige oder matte Körner	85 — 90
	Kalksteine	sehr schlecht gerundet	weiß, porös, tonig, schluffig	5	
	Opakminerale	sehr schlecht gerundet	schwarz, metallisch glänzend, Sulfid ?	akzessorisch	
63 µm	Glimmer	sehr schlecht gerundet	einzelne Kristalle, teilweise Kanten leicht gerundet, dunkelbraun	akzessorisch	
	Gesteinsfragment	mäßig gerundet	Magmatite und Metamorphite	5 — 10	

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der gesteinigen Fraktionen der Siebanalyse

Probennr.	Korngröße	Komponenten	Rundungsgrad	Beschreibung der Komponenten	quantitativ [%], geschätzt
1019-114	4,00 mm	Quarz	kantengerundet	sowohl klare, als auch trübe Körner vorhanden	50 — 60
		Gesteinsfragment	gut bis kantengerundet	viele magmatische Körner, weniger metamorphen Ursprungs	40 — 50
	2,00 mm	Quarz	kanten gerundet	klar, trüb, Fettglanz auf den Flächen	40 — 45
		Gesteinsfragment	kanten bis gut gerundet	viele magmatische Körner, weniger metamorphen Ursprungs	35 — 40
	1,00 mm	Feldspäte	kanten bis schlecht gerundet	helle Körner, vereinzelt Kanten leicht abgerundet	20
		Glimmer	schlecht gerundet	einzelne Körner mit Quarzen verwachsen	akzessorisch
		Quarz	kanten bis schlecht gerundet	milchig, klare Körner, auch rötlich, teilweise mit anderen Komponenten verwachsen	50 — 60
		Gesteinsfragment	kanten bis gut gerundet	viele magmatische Körner, weniger metamorphen Ursprungs	30 — 40
	500 µm	Feldspäte	kanten bis schlecht gerundet	helle Körner, vereinzelt Kanten leicht abgerundet	10
		Quarz	schlecht gerundet	klar, einige rötlich, rosa, gelblich	75 — 80
Gesteinsfragment		kanten bis gut gerundet	Feldspäte/Quarze, Quarze/Glimmer (in magmatischen Gesteinen) erkennbar, wenig Metamorphite	15	
Feldspäte		kanten bis schlecht gerundet	weiße, milchige Körner	5	
280 µm	Opakminerale	schlecht gerundet	metallisch glänzend	akzessorisch	
	Quarz	sehr schlecht bis kantengerundet	bei klaren Körnern z.T. Kristalle erkennbar, bei farbigen Körnern (rötlich, gelblich) bis kanten gerundet	85 — 90	
	Glimmer	kantengerundet	helle und dunkel Plättchen, vereinzelt golden und grünlich Körner, Kanten leicht abgerundet	5	
	Feldspäte	kanten bis schlecht gerundet	weiße, milchige Körner	5	
	Opakminerale	schlecht gerundet	vereinzelt an Quarzen anhaftend, möglich: Sulfide oder Eisenoxide	akzessorisch	
	Gesteinsfragment	kanten bis schlecht gerundet	viele magmatische Körner, weniger metamorphen Ursprungs	akzessorisch	
	125 µm	Quarz	schlecht gerundet	klar, rötlich, rosa, gelblich, orange	80 — 85
		Glimmer	kantengerundet	unterschiedliche Färbungen: grünlich, dunkel, hell, golden	5 — 10
		Gesteinsfragment	kanten bis schlecht gerundet	viele magmatische Körner, weniger metamorphen Ursprungs	5 — 10
		Opakminerale	schlecht gerundet	metallisch glänzend; möglicherweise Sulfide oder Eisenoxide	akzessorisch
63 µm	Gips	schlecht gerundet	transp. Blättchen, Kriställchen	akzessorisch	
	Quarz	schlecht gerundet	klar, farbige	60	
	Feldspäte	kanten bis schlecht gerundet	weiß, milchig	30	
	Opakminerale	schlecht gerundet	metallisch glänzend	5	
	Gesteinsfragment	kanten bis schlecht gerundet	viele magmatische Körner, weniger metamorphen Ursprungs	5	

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der gestiebten Fraktionen der Siebanalyse

Probennr.	Korngröße	Komponenten	Rundungsgrad	Beschreibung der Komponenten	quantitativ [%], geschätzt
1021-1	8,00 mm	Gesteinsfragment	gut gerundet	Sedimentite, Metamorphite, Magmatite	80
		Quarz	kantengerundet	häufiger milchige Quarze (besser gerundet), seltener klare Körner (schlechter gerundet)	20
	4,00 mm	Gesteinsfragment	kanten bis gut gerundet	Sedimentite, Metamorphite, Magmatite; tw unebene Oberfläche	70
		Quarz	schlecht bis kantengerundet	milchige Quarze, aber auch klare, weiße, rosa, gelbliche	30
	2,00 mm	Gesteinsfragment	kanten bis gut gerundet	Sedimentite, Metamorphite, Magmatite	50
		Quarz	schlecht bis kantengerundet	milchig, klar, rosa, weiß, vereinzelt klare Kristalle	50
	1,00 mm	Quarz	schlecht bis kantengerundet	helle, gelbliche, rosa Körner	60
		Gesteinsfragment	kanten bis gut gerundet	Sedimentite, Metamorphite, Magmatite	40
	500 µm	Quarz	schlecht gerundet	überwiegend klare Quarze, selten farbige	65 — 70
		Gesteinsfragment	kanten bis gut gerundet	überwiegende Magmatite, seltener Metamorphite	25 — 30
	280 µm	Opakminerale	sehr schlecht gerundet	metallisch glänzend; möglicherweise Sulfide oder Eisenoxide	akzessorisch
		Quarz	schlecht gerundet	milchig, klar, weiß, gelblich, grünlich, auffällig viele orange Quarze	70 — 75
	125 µm	Gesteinsfragment	kanten bis gut gerundet	überwiegende Magmatite, seltener Metamorphite	15 — 20
Kalkstein		gut gerundet	weiß, orange, bräunlich, tonig, schluffig	5 — 10	
63 µm	Quarz	kanten bis gut gerundet	milchig, klar, orange, gelblich, weiß	70 — 75	
	Kalkstein	gut gerundet	weiß, orange, bräunlich, tonig, schluffig	20 — 25	
63 µm	Gesteinsfragment	gut gerundet	überwiegende Magmatite, seltener Metamorphite	5	
	Glimmer	sehr schlecht gerundet	einzelne dünne Plättchen, grünlich, braun	< 5	
63 µm	Opakminerale	sehr schlecht gerundet	vereinzelt vorhanden, metallisch glänzend	< 5	
	Kalkstein	gut gerundet	weiß, orange, bräunlich, tonig, schluffig	50	
		Quarz	schlecht gerundet	nur klare, transparente Körner	50

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der gesteuerten Fraktionen der Siebanalyse

Probennr.	Korngröße	Komponenten	Rundungsgrad	Beschreibung der Komponenten	quantitativ [%], geschätzt
1021-2	16,00 mm	Gesteinsfragment	schlecht bis kantengerundet	Magnetite, Metamorphite, Sedimentite (Biogenkalk)	80 — 90
		Quarz	schlecht bis kantengerundet	Körner haben matte, glatte Oberflächen	10 — 20
	8,00 mm	Gesteinsfragment	kanten bis schlecht gerundet	davon: 40% Biogenkalkbruchstücke/ 50 % Magamitie, Metamorphite (schlechter gerundet als Biogenkalk)	90
		Quarz	kanten bis schlecht gerundet	Körner trüb, feinkristallin, tw. verfärbt	10
	4,00 mm	Gesteinsfragment	schlecht bis kantengerundet	Magnetite, Metamorphite, Sedimentite (Biogenkalk), unebene Oberflächen, tw. Komponenten herausgelöst	80
		Quarz	schlecht bis kantengerundet	Körner überwiegend milchig, seltener braun, rosa gefärbt, Fettglanz auf den Bruchflächen	20
	2,00 mm	Gesteinsfragment	schlecht bis kantengerundet	deutlich mehr metamorphe Bruchstücke, weniger magmatische; Biogenkalk seltener	50
		Quarz	schlecht bis kantengerundet	hauptsächlich trübe, gelblich gefärbte Körner; wenige klare Körner, vereinzelt mit Brotit verwachsen	40 — 45
		Feldspäte	kantengerundet	teilweise angelöst	5 — 10
	1,00 mm	Gesteinsfragment	schlecht bis kantengerundet	Magnetite, Metamorphite, Sedimentite (Biogenkalk); bei den Biogenkalcken vereinzelt Schichtung erkennbar	50 — 60
		Quarz	schlecht bis kantengerundet	überwiegend grünliche, gelbe, bräunliche, rosa, rotbraune und milchige Körner, kanten gerundet, seltener klare Körner; alle zeigen Fettglanz auf Bruchflächen; klare Körner sehr schlecht gerundet	40 — 50
	500 µm	Gesteinsfragment	kantengerundet	Metamorphite und Sedimentite enthalten	60
		Quarz	schlecht gerundet	bei einigen klaren Quarzen sind die Kristallflächen erkennbar; einzelne Körner mit rötlichen Verfärbungen (Eisenoxide ?)	40
		Olivin	kantengerundet	grünliche transparente Körner, klein	akzessorisch
		Glimmer	sehr schlecht gerundet	wenige einzelne Plättchen, bräunlich, teilweise golden schimmernd	akzessorisch
		Opakminerale	gut gerundet	dunkel, schwarz, metallischer Glanz	akzessorisch
	280 µm	Quarz	mäßig bis sehr schlecht gerundet	klar, milchig, gelb, bräunlich	60
		Gesteinsfragment	gut gerundet	nur noch Metamorphite vorhanden	35 — 40
		Opakminerale	sehr schlecht gerundet	dkl., metallisch glänzend; möglicherweise Sulfide oder Eisenoxide	<5
		Glimmer	sehr schlecht gerundet	einzelne braune, grüne Plättchen, hexagonal, teilweise Kristallform erkennbar	akzessorisch

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der gestiebten Fraktionen der Siebanalyse

Probennr.	Korngröße	Komponenten	Rundungsgrad	Beschreibung der Komponenten	quantitativ [%], geschätzt
1021 - 2	125 µm	Quarz	schlecht bis kantengerundet	überwiegend klare oder trübe Körner, gefärbte selten (gelblich, rötlich gefärbt)	70 — 75
		Gesteinsfragment	gut gerundet	Metamorphite	10 — 15
	63 µm	Kalksteine	gut gerundet	rötlicher Plättchen, tonig, schluffig	10
		Feldspäte	schlecht gerundet	weiß, stark verwittert	5
	Opakminerale	Olivine	kantengerundet	grünliche transparente Körner, klein	akzessorisch
		Opakminerale	gut gerundet	dkl., metallisch glänzend	akzessorisch
		Kalksteine	gut gerundet	rötlicher Plättchen, tonig, schluffig	50
		Quarz	schlecht gerundet	überwiegend klare schlecht gerundete Körner, trübe wenige	45
		Olivin	kantengerundet	grünliche transparente Körner, klein	akzessorisch
		Gips	sehr schlecht gerundet	in Plättchenform; klare, transparente Körner; Rekristallisierungen?	akzessorisch
Opakminerale	gut gerundet	dunkel, metallisch glänzend	akzessorisch		

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der gesiebten Fraktionen der Siebanalyse

Probennr.	Korngröße	Komponenten	Rundungsgrad	Beschreibung der Komponenten	quantitativ [%], geschätzt
1023	2,00 mm	Gesteinsfragment	gut bis kantengerundet	Magnetite, Sedimentite ( Schluff - Tonsteinbruchstücke)	60
		Quarz	kantengerundet	milchige, helle, orange, gelbliche Körner mit abgerundeten Kanten	40
	1,00 mm	Gesteinsfragment	gut bis kantengerundet	Schluff/Tonsteine enthalten Quarzsandkörner und Glimmer; Magnetite	50
		Quarz	kantengerundet	milchige, helle, orange, gelbliche Körner mit abgerundeten Kanten	30 — 40
	500 µm	Schalenreste	sehr schlecht gerundet	weiß, hell, splittig, kleine Bruchstücke, nicht bestimmbar, möglicherweise Ostrakoden	<5
		Gesteinsfragment	gut bis kantengerundet	Magnetite, Sedimentite ( Schluff/Tonstein)	50 — 55
		Quarz	schlecht gerundet	milchig, hell, klar, Fettglanz auf den Flächen	30 — 40
		Schalenreste	kantengerundet	hell, zerbrochen, dünn, teilweise angelöst	5
		Gesteinsfragment	kantengerundet	Magnetite, Sedimentite ( Schluff/Tonstein)	45 — 50
		Quarz	schlecht gerundet	klar, schlecht gerundet, milchig; gut gerundet	35 — 40
	280 µm	Schalenreste	schlecht gerundet	helle, dünne Muschelschalenreste	5 — 10
		Glimmer	sehr schlecht gerundet	dunkelgrüne, braune Plättchen, teilweise Kristallform erkennbar	<5
Olivine		gut gerundet	grünliche transparente Körner	akzessorisch	
125 µm		Gesteinsfragment	kantengerundet	nur noch Sedimentite (Schluff/Tonsteine)	60 — 70
		Quarz	kanten bis schlecht gerundet	klare und milchige Körner, klare Körner wesentlich schlechter gerundet als trübe	20 — 30
Schalenreste		kantengerundet	hell, weiß, zerbrochen, porös	<5	
63 µm	Glimmer	mäßig gerundet	braune, grünliche, teilweise durchscheinende Plättchen	<5	
	Opakminerale	mäßig gerundet	schwarz, dunkel, mattalischer Glanz; möglicherweise Sulfide oder Eisenoxide	<5	
	Gipsplättchen	sehr schlecht gerundet	klare transparente Plättchen und Kriställchen	akzessorisch	
	Quarz	kanten bis schlecht gerundet	klare und trübe Körner	50 — 55	
	Kalksteine	mäßig bis gut gerundet	rötlich, braun, orange gefärbt, tonig, schluffig	45 — 50	
	Glimmer	mäßig gerundet	bräunlich, grünlich, durchscheinend	<5	

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der gestehten Fraktionen der Siebanalyse

Probennr.	Korngröße	Komponenten	Rundungsgrad	Beschreibung der Komponenten	quantitativ [%], geschätzt
1029 - 17	2,00 mm	Quarz	schlecht gerundet	überwiegend milchige, weiße, helle Körner	75
		Gesteinsfragment	schlecht bis kantengerundet	nur Magmatit	25
	1,00 mm	Gesteinsfragment	mäßig bis gut gerundet	Sedimentite (hellgrau, kugelige Oberflächen) und Magmatite	75
		Quarz	schlecht gerundet	trüb, teilweise klar	20
	500 µm	Schalenreste	sehr schlecht gerundet	weiße Bruchstücke, meist auffällig dickschalig, sehr klein	5
		Gesteinsfragment	mäßig bis gut gerundet	Sedimentite (hellgrau, kugelige Oberflächen) und Magmatite	75 — 85
		Quarz	unterschiedlich gerundet	michig, klar, Fettglanz auf den Flächen	10 — 15
		Glimmer	kantengerundet	dunkelgrün, metallisch glänzend, dicke mehrlagige Körner	5 — 10
		Schalenreste	sehr schlecht gerundet	weiß, angelöst, dickschalig	5
		Quarz	schlecht gerundet	klare und trübe Körner; Klare deutlich schlechter gerundet als trübe Körner	45
280 µm	Gesteinsfragment	gut gerundet	Sedimentite (karbonatisch hellgrau) und Magmatite	40	
	Glimmer	kantengerundet	dunkelgrün, metallisch glänzend, dick!	10 — 15	
		Schalenreste	sehr schlecht gerundet	weiß, splittrig, dümschalige und dickschalige Reste	5
	125 µm	Quarz	kanten bis schlecht gerundet	klare und milchige Körner überwiegend hell, Fettglanz auf den Bruchflächen	50 — 60
		Gesteinsfragment	kantengerundet	Sedimentite (weiß, homogen, porös, karbonatisch)	25 — 30
	63 µm	Glimmer	kantengerundet	dunkelgrün, dick, metallisch glänzend	15 — 20
		Quarz	schlecht gerundet	klare und milchige Körner überwiegend hell, Fettglanz auf den Bruchflächen	50 — 55
	Gesteinsfragment	gut gerundet	Sedimentite (weiß, homogen, porös, karbonatisch)	40	
	Glimmer	schlecht gerundet	dunkelgrüne Plättchen, metallisch glänzend	5 — 10	

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der gesiebten Fraktionen der Siebanalyse

Probennr.	Korngröße	Komponenten	Rundungsgrad	Beschreibung der Komponenten	quantitativ [%], geschätzt
1037 - 7	4,00 mm	Gesteinsfragment Quarz	schlecht bis gut gerundet gut gerundet	Magmatite und Sedimentite (verockerte Biogenkalk, oolithisch, teilweise mit kristallinen Überzug) trübe Körner	80 20
	2,00 mm	Gesteinsfragment Quarz	schlecht bis gut gerundet gut gerundet	Magmatite und Sedimentite (Biogenkalk, oolithisch, Bruchstücke von Gastropoden enthalten) milchige Körner mit gerundeten Kanten	90 10
	1,00 mm	Gesteinsfragment Quarz	schlecht gerundet	fast nur Sedimentite (Biogenkalk, ocker, gelblich, porös, tw weiße Schalenreste enthalten), sehr wenige Magmatite	70 — 75
		Quarz Schalenreste	gut gerundet sehr schlecht gerundet	trübe Körner zwei Schalenformen: weiß (dicker, mehrlagig; Ostrakoden) und hellbraun (dünner, plattig) !	20 — 25 <5
	500 µm	Gesteinsfragment Schalenreste	schlecht bis gut gerundet sehr schlecht gerundet	Sedimentite (Biogenkalk, porös, Schalenabdrücke, Hohlräume), vereinzelt Magmatite in unterschiedlicher Ausbildung weiß, porös, abgelöst	85 10
		Quarz	kantengerundet	milchig, meist matte Oberflächen	5
	280 µm	Gesteinsfragment Schalenreste	gut bis schlecht gerundet sehr schlecht gerundet	Magmatite (dunkel) gut bis kanten gerundet, Sedimentite schlecht gerundet weiß, porös, abgelöst, ovale Schalen, teilweise komplett erhalten	75 — 80 20
		Quarz	schlecht bis kantengerundet	klare und milchige Körner mit unterschiedlicher Rundung	5
	125 µm	Gesteinsfragment Quarz	kantengerundet schlecht gerundet	Magmatite und Sedimentite klare und milchige Körner mit unterschiedlicher Rundung	45 — 55 35 — 40
		Schalenreste	sehr schlecht gerundet	weiß, dünnshalige Reste	10 — 15
		Glimmer	kantengerundet	dunkelgrün, transparente Plättchen	akzessorisch
	63 µm	Kalksteine Schalenreste	mäßig gerundet sehr schlecht gerundet	beige, gelblich, porös, tonig, schluffig weiß, porös, sehr klein, abgelöst	70 — 75 15 — 20
		Quarz	schlecht gerundet	überwiegend klare, weniger trübe Quarze	10
		Glimmer	kantengerundet	dünne grünliche transparente Plättchen	<5

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der gesteinten Fraktionen der Siebanalyse

Probennr.	Korngröße	Komponenten	Rundungsgrad	Beschreibung der Komponenten	quantitativ [%], geschätzt
1038 - 1	8,00 mm	Gesteinsfragment	gut bis kantengerundet	Sedimentite, Magmatite und Metamorphite (besonders häufig, bis zu 30% der Probe)	85
		Quarz	schlecht gerundet	klare und milchige Quarze	15
	4,00 mm	Gesteinsfragment	gut bis kantengerundet	Sedimentite, Magmatite und Metamorphite (grünweiß - fleckig, sehr markant)	80
		Quarz	kantengerundet	rosa, gelblich, weiß, klar, milchig	20
	2,00 mm	Gesteinsfragment	gut bis kantengerundet	Sedimentite, Magmatite und Metamorphite (grünweiß - fleckig, sehr markant)	70 — 75
		Quarz	schlecht gerundet	tw, rosa gefärbt	25 — 30
	1,00 mm	Gesteinsfragment	gut bis kantengerundet	Sedimentite, Magmatite und Metamorphite (grünweiß - fleckig, sehr markant)	70 — 75
		Quarz	schlecht gerundet	gelblich, rosa, weiß, bräunlich, klar, milchig	25 — 30
	500 µm	Gesteinsfragment	gut bis kantengerundet	Sedimentite, Magmatite und Metamorphite (grünweiß - fleckig, sehr markant)	55 — 60
		Quarz	schlecht bis kantengerundet	weiße, gelbliche, rötliche Körner, seltener klare Quarze	35 — 40
		Opakminerale	gut gerundet	schwarz, metallisch glänzend; möglicherweise Sulfide oder Eisenoxide	akzessorisch
		Glimmer	gut gerundet	transparent, durchscheinend, dünne Plättchen mit gut abgerundeten Kanten	akzessorisch
	280 µm	Quarz	schlecht bis kantengerundet	weiß, milchig, klar, orange, gelblich, braun, rosa	40 — 50
		Gesteinsfragment	gut bis kantengerundet	Sedimentite, Magmatite (vereinzelte Basalte erkennbar) und Metamorphite (grünweiß - fleckig, nadelig, stengelig)	50 — 60
	125 µm	Quarz	schlecht gerundet	klare und trübe Körner	70 — 75
		Gesteinsfragment	schlecht bis kantengerundet	weniger Metamorphite, meist länglich; Sedimentite, Magmatite	15 — 20
		Opakminerale	gut gerundet	schwarz, metallisch glänzend	5 — 10
	63 µm	Quarz	schlecht gerundet	klar, weiß, Fettglanz auf den Flächen, grünlich, gelblich, orange, bräunlich	60 — 70
		Gesteinsfragment	schlecht bis kantengerundet	Metamorphite, Magmatite, wenige Sedimentite	20 — 25
		Opakminerale	mäßig gerundet	schwarz, metallisch glänzend	10 — 15

## Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der gestriebenen Fraktionen der Siebanalyse

Probennr.	Korngröße	Komponenten	Rundungsgrad	Beschreibung der Komponenten	quantitativ [%], geschätzt
1038 - 2	2,00 mm	Gesteinsfragment	kantengerundet	grünlich - weißliche Metamorphite; Sedimentite ( Karbonate mit Quarz)	60 — 70
		Quarz	kantengerundet	milchig, trübe Körner, Kanten abgerundet	30 — 40
1,00 mm	1,00 mm	Gesteinsfragment	gut bis kantengerundet	Metamatite (länglich, stengelig, weißlich, grünlich), Magmatite (dunkel, dicht), Sedimentite selten	60
		Quarz	schlecht bis kantengerundet	weiße, gelbliche, klare und milchige Körner; Fettglanz auf den Flächen	40
500 µm	500 µm	Gesteinsfragment	gut bis kantengerundet	Metamorphite, Magamatite , wenige Sedimentite	60 — 70
		Quarz	schlecht bis kantengerundet	milchig, klar, weiß, gelblich, bräunlich	30 — 40
280 µm	280 µm	Quarz	schlecht gerundet	milchig, wenige klare Körner, hellgelb, hellbraun, rötlich	50
		Gesteinsfragment	gut bis kantengerundet	Metamatite (länglich, stengelig, weißlich, grünlich); Magmatite (dunkel, dicht), Sedimentite selten	40 — 45
125 µm	125 µm	Glimmer	mäßig gerundet	hellbräunlich, transparent, dünne Plättchen	5 — 10
		Opakminerale	kantengerundet	schwarz, metallisch glänzend; möglicherweise Sulfide oder Eisenoxide	akzessorisch
63 µm	63 µm	Quarz	kantengerundet	milchig, wenige klare Körner, hellgelb, hellbraun, rötlich	50 — 55
		Gesteinsfragment	kanten bis gut gerundet	nur Magmatite und Metamorphite	30 — 35
63 µm	63 µm	Glimmer	sehr schlecht gerundet	transparente, grünliche, bräunliche Plättchen	15
		Opakminerale	mäßig gerundet	schwarz, metallisch glänzend	< 5
63 µm	63 µm	Gipsplättchen	sehr schlecht gerundet	klar, transparente Plättchen und Kriställchen	< 5
		Quarz	mäßig gerundet	überwiegend milchige, wenig klare Körner	45 — 50
63 µm	63 µm	Gesteinsfragment	gut bis kantengerundet	nur Magmatite und Metamorphite (länglich, stengelig, grünlich)	30 — 35
		Glimmer	mäßig gerundet	transparente, grünliche, bräunliche Plättchen	10
63 µm	63 µm	Gipsplättchen	sehr schlecht gerundet	klar, transparente Plättchen	5
		Opakminerale	kantengerundet	schwarz, metallisch glänzend	5

Tabell der Ergebnisse der Röntgendiffraktometrie, ohne Karbonat berechnet

Probe	Korn - größe	Anteil Masse	Quarz [%]	Pyrit [%]	Anatas [%]	Talk [%]	Hämatit [%]	Kalifeld - spat [%]	Plagioklas{ [%]	Chlorit [%]	Kaolinit [%]	Illit [%]	WL [%]
BL - 4	<2µm	35,51	2,32	-	-	-	-	1,54	-	Spur	2,32	4,63	24,70
	2 - 63µm	58,18	29,09	-	-	-	-	8,31	-	4,16	4,16	4,16	8,31
	>63µm	6,32	1,89	Spur	-	-	-	1,26	-	1,26	-	1,89	-
BL - 6	Gesamt	100,00	33,30	Spur	-	-	-	11,12	-	5,42	6,47	10,68	33,01
	<2µm	31,94	2,58	-	-	-	-	-	-	Spur	2,06	6,70	20,60
	2 - 63µm	68,06	41,60	-	-	-	-	-	11,34	Spur	Spur	3,78	11,34
BL - 9	>63µm	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Gesamt	100,00	44,17	-	-	-	-	-	11,34	Spur	2,06	10,48	31,95
	<2µm	49,80	2,99	-	-	-	-	1,99	-	-	4,48	6,97	33,37
BL - 8	2 - 63µm	50,20	20,79	-	Spur	-	-	6,09	-	3,55	3,04	7,10	9,63
	>63µm	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Gesamt	100,00	23,78	-	Spur	-	-	8,08	-	3,55	7,52	14,07	43,00
BL - 10	<2µm	18,20	1,49	-	-	-	-	-	-	Spur	1,19	2,39	13,13
	2 - 63µm	73,98	59,18	-	-	-	-	-	-	Spur	Spur	14,80	-
	>63µm	7,82	7,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BL - 10	Gesamt	100,00	68,50	-	-	-	-	-	-	Spur	1,19	17,18	13,13
	<2µm	70,19	2,81	-	-	-	Spur	3,51	-	-	6,32	9,13	48,43
	2 - 63µm	26,03	11,69	-	Spur	-	Spur	5,58	-	1,06	1,33	3,72	2,66
Gesamt	>63µm	3,78	3,78	-	-	-	Spur	Spur	Spur	-	-	Spur	-
	Gesamt	100,00	18,27	-	-	-	-	9,09	-	1,06	7,65	12,84	51,09