



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / title of the Master 's Thesis

„Sedimentgeologische Untersuchungen an Miozänen
Ablagerungen entlang des Wientals“

Verfasst von / submitted by

Manuel Muthenthaler, BSc

Angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Master of Science (MSc)

Wien, 2023 / Vienna 2023

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
Degree programme code as it
appears on the student record sheet:

A 066 815

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it
appears on the student record sheet:

Erdwissenschaften

Betreuer / Supervisor:

Ao. Univ. Prof. Mag. Dr. Susanne Gier

Mitbetreut von / Co-Supervisor:

-

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
Abstract	6
1 Einleitung	8
2 Geographische Lage & Geologie	12
2.1 Das Wiener Becken heute	12
2.1.1 Wirtschaftliche Bedeutung des Wiener Beckens	13
2.2 Das Wiener Becken im Sarmatium	15
2.3 Ablagerungen im und um das untersuchte Gebiet	17
2.4 Entwässerungssystem	20
2.5 Flyschzone	20
2.5.1 Hütteldorf-Formation	23
2.5.2 Kahlenberg-Formation	23
2.5.3 Sievering-Formation	24
2.5.4 Gablitz-Formation	24
2.5.5 Greifenstein-Formation	24
2.5.6 Altengbach-Formation	24
2.5.7 Agsbach-Formation	25
3 Proben und angewandte Methoden	26
3.1 Untersuchte Bohrkerne	26
3.2 Entnommene Proben	27
3.3 Angewandte Methoden	30
3.3.1 Siebung	30
3.3.2 Schwermineralanalyse	32
3.3.3 Sedigraph	32
3.3.4 Bestimmung der Kornform	34
3.3.5 Röntgendiffraktometrie (XRD)	34
3.3.5.1 Gesamtmineralogie	34
3.3.5.2 Tonmineralogie	35
3.3.6 Total Organic Carbon (TOC)	37
3.3.7 Kalzimeter	38
3.3.8 Dünnschliffmikroskopie	39
4 Ergebnisse	41
4.1 Bohrkernaufnahme	41

4.1.1	RKB 192	42
4.2	Korngrößenanalyse.....	45
4.2.1	Silt-Ton-Gemische.....	45
4.2.2	Sande	48
4.2.3	Bestimmung der Kornform.....	52
4.3	Mineralogie	54
4.3.1	Gesamtmineralogie	54
4.3.2	Tonmineralogie.....	56
4.4	Organischer und anorganischer Kohlenstoff.....	59
4.5	Ergebnisse Kalzimeter	59
4.6	Schwermineralanalyse	60
4.6.1	171-10,5m	65
4.6.2	171-14,7m	65
4.6.3	192-23,8m bis 24,6m.....	66
4.6.4	221-17,5m	67
4.6.5	281-12,3m	67
4.7	Dünnschliffmikroskopie	69
4.7.1	Dünnschliff 171-12,8m	69
4.7.2	Dünnschliff 171-16,3m	70
4.7.3	Dünnschliff 192-10,4m	72
4.7.4	Dünnschliff 192-11,1m	73
4.7.5	Dünnschliff 192-11,5m	74
4.7.6	Dünnschliff 192-23,3m	75
4.7.7	Dünnschliff 192-23,9m	76
4.7.8	Dünnschliff 192-24,8m	77
4.7.9	Dünnschliff 281-7,3m	79
4.7.10	Dünnschliff 281-8,2m	79
4.7.11	Dünnschliff 281-14,5m	80
5	Diskussion.....	83
5.1	Liefergebiet der sarmatischen Sedimente.....	83
5.2	Ablagerungsbedingungen im Sarmatium	88
5.2.1	Auswertung Tonmineralogie.....	90
6	Schlussfolgerung.....	92
7	Literatur.....	94
	Danksagung.....	98

Anhang 1	99
Anhang 2	104
Anhang 3	109

Zusammenfassung

Im Zuge der geplanten Verlängerung des Wientalkanales wurden in der zweiten Hälfte des Jahres 2022 insgesamt 150 Rammkernbohrungen zur Untersuchung des Untergrundes durchgeführt. Im Rahmen dieser Masterarbeit sollten fünf dieser Bohrkerne sedimentologisch untersucht und das Liefergebiet der Sedimente, sowie die damaligen Transport- und Ablagerungsbedingungen bestimmt werden. In Kooperation mit der MA29 in Person von Dr. Christine Jawecky wurde es ermöglicht, dass die gewählten Bohrkerne dokumentiert und Proben zur weiteren Analyse entnommen werden durften. Die Lokationen der Bohrungen decken laut vorliegenden Informationen den ganzen sarmatischen Bereich ab.

Zur Bestimmung des Liefergebiets wurden Dünnschliffe von gröberen Kieskomponenten aus dem beprobten Material angefertigt und unter einem Durchlichtmikroskop untersucht.

Proben aus Kies-Sand-Gemischen wurden für die Ermittlung der Korngrößenverteilung und die Kieskomponenten zur Messung der Kornform herangezogen. Diese Untersuchungen sollen Auskunft über Transport und Ablagerung der Sedimente geben. Aus den gesiebten Feinsandfraktionen wurden Schwerminerale für die weitere Analyse des Liefergebiets separiert.

Silt-Ton-Gemische wurden mittels Sedigraph auf die Korngrößenverteilung untersucht. Weiters wurde an diesen Proben der TOC-Gehalt bestimmt und eine gesamt- und tonmineralogische Untersuchung mittels Röntgendiffraktometrie (XRD) durchgeführt. Die Untersuchung der Tonminerale ermöglicht die Rekonstruktion des Geneseprozesses dieser Minerale und dadurch eine mögliche Aussage über das Paläo-Klima. Alle Sand-Gemische und Silt-Ton-Proben wurden außerdem auf den Gehalt von Karbonat mittels Kalzimeter untersucht.

Um die Ergebnisse für die Bestimmung des Liefergebiets zu stützen, wurde ein Geländemodell mit dem rezenten Entwässerungssystem der Rhenodanubischen Flyschzone erstellt.

Für Flussablagerungen sprechen die typisch plattig/tafeligen Kornformen der untersuchten Kieskomponenten, sowie die schlechte Sortierung aller Proben.

Die Analyse von Tonmineralen mittels XRD führte zu der Erkenntnis, dass Vermiculit, Kaolinit und Smectit die am häufigsten enthaltenen Tonminerale sind. Im Fall von Kaolinit entstand dieser direkt durch Verwitterung von im Ausgangsgestein enthaltenen Feldspäten. Vermiculit und Smectit entstanden später durch Verwitterungsprozesse im bereits abgelagerten Sediment.

Die Ergebnisse der Schwermineral-Analyse, mit Granat, Zirkon und Turmalin als häufigste Schwerminerale, sowie die in den Dünnschliffen vorgefundenen Karbonate und Schwammnadeln weisen auf die Kahlenberg-Formation als Liefergebiet hin. Wegen des großen Einzugsgebiets des damaligen und auch heutigen Wienflusses, haben mit großer Wahrscheinlichkeit auch andere Formationen aus dem Flysch Material beigetragen.

Die Sedimente wurden in einem fluviatilen Zubringer des in der Nähe befindlichen flachmarinen Schelfbereichs der damaligen Paratethys abgelagert. Die in den Bohrkernen vorhandenen Tonminerale führen zur Annahme eines warmen und humiden Klimas im Sarmatium.

Abstract

In the course of the planned extension of the Wientalkanal a total of 150 ram core drillings were executed during the second half of the year 2022 to investigate the subsurface. As part of this master thesis, five of these cores should be investigated sedimentologically. In addition, the provenance of the sediments and the conditions of transport and deposition should be determined. Through the cooperation with the MA29 in person of Dr Christine Jawecki it was possible to document these cores and take samples for further analyses. According to available information, the drilling locations cover the whole Sarmatian.

For determination of the provenance area, thin sections of coarser gravel components from the sampled material were produced and investigated under a transmitted light microscope.

Samples of gravel-sand-mixtures were analysed for the determination of particle size distribution and gravelly components for measuring the particle shape. This analysis gives information about the transport and deposition processes of the sediments. Heavy minerals were extracted from the fine sand fractions for further provenance analysis.

Silt-clay-mixtures were measured by Sedigraph to determine the particle size distribution. Furthermore, the TOC-content was determined and the bulk- and clay mineralogy was measured by x-ray diffraction (XRD). The investigation of the clay minerals allows the reconstruction of the formation of these minerals and thus a possible statement about the paleoclimate. All sand-mixtures and silt-clay-samples were additionally analysed for their carbonate content using a calcimeter.

To support the determination of the provenance area, a terrain model with the recent drainage system in the Rhenodanubic Flysch Zone was constructed as well.

The typical discoid/platy grain shapes of the examined gravel components and the poor sorting of all samples indicate deposits of a river.

XRD analysis of the clay fraction gave the information that vermiculite, kaolinite and smectite are the most abundant clay minerals. Kaolinite formed directly by the weathering of feldspar contained in parent rocks. Vermiculite and smectite formed later through weathering processes in the already deposited sediment.

The results of heavy mineral analysis, with garnet zircon and tourmaline as the most abundant heavy minerals, as well as the carbonates with sponge needles in the thin sections point to the Kahlenberg Formation as main provenance. Because of the large catchment area of the old and recent Wienfluss, it is highly probable that other Flysch formations may have contributed material too.

The sediments were fluvially transported and deposited close to the shallow marine shelf area of the former Paratethys. The clay minerals present in the cores, lead to the interpretation of a warm and humid climate in the Sarmatian.

1 Einleitung

Es ist geplant, den Wientalkanal um einen 9 km langen Tunnel mit 3 m Durchmesser zu erweitern. Dieser soll hauptsächlich unterirdisch verlaufen. Im Zuge dieser Verlängerung des Wientalkanal wurden von der MA29 Brückenbau & Grundbau insgesamt 150 Rammkernbohrungen (RKB) in Auftrag gegeben. Die Bohrungen selbst wurden von der Porr AG abgeteuft. Die Bohrarbeiten dauerten von Juni 2022 bis Ende 2022. Ein Kernbohrgerät benötigt pro Bohrung rund zwei Wochen und die Bohrungen wurden meist in 15 m bis 30 m Tiefe abgeteuft. Wegen des recht kleinen Zeitfensters waren mehrere Kernbohrgeräte gleichzeitig im Einsatz.

Jede Woche wurden bis zu zehn Bohrungen am Busparkplatz Hadikgasse 182 aufgelegt und anschließend sedimentologisch und chemisch dokumentiert, sowie Proben zur weiteren Analyse entnommen. Nach diesem Prozedere wurden die Bohrkern im Bohrkernarchiv der MA29 gelagert.

Der Tunnel soll beim Ernst-Arnold Park im 5. Bezirk an das bestehende Bauwerk anschließen und führt insgesamt durch sechs Bezirke. Das Bauprojekt endet im 13. Bezirk bei der Auhofstraße 255 (Abbildung 1) (www.wien.orf.at (2022)). Ziel dieses Bauvorhabens ist, das bestehende Kanalnetz bei Starkregen zu entlasten und die Bezirke vor Überflutungen zu schützen. Derzeit wird das überschüssige Abwasser als Mischwasser in den Wienfluss geleitet. Dies belastet die Wasserqualität des Flusses und soll somit nach Inbetriebnahme des Tunnels vermieden werden können. Nach Ende der Bauphase wird noch das schon bestehende Kanalnetz saniert. Baubeginn soll im Jahr 2024 sein, die Fertigstellung ist für 2028 geplant. Es wird vom Gaudenzdorfer Gürtel in zwei Richtungen gebohrt werden (www.wien.gv.at (2022)).

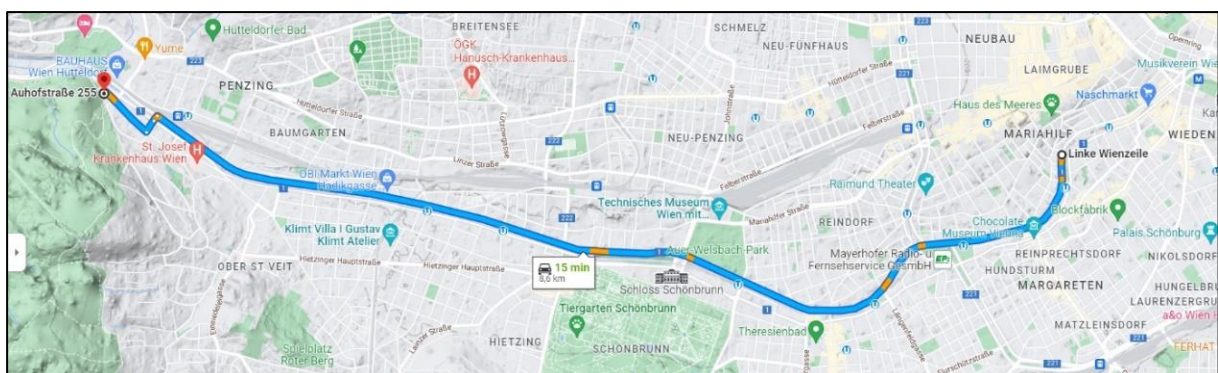


Abbildung 1: Ungefäher Verlauf des neuen Abschnittes des Wientalkanal (Google Maps, 2022)

Geologisch verläuft der Tunnel für die Verlängerung des Wientalkanals von West nach Ost betrachtet, vom Flysch mit den ältesten Gesteinen aus der Oberkreide (Kahlenberg-Formation) weiter durch eine zeitliche Abfolge der Sedimente des Miozäns im Wiener Becken (*Fuchs & Grill, 1985 (Geologische Karte)*), bis zur Terrasse mit Ablagerungszeitraum Mindel-Eiszeit (*Schnabel et al. 1998 (Geologische Karte)*, Abbildung 2), auch besser bekannt als Arsenalterrasse (*Küpper, 1968*). Es wird somit zeitlich nahezu das gesamte Känozoikum, sowie die jüngere Kreide abgedeckt.

Besonders die Sedimente aus dem Miozän werden für die Baumaßnahmen als schwierig angesehen, weil diese im Gesamtbild als sehr feinkörnig beschrieben werden. Das kann in schlecht verfestigten Abschnitten zu Einbrüchen in den frisch gebohrten Tunnel führen. Hydrologisch können diese Schichten als Grundwasserstauer dienen und es könnte beim Durchbohren dieses Stauers zum Eintreten großer Wassermassen aus dem Grundwasserkörper in das Bauwerk kommen.



Abbildung 2: Mittlerer und westlicher Abschnitt des Tunnelverlaufs („Blau“ markiert)
(Geologische Karte der Republik Österreich, 1997, 1:50.000, Nr.58 Baden) (Schnabel et al. 1997)

Zukünftiger Tunnelverlauf „Blau“ markiert.

Diese Masterarbeit wurde durch Frau Dr. Christine Jawecki von der MA29 ermöglicht und organisiert. Ziel dieser Masterarbeit soll sein die Sedimente zu charakterisieren, das Liefergebiet zu definieren und auch die Transport- und Ablagerungsprozesse zu rekonstruieren. Insgesamt wurden fünf Bohrungen zur Verfügung gestellt, diese wurden dokumentiert und Proben für die weitere Analyse entnommen. Hauptaugenmerk bei dieser Forschungsarbeit liegt auf den Sedimenten des Sarmatium, darum wurden Bohrungen gewählt, die alle im Abschnitt dieses Zeitalters liegen sollten. Zusätzlich wurden die Abstände der fünf Rammkernbohrungen so gewählt, dass der gesamte Abschnitt des Sarmatium abgedeckt und somit untersucht werden kann.

Durch Dokumentation und verschiedene Analysemethoden wie Röntgendiffraktometrie (XRD) oder auch Schwermineralanalyse soll ermittelt werden aus welchem Gebiet das Material stammt. Zementierte Abschnitte bzw. Verhärtungen und transportierte Kieskomponenten sollen mikroskopiert werden. Für eine Rekonstruktion der Art des Sedimenttransportes, sollen Korngrößenverteilungen und bei Kiesfraktionen eine Bestimmung der Kornform durchgeführt werden.

2 Geographische Lage & Geologie

Geographisch wird der Tunnel am westlichen derzeitigen Ende des Wientalkanals anschließen und führt durch die Bezirke 5, 6, 12, 13, 14 und 15 (Abbildung 1). Wobei der Tunnel zwischen der südlichen Grenze der Bezirke 6, 14 und 15 und der nördlichen Grenze der Bezirke 5, 12 und 13 verläuft. Der Tunnel schließt beim Ernst-Arnold-Park mit den Koordinaten 48°11'37.3"N 16°21'16.8"E an den bereits vorhandenen Kanal an. Die ersten knapp 3 Kilometer zwischen den Bezirken 5 und 6 verläuft der Kanal zukünftig in Richtung SW. Danach verläuft dieser stetig in Richtung NWW. Enden wird der Wientalkanal bei Auhof im 13. Bezirk in etwa bei den Koordinaten 48°11'57.3"N 16°15'09.7"E. Das Gelände steigt von 169 m.ü.A. beim Ernst-Arnold-Park auf 210 m.ü.A. bei Auhof an.

2.1 Das Wiener Becken heute

Geologisch liegt der zukünftig verlängerte Wientalkanal im westlichsten Teil des Wiener Beckens. Die westlichsten 3 km gehören bereits dem Bereich der Flyschzone an (Abbildung 2). Die fünf gewählten Rammkernbohrungen liegen alle im Sedimentkörper des Wiener Beckens, weshalb dieses näher betrachtet wird.

Das Wiener Becken hat eine rhombische Form mit einer Länge von 200 km nach SW-NE und an der breitesten Stelle 60 km nach NW-SE (*Piller et al. 1996*). Abgegrenzt wird es nördlich der Donau im Westen von der Waschbergzone und östlich von den kleinen Karpaten. Der nördlichste Punkt ist der Ort Uherské Hradiste in Mähren (*Arzmüller et al. 2006*). Südlich der Donau gelten die Alpen mit der Thermenlinie im Westen und das Leitha-Gebirge im Osten als Grenze. Das Semmering- & Wechselgebiet bei Gloggnitz stellt das südliche Ende dar (*Piller et al. 1996*).

Das Prä-Wiener Becken war im Mitteljura ein Riftbecken. In der Kreide entwickelte es sich zu einem passiven Randbecken, welches anschließend im Paläogen infolge der Extrusion der Alpen nach Nordosten von den Decken des Orogens überschoben wurde (*Arzmüller et al. 2006*).

Im mittleren Paläogen, vom Eggenburgium bis in das Karpatium, war das Wiener Becken ein durch Überschiebungen entstandenes Piggy-Back Becken (*Piller et al. 1996*). Anschließend war es für über 9 Ma ein typisches Pull-Apart Becken mit einer

sinistralen Blattverschiebung in SW-NE Richtung. Diese Bewegungen gibt es seitdem die Alpen aufgehört haben sich nach Norden zu bewegen. Die Karpaten hingegen wurden weiter nach Norden verschoben, was zu einer Scherung führte. Durch mehrere Bruchsysteme im Becken sank das Grundgestein an der tiefsten Stelle, dem Schwechater Tief, um knapp 6 km ein (*Hofmann et al. 2011*) und wurde laufend mit Sedimenten gefüllt. Diese mächtige vertikale Verschiebung wird als Steinberg-Bruch bezeichnet. Selbst im Randbereich erreichen die Sedimente noch eine Mächtigkeit von 2 km. Zum Ende des Miozäns änderte sich der Schersinn der Blattverschiebung auf dextral. Das führt zu einer Kompression des Wiener Beckens in E-W Richtung. Bis heute erfuhr das Becken eine Hebung von 200 m bis 300 m (*Piller et al. 1996*). Die jüngsten Sedimente stimmen genau mit dem Ende des Wiener Beckens als Pull-Apart Becken überein, es gibt nur ein paar lokale Flussschotter die aus dem Pontium stammen (*Piller et al. 1996*).

Man kann das Wiener Becken zum einfacheren Verständnis als „Stockwerksbau“ betrachten. Der oberste, 1.Stock ist die bis zu 6.000 m mächtige Sedimentfüllung, der 2.Stock sind Gesteine der Alpen und Karpaten. Das unterste Stockwerk ist das autochthone Mesozoikum, auf welches das 2.Stockwerk überschoben wurde. Dieses beinhaltet unter anderem das Muttergestein für fossile Rohstoffe (*Hofmann et al. 2011*).

2.1.1 Wirtschaftliche Bedeutung des Wiener Beckens

In wirtschaftlicher Hinsicht ist besonders das nördliche Wiener Becken mit dem Marchfeld und dem östlichen Hügelland des Weinviertels interessant. Dort wurden große Vorkommen an Erdöl und Erdgas gefunden, die seit den mittleren 1930er Jahren auch wirtschaftlich gefördert werden (*Steininger, 2005*). Von der OMV AG werden auch heute noch etwa 10% des jährlichen Bedarfs an fossilen Brennstoffen in Österreich durch diese Region abgedeckt. Die Lagerstätte Feld Matzen zählt als das größte Erdölfeld Mitteleuropas (*Piller et al. 1996*). Als Muttergesteine dienen hierbei kohlenstoffreiche, oberjurassische Gesteine aus dem autochthonen Mesozoikum. Als Speichergesteine dienen neben den sedimentären Ablagerungen aus dem Miozän auch Serien der alpin-karpatischen Decke. Um diese zu erproben, wurden in den 1960er Jahren mehrere übertiefe Bohrungen abgeteuft, die mit 8.553 m bei Zistersdorf auch die tiefste kommerzielle Bohrung Europas beinhalten (*Piller et al. 1996*).

Im gesamten Wiener Becken wurde vor allem im 20. Jahrhundert Tegel aus dem Miozän abgebaut, um Ziegel zu produzieren. Die Firma Wienerberger war hier führend und zählt auch heute zu den größten Ziegelproduzenten weltweit. Die heute größte Abbaustätte liegt bei Hennersdorf im Süden Wiens. Tegel haben typischerweise die Eigenschaft im nicht verwitterten Zustand eine blaugraue Färbung zu haben und durch Verwitterung eine Ockerfärbung anzunehmen (Abbildung 3) (Hofmann et al. 2011).



Abbildung 3: Farbunterschied zwischen braunem, verwittertem Tegel (oben) und blaugrauem, nicht verwittertem Tegel (unten) aus dem Sarmatium (RKB 221)

Der Atzgersdorfer Stein (Abbildung 4), mit den typischen oolithischen Kügelchen, wurde gemeinsam mit dem Leithakalk häufig als Baustein während dem Bau der Ringstraße eingesetzt. Viele historische Gebäude der Wiener Innenstadt wurden mit diesen Gesteinen erbaut (Hofmann et al. 2011).



Abbildung 4: Atzgersdorfer Stein, reich an Fossilien und Oolithen (www.vvnk.univie.ac.at/sedimente.html (24.09.2022))

2.2 Das Wiener Becken im Sarmatium

Geologisch wird in dieser Arbeit hauptsächlich Material aus dem Sarmatium analysiert. Es soll das Liefergebiet des damals im Wiener Becken abgelagerten Materials ermittelt werden.

Zur Zeit des Sarmatium vor 12,7 Ma bis 11,6 Ma lag das Untersuchungsgebiet bereits im westlichsten Teil des Wiener Beckens, im Küstenbereich der zentralen Paratethys. Das gesamte Wiener Becken war von diesem Meer bedeckt. In diesem Zeitabschnitt hatte das Wiener Becken bereits die Charakteristik eines Pull-Apart Beckens, somit war die tektonische Bewegung eine sinistrale Blattverschiebung, die stetig zu einer Absenkung des Beckens führte (*Piller et al. 1996*).

Das im Sarmatium abgelagerte sedimentäre Material reicht von küstennahen Kiesen und Sanden über Kalksandsteine bis hin zu Tegeln (Ton- & Siltablagerungen) in den tiefsten Bereichen des damaligen Beckens. Die Mächtigkeit der sarmatischen Sedimente erreicht teilweise mehr als 1.000 m (*Piller et al. 1996*).

Durch die fortschreitende alpidische Gebirgsbildung wurden zur Grenze von Badenium zu Sarmatium nahezu alle Verbindungen zum offenen Ozean unterbrochen, nur eine Verbindung zum östlichen Teil der Paratethys im Bereich des heutigen Schwarzen Meeres blieb erhalten (*Harzhauser et al. 2007*). Das führte zu einer geringeren Salinität von 17-30 ‰ (*Piller et al. 1996*) in der zentralen Paratethys. Des Weiteren gab es im Sarmatium keine große Artenvielfalt im Ozean, ein Grund ist das Fehlen von stenohalinen Taxa durch die sich verändernden salinaren Verhältnisse. Das Sarmatium wird deshalb auch manchmal von Paläontologen als „das ungeliebte Kind der Erdwissenschaften“ bezeichnet (*Harzhauser & Piller, 2004*), da sowohl das Badenium davor als auch das Pannonium danach, eine weitaus artenreichere Fauna zu bieten hatten. Von etwa 800 Muschelarten im Badenium reduzierte sich die Anzahl im Sarmatium auf etwa 120 Arten (*Harzhauser & Piller, 2007*). Jedoch gab es einige Muschel- und Foraminiferen-Arten, die sehr erfolgreich waren (z. B. *Pirenella*, *Cerastoderma*) (*Piller et al. 1996*). Im Vergleich zum Badenium gab es zwar eine geringere Artenvielfalt, aber dafür eine größere Anzahl an lebenden Individuen (*Harzhauser et al. 2007*). Besonders gut ist das am Golden Spike des Sarmatium ersichtlich, nämlich dem Nexinger Muschelschill (Abbildung 5). Diese mehrere Meter mächtige Schicht besteht nahezu gänzlich aus Ablagerungen von Muschelschalen.

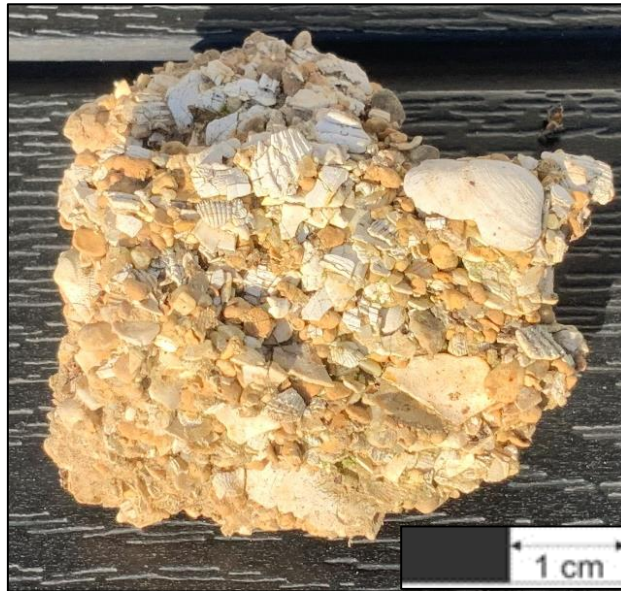


Abbildung 5: Nexinger Muschelschill (*private Aufnahme*)

Das untere Sarmatium ist durch siliziklastische Ablagerungen geprägt. Im oberen Sarmatium werden die Ablagerungen karbonatisch. Das korreliert auch mit Muschelschalen, welche im späten Sarmatium eine wesentlich größere Dicke aufweisen. Auch Oolithe bildeten sich im späten Sarmatium, diese sind die einzigen bekannten Vorkommen im gesamten Miozän in der zentralen Paratethys (*Harzhauser & Piller, 2007*). Oolithe können sich nur bei sehr karbonat- und salzreichen Wasserbedingungen bilden, dies deutet auf ein warmes und niederschlagarmes Klima hin. Hinzu kommt, dass diese Kügelchen aus Kalk nur im Flachwasserbereich wachsen können. Der Atzgersdorfer Stein ist die wohl bekannteste Serie mit Oolithvorkommen aus dieser Zeit (*Harzhauser & Rögl, 2005*).

Am Übergang zum Pannonium kühlte das Klima merklich ab, was zu einer weiteren Phase der Eisbildung an den Polen führte. Durch das als Eis gebundene Wasser fiel der weltweite Meeresspiegel deutlich ab und die zentrale Paratethys zog sich vorübergehend aus dem Wiener Becken zurück (*Harzhauser & Rögl, 2005*). Mit diesem Ereignis verschwand auch die zentrale Paratethys endgültig. Im Pannonium bildete sich bei der folgenden Transgression der Pannonsee, welcher nur mehr brackische Wasserbedingungen aufwies. Die Fauna aus dem Sarmatium, welche doch eher an Meerwasserverhältnisse angepasst war, starb somit aus (*Harzhauser & Rögl, 2005*).

Bei Hohenau an der March schüttete die Urdonau im Pannonium große Mengen an fluviatilen Klastika in den Pannonsee. Regelmäßig verlagerte das Delta der Ur-Donau seine Arme und schüttete so Sedimente an verschiedenen Orten in den Pannonsee (www.ots.at/presseaussendung/neue-forschungsergebnisse-ur-donau-delta-im-norden-von-wien-entdeckt-bild (2022)). Zum Beispiel handelt es sich bei den Hollabrunn-Mistelbach-Schottern um Ablagerungen der Urdonau im Küstenbereich, in denen immer wieder Knochen riesiger Landtiere zu finden sind (z.B.: Dinotherium) (Hofmann et al. 2011).

2.3 Ablagerungen im und um das untersuchte Gebiet

Das mit Rammkernbohrungen erschlossene Untersuchungsgebiet liegt im Wiental, im Westen von Wien. Von der MA29 wurde ein Längenschnitt des Wientals zur Verfügung gestellt, in dem die bisherigen Bohrungen des Gebiets entlang des Wienflusses eingetragen sind. Die Bohrungen können zu früheren Bohrkampagnen gehören, aber auch zu bereits ausgewerteten Bohrprofilen dieser Kampagne (Abbildung 6 bis Abbildung 8).

Von West nach Ost betrachtet, treten hauptsächlich Ablagerungen des Badeniums, Sarmatiums und Pannoniums in den Bohrungen auf. Das Badenum umschließt in etwa das Gebiet der Rammkernbohrungen von Nr. 350 (Bischofsteig) bis 290 (Baumgartenbrücke, U-Bahn-Station Unter St. Veit), diese zeichnen sich vor allem als tonreiche Ablagerungen („Violett“ in Abbildung 6) aus. Laut geologischer Karte (Abbildung 2) liegen die Sedimente des Badenium direkt auf Gesteinen der Flyschzone auf.

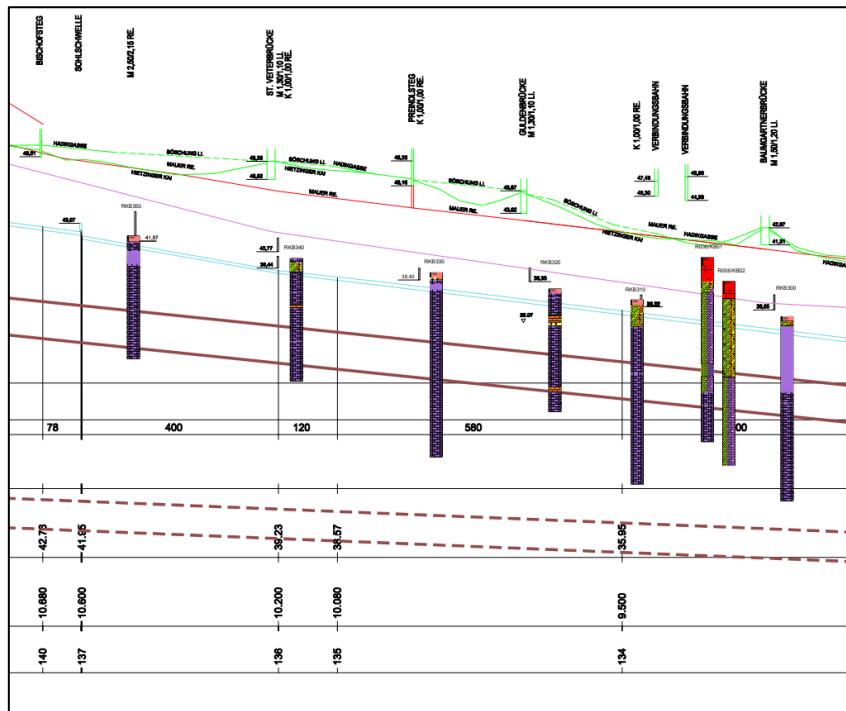


Abbildung 6: Bohrprofile des Badenium (Längenschnitt MA29)

Daran anschließend beginnt das in dieser Arbeit genauer untersuchte Sarmatium, das von RKB 290 bis, laut Info der MA29, zum Bereich RKB 160/150 (knapp westlich des Sechshauser Gürtels) vorherrscht. Diese Ablagerungen sind deutlich reicher an Schottern und Sanden („Gelb und Orange“ in Abbildung 7). Auch Silt ist sehr oft enthalten („Grün“ in Abbildung 7). Ton kommt nur abschnittsweise vor. Das Sarmatium ist lithologisch deutlich abwechslungsreicher als das Badenium.

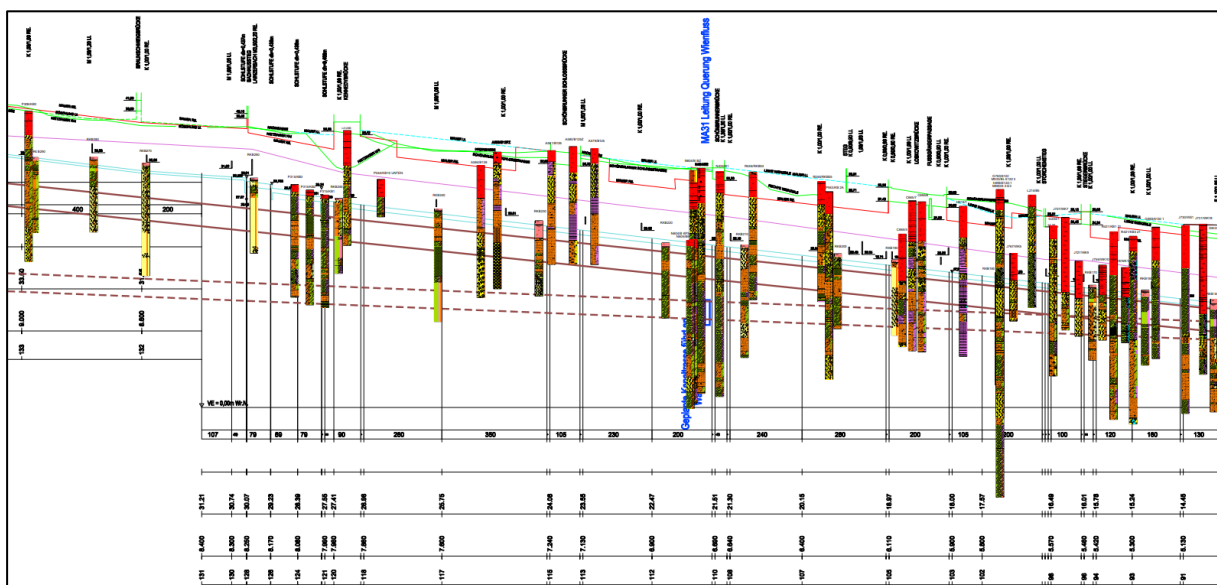


Abbildung 7: Bohrprofile des Sarmatium (Längenschnitt MA29)

Östlich des Sarmatium schließt nun das Pannonium an. Diese Ablagerungen bestehen zum Großteil aus Silt („Grün“ in Abbildung 8) und weisen nur im westlichen Bereich Schotter- & Sandlagen („Gelb“ & „Orange“ in Abbildung 8) auf. Jedoch nur in den untersten Abschnitten der Bohrprofile, die durchaus auch zum Sarmatium gehören könnten. Ton („Violett“ in Abbildung 8) kommt im Vergleich zum Sarmatium wieder etwas häufiger vor.

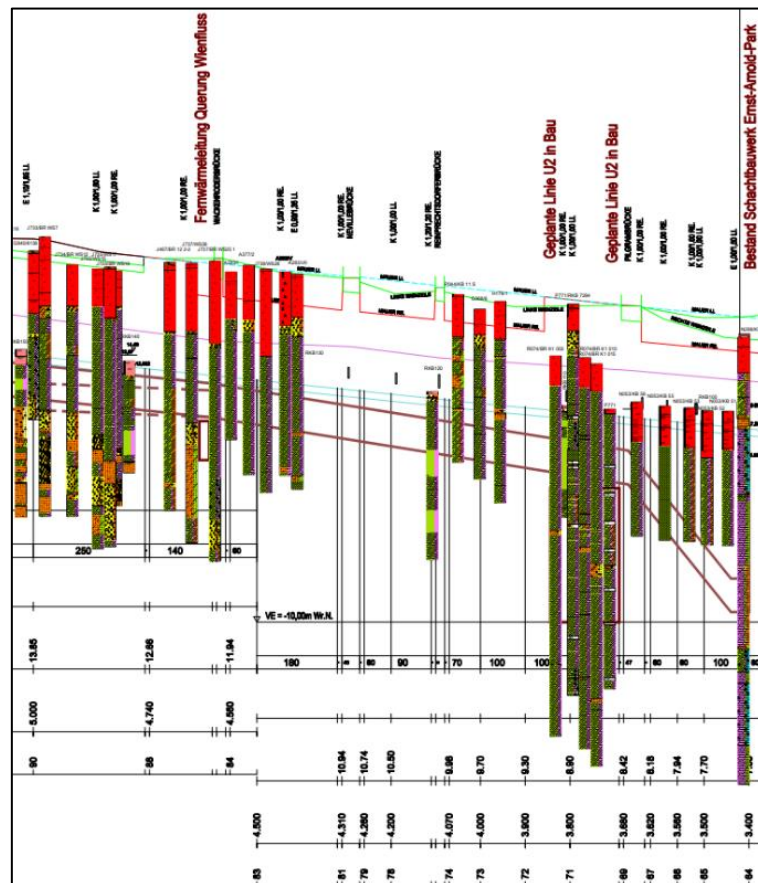


Abbildung 8: Bohrprofile des Pannonium (Längenschnitt MA29)

Das Pannonium wird wiederum am östlichen Ende des Tunnelausbaus, rund um den Ernst-Arnold-Park, von den pleistozänen und rezenten Ablagerungen des Wienflusses überlagert. Außerhalb des Wientales wird das Pannonium von pleistozänen Schotterterrassen überlagert. Es handelt sich vorwiegend um Ablagerungen aus den Günz- & Mindel-Kaltzeiten, teilweise aber auch noch jünger (*Schnabel et. al. 1997 (Geologische Karte)*).

2.4 Entwässerungssystem

Der Wienfluss, an dem das Bauwerk mehr oder weniger parallel entlangläuft, wird trotz seines Verlaufs durch das Wiener Stadtgebiet, wegen seines alpinen Charakters, als Wildwasser angesehen. Das Einzugsgebiet erstreckt sich über 221 m², bei einer Gesamtlänge von 34 km. Der Fluss entspringt bei Rekawinkel als Dürre Wien auf 520 m.ü.A. und vereinigt sich im Zentrum von Pressbaum mit der Kalten Wien zum Wienfluss. Die Mündung in den Donaukanal befindet sich bei der Urania im 1. & 3. Wiener Gemeindebezirk. Aufgrund der vorherrschenden Lithologie des Flyschs, welche sehr schlecht Wasser aufnehmen kann und des recht steilen Geländes des Flusses zu Beginn, neigt das Gewässer stark zu Hochwasser und Überflutungen. Das machte auch den Bau und nun Ausbau des Wientalkanals nötig (www.wien.gv.at/umwelt/gewaesser/hochwasserschutz/wienfluss (2018)).

2.5 Flyschzone

Die Rhenodanubische Flyschzone gehört zu der geologischen GroÙeinheit des Penninikums in den Alpen. Genauer gehört sie den unteren penninischen Decken an. Die Rhenodanubische Flyschzone erstreckt sich am Nordrand der Alpen vom Rheintal im Westen bis zur Donau bei Wien im Osten. Die Einheit erreicht einen West – Ost-Erstreckung von etwa 500 km (*Faupl, 1996*).

Formationen werden den unteren penninischen Decken zugeordnet, wenn sie ausschließlich aus kretazischer, ozeanischer Lithosphäre bestehen. Die gesamte Einheit entstand während der Schließung des Valais Ozeans. Diese begann vor 65 Millionen Jahren und endete vor etwa 45 Ma. Ein Großteil der ozeanischen Lithosphäre ging durch Subduktion in den Mantel verloren. Der schmale Rest, der heute am Nordrand der Alpen liegt, wurde gemeinsam mit dem Helvetikum auf den damaligen europäischen Schelf aufgeschoben. Zu den weiteren Einheiten, bei denen die unteren penninischen Decken aufgeschlossen sind, zählen das Tauernfenster, Unterengadiner Fenster und die Rechnitzer Fenstergruppe (*Schuster, 2017*).

Die häufigsten Gesteine der Rhenodanubischen Flyschzone sind Turbidite. Ab der unteren Oberkreide entstanden durch Erdbeben, Meeresspiegelschwankungen oder wetterbedingte Sturmereignisse lawinenartige Trübestrome. Diese verfrachteten unverfestigte Sedimente episodisch in die Tiefen des penninischen Ozeans (*Wessely,*

2006). Strömungsmarken sind auch heute noch gut zu erkennen. Bei den transportierten Sedimenten der Oberkreide handelt es sich wahrscheinlich um feinen, biogenen, Kalkschlamm aus Kalkschalen und -skeletten. Typische Flyschsedimente sind z. B. Sandsteine, Pelite und Mergel, durch den unregelmäßigen Sedimenteintrag oft in Wechsellagerung (Egger, 2014).

Rezent befindet sich die Rhenodanubische Flyschzone im Bereich des Wienerwalds im Liegenden der Nördlichen Kalkalpen, die südlich des Wienerwalds an der Oberfläche aufgeschlossen sind. Im Norden wird die Flyschzone von Sedimenten der Molassezone begrenzt, im Osten von den Sedimenten des Wiener Beckens (Abbildung 9).

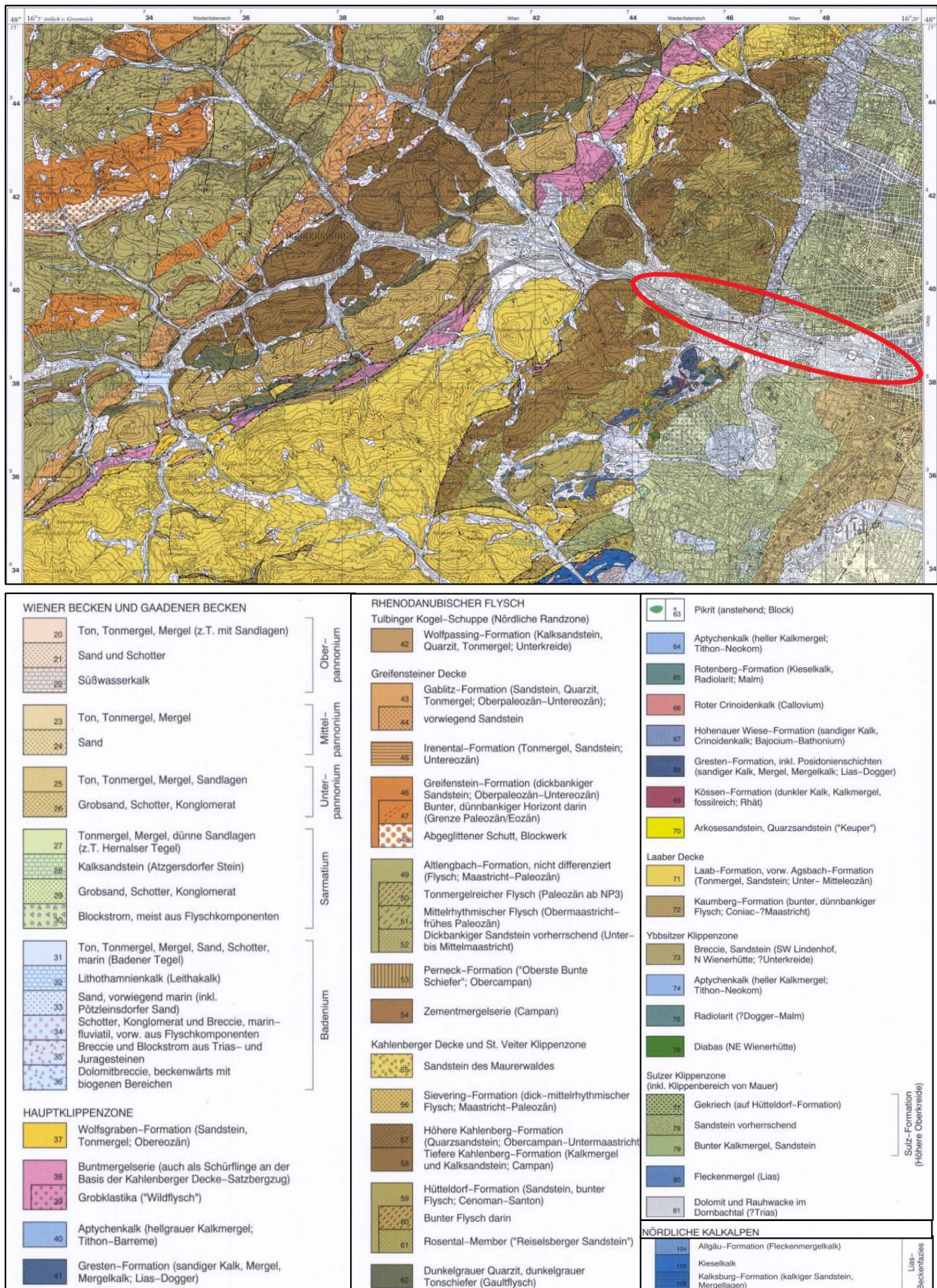


Abbildung 9: Flyschzone des Wienerwalds und westlicher Teil des Wiener Beckens
(Geologische Karte der Republik Österreich, 1998, 1:50 000, Nr.58 Baden) (Schnabel et. al 1997)

Bereich der Bohrungen für den Bau des Wientalkanals „Rot“ eingekreist.

2.5.1 Hütteldorf-Formation

Die Hütteldorf-Formation ist Teil der Kahlenberg-Decke und tritt vor allem in Penzing (14. Gemeindebezirk) an der Oberfläche auf. Im Liegenden folgt der sogenannte Gault-Flysch der Rheingraben-Formation. Im Hangenden schließt die Kahlenberg-Formation an. Das Gestein setzt sich grob aus grauen Sandsteinen und rot bis rotbraunen teilweise grüngrauen Tonsteinen und Tonmergeln zusammen (*Pfersmann & Wagreich, 2009*). Jedoch wurden auch schon vulkanische Gesteine wie Pikrite in dieser Formation gefunden. Die Gesteine sind recht dünnbankig.

Mikrofossilien sind sehr selten, deswegen ist eine Datierung durch solche sehr schwierig. Kalkkomponenten sind allgemein sehr selten, weil die damalige Ablagerungstiefe auf 3.000 m bis 5.000 m geschätzt wird. Somit lagen die eingetragenen Kalksedimente deutlich unter der damaligen Calcitkompensationstiefe. Das führte zur Auflösung von Calcit. Das Ablagerungsalter dieser Formation wird auf Cenomanium bis Santonium eingegrenzt (*Pfersmann & Wagreich, 2009*). Aufgrund der großen Ablagerungstiefe ist Chromspinell ein typisches Schwermineral dieser Formation (Faupl 1996).

2.5.2 Kahlenberg-Formation

Aufliegend auf der Hütteldorf-Formation sind in den Gesteinen der Kahlenberg-Formation mehr Calcit und auch Mikrofossilien enthalten, was eine Datierung wesentlich vereinfacht. So wird ein Bildungszeitraum von Campanium bis Maastrichtium angegeben (*Pfersmann & Wagreich, 2009*). Untere Schichten werden als dünnschichtiger und mit geringeren Anteilen an Quarz als Kalksandstein oder -mergel beschrieben (Campanium). Hervorzuheben sind die sogenannten Calcilutit-Bänke, welche einen hohen Calcitanteil von 90 % aufweisen. Die feine Karbonatmatrix wird als biogen gebildet durch Coccolithen eingeordnet. Karbonatische Turbiditabfolgen bilden weitere markante Schichten (*Faupl et al. 1996*). Größere Mikrofossilien sind in Form von Schwammnadeln und Foraminiferen in einigen Schichten der Formation enthalten (*Faupl et al. 1996*). Radiolarien sind nicht gesteinsbildend, aber durchgehend zu erwarten (*Prey et al. 1979*). Die höheren Schichten bestehen aus quarzreichem Sandstein (Obercampanium – Untermaastrichtium). Schwerminerale sind in dieser Formation nur in geringen Mengen vorhanden (*Pfersmann & Wagreich, 2009*). Der Anteil an opaken Mineralen

liegt bei rund 75 %. Turmalin, Zirkone und etwas geringer Granat sind die dominanten transluzenten Minerale (*Grün et al. 1972*).

2.5.3 Sievering-Formation

Die Sievering-Formation zeichnet sich durch abschnittsweise mächtige Sandsteinlagen aus. Diese werden durch dünnbankigere Mergellagen getrennt. Auch Strömungsmarken wie „flute casts“ und „drag casts“ sind sehr gut erhalten. Diese weisen auf stark schwankende Strömungsrichtungen hin. Häufig vorkommende Mikrofossilien, wie planktonische Foraminiferen lassen eine Datierung in das Maastrichtium zu (*Faupl et. al. 1970*).

2.5.4 Gablitz-Formation

Die eher geringmächtige Gablitz-Formation gehört der Greifensteiner Decke an und führt als typisches Gestein Quarzite. Aufgrund des hohen Quarz-Gehalts zählt das Gestein der Gablitz-Formation zu den härtesten und beständigsten der gesamten Flyschzone. Auch herkömmliche Sandsteine und Tonmergel kommen vor (*Schnabel, 1988*). Ablagerungszeitraum ist das Oberpaleozän bis Untereozän.

2.5.5 Greifenstein-Formation

Die Greifenstein-Formation gehört der gleichnamigen Decke an und wechselt sich mit den Schichten der Altlengbach-Formation in drei SW-NE orientierten Schuppen ab. Die Gesteine dieser Formation sind hauptsächlich Sandsteine. Die Formation erreicht eine Mächtigkeit von 1.000 m, was auf sehr hohe damalige Sedimentationsraten schließen lässt, bei einem Ablagerungszeitraum ähnlich der Gablitz-Formation (*Schnabel 1988*). Nummuliten beweisen eine Ablagerung bis in das Untereozän (*Faupl et. al. 1996*). Es wurden auch dünne coccolithenführende Schichten nachgewiesen (*Schnabel, 1988*).

2.5.6 Altlengbach-Formation

Die Altlengbach-Formation ist eine im westlichen Teil der Flyschzone sehr verbreitete geologische Einheit. Charakteristische Gesteine sind helle Kalkarenite, siliziklastische, teilweise kalkige Mergel, kieselige Sandsteine und seltener Tonschiefer. Insgesamt kann die Formation somit in vier Subformationen aufgeteilt werden (*Egger, 1995*). Sehr prägnant ist der Dominanzwechsel in den oberen Schichten der Formation von Granat

zu Zirkon bei den Schwermineralen. Ablagerungszeitraum ist Maastrichtium bis Paläozän, wobei auch diese Formation Mächtigkeiten von bis zu 1.000 m erreicht (*Schnabel 1988*). Die Schichten sind auch fossilführend, besonders Foraminiferen und Radiolarien treten auf. Die Radiolarien werden als durch spatigen Calcit rekristallisiert beschrieben (*Grün et al. 1972*). Foraminiferen werden meist als schlecht erhalten dargestellt. Der gesamte Schuppenbau von Gablitz-Formation, Greifenstein-Formation und Altlenzbach-Formation wird von *Grün et al. (1972)* als Nordzone bezeichnet und bildet den nördlichsten Abschnitt der Flyschzone. Glaukonit führende Gesteine wurden ebenfalls beschrieben (*Grün et al. 1972*). Glaukonit ist normalerweise ein Indikator für Flachwassersedimente in einem vollmarinen Milieu (*Meunier, 2005*).

Die Zementmergelschicht der Nordzone ähnelt faziell sehr den kalkreicheren Bereichen der Kahlenberg-Schichten (*Faupl et al. 1996*). Schwarzschiefer am Übergang von Paläozän zu Eozän deuten auf einen globalen anoxischen Event hin. Im Schwarzschiefer wurden Dinoflagellaten-Zysten nachgewiesen (*Egger, 1995*).

2.5.7 Agsbach-Formation

Die Agsbach-Formation ist die im Hangenden liegende Einheit der Laaber-Decke und ist besonders im südlichen Wienerwald sehr großflächig aufgeschlossen. Gegen Norden hin verschmälert sich diese Fläche deutlich. Die Formation ist aus Schlammturbiditen aufgebaut, welche zum Großteil Tonmergel ausbildeten. Dazwischen befinden sich dünnbankige Sandsteinlagen. Die Formation ist bis zu 1.000 m mächtig und wird in das Ypressium im Untereozän datiert. Dinoflagellaten und Nummuliten zählen zu den wichtigsten Mikrofossilien. Bei den Schwermineralen dominieren Zirkone und Turmaline, auch der Anteil für Rutil scheint erhöht. Es ist nicht bekannt welche Formation im Hangenden auf die Agsbach-Formation folgt (*Egger, 2013*).

3 Proben und angewandte Methoden

3.1 Untersuchte Bohrkerne

Die entnommenen Proben stammen aus insgesamt fünf Rammkernbohrungen, die den gesamten Bereich des Sarmatium abdecken sollten. Laut der geologischen Karte in Abbildung 10 liegt bei RKB 171 & 192 das Sarmatium nicht mehr direkt an der Oberfläche auf, sondern wird von Ablagerungen des Pannonium bis hin zur Würm-Kaltzeit überlagert. Für einen besseren Überblick in welchem Gebiet in Wien die Entnahmestellen liegen, wurden die Rammkernbohrungen auch in einem Modell mit Open Street Map dargestellt (Abbildung 11). Folgende Bohrungen wurden für die weiteren Untersuchungen ausgewählt:

- RKB 171
- RKB 192
- RKB 221
- RKB 262-1
- RKB 281

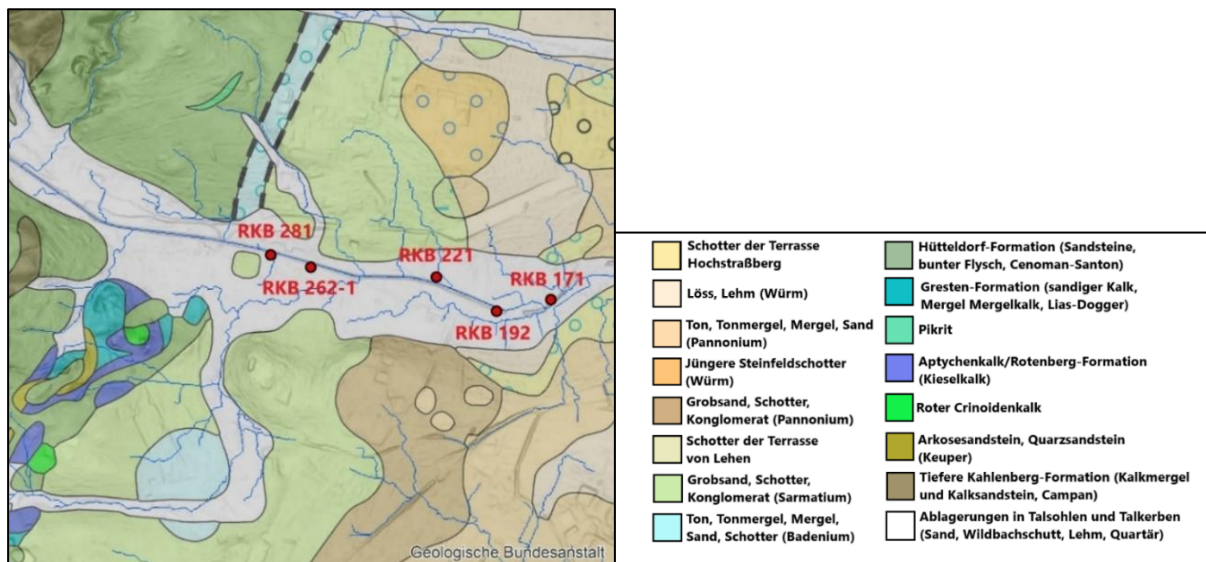


Abbildung 10: Entnahmestandort der Bohrkerne in geologischer Modellkarte (Geologische Bundesanstalt)

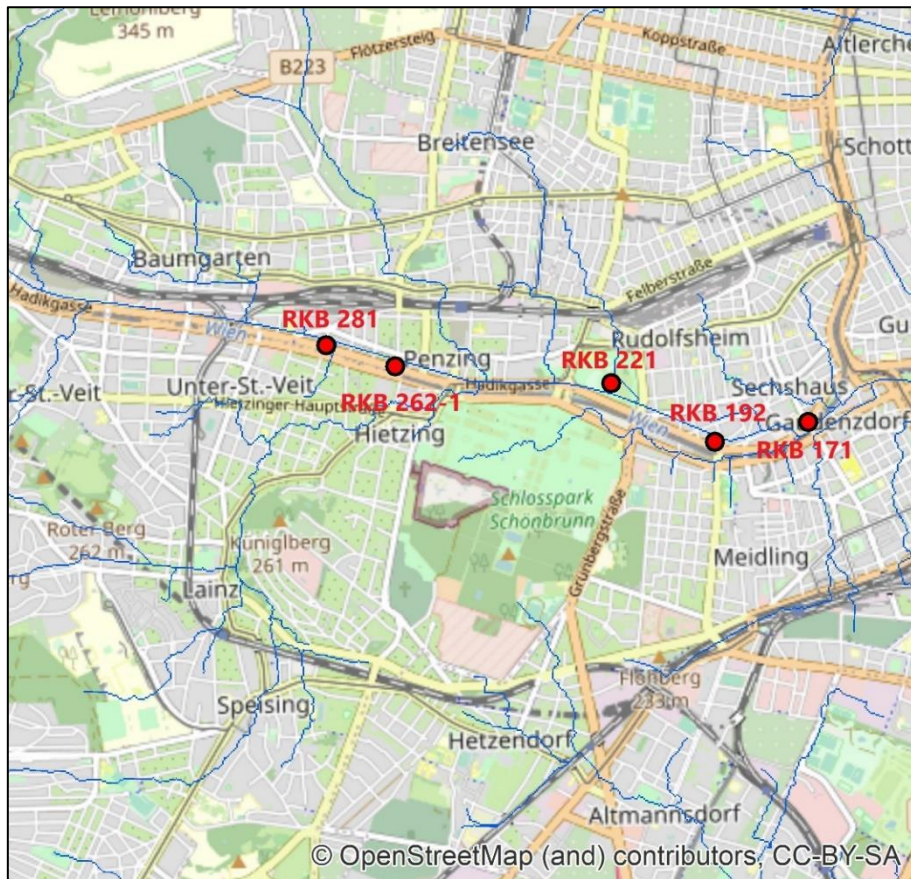


Abbildung 11: Entnahmestandort der Bohrkern (Open Street Map)

RKB 171 befindet sich im 15. Gemeindebezirk bei der Stiebergasse 2, direkt an der Linken Wienzeile. Auch RKB 192 liegt im 15. Bezirk, an der Kreuzung Linke Wienzeile/Hollergasse. RKB 221 wurde im Auer-Weisbach-Park abgeteuf, ebenfalls im 15. Bezirk gelegen. RKB 262-1 ist eine von gesamt 3 Bohrungen, die in der Ameisgasse vorgenommen wurden. Es handelt sich bei der gewählten Bohrung um die mittlere Entnahmestelle, bei der Ameisgasse 1 + 3 im 14. Gemeindebezirk. Die fünfte Bohrung ist RKB 281 im 14. Bezirk bei der Hadikgasse 142.

Die Distanz zwischen der östlichsten Bohrung RKB 171 und der westlichsten Bohrung RKB 281 beträgt etwa 3 km Luftlinie.

3.2 Entnommene Proben

RKB 171, 192 und 281 enthielten recht wenig Ton, aber einen hohen Anteil an Sand-Kies-Gemischen und größeren Steinen, deshalb wurden aus diesen Bohrkernen Grobkieskomponenten für die Dünnschliffherstellung entnommen und Sande bzw. Sand- Kiesgemische für Siebkurven und die Gewinnung von Schwermineralen.

RKB 221 und 262-1 bestanden hingegen hauptsächlich aus Silt-Ton-Gemischen, welche durch die Bodenfeuchte plastische Eigenschaften aufwiesen. Aus diesen beiden Bohrkernen wurden Sande, falls vorhanden, und Silt-Ton-Gemische entnommen. Bei RKB 221 konnte sehr gut der Farbunterschied zwischen braunem, bereits verwittertem Material über dem Grundwasserspiegel und nicht verwittertem Material mit einer grauen Färbung unter dem Grundwasserspiegel beobachtet werden (Abbildung 3).

Die Bohrkerns wurden fotografiert und beschrieben, Bilder der gesamten Bohrkerns als auch genaue Beschreibungen auf Formblättern zu den Bohrkernen sind beides in Anhang 1 & 2 zu finden. Eine Übersicht aller entnommenen Proben ist in Tabelle 1 zu sehen.

Alle in der folgenden Tabelle 1 eingefärbten Proben wurden für zumindest eine Analyse­methode verwendet. Mit „Grün“ sind alle Proben markiert, aus denen Dünnschliffe angefertigt wurden. Die Markierung mit der Farbe „Gelb“ umfasst verwendete Sande oder Sand-Kiesgemische, mit denen eine Siebung durchgeführt wurde. Anschließend konnten aus den zwei feinsten Fraktionen Schwerminerale abgetrennt werden, für eine Schwermineral­Untersuchung. „Violett“ umfasst Silt-Ton-Gemische. Mit diesen wurden Siebung und Analyse im Sedigraph, TOC und XRD für Gesamtmineralogie und Tonmineralogie durchgeführt. Die „Blau“ markierte Probe ist ein recht dunkler Ton mit einem auffälligen Geruch, es wird von einem hohen Anteil an organischem Material ausgegangen. An dieser Probe wurden nur TOC und die Gesamtmineralogie mittels XRD festgestellt. Bei allen farblich markierten Proben, außer den „Grün“ markierten Dünnschliffen, wurde mittels Kalzimeter auch der Karbonatgehalt ermittelt.

In der folgenden Tabelle 1 sind alle genommenen Proben angeführt und untersuchte Proben farbig markiert. In der letzten Spalte sind die durchgeführten Untersuchungen angeführt.

Tabelle 1: Entnommene und zur weiteren Untersuchung verwendete Proben

Bohrung	Tiefe [m]	Art der Probe	Durchgeführte Untersuchungen
RKB 171	5,50	Sand-Kiesgemisch	-
RKB 171	8,50	Ton mit org. Material	XRD (nur Gesamt), TOC, Kalzimeter
RKB 171	10,50	Grobsand mit Fossilien	Siebung, Schwermineralanalyse, Kalzimeter
RKB 171	11,40	Grobkies	-
RKB 171	12,80	Grobkies	Dünnschliffmikroskopie
RKB 171	14,70	Sand	Siebung, Schwermineralanalyse, Kalzimeter
RKB 171	16,30	Grobkies	Dünnschliffmikroskopie
RKB 171	18,90	Silt-Tongemisch	-
RKB 192	9,90	Feinsand	-
RKB 192	10,40	Verhärtung	Dünnschliffmikroskopie
RKB 192	11,10	Leichtkomponente	Dünnschliffmikroskopie
RKB 192	11,50	Grobkies	Dünnschliffmikroskopie
RKB 192	12,80	Ton/Silt	-
RKB 192	14,50	Mittelsand	-
RKB 192	16,40	Feinsand	-
RKB 192	18,20	Mittelsand	-
RKB 192	22,90	Mittelsand	-
RKB 192	23,30	Grobkies	Dünnschliffmikroskopie
RKB 192	23,80-24,60	Sand-Kiesgemisch	Siebung, Schwermineralanalyse, Kalzimeter
RKB 192	23,90	Grobkies	Dünnschliffmikroskopie
RKB 192	24,80	Grobkies	Dünnschliffmikroskopie
RKB 221	6,40	heller Ton/Silt	XRD (Gesamt & Ton), Siebung/Sedigraph, TOC, Kalzimeter
RKB 221	8,60	bunter Ton	-
RKB 221	11,60	Ton/Silt	XRD (Gesamt & Ton), Siebung/Sedigraph, TOC, Kalzimeter
RKB 221	12,80	Mittelsand	-
RKB 221	15,70	Ton/Silt	XRD (Gesamt & Ton), Siebung/Sedigraph, TOC, Kalzimeter
RKB 221	17,50	Grobsand	Siebung, Schwermineralanalyse, Kalzimeter

Bohrung	Tiefe [m]	Art der Probe	Durchgeführte Untersuchungen
RKB 262-1	6,50	Ton/Silt	XRD (Gesamt & Ton), Siebung/Sedigraph, TOC, Kalzimeter
RKB 262-1	8,50	Sand	-
RKB 262-1	13,40	Sand	-
RKB 262-1	15,70	Ton/Silt	XRD (Gesamt & Ton), Siebung/Sedigraph, TOC, Kalzimeter
RKB 262-1	15,70	"Weiße Nester" → Fossilien	XRD (Gesamt)
RKB 281	7,30 & 8,20	Grobkies	Dünnschliffmikroskopie
RKB 281	10,30	Silt-Tongemisch	-
RKB 281	12,30	Sand-Kiesgemisch	Siebung, Schwermineralanalyse, Kalzimeter
RKB 281	14,50	Grobkies	Dünnschliffmikroskopie

3.3 Angewandte Methoden

Sämtliche Probenvorbereitungen und Untersuchungen wurden am Institut für Geologie der Universität Wien durchgeführt.

3.3.1 Siebung

Um eine Verteilung der Korngrößen zu erhalten, wurden die in Tabelle 1 „Gelb“ markierten Sand- Kiesgemische und die violett markierten Silt-Tonproben gesiebt. Bei den Sand-Kiesgemischen sollte nur die Sandfraktion genauer untersucht werden, weswegen die Proben als ersten Schritt trocken durch das 2 mm Sieb gesiebt wurden. Hier galt es darauf zu achten zwischen richtigen Kieskörnern und zusammengeklebten Feinsand-Silt-Aggregaten zu unterscheiden. Diese Aggregate wurden mit etwas mehr Krafteinwirkung durch das Sieb gerieben, um die einzelnen Körner zu trennen. Manche Aggregate waren bereits so ausgehärtet, dass erst schwache Schläge mit einem Hammer zum Zerschlagen führten, hierbei musste darauf geachtet werden, nicht tatsächliche Kieskörner zu zerbrechen.

Das Verhältnis zwischen Sand und Kies wurde durch Abwiegen der beiden Fraktionen, für jede der fünf Proben, errechnet. Anschließend wurden die Sandfraktionen für die anschließende Nasssiebung jeweils auf eine Einwaage zwischen 100 g und 200 g geteilt.

Vor der Siebung wurden die Sande für einige Tage mit verdünntem Wasserstoffperoxid (Verhältnis 1:1) versetzt, bei täglichem Umrühren. Dadurch werden organische Bestandteile oxidiert. Danach wurde mit einem Ultraschallstab 3 Minuten lang dispergiert. Nach der Nasssiebung über einen Sandsiebsatz (2 mm; 1 mm; 0,5 mm; 0,25 mm; 0,125 mm und 0,063 mm) wurden die einzelnen Kornfraktionen im Trockenschrank bei 60 °C getrocknet und danach ausgewogen. Die < 63 µm-Fraktion wurde durch die Differenz von Einwaage und Summe aller anderen Kornfraktionen errechnet. Die einzelnen Fraktionen wurden in einer Plastiktüte verschweißt und so voneinander separiert aufgehoben (Abbildung 12).



Abbildung 12: Abgetrennte Sandfraktionen

Für die Siebung der feineren Silt-Tonfraktionen wurden etwa 30 g Probe mit verdünntem Wasserstoffperoxid, im selben Verhältnis, versetzt und für knapp eine Woche in dieser Lösung belassen. Die Proben wurden zwei Mal täglich umgerührt. Vor der Nasssiebung über ein 63 µm Sieb wurde jede Probe wieder für mindestens eine Minute mittels Ultraschallstab dispergiert. Bei den Silt-Tonproben wurde die < 63 µm-Fraktion in einem Kübel aufgefangen und einige Tage ruhen gelassen, damit sich das Sediment absetzen konnte. Größere Kornfraktionen, falls vorhanden, wurden wie die Sandproben bei 60 °C in einem Trockenschrank getrocknet und ausgewogen.

Nach einigen Tagen wurde das klare Wasser abgegossen und die < 63 µm-Fraktion vorsichtig in eine Porzellanschale überführt und bei 60 °C getrocknet. Auch diese Fraktion wurde gewogen, um eine Einwaage der Silt-Tonfraktionen, die zuvor nicht genauer eingewogen wurden zu ermitteln.

3.3.2 Schwermineralanalyse

Eine Schwermineralanalyse wurde durchgeführt, um das Liefergebiet der Sedimente zu ermitteln. Somit können auch Rückschlüsse auf den Transportweg und die damaligen Umweltbedingungen gezogen werden.

Für diese Analyse wurde bei den Kornfraktionen 250 µm - 125 µm und 125 µm – 63 µm der Sande eine Dichtentrennung mittels Schwereflüssigkeit (Lithium-Heteropolywolframat (LST), Dichte = 2,94 g/cm³) durchgeführt. Ein Teil der Schwermineralkörner wurde danach auf einen mit Kanadabalsam eingelassenen Objektträger aufgestreut mit einem Deckglas abgedeckt. Diese Streupräparate wurden anschließend unter dem Polarisationsmikroskop Leica DM750 betrachtet und eine Mineralbestimmung und Auszählung von etwa 200 Körnern durchgeführt. Für eine qualitativ hochwertigere Beschreibung wurden Beispiele für möglichst jedes vorkommende Mineral mit dem Polarisationsmikroskop „Leica DM4500 P LED“ aufgenommen.

3.3.3 Sedigraph

Mit dem Sedigraphen können die Korngrößenverteilungen von Silt- & Tonfraktionen genauestens bestimmt werden. Hierfür wurde das Modell „Micrometrics SediGraph III 5120“ verwendet.

Die bei der Siebung abgetrennten $< 63\ \mu\text{m}$ -Fraktionen wurden für diese Messung verwendet. Etwa 2,5 g der Probe wurden mit 40 ml Suspensionslösung versetzt und ein bis zwei Minuten mit einem Ultraschallstab dispergiert. Danach wurde die Mischung in den Sedigraphen gefüllt und die Messung gestartet. Es wurde bis zu einer Korngröße von $0,25\ \mu\text{m}$ gemessen, da die Messdauer je Probe bei noch kleinerer Korngröße zu groß werden würde. Es kann angenommen werden, dass die Verteilung im Normalfall recht konstant fortschreitet. Somit überwiegt bei noch längerer Messung der Arbeitsaufwand gegenüber der zusätzlich gewonnenen Erkenntnisse.

Die Messung erfolgt in drei Schritten. Im ersten Schritt wird eine sogenannte Baseline erstellt, die nur von der in der Messzelle befindlichen Sedimentierflüssigkeit (Wasser mit Na-tripolyphosphat) stammt. Diese beschreibt die Abschwächung des durch die Zelle geführten gebündelten Röntgenstrahls. Anschließend wird in Schritt zwei eine Suspension aus Sedimentierflüssigkeit und Probe in die Messzelle gepumpt und wieder die verbleibende Intensität des Röntgenstrahls gemessen. Im letzten Schritt wird die Zirkulation der Suspension beendet und die einzelnen Körner des Feststoffs beginnen abzusinken (Abbildung 13). Größere Körner sinken schneller ab als kleinere und mit fortlaufender Dauer erhöht sich die gemessene Intensität des Röntgenstrahls mehr und mehr, wegen der geringeren Abschwächung des Röntgenstrahls durch die dünnere Suspension aus kleinen Feststoffpartikeln. Diese Änderungen werden ständig gemessen und so kann anschließend eine Korngrößenverteilung ermittelt werden.

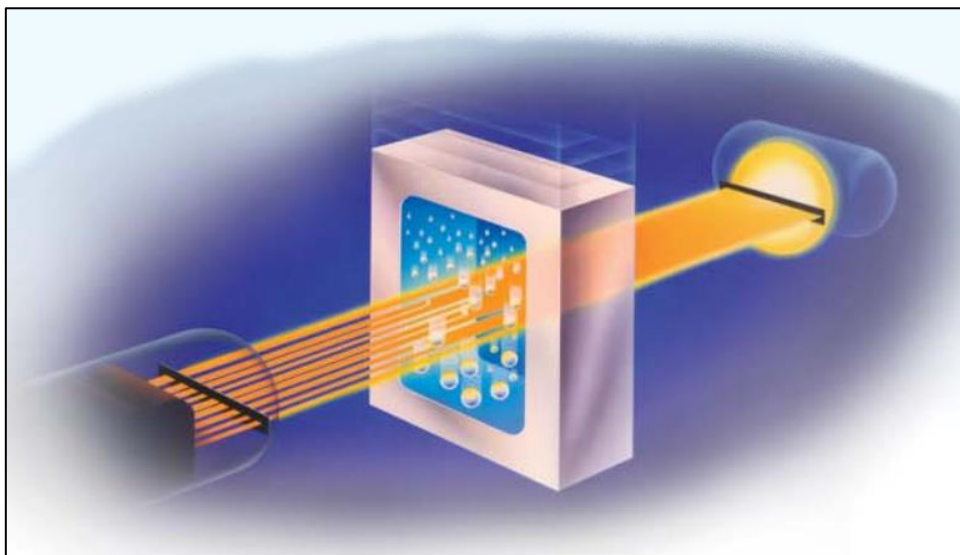


Abbildung 13: 3. Schritt der Messung im Sedigraphen: Fortlaufende Messung der Röntgenstrahlintensität bei ständigem Absinken von Partikeln
(Broschüre Micrometrics SediGraph III 5120)

Die mittlere Korngröße, Sortierung und Schiefe wurden für die Korngrößenverteilung jeder Sand- bzw. Ton/Silt-Probe mit der Methode der Momente (*McBride, 1971*) berechnet.

3.3.4 Bestimmung der Kornform

Das Bestimmen der Kornform kann laut *Zingg (1935)* Aufschluss darüber geben mit welcher Geschwindigkeit und über welche Entfernung das zu untersuchende Material transportiert wurde. Das Material der einzelnen Komponenten spielt bei der Veränderung der Kornform nur bei einer deutlichen Schichtung oder Schieferung des Gesteins eine Rolle. Allgemein gilt, mit länger werdenden Transportwegen steigt der Anteil an isometrischen Kornformen. Flussablagerungen bzw. großteils durch Bäche oder Flüsse transportierte Sedimente weisen meist länglichere Kornformen auf als Sedimente, die an Stränden abgelagert sind und immer wieder neu transportiert bzw. aufgearbeitet werden (*Zingg, 1935*).

3.3.5 Röntgendiffraktometrie (XRD)

Mit dem Verfahren der Röntgendiffraktometrie soll die Gesamtmineralogie bzw. Tonmineralogie von Proben bestimmt werden. In diesem Fall wurden die „Violett“ markierten Tonproben und für die Gesamtmineralogie zusätzlich die „Blau“ markierte Probe aus Tabelle 1 ausgewählt.

3.3.5.1 Gesamtmineralogie

Für die Gesamtmineralogie wurden die Proben im Trockenschrank bei 60 °C getrocknet und anschließend mittels Achatreibschale homogenisiert und zu einem möglichst feinen Pulver zerrieben. Anschließend wurden die Pulver in Probenträger gepresst (Abbildung 14) und mit dem „Panalytical PW 3040/60 X'Pert Pro“ Röntgendiffraktometer (Wellenlänge: Cu K α 1, 40kV, 40mA, step scan, step size 0.0167, 5s per step) gemessen. Die Auswertung erfolgte mit dem Programm „X'Pert HighScorePlus“. Für die Quantifizierung wurde eine modifizierte Methode nach *Schultz (1964)* angewendet, diese Methode ist semiquantitativ.

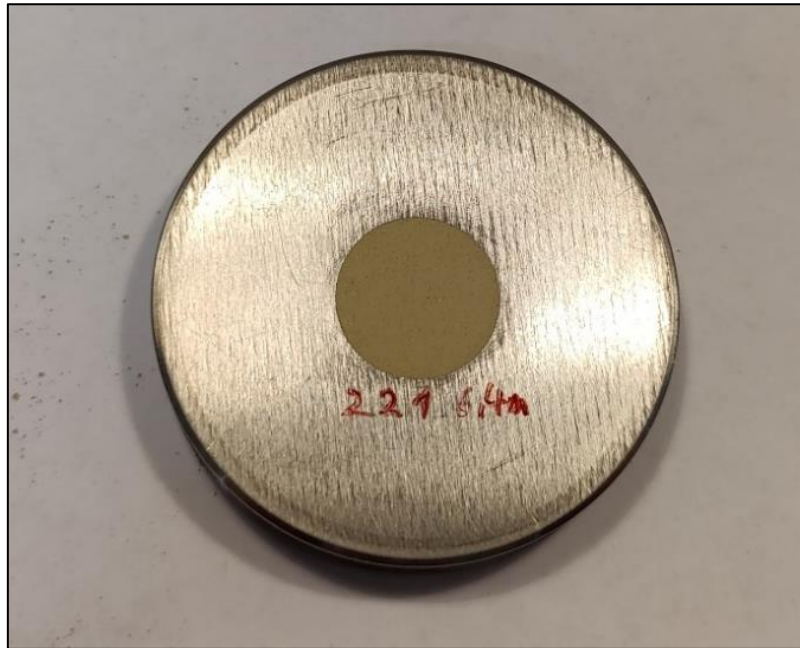


Abbildung 14: Pulver von Probe 221-6,4m eingepresst in Probenträger

3.3.5.2 Tonmineralogie

Für die Ermittlung der Tonmineralogie wurden dieselben Proben wie bei der Messung der Gesamtmineralogie verwendet mit Ausnahme von Probe RKB 171-8,5m welche reich an organischem Material zu sein scheint. Auch das verwendete Röntgendiffraktometer blieb dasselbe.

20 g Probe wurden mit verdünntem Wasserstoffperoxid (Verhältnis 1:1) für knapp eine Woche unter regelmäßigem Umrühren versetzt. Für die Tonmineralogie wird nur die Fraktion $< 2 \mu\text{m}$ benötigt. Die Abtrennung wurde mit dem Atterberg-Verfahren durchgeführt. Hierbei wurde, wie bei der Vorbereitung für die Siebung, mindestens eine Minute mit einem Ultraschallstab dispergiert. Die in Suspension befindlichen Proben wurden anschließend in Atterberg-Zylinder gefüllt und auf 30 cm Fallhöhe aufgefüllt (Abbildung 15). Drei der fünf Proben zeigten eine Flockung, somit wurde zur Sicherheit zu allen angesetzten Atterberg-Zylindern eine Spatelspitze Natriumtripolyphosphat gegen die Flockung zugegeben. Danach wird die Sedimentationszeit für die $2 \mu\text{m}$ -Fraktion von 24 Stunden und 33 Minuten abgewartet, die Tonfraktion entnommen und bei 40°C getrocknet.



Abbildung 15: Silt-Tonproben in Atterberg-Zylindern

Die trockene Probe wurde anschließend in einer Achatreibschale homogenisiert und je Probe zweimal 50 mg Pulver in Zentrifugenröhrchen gefüllt. Ein Probenröhrchen wurde mit Kaliumchlorid versetzt und das zweite mit Magnesiumchlorid. Danach wurden die Röhrchen 24 h in einem Überkopfschüttler geschwenkt. Anschließend wurde in einer herkömmlichen Zentrifuge nochmals 5 min bei 1.500 U/min zentrifugiert. Die Proben hafteten nun als Niederschlag am Boden und die Kalium- bzw. Magnesiumchlorid-Lösung kann abgegossen werden. Die Proberöhrchen wurden wieder mit entionisiertem Wasser befüllt und nochmals 10 min bei 4.000 U/min zentrifugiert. Das "Waschwasser" wurde abgegossen und danach erneut mit 5 ml entionisiertem Wasser befüllt. Die Proben wurden mittels Ultraschallstab dispergiert und 1 ml Suspension (10 mg/ml) mittels Pipette auf ein Glasplättchen aufgetragen (Abbildung 16). Je Probe wurden eine mit Magnesiumionen versetzte Probe aufgetragen und zwei Proben, welche mit Kaliumionen versetzt wurden.

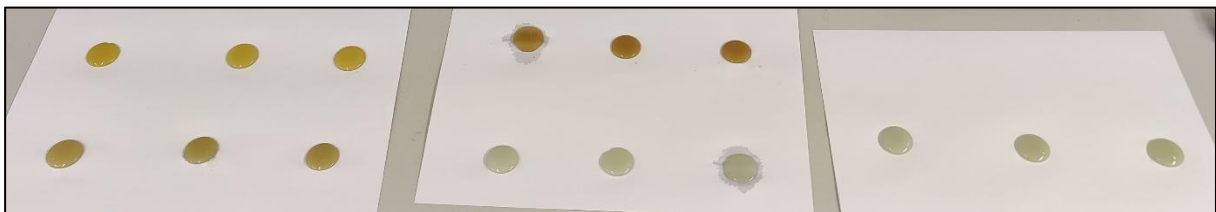


Abbildung 16: Auftragen des Tons auf Glasplättchen. Probenvorbereitung für Messung der Tonmineralogie

Nach dem Verdunsten der Flüssigkeit können die Proben gemessen werden. Die Proben wurden vor der Messung mit folgenden Ionen belegt bzw. gesättigt:

- Sättigung mit Kalium-Ionen (keine weitere Aufbereitung)
- Sättigung mit Magnesium-Ionen (keine weitere Aufbereitung)
- Sättigung mit Magnesium-Ionen & Belegung mit Glycerin
- Sättigung mit Kalium-Ionen & Belegung mit Ethylenglykol
- Sättigung mit Kalium-Ionen & Tempern bei 550 °C

Im Röntgendiffraktometer werden die Proben mit monochromatischen Röntgenstrahlen in einem sich während der Messung ändernden Winkel bestrahlt. Durch den sich ändernden Winkel (Theta) des gebeugten Röntgenstrahls können, die für jedes Mineral typischen Peaks, welche durch eine stark erhöhte Anzahl an gebeugten Röntgenstrahlen entstehen, bestimmt werden (*Zhili 2022*). Die Höhe eines Peaks (counts) gibt Auskunft über die Menge des in der Probe vorhandenen Materials. Je besser abgetrennt der Peak vom Grundrauschen und je schmaler der Peak ist, desto besser kristallisiert ist das Mineral.

3.3.6 Total Organic Carbon (TOC)

Für die Messung des Anteils an organischem und anorganischem Kohlenstoff wurden die gleichen Proben analysiert wie für die Bestimmung der Gesamtmineralogie mit XRD. Auch hier wurde feines Pulver der Proben benötigt. Je Probe wurden zwei Keramikschiffchen mit je $0,1 \pm 0,005$ g Pulver befüllt und auf das Autosampler-Karussell gestellt (Abbildung 17). Anschließend wurde die Probe mit dem LECO RC-612 der Universität Wien bei stetig steigender Temperatur bis 1.200 °C verbrannt. Dabei wurde bei bestimmten Temperaturen der Glühverlust gemessen.



Abbildung 17: Befüllte Keramikschiffchen auf dem Autosampler-Karussell

3.3.7 Kalzimeter

Mit dem Kalzimeter kann auf den Prozent genau der Karbonatgehalt von Proben bestimmt werden indem verdünnte Salzsäure die Probe so gut wie möglich auflöst und das entstehende CO_2 als Druckanstieg im Reaktionsglas gemessen wird. Das Kalzimeter errechnet über diesen Druck den Karbonatgehalt.

Die Proben wurden mittels Achatreibschale, wie bei Röntgendiffraktometrie und TOC, zu einem Pulver zerrieben. Anschließend wurde ein Gramm Probe in das Reaktionsgefäß gefüllt. Das Pulver wurde nach Verschluss des Deckels in verdünnter Salzsäure (20 vol.%) aufgelöst und der Druck gemessen (Abbildung 18). Je Probe wurde zur Fehlervermeidung zwei Mal gemessen.



Abbildung 18: Messung des Karbonatgehalts mittels Kalkimeter

Es wurden alle Silt-Ton- und Sand-Kiesproben (alle „Violett“, „Gelb“ und „Blau“ markierten Proben in Tabelle 1) gemessen.

3.3.8 Dünnschliffmikroskopie

Mittels Dünnschliffmikroskopie soll die Petrologie der größeren Kieskomponenten untersucht werden. So kann zum Beispiel die beobachtete mineralogische Zusammensetzung mit dem Gesamtmineralbestand aus der Röntgendiffraktometrie, verglichen werden. Etwaige Gefügemerkmale und auch Mikrofossilien können dokumentiert werden. In Kombination mit den Ergebnissen der Schwermineralanalyse könnte dadurch eine genauere und sich gegenseitig stützende Hypothese zu Liefergebiet und Transportweg aufgestellt werden.

Als Proben wurden die in Tabelle 1 „Grün“ markierten Kieskomponenten hergenommen und mit einer Gesteinssäge auf die Maße 40 mm x 30 mm x 10 mm zugeschnitten (Abbildung 19).



Abbildung 19: Kieskomponenten nach dem Zuschneiden mit der Gesteinssäge

Danach wurden die Proben an die Werkstatt für Dünnschliffpräparation des Institutes übergeben. Es wurden Dünnschliffe mit 30 µm Dicke hergestellt. Die Dünnschliffpräparate wurden anschließend mit dem Polarisationsmikroskop Leica DM750 betrachtet. Zusätzlich wurden von den Dünnschliffen interessante Ausschnitte mit dem Polarisationsmikroskop „Leica DM4500 P LED“ (Abbildung 20) fotografiert.



Abbildung 20: Fotomikroskop Leica DM4500 P LED

4 Ergebnisse

4.1 Bohrkernaufnahme

Die längste Rammkernbohrung war RKB 192 mit 25,0 m, die kürzeste RKB 281 mit 15,0 m.

Bei allen Bohrkernen wurde als oberste Schicht Material aus dem Anthropozän mit Asphalt oder Ziegelbruchstücken als Akzessorien vorgefunden. Diese Schicht war bei jedem Bohrkern mindestens einen Meter mächtig. Bei den Bohrkernen RKB 192 und 221 folgte nach dem Anthropozän sofort Material aus dem Sarmatium, die Anthropozän-Schicht war mit 7,5 m bzw. 4,5 m auch auffällig mächtig. Dies lässt sich nur erklären, dass im Zuge von Baumaßnahmen ein Teil des ursprünglichen Materials abgetragen und anthropozänes Material stattdessen eingefüllt wurde. Bei RKB 192 dürften jene Ablagerungen entfernt worden sein, welche jünger als das Sarmatium sind.

Bei den restlichen drei Bohrkernen ist die Anthropozän-Schicht zwischen 1,0 m und 3,5 m mächtig, danach folgen immer Kiese, vermutlich des früheren Wienflusses, mit hohem Sandanteil und Steinen mit einem Größtkorn von bis zu 150 mm. Die Färbung war durchgehend Gelbbraun bis selten Rotbraun. Danach folgt immer Material aus dem Sarmatium, meistens wesentlich feiner mit hohem Siltanteil und einer grüngrauen bis blaugrauen Färbung. Anhand dieser beiden Merkmale konnte in der Regel gut zwischen Sarmatium und jüngerem Material unterschieden werden.

Erwähnenswert sind auch noch die häufigen Fossilienfunde, die in Sanden oder Sand-Kiesgemischen in Form von zerbrochenen Schalenresten vorzufinden waren. In Tonen wurden Fossilien als weißliche „Nester“ im grauen Ton vorgefunden. Hierbei handelt es sich wohl auch um Schalenreste, die jedoch durch stärkere physikalische bzw. chemische Verwitterung nicht mehr in ihrer ursprünglichen Form vorzufinden sind. In jedem Bohrkern wurden in Minimum einer Schicht Fossilien vorgefunden.

4.1.1 RKB 192

In RKB 192 war der Ton teilweise zementiert und konnte später für die Dünnschliffherstellung verwendet werden. In dieser Bohrung gibt es auch einen geringmächtigen Bereich an Grobkieskomponenten, mit einer deutlich geringeren Dichte. Dieses Gestein wird fortlaufend als „Leichtkomponente“ bezeichnet. Eine genaue Schichtbeschreibung von RKB 192 ist mit einer Fotodokumentation und mit dem Formblatt der Bohrkernaufnahme in Abbildung 21 dargestellt. Dieser Bohrkern hat eindeutig die abwechslungsreichste Schichtfolge. Die restlichen Dokumentationen der Bohrkern sind, wie erwähnt, in Anhang 1 & 2 ersichtlich.

RKB 192



26303010		RKB 192		Adresse: 1150 Wien, Hollergasse/Linke Wienzeile 270					
Projekt:		WSKE West Hauptuntersuchungen Probebohrungen		Auftraggeber: MA 29 Brückenbau und Grundbau Besteller: WKN					
				Ausführende Firma: PORR Bau GmbH Abteilung Spezialtiefbau Geräteführer:					
M 1:100		GOK [mWN]: GOK [müA]: 185,00		Koord. Y: Koord. X: Neig. zu Lot: 0 geot. B.:					
				AZr. von: 13.07.2022 AZr. bis: 13.07.2022 Plan Nr.:					
Aufschluss	Wasserbeobachtung Zeit Datum	TIEFE relativ absolut [m üA]	Boden- signatur	L V Z	K Z	TIEFE relativ zu GOK [m üA]	TIEFE absolut [m üA]	SCHICHTBESCHREIBUNG Bodenarten, Formen, Eigenschaften, Gefügemerkmale, Farben	Proben Versuche
			A			2,0	183,0	Graubraun, kantige Sandsteine & runde Quarzite, Ziegel & Keramik	
			A			3,5	181,5	Braun, GK 120, Ziegel, Karbonate	
			A			4,0	181,0	Gelbbraun, GK 90, tlws. zementiert, dunkelbeige Bänder, Keramik	
			A			5,7	179,3	Dunkelbraun, Quarzite, GK 32, hoher organischer Anteil	
			A			6,0	179,0	Gelbbraun, GK 90, tlws. zementiert, dunkelbeige Bänder, Z & K	
			A			6,7	178,3	Dunkelbraun, zementierter Sandstein, Z & K	
						7,0	178,0	Grünlich hellbraun, GK 50, zementierter Sandstein, Ziegel	
						7,3	177,7	Dunkelbraun, GK 50, Karbonate, Ziegel & Keramik	
						7,5	177,5	Hellgrau, Vermengung Anthropozän mit Sarmatium	
						8,2	176,8	Dusky blue, einheitlich	
						8,7	176,3	Pale blue, verwitterter Pyrit?	
						9,0	176,0	Greenish grey	
						10,2	174,8	Dusky blue, verwitterter Pyrit?, Fossilien	9,9m Feinsand
						10,8	174,2	Light olive grey, Verhärtungen, Fossilien	10,4m Verhärtung
						12,0	173,0	Medium blueish grey, Geröll mit sehr unterschiedlicher Größe, Bimssteine (GK80)	11,1m „Leichtkomponente“
						12,3	172,7	Greenish grey, dichteres Geröll (GK 100)	11,5m Geröll
						13,5	171,5	Dusky blue, Lamination hell-dunkel (Wechselagerung Silt-Ton?), ab 13,0m mehr Silt & Fossilien	12,8m Ton
						15,4	169,6	Greenish grey, wechselnd zementiert & locker	14,5m Mittelsand
						16,0	169,0	Pale blue, feuchter	
						17,0	168,0	Medium blueish grey, kalkreich, Mergel	16,4 Feinsand
						17,5	167,5	Greenish grey	
						18,4	166,6	Medium blueish grey, Verlauf von CI zu MSa	18,2m Mittelsand
						18,9	166,1	Dusky blue	
						20,0	165,0	Dusky blue, Holzstücke, teilweise plastisch	
						20,8	164,2	Pale blue, zementiert	
						22,6	162,4	Dusky blue, Bänderungen	22,9m Mittelsand
						23,6	161,4	Dusky blue, Bänderungen, zementiert	23,3m Geröll
						25,0	160,0	Pale blue, kantiges Geröll, GK170, Sandsteine	23,9m Geröll 24,0m Sandgemisch 24,8m Geröll

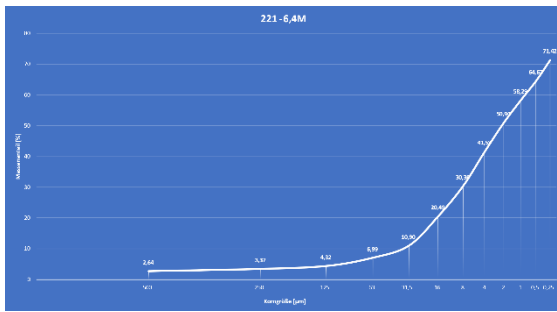
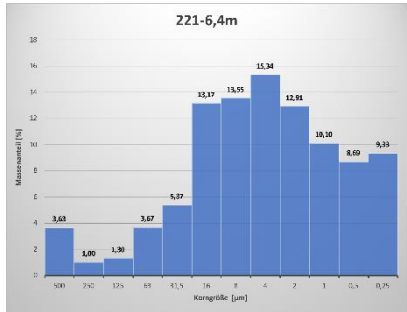
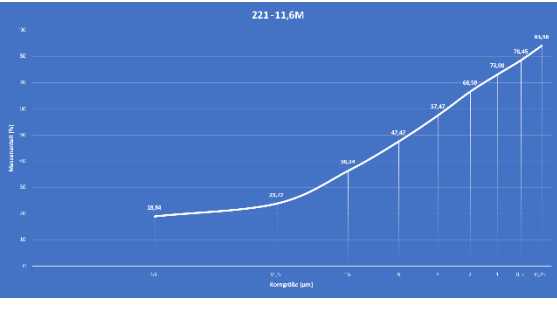
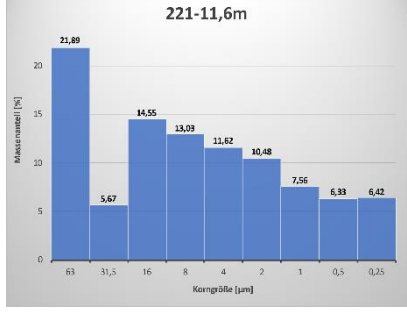
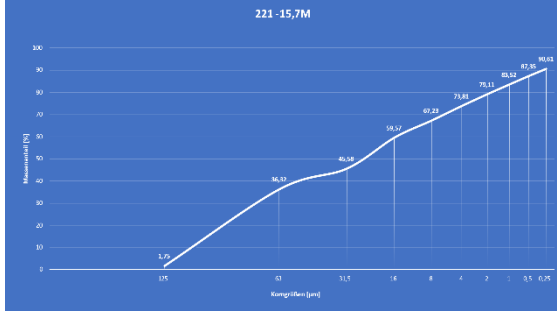
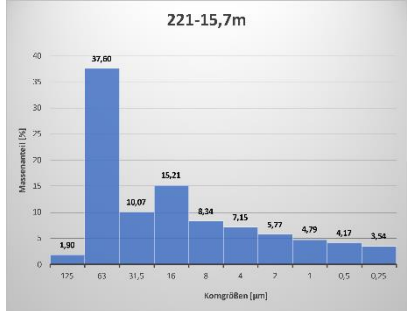
Abbildung 21: Fotodokumentation und Formblatt der Bohrkernaufnahme von RKB 192

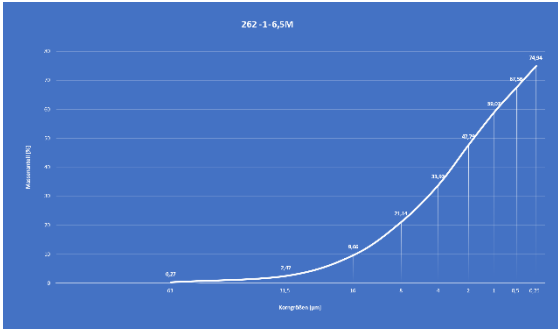
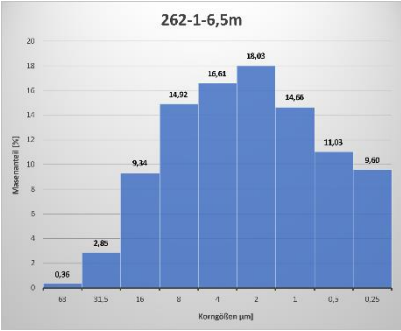
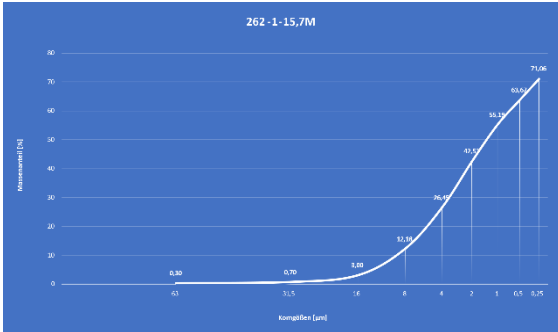
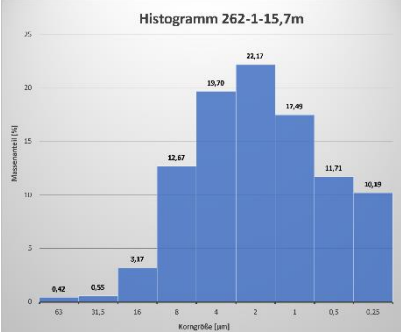
4.2 Korngrößenanalyse

4.2.1 Silt-Ton-Gemische

In Tabelle 2 sind Siebkurve und Histogramm aller Silt-Ton-Gemische dargestellt, um die Proben möglichst einfach vergleichen zu können. Weiters sind in Spalte 1 die statistisch berechneten Werte mittels Methode der Momente (*McBride, 1971*) angeführt.

Tabelle 2: Grafische Darstellung der Ergebnisse für alle Tone bzw. Silte

Probe ¹⁾	Siebkurve ³⁾	Histogramm ³⁾
221-6,4m ³⁾ M = 2,55 μm So = 2,789 Sk = -0,505		
221-11,6m ³⁾ M = 4,98 μm So = 2,736 Sk = 0,261		
221-15,7m M = 11,9 μm So = 2,697 Sk = 0,865		

262-1-6,5m		
M = 1,62 µm So = 2,098 Sk = -0,081		
262-1-15,7m		
M = 1,23 µm So = 1,875 Sk = -0,109		
<div>M: Mittlere Korngröße So: Sortierung Sk: Schiefe</div> <div>Anmerkungen:<div>1) Im Sedigraph wurde aus Zeitgründen nur bis zu einer Korngröße von 0,25 µm gemessen. Die tatsächlichen Werten dürften daher ein wenig von den in dieser Tabelle angegeben abweichen.</div><div>2) Die Kornfraktion 0,25 µm in den Diagrammen beinhaltet auch alle noch feineren Kornfraktionen.</div><div>3) Die Werte können durch den großen Anteil an der Fraktion > 63 µm leicht verfälscht sein, weil ein Teil dieser Fraktion auch zu größeren Korngrößen gehören könnte.</div></div>		

Wie in den Anmerkungen von Tabelle 2 bereits besprochen stimmen die hier präsentierten Ergebnisse, wegen der bei 0,25 µm unterbrochenen Messung im Sedigraph, nicht ganz mit den tatsächlichen Werten überein.

Es fällt auf, dass die fünf Proben in zwei Kategorien eingeteilt werden können. Nämlich in gröbere Ablagerungen, bei welchen die > 63 µm-Fraktion eindeutig den größten Anteil ausmacht. Somit handelt es sich hier um ein Sand-Silt-Tongemisch. Die Proben 221-11,6m und 221-15,7m zeigen diese Eigenschaft. Die mittlere Korngröße beträgt 11,9 µm für 221-15,7m und 4,98 µm für 221-11,6m. Beide Proben zeigen, bei der

statistischen Berechnung mit der Methode der Momente, eine positive bis sogar stark positive Schiefe und eine schlechte Sortierung.

Die restlichen drei Proben zeigen nur einen geringen Anteil an der $> 63 \mu\text{m}$ -Fraktion und den höchsten Massenanteil an der Grenze von Silt zu Ton. Wobei bei Probe 221-6,4m das Mittel in der Siltfraktion ($M = 2,55 \mu\text{m}$) und bei den anderen beiden Proben aus RKB 262-1 in der Tonfraktion ($M = 1,62 \mu\text{m}$ bzw. $M = 1,23 \mu\text{m}$) ist. Bei der statistischen Berechnung ergibt sich bei Probe 221-6,4m eine stark negative Schiefe, bei 262-1-6,5m ist die Schiefe nahezu symmetrisch und bei 262-1-15,7m ergibt sich eine negative Schiefe. Die Sortierung ist ähnlich schlecht zu den beiden zuvor beschriebenen Proben.

Die Siebkurven sehen bei 4 Proben recht ähnlich aus, durch die schlechte Sortierung ist die Steigung bei allen Siebkurven ab der $> 8 \mu\text{m}$ -Fraktion mehr oder weniger konstant. Probe 221-15,7m wirkt nahezu durchgängig konstant in Betrachtung der Steigung.

Anhand des Dreieck-Diagramms verändert nach *Stahr et al. (2012)* (Abbildung 22) können die Silt-Tonproben wie folgt benannt werden.

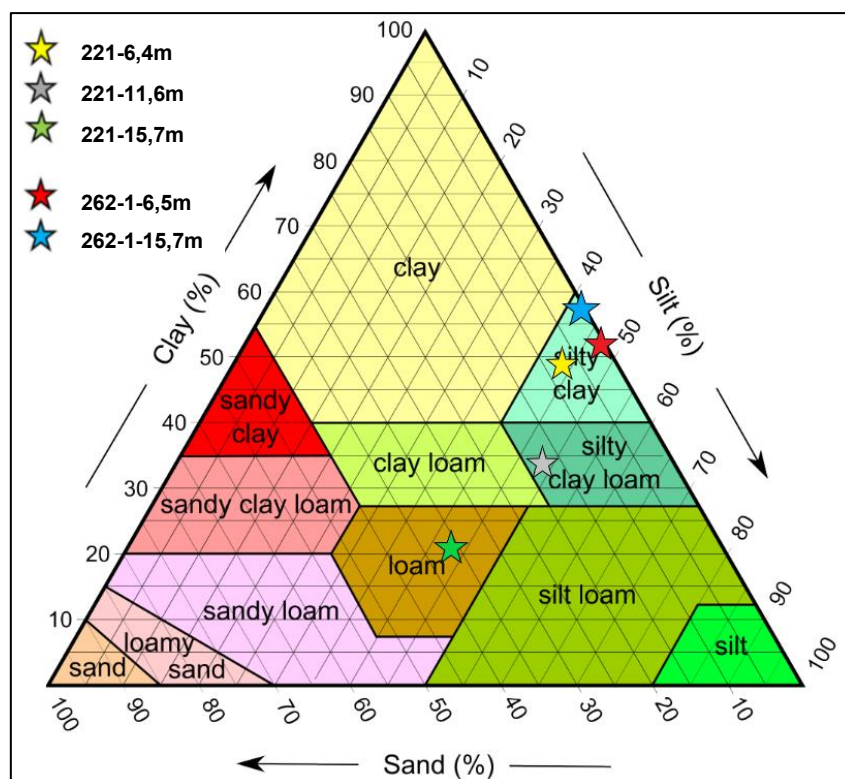


Abbildung 22: Nomenklatur der Silt-Ton-Gemische (verändert nach *Stahr, 2012*)
(<https://www.embassylandscape.com/blog/digging-into-dirt-part-2-what-kind-is-it>, 15.04.2023)

- 221-6,4m: Schluffig-toniger Lehm
- 221-11,6m: Sandiger Ton
- 221-15,7m: Lehm
- 262-1-6,5m: Schluffiger Ton
- 262-1-15,7m: Schluffiger Ton

Die Proben wurden auch im Passenga-Diagramm (Abbildung 23) aufgetragen, wobei auf der Y-Achse (C) die Korngröße in μm bei 1 % der Kornsummenkurve aufgetragen wird und auf der X-Achse die Korngröße in μm bei 50 % der Kornsummenkurve. Jede Zone kann als bestimmte Bedingung bei der Ablagerung betrachtet werden. Die Proben plotten in das Feld VIII bzw. Feld VII für Probe 221-15,7m.

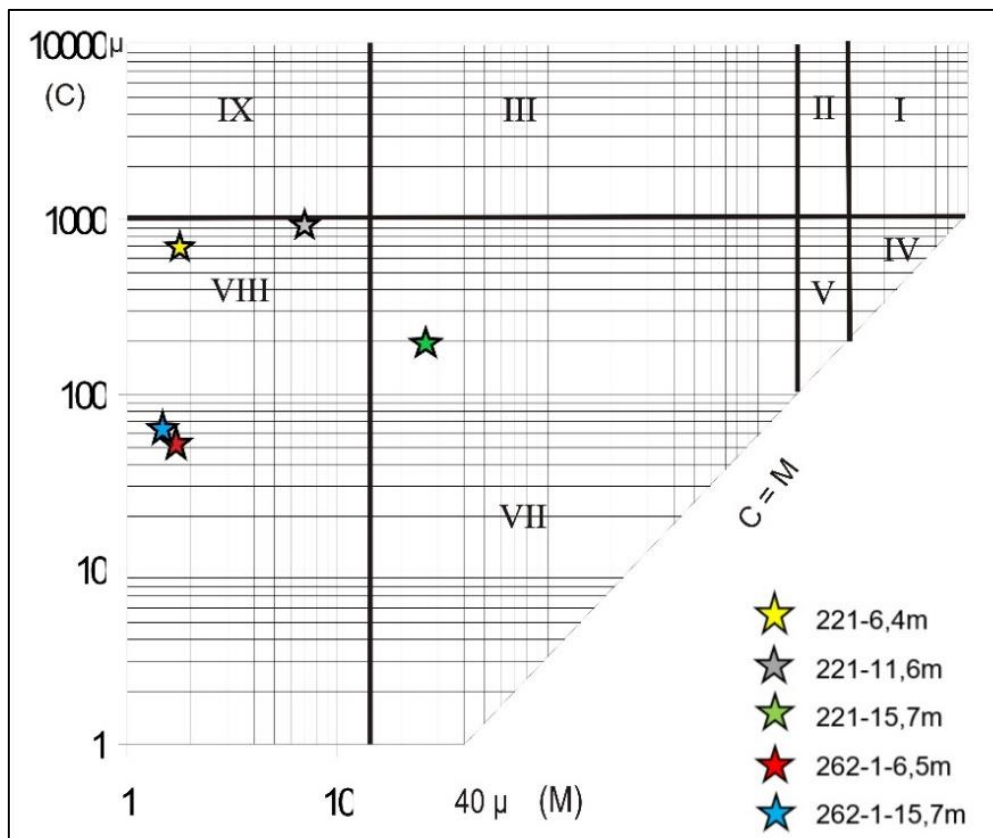


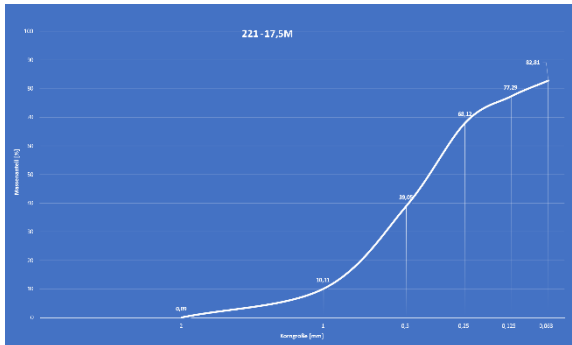
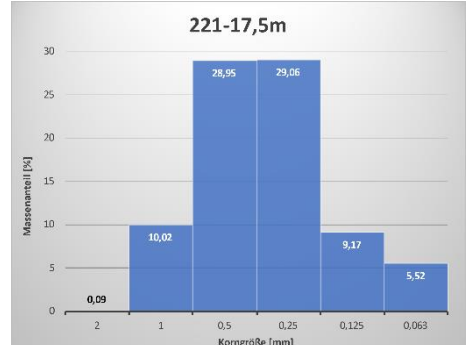
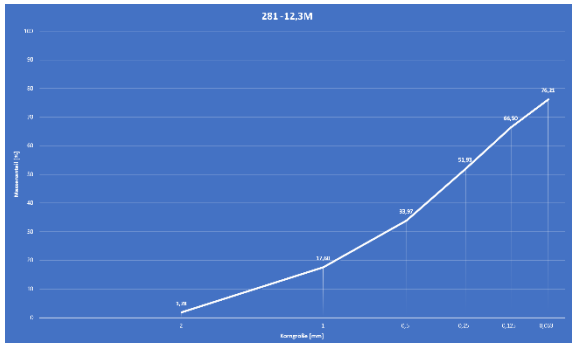
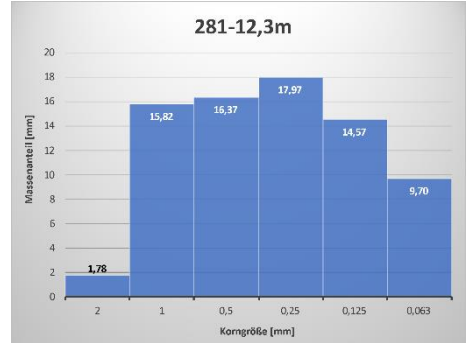
Abbildung 23: Passenga-Diagramm für die Silt-Tonproben

4.2.2 Sande

In Tabelle 3 sind Siebkurve und Histogramm aller Sandgemische dargestellt, um die Proben möglichst einfach vergleichen zu können. Weiters sind in Spalte 1 die statistisch berechneten Werte mittels Methode der Momente (*McBride, 1971*) angeführt.

Tabelle 3: Grafische Darstellung der Ergebnisse für alle Sande

Probe ¹⁾	Siebkurve ²⁾	Histogramm ²⁾																												
<div>171-10,5m</div> <div>M = 0,413 mm</div> <div>So = 1,132</div> <div>Sk = 0,369</div>	<p>171-10,5m</p> <table><thead><tr><th>Korngröße [mm]</th><th>Massenanteil [%]</th></tr></thead><tbody><tr><td>2</td><td>0,21</td></tr><tr><td>1</td><td>17,00</td></tr><tr><td>0,5</td><td>34,09</td></tr><tr><td>0,25</td><td>13,82</td></tr><tr><td>0,125</td><td>7,72</td></tr><tr><td>0,063</td><td>7,44</td></tr></tbody></table>	Korngröße [mm]	Massenanteil [%]	2	0,21	1	17,00	0,5	34,09	0,25	13,82	0,125	7,72	0,063	7,44	<p>171-10,5m</p> <table><thead><tr><th>Korngröße [mm]</th><th>Massenanteil [%]</th></tr></thead><tbody><tr><td>2</td><td>0,21</td></tr><tr><td>1</td><td>17,00</td></tr><tr><td>0,5</td><td>34,09</td></tr><tr><td>0,25</td><td>13,82</td></tr><tr><td>0,125</td><td>7,72</td></tr><tr><td>0,063</td><td>7,44</td></tr></tbody></table>	Korngröße [mm]	Massenanteil [%]	2	0,21	1	17,00	0,5	34,09	0,25	13,82	0,125	7,72	0,063	7,44
Korngröße [mm]	Massenanteil [%]																													
2	0,21																													
1	17,00																													
0,5	34,09																													
0,25	13,82																													
0,125	7,72																													
0,063	7,44																													
Korngröße [mm]	Massenanteil [%]																													
2	0,21																													
1	17,00																													
0,5	34,09																													
0,25	13,82																													
0,125	7,72																													
0,063	7,44																													
<div>171-14,7m</div> <div>M = 0,257 mm</div> <div>So = 1,302</div> <div>Sk = -0,336</div>	<p>171-14,7m</p> <table><thead><tr><th>Korngröße [mm]</th><th>Massenanteil [%]</th></tr></thead><tbody><tr><td>2</td><td>0,13</td></tr><tr><td>1</td><td>11,04</td></tr><tr><td>0,5</td><td>16,56</td></tr><tr><td>0,25</td><td>12,38</td></tr><tr><td>0,125</td><td>21,24</td></tr><tr><td>0,063</td><td>20,15</td></tr></tbody></table>	Korngröße [mm]	Massenanteil [%]	2	0,13	1	11,04	0,5	16,56	0,25	12,38	0,125	21,24	0,063	20,15	<p>171-14,7m</p> <table><thead><tr><th>Korngröße [mm]</th><th>Massenanteil [%]</th></tr></thead><tbody><tr><td>2</td><td>0,13</td></tr><tr><td>1</td><td>11,04</td></tr><tr><td>0,5</td><td>16,56</td></tr><tr><td>0,25</td><td>12,38</td></tr><tr><td>0,125</td><td>21,24</td></tr><tr><td>0,063</td><td>20,15</td></tr></tbody></table>	Korngröße [mm]	Massenanteil [%]	2	0,13	1	11,04	0,5	16,56	0,25	12,38	0,125	21,24	0,063	20,15
Korngröße [mm]	Massenanteil [%]																													
2	0,13																													
1	11,04																													
0,5	16,56																													
0,25	12,38																													
0,125	21,24																													
0,063	20,15																													
Korngröße [mm]	Massenanteil [%]																													
2	0,13																													
1	11,04																													
0,5	16,56																													
0,25	12,38																													
0,125	21,24																													
0,063	20,15																													
<div>192-23,8m bis 24,6m</div> <div>M = 0,298 mm</div> <div>So = 1,172</div> <div>Sk = -0,154</div>	<p>192-23,8m bis 24,6m</p> <table><thead><tr><th>Korngröße [mm]</th><th>Massenanteil [%]</th></tr></thead><tbody><tr><td>2</td><td>0,15</td></tr><tr><td>1</td><td>10,57</td></tr><tr><td>0,5</td><td>18,84</td></tr><tr><td>0,25</td><td>23,82</td></tr><tr><td>0,125</td><td>14,73</td></tr><tr><td>0,063</td><td>9,49</td></tr></tbody></table>	Korngröße [mm]	Massenanteil [%]	2	0,15	1	10,57	0,5	18,84	0,25	23,82	0,125	14,73	0,063	9,49	<p>192-23,8m bis 24,6m</p> <table><thead><tr><th>Korngröße [mm]</th><th>Massenanteil [%]</th></tr></thead><tbody><tr><td>2</td><td>0,15</td></tr><tr><td>1</td><td>10,57</td></tr><tr><td>0,5</td><td>18,84</td></tr><tr><td>0,25</td><td>23,82</td></tr><tr><td>0,125</td><td>14,73</td></tr><tr><td>0,063</td><td>9,49</td></tr></tbody></table>	Korngröße [mm]	Massenanteil [%]	2	0,15	1	10,57	0,5	18,84	0,25	23,82	0,125	14,73	0,063	9,49
Korngröße [mm]	Massenanteil [%]																													
2	0,15																													
1	10,57																													
0,5	18,84																													
0,25	23,82																													
0,125	14,73																													
0,063	9,49																													
Korngröße [mm]	Massenanteil [%]																													
2	0,15																													
1	10,57																													
0,5	18,84																													
0,25	23,82																													
0,125	14,73																													
0,063	9,49																													

221-17,5m		
M = 0,341 mm So = 1,051 Sk = 0,035		
281-12,3m		
M = 0,339 mm So = 1,317 Sk = -0,116		
M: Mittlere Korngröße So: Sortierung Sk: Schiefe		
Anmerkungen: 1) Bei den Berechnungen für mittlere Korngröße, Sortierung und Schiefe wurden sowohl die Kiesfraktionen (außer < 4 mm) als auch der Siebboden (< 0,063 mm) nicht miteinbezogen. Die Parameter beziehen sich somit ausschließlich auf die feinste Kies- und alle Sandfraktionen und sind nur als Richtwert zu verstehen. 2) Bei den Diagrammen wurden die Kiesfraktionen (außer < 4 mm) und der Siebboden (< 0,063 mm) nicht dargestellt, um die grafische Darstellung der Korngrößenverteilung nicht zu verfälschen.		

Wie in Kapitel 3.3.1 beschrieben, wurde die Kiesfraktion mittels 2 mm-Sieb von den feineren Fraktionen getrennt. Der Kiesanteil wurde bei der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt. Die Sandgemische weisen folgenden Massenanteil an Kieskomponenten auf:

- 171-10,5m: 25 m%
- 171-14,7m: 46 m%
- 192-23,8m bis 24,6m: 45 m%
- 221-17,5m: 12 m%
- 281-12,3m: 52 m%

Wie in den Anmerkungen von Tabelle 4 bereits besprochen wurden nur die feinste Kiesfraktion und alle Sandfraktionen für die Berechnungen miteinbezogen. Darum können die angeführten Ergebnisse ausschließlich als Richtwert und zum Vergleichen der Proben verwendet werden.

Alle untersuchten Sande weisen eine mäßig bis schlechte Sortierung auf, mit einer Standardabweichung von ca. 1,0 bis 1,3. Die mittlere Korngröße liegt mit 0,257 mm bis 0,413 mm recht nahe beieinander und im Falle dieser Sandgemische im Bereich des Mittelsandes.

Die Probe 171-14,7m weist eine stark negative Schiefe auf, was auch durch weniger Kornfraktionen bei den feineren Komponenten im Histogramm bestätigt wird. 192-23,8m bis 24,6m und 281-12,3m haben eine negative Schiefe was für eine fast ausgeglichene Verteilung der Fraktionen mit etwas mehr gröberen Fraktionen spricht. Probe 221-17,5m besitzt eine nahezu symmetrische Schiefe, die Verteilung im Histogramm ähnelt der einer Glockenkurve. Für 171-10,5m wurde eine stark positive Schiefe berechnet, was für mehr Anteile im Histogramm bei den feinen Kornfraktionen spricht.

Die Probe 171-10,5m mit der positivsten Schiefe weist die größte mittlere Korngröße auf. Die stark negative Schiefe bei Probe 171-14,7m spiegelt sich durch die geringste mittlere Korngröße wider.

Rund 20 m% in allen Proben gehören feineren Fraktionen als Sand an (ohne Kieskomponenten). Bei den Siebkurven findet, außer bei 171-14,7m, immer eine Abflachung der Kurve im Bereich der Feinsande statt. Bei 171-14,7m führt der allgemein hohe Gehalt an feinen Komponenten zu einer Erhöhung der Steigung gegen Ende der Kurve. Ein genauer Kurvenverlauf aller Proben hin zu Silt- und Tonfraktionen könnte nur mit einer Untersuchung im Sedigraph ermittelt werden.

Mithilfe des Dreieck-Diagramms nach *Folk (1974)* in Abbildung 24 können auch die Sandproben bzw. Sand-Kiesproben richtig benannt werden, Silt-Fraktionen wurden zum Ton hinzugerechnet.

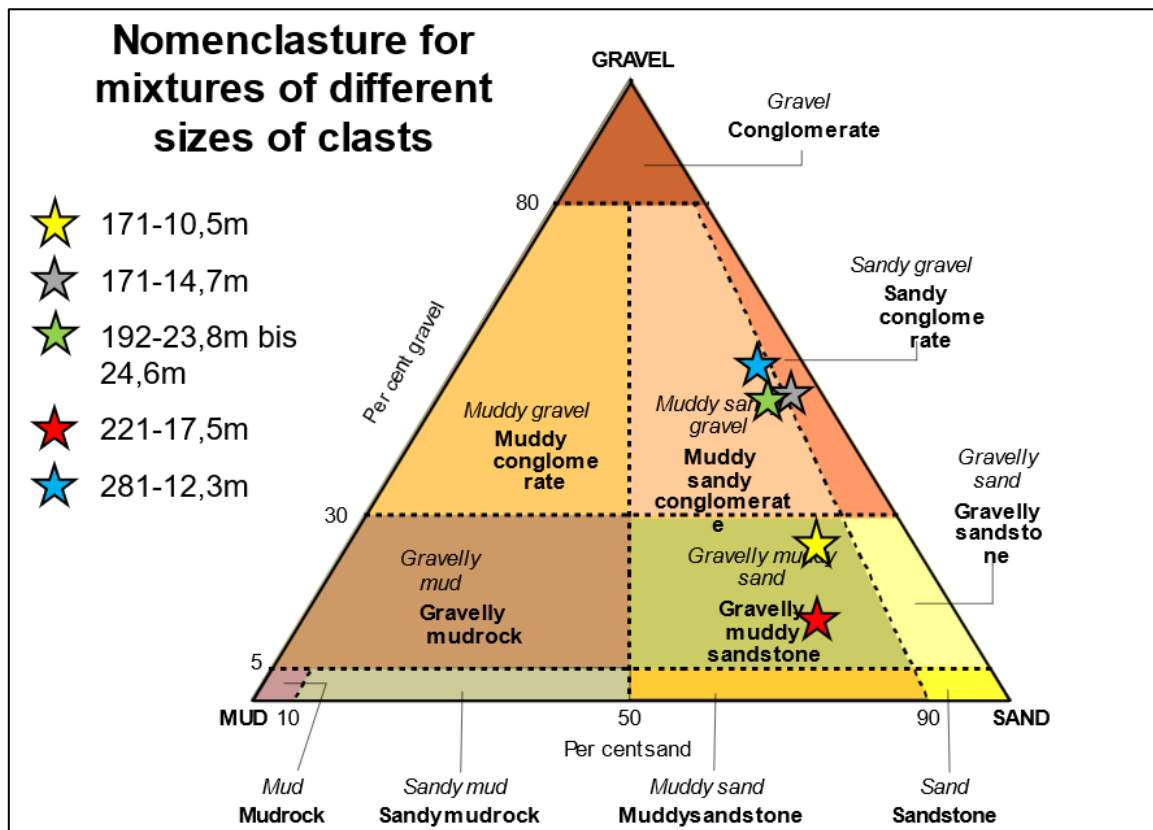


Abbildung 24: Nomenklatur der Sand-Kiesgemische (Folk, 1974)

- 171-10,5m: Kiesig, toniger Sand
- 171-14,7m: Sandiger Kies
- 192-23,8m bis 24,6m: Tonig, sandiger Kies
- 221-17,5m: Kiesig, toniger Sand
- 281-12,3m: Tonig, sandiger Kies

Die Anwendung des Passega-Diagramms ist aufgrund des hohen Anteils von Kies in den Proben schwierig und nicht mehr sinnvoll.

4.2.3 Bestimmung der Kornform

Für die Bestimmung der Kornform wurden Komponenten aus der Kiesfraktion der Sandproben vermessen und die Verhältnisse der längsten, mittleren und kürzesten Achse in einem Zingg-Diagramm (Zingg, 1935; Abbildung 26) dargestellt. Besonders große Körner bis zu 80 mm wurden in Probe 171-14,7m vorgefunden (Abbildung 25).



Abbildung 25: Komponenten der Kiesfraktion von Probe 171-14,7m zur Bestimmung der Kornform

Folgende Verteilung für alle Kieskörner ergibt sich, wobei es wie in Abbildung 26 ersichtlich, unter den Proben keine nennenswerten Abweichungen bei den Verteilungen gibt:

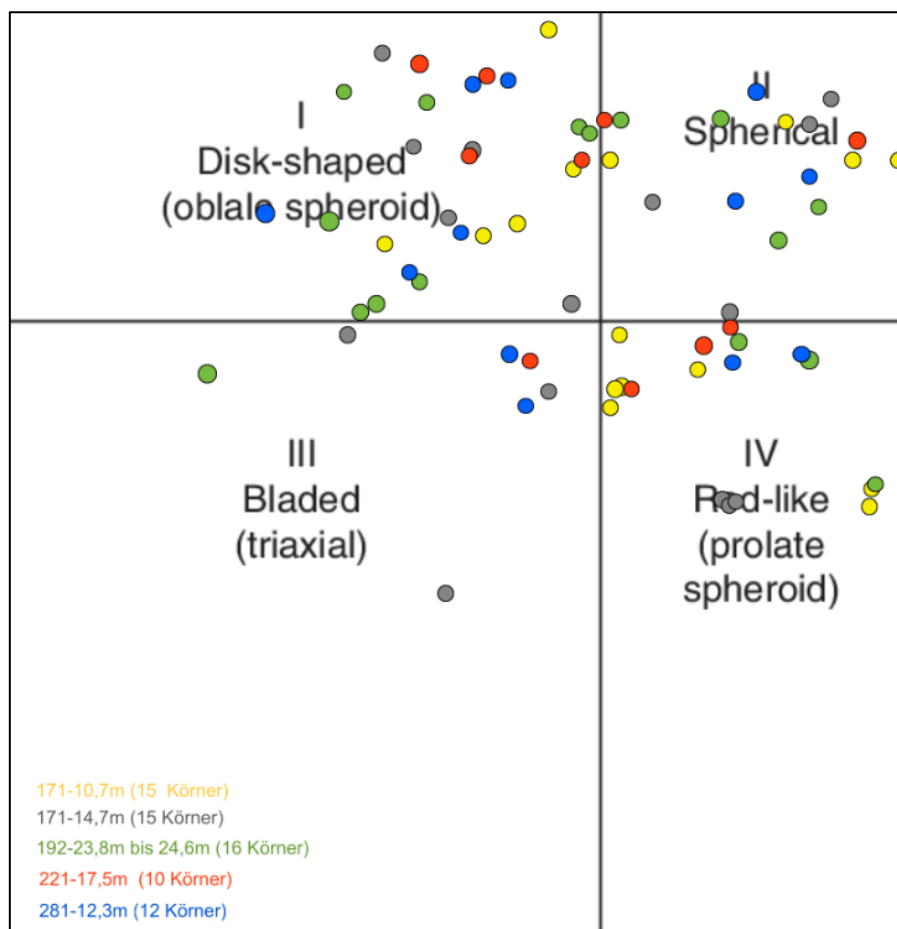


Abbildung 26: Zingg-Diagramm für die Bestimmung der Kornform

- Tafelig/Plattig: 26 (38,2 %)
- Isometrisch: 17 (25,0 %)
- Flachstängelig: 7 (10,3 %)
- Stängelig: 18 (26,5 %)

Die Mehrheit der Kieskörner in den Sandproben sind tafelig/plattig oder untergeordnet stängelig. Isometrische Formen ergeben sich eher bei kleineren Körnern, was sich auch mit den Beobachtungen von *Zingg (1935)* deckt flachstängelige Formen sind selten und dann nahe der plattigen Kornform.

Die Kornrundung kann meist als gut gerundet angesehen werden, selten sind möglicherweise im Zuge der Rammkernbohrung entstandene frische Bruchflächen zu finden.

4.3 Mineralogie

4.3.1 Gesamtmineralogie

Die Röntgendiffraktogramme der untersuchten feinkörnigen Proben von RKB 221 sind in Abbildung 27 dargestellt. Die restlichen Messungen der Gesamtmineralogie-Analyse sind in Anhang 3 zu finden. Die Zusammensetzung der gesamt sechs verschiedenen gemessenen Proben ist sehr ähnlich.

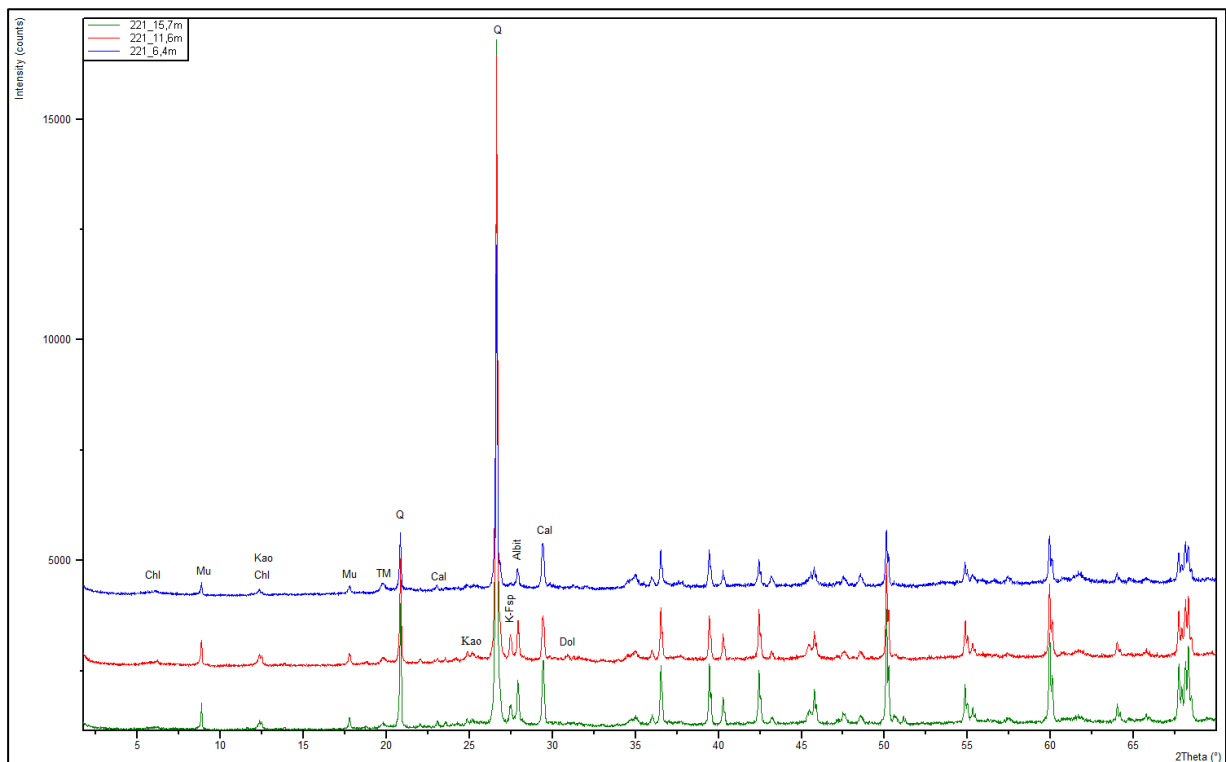


Abbildung 27: Röntgendiffraktogramme der Proben von RKB 221 (Blau: 221-6,4m, Rot: 221-11,6m, Grün: 221-15,7m)

Folgende Peaks kommen in allen Proben und oft ähnlicher Deutlichkeit vor:

- Chlorit ($6,3^\circ \rightarrow 14,2 \text{ \AA}$): schwach ausgeprägt
- Muskovit ($8,8^\circ \rightarrow 9,9 \text{ \AA}$)
- Kaolinit & Chlorit ($12,3^\circ \text{ \& } 12,5^\circ \rightarrow 7,13 \text{ \AA}$): Überlagerung
- Muskovit ($17,7^\circ \rightarrow 5,0 \text{ \AA}$)
- Tonminerale ($19,7^\circ \rightarrow 4,49 \text{ \AA}$)
- Quarz ($20,8^\circ \rightarrow 4,26 \text{ \AA}$)
- Calcit ($23,1^\circ \rightarrow 3,86 \text{ \AA}$): schwach ausgeprägt
- Kaolinit ($24,9^\circ \rightarrow 3,57 \text{ \AA}$): bei 221-6,4m schwach ausgeprägt
- Quarz ($26,6^\circ \rightarrow 3,34 \text{ \AA}$): um ein Vielfaches der höchste Peak
- Kalifeldspat ($27,5^\circ \rightarrow 3,24 \text{ \AA}$): bei 221-6,4m schwach ausgeprägt
- Albit ($28,0^\circ \rightarrow 3,19 \text{ \AA}$)
- Calcit ($29,4^\circ \rightarrow 3,03 \text{ \AA}$): bei den Proben aus RKB 262-1 stärker ausgeprägt

Nicht immer auftretende Peaks:

- Dolomit ($31,0^\circ \rightarrow 2,88 \text{ \AA}$)
- Pyrit ($33,1^\circ \rightarrow 2,71 \text{ \AA}$)

Nach der Messung der Gesamtprobe sind für die Tonfraktion zumindest die Minerale Chlorit, Muskovit (Illit) und Kaolinit zu erwarten. Der Hauptbestandteil bei den Proben ist Quarz. In deutlich geringeren Mengen sind Feldspäte vorhanden. Der Peak für Albit ist etwa um das Dreifache an Counts höher als jener für Kalifeldspat.

Calcit ist das zweithäufigste Mineral in allen Proben, der Hauptpeak von Calcit liegt bei 3,03 Å. Quarz hat seinen Hauptpeak bei 3,34 Å. Die beiden Peaks für Muskovit sehen in allen Diagrammen sehr ähnlich aus, der erste Peak bei 9,9 Å ist der Hauptpeak, der zweite Peak bei etwa 5,0 Å.

Ein Peak der typisch für Dolomit ist, gilt in allen Proben außer 171-8,5m und 221-6,4m als ersichtlich. Dieser hat einen d-Wert von 2,88 Å. Die Peaks sind jedoch nur wenig ausgeprägt und deuten auf wenige m% an Dolomit hin. Das letzte gemessene Mineral ist Pyrit mit 2,71 Å. Pyrit ist als sehr kleiner Peak in Probe 171-8,5m nachgewiesen. Etwas deutlicher fiel der Peak bei den beiden Tonen von RKB 262-1 aus.

In Tabelle 4 sind die Ergebnisse der modifizierten semiquantitativen Berechnung (*nach Schultz, 1964*) angeführt.

Tabelle 4: Quantitative Ergebnisse Gesamtmineralogie

Gesamtmineralogie ^{*)}							
Probe	Quarz	Kalifeldspat	Albit	Calcit	Dolomit	Pyrit	Tonminerale
171-8,5m	51,4	2,6	6,8	8,6	0,0	0,7	29,9
221-6,4m	40,6	0,5	4,6	10,3	0,0	0,0	44,0
221-11,6m	48,0	4,7	8,1	9,4	0,7	0,0	29,1
221-15,7m	46,5	4,4	9,9	11,6	0,0	0,0	27,6
262-1-6,5m	21,8	3,1	5,0	13,8	2,3	3,8	50,2
262-1-15,7m	17,4	2,3	3,0	12,1	2,3	1,9	61,0

^{*)} Akzessorien wurden nicht berücksichtigt

4.3.2 Tonmineralogie

Die Tonmineralogie der Proben aus den Bohrungen 221 und 262 ist sehr ähnlich. Die Röntgendiffraktogramme für die Proben 221-15,7m und 262-1-15,7m sind in Abbildung 28 & Abbildung 29 dargestellt. Alle weiteren Diagramme sind in Anhang 3 einzusehen.

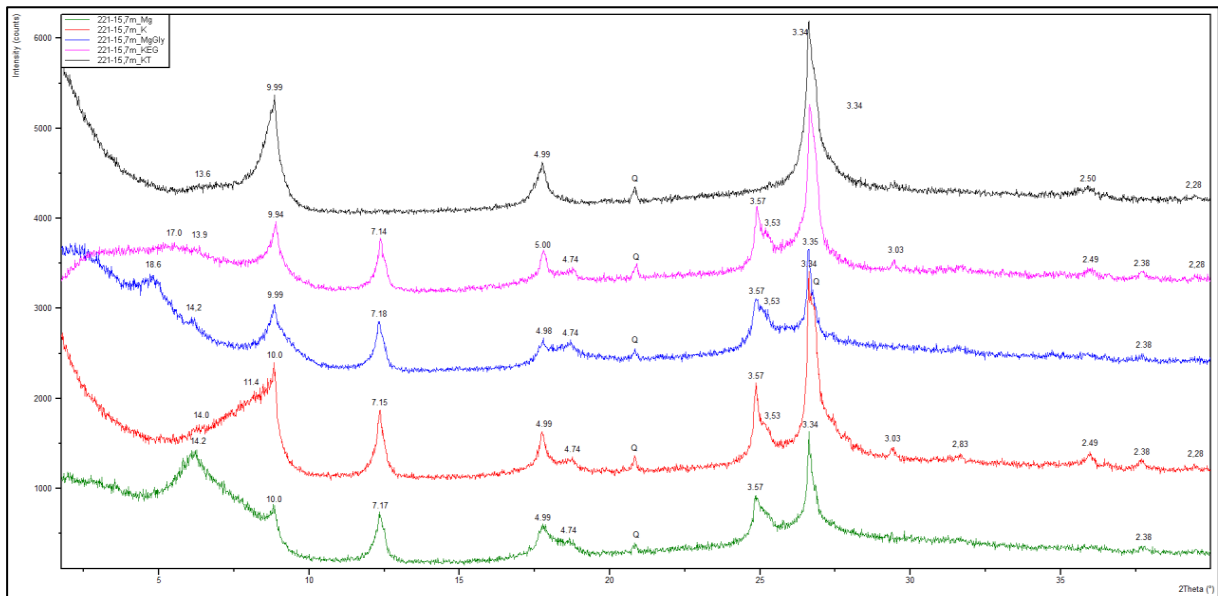


Abbildung 28: Röntgendiffraktogramme der Tonfraktion Probe 221-15,7m: Mg-gesättigt in Grün, K-gesättigt in Rot, Mg+Glycerin gesättigt in Blau, K+Ethylenglykol gesättigt in Pink und K bei 550 °C getempert in Schwarz, d-Werte in Å

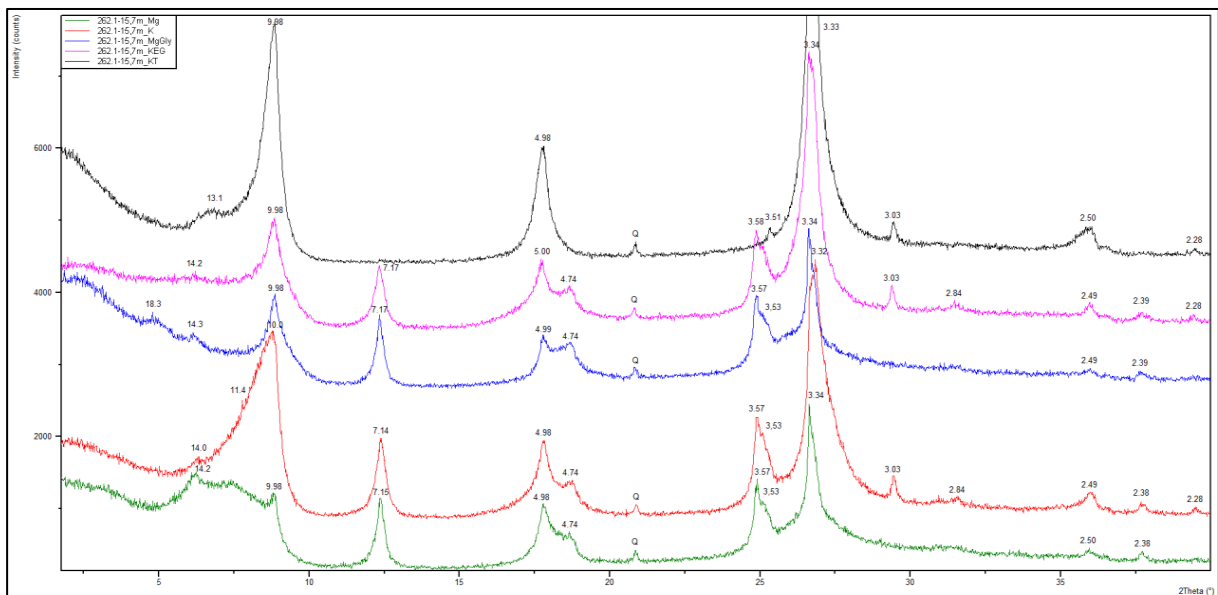


Abbildung 29: Röntgendiffraktogramme der Tonfraktion Probe 262-1-15,7m: Mg-gesättigt in Grün, K-gesättigt in Rot, Mg+Glycerin gesättigt in Blau, K+Ethylenglykol gesättigt in Pink und K bei 550 °C getempert in Schwarz, d-Werte in Å

In allen Diagrammen ist ein breiter Peak, in den mit Magnesium versetzten Proben, bei 14,2 Å vorhanden. Dieser kann sowohl Smectit, Vermiculit als auch Chlorit beinhalten. Auch bei der mit Glycerin behandelten Probe ist dieser Peak vorhanden. Ein Großteil dieses Peaks kann aber Vermiculit zugerechnet werden, weil durch Kalium-Sättigung und durch Tempern bei 550 °C dieser Peak auf 10,0 Å verlagert wird. Der Peak von 10,0 Å ist beim Tempern auch deutlich höher und es gibt keinen oder nur einen kleinen Peak bei 14,0 Å. Chlorit ist in geringen Mengen vorhanden, weil es

durchgehend einen Peak bei 14,0 Å gibt. Dieser ist bei Proben von RKB 221 nur minimal ausgeprägt, bei den Proben von RKB 262-1 ist der Peak deutlicher zu sehen und somit mehr Chlorit in diesen Sedimenten vorhanden.

Die Peaks bei 10,0 Å sind durchwegs stark ausgeprägt, was auf Illit hinweist. Allerdings sind die Peaks in der Ausprägung deutlich schwankend. So ist der Peak bei den mit Kalium gesättigten Proben um ein Vielfaches höher als bei der Präparation mit Glycerin. Die Menge an Vermiculit ist anhand dieser Erkenntnis deutlich größer als die Menge an Illit in den Proben. Die weiteren typischen Peaks bei 5,0 Å; 3,3 Å und 2,5 Å sind ebenfalls vorhanden. Die dem Illit und teilweise anderen Tonmineralen zuzuschreibenden Peaks sind sehr schmal und symmetrisch ausgeprägt.

Kaolinit ist in großen Anteilen vorhanden. Erkennlich an den Peaks bei 7,1 Å; 3,58 Å und 2,38 Å. Typisch für Kaolinit ist, dass die Peaks durch Tempern bei 550 °C verschwinden.

Smectit ist ebenfalls vorhanden, erkenntlich an den kleinen Peaks bei 18,2 Å für Mg + Glycerin gesättigten Proben und dem erhöhten Rauschen bei 17,0 Å mit K + Ethylenglykol und dem Peak bei 11,4 Å bei den K-gesättigten Präparaten.

Weiters sind noch geringe Mengen eines Mixed-Layer Tonminerals vorhanden, erkennbar an dem breiten Peak bei ~12 Å in den Mg-gesättigten Proben und der hohen Schulter im niedrigen Winkelbereich. Es handelt sich dabei wahrscheinlich um Illit/Smectit.

In Probe 221-6,4m gibt es bei 4,25 Å, außer beim Tempern, schwache Peaks. Bei den restlichen Proben finden sich stattdessen bei 3,03 Å recht deutliche Peaks, die Calcit angehören. Diese treten aber nur bei mit Kalium gesättigten Proben auf.

Es kann bei der Auswertung der Tonminerale nur eine qualitative Aussage getätigt werden. Die größten Anteile weist Vermiculit auf. Das zweithäufigste Tonmineral ist Kaolinit, gefolgt von Smectit. Illit ist in eher geringen Mengen vorhanden. Chlorit ist nur bei den beiden Proben von RKB 262-1 eindeutig nachweisbar, allerdings in sehr geringen Mengen. In RKB 221 ist kaum Chlorit vorhanden.

4.4 Organischer und anorganischer Kohlenstoff

Die Ergebnisse für den organischen Kohlenstoff (TOC), anorganischen Kohlenstoff (TIC) und den gesamten Kohlenstoff sind in Tabelle 5 ersichtlich.

Tabelle 5: Ergebnisse TOC, TIC und gesamter Kohlenstoff

Probe	Gewicht [g]	TOC [%]	TIC [%]	Kohlenstoff [%]	Mittelwert Kohlenstoff [%]
171-8.5m	0,1002	4,1884	1,7403	5,9287	5,8982
	0,1001	4,1213	1,7464	5,8677	
221-6.4m	0,1003	0,2337	1,1349	1,3686	1,3661
	0,1000	0,2247	1,1389	1,3636	
221-11.6m	0,1002	0,4976	0,8821	1,3797	1,3587
	0,1001	0,4529	0,8847	1,3376	
221-15.7m	0,1001	0,4387	0,9485	1,3873	1,3865
	0,1002	0,4351	0,9506	1,3857	
262-1-6.5m	0,1002	0,1927	1,5343	1,7270	1,7407
	0,1001	0,2132	1,5411	1,7543	
262-1-15.7m	0,1002	0,2185	1,4983	1,7168	1,7104
	0,1001	0,2178	1,4862	1,7040	

Wie zu erwarten, ist der organische Kohlenstoffgehalt bei Probe 171-8,5m, welche etwas faulig bei der Probenahme roch, im Vergleich deutlich erhöht. Der TIC bleibt zwar in einem ähnlichen Bereich wie die anderen Werte, aber der TOC ist um etwa das Zehnfache erhöht.

Bei RKB 221 haben alle Proben einen Kohlenstoffgehalt von etwa 1,35 %. 221-6,4m hat ein Verhältnis von TOC : TIC von 1:5. Bei den anderen beiden Proben liegt dieses Verhältnis bei 1:3.

Der Kohlenstoffgehalt von Proben die RKB 262-1 angehören ist mit etwa 1,72 % ein wenig höher als bei RKB 221. Beide Proben haben ein Verhältnis von TOC : TIC von 1:7.

4.5 Ergebnisse Kalzimeter

In Tabelle 6 ist der Karbonatgehalt aller gemessenen Proben erfasst. Tone sind mit „Violett“ markiert und Sande mit „Gelb“.

Tabelle 6: Ergebnisse Kalzimeter: Tone sind mit „Violett“ markiert und Sande mit „Gelb“.

Probe	Karbonatgehalt [%]	Mittelwert Karbonatgehalt [%]
171-8,5m	4,4	4,3
	4,1	
171-10,5m	8,9	9,3
	9,7	
171-14,4m	10,1	9,5
	8,8	
192-23,8m bis 24,6m	11,8	12,0
	12,1	
221-6,4m	6,7	6,8
	6,9	
221-11,6m	5,0	4,8
	4,5	
221-15,7m	5,0	4,7
	4,4	
221-17,5m	10,2	9,9
	9,6	
262-1-6,5m	8,7	8,7
	8,7	
262-1-15,7m	9,1	9,0
	8,9	
281-12,3m	26,5	26,5
	26,5	

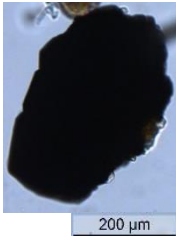


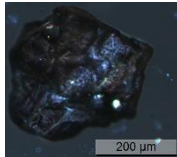

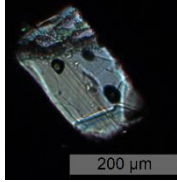
Die vorliegenden Messwerte separieren die Proben zumindest teilweise gut in Tone und Sande. Tone haben bei den östlich liegenden Bohrkernen rund 5 % Karbonatgehalt. Bei RKB 262-1, der nahezu durchgehend aus Ton besteht, liegt dieser Wert bei rund 9 %.

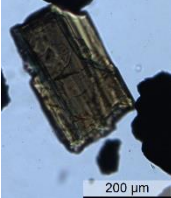
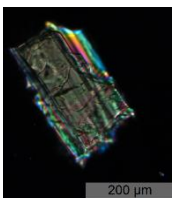
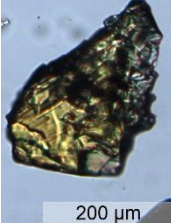
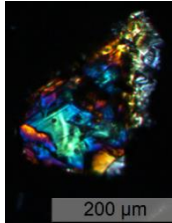

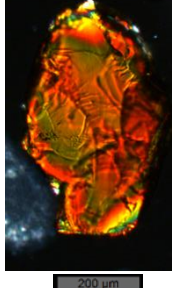
Sande sind mit rund 10 % minimal reicher an Karbonat. Der untersuchte Sand des westlichsten Bohrkerns weist mit 26,5 % einen mehr als doppelt so hohen Karbonatgehalt auf.

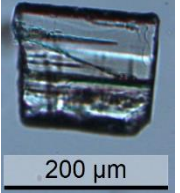
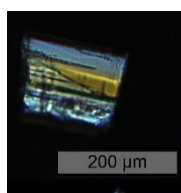
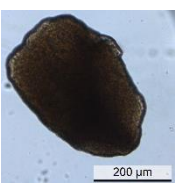
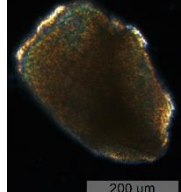
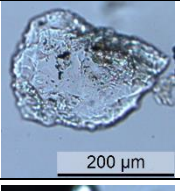
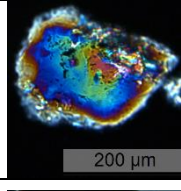
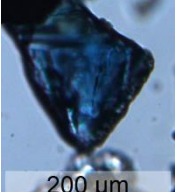
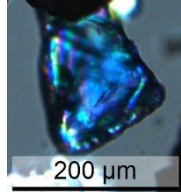
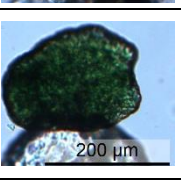
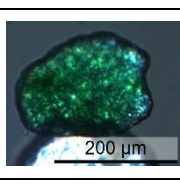
4.6 Schwermineralanalyse


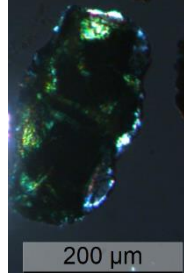


In Tabelle 7 sind alle in den Streupräparaten vorkommenden Minerale mit Bildern und weiteren wichtigen Informationen wie Herkunft (www.mineralienatlas.de (2023)) und typische Unterscheidungsmerkmale beschrieben.

Tabelle 7: Beschreibung vorkommenden Schwerminerale & Minerale in Streupräparaten

Mineral	Farbe	Relief	Form	Pleo- chromismus	Aussehen unter Polarisator	Herkunft	Bild ohne Polarisator	Bild mit Polarisator
*Opake Minerale	Schwarz	Nicht unterscheid- bar	Angerundet bis Knollig	-	Nahezu kein Unterschied	Z.B.: für Pyrit: Bildung in Sedimenten unter anoxischen Bedingungen		
Granat	Farblos bis blassrosa	$n > 1,80$	Kantig bis gut gerundet	-	Isotrop	Meistens metamorph, selten magmatisch, z.B. in Glimmerschiefern, Gneisen und Amphiboliten, Granuliten, Eklogiten, Pegmatiten		
Zirkon	Farblos	$n = 2,00$	Idiomorph bis gut gerundet, dicker Rand	-	Grau, selten bunte Zonierung	Saure Plutonite, Basalte, kristalline Schiefer, abgerollt in Seifen		

Turmalin	Gelb bis dunkelbraun , selten Dunkelgrün	$n = 1,65$	Hypidiomorph bis schwach gerundet	+	Braun mit bunter Zonierung	Pegmatite, Granite, kristalline Schiefer, hydrothermal in Erzlagerstätten	 200 µm	 200 µm
Staurolith	Hellgelb bis Gelb	$n = 1,75$	Angerundet bis gut gerundet	+	Bunt	Tonerdereiche, metamorphe Gesteine (Glimmerschiefer, Gneise)	 200 µm	 200 µm
Rutil	Dunkelrotbraun	$n > 2,80$	Gerundet	-	Dunkelrotbraun	Gabbropegmatite, hydrothermale Klüfte, schwach metamorphe Tonsedimente, Eklogite, Amphibolite, Granulite, abgerollt in Seifen	 200 µm	 200 µm

Zoisit/Klinozoisit	farblos	n = 1,70	Hypidiomorph bis gut gerundet	-	Dunkelblau	Amphibolreiche kristalline Schiefer, Eklogite, Gabbros, Diabasen, Diorite, Anorthosite		
*Siderit	Braun, fleckig	n = 1,65 - 1,80	Meist gut gerundet	-	Kein Unterschied	Sedimentär oder metasomatisch in Lagerstätten, pegmatitische bis hydrothermale Gänge		
*Muskovit	farblos	n = 1,62	blättrig, gut gerundet, eher dünner Rand	-	Regenbogen-Zonierung	Granite, Gneise, Glimmerschiefer, Pegmatite		
Glaukophan	Farblos bis Dunkelblau	n = 1,65	Gerundet	+	Stahlgrau	Metamorph, Schiefer, Gneise, typisch für Blauschiefer-Fazies (druckbetonte Metamorphose)		
*Glaukonit	Grün bis Dunkelgrün	n = 1,65	Gut gerundet	~	Grünlich - Grau, fleckig	Anoxisch, aus der Verwitterung von Biotit unter Auflast von Sedimenten		

*(Fe-)Chlorit	Je nach Dicke Hell- bis Dunkelgrün	$n = 1,65 - 1,68$	Gerundet, blättrig	~	Bläulich-Grau	Chloritschiefer, in Klüften, als Umwandlungsprodukt von Granat, Biotit, Augit, Hornblenden, ...		
Chloritoid	farblos bis schwach grünlich	$n = 1,69$	Gerundet	-	sehr geringe Interferenz (Grau)	Metamorph, Grünschiefer, Gneise, Metapelite		
**Silimanit	farblos	$n = 1,65$	Gut gerundet	-	?	Metamorph, aluminiumreiche Gneise, Granulite, Glimmerschiefer	-	-
**Disthen	farblos	$n = 1,72$	Angerundet, 90° Spaltbarkeit	-	?	Metamorph, kristalline Schiefer (Glimmerschiefer, Granulite, Eklogite)	-	-
<p>*Kein Schwermineral bzw. nicht für Interpretation mittels Schwerminerale miteinbezogen.</p> <p>** Zu geringe Menge, um Mineral in Interpretation miteinbeziehen zu können.</p>								

In den nachfolgenden Kreisdiagrammen sind die Mengenverteilungen der vorkommenden Schwerminerale dargestellt. Die Schwerminerale wurden in den Diagrammen so angeordnet, dass möglichst jedes Schwermineral die gleiche Farbe beibehält. Minerale die nicht als Schwermineral gelten wurden bei diesen Diagrammen vernachlässigt.

4.6.1 171-10,5m

Wie in Abbildung 30 ersichtlich, sind in den Streupräparaten von 171-10,5m mehr als die Hälfte der Schwerminerale Granat. Mit etwa 15 % ist Zirkon das zweithäufigste Mineral mit hoher Dichte. Knapp je 10 % sind noch Turmalin, Rutil und Zoisit anzurechnen.

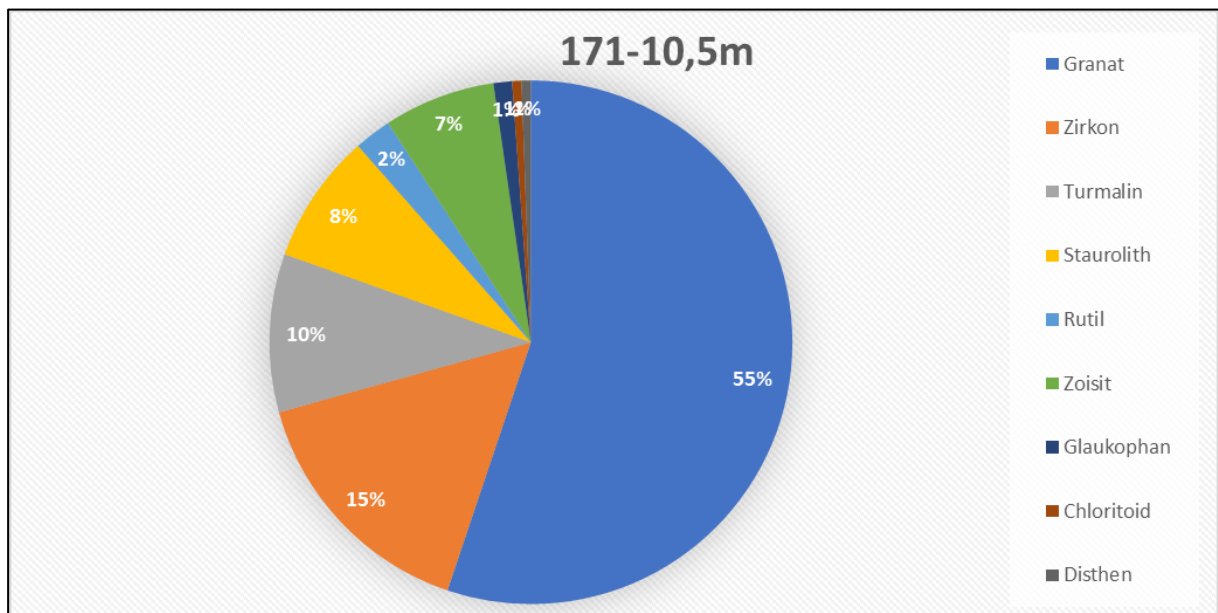


Abbildung 30: Kreisdiagramm Verteilung Schwerminerale 171-10,5m

Bei den ansonsten vorkommenden Mineralen ist zu erwähnen, dass die Hälfte aller vorkommenden Minerale opak ist. Knapp ein Viertel konnte noch Siderit (Fe_2CO_3) zugeordnet werden. Somit ist nur knapp ein Viertel aller Minerale bei dieser Probe zu typischen Schwermineralen zu zählen. Akzessorisch kommen noch Muskovit, Chlorit und Glaukonit als untypische Minerale mit hoher Dichte vor.

4.6.2 171-14,7m

Auch bei der Sandprobe 171-14,7m sind knapp 50 % der Schwerminerale Granat. Turmalin ist mit 20 % die zweitgrößte Fraktion. Zirkon kommt auf knapp 10 %. Staurolith, Rutil und Zoisit sind mit gut 5 % noch erwähnenswert.

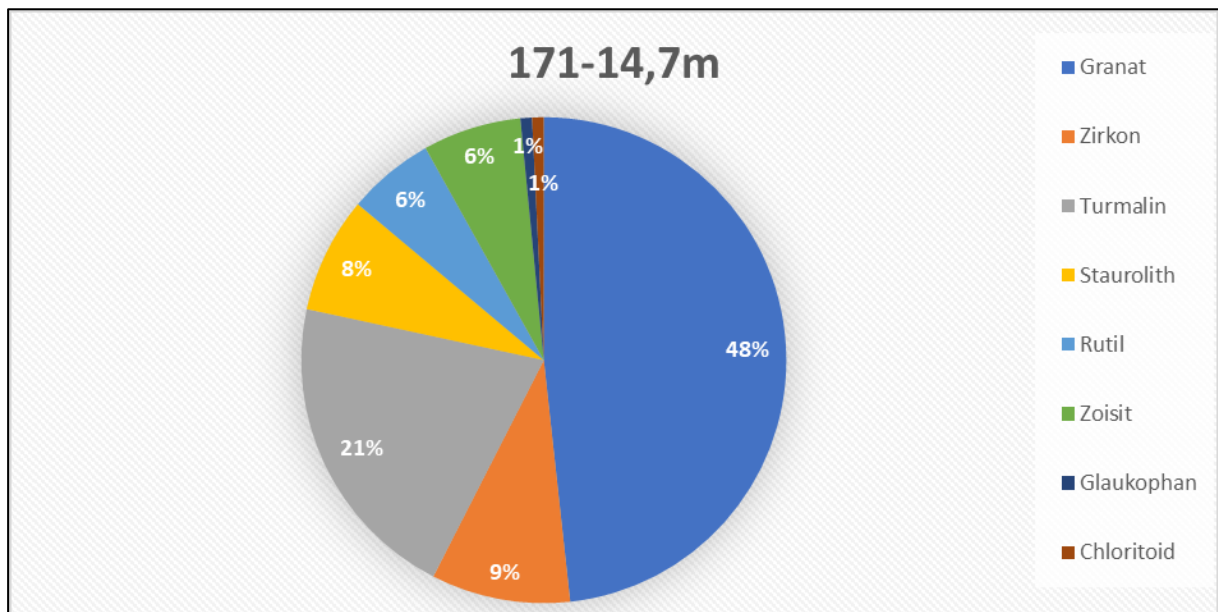


Abbildung 31: Kreisdiagramm Verteilung Schwerminerale 171-14,7m

Im Gesamtvorkommen ist erneut die Hälfte der Körner opak. Siderit ist noch zu gut 13 % vertreten. Ansonsten sind mit Muskovit, Chlorit und Glaukonit die gleichen Akzessorien vertreten.

4.6.3 192-23,8m bis 24,6m

In den Präparaten von 192-23,8m bis 24,6m sind zwei Drittel der Schwerminerale erneut Granate. Turmalin und Zirkon sind noch mit etwa 10 % vertreten. Mit wenigen Prozent sind noch Zoisit, Staurolith, Rutil und Chloritoid vertreten.

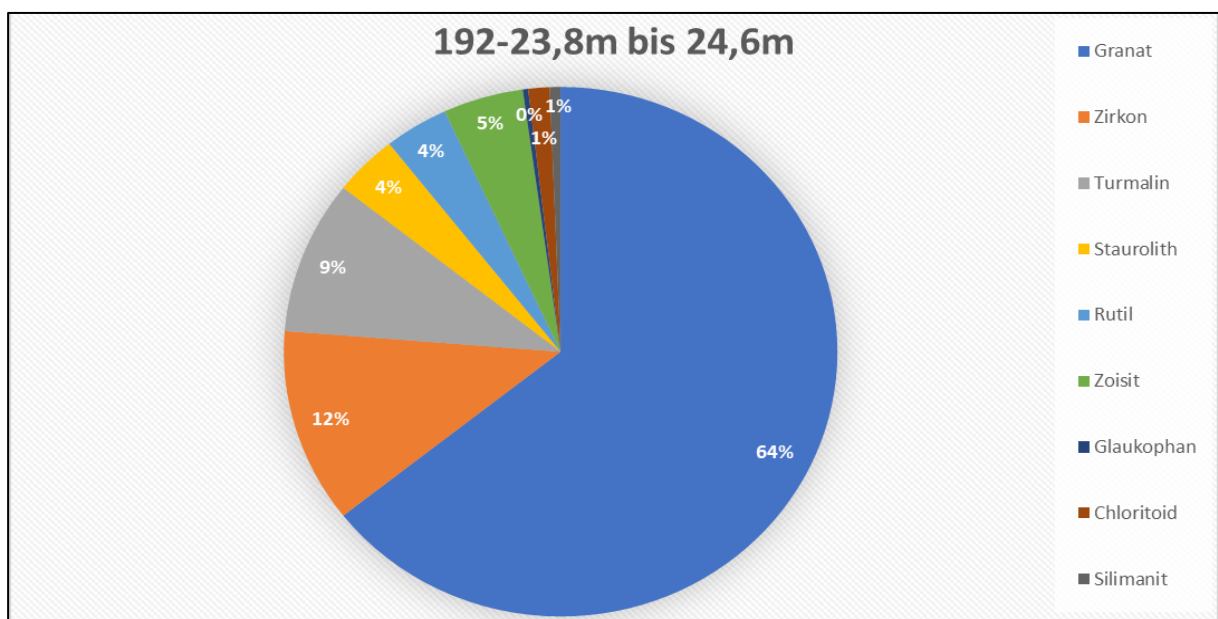


Abbildung 32: Kreisdiagramm Verteilung Schwerminerale 192-23,8m bis 24,6m

Ein Drittel aller Körner sind zu den typischen Schwermineralen zu zählen. Die restlichen zwei Drittel der Körner sind opak. Siderit ist nur noch als Akzessorium vorhanden.

4.6.4 221-17,5m

Die Verteilungen von 221-17,5m gleichen nahezu komplett jenen von Probe 192-23,8m bis 24,6m.

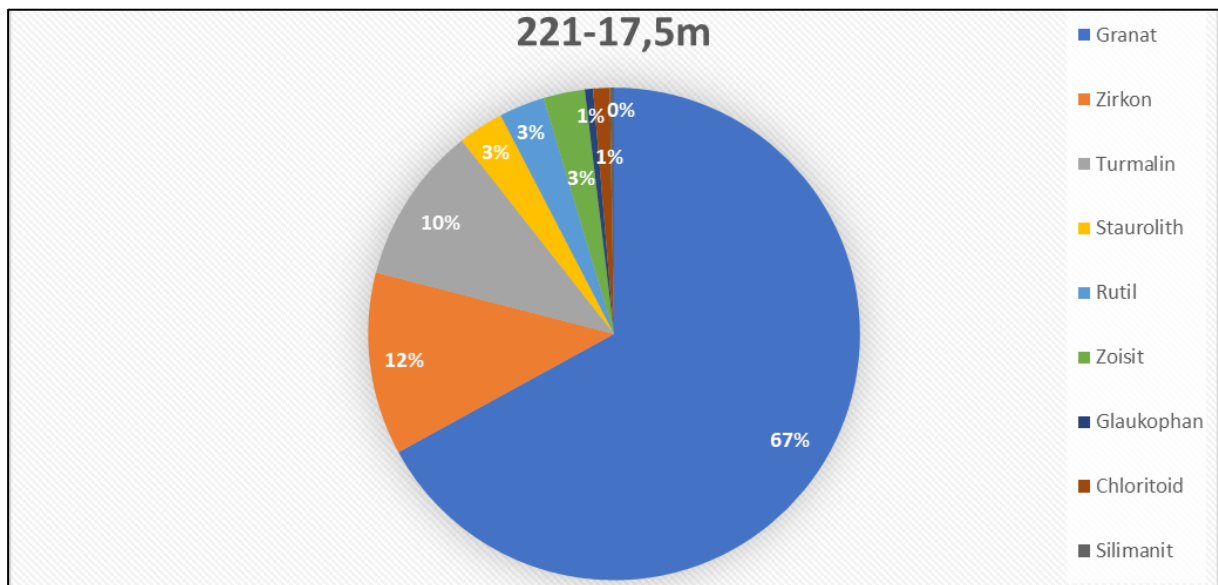


Abbildung 33: Kreisdiagramm Verteilung Schwerminerale 221-17,5m

4.6.5 281-12,3m

Bei Probe 281-12,3m sind Granat und Zirkon mit jeweils einem Drittel nahezu gleich oft vorhanden. Das restliche Drittel teilt sich zwischen Turmalin und Zoisit mit je 10 % auf. Staurolith, Rutil und Chloritoid komplettieren mit je etwa 5 %.

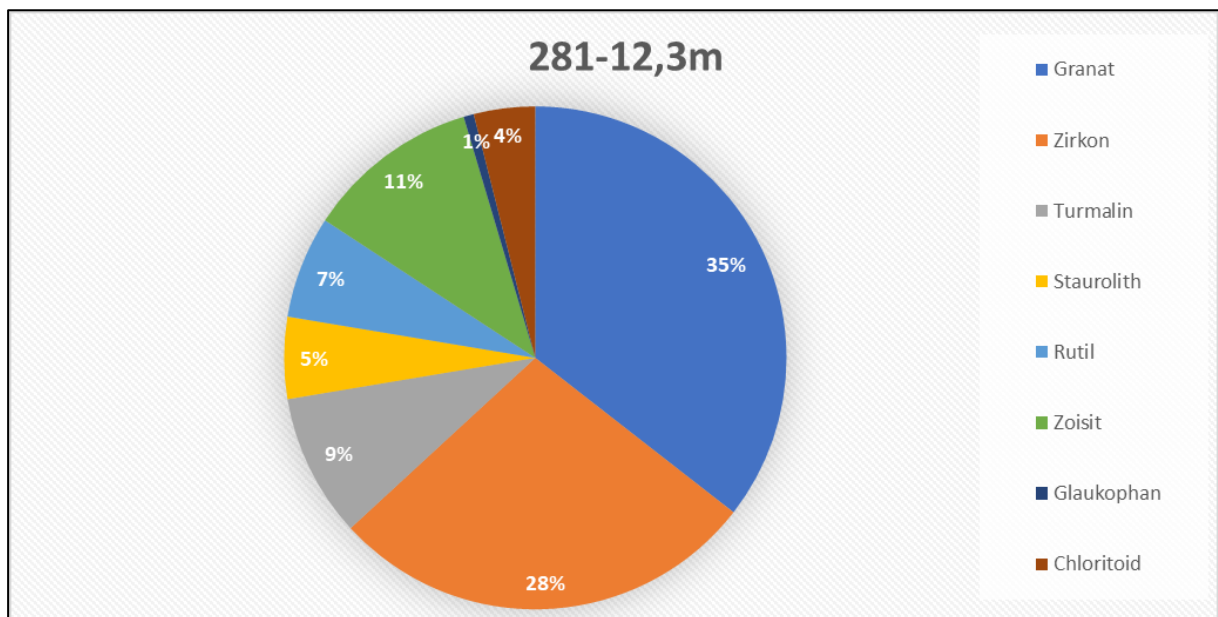


Abbildung 34: Kreisdiagramm Verteilung Schwerminerale 281-12,3m

Schwerminerale umfassen nur ein Viertel der gesamten Körner. Drei Viertel aller Körner sind in diesen Streupräparaten opak.

Der Verwitterungsgrad der einzelnen vorkommenden Minerale ist bereits in Tabelle 7 in der Spalte „Form“ beschrieben und bei allen Streupräparaten recht ähnlich. Allgemein kann der Verwitterungsgrad je nach Mineral als beginnend bis mediär beschrieben werden. Herauszuheben ist, dass Zirkonkörner in der > 0,063 mm-Fraktion häufig eine idiomorphe, perfekt, stängelige Form aufweisen. Turmaline wirken häufig nicht verwittert, aber sind zerbrochen und somit hypidiomorph.

Granat kann insgesamt als das dominierende Schwermineral definiert werden, auch Zirkone und Turmaline sind durchgehend in großen Mengen enthalten.

4.7 Dünnschliffmikroskopie

4.7.1 Dünnschliff 171-12,8m

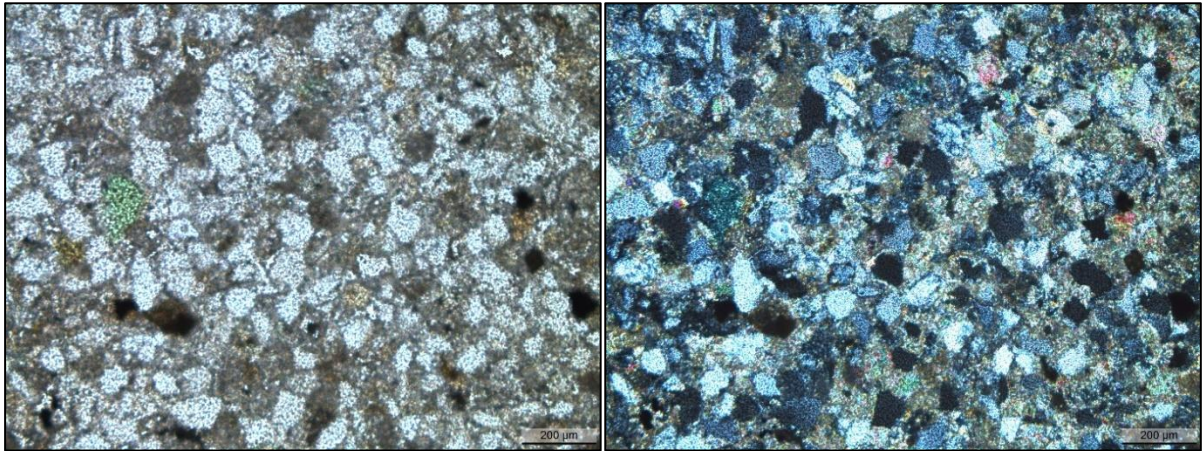


Abbildung 35: Dünnschliff 171-12,8m ohne gekreuzte Polarisatoren (links) und mit gekreuzten Polarisatoren (rechts)

Das Gestein in diesem Dünnschliff besteht aus Quarzkörnern, die in einer bräunlichen Matrix eingebettet sind, welche recht feinkörnig, karbonatisch, wirkt. Wie in Abbildung 35 ersichtlich, bestehen nahezu alle Körner aus monokristallinem Quarz. Die Oberfläche des Quarzes wirkt rau bzw. sieht aus wie ein Flechtenmuster, vermutlich entstanden bei der Dünnschliffherstellung. Die Kornrundung kann als eckig mit beginnender Kantenrundung beschrieben werden. Auf Quarz entfällt in diesem Schliff ein Anteil von 50 %.

15 % der Fläche des Schliffes ist mit opaken Mineralen bedeckt. Diese wirken deutlich runder als die Quarzkörner und sind somit gut gerundet, auch sekundäre Bildungen in der Matrix treten auf. Der restliche Anteil entfällt auf Calcit und ist als lithisches Fragment, Zement und Kluftfüllung enthalten (Abbildung 36).

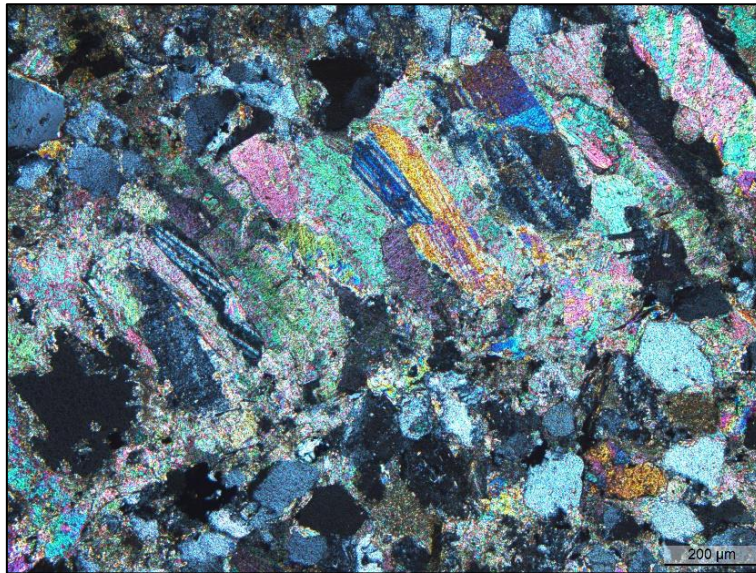


Abbildung 36: Sekundäres Calcitband unter gekreuzten Polarisatoren

Akzessorisch wurden noch Feldspäte, Glimmer vor allem als Muskovit, Granat, Rutil und Glaukonit vorgefunden. Auffällig sind auch perfekt runde Formen mit einem Loch in der Mitte. Die Interferenzfarben mit gekreuzten Polarisatoren waren hellgelb. Sehr selten sind auch nadelige Formen aus demselben Material vorzufinden. Es handelt sich hierbei eindeutig um Fossilien, genauer um Schwammnadeln aus Calcit. Runde Formen mit Loch in der Mitte stellen den Querschnitt dar. Nadelformen entstehen bei einem Längsschnitt. Schwammnadeln kommen in dieser Probe nur akzessorisch vor.

Die Probe kann als „**Sandstein mit Karbonatzement**“ beschrieben werden.

4.7.2 Dünnschliff 171-16,3m

Die Kieskomponente 171-16,3m ist deutlich karbonatischer und fossilreicher als 171-12,8m und kommt auf einen Anteil von insgesamt 15% an Schwammnadeln und Radiolarien. Wie in Abbildung 37 & Abbildung 38 gut zu sehen, bestehen die Radiolarien aus zwei unterschiedlichen Materialien. Außen gibt es eine Art Schale aus nahezu rein-weißem, gröberen Mineral, das an der Grenze von Schale zu innerem Bereich deutlich dichter und heller erscheint, darin eingeschlossen ist gelbbraunes Material, das zumindest farblich der umgebenden Matrix ähnelt. Ähnliche Fossilien, besonders Schwammnadeln wurden auch in Proben in der Nähe des AKH's gefunden (Slawek, 2015).

In Form von großen Körnern ist auch wieder Quarz enthalten, mit rund 15 % weitaus weniger als in Schliff 171-12,8m, diese erscheinen gut gerundet. 20 % der Probe bestehen aus teils stark verwitterten Gesteinsfragmenten. 5 % der Fläche sind opak. Als Akzessorien wurden noch Glaukonit, Rutil, Muskovit, primär gebildeter Calcit und organisches Material gefunden.

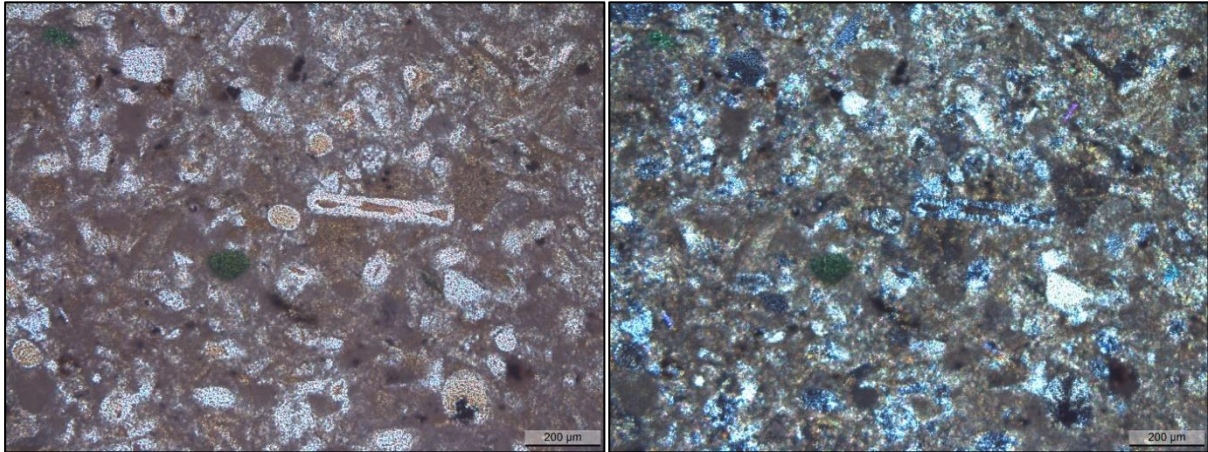


Abbildung 37: Dünnschliff 171-16,3m ohne gekreuzte Polarisatoren (links) und mit gekreuzten Polarisatoren (rechts)

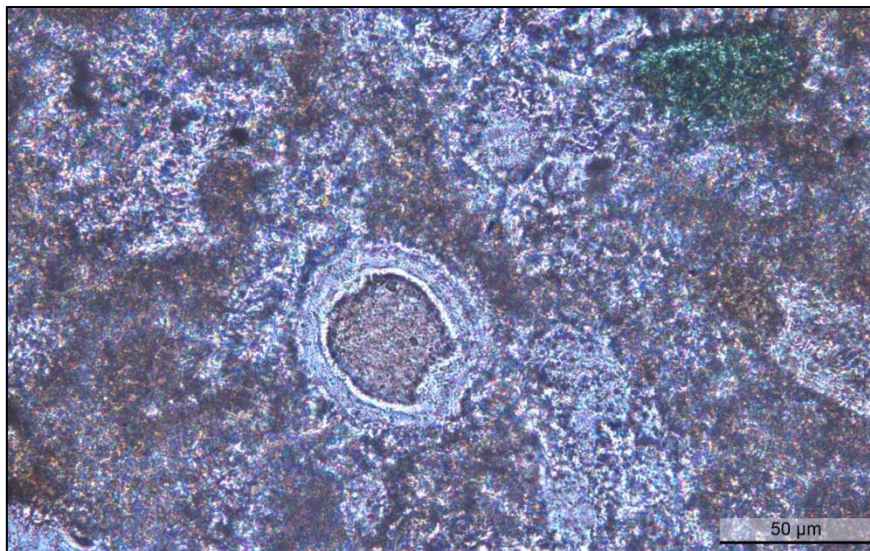


Abbildung 38: Nahaufnahme vom Querschnitt einer großen Radiolarie

Die restlichen knapp 50 % der Probe können wieder der braunen und vermutlich karbonatischen Matrix zugerechnet werden. Wobei die Matrix eher chaotisch wirkt. Selten vorkommende Klüfte sind sekundär mit Calcit verfüllt. Aufgrund des großen Anteiles an karbonatischer Matrix wird das Gestein dieses Dünnschliffes als **„Feinkörniges Karbonat mit Schwammnadeln“** beschrieben

4.7.3 Dünnschliff 192-10,4m

Das Gestein in RKB 192 bei einer Tiefe von etwa 10,4 m wurde bei der ersten Aufnahme des Bohrkerns als Verhärtung beschrieben. Unter Verhärtung wird feines Material bezeichnet, welches vermutlich durch sekundäre Zementation die Festigkeit eines Gesteins erreicht. Eine sekundäre Zementation wird aufgrund der frischen Bruchflächen angenommen, welche durch die Rammkernbohrung entstanden. In diesem Abschnitt reichte dieses verhärtete Material über den gesamten Querschnitt der Bohrung.

Bei diesem Material dominiert ein bräunlicher karbonathaltiger Zement, welcher etwa 75 % des Dünnschliffes ausmacht. Knapp 20 % werden Quarz in Form von beginnend gerundete bis gut gerundete, recht große Körner zugerechnet. Die Verteilung dieser Quarzkörner ist heterogen, es sind auch Bereiche ohne größere Körner vorhanden. In Abbildung 39 ist ein Bereich mit überdurchschnittlich vielen Quarzkörnern dargestellt. Auf opake Minerale entfallen 5 %, häufig sekundär gebildet wie in Abbildung 40 zu sehen. Als Akzessorien sind noch Muskovit, Glaukonit und sekundärer Calcit enthalten. Bräunliche Körner, wie in Abbildung 39 zu sehen, bestehen aus Siderit und werden den lithischen Bestandteilen zugerechnet.

Die Probe wird als „**Feinkörniges Karbonat mit Quarzklasten**“ bezeichnet.

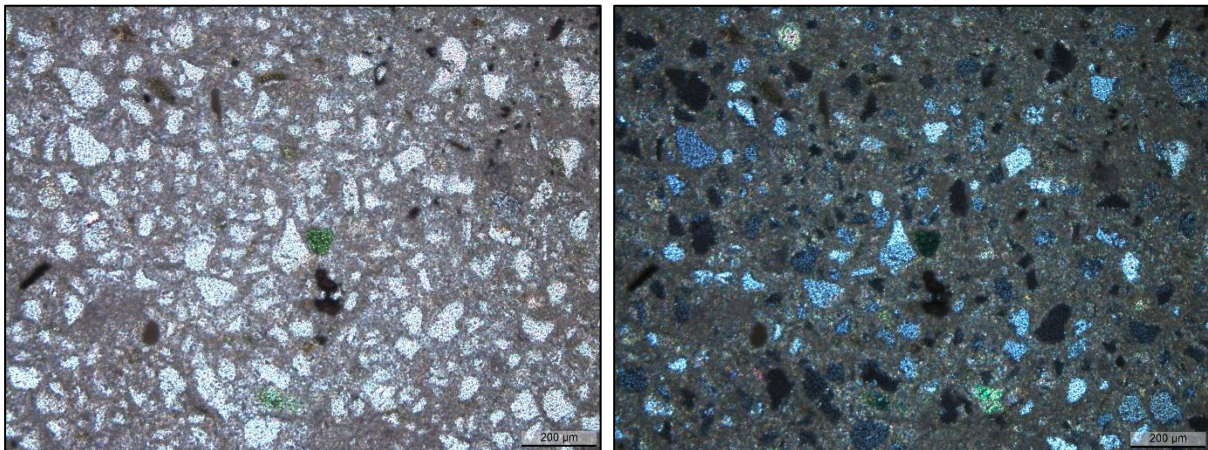


Abbildung 39: Dünnschliff 192-10,4m ohne gekreuzte Polarisatoren (links)
und mit gekreuzten Polarisatoren (rechts)

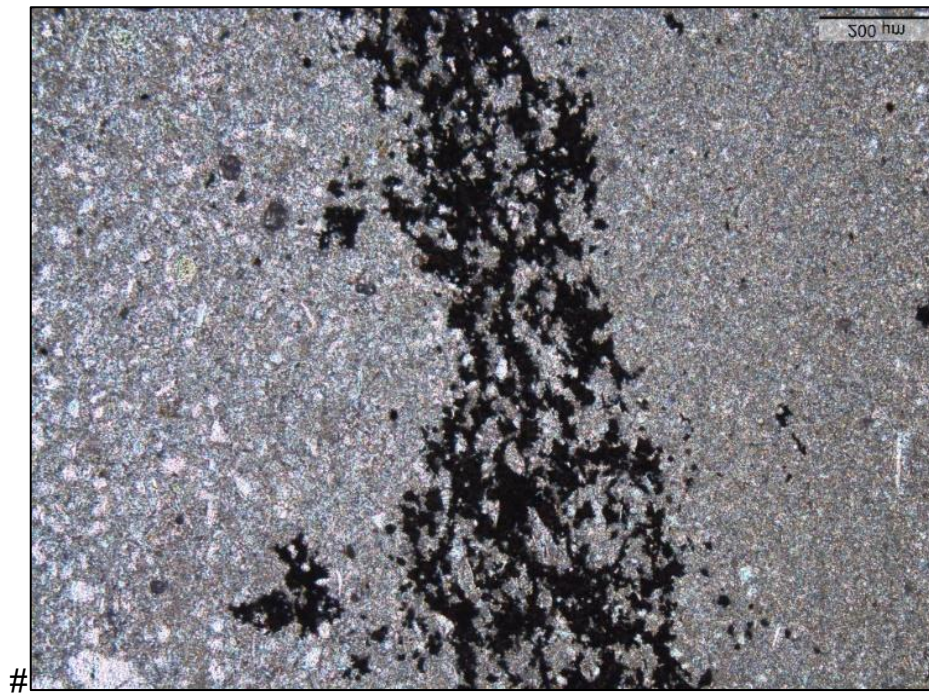


Abbildung 40: Sekundär gebildete, opake Minerale

4.7.4 Dünnschliff 192-11,1m

Dieser Grobkies hatte bei der Erstbesichtigung die besondere Eigenschaft von einer sehr geringen Dichte im Vergleich zu den anderen Gesteinen. Die Probe wurde daraufhin als „Leichtkomponente“ beschrieben. Es wird vermutet, dass die geringe Dichte durch eine erhöhte Porosität und die im Vergleich zu anderen Schliffen veränderte Matrix erreicht wird.

Im Verhältnis von etwa 1:2 teilt sich das Gestein in Quarz und eine ähnlich helle Matrix auf. Der Schliff erscheint darum insgesamt sehr hell. Die beiden Komponenten können mittels gekreuzter Polarisatoren voneinander unterschieden werden (Abbildung 41). Die Matrix erscheint mit gekreuzten Polarisatoren isotrop, wohingegen Quarz hellgrau bis weiß bleibt. Die Probe kann als sehr fossilreich beschrieben werden, da viele Radiolarien enthalten sind, Fossilienstrukturen sind teilweise noch erkennbar.

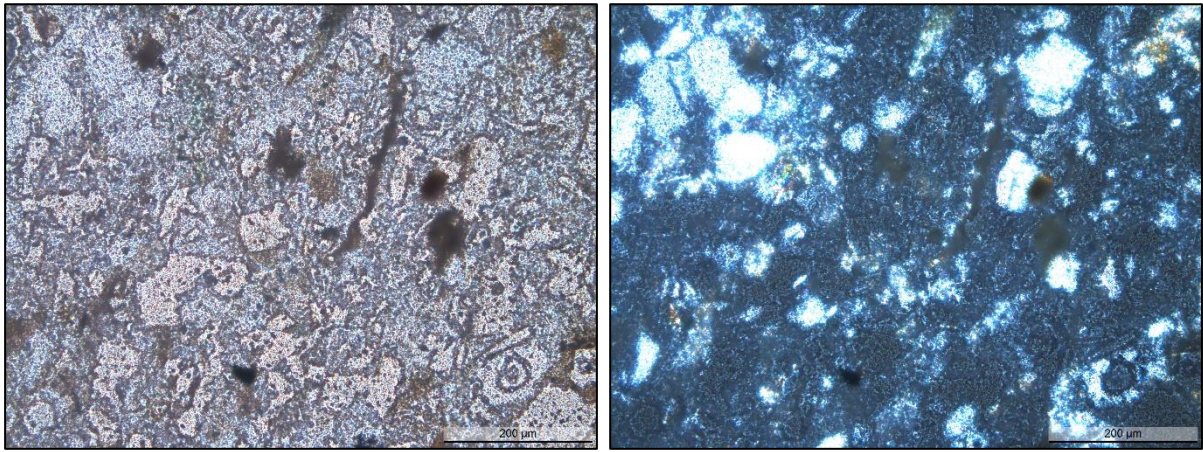


Abbildung 41: Dünnschliff 192-11,1m ohne gekreuzte Polarisatoren (links)
und mit gekreuzten Polarisatoren (rechts)

Es ist auch reichlich organisches Material vorhanden, dieses wirkt meist aus dem Schliff herausstehend und somit unscharf. Je nach Dicke sind diese Flecken braun bis schwarz gefärbt. Die Probe wirkt moderat sortiert. Mit Glaukonit, Muskovit und anderen Mineralen sind die üblichen Akzessorien enthalten. Aufgrund der kieselig wirkenden Matrix wird dieses Gestein als **„Kieseliges Sediment mit Quarzklasten“** beschrieben.

4.7.5 Dünnschliff 192-11,5m

Das Gestein dieser Probe wirkt gut sortiert mit nur wenigen Quarzkörnern, welche einen Anteil von etwa 15 % einnehmen. Calcit hat sich zum Großteil sekundär in sehr breiten Bändern (Abbildung 42 (an der linken Seite) & Abbildung 43) gebildet und erreicht einen Anteil von ebenfalls 15 %.

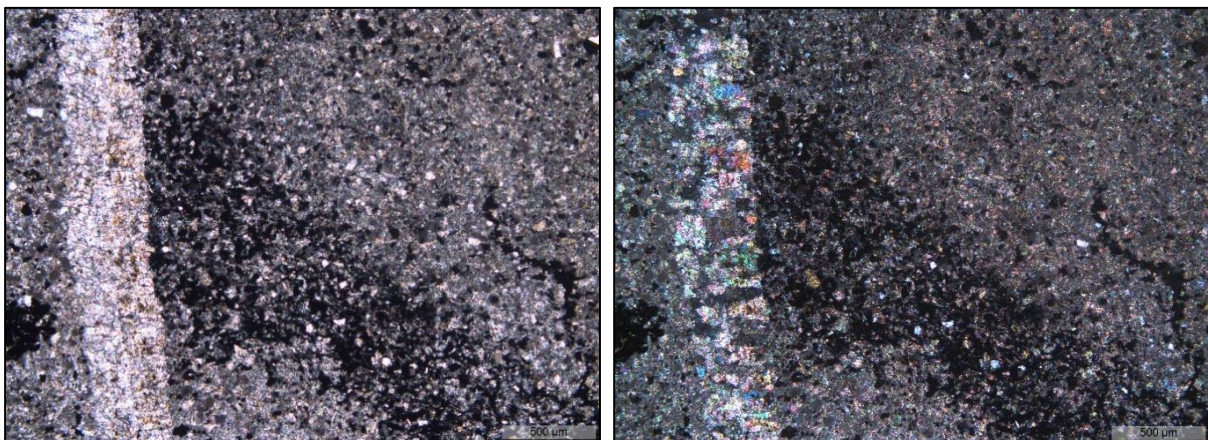


Abbildung 42: Dünnschliff 192-11,5m ohne gekreuzte Polarisatoren (links)
und mit gekreuzten Polarisatoren (rechts)

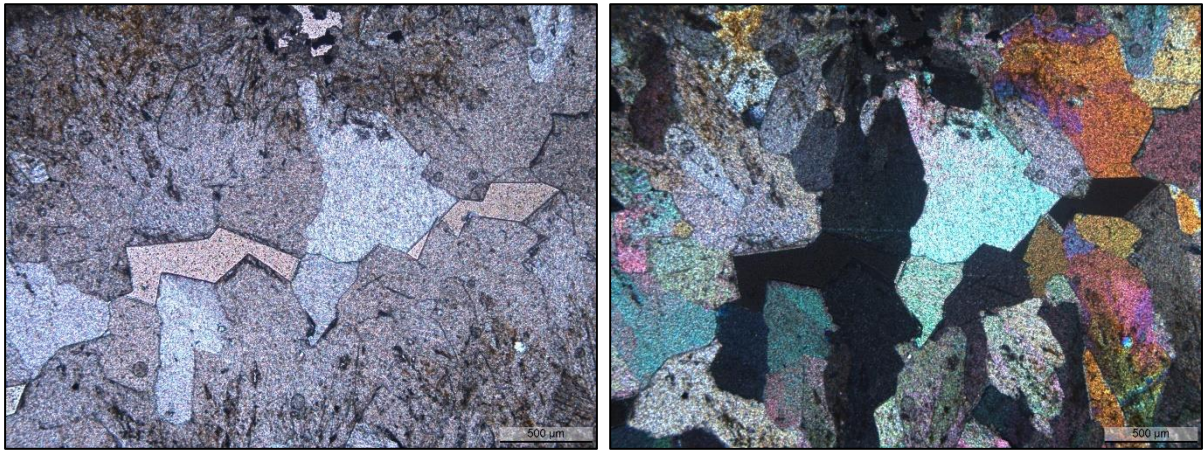


Abbildung 43: Breite Calcitbänder ohne gekreuzte Polarisatoren (links) und mit gekreuzten Polarisatoren (rechts)

Feinkörniges Karbonat dominiert mit etwa 65 %. 5 % des Schliffes sind opake Minerale (wahrscheinlich Pyrit) und im Vergleich häufig vertreten. Teilweise sind auch Klüfte mit opaken Mineralen sekundär verfüllt. Akzessorisch sind Schwammnadeln und Glaukonit vertreten. Diese aus einem Grobkies gewonnene Probe kann als **„Feinkörniges Karbonat“** bezeichnet werden.

4.7.6 Dünnschliff 192-23,3m

In diesem Schliff ist etwa 20 % Karbonatzement vorhanden, dieser hat eine braune Färbung. Feinkörniger Quarz umfasst etwa die Hälfte des Schliffes. Diese Körner haben eine gut gerundete Kornform. Die restlichen rund 30 % der Probe entfallen auf Calcit. Dieser ist sowohl sekundär in Klüften als auch als Kristalle oder Fossilien vertreten. Die vorhandenen Fossilien sind Schwammnadeln und seltener bilaterale Foraminiferen. Rutil, Feldspat, Muskovit und Glaukonit sind akzessorisch enthalten. Das Gestein kann als **„Feinkörniger, karbonatzementierter Sandstein“** beschrieben werden.

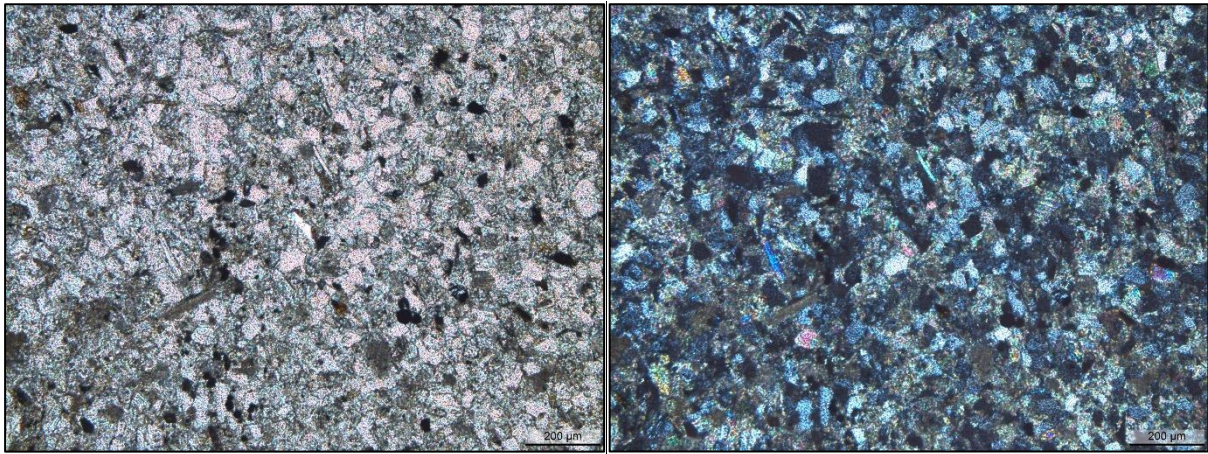


Abbildung 44: Dünnschliff 192-23,3m ohne gekreuzte Polarisatoren (links)
und mit gekreuzten Polarisatoren (rechts)

4.7.7 Dünnschliff 192-23,9m

Diese Probe weist wesentlich größere Quarzkörner auf. Der Quarzanteil liegt bei etwa 80 %, die Körner weisen keine Risse auf und haben eine meist stark gerundete und sphärische Kornform. Die Matrix zwischen den Körnern hat eine grünliche Färbung und bezieht einen Anteil von 5 %. Die grünliche Farbe ist auf ein grünes Mineral, wie z. B. Chlorit als Hauptkomponente zurückzuführen. Calcit ist in Form von ebenso großen Körnern und Zement mit einem Anteil von 15 % vorhanden.

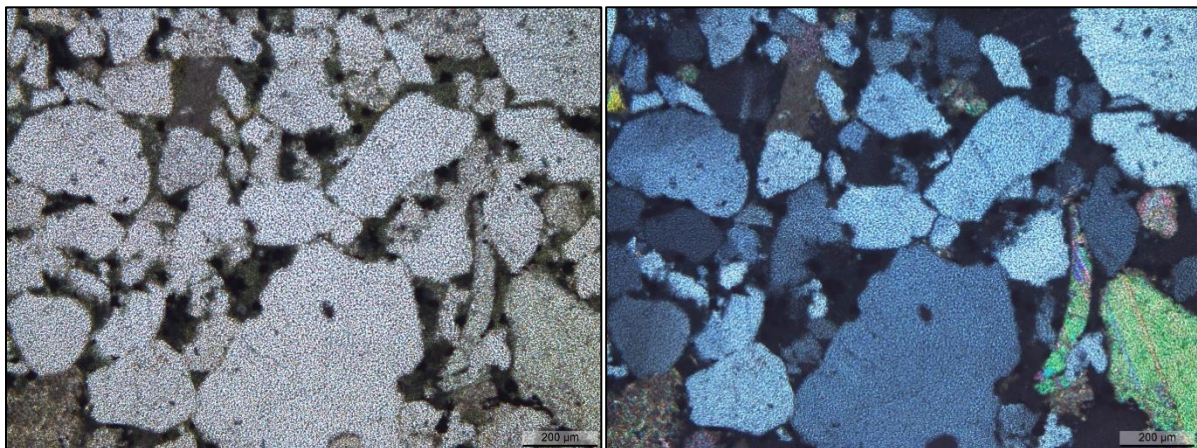


Abbildung 45: Dünnschliff 192-23,9m ohne gekreuzte Polarisatoren (links)
und mit gekreuzten Polarisatoren (rechts)

Zu den Akzessorien zählen Feldspäte, Rutil, Glimmer, als sehr große Plättchen, und Gesteinsfragmente. Zu den biogenen Komponenten zählen mäßig erhaltene planktonische, planspirale Foraminiferen (Abbildung 46), die Größen von gut einem Millimeter erreichen. Besonders die äußeren Kammern der Foraminiferen sind bereits

komplett rekristallisiert. Diese Probe wird als „**Grobkörniger Sandstein (Quarzarenit)**“ bezeichnet.

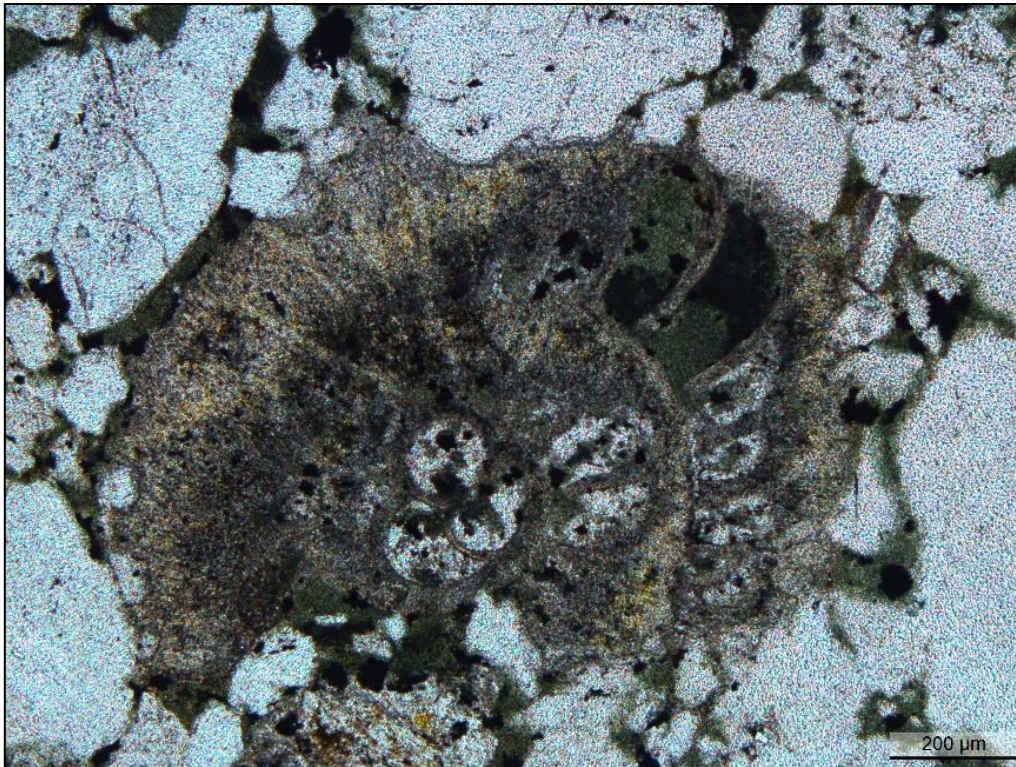


Abbildung 46: Teilweise noch erhaltene planktonische, planspirale Foraminifere

4.7.8 Dünnschliff 192-24,8m

Ähnlich zu Probe 192-23,9m sind auch in dieser Grobkieskomponente sehr große Quarzkörner mit einem Anteil von 70 % dominant. Die Körner sind schwach gerundet oder seltener deutlich gerundet. Anders als zu Dünnschliff 192-23,9m weisen die Quarzkörner Risse auf, die sekundär mit Calcit-Zement verfüllt wurden.

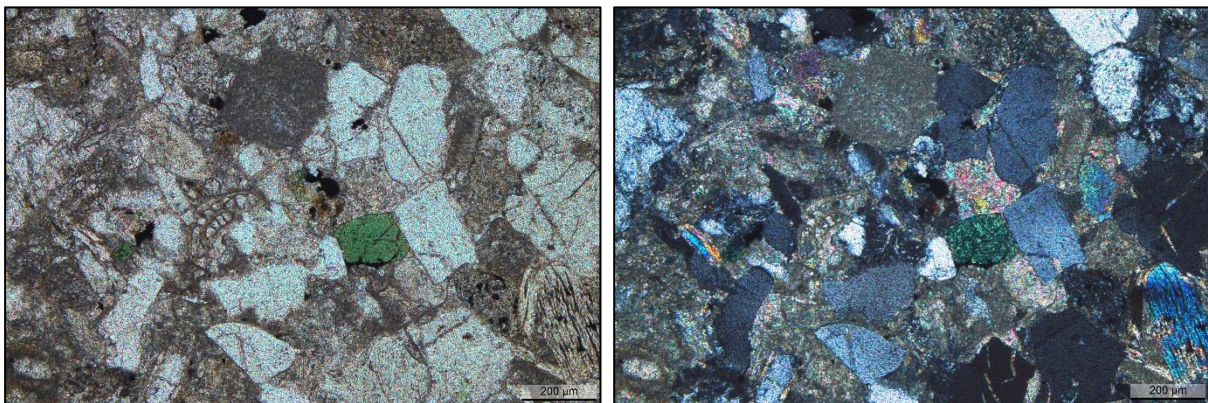


Abbildung 47: Dünnschliff 192-24,8m ohne gekreuzte Polarisatoren (links)
und mit gekreuzten Polarisatoren (rechts)

In die Kategorie Gesteinsfragmente fallen die restlichen 30 %, wobei metamorphe, sedimentäre (als Calcitklasten) Gesteinsfragmente wie auch Hornstein vorkommen. Der Sandstein ist mit Karbonat zementiert. Die Probe ist fossilreich mit Schwammnadeln, Radiolarien, bilateralen Foraminiferen und einem Fragment einer einkammerigen Foraminifere (Abbildung 48). Um die bilaterale Foraminifere hat sich ein wenig organisches Material angesammelt.

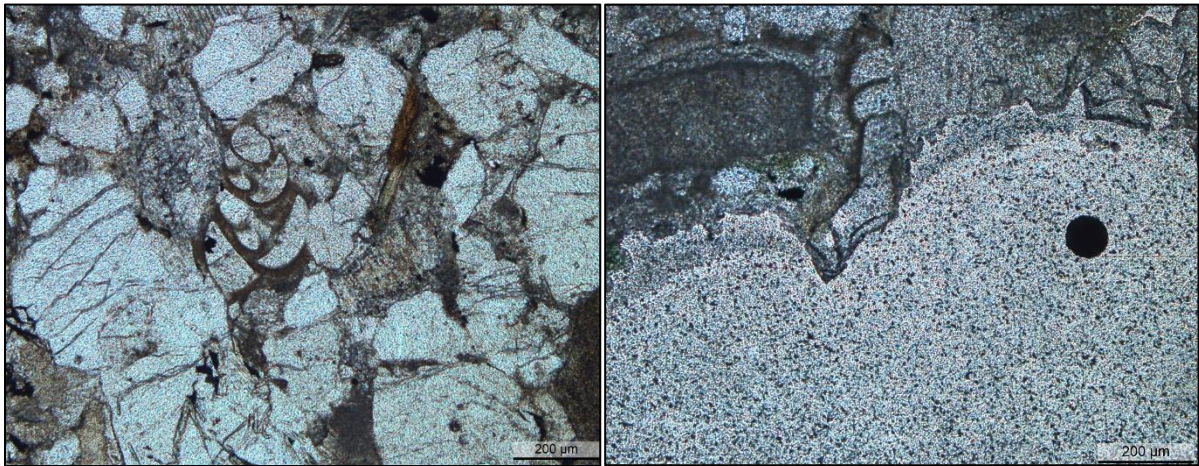


Abbildung 48: Turmschnecke & Stäbchen

Glimmer ist wieder als große Plättchen (Abbildung 49) mit gesamt wenigen Prozent des Dünnschliffes vorhanden. Als Akzessorien wurden Glaukonit, Granat, Rutil, Biotit und Feldspat vorgefunden. Das Gestein aus Probe 192-24,8m kann als **Gesteinsfragment-Sandstein** bezeichnet werden.

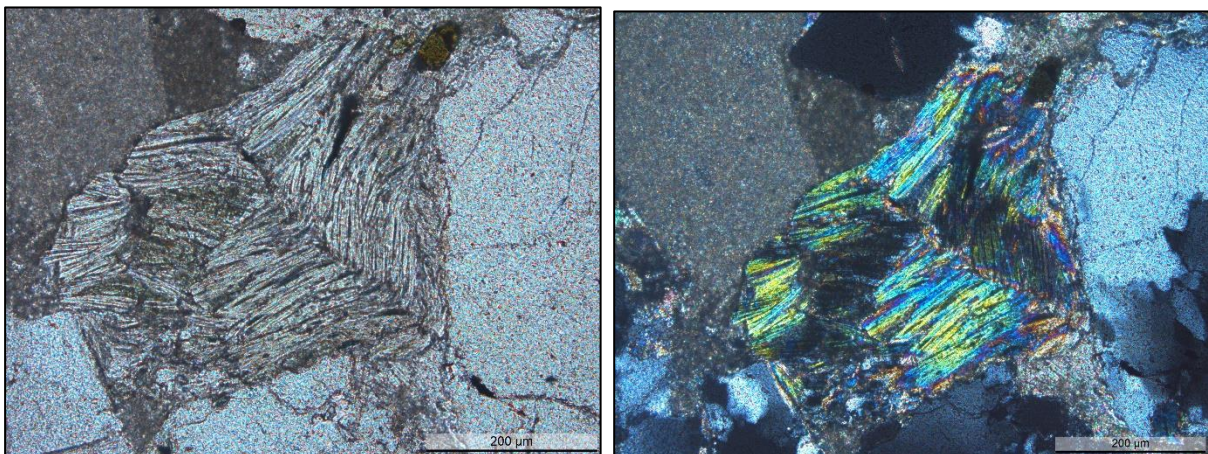


Abbildung 49: Glimmer-Plättchen ohne gekreuzte Polarisatoren (links) und mit gekreuzten Polarisatoren (rechts)

4.7.9 Dünnschliff 281-7,3m

Probe 281-7,3m ist karbonatisch, mit etwa einem Drittel an bräunlicher und sehr feiner Karbonat-Matrix. In dieser Matrix befinden sich in hoher Dichte Radiolarien und etwas seltener Schwammnadeln mit einem insgesamt Anteil von rund 30 %.

Komponenten aus Quarz haben einen Anteil von 20 %. Jeweils auf 5 % Anteil kommt Calcit in sekundär verfüllten Rissen und alle opaken Minerale. Die restlichen 10 % des Gesamtanteils fallen auf die restlichen nicht näher definierbaren Gesteinsfragmente. Akzessorisch wurden noch Granat, Rutil, Muskovit und Glaukonit festgestellt. Der Dünnschliff wird als „**Fossilreiches Karbonat**“ beschrieben

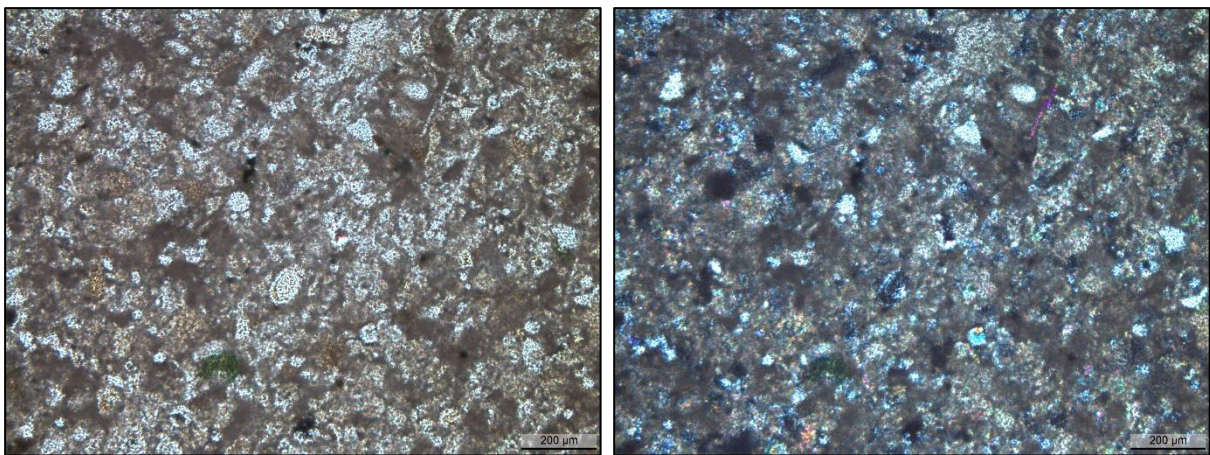


Abbildung 50: Dünnschliff 281-7,3m ohne gekreuzte Polarisatoren (links)
und mit gekreuzten Polarisatoren (rechts)

4.7.10 Dünnschliff 281-8,2m

Dieses Gestein hat wiederum einen hohen Anteil an großen Körnern, so kommt allein Quarz auf 60 % des Dünnschliffes. Die Kornform kann als gerundet angesehen werden. Körner aus Feldspäten, welche schon sehr verwittert wirken, erreichen einen Anteil von knapp 20 %. Unter Körner aus nicht näher definierbaren lithischen Komponenten fallen 10 %. Zwischen den größeren Körnern befindet sich Karbonatzement mit einem Anteil von 10 %.

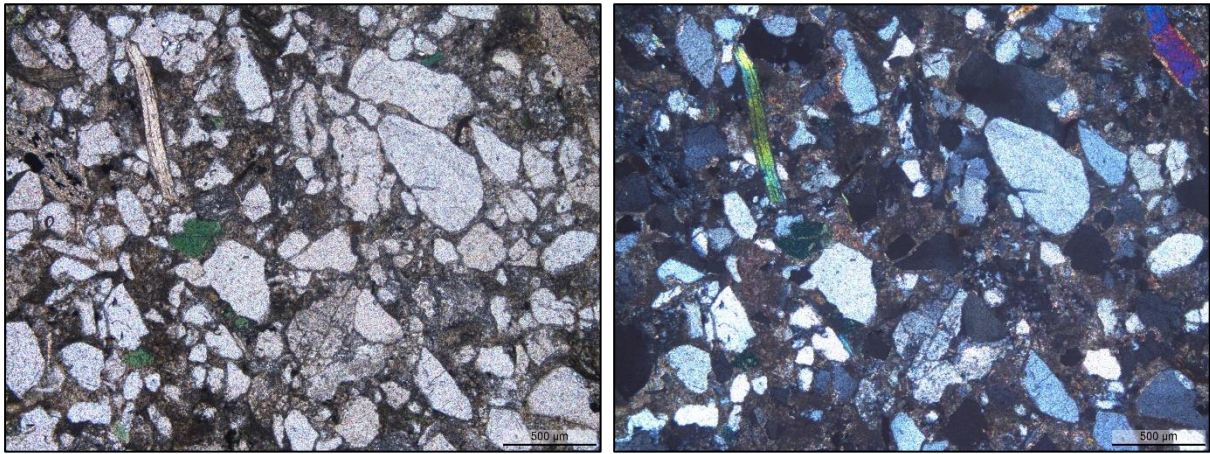


Abbildung 51: Dünnschliff 281-8,2m ohne gekreuzte Polarisatoren (links)
und mit gekreuzten Polarisatoren (rechts)

Opake Minerale, Staurolith, Glaukonit, Muskovit, Biotit, Calcit und Granat sind Minerale welche akzessorisch, verglichen zu der Matrix, als große Körner vorhanden sind. Fossilien wurden in dieser Probe keine nachgewiesen. Das Gestein kann als **„Sandstein mit Karbonatzement“** bezeichnet werden.

4.7.11 Dünnschliff 281-14,5m

In diesem Grobkies sind Fossilien sehr stark vertreten. Die häufigsten Fossilien sind Schwammnadeln mit rund 15 % vom Gesamtanteil, diese sind auch recht gut erhalten und bei Längsschnitt bis zu 1 mm lang (Abbildung 52). Radiolarien sind weniger oft vertreten, kommen aber noch auf 5 %. In Einzelfällen wurden noch planspirale und bilaterale Foraminiferen gesehen. Das dominierende Mineral ist Calcit mit insgesamt ca. 50 % Anteil. Calcit kommt sowohl als gut gerundete große Körner als auch sekundär gebildet in Klüften vor. Auch die beschriebenen Schwammnadeln werden zu Calcit gezählt. Quarz ist mit etwa 10 % eher wenig vertreten. Quarzkörner haben, wie so oft, eine gut gerundete bis schwach gerundete, sphärische Kornform.

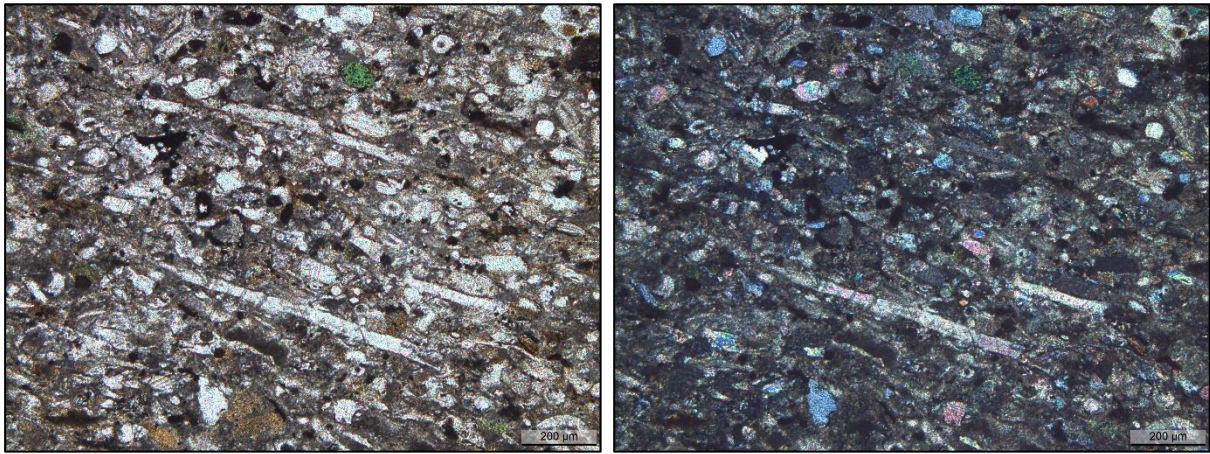


Abbildung 52: Dünnschliff 281-14,5m ohne gekreuzte Polarisatoren (links)
und mit gekreuzten Polarisatoren (rechts)

Besonders am Rand des Schliffes dominieren opake Minerale (Abbildung 53), gesamt erreicht diese Fraktion einen Anteil von 15 %. Die restlichen 20 % entfallen auf karbonatische Matrix bzw. Gesteinsfragmente.

Es sind auch über den ganzen Dünnschliff organische Bestandteile verteilt. Diese organischen Komponenten sind aber nur in geringen Mengen enthalten. Als Akzessorien sind die Minerale Muskovit, Staurolith, Granat, Glaukonit, Zirkon und Feldspat vertreten. Die Probe 281-14,5m wird als „**Karbonat mit Schwammnadeln**“ bezeichnet.

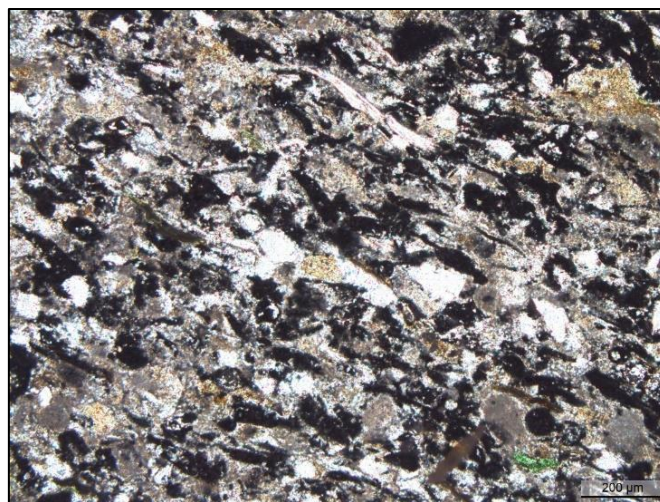


Abbildung 53: Hoher Anteil opaker Minerale am Rand von Dünnschliff 281-14,5m

In Tabelle 8 sind für eine bessere Übersicht die wichtigsten Bestandteile und Eigenschaften der Dünnschliffe zusammengefasst.

Tabelle 8: Übersicht der Bestandteile und Eigenschaften aller Dünnschliffe

Schliffnummer		171-12,8m	171-16,3m	192-10,4m	192-11,1m	192-11,5m	192-23,3m	192-23,9m	192-24,8m	281-7,3m	281-8,2m	281-14,5m
Bezeichnung		Sandstein mit Karbonat-zement	Feinkörniges Karbonat mit Schwamm-nadeln	Feinkörniges Karbonat mit Quarzklasten	Kieseliges Sediment mit Quarzklasten	Fein-körniges Karbonat	Feinkörniger karbonat-zementierter Sandstein	Grobkörniger Sandstein (Quarzarenit)	Gesteins-fragment-Sandstein	Fossil-reiches Karbonat	Sandstein mit Karbonat-zement	Karbonat mit Schwamm-nadeln
Fossilien	Schwamm-nadeln	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein	Ja
	Radiolarien	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein	Ja
	Plansp. Foramin.	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja
	Bilaterale Foramin.	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja
	Einkamm. Foramin.	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein
Minerale	Quarz	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
	Calcit	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
	Feldspat	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
	Opake Minerale	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja
	Muskovit	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
	Glaukonit	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
	Granat	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja
	Rutil	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Organische Bestandteile		Ja	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja
Matrix	Keine/wenig	-	-	-	Ja	Ja	-	Ja	Ja	-	Ja	Ja
	Isotrop	-	-	-	Ja	-	-	-	-	-	-	-
	Bräunlich	Ja	Ja	Ja	-	Ja	Ja	-	-	Ja	Ja	Ja
	Grünlich	-	-	-	-	-	-	Ja	-	-	-	-

5 Diskussion

5.1 Liefergebiet der sarmatischen Sedimente

Als Hilfestellung um das damalige Liefergebiet einzugrenzen ist in Abbildung 54 ein Höhenmodell dargestellt, in dem die rezente morphologische Oberfläche und das rezente Flusssystem aufgetragen ist. Mit der Paläo-Wien gab es im Miozän ein ähnlich verlaufendes Entwässerungssystem aus der Flyschzone (*Harzhauser et. al. 2022*). Somit kann dieses Modell als Hilfestellung für Interpretationen verwendet werden.

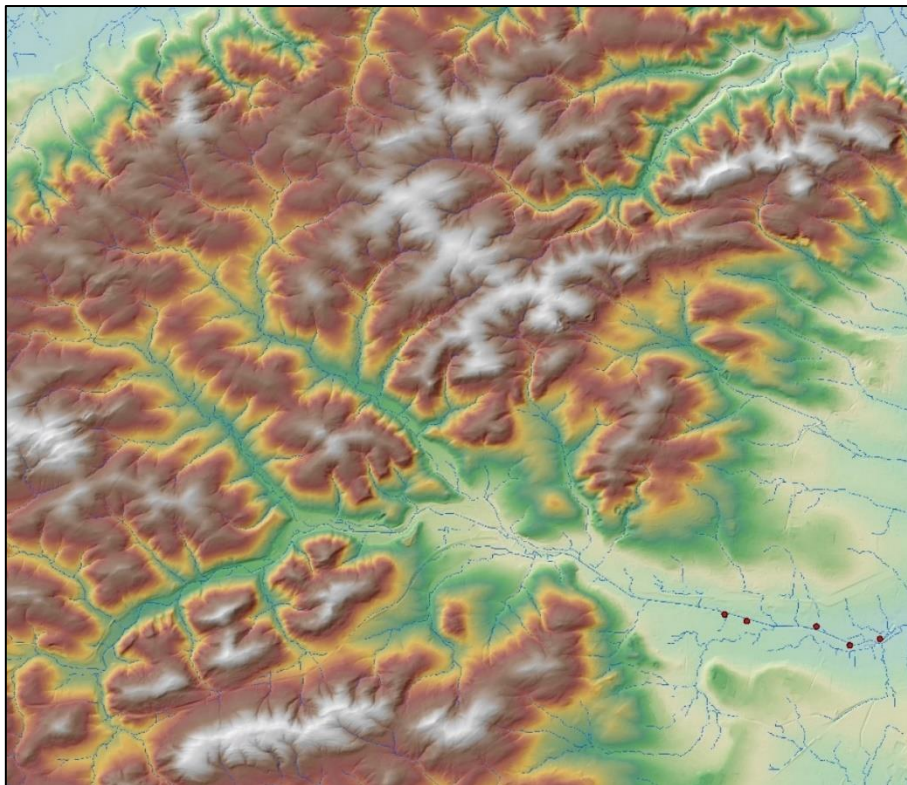


Abbildung 54: Höhenmodell mit Übersicht über das rezente Entwässerungssystem

Die „roten“ Punkte entsprechen der Position der gewählten Rammkernbohrungen.

Anhand des Modells ist anzunehmen, dass es sich bei den Sedimenten aus dem Miozän und jünger um Ablagerungen handelt, welche aus der Flyschzone transportiert wurden. Es kommen Formationen aus dem Nordwesten über den Mauerbach, Halterbach und Rosenbach in Frage. Aus dem Südwesten könnte Material aus dem Wienfluss, dem Gablitzbach und dem Rotwasser in den Westen Wiens transportiert worden sein. Weitere größere Gewässer, die in den Wienfluss einmünden sind der

Deutschwaldbach, der Grünauer Bach und der Lainzer Bach. Letzterer mündet jedoch erst kurz vor dem Schloss Schönbrunn in den Wienfluss ein.

Somit kommen als Liefergebiete die Hütteldorf-Formation, Kahlenberg-Formation, Sievering-Formation und Agsbach-Formation in unmittelbarer Nähe zum Wiener Becken in Frage. Im Quellgebiet der meisten Bäche liegen noch die Gablitz-Formation, Greifenstein-Formation und Altlenzbach-Formation. Auch diese geologischen Einheiten können als Liefergebiet in Frage kommen (Abbildung 9).

Sedimente der Flyschzone und der Nördlichen Kalkalpen können gut anhand von Messungen der Karbonatgehalte unterschieden werden, weil Sedimente der Kalkalpen einen um ein Vielfaches höheren Karbonatgehalt aufweisen. Ablagerungen der Paläo-Wien sollten aus der Flyschzone stammen, die Ur-Liesing wäre für den Eintrag von Material aus den Kalkalpen verantwortlich (www.derstandard.at/story/reste-des-ur-wienflusses-unter-dem-3-bezirk-gefunden (2022)).

Mit Hilfe des Zingg-Diagramms konnte bewiesen werden, dass der Großteil der vermessenen Kieskörner eine plattige, untergeordnet stängelige Form aufweist. Die Körner gelten als gut gerundet. Eine flache oder stängelige Form deuten auf eine einzige Strömungsrichtung hin. Somit handelt es sich um fluviatilen Schotter. Besonders der Wienerwaldschotter gilt als platter Schotter, weil Sandsteine mit einer Schichtung zu platten Formen neigen. Aufgrund der erhöhten Kornrundung und ausgeprägten Kornform ist eine primäre Entstehung des Grobkieses im Flysch und ein danach stattgefundener fluviatiler Transport sehr wahrscheinlich.

Das Passega-Diagramm zeigt bei den Tonen eine Zugehörigkeit zu Zone VIII. Diese Zone ist am ehesten einem fluviatil transportierten, einheitlichen Sediment zuzuordnen. Aufgrund des recht einheitlichen Sediments wurde das Material vermutlich vom Flusssystem in die damalige Paratethys transportiert und anschließend in Bereichen mit niedriger Strömungsenergie, wie z. B. in tieferen Bereichen des Meeres abgelagert und nicht mehr weiter nennenswert aufgearbeitet.

Die Korngrößenverteilung ist sowohl bei Sanden als auch bei Tonen sehr ähnlich und über mehrere Kornfraktionen recht konstant verteilt. Das führt mit ca. 1,0 bis 1,3 bei den Sanden zu einer mäßigen, eher schlechten Sortierung. Bei den Silt- Ton- Gemischen ist die Sortierung mit im Mittel > 2 sehr schlecht. Auch das spricht eher für

einen Transport in einem Fluss mit einmaliger Ablagerung. Bei Strandsedimenten sind in der Regel nur ein bis zwei Kornfraktionen vorherrschend, was zu einer guten Sortierung führt. Aufgrund dieser drei übereinstimmenden Ergebnisse kann von einem fluviatilen Transport ausgegangen werden.

Eine positive Schiefe ist normalerweise ein Indiz für „Dünensande“, bei denen der Wind bzw. eine nur sehr schwache Strömung den meisten Transport vornimmt und somit meist nur feine Fraktionen transportiert werden und gröbere abgelagert werden. Eine negative Schiefe ist in der Regel ein Zeichen, dass es sich um „Strandsande“ bzw. Bereiche mit stärkerer Strömung handelt und die feineren Fraktionen weggeschwemmt wurden und erst später bei geringerer Strömung abgelagert wurden.

Besonders die Schwermineralanalyse könnte nun ein großer Input bei der Findung des Liefergebiets sein. Bei dieser Untersuchung war Granat mit mindestens der Hälfte aller Körner das dominierende Schwermineral. Dieser kann direkt aus metamorphem Gestein oder sekundär aus Sedimenten stammen. Ebenfalls sehr häufig vorgefunden wurden Zirkone und Turmaline. Akzessorisch wurden auch immer Staurolithe, Rutil und Zoisite vorgefunden. Werden nur die Mineraltypen verglichen, ist am wahrscheinlichsten, dass das Material sowohl teils aus Metamorphiten als auch teils aus sauren Magmatiten stammt. Aufgrund der Umliegenden Geologie ist ein Eintrag aus Seifen oder Sedimenten am plausibelsten. Das würde auch die diverse primäre Herkunft der Schwerminerale erklären. Auch der recht hohe Anteil an Zirkonen kann so begründet werden, die oft auch teilweise gerundet erscheinen, was ein weiteres Indiz für einen langen bzw. mehrfachen Transport ist. Im Allgemeinen kann die Verwitterung der Körner als beginnend bis mediär betrachtet werden. Jedoch sind nur die stabilsten Minerale vorhanden, was auch wieder für einen lange andauernden Transport bzw. einen zweiten Sedimentationszyklus spricht.

Auffallend war weiters der rapide Rückgang von Granat und gleichzeitige Anstieg von Zirkon in Probe RKB 281-12,3m. Dieser Wechsel wirkt sehr ähnlich zu jenem der von *Schnabel et. al 1988* in der Altenglach-Formation beschrieben wurde. Auch dort gibt es in den obersten Schichten der Formation einen markanten Wechsel von einer Granat-Dominanz zu Zirkon als dominantes Schwermineral. Die Zirkon geprägten Schichten hätten zuerst als Liefergebiet gedient. Bei fortdauerndem Einschneiden des Ur-Wienflusses hätten dann die unteren, mit Granat angereicherten, Schichten als Hauptliefergebiet gedient. Es wird angenommen, dass das Material bei RKB 281

zuerst abgelagert wurde und jenes bei RKB 171 das jüngste Ablagerungsalter hat. Auch ein kurzfristiger veränderter Materialeintrag wäre eine Möglichkeit.

Des Weiteren werden Gesteine beschrieben, die reich an Foraminiferen und Radiolarien sind (Mikrite). *Grün et. al 1972* beschreiben die Radiolarien als mit Calcit rekristallisiert. Die Foraminiferen gelten als schlecht erhalten. Gut zu dieser Beschreibung passen die Foraminiferen in den Dünnschliffen 192-23,9m und 192-24,8m. Radiolarien sind anhand des Opals besonders reichlich in Dünnschliff 192-11,1m enthalten. Jedoch dürfte es sich, aufgrund der niedrigen Interferenzfarben, um Radiolarit handeln, anstatt um eine Rekristallisation zu Calcit.

Bei den untersuchten Sedimenten handelt es sich um calcitarme Ablagerungen. Die Ergebnisse des Kalzimeters zeigen einen Anteil von etwa 10 m%, wobei der Gehalt in feinkörnigen Sedimenten noch etwas geringer ist. Nur Probe RKB 281-12,3m hat mit 26,5 m% verhältnismäßig viel Calcit. Dies könnte mit einem damaligen calcitreichen lokalen Materialeintrag durch z. B. eine Massenbewegung mit möglicherweise hohem Anteil an calcitschaligen Fossilien erklärt werden. Die zweite Möglichkeit ist, dass sich der Chemismus des Liefergebiets änderte von einem calcitreichen Gestein zu einem quarzreicheren. Diese Überlegung stimmt auch besser mit der wahrscheinlichen Ablagerungsfolge überein. Die Altlengbach-Formation beinhaltet sowohl siliziklastische als auch Karbonat haltige Schichten (*Egger, 1995*) und ist somit weiterhin ein mögliches Liefergebiet.

Die gemessenen Calcit-Anteile der Silt-Ton-Proben mittels Kalzimeter stimmen mit den Ergebnissen der Röntgendiffraktometrie überein. Dort zeigt sich für Calcit bei den Silt-Ton-Proben aus RKB 262-1 im Vergleich zu jenen aus RKB 221 ein etwas höherer Calcitanteil. Der Unterschied bei der semiquantitativen Berechnung mithilfe der XRD-Daten fällt allerdings geringer aus als bei den Ergebnissen mittels Kalzimeter.

Wie zu erwarten, ist Quarz nach den Tonmineralen das Hauptmineral in den feinkörnigen Sedimenten. Feldspäte wie Kalifeldspat und Albit sind in deutlich geringeren Anteilen enthalten. Vermutlich war der Anteil an Feldspäten beim Ausgangsgestein höher. Aufgrund der deutlich schwächeren Verwitterungsbeständigkeit, verglichen mit Quarz, ist wohl eine erhebliche Menge an Feldspat in den sarmatischen Sedimenten nicht mehr enthalten.

Der um 30 % geringere Anteil an Quarz in RKB 262-1 könnte auf eine Änderung des Liefergebiets hindeuten. So wäre bei RKB 262-1 ein Kalkgestein oder Mergel als Ausgangsgestein möglich, während bei RKB 221 ein siliziklastisches Gestein wahrscheinlicher ist. Erweitert man diese Erkenntnis noch mit dem mehr als doppelt so hohen Anteil an Calcit in Probe 281-12,3m könnte man von einem fließenden Übergang von Karbonat reichem Gestein hin zu siliziklastischem Gestein ausgehen. Gegenläufig zum Quarz-Gehalt steigt der Anteil an Tonmineralen um rund 30 %. Das deutet auf eine Umwandlung von weniger beständigen Mineralen zu Tonmineralen hin.

Das geografisch nähere und plausiblere Liefergebiet wäre die Kahlenberg-Formation bzw. die Hütteldorf-Formation. Die Kahlenberg-Formation ist typischerweise reich an Calcit von mindestens 50 % und teilweise noch mehr (*Faupl et al. 1996*). Die untersuchten Dünnschliffe zeigen teilweise ähnliche Anteile an Calcit. Zumindest Karbonatzement ist prinzipiell in jeder Probe enthalten. Schwerminerale sind in der Kahlenberg-Formation nur wenige enthalten (*Pfersmann und Wagreeich, 2009*), der hohe Anteil an opaken Mineralen als auch Turmalin, Zirkon und Granat als häufigste Minerale würde laut *Grün et al. 1972* jedoch passen. In einigen Dünnschliffen wurden Schwammnadeln nachgewiesen, die am besten in der Kahlenberg-Formation beschrieben sind. Das Material kann darum auch von diesen Schichten stammen.

Die Hütteldorf-Formation enthält in der Regel deutlich weniger Karbonat. Mikrofossilien sind in dieser Formation nur spärlich anzutreffen, was auch diese Formation für alle fossilführenden Grobkieskomponenten ausschließt. Außerdem müsste bei den Schwermineralen auch Chromspinell nachgewiesen worden sein, welches typisch für diese Formation ist. Es wurde aber in keiner der Proben Chromspinell nachgewiesen.

Die restlichen Formationen des Flyschs im Gebiet des Wienerwalds sind allein zu geringmächtig um einen erheblichen Anteil als Liefergebiet beizusteuern. Zusätzlich gibt es weder bei den zu erwartenden Mikrofossilien noch bei den Schwermineralen eine deutliche Übereinstimmung mit den Ergebnissen.

Aus Tabelle 8 ist ersichtlich, dass Grobkieskomponenten aus den oberen Abschnitten der Bohrkerns deutlich weniger Fossilien in Diversität enthalten als Grobkiese aus den unteren Abschnitten. Eine Ausnahme ist RKB 281. Was aber mit dem vermuteten punktuell fossilreicheren Materialeintrag erklärbar ist. Besonders Dünnschliff 192-24,8m weist eine vergleichsweise diverse Mikrofossilien-Fauna auf.

Am wahrscheinlichsten erscheint die Kahlenberg-Formation als Liefergebiet. Der hohe opake Anteil bei den Schwermineralen und die in etwa zutreffenden dominanten transluzenten Schwerminerale ergeben in Kombination mit dem beschriebenen Fossilienbefund die meisten Übereinstimmungen. Wie bereits erwähnt ist die Kahlenberg-Formation auch geografisch die erste Wahl. Die Ergebnisse zeigen einen Wechsel der Lithologie innerhalb der Formation. Karbonatreichere häufig Schwammnadeln führende Komponenten in den oberen Bereichen der Bohrungen (später abgelagert) werden durch siliziklastische und Foraminiferen reichere Komponenten in den unteren Bereichen der Bohrung (früher abgelagert) ersetzt. Das Liefergebiet wechselte infolgedessen im Laufe der Sedimentation von der oberen, siliziklastisch geprägten Kahlenberg-Formation (*Pfersmann & Wagreich, 2009*) zu den unteren, karbonatreicheren Schichten der Kahlenberg-Formation (*Pfersmann & Wagreich, 2009*). Aufgrund des großen Einzugsgebiets des Wienflusses ist diese Formation mit Sicherheit nicht die einzige, welche Material in das Wiener Becken im Sarmatium eingespeist hat. So könnte der erhöhte Anteil an Granat von anderen Formationen wie z. B. der Altlengbach-Formation beige-steuert worden sein. Als Hauptliefergebiet wird aber die Kahlenberg-Formation deklariert.

5.2 Ablagerungsbedingungen im Sarmatium

Mit Hilfe der Bohrkernaufnahmen und der Untersuchung von Tonmineralen mittels Röntgendiffraktometrie wird versucht die Ablagerungsbedingungen im Miozän, speziell dem Sarmatium zu interpretieren.

Die Bedingungen können entlang des untersuchten Profils bezüglich der Ablagerung in drei Abschnitte unterteilt werden. Für die visuelle Darstellung wurde ein Profil mit allen Bohrungen erstellt (Abbildung 55).

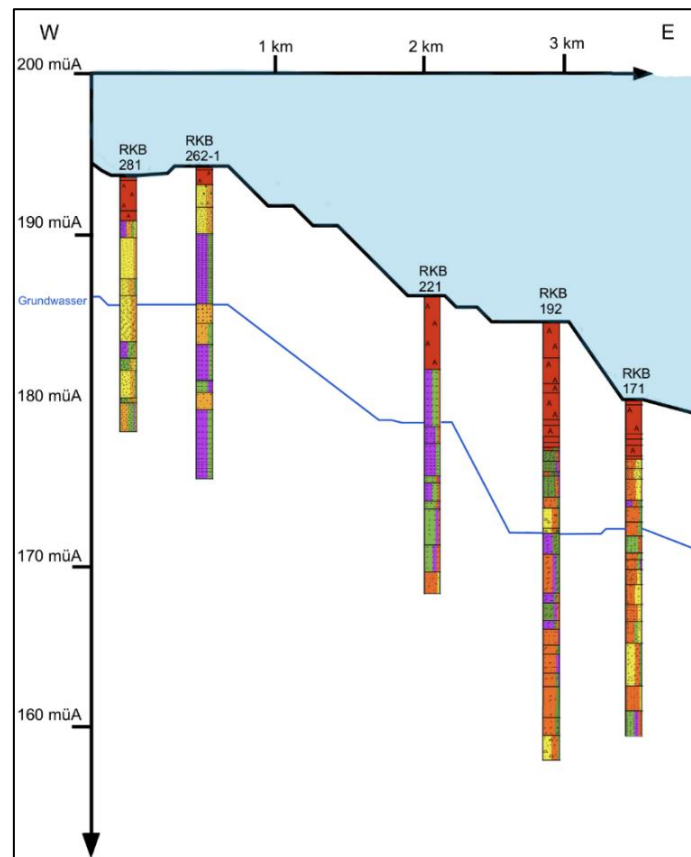


Abbildung 55: Skizzierter Profilschnitt von West- nach Ost entlang der Bohrungen, inklusive vermutetem Grundwasserspiegel

Der erste Abschnitt wird von RKB 281 repräsentiert. In dieser Bohrung sind viel Kies und ein wenig Sand abgelagert. Ton und Silt sind nur in geringmächtigen Schichten vorzufinden. Dies deutet auf eine energiereiche Ablagerung in unmittelbarer Nähe zu einem Fluss oder im flachmarinen Schelfbereich hin.

Der zweite Abschnitt umfasst RKB 262-1 und RKB 221 in diesen ist sehr viel Silt und Ton enthalten, mit vereinzelt Sandlagen besonders in RKB 262-1. Für diesen Abschnitt wird die Untersuchung der Tonmineralogie angewendet. Eine schwächere Strömung während der Sedimentation im Bereich dieser beiden Bohrungen könnte eine Erklärung für die feinkörnigeren Sedimente sein.

Der dritte Abschnitt wird durch RKB 192 und RKB 171 repräsentiert. Sand ist hier die häufigste Kornklasse. Besonders in RKB 192 gibt es einige Silt – Ton haltige Schichten. Die Ablagerung sollte wieder im küstennäheren Schelfbereich erfolgt sein. Allerdings mit intensiveren Umwälzprozessen in der Paratethys selbst.

Die Verknüpfung von Schichten zwischen den Bohrkernen erweist sich nur anhand des Profilschnitts als schwierig und nicht sinnvoll.

5.2.1 Auswertung Tonmineralogie

Die Verteilung der Tonminerale ist in allen untersuchten Proben sehr ähnlich, somit sind die gleichen Ablagerungsbedingungen für RKB 262-1 und RKB 221 anzunehmen. Zu den häufigsten Tonmineralen zählen, wie in Kapitel 4.3.2 bereits erwähnt, in dieser Reihenfolge Vermiculit, Kaolinit, Smectit, Illit und in sehr geringen Mengen Chlorit und Mixed-Layer Illit/Smectit.

In RKB 221 dürfte eine leichte Verschiebung von Chlorit hin zu Vermiculit im Vergleich zu RKB 262-1 stattgefunden haben. Es ist aber durchwegs deutlich mehr Vermiculit als Chlorit enthalten.

Vermiculit wird typischerweise als Verwitterungsprodukt von Biotiten und Phlogopiten gebildet (*Hartmann, 1836*). Auch Chlorit kann unter eher basischen Bedingungen zu Vermiculit umgewandelt werden. Vermiculit wird durch chemische Verwitterung in gemäßigttem Klima gebildet. Dieses Tonmineral tritt auch häufig in Wechsellagerung mit anderen Dreischichtsilikaten, besonders mit Chlorit oder Biotit auf.

Illit ist in geringeren Mengen vorhanden und häufig Verwitterungsprodukt von Muskovit (www.bodenkunde-projekte.hu-berlin.de, 2023), meist durch Hydrolyse.

Smectit kann unter anderem durch die Verwitterung von Illit in humidem Klima gebildet werden (www.bodenkunde-projekte.hu-berlin.de, 2023). Die in den Proben vorkommenden Mixed-Layer Minerale aus Illit/Smectit können als Zwischenschritte einer dieser Umwandlungen angesehen werden.

Der deutliche Peak in den XRD-Daten bei kaolinitrelevanten Schichtabständen wäre durch die Verwitterung von Feldspäten im Ausgangsgestein zu erklären (Murray et al. 1993), die auf jeden Fall stattgefunden hat, denn noch vereinzelt in den Dünnschliffen vorgefundene Körner erscheinen stark verwittert. Auch die bevorzugten Klimabedingungen sind ähnlich zu den Bildungsbedingungen von Smectit.

Chlorit ist in sehr geringen Mengen enthalten. Chlorit ist als Detritus von Metamorphiten anzusehen (*Worden et. al 2020*). Als primäres Mineral kann es auch in basischen Magmatiten gebildet werden. Aufgrund des hohen Vermiculit-Gehalts ist die Umwandlung vom Großteil des Chlorits zu Vermiculit nach der Ablagerung zu Böden das wahrscheinlichste Szenario.

Der in den Dünnschliffen durchwegs vorgefundene Glaukonit erscheint gut ausgebildet und ist ein typisches Mineral für den flachmarinen Schelfbereich. Dieser Glaukonit wurde aber bereits in früheren Zeitabschnitten um den Wechsel von Kreide zum Tertiär herum gebildet und nur durch Transport eingebracht.

Aufgrund der vorgefundenen Tonminerale und deren Mengenverteilung wird angenommen, dass das ursprüngliche Ausgangsgestein einen erhöhten Gehalt an Glimmer wie Muscovit und Biotit hatte und Tonminerale nahezu komplett sekundär gebildet wurden. Unter basischen Bedingungen mit reichlich freien Magnesium- und Calciumionen konnten Sedimente des Ausgangsgesteins zu dem Anteil mäßig wichtigsten Tonmineralen (Vermiculit und Smectit) verwittern. Kaolinit wurde durch die Verwitterung von Feldspäten gebildet. Smectite und Vermiculite sind im final sedimentierten Boden durch verschiedene Minerale wie z. B. Glimmerminerale entstanden. Falls auch Chlorite anfangs enthalten waren, wurden diese inzwischen im Boden größtenteils zu Vermiculit umgewandelt.

Alle häufig vertretenen Tonminerale werden bevorzugt in gemäßigtem bis warmen Klima gebildet, bei reichlich Niederschlag, wie es im Sarmatium sehr wahrscheinlich der Fall war.

6 Schlussfolgerung

Nach dem Vermessen der Kieskomponenten aus den Sandproben wiesen diese mit ihrer vermehrt tafelig/plattigen Kornform klar darauf hin, dass es sich um fluvial transportierte Sedimente handelt. Nach der Erstellung eines Geländemodells mit dem aufgetragenen rezenten Flusssystem waren der Wienfluss und sein gesamtes Einzugsgebiet als Liefergebiet für die miozänen Sedimente bestätigt. Somit kommen alle Formationen als Ausgangsgestein in Frage, welche im nördlichen und westlichen Wienerwald aufgeschlossen sind.

Mit Hilfe der Schwermineralanalyse konnten wegen einer deutlichen Granatdominanz alle Formationen außer die Kahlenberg-Formation und die unteren Schichten der Altlangbach-Formation ausgeschlossen werden. In den Dünnschliffen teilweise vorkommende Fossilien weisen auch auf die Kahlenberg-Formation hin. Durch die geografische Nähe zum untersuchten Abschnitt und die vorhin angeführten Ergebnisse ist die Kahlenberg-Formation als Haupt-Liefergebiet am wahrscheinlichsten. Die Dünnschliffe deuten auf einen Wechsel von der oberen Kahlenberg-Formation zu Schichten der unteren Kahlenberg-Formation hin.

Der im Vergleich erhöhte Calcitgehalt in Probe 281-12,3m in Kombination mit dem Anstieg des Zirkon-Anteils bei den Schwermineralen weisen auf einen Wechsel der Lithologie im Liefergebiet bzw. auf einen kurzfristig differenzierten Materialeintrag hin.

Anhand der Untersuchung mittels XRD konnte ein Modell für die Genese der vorkommenden Tonminerale rekonstruiert werden. Die rezent dominierenden Tonminerale sind Vermiculit, Kaolinit und Smectit. Als Ausgangsgestein werden siliziklastische Schichten der Kahlenberg-Formationen angenommen.

Die finalen Erkenntnisse können zu einer vollständigen Rekonstruktion der damaligen Transport- und Ablagerungsprozesse, besonders für das Samartium, zusammengesetzt werden. Material aus der Kahlenberg-Formation und untergeordnet anderen Formationen der Rhenodanubischen Flyschzone im Bereich des heutigen Wienerwalds wurde fluvial durch das Entwässerungssystem der Paläo-Wien in den Schelfbereich der Paratethys transportiert.

Die interpretierten Prozesse zur Bildung von Vermiculit und Smectit deuten auf ein warmes und humides Klima hin. Der Bildungszeitpunkt dieser beiden Tonminerale wird erst nach der abgeschlossenen Ablagerung der Sedimente vermutet. Kaolinit könnte bereits früher, durch Verwitterung von Feldspäten im Ausgangsgestein, begonnen haben sich zu bilden.

7 Literatur

Arzmüller, G., Buchta, S., Ralbovský, E., Wessely, G., 2006, *The Vienna Basin*, in J. Golonka and F. J. Picha, eds., *The Carpathians and their foreland: Geology and hydrocarbon resources. The American Association of Petroleum Geologists Memoir* 84, pp. 191- 204

Egger, H., 1995, *Die Lithostratigraphie der Altlengbach-Formation und der Anthering-Formation im Rhenodanubischen Flysch (Ostalpen, Penninikum)*, *Geologische paläontologische Abhandlungen* 196, pp. 69-91

Egger, H., 2013, *Zur Lithostratigrafie der Laab-Decke im Rhenodanubischen Deckensystem des Wienerwaldes. Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 2013 – Melk*, pp. 175-194

Faupl, P., 1996, *Tiefwassersedimente und tektonischer Bau der Flyschzone des Wienerwaldes*, *Exkursionsführer SEDIMENT '96*, 11. Sedimentologentreffen, Wien

Faupl, P., Grün, W., Lauer, G., Maurer, R., Papp, A., Schnabel, W., Sturm, M., 1970, *Zur Typisierung der Sieveringer Schichten im Flysch des Wienerwaldes. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, Band 113*, pp. 73-158

Folk, R.L., 1974. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing Co., Austin, pp. 182

Fuchs, W., Grill, R., 1985, *Geologische Karte der Republik Österreich 1:50 000*, 59 Wien, *Geologische Bundesanstalt*

Grün, W., Kittler, G., Lauer, G., Papp, A., Schnabel, W., 1972, *Studien in der Unterkreide des Wienerwaldes. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, Band 115*, pp. 103-186

Hartmann, K., 1836, *Vermiculit. Journal für Chemie und Physik*, 8.Band

Harzhauser, M., Peresson, M., Benold, Ch., Mandic, O., Ćorić, St., De Lange, G.J., 2022, *Environmental shifts in and around Lake Pannon during the Tortonian Thermal Maximum based on a multi-proxy record from the Vienna Basin (Austria, Late Miocene, Tortonian). PALAEO - Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 610 (2023), Elsevier, ISSN 0031-0182

Harzhauser, M., Piller, W. E., 2004, *Integrated Stratigraphy of the Sarmatian (Upper Middle Miocene) in the western Central Paratethys*. *Stratigraphy*, New York 1, pp. 65-86

Harzhauser, F., Rögl, F., 2005, *Das Ende eines Meeres: Brackwassersee und Urdonau. Meeresstrand am Alpenrand-Molassemeer und Wiener Becken*, vol. 2 (2011). Harald Steininger, *Bibliothek d. Provinz*, St.Pölten, pp. 69-75. ISBN 3 85252 644 2

Harzhauser, F., Rögl, F., 2005, *Vom Wattmeer in den Persischen Golf. Meeresstrand am Alpenrand-Molassemeer und Wiener Becken*, vol. 2 (2011). Harald Steininger, *Bibliothek d. Provinz*, St.Pölten, pp. 57-60. ISBN 3 85252 644 2

Harzhauser, M., Piller, W.E., 2007, *Benchmark data of a changing sea — Palaeogeography, Palaeobiogeography and events in the Central Paratethys during the Miocene*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 253, pp. 8–31

Hofmann, T., Havlíček, P., Harzhauser, M., 2011, *Das Wiener Becken – geologische Betrachtungen*. *Wissenschaftliche Mitteilungen Niederösterreichisches Landesmuseum*, vol.22, pp. 13-24

Küpper H., 1968, *Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, Geologie der österreichischen Bundesländer*, Wien

McBride, E.F., 1971, *Mathematical treatment of size distribution data*, in R. E. Carver (ed.), *Procedures in sedimentary petrology*.

Meunier, A., 2005, *Clays*, Springer Verlag, Berlin, pp. 472

Murray, H., Bundy, W., Harvey, C., 1993, *Kaolin Genesis And utilization*. *Special Publication No. 1*, The Clay Minerals Society, pp. 341

Pfersmann, S., Wagreich, M., 2009, *Die Geologie des Westabschnittes des Lainzer Tunnels der Rhenodanubischen Flyschzone im Wienerwald (Österreich): Kahlenberg-Formation und Hütteldorf-Formation (Kreide)*. *Journal of Alpine Geology* 51, pp. 59-71

Piller, W.E., Decker, K., Haas, M., 1996, *Sedimentologie und Beckendynamik des Wiener Beckens*. *Exkursionsführer Sediment*, 11. Sedimentologentreffen, Wien

Prey, S., *Der Bau der Hauptklippenzone und der Kahlenberger Decke im Raume Purkersdorf - Wienerwaldsee (Wienerwald)*, 1979, *Verhandlungen Geologische Bundesanstalt*, Jahrgang 1979, Heft 2, pp. 205-228

Schnabel, W., 1988, *Bericht 1985-1987 über geologische Aufnahmen im Wienerwaldflysch (Greifensteiner Decke) auf Blatt 58 Baden*. *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt*, Band 131, pp. 413-414

Schnabel, W., Brix, F., Fuchs, W., Plöckinger, B., Prey, S., Wessely, G., 1997, *Geologische Karte der Republik Österreich 1:50 000, 58 Wien*, Geologische Bundesanstalt

Schultz, L. G., 1964, *Quantitative Interpretation of Mineralogical Composition from X-ray and Chemical Data for the Pierre Shale*, *Geological Survey Professional Paper* 391-C

Schuster, R., 2017, *Einführung in die regionale Geologie von Österreich*. Universität Wien, BA-ERD-20 Regionale Geologie

Slawek, S., 2015, *Quartäre Terrassen in Wien: Sedimentpetrologische Untersuchungen an Bohrkernen (Umgebung AKH)*. Bachelorarbeit, Universität Wien

Steininger, H., 2011, *Großer Wert und kleine Tierchen – Erdöl und Foraminiferen. Meeresstrand am Alpenrand-Molassemeeer und Wiener Becken*, vol. 2 (2011). Harald Steininger, Bibliothek d. Provinz, St.Pölten, pp. 37-42. ISBN 3 85252 644 2

Uiblein, S.H., 2017, *Unteruchungen zum Liefergebiet der Sandsteinkiese („Plattelschotter“) aus U-Bahn Bohrungen in AKH-Nähe, Wien*. Bachelorarbeit, Universität Wien

Wagreich, M., 2006, *Lithostratigraphic definition and depositional model of the Hütteldorf Formation (Upper Albian-Turonian, Rhenodanbian Flyschzone, Austria)*. *Austrian J. Earth Sci.* 101, pp. 70-80

Wessely, G., 2006, *Niederösterreich, Geologie der österreichischen Bundesländer (2006)*. Geologische Bundesanstalt, Wien

Worden, Griffiths, J., Wooldridge, L. J., Utley, J. E. P., Lawan, A. Y., Muhammed, D. D., Simon, N., & Armitage, P. J., 2020, *Chlorite in sandstones*. *Earth-Science Reviews*, pp. 204

Zhili, D., *Fundamentals of Crystallography, Powder X-Ray Diffraction, and Transmission Electron Microscopy for Materials Scientists*, 2022. Taylor & Francis Group, pp. 75-137. ISBN: 978-0-367-35794-8 (hbk)

Zingg, T. (1935): *Beitrag zur Schotteranalyse*, *Schweizerische Mineralogische und Petrologische Mitteilungen*, v. 15, p. 39 -140.

Online-Quellen:

<https://www.derstandard.at/story/2000141548774/reste-des-ur-wienflusses-unter-dem-3-bezirk-gefunden> (06.12.2022)

https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20220215_OT0098/neue-forschungsergebnisse-ur-donau-delta-im-norden-von-wien-entdeckt-bild (15.02.2022)

<https://wien.orf.at/stories/3148881/> (02.06.2022)

<https://www.wien.gv.at/umwelt/kanal/baustellen/wiental.html> (02.06.2022)

<https://www.wien.gv.at/umwelt/gewaesser/hochwasserschutz/wienfluss> (2018)

<https://vvnk.univie.ac.at/sedimente.html> (24.09.2022)

<https://www.mineralienatlas.de/lexikon> (2023)

<https://www.embassylandscape.com/blog/digging-into-dirt-part-2-what-kind-is-it> (15.04.2023)

https://www.bodenkunde-projekte.hu-berlin.de/boku_online/pcboku10.agrar.hu-berlin.de/cocoon/boku/sco_2_substrate_62c354.html?section=N1009E (23.05.2023)

Danksagung

Zuerst bedanke ich mich bei meiner Betreuerin Univ. Prof. Mag. Dr. Susanne Gier für die Organisation und Betreuung dieser Masterarbeit. Ich lernte Frau Professor Gier als sehr freundliche und stets hilfsbereite Person kennen. Ich wurde von ihr bestens auf alle Geräte eingeschult und konnte bei Unklarheiten stets um Rat fragen. Ich bedanke mich auch für die Möglichkeit der Bearbeitung dieses Themas trotz mehrerer gleichzeitig zu betreuenden Arbeiten.

Großer Dank gilt auch Dr. Christine Jawecki von der MA29, welche die zu untersuchenden Rammkernbohrungen zur Verfügung stellte und mir auch einige Daten und Literatur zur Verfügung stellte.

Für die Präparation der Schwerminerale und der Einschulung auf Sedigraph und Kalzimeter danke ich Frau Dipl.-Ing. Sabine Hruby-Nichtenberger. Für die Dünnschliffherstellung danke ich dem Team des Dünnschlifflabors der Universität Wien, besonders Frau Ilka Wünsche.

Herrn Univ. Prof. Dr. Michael Wagreich möchte ich für die Typisierung der vorgefundenen Mikrofossilien in den Dünnschliffen danken. Herrn PD Mag. Dr. Erich Draganits für die Erstellung eines digitalen Höhenmodells mit Auftragung von rezenten Gewässern.

Der Materialprüfanstalt Hartl GmbH danke ich für die flexiblen Arbeitszeiten während meines Studiums, die einen Nebenverdienst parallel zum Studium ermöglichten und dass ich Geräte zur Vorpräparation der Dünnschliffe verwenden durfte.

Zum Schluss bedanke ich mich noch bei meiner Familie und besonders meinen Eltern für die dauerhafte mentale und finanzielle Unterstützung.

Anhang 1

Fotodokumentation der Bohrkerne

RKB 171

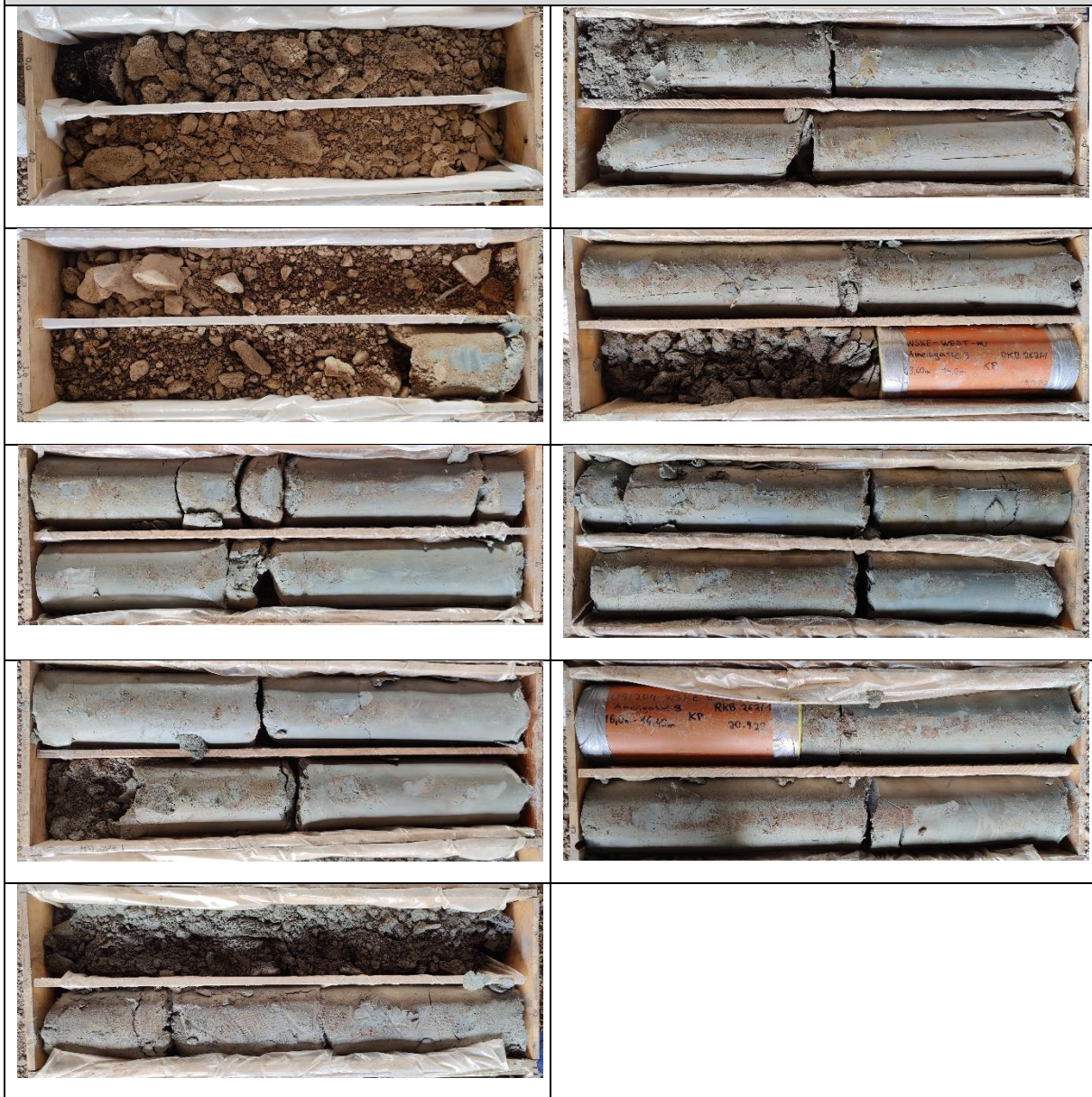


Fotodokumentation RKB 171

The figure consists of eight photographs arranged in a 4x2 grid, showing various sediment samples. The top-left photo shows a box with loose, brown, clastic material. The top-right photo shows a box with two cylindrical core sections, one of which is labeled 'RKB-201'. The second row shows two boxes with more cylindrical core sections, some showing internal layering or fractures. The third row shows two boxes with cylindrical core sections, one of which is labeled 'RKB-202'. The bottom row shows two boxes with cylindrical core sections, one of which is labeled 'RKB-203'. The samples are housed in wooden boxes, some with plastic lining, and are labeled with handwritten text indicating their location and depth.

Fotodokumentation RKB 221

RKB 262-1



Fotodokumentation RKB 262-1

RKB 281



Fotodokumentation RKB 281

Anhang 2

Formblätter Bohrkernaufnahme

26303010 Aufschluss: RKB 171		Adresse: 1150 Wien, Stiegersgasse 2/Linke Wienzeile							
Projekt: WSKE West Hauptuntersuchungen Probebohrungen		Auftraggeber: MA29 Brückenbau und Grundbau WKN		Ausführende Firma: PORR Bau GmbH Abteilung Spezialtiefbau					
		Besteller:		Geräteleiter:					
M 1:100		GOK [mWN]:	Koord. Y:	Neig. zu Lot: 0	AZr. von: 08.08.2022				
		GOK [müA]: 181,00	Koord. X:	geot.B.:	Plan Nr.: 05/204				
Aufschluss	Wasserbeobachtung	TIEFE relativ absolut [m üA]	Boden- signature	L V	K Z	TIEFE relativ zu GOK [m üA]	TIEFE absolut [m üA]	SCHICHTBESCHREIBUNG Bodenarten, Formen, Eigenschaften, Gefügemerkmale, Farben	Proben Versuche
	Zeit Datum								
						0,3	180,7	Schwarz, Asphalt	
			A					Gelbbraun-rotbraun, runde Quarzite GK 100, Asphalt, Ziegel	
			A			2,0	179,0		
						2,3	178,7	Gelbbraun, runde Quarzite GK 120	
						2,7	178,3	Graubraun, Ziegel	
			A		I	3,3	177,7	Gelbbraun-dunkelbraun (wechsellagernd), eckige Sandsteine	
						3,5	177,5	Rotbraun, Ziegel	
						4,0	177,0	Gelbbraun, Flussschotter?	
						4,6	176,4	Gelb-grau-braun, zementiert	5,5m Sandgemisch
						5,9	175,1	Grüngrau, teilweise zementiert, kantige Sandsteine GK 70, konglomeratische Verhärtungen	
					II	6,3	174,7	Hell-grüngrau	
						7,2	173,8	Dunkel-grüngrau, feucht	
						8,0	173,0	Dunkel-grüngrau, feucht	8,5m Ton
					III	9,0	172,0	Dunkel-grüngrau, organische Ablagerungen, bituminös riechend	
						9,4	171,6	Grüngrau	10,5m Grobsand
						10,0	171,0	Gelbgrau	
						11,0	170,0	Dunkelgrau, Fossilien , rundes Geröll GK 100	11,4m Geröll
						12,2	168,8	Dunkelgrau, rundes Geröll GK 80	
						13,2	167,8	Dunkelgrau, rundes Geröll GK 80	12,8m Geröll
						14,5	166,5	Dunkelgrau, leicht plastisch	
								Dunkelgrau, rundes Geröll GK 80	14,7m Sand
						17,0	164,0		16,3m Geröll
						18,5	162,5	Hellgrau	18,9m Silt- Ton-Gemisch
						20,0	161,0	Hellgrau, plastisch, Verhärtungen	

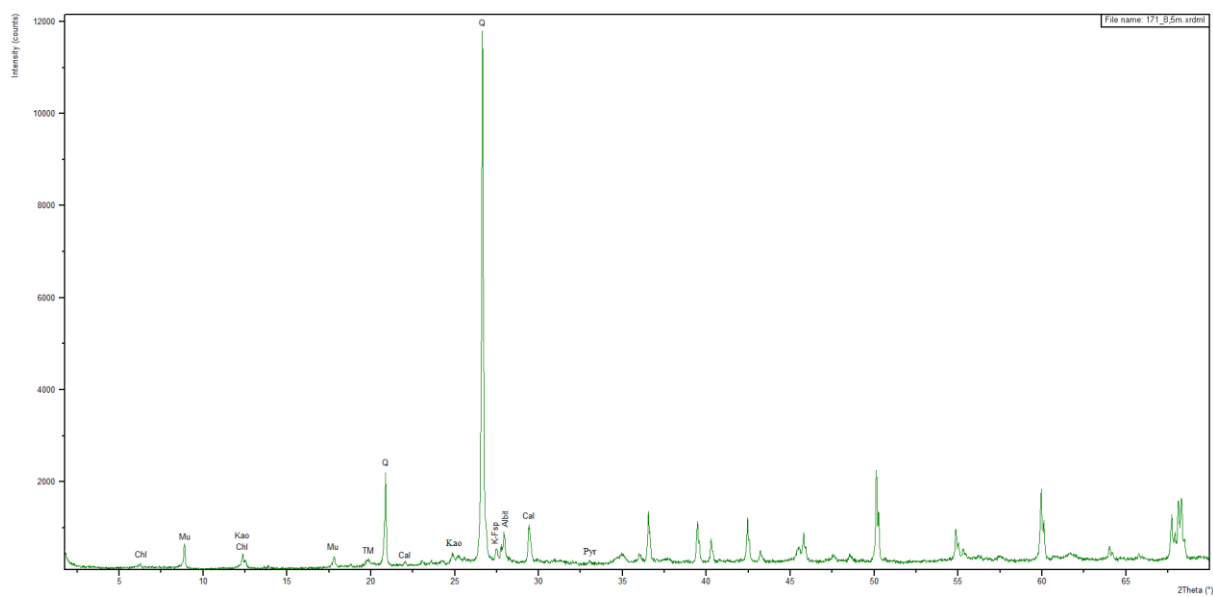
26303010 Aufschluss: RKB 221		Adresse: 1150 Wien, Auer-Weisbach-Park												
Projekt: WSKE West Hauptuntersuchungen Probefahrungen		Auftraggeber: MA 29 Brückenbau und Grundbau WKN		Ausführende Firma:										
				PORR Bau GmbH Abteilung Spezialtiefbau										
				Geräteführer:										
M 1:100	GOK [mWN]:		Koord. Y:	Neig. zu Lot: 0	AZr. von: 09.08.2022	Plan Nr.: 05/204								
	GOK [mUA]: 187,00		Koord. X:	geot.B.:	AZr. bis: 10.08.2022									
Aufschluss	Wasserbeobachtung	TIEFE relativ absolut [m üA]	Boden- signatur	L V	K Z	TIEFE relativ zu GOK 0,00	TIEFE absolut [m üA]	SCHICHTBESCHREIBUNG Bodenarten, Formen, Eigenschaften, Gefügemerkmale, Farben	Proben Versuche					
	Zeit													
	Datum													
											4,5	182,5	Gelbbraun, Ziegel	
</														

26303010 Aufschluss: RKB 262-1		Adresse: 1140 Wien, Ameisgasse 1+3							
Projekt: WSKE West Hauptuntersuchungen Probebohrungen		Auftraggeber: MA 29 Brückenbau und Brundbau WKN							
		Ausführende Firma: PORR Bau GmbH Abteilung Spezialtiefbau							
		Geräteführer:							
M 1:100		GOK [mWN]:	Koord. Y:						
		GOK [müA]: 195,0	Neig. zu Lot: 0						
		Koord. X:	geot.B.:						
		AZr. von: 19.09.2022	Plan Nr.: 05/204						
		AZr. bis: 20.09.2022							
Aufschluss	Wasserbeobachtung	Boden- signatur	L	K	TIEFE relativ zu GOK 0,00	TIEFE absolut [m üA]	SCHICHTBESCHREIBUNG Bodenarten, Formen, Eigenschaften, Gefügemerkmale, Farben	Proben Versuche	
	Zeit Datum								TIEFE relativ absolut [m üA]
						0,20	194,8	Asphalt	
						1,0	194,0	Ziegel, Asphalt	
						2,4	192,6	rundes Geröll GK 120	
						3,8	191,2	rundes Geröll GK 150	
						7,9	187,1	-	
						9,0	186,0	-	
						10,2	184,8	-	
						12,3	182,7	-	
						13,0	182,0	-	
						14,0	181,0	-	
						18,0	177,0	weißliche Nester aus Ton (Fossilien?)	

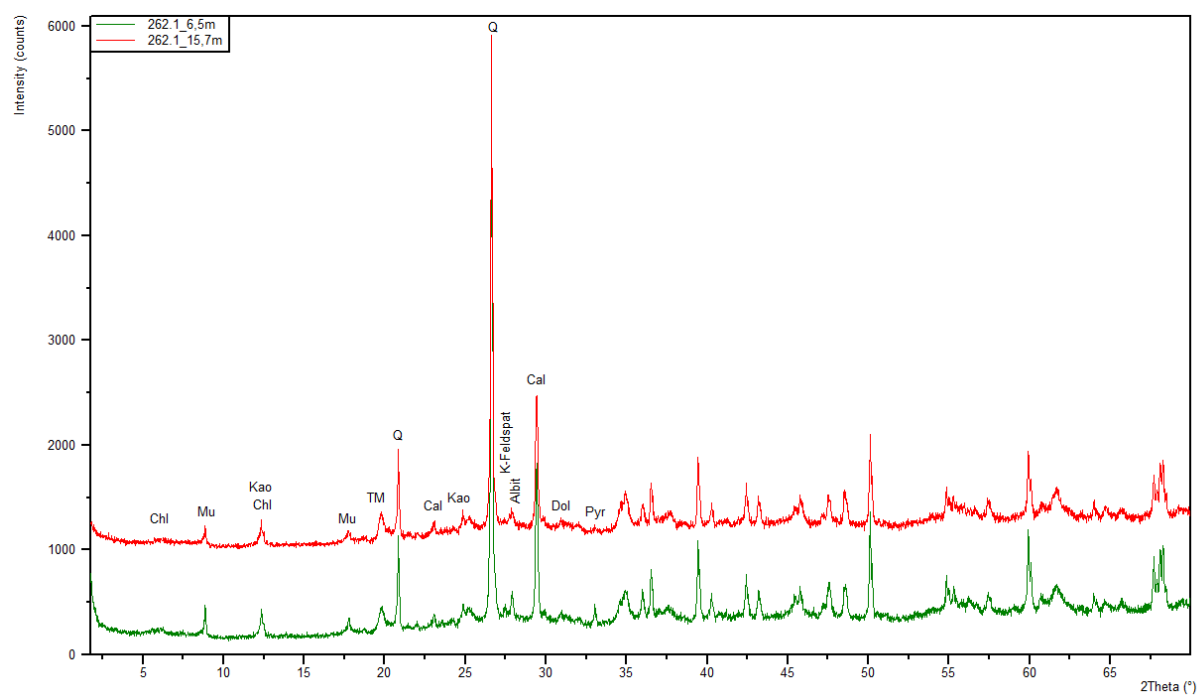
26303010 Aufschluss: RKB 221		Adresse: 1150 Wien, Auer-Weisbach-Park							
Projekt: WSKE West Hauptuntersuchungen Probebohrungen		Auftraggeber: MA 29 Brückenbau und Grundbau Besteller: WKN				Ausführende Firma: PORR Bau GmbH Abteilung Spezialtiefbau			
						Gerätelehrer:			
M 1:100		GOK [mWN]:		Koord. Y:		Neig. zu Lot: 0	AZr. von: 09.08.2022	Plan Nr.: 05/204	
		GOK [müA]: 187,00		Koord. X:		geot.B.:	AZr. bis: 10.08.2022		
Aufschluss	Wasserbeobachtung	TIEFE relativ absolut [m üA]	Boden- signatur	L V	K Z	TIEFE relativ zu GOK 0,00	TIEFE absolut [m üA]	SCHICHTBESCHREIBUNG Bodenarten, Formen, Eigenschaften, Gefügemerkmale, Farben	Proben Versuche
	Zeit								
	Datum								

Anhang 3

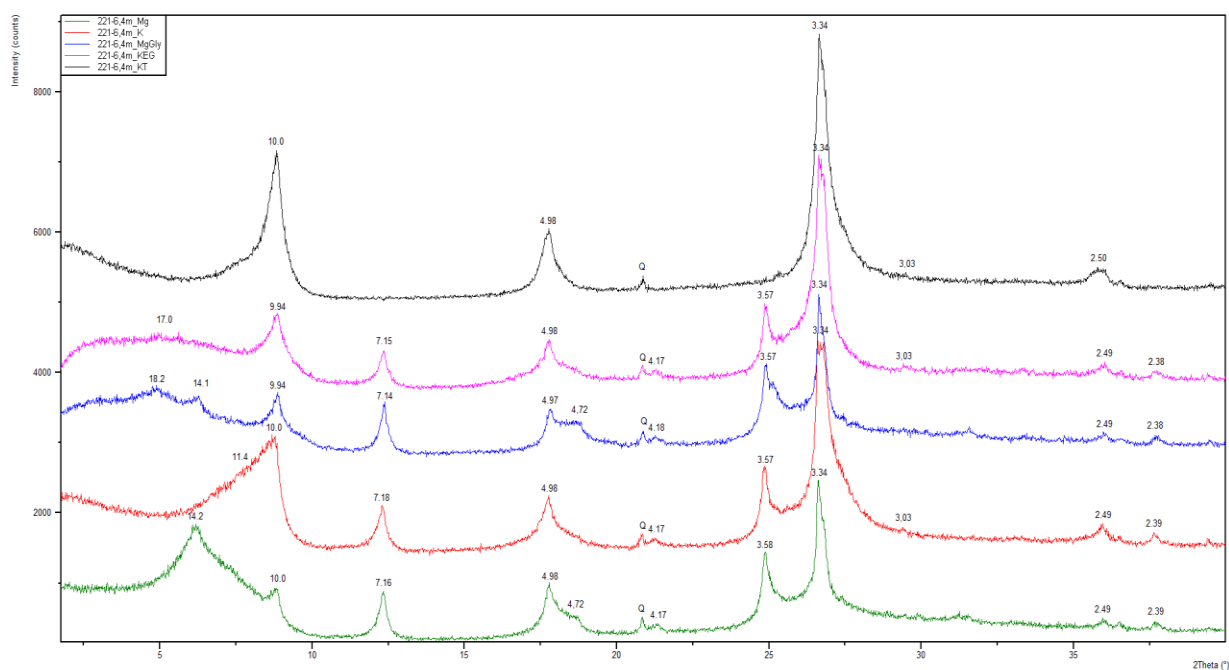
Daten aus der XRD-Analyse
(Gesamt- & Tonmineralogie)



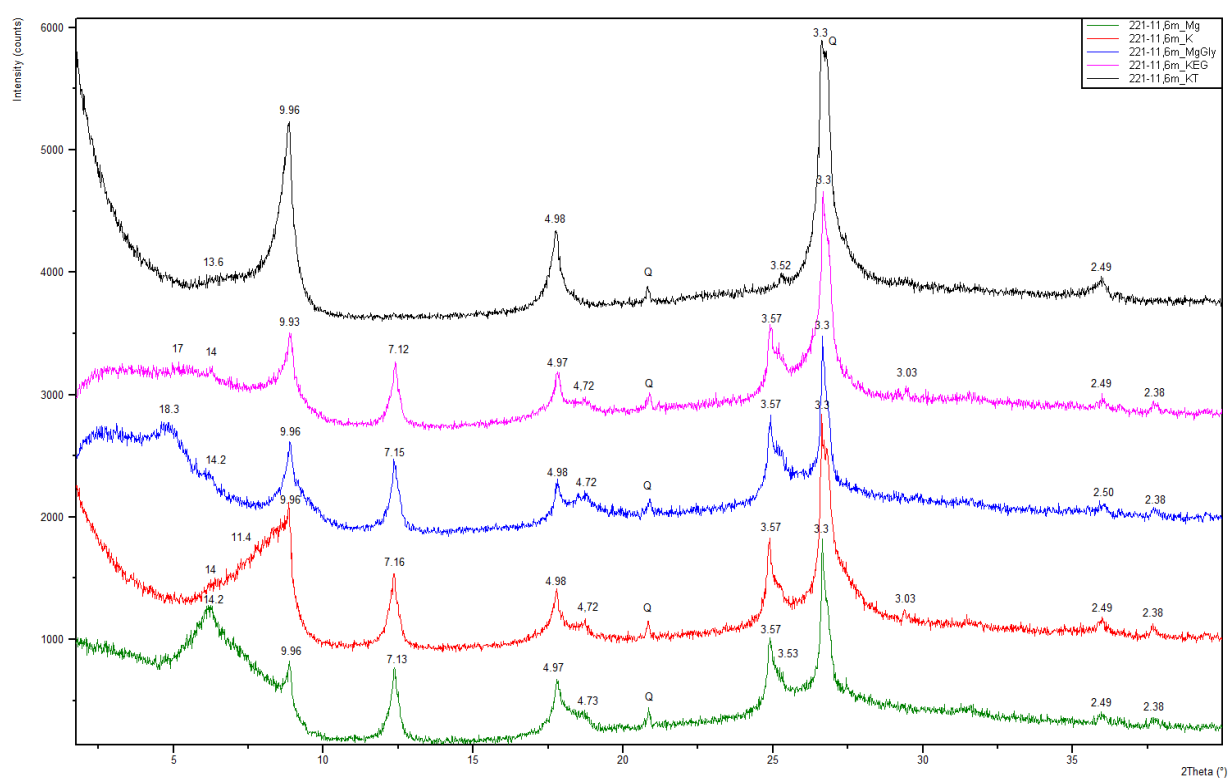
XRD-Analyse der Gesamtmineralogie für Probe 171-8,5m



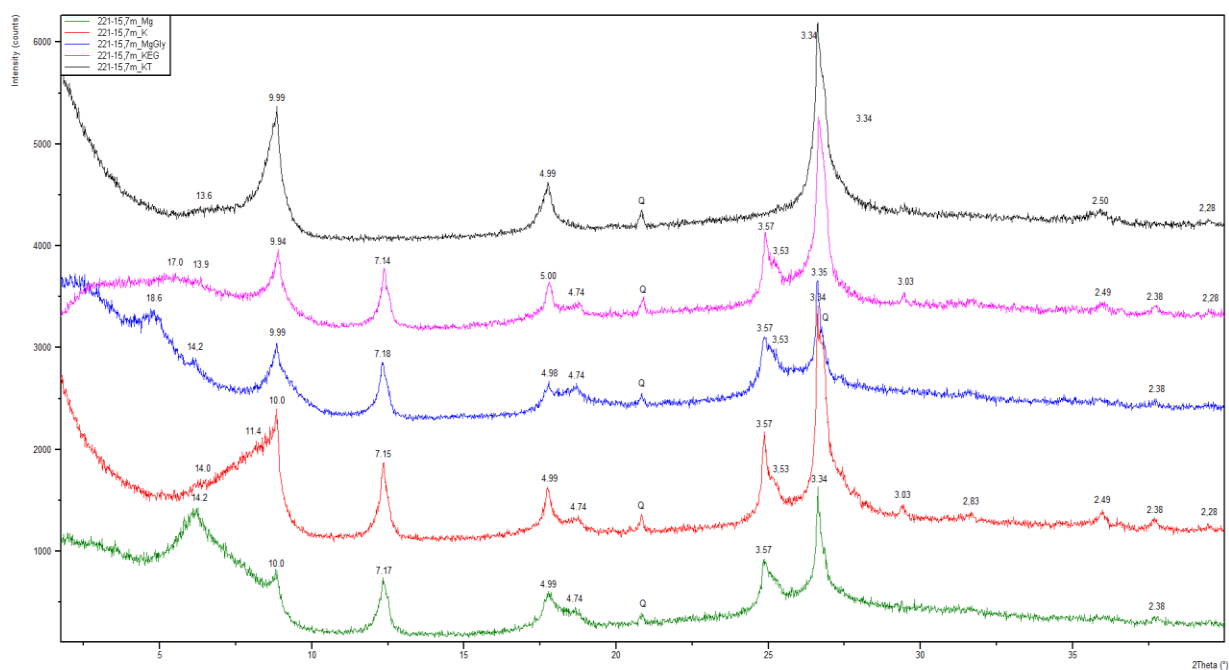
XRD-Analyse der Gesamtmineralogie für Proben 262-1-6,5m & 262-1-15,7m



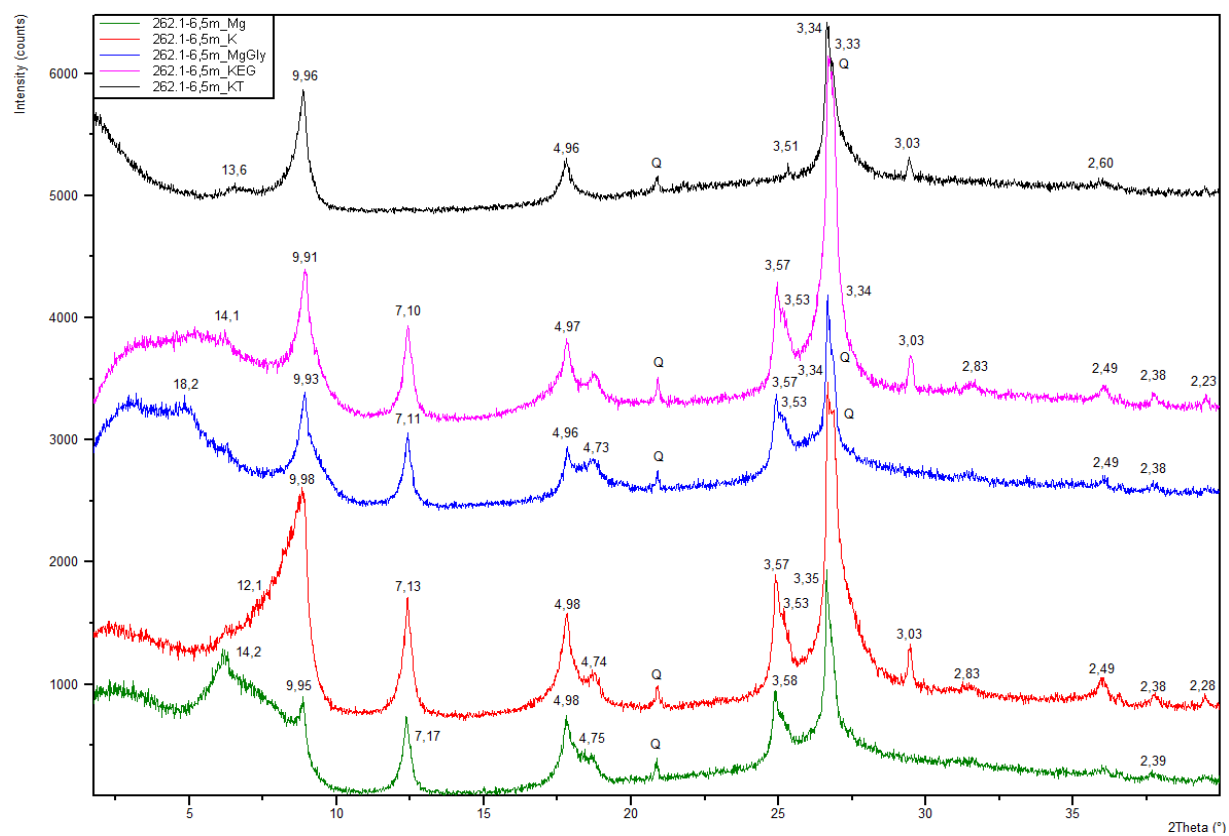
XRD-Analyse der Tonminerale für Probe 221-6,4m



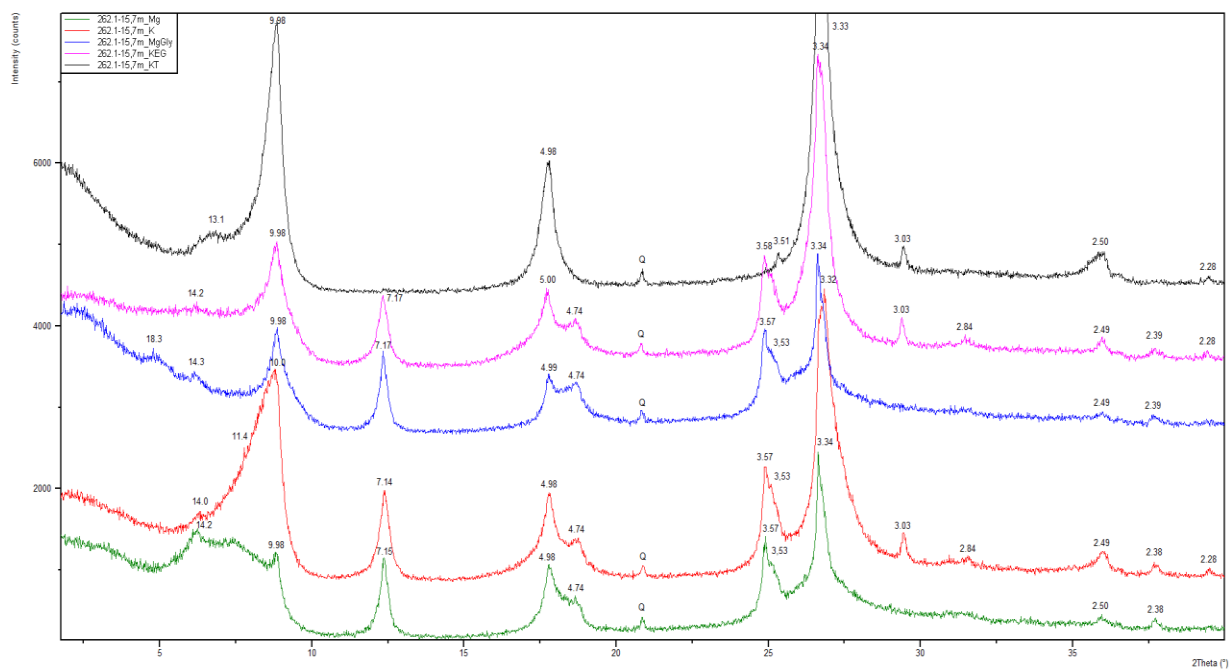
XRD-Analyse der Tonminerale für Probe 221-11,6m



XRD-Analyse der Tonminerale für Probe 221-15,7m



XRD-Analyse der Tonminerale für Probe 262-1-6,5m



XRD-Analyse der Tonminerale für Probe 262-1-15,7m