



universität
wien

MASTERARBEIT

„Schleifsteine aus Niederösterreich: Petrologie und Technische Eigenschaften“

Bakk. Claudia Lemmerhofer

angestrebter akademischer Grad
Master of Science (M.Sc)

Wien, 2010

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 066 815

Studienrichtung lt. Studienblatt: Masterstudium Erdwissenschaften UG 2002

Betreuerin / Betreuer: Ao. Univ. Prof. Mag. Dr. Susanne Gier

Department für Geodynamik und Sedimentologie
Fakultät für Geowissenschaften, Geographie und Astronomie



In Zusammenarbeit mit Herrn **Mag. Walter Strasser** und der Firma

(TPA Gesellschaft für Qualitätssicherung und Innovationen GmbH, Polgarstraße 30, 1220 Wien)

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	7
Abstract	9
1. Einleitung	11
1.1 Geschichte der Schleifsteine	11
1.2 Gewinnung der Schleifsteine	12
2. Regionale Geologie - Flyschzone	15
3. Proben	20
3.1 Waidhofen/Ybbs	20
3.2 Rote Wütte (Sonntagberg)	25
3.3 Redlingerhütte (Klosterneuburg)	28
4. Methoden	32
4.1 Petrologische Untersuchungen und Chemie	32
4.1.1 Dünnschliffuntersuchungen	32
4.1.2 Röntgendiffraktometrie (XRD)	32
4.1.3 Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)	34
4.1.4 Schwermineralanalysen	35
4.2 Technische Prüfversuche	36
4.2.1 PSV-Wert	36
4.2.1.1 Prüfrad	38
4.2.1.2 Pendelversuch	41
4.2.2 Schleifscheibenverfahren nach Böhme	42
4.2.2.1 Rohdichte	45
4.2.2.2 Reindichte	47
4.2.3 LCPC-Test	50
5. Ergebnisse	54
5.1 Profile	54
5.2 Petrologische Untersuchungen und Chemie	60
5.2.1 Dünnschliffuntersuchungen	60
5.2.1.1 Sandsteinklassifikation nach Folk (1968)	70
5.2.2 Röntgendiffraktometrie (XRD)	72
5.2.3 Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)	82
5.2.4 Schwermineralanalyse	84

5.3 Technische Prüfmethoden	90
5.3.1 PSV-Test	90
5.3.2 Schleifscheibenverfahren nach Böhme	92
5.3.2.1 Rohdichte	93
5.3.2.2 Reindichte	94
5.3.3 LCPC-Test	97
6. Methodenvergleich und Diskussion	100
7. Conclusio	109
Danksagung	111
Literatur	113
Anhang:	
Lebenslauf	117

Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden Sandsteine untersucht, die historisch für die Herstellung von Schleifsteinen verwendet wurden. Die Sandsteine stammen aus Abbauen der Niederösterreichischen Flyschzone, beprobt wurden der historische Schleifsteinstollen in Waidhofen/Ybbs, ein Stollen am Sonntagberg (Rote Wütte) und ein stillgelegter Steinbruch bei Klosterneuburg. Sandsteine, mit teilweise gradierter Schichtung in Wechsellagerung mit Mergeln und Tonen, gehören zu den charakteristischen Sedimentabfolgen der Flyschzone.

Ziel der Arbeit war es, die unterschiedlichen Schleifsteine petrologisch, chemisch und technisch zu charakterisieren und ihr Abriebverhalten zu vergleichen.

Die technischen Untersuchungen wurden an der Technischen Prüfanstalt (TPA) durchgeführt, der Abrieb der Gesteine wurde mittels PSV-Test (Polished Stone Value), Schleifscheibenverfahren nach Böhme und LCPC-Test festgestellt.

Die folgenden Methoden wurden für die petrologischen und chemischen Untersuchungen der Sandsteine herangezogen: Dünnschliffmikroskopie, Röntgendiffraktometrie (XRD), Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) und Schwermineralanalyse.

Die untersuchten Schleifsteine können als Litharenite klassifiziert werden. Die Proben aus Waidhofen/Ybbs und der Roten Wütte stammen aus der Altenglach-Formation (Maastricht - Paleozän) und die Proben aus Klosterneuburg aus der Greifenstein-Formation (Paleozän - Eozän). Lithologisch konnten zwei Sandsteintypen unterschieden werden: karbonatisch zementierte Sandsteine aus Waidhofen/Ybbs und Sonntagberg und porösere, nicht karbonatisch gebundene Sandsteine aus Klosterneuburg.

Der PSV-Wert gibt die Polierbarkeit eines Gesteins an. Die karbonatisch gebundenen Sandsteine aus Waidhofen/Ybbs und Sonntagberg weisen eine höhere Polierbarkeit auf als die nicht karbonatisch gebundenen Sandsteine aus Klosterneuburg.

Das Schleifscheibenverfahren nach Böhme gibt den Volumsverlust eines Gesteinskörpers infolge schleifender Beanspruchung durch ein genormtes Schleifmittel an. Die Ergebnisse des Böhme-Tests

zeigten einen größeren Abrieb der nicht karbonatisch zementierten Sandsteine. Die karbonatisch gebundenen Sandsteine zeigten bei diesem Versuch eine deutlich bessere Festigkeit.

Beim LCPC-Test wird der Abrieb am Metall durch das Gestein und weiters die Brechbarkeit des Gesteins selbst ermittelt. Bei diesen Ergebnissen ist zu sehen, dass die mit Karbonat zementierten Sandsteine einen höheren Abrieb am Metall verursachen und eine geringere Brechbarkeit haben. Die nicht karbonatisch gebundenen Sandsteine verursachten bei dem Versuch kaum einen Metallabrieb, hatten dafür eine sehr hohe Brechbarkeit (bis zu 95%). Das ist auf die schlechte Kornbindung zurückzuführen.

Die karbonatisch zementierten Sandsteine aus Waidhofen/Ybbs und Sonntagberg wurden als Schleif- und Sensensteine und die grobkörnigen Sandsteine als Mühlsteine eingesetzt. Hingegen setzte man die weicheren, poröseren Sandsteine aus dem Steinbruch in Klosterneuburg als Banksteine ein. Damit konnte ein genauer und scharfer Schliff bei Messern erzielt werden. Die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit konnten diese empirischen und historischen Erkenntnisse bestätigen.

Abstract

Sandstones, which were used for grindstone production in earlier times, were petrologically, chemically and technically investigated in this study. The sandstones originate from the Flysch Zone in Lower Austria. Characteristic sediments of the Flysch Zone are normally graded sandstones intercalated with marls and shales. The samples were taken from abandoned quarries at Waidhofen/Ybbs, Sonntagberg (Rote Wütte) and Klosterneuburg.

The technical investigations were conducted at the Technische Prüfanstalt (TPA). This included the abrasion of the sandstones with the PSV-test (Polished Stone Value), the Böhme-abrasive-wheel-method and the LCPC-test.

The mineralogical, petrological and chemical compositions of the sandstones were determined by X-ray diffraction (XRD), thin-section analysis and X-ray fluorescence analysis (RFA).

The sandstones can be classified as litharenites. Two types of sandstones are distinguished: The sandstones from the localities of Waidhofen/Ybbs and Sonntagberg are carbonate cemented. Those taken at Klosterneuburg are free of carbonate cement.

The samples from Waidhofen/Ybbs and Rote Wütte derive from the Altlenzbach-Formation (Maastrichtian-Paleocene) and the samples from Klosterneuburg are from the Greifenstein-Formation (Paleocene-Eocene).

The PSV-value indicates the polishability of a rock. In this study the PSV-values of the carbonate cemented sandstones were higher than those of the carbonate free ones. It is generally known, that carbonates can be easily polished.

The abrasive-wheel-method by Böhme indicates the loss of volume when grinded with a normed abrading medium. The results show that the carbonate free sandstones are abraded faster. The carbonate cemented sandstones show a higher strength.

The LCPC-test gives an indication of the abrasion of metal and the breakability of stones. The results show that the carbonate cemented sandstones cause a higher abrasion of metal and have a lower breakability. The carbonate free sandstones cause a low abrasion of metal and show a very high breakability with up to 95%. This is the result of the poor consolidation of the sandstones.

The sandstones from Waidhofen/Ybbs and Sonntagberg were used as grindstones and scythe stones and the coarse-grained sandstones were used as millstones. The sandstones from Klosterneuburg were utilised as bench stones to get an accurate and exact cut for knives. The present study could confirm these empirical and historical results.

1. Einleitung

Diese Masterarbeit kam durch die Zusammenarbeit zwischen dem Department für Geodynamik und Sedimentologie der Universität Wien und der Technischen Prüfanstalt (TPA) mit Mag. Walter Strasser zustande.

Im Rahmen dieser Arbeit sollten Sandsteine aus der Niederösterreichischen Flyschzone, die historisch als Schleifsteine genutzt wurden, mineralogisch, chemisch und technisch untersucht werden.

Die Proben stammen aus einem historisch erwähnten Schleifsteinstollen bei Waidhofen/Ybbs, einem auf Privatgrund liegenden Schleifsteinstollen beim Böhlerwerk in der Nähe von Sonntagberg (Rote Wütte), sowie einem stillgelegten Steinbruch bei Klosterneuburg in der Nähe vom Weißen Hof bei Hadersfeld.

Schwerpunkt der Arbeit ist es, die Unterschiede in der Zusammensetzung der vorliegenden Schleifsteine herauszuarbeiten und ihre Abrasivität mit verschiedenen Methoden zu prüfen.

1.1 Geschichte der Schleifsteine

Eine heute kaum mehr bekannte Bergbautätigkeit Österreichs ist die Schleif- und Wetzsteinproduktion. Im Niederösterreichischen und Wiener Raum wurden Sandsteine für die Schleifsteinherstellung gewonnen. Diese Schleifsteinvorkommen befanden sich vor allem in der Flyschzone, im Wienerwald längs des Wientals, im nördlichen Wienerwald im Raum Klosterneuburg, bei Waidhofen/Ybbs, Sonntagberg und Windhag. Die Schleifsteine wurden in Steinbrüchen (z.B.: im Raum Klosterneuburg bei Hadersfeld), aber auch in Stollen (z.B.: in Waidhofen/Ybbs und Sonntagberg) abgebaut.

Aufgrund der Sandsteingewinnung für die Schleifsteinerzeugung in der Gegend von Waidhofen/Ybbs und Sonntagberg ließen sich dort auch Messerschleifer, Zirkelschmieden, Scherer, Werkzeugmacher etc. nieder. Diese nutzten die Schleifsteine um ihre Werkzeuge zu schärfen.

Im Jahr 1806 wurde eine wichtige Handschrift über den Ybbstaler Schleifsteinbergbau mit dem Titel „Die Schleifsteinbruch Manipulation“ (Abbildung 1.1) gefunden. Verfasser war der damalige Verwalter des Schleifsteinbergbaus, Johann Engleitner (1771-1807). Er beschrieb die Schleifsteingewinnung und die Schleifsteinbearbeitung in dem untertägigen Steinbruch in Waidhofen/Ybbs (Engleitner, 1990).

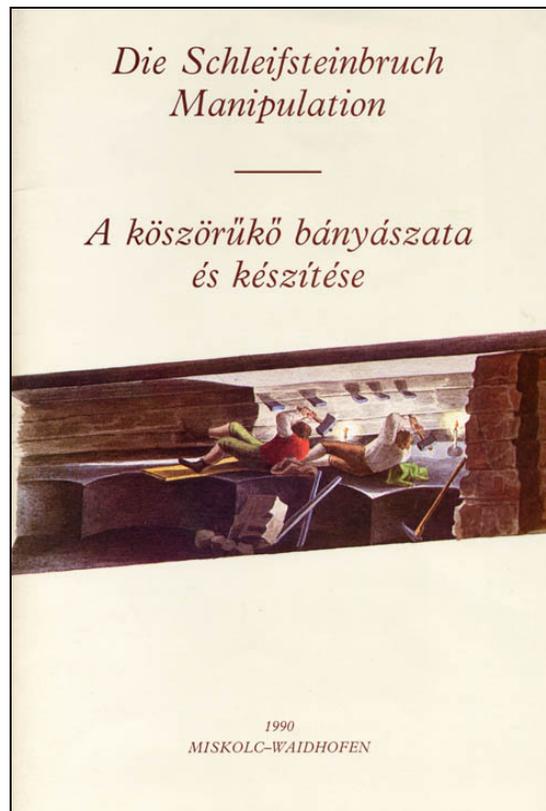


Abbildung 1.1: Titelbild der Handschrift „Die Schleifsteinbruch Manipulation“ von Johann Engleitner (1771-1807), (http://www.granzer.at/Mf/eisenstrasse_de.html).

1.2 Gewinnung der Schleifsteine

Für die Gewinnung der Schleifsteine braucht man spitzen Werkzeug, das täglich vor dem Gebrauch in der Schmiede des Steinbruches im kleinen Schmiedefeuer erhitzt und angespitzt wird. Die erste Aufgabe in der Grube ist es, das überschüssige Material zu Tage zu befördern und einen Block so zu behauen, dass später ein großer Block abgekeilt werden kann. Die Arbeiter verrichten die Arbeit im Stollen in liegender Position (Abb. 1.2 a). Mit Hilfe einer Eisenstange wird der Block durch das Abkeilen „abgesprengt“. Aus dem übrigen Material werden Pfeiler (Abb. 1.2 b) errichtet, damit der Stollen einsturz sicher ist. Einzelne Steine werden noch in die Pfeiler gesteckt, damit diese stabiler werden. Der Rest der Steine wird mit Karren zu Tage gebracht (Abb. 1.3 a) und auf die Halde in der Nähe des Stolleneinganges geleert. Mit Hilfe eines Zirkels (Abb. 1.3 b) wird der Umriss des zukünftigen Schleifsteins angezeichnet. Der Durchmesser der angezeichneten Schleifsteine betrug ca. 2 m und die Höhe betrug um die 30 cm, so dick, wie die Sandsteinschicht war. Dieser wird dann mit Hammer und Meisel in runder Form herausgearbeitet. Danach wird er mit einer Eisenstange auf einer Seite hochgehoben, damit ein Baumstamm darunter

geschoben werden kann und weitere Hölzer nachgeschoben. Durch diese Technik wird der Schleifstein aus dem Stollen zu Tage befördert. Ist der Schleifstein in der Hütte des Steinschleifers eingelangt, wird er mittels Hebelwirkung auf kleine Pfosten gestellt, damit er später behauen werden kann. Nun wird der Schleifstein so lange bearbeitet, bis er auf allen Seiten eben und glatt ist. Kleinere Stücke der Sandsteine werden in ähnlicher Weise bearbeitet und von den Bauern für Schleif- und Wetzsteine verwendet.

Um Schleifsteine zu transportieren, werden diese aufgestellt und ein Holzstamm durch einen Hohlraum in der Mitte gesteckt um den Schleifstein zum nahe stehenden Fuhrwerk zu rollen. Mehrere Männer werden benötigt um den Schleifstein auf das Fuhrwerk zu verladen (Abb. 1.4 a). Dieser wird dann mit Ketten befestigt, damit der behauene Stein beim Transport nicht verrutschen kann. Als Schutz werden alte Lederstücke untergelegt, damit der Schleifstein nicht an den Seiten des Fuhrwerks (Abb. 1.4 b) anschlagen kann. Durch den Transport kann es passieren, dass an den Rändern Teile ausbrechen - diese werden dann in Baumharz getränkt und wieder auf den Schleifstein geklebt (Engleitner, 1990).

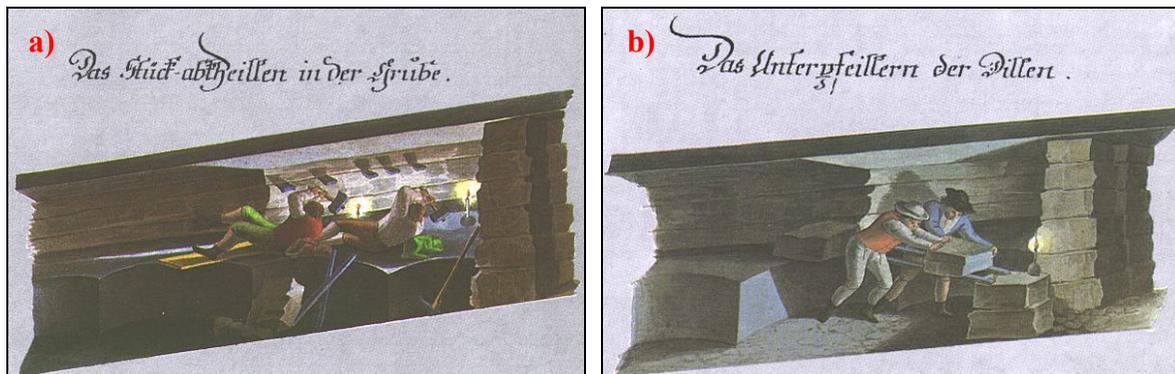


Abb. 1.2: a) Die Arbeiter keilen im Stollen eine große Sandsteinschicht in liegender Position ab; b) Aus den übrigen Sandsteinen werden Stützen für die Stabilität des Stollens errichtet (Engleitner, 1990).

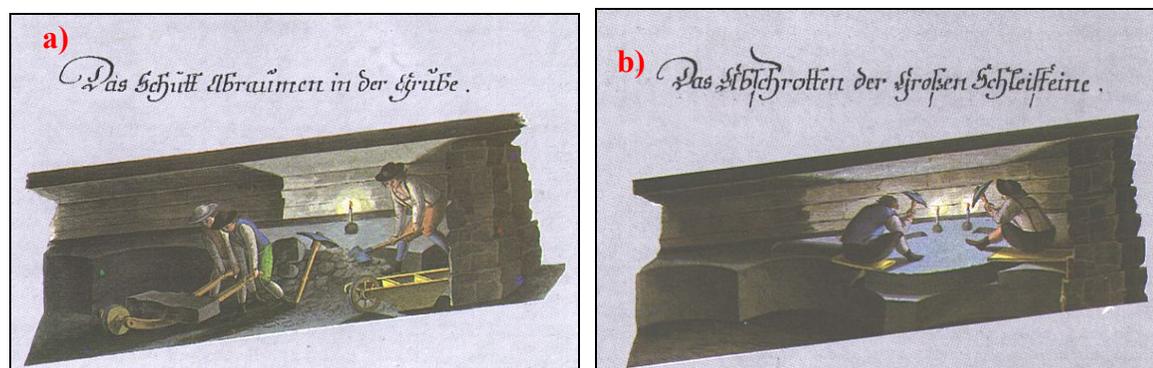


Abb. 1.3: a) Die kleinen Sandsteinbrocken für die Schleifsteinproduktion werden aus dem Stollen befördert; b) Die Größe des zukünftigen Mühlsteines wird mit dem Zirkel angezeichnet (Engleitner, 1990).

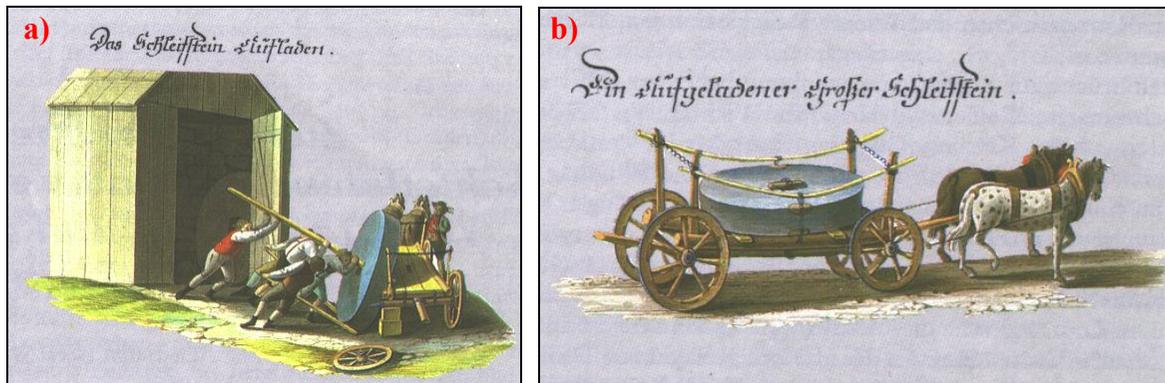


Abb. 1.4: a) Der fertige Mühlstein wird auf einen Wagen befördert;
 b) mit einem Pferdefuhrwerk abtransportiert (Engleitner, 1990).

Nicht nur in der Flyschzone gab es Schleifsteinvorkommen, sondern auch in der Gosau. Im Südosten des Gosautals im Salzkammergut gab es zahlreiche Schleifsteinvorkommen. Die verschiedenen Schleifsteine für Mühl- und diverse Schneidwerkzeuge wurden im Tagbau ca. 400 - 500 Jahre abgebaut. Um Sensen, Messer, Sicheln und diverse Schmiedewerkzeuge zu schärfen, wurden Schleifsteine bearbeitet. Die feinkörnigen Sandsteine wurden als Schleifsteine verwendet und die gröberkörnigen Sandsteine als Mühlsteine eingesetzt. Für die dortige Bevölkerung stellten die Steinbrüche eine wichtige Erwerbsquelle dar.

2. Regionale Geologie – Flyschzone

Der Name Flysch stammt aus der Schweiz und bezeichnet Gesteine, die bei starker Durchfeuchtung von Wasser zu fließen und zu rutschen beginnen (Wessely, 2006). Primär ist Flysch eine Bezeichnung für eine Fazies, also für eine bestimmte lithologisch, aber auch tektonisch und paläontologisch definierbare Gesteinsserie, deren Bildung weder auf eine bestimmte Zeit noch auf eine einzige geologische Einheit beschränkt ist (Thenius, 1974).

Die Flyschzone im Bereich des Wienerwaldes umfasst vier tektonische Einheiten: die Nordrandzone, Greifensteiner Decke, Laaber Decke und Kahlenberger Decke (Faupl, 1996). Die paläogeographischen Verhältnisse sind kompliziert, denn nur die Greifensteiner Decke kann als direkte östliche Fortsetzung der Hauptflyschdecke angesehen werden, während Laaber und Kahlenberger Decke nur auf den Wienerwald beschränkt sind. Für die primäre Nord-Süd-Anordnung gibt es kein einheitliches Konzept.

In externer Position liegen die Ablagerungen der „Nordrandzone“, sowie der Greifensteiner Decke als Fortsetzung der Hauptflyschdecke, während die Kahlenberger Decke als südliches Element betrachtet wird. Bis zur Durchführung weiterer Untersuchungen wird die Kahlenberger Decke nördlich der Kaumberger Decke eingeordnet (Faupl, 1996).

In tektonischer Hinsicht erstreckt sich die Flyschzone des Wienerwaldes als der östlichste Abschnitt der Rhenodanubischen Flyschzone, die im Westen von Vorarlberg über 500 km entlang dem Alpennordrand bis an die Donau bei Wien reicht (Abb. 2.1). Im Untergrund des Wiener Beckens liegt der Großteil der Flyschzone unter neogener Sedimentbedeckung. Dort befindet sich auch der Übergang der alpinen Flyschzone zu den Westkarpaten (Faupl, 1996).

Im Wienerwald ist die Flyschzone mit rund 20 km N-S-Erstreckung wesentlich breiter entwickelt als in den westlicheren Abschnitten. Der Deckenkomplex der Flyschzone liegt tektonisch über der Molasse überschoben (Faupl, 1996).

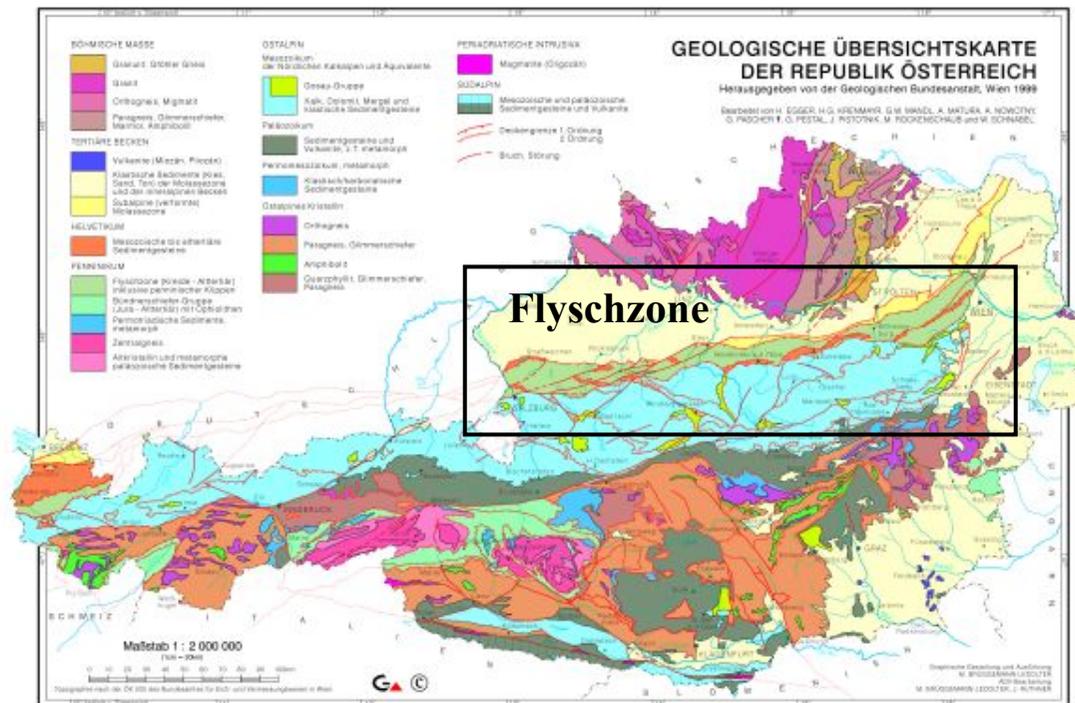


Abb. 2.1: Geologische Übersichtskarte der Republik Österreich; im gerahmten Bereich ist die Flyschzone in grün ausgeschieden (<http://www.geologie.ac.at/pdf/Uebersichtskarten/GeolKarteAUT-deu-20.pdf>)

Die Stratigraphie der Flyschzone ist in Abbildung 2.2 ersichtlich.

Die Nordrandzone umfasst die Schichtfolge der Wolfpassing-Formation (Unterkreide). Charakteristisch sind dünnbankige, karbonatreiche Turbiditabfolgen (Faupl, 1996).

Bei der Greifensteiner Decke handelt es sich um karbonatreiche und quarzreiche Flysche der Oberkreide und des Paläogens in einer Beckenfazies (Faupl, 1996).

Die Sedimentation der Altlengbach-Formation beginnt im Zeitraum von Maastrichtium bis Danium und ist ca. 1300m mächtig (Faupl, 1996). Die Gesteine der Altlengbach-Formation sind überwiegend dickbankige, siliziklastikareiche Sandsteinkomplexe (Faupl, 1996). Innerhalb der Schicht vollzieht sich ein deutlicher materialmäßiger Wechsel, der sich vor allem im granatreichen Schwermineralspektrum äußert (Faupl, 1996).

Die Greifenstein-Formation reicht vom Paleozän bis zum mittleren Eozän (Wessely, 2006). Östlich der Traisen beginnt die Formation und erstreckt sich in mehreren Streifen bis zur Donau bei Klosterneuburg. Die Greifenstein-Formation dominiert nördlich der Donau und besteht aus mächtigen Sandsteinbänken

(Wessely, 2006). Grobe, dickbankige, turbiditische Sedimente wurden abgelagert. Dabei handelt es sich um siliziklastikareiche Sandsteine, welche eine Zirkon-Vorherrschaft aufweisen (Faupl, 1996).

Die Laaber Decke teilt sich in die Kaumberg-Formation (Coniacium - tiefstes Maastrichtium) und die Laaber Schichten-Gruppe mit Hoisschichten (höheres Paleozän) und Agsbachschichten (Unter - bis Mitteleozän) auf. Die Kaumberg-Formation weist eine dünnbankige, kalkreiche Flyschabfolge auf, die dominierenden Schwerminerale sind Zirkon, Turmalin und Rutil (Faupl, 1996).

Das markanteste Schichtglied der Kahlenberger Decke ist die karbonatreiche Turbiditabfolge der Kahlenberg-Formation mit einem detritischen Chromspinell-Vorkommen in den Schwermineralspektren (Faupl, 1996). Im Bereich des Wienerwaldes bildet die Kahlenberger Decke die Fortsetzung der Ybbsitzer Zone nach Osten (Faupl, 2003). Die Sievering-Formation zeigt eine siliziklastikareiche Turbiditabfolge mit dick (reich an Zirkon) - und dünnbankigen (reich an Granat) Lagen (Faupl, 1996). Die Sievering-Formation wird als Teil der Kahlenberger Decke angesehen, die tektonisch direkt über der Greifensteiner Decke zu liegen kommt (Wessely, 2006).

		Greifenstein Nappe	Kahlenberg Nappe	Laab Nappe
Paleogene	Eocene	Greifenstein Formation (-500 m)		Agsbach Formation (-500 m)
	Paleocene	Altllengbach Formation (-1000 m)		Hois Formation (-500 m)
Upper Cretaceous	Maastrichtian		Sievering Formation (-700 m)	Dark shales and glauconite quartzites
	Campanian	"Oberste Bunte Schiefer" (0-100 m)	Kahlenberg Formation (-500 m)	Kaumberg Formation (100-300 m)
	Santonian	Zementmergel Formation (ca. 200-500 m)		
	Coniacian			
	Turonian	"Obere Bunte Schiefer" (ca. 50 m) Reiselsberg Sandstone + "Untere Bunte Schiefer" (10-50 m)	Red and green shales + Reiselsberg Sandstone	
	Cenomanian			
Lower Cretaceous	Albian	Gaultflysch	Gaultflysch	
	Aptian			
	Barremian	Wolfpassing Formation (200-300 m)		
	Hauterivian			
	Valendian			
	Berriasian			

Abb. 2.2: Stratigraphie der Flyschzone (Sauer et al., 1992).

Ein besonderes Merkmal von Flyschablagerungen ist die charakteristische Wechsellagerung von Mergeln und Tonschiefern mit Sandsteinen (Faupl, 2003). In der Mehrzahl zeigen die Sandsteinbänke eine Korngrößenabnahme gegen das Hangende (graded bedding) (Faupl, 2003).

Die Ablagerungsbereiche für diese Sandsteine sind Kontinentalränder und Tiefwasserbecken. Durch Gleitung, Rutschung und Schwerkraftfließen erfolgt der Transport als Trübestrome (turbidity currents) und Schlammströme (debris flows) hangabwärts. Turbiditströmungen sind Dichteströme aus Sediment und Wasser (Tucker, 1985). Zusätzliche Transport- und Aufarbeitungsvorgänge durch ozeanische Bodenströme, die von Dichteunterschieden aufgrund von Temperatur und Salzgehalt verursacht werden, können die Sedimentation beeinflussen. Die primären Bereiche für pelagische und hemipelagische Sedimente sind Tiefwasserbereiche des Beckens und des Kontinentalhanges.

Die Transportkraft der Turbidite reicht aus, dass jede Sedimentgröße in Suspension gelangen kann. Es können Silte, Sande, Kiese und auch Gerölle in der Suspension transportiert werden (Schäfer, 2005). Die Turbidite, die näher zum Ursprungsort abgelagert worden sind, weisen eine größere Mächtigkeit, größere Korngrößen und eine schlechte Sortierung auf. In weiteren Entfernungen abgelagerte Turbidite sind feinkörniger, geringmächtiger, parallel geschichtet und gut gradiert (Tucker, 1985). Die Mächtigkeit von Turbiditen variiert von einigen Millimetern bis zu mehreren Metern (Tucker, 1985). Der auslösende Mechanismus für Gleiten und Rutschen der Sedimente vom Schelf in tiefere Meeresbereiche ist oftmals ein Erdbeben (Tucker, 1985), Tektonik oder Vulkanismus (Schäfer, 2005), sowie Meeresspiegelschwankungen (Plöching und Prey, 1993).

Viele Turbidite weisen gut entwickelte Sedimentstrukturen auf, wie Fließmarken, Schleifspuren oder Belastungsmarken (Tucker, 1985). An der Oberfläche der Feinsedimente am Ozeanboden prägen sich oft Lebensspuren von Organismen, Strömungsrichtung, etc. ein. Solche Spuren werden mit Sand ausgegossen und bleiben dann an der Schichtunterseite von neuen Sandbänken erhalten z.B.: flute casts (Faupl, 2003). Flyschschichten sind arm an Makrofossilien und reich an Spurenfossilien (Faupl, 2003) wie z.B.: Scolicia (Abb. 5.7 a,b). Die gradierte Schichtung ist für die Tiefwassersedimentation charakteristisch. Die inneren Strukturen von einer Reihe von Turbiditen können eine bestimmte Abfolge haben, die als Bouma-Abfolge (Abb. 2.3) bezeichnet wird (Tucker, 1985). Die Bouma-Abfolge beginnt an der Basis mit Schicht A mit einer gradierten Schichtung, Schicht B untere laminierte Schicht, Schicht C mit laminiertes Schrägschichtung oder Rippelschichtung, Schicht D obere horizontal laminierte Schicht und Schicht E als pelitische Schicht (Abb. 2.3). Viele Turbidite weisen unvollständige Bouma-Sequenzen auf (Tucker, 1985). Die Zusammensetzung und Struktur der Turbidite hängt hauptsächlich vom verfügbaren Material ab (Tucker, 1985). Dieses muss zuerst vom Kontinent reichlich durch Flüsse und Deltas angeliefert worden sein (Schäfer, 2005).

Die Fließmarken und die innere Struktur sowie das Korngefüge werden zur Bestimmung der Paläoströmungsrichtung herangezogen (Tucker, 1985).

Korngröße		Bezeichnung nach Bouma	Interpretation
Silt + Ton		E pelitische Schicht	Ablagerung aus Schweb
Silt + Sand		D obere horizontal laminierte Schicht	Ablagerung aus „Sedimentwolken“
Sand + Kies		C laminierte Schrägschichtung/Rippelschichtung	Bodenfracht, unteres Fließregime
Sand + Kies		B untere horizontal laminierte Schicht	Flachsichtung, oberes Fließregime
Sand + Kies		A gradierte (oder massige) Schichtung	schnelle Ablagerung
		Erosionsmarken, Sohlmarken (Fließ-, Gegenstands-, Belastungsmarken)	Erosionsbasis

Abb. 2.3 Silikatisch-klastische Turbiditablagerung nach Bouma (Tucker, 1985)

3. Proben

Die untersuchten Proben stammen aus der Niederösterreichischen Flyschzone, aus der Greifensteiner Decke. Die Greifensteiner Decke gliedert sich in die Altenglach-Formation und die Greifenstein-Formation.

3.1 Waidhofen/Ybbs (WY)

Der historische Schleifsteinstollen in Waidhofen/Ybbs befindet sich in der Flyschzone, die Sandsteine gehören zur Altenglach-Formation (Abb. 3.1).

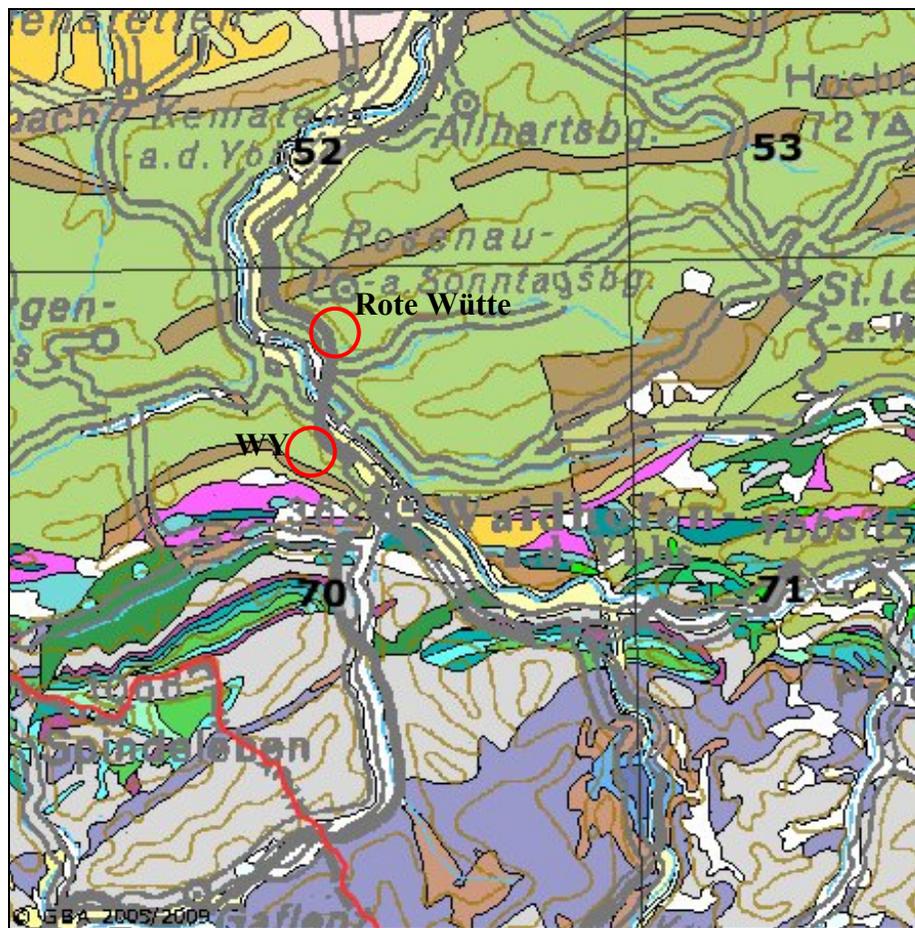


Abb. 3.1: Geologischer Kartenausschnitt der Umgebung Waidhofen/Ybbs. Die Schleifsteinstollen Waidhofen/Ybbs (WY) und Rote Wütte (mit roten Kreisen gekennzeichnet) befinden sich in der Altenglach-Formation (grün); (GBA geologische Karten online, aus Kartenblatt 70).

Der Eingang zu dem stillgelegten Schleifsteinstollen befindet sich an der Nordeinfahrt der Ortschaft Waidhofen/Ybbs im Erdgeschoß eines Wohnhauses (Abb. 3.2 a,b).

Der Stollen wurde mit dem Landesgeologen Mag. Harald Steininger (Abt. BD-1 des Amtes der NÖ Landesregierung) begangen. Der Weg ins Innere des Stollens (Abb. 3.3) ist niedrig und nicht beleuchtet.

Die für die Schleifsteingewinnung genutzten Sandsteinbänke wurden beprobt (WY1 und WY2) und ein Profil (Abb. 3.6) der Sedimentabfolge aufgenommen.

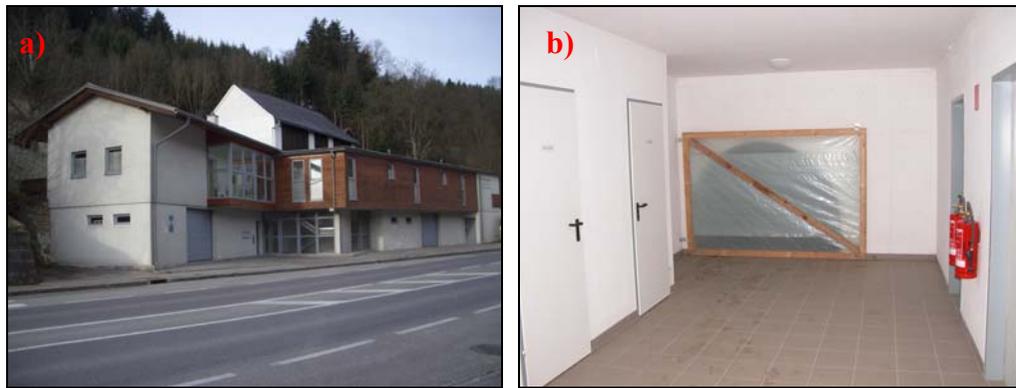


Abb. 3.2 a) Wohnhaus, in dem sich der Eingang zum Stollen befindet;

b) Stolleneingang, der sich im Erdgeschoß des Wohnhauses befindet.



Abb. 3.3: Eingangsbereich des Stollens

Probe WY1:

WY1 = Stollen in Waidhofen/Ybbs

Der erste Probenpunkt (Abb. 3.4 und 3.5) befindet sich bei der Westulme des Abbaus, wenig oberhalb der 6. Stütze. Der historische Abbau der Sandsteine für die Schleifsteinproduktion wird durch die Schrämmspuren im Gestein bestätigt.



Abb. 3.4: Schrämmspuren in der Sandsteinbank durch den historischen Abbau.



Abb. 3.5: Der Hammer kennzeichnet die beprobte Stelle (WY1).

Makroskopische Beschreibung WY1:

Hellgraue Farbe, der eine Teil ist sehr feinkörnig, mit dem freien Auge sind keine einzelnen Komponenten zu erkennen. Der andere Teil des Handstückes ist ebenfalls feinkörnig, aber es sind größere Komponenten bis zu einem Millimeter mit dem freien Auge zu erkennen. Die größeren Minerale sind Quarz (dunkelgrau). Es ziehen auch dünne braune, eisenhaltige Bänder durch das Gestein.

Probe WY2:

WY2 = Stollen in Waidhofen/Ybbs

Die zweite Probestelle (Abb. 3.6) liegt ca. bei der 9. Stütze im Stollen. Die beprobte Schicht ist 105 cm mächtig. Der zweite Probepunkt ist 12 m vom ersten entfernt. Die Strecke des zweiten Probepunktes bis zum „Knie“ (Stolleneingang rechts hinaus) beträgt insgesamt 35,80 m.

Makroskopische Beschreibung WY2:

Makroskopisch ist eine Schichtung erkennbar. Die Schichtung ist durch einen leichten Farbwechsel von hellgrau bis mittelgrau ersichtlich. Die Probe ist sehr feinkörnig und die einzelnen Minerale sind mit dem freien Auge nicht zu erkennen.



Abb. 3.6: Stelle im Stollen, an der das Profil aufgenommen wurde.
Der rote Kreis gekennzeichnet den Probenahmepunkt von WY2.

Mergelzwischenlage:

Von der Mergelzwischenlage, die 20 cm beträgt, wurde auch eine Probe (T4) (Abb. 3.7) für tonmineralogische Untersuchungen entnommen.



Abb. 3.7: Beprobte Mergelzwischenlage T4

Weiters folgen 100 cm Sandstein und eine weitere Mergellage, die nur 5 cm beträgt. Die Sandsteinschicht bis zur First beträgt 43 cm. Die obere Schicht, die bei dem First endet, wurde nicht abgebaut. Der First schließt mit einer 5 cm Mergellage ab.

Mergelproben:

T1 = Mergelzwischenlage

T2 = Stollen Boden Ende

T3 = 50cm tonige Zwischenlage

T4 = Mergelzwischenlage von 20cm

3.2 Rote Wütte (Sonntagberg)

RW3 = Stollen bei dem Gut „Rote Wütte“

Der Stolleneingang (Abb. 3.10), der auf dem Grundstück (Abb. 3.8, 3.9) der Familie Greifner zu finden ist, liegt in der Flyschzone. Die Sandsteine gehören zur Altlenzbach-Formation der Greifensteiner Decke (Abb. 3.1). Die hier vorkommenden Sandsteine sind feinkörnig, quarzreich und karbonatisch gebunden. Das Gestein wurde zu Wetzsteinen verarbeitet. Durch die gute Qualität der Sandsteine hatte der „Sonntagberger Wetzstein“ ein sehr hohes Ansehen und wurde um 1900 zum Schleifen von Werkzeugen, die in der Landwirtschaft verwendet wurden, eingesetzt.

In dem Stollen kann man den damaligen Abbau der Wetz- und Schleifsteine erkennen (http://www.granzer.at/Mf/eisenstrasse_de.html).



Abb. 3.8: Eingang des Stollens „Rote Wütte“ (Pfeil), der sich auf dem Grundstück der Familie Greifner befindet.

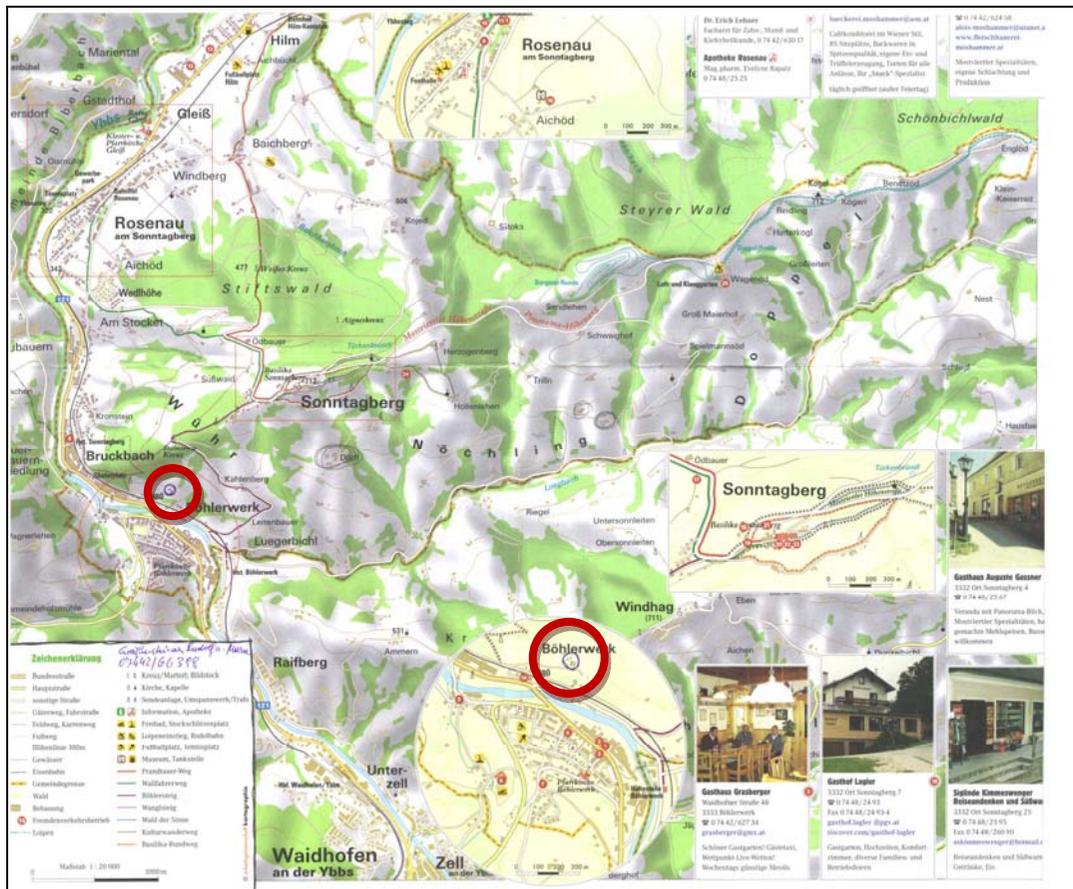


Abb. 3.9: Lage des Stollens Rote Wütte (roter Kreis) auf der Karte von Sonntagberg/Böhlerwerk (Feuer und Erde, NÖ Landesausstellung in Waidhofen/Ybbs, 2007).



Abb. 3.10: Der Eingang zum Stollen bei der Roten Wütte.

Die Schichten in dem Stollen fallen steil nach Süden ein (180/40).

Die Wechsellagerung von Sandsteinen und Mergeln (Abb. 3.11), wird auch in der Literatur beschrieben (Plöchinger und Prey, 1993).



Abb. 3.11: Ansicht auf ein Teilprofil im Stollen.

Makroskopische Beschreibung von RW3:

Probe RW3 ist ebenfalls sehr feinkörnig und die einzelnen Komponenten kann man mit freiem Auge nicht voneinander unterscheiden. Es ist keine Schichtung erkennbar. Das Gestein ist gleichmäßig hellgrau und weist keine Farbänderung auf.

Mergelproben:

RW1 = 47 cm mächtige Mergelschicht

3.3 Redlingerhütte (Klosterneuburg)

K4 = Steinbruch bei Klosterneuburg, Redlingerhütte „weich“

K5 = Steinbruch bei Klosterneuburg, Redlingerhütte „hart“

Der stillgelegte Steinbruch liegt westlich des Weißen Hofes bei Klosterneuburg und südlich von Hadersfeld. Die Gesteine des Steinbruches gehören zur Greifenstein-Formation der Greifensteiner Decke der Flyschzone (Abb. 3.12, Abb. 3.13).

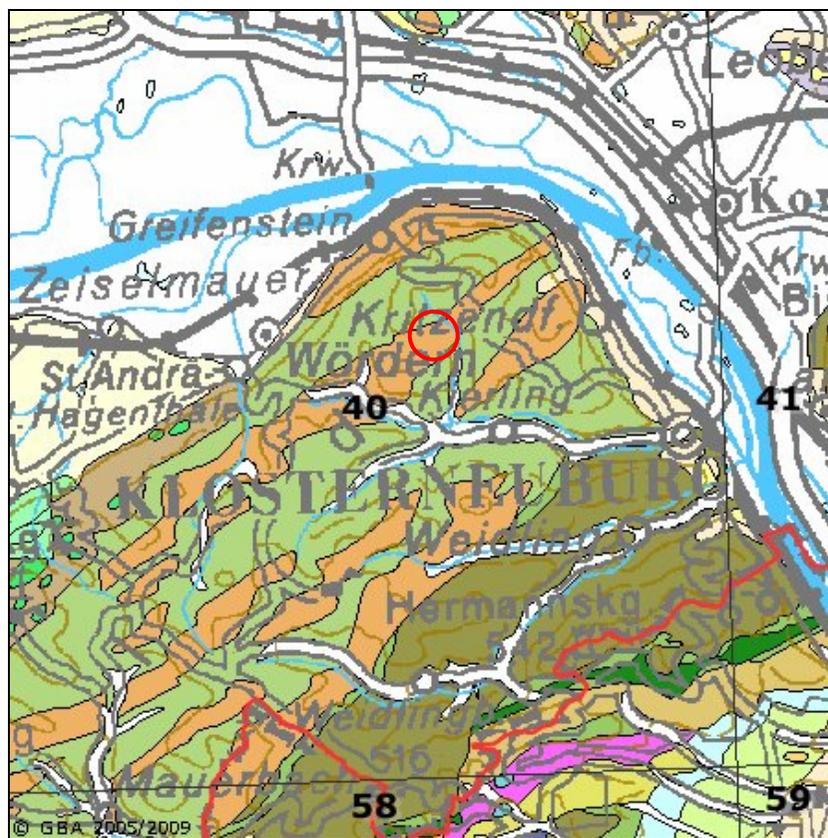


Abb. 3.12: Kartenausschnitt der geologischen Karte Hadersfeld bei Klosterneuburg. Der stillgelegte Steinbruch ist mit einem roten Kreis gekennzeichnet (GBA geologische Karten online, aus Kartenblatt 40).

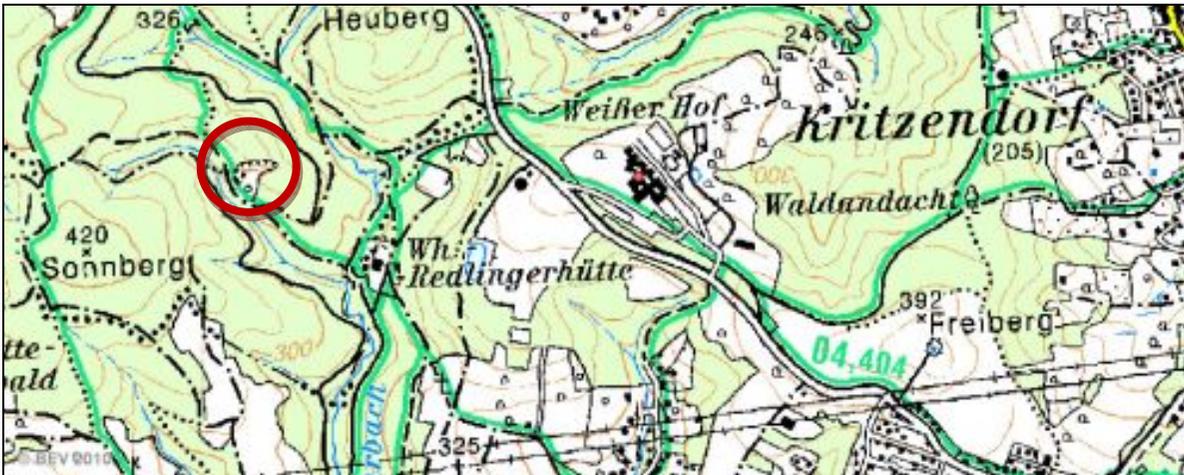


Abb. 3.13: Lage des Steinbruchs nordwestlich der Redlingerhütte, durch roten Kreis gekennzeichnet
 (<http://www.austrianmap.at/amap/index.php?SKN=1&XPX=637&YPX=492>)

Im ehemaligen Steinbruch (Abb. 3.14) sind zwei Sandstein-Typen zu unterscheiden, ein weicherer und ein härterer Typ.

Von beiden Typen wurden mehrere Proben genommen (Abb.: 3.15 a,b und 3.16). In dem stillgelegten Steinbruch waren keine Ton- oder Mergellagen ersichtlich. Ton- oder Mergellagen könnten aber herausgewittert sein, da immer wieder Aufschlusslücken vorhanden sind.



Abb. 3.14: Teilprofilaufnahme von oben

Die Sandsteine sind teilweise sehr stark verwittert. Die Schichten fallen mit 170/77 und 180/76 stark nach Süden ein.

Als die Schichten, die für die Banksteinherstellung abgebaut wurden, nicht mehr aufgeschlossen waren, wurde der Steinbruch stillgelegt.



Abb. 3.15 a,b = Probe K4 „weich“



Abb. 3.16: Probe K5 „hart“

Makroskopische Beschreibung von K4:

Der „weiche“ Sandstein von Klosterneuburg ist beige bis hellgrau. Das Handstück weist eine unregelmäßige Farbzeichnung auf mit teilweise braunen, wahrscheinlich eisenreichen, Flecken. Teils ist eine Schichtung erkennbar, teils eine unregelmäßige Farbänderung, wobei man die Strukturen im Gestein kaum erkennen kann. Die einzelnen Minerale sind mit dem freien Auge nicht erkennbar.

Makroskopische Beschreibung von K5:

Der „härtere“ Sandstein aus dem stillgelegten Steinbuch in Klosterneuburg ist beige, zeigt eine unregelmäßige Struktur auf. Es sind dunklere Schichten zu erkennen, die aber nicht durch das ganze Gestein gehen. Es ist eine leichte Schrägschichtung zu erkennen, die jedoch nicht durch das ganze Gestein zieht. Die Probe ist sehr feinkörnig und einzelne Minerale sind nicht mit freiem Auge zu erkennen.

4. Methoden

4.1 Petrologische Untersuchungen und Chemie

4.1.1 Dünnschliffuntersuchungen

Von den fünf Proben wurden Dünnschliffe angefertigt und unter dem Polarisationsmikroskop untersucht. Für die Sandsteinklassifikation wurden 400 Körner pro Schliff mittels Point Counter unter dem Mikroskop ausgezählt.

Um die Karbonate Calcit und Dolomit besser unterscheiden und ihren Eisengehalt bestimmen zu können, wurde die Karbonatfärbemethode angewandt. Der Dünnschliff wird dabei mit Alizarin S und Kaliumhexacyanoferrat eingefärbt. In Abbildung 4.1 kann man die Farben der Minerale und den jeweiligen Eisengehalt ablesen (Ney, 1986).

Calcit			Dolomit		
Fe ²⁺ -frei	Fe ²⁺ -arm	Fe ²⁺ -reich	Fe ²⁺ -frei	Fe/Mg < 1	Fe/Mg > 1
rot	lila	purpur	--	hellblau	dunkelblau

Abb. 4.1: Je nach Eisengehalt werden die Karbonate - Calcit und Dolomit - im Dünnschliff unterschiedlich gefärbt (Ney, 1986).

4.1.2 Röntgendiffraktometrie (XRD)

Gesamtmineralogie

Die Untersuchung mittels XRD wird an gemahlenem Gestein durchgeführt. Es wurde jeweils ein texturiertes Schmierpräparat (mit Ethylenglycol) und ein texturfrees Präparat hergestellt und gemessen. Das texturfreie Präparat wird erzeugt, indem vor dem Einfüllen des Pulvers ein Schmirgelpapier in die Halterung einlegt wird. Mit der Methode von Schultz (1964) kann die mineralogische Zusammensetzung der Gesamtprobe semiquantitativ ermittelt werden. Im texturfreien Präparat wird die Peakintensität der Hauptpeaks der Minerale abgelesen. Die Hauptpeaks sind Quarz (26.6), Plagioklas (28), Alkalifeldspat (27.5), Calcit (29.4), Ankerit (30.8) und Dolomit (31). Die gesamten Schichtsilikate liegen bei 19.9 (alle

Tonminerale außer Chlorit) und die Überlagerung aller Tonminerale bei 34.6. Die Einheit ist 2θ (Theta). Mittels Korrekturfaktoren kann dann der prozentuelle Anteil der Minerale ausgerechnet werden. Im texturierten Präparat wird die Fläche der Tonmineralpeaks bestimmt und nach Korrektur mit einem Faktor (Schultz, 1964) können die Prozente der enthaltenen Tonminerale errechnet werden.

Tonmineralpräparation

Die Mergelproben T1, T2, T3, T4, RW1 wurden für die Tonmineralanalyse präpariert.

Die Tonproben bedecken den Boden des Becherglases und werden mit einer 1:1 verdünnten H_2O_2 -Lösung versetzt, damit die organischen Anteile herausgelöst werden. Die Proben müssen 2-3 Tage unter dem Abzug stehen, bis die Reaktion abgeschlossen ist.

Weiters wurden die Proben mit einem Ultraschallstab dispergiert, und zwar 3 min bei 400 Watt.

Dann wurden die Suspensionen in Atterberg-Zylinder gefüllt und eine Spatelspitze Natriumtripolyphosphat zugegeben, um ein Ausflocken zu verhindern. Nach 24 ½ Stunden ist nur mehr die Fraktion $< 2 \mu m$ in Suspension und wird abgelassen. Die Probe kommt anschließend in den Trockenschrank.

Probe T2 wurde mit EDTA (= Titriplex) nach Glover (1961) behandelt, da zu viel Karbonatzement vorhanden war, um die Probe mit H_2O_2 aufzulösen.

Die getrocknete Tonfraktion wird in einer Achatschale leicht aufgerieben, bis ein feines, homogenes Pulver vorliegt.

K- und Mg-Sättigungen:

50 mg Probe wird in Plastikröhrchen eingewogen, jeweils mit 50 ml K- und 50 ml Mg-Chlorid Lösung versetzt und über Nacht geschüttelt, damit die Proben vollständig mit K oder Mg-Ionen gesättigt werden. Anschließend werden die Proben zentrifugiert (5 min bei 1500 U/min), mit destilliertem Wasser gewaschen und abermals zentrifugiert (7 min bei 4000 U/min). Das destillierte Wasser wird abdekandiert. 1 ml der Suspension (8 mg/ml) wird mit einer Pipette aufgenommen und auf ein zuvor mit Aceton gereinigtes Glasplättchen aufgetragen. Die Probe wird über Nacht getrocknet und anschließend gemessen.

Die Proben werden zusätzlich mit Kalium + Ethylenglycol und Magnesium + Glycerin (zur Unterscheidung von Smectit und Vermiculit) gesättigt und gemessen.

Durch das Tempern bei 550°C werden quellfähige Tonminerale und Kaolinit zerstört. Zum Beispiel verkleinert sich der Schichtabstand von Smektit von ca. 15Å auf 10Å, da das Wasser aus der Zwischenschicht entweicht. Dadurch bleiben nur die stabilen Minerale Chlorit und Illit übrig.

4.1.3 Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)

Durch die Röntgenstrahlen werden Elemente angeregt, diese erzeugen die charakteristischen Wellenlängen der Elemente, die in der Probe vorhanden sind.

Für die Analyse wird eine gemahlene Probe benötigt; es können Hauptelemente und Spurenelemente gemessen werden.

Die Röntgenfluoreszenzanalyse wurde durchgeführt um den Silikatanteil der Proben zu ermitteln und somit die Mineralogie (XRD) zu unterstützen.

4.1.4 Schwermineralanalyse

An allen Proben wurde eine Schwermineralanalyse durchgeführt, um Auskunft über die stratigraphische Zuordnung und Herkunft des Materials geben zu können.

Als Ausgangsmaterial für die Schwermineralanalyse wurde der Feinanteil $< 1,6$ mm, der durch den LCPC-Test entstanden ist, verwendet.

Die fünf Proben wurden mit dem Siebsatz $250 \mu\text{m} - 125 \mu\text{m} - 63 \mu\text{m}$ nass gesiebt, die Fraktionen getrocknet und zur Schwereanalyse aufbewahrt.

Die Schwerentrennung erfolgt durch einfache Sedimentation in einem Scheidetrichter. Durch eine Schwereflüssigkeit schwimmen die spezifisch leichten Minerale an der Oberfläche und die schweren Minerale setzen sich am Boden ab. Die Schwereflüssigkeit ist Tetrabromäthan mit einem spezifischen Gewicht von $2,94 \text{ g/cm}^3$. Das Tetrabromäthan wird in den Scheidetrichter eingefüllt, die Probe (5-20 g) hineingestreut und mit einem Glasstab umgerührt um eine gleichmäßige Suspension zu erhalten. Nach dem Rühren wird 5 Minuten gewartet um die Leicht- von der Schwer-Fraktion zu trennen. Der Vorgang wird 2-3 mal wiederholt und nach dem letzten Rühren wartet man je nach Korngröße 15-30 Minuten bis man die Schwerefraktion abtrennen kann. Dann wird ein Trichter mit einem Filterpapier darunter gestellt, der Scheidetrichter kurz geöffnet und die Schwerminerale, die sich am Boden abgesetzt haben, in den Filter geschwemmt. Der Filter wird mit Aceton gespült um das giftige Tetrabromäthan herauszuwaschen. Anschließend wird der Filter getrocknet. Die Abtrennung findet unter einem Abzug statt (Boenigk, 1983).

Um die Schwerminerale unter dem Mikroskop ansehen zu können, werden Streupräparate angefertigt. Ein Trägerplättchen wird beschriftet und auf einen Heiztisch mit ca. 70°C gelegt und erwärmt. Darauf kommt ein wenig Canadabalsam, der sich langsam erwärmt und flüssig wird. Der Canadabalsam wird mit einem Zahnstocher vorsichtig verteilt, darauf streut man die Schwerminerale. Zum Abschluss kommt das Glasdeckplättchen und wird vorsichtig niedergedrückt, um so das Harz und die Schwerminerale gleichmäßig am Trägerplättchen zu verteilen. Dieser Vorgang wird am besten auch unter einem Abzug gemacht, da die Schwerminerale immer noch giftige Dämpfe absondern können. Bis das Harz ganz ausgetrocknet ist, dauert es ca. 2 Wochen. Danach kann die Mikroskopie durchgeführt werden.

Es wurden je 200 Körner der fünf Proben ausgezählt und die Prozente bestimmt.

4.2 Technische Prüfversuche

4.2.1 PSV-Wert

Was ist der PSV-Wert?

Der Polierwert ist ein Maß für die Beständigkeit von Gesteinskörpern gegen die Polierwirkung von Fahrzeugreifen unter Bedingungen, die denen auf einer Straßenoberfläche ähnlich sind.

PSV kommt aus dem englischen und ist die Abkürzung von „polished stone value“.

Die PSV-Wert Bestimmung wurde laut der Norm „ÖNORM EN 1097-8“, die 2000-05-01 erschienen ist, durchgeführt. Die Europäische Norm EN 1097-8 hat den Status einer Österreichischen Norm.

PSV-Probenvorbereitung

Für die PSV-Bestimmung wird eine bestimmte Körnung aus dem Splittgut abgesiebt, die aus dem Steinbruch geliefert oder im Prüflabor gebrochen wurde.

In Österreich wird der „8/10“ („8/10“ = Korn, das durch das 10 mm Sieb geht und im 8 mm Sieb hängen bleibt) aus dem „8/11“ herausgesiebt. Die Körnung wird entweder im Steinbruch oder im Labor gebrochen und ausgesiebt. Durch ein 7,2 mm Schlitzsieb wird die Kornform bereinigt, damit die „kubischen“ Körner übrig bleiben, die sich ideal für die Prüfung eignen. Körner die plättchenförmig sind, fallen durch das Schlitzsieb durch.

Die Maße eines Prüfkörpers betragen $90 \pm 0,5 * 44,5 \pm 0,5 * > 12,5$ (Einheit in mm) (Abb. 4.3 a). Wichtig ist, dass die Kanten der Form (Abb. 4.2 a) mit Silikon bestrichen werden, damit sie nach dem Befüllen mit Kunstharz wieder leicht aus der Form gelöst werden können. Zur Herstellung des Prüfkörpers werden die geraden Flächen der Körner nach unten hin so dicht wie möglich eingelegt, damit fast keine Hohlräume entstehen und eine große Prüffläche erhalten wird. Wenn die Form mit den Körnern ausgelegt ist, werden die Hohlräume mit Sand ausgegossen. Der Sand dient dazu, dass das Harz nicht auf die Prüffläche gelangt. Dann wird die Form mit Kunstharz (Abb. 4.2 b) ausgegossen. Nachdem das Kunstharz ausgehärtet ist, wird der Prüfkörper aus der Form genommen und gereinigt. Für den PSV-Versuch werden die inneren 2 cm der Probe durch das Prüfrad der Schnellpoliermaschine beansprucht. Durch das Schleifmittel Korund ist der Prüfkörper mit Schmutz bedeckt und muss gereinigt werden, bevor der Pendelversuch durchgeführt wird.



Abb. 4.2 a) PSV-Form b) Gießen der PSV-Körper

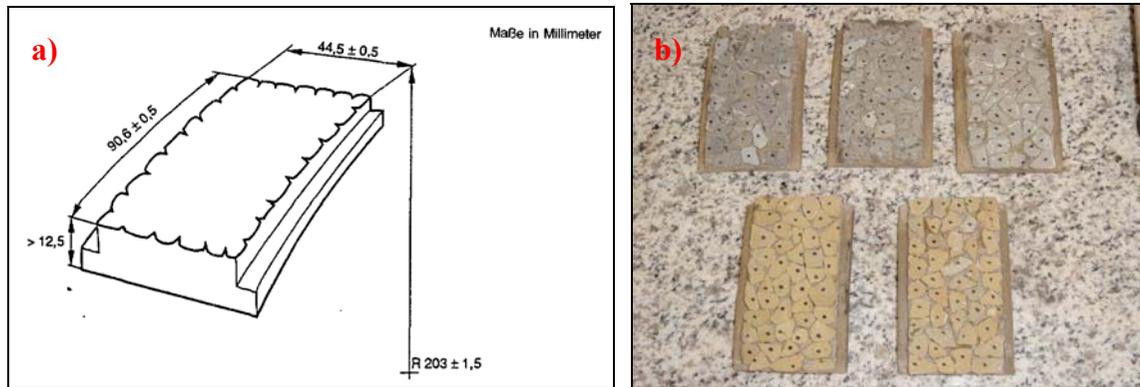


Abb. 4.3 a) Schematische Darstellung eines PSV-Körpers (ÖNORM EN 1097-8, 2000)

b) PSV-Körper

In der Mitte soll so wenig Hohlraum wie möglich vorhanden sein, denn der Pendelversuch wird in der Mitte - ca. 2 cm - des Prüfkörpers durchgeführt.

4.2.1.1 Prüfrad

Schnellpoliermaschine

Die Schnellpoliermaschine (Abb. 4.4 a,b) beansprucht den Probekörper durch ein Gummirad, das ein Fahrzeug imitieren soll. Das Korund-Wassergemisch dient als Abrasionsmittel. Durch die genormte Zeit und Belastung durch ein Gewicht kann der Versuch bei allen Gesteinen angewendet werden.

Die angefertigten Prüfkörper (Abb. 4.3 b) werden in das Prüfrad eingespannt (Abb. 4.6 a,b) und dann auf der Schnellpoliermaschine (Abb. 4.5 a,b) befestigt. Ein sicherer Stand der Maschine kann durch die vier einstellbaren Justierfüße gewährleistet werden.

Bei einer Drehzahl von (320 ± 5) Umdrehungen pro Minute um die eigene Achse dauert die Prüfung an die sechs Stunden.

Zwei unterschiedliche vollgummibereifte Räder (grob/fein) müssen als Ausgangszustand eine Härte von (69 ± 3) IRHD nach ISO 7619 aufweisen.

Ein Gewicht von (725 ± 10) N drückt das Gummirad auf den Prüfkörper um die Bedingungen auf einer Straße nachzustellen. Ein weiterer Bestandteil der Schnellpoliermaschine ist die Dosiereinrichtung, die Wasser und Naturkorund (Abb. 4.7 a,b) in festgelegten Zufuhraten beimengt. Schleifmittel und Wasser müssen in der Nähe des Berührungspunktes mit dem gummibereiften Rad direkt auf das Straßenrad zugeführt werden und dienen als Abrasivmittel (ÖNORM EN 1097-8, 1999).

Vor-/Nachteil:

Ein Vorteil des PSV ist, dass die Norm in ganz Europa eingesetzt wird.

Nachteile sind jedoch, dass die Probenvorbereitung langwierig ist, und die Prüfung selbst an die sechs Stunden dauert - die lange Prüfzeit ist daher mit hohen Kosten verbunden. Die Zufuhr des Korund-Wassergemisches funktioniert auch nicht immer, wenn sich z.B. das Prüfrad zu schnell dreht, wird das Abrasionsmittel weggeschleudert, oder die Korund-Wasserzufuhr kann verstopfen. Der bei der Prüfung anfallende Schmutz ist auch beträchtlich. Die Probekörper müssen nach dem Test gewaschen und getrocknet werden, bevor unter dem Pendelgerät die Abrasivität bestimmt wird (Lemmerhofer, 2008).

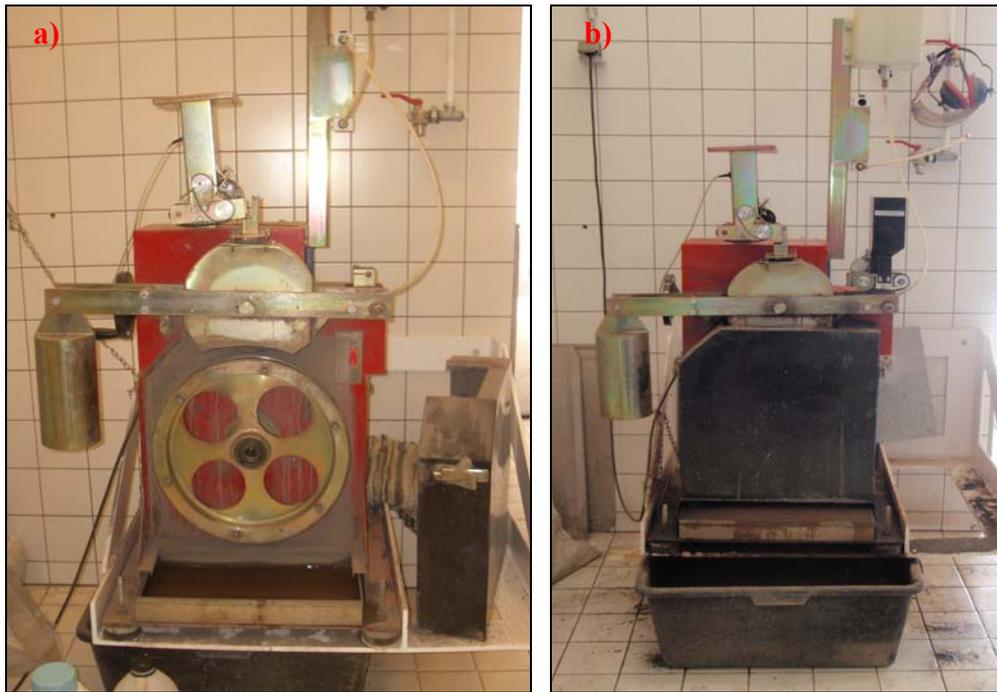


Abb. 4.4 a) und b) Schnellpoliermaschine

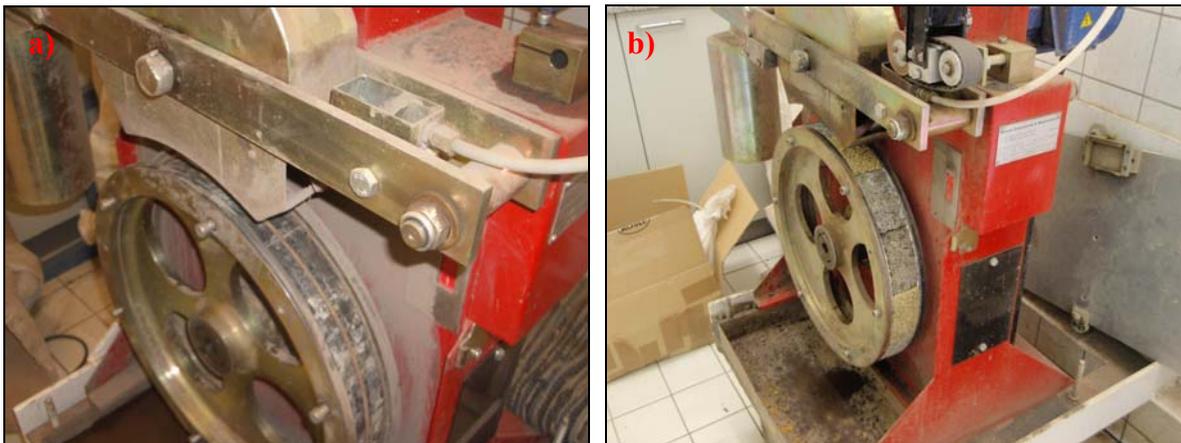


Abb.4.5 a) Proberad ohne Proben in der Schnellpoliermaschine

b) Proberad mit Proben in der Schnellpoliermaschine

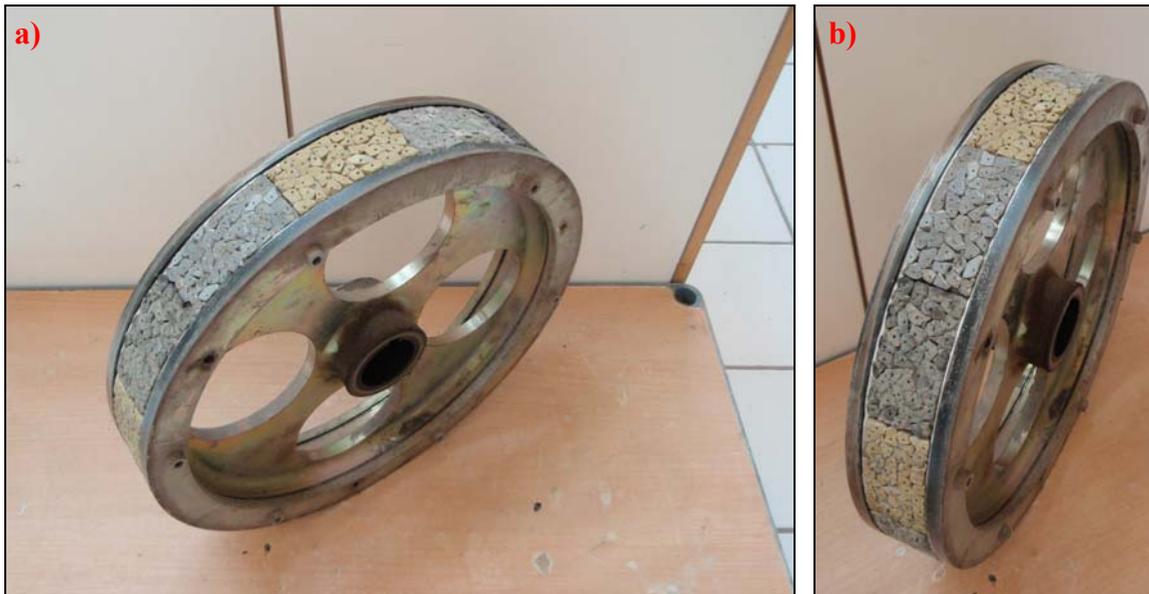


Abb. 4.6 a) und b) Prüfrad mit den eingelegten PSV-Körpern



Abb. 4.7 a) und b) Die Zugabe des Abrasivmittels (Korund) während des Betriebs der Schnellpoliermaschine.

4.2.1.2 Pendelversuch

Griffigkeitsprüfgerät (Pendelgerät)

Wichtig vor jedem Pendelversuch ist es, das Gerät zu überprüfen und ebenso die Kalibrierung - falls erforderlich - durchzuführen.

Ein federgespannter Gummi-Gleitkörper mit festgelegten Maßen ist so am Ende des Pendels befestigt, damit die Gleitkante ca. 510 mm von der Aufhängungsachse entfernt ist.

Der Probekörper wird in die vorgesehene Vorrichtung eingespannt und mit Wasser bespritzt und das Pendel ausgelöst. Auf der angezeichneten Skala kann die Griffigkeit des Gesteins abgelesen werden (ÖNORM EN 1097-8, 1999).

Ein Vorteil des Gerätes (Abb. 4.8 a,b) ist, dass es sowohl im Labor als auch direkt auf der Straße eingesetzt werden kann. Mit Hilfe des Tragegriffes kann es leicht transportiert werden.

Ein Nachteil des Pendelgerätes ist, dass es nur eine punktuelle Prüfung ist, sowohl im Labor auf dem Prüfkörper, als auch direkt auf der Straße (Lemmerhofer, 2008).

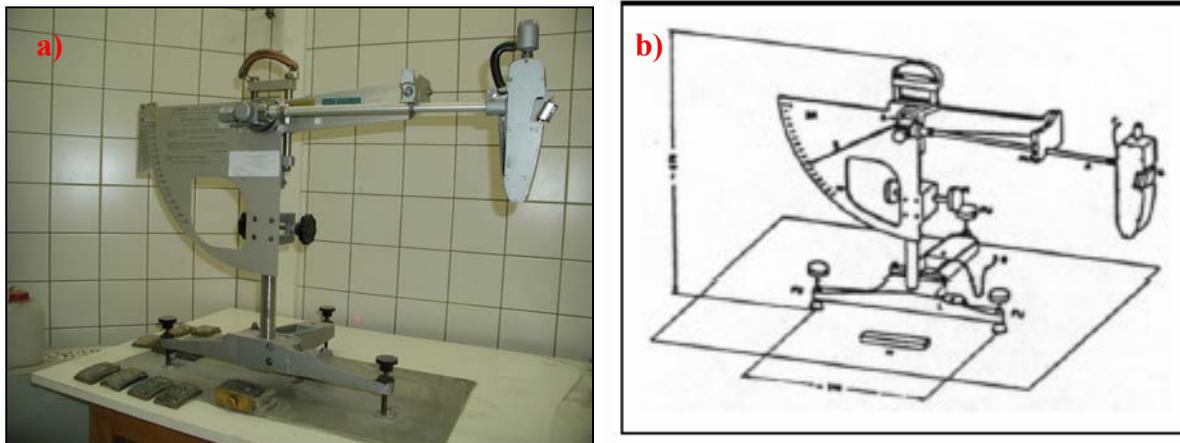


Abb. 4.8 a) Pendelgerät b) die schematische Darstellung (ÖNORM EN 1097-8, 1999).

4.2.2 Schleifscheibenverfahren nach Böhme

Der Volumenverlust vom Gestein wird durch das Lostrennen von kleinen Teilchen infolge schleifender Beanspruchung durch ein genormtes Schleifmittel hervorgerufen (ÖNORM B 3126 Teil 2).

Prüfkörper:

Ein Würfel mit den Maßen 7,1 cm x 7,1 cm x 8 cm wird aus dem zu prüfenden Gestein mit einer Trennscheibe/Kreissäge herausgeschnitten. Die Prüffläche beträgt ca. $50 \pm 2 \text{ cm}^2$, die gegenüberliegende Fläche des Prüfkörpers muss dazu parallel und eben sein (ÖNORM B 3126 Teil 2). Die Drehscheibe (Abb. 4.9 und 4.10) wird gleichmäßig mit 20 g künstlichem Korund (genormtes Schleifmittel) bestreut (Abb. 4.11 a,b) und der Würfel anschließend in die vorgesehene Halterung eingelegt. Die Halterung ist schwenkbar und muss vor der Prüfung befestigt werden. Es muss darauf geachtet werden, dass bei der Befestigung der Haltevorrichtung (Abb. 4.12 a,b) keine Vibrationen auftreten können. Anschließend wird ein Gewicht von einer Anpresskraft von $294 (\pm 3) \text{ N}$ durch einen Hebel auf den Prüfkörper gedrückt, dabei muss beachtet werden, dass die Belastung senkrecht auf der Mitte des Prüfwürfels übertragen wird. Dann ist die Schleifscheibe in Bewegung zu setzen und das Schleifmittel kontinuierlich und gleichmäßig auf die Schleifbahn (z.B. mit einem Besen) zurückzuführen, damit der künstliche Korund auf der Breite des Prüfkörpers verteilt bleibt.

Eine Prüfung umfasst 22 Umdrehungen = eine Periode.

Nach Abschluss der Periode wird das Gewicht vom Würfel entfernt, der Würfel aus seiner Ausnehmung herausgenommen, mit einem Pinsel von Staub und Korund gesäubert und gewogen, die Drehscheibe von dem abgenützten Korund und Gesteinsmehl mit einem Handbesen gereinigt. Danach wird erneut Korund als Schleifmittel gleichmäßig auf der Drehscheibe verteilt und der Würfel wird 90° - jeweils im gleichen Sinn - versetzt in die Halterung eingesetzt. Insgesamt sind 16 Perioden zu prüfen. Wenn der Würfel an allen 4 Positionen geprüft wurde, wird seine Fläche bestimmt.

Die Prüfung kann trocken und nass durchgeführt werden. Bei der Nassprüfung wird die Schleifbahn mit 20 g künstlichem Korund gleichmäßig bestreut und nun zusätzlich mit 15 ml Wasser beträufelt. Wie bei der Trockenprüfung muss auch bei der Nassprüfung das Schleifmittel auf die Schleifbahn zurückgeführt werden. Nach den einzelnen Perioden wird der Würfel aus der Halterung herausgenommen, mit einem Tuch oder einer Küchenrolle gereinigt, die Drehscheibe wird von dem Korund- und der Gesteinssuspension gereinigt - z.B.: mit einem Schwamm, der mehrmals in einem Kübel mit Wasser ausgewaschen wird, damit die Drehscheibe für jede Periode die gleiche Ausgangssituation hat.

Laut ÖNORM B 3126 Teil2 ist bei Gesteinen mit deutlicher Gefügeregelung parallel oder senkrecht zur Schichtung beziehungsweise zur Schieferung zu prüfen. In dieser Arbeit wurden die fünf Würfel (Abb. 4.16 a,b, 4.17, 4.18 a,b) einmal senkrecht zur Schichtfläche und einmal parallel zur Schichtfläche geprüft.

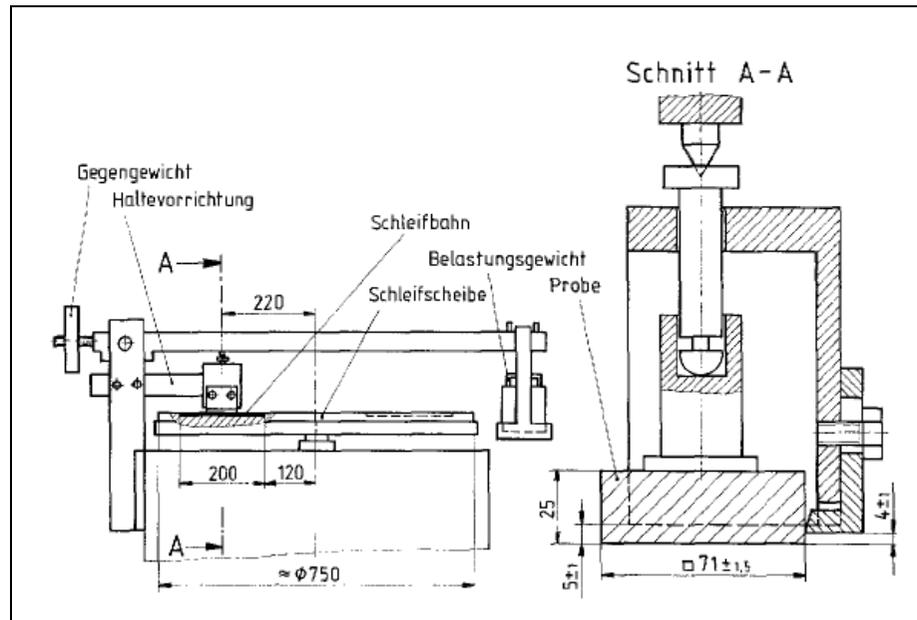


Abb. 4.9 Schematische Darstellung der Böhme-Scheibe (ÖNORM B 3126 Teil 2)

Das Verschleißprüfgerät nach Böhme besteht im Wesentlichen aus einer Schleifscheibe mit Schleifbahn, einer Haltevorrichtung für den Prüfkörper und einer Belastungseinrichtung (Gewicht), (ÖNORM B 3126 Teil 2), (Abb. 4.9).



Abb. 4.10 Böhmescheibe

Die Schleifscheibe besteht aus Gusseisen, muss ein perlitisches Gefüge haben und hat einen Durchmesser von ca. 750 mm (Abb.4.10).



Abb. 4.11 a) und b) gleichmäßiges Auftragen des künstlichen Korunds

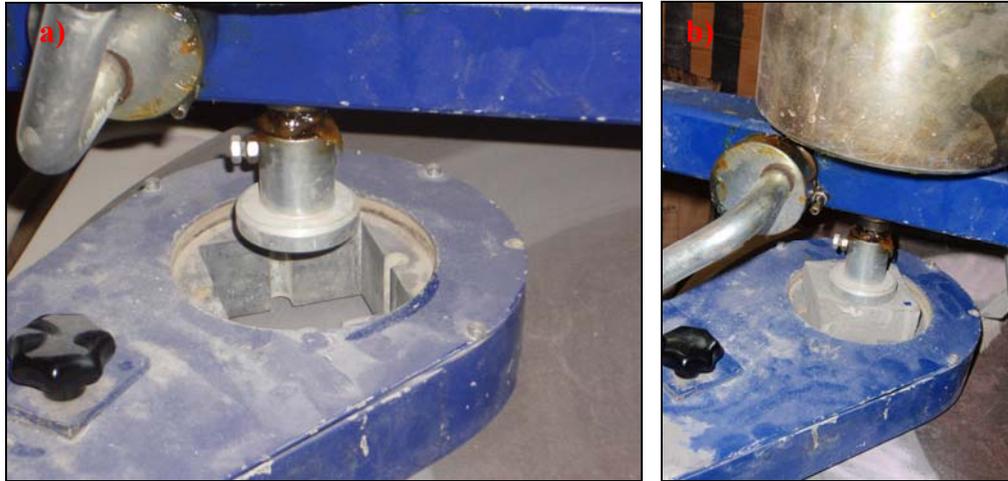


Abb. 4.12 a) Haltevorrichtung und b) Haltevorrichtung mit Prüfwürfel
mit Gewicht beschwert

4.2.2.1 Rohdichte

Das Verhältnis der Masse vom Volumen inklusive des Porenraums wird laut der ÖNORM B 3685 (1988), (Asphalt-Norm) bestimmt.

Die herausgeschnittenen Würfel (Abb. 4.13 a,b) werden mit Klebeband umwickelt, damit kein Wasser bei der Tauchwiegung in das Gestein eindringen kann. Die Dichte des Klebebandes ist bekannt. Wichtig ist dabei, dass die Ecken und Kanten gut zugeklebt sind, damit kein Wasser eindringen kann. Der Würfel wird mit der Tauchwaage unter Wasser gewogen (Abb. 4.14 a) und danach mit einem Tuch getrocknet und dann feucht gewogen (Abb. 4.14 b).

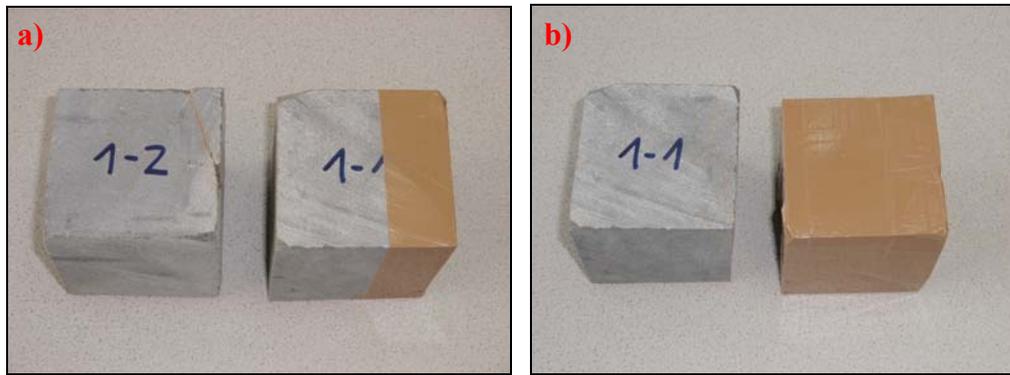


Abb. 4.13: a) Vorbereitung für die Rohdichte
 b) Probewürfel ist vollständig mit Klebeband überzogen

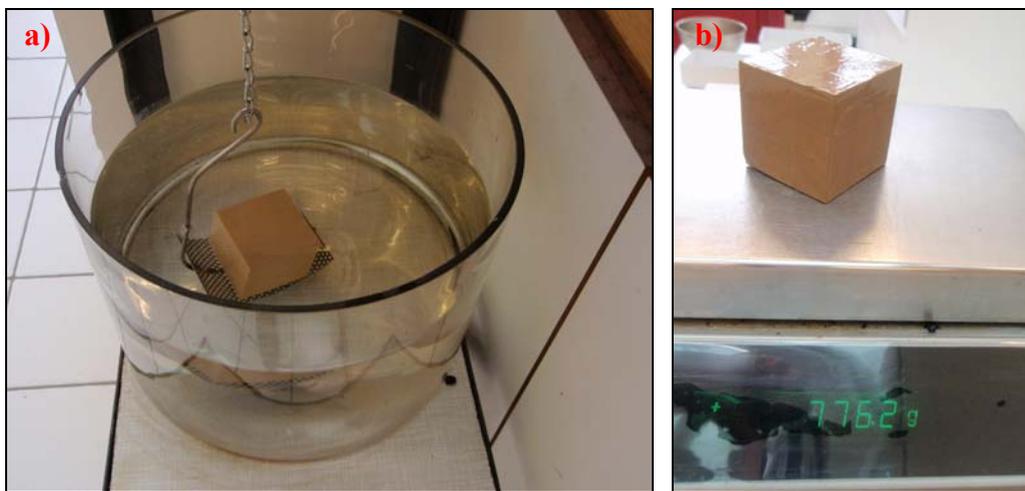


Abb. 4.14 a) Tauchwiegung b) feuchtes Wiegen des Probekörpers

Es wurden zu den entnommenen Proben aus den Stollen (Abb. 4.15 a) und dem Steinbruch auch zwei Schleifsteine (Abb. 4.15 b) untersucht.



Abb. 4.15 a) Probe WY2 und b) der graue Schleifsteinen haben die gleiche Rohdichte

4.2.2.2 Reindichte

Die Reindichte wird durch das Pyknometer bestimmt laut der ÖNORM B 3121 (1978). Zuerst wird das Pyknometer leer mit Stoppel gewogen. Anschließend wird ca. 2-3 g Probe der Körnung 0/4 eingewogen und abermals das Pyknometer mit Stoppel mit der Probe gewogen. Danach wird das Pyknometer mit destilliertem Wasser gefüllt. Das Wasser soll am besten nach und nach zugegeben werden und das Glasgefäß langsam geschwenkt werden, damit sich die Probe mit dem Wasser vermischen kann. Wichtig ist, dass am Schluss weder Luftblasen in der Probe noch im Pyknometer vorhanden sind, um ein genaues Ergebnis zu erzielen. Wenn das Pyknometer vollständig mit Wasser gefüllt ist, wird mit „Schwung“ der Stoppel darauf gesetzt und das überschüssige Wasser spritzt aus der Öffnung heraus - der Stoppel hat eine dünne Röhre, damit die restliche Luft und das überschüssige Wasser austreten können. Durch leichtes Klopfen und Drehen werden die restlichen Luftblasen aus dem Pyknometer entfernt und wenn sicher gestellt ist, dass keine Luft mehr darin ist, kann das Glasgefäß gewogen werden. Dadurch kann dann die Reindichte errechnet werden.

Danach wird das Gefäß ausgewaschen und im Trockenschrank bei ca. $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ getrocknet. Danach ist das Pyknometer wieder einsatzbereit. Bei mehreren Reindichte-Bestimmungen sollte wenn möglich immer dasselbe Pyknometer verwendet werden, um eventuelle Fehler möglichst gering zu halten.

Probewürfel für das Schleifscheiben Verfahren nach Böhme

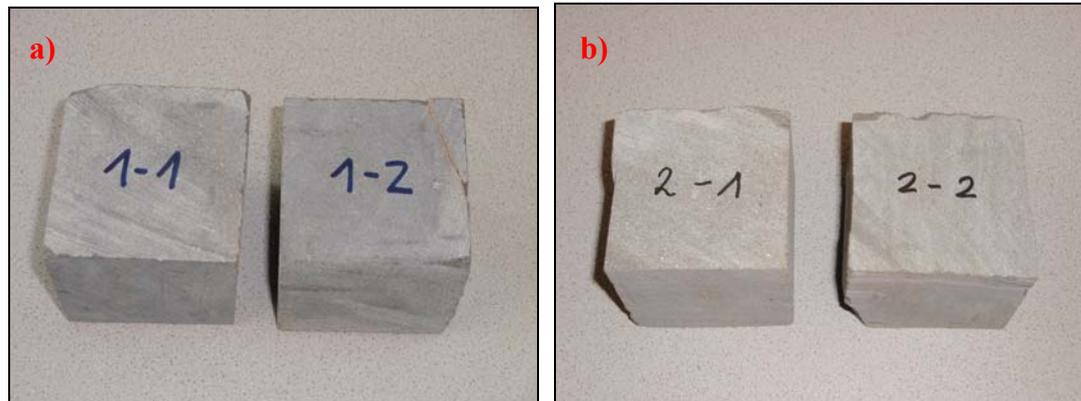


Abb. 4.16: a) 1 = WY1 b) 2 = WY2



Abb. 4.17: 3 = RW3

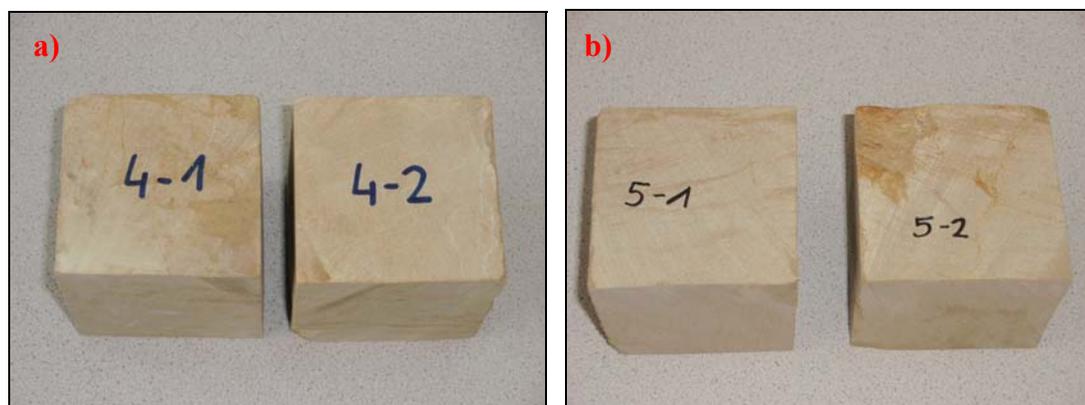


Abb. 4.18: a) 4 = K4 b) 5 = K5

Vor-/Nachteil:

Da die heimischen Materialien mittels Böhme-Versuch schon alle geprüft sind, wird dieses Verfahren nicht mehr oft eingesetzt. Die Natursteine haben auch zurzeit keine große Bedeutung im Bauwesen.

Für das Schleifscheibenverfahren nach Böhme müssen zuerst die Probewürfel geschnitten werden, was etwas Übung benötigt, damit die Würfel alle in etwa gleich groß sind und die Flächen parallel sind. Der anfallende Schmutz und die Dauer der Prüfung ist ein Nachteil der Böhme-Scheibe. Nach jeder Periode muss die Schleifscheibe von neuem gereinigt werden, die Würfel gereinigt und gewogen werden, und erneut der künstliche Korund aufgetragen werden. Dies nimmt viel Zeit in Anspruch und der Versuch ist daher sehr aufwändig. Ein Pluspunkt des Verfahrens ist, dass die Prüfwürfel sowohl trocken als auch nass geprüft werden können. Weiters benötigt man die Roh- und Reindichte des Gesteins um den Schleifabrieb des Versuchs normgerecht errechnen zu können.

Wenn Roh- und Reindichte bereits vorliegen, müssen diese nicht erneut ermittelt werden.

4.2.3 LCPC-Test

Durch den LCPC-Test können der Abrieb am Metall durch das Gestein und die Brechbarkeit des Gesteins selbst ermittelt werden. Der Abrieb am Metall wird mittels Wiegen bestimmt und die Brechbarkeit des Gesteins wird durch eine simple mathematische Formel berechnet. Der Test wird laut der französischen Norm Afnor p18-579 (1990) durchgeführt.

Trockenprüfung:

Zuerst wird das Stahlplättchen (Stahl ST52) abgewogen und im Gerät (Abb. 4.19 a,b) mit einer Schraube befestigt. Dann wird der Behälter gleichmäßig von unten angeschraubt. Danach werden 500 g Probe der Körnung 4/6,3 abgewogen und in das Gerät gefüllt (Abb. 4.20 a). Man muss darauf achten, dass alle Körner in das Gerät rutschen.

Die Prüfung dauert 5 Minuten.

Danach wird das Gerät abgeschaltet, der Behälter vorsichtig herunter geschraubt und der Feinanteil mit einem 1,6 mm Sieb abgesiebt und anschließend gewaschen und getrocknet. Das Stahlplättchen wird heruntergeschraubt und mit einem sauberen Tuch gereinigt und abgewogen. Wenn das Gestein getrocknet und abgekühlt ist, wird es auch gewogen.

Nassprüfung:

Es werden 500 g der Probe abgewogen und über Nacht mit Wasser gesättigt. Am nächsten Tag wird das Wasser vorsichtig abgeleert und die Probe mit einem trockenen Tuch leicht abgetupft. Die feuchte Probe wird abgewogen. So kann man die Wasseraufnahme bestimmen - Probe wassergesättigt minus Probe trocken = Wasseraufnahme.

Der Test erfolgt in gleicher Weise wie für die trockene Probe.

LCPC-Wert:

Stahlplättchen vorher – Stahlplättchen danach = ... * 2000 = ...g/t

Brechbarkeit:

Die Brechbarkeit wird bestimmt, um zu erfahren, wie viel Prozent des Materials nach der Prüfung < 1,6 mm sind. Probe K4 hatte eine besonders hohe Brechbarkeit (Abb. 4.20 b).

Rückwaage < 1,6 mm / Einwaage (500g) * 100 = ...%

Wassergehalt:

Der Wassergehalt der Proben liegt über 1%. Das ist ein hoher Wassergehalt und die Sandsteine gelten als nicht frostsicher.

Der Wassergehalt wird wie folgt berechnet:

wassergesättigte Probe – trockener Probe = Wassergehalt

Die Nassprüfung hat nicht die gewünschten Resultate gebracht. Die feuchten Körner werden durch das Stahlplättchen teilweise zerschlagen und werden an den Becherrand gepresst und bilden dort einen „Mörtel“. Ganze Körner werden in den „Mörtel“ hineingedrückt und überhaupt nicht geprüft. Daher entstehen bei der LCPC-Nassprüfung Zufallswerte. Die Prüfung ist daher ausschließlich für trockene Körnungen zuverlässig und bringt reproduzierbare Werte.

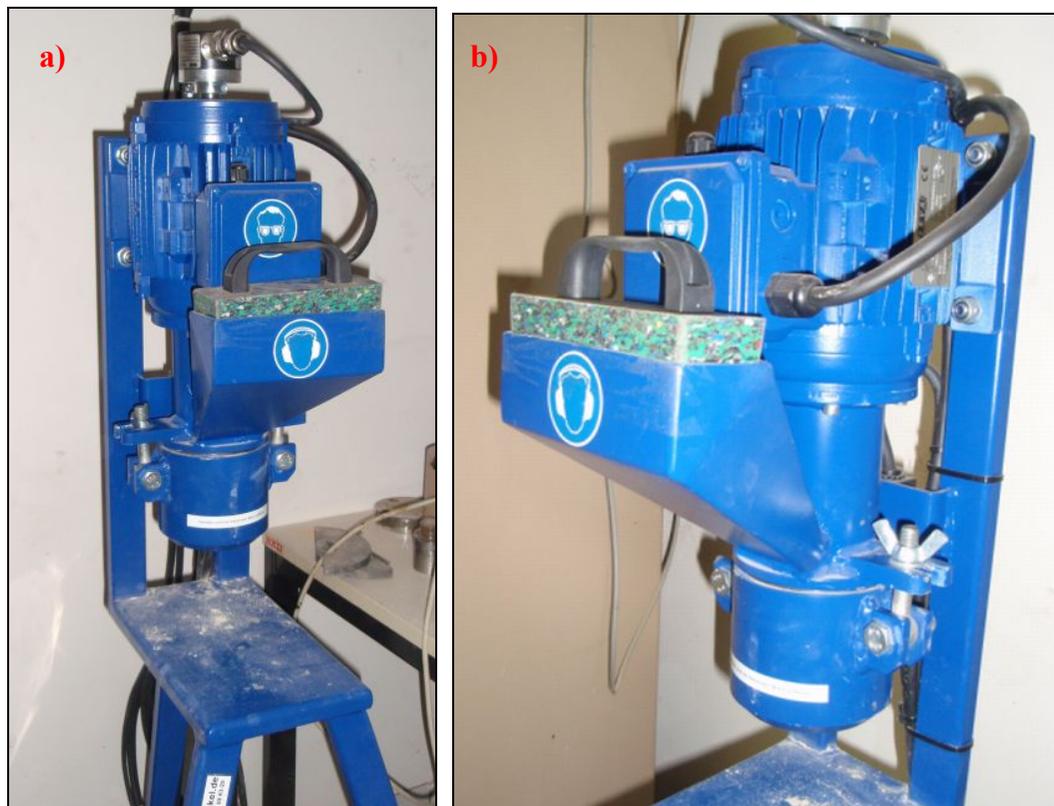


Abb. 4.19 a) und b) zeigen das LCPC-Gerät



Abb.4.20 a) Probe wird über die Rampe in den Behälter geleert
 b) Probe K4 (Klosterneuburg weich) nach der Prüfung.

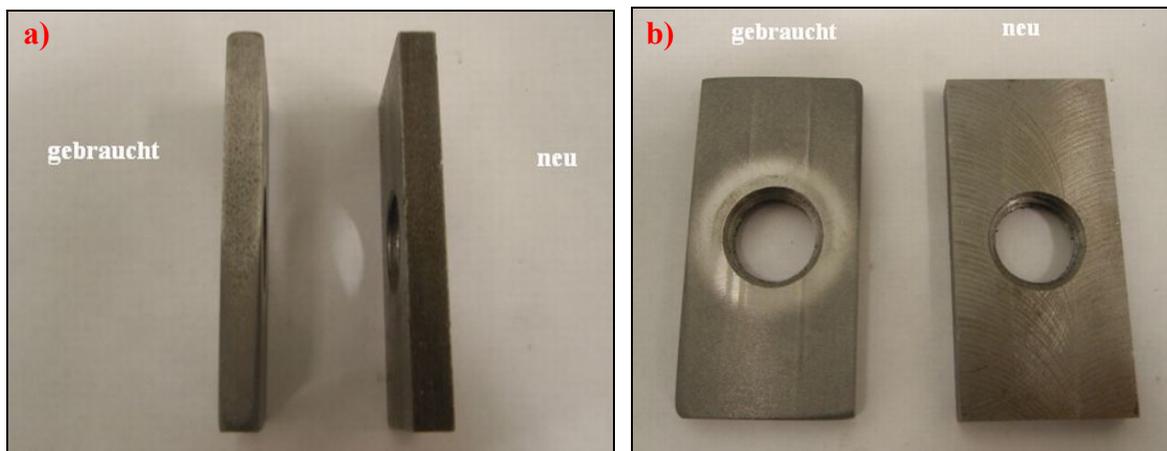


Abb. 4.21: a) Seitenansicht der Stahlplättchen und b) Frontansicht der Stahlplättchen

In den Abbildungen 4.21 a und 4.21 b ist der Unterschied zwischen den gebrauchten und nicht gebrauchten Stahlplättchen aus dem Stahl ST52 gut zu erkennen. Jeweils rechts befinden sich die noch ungebrauchten Stahlplättchen, die noch scharfe Kanten zeigen. Bei den gebrauchten Plättchen jeweils links kann man die Abnutzung erkennen. Die Ecken sind abgerundet und in der Mitte ist ein „Kreis“ um das Loch erkennbar, wo das Stahlplättchen mit der Schraube am Gerät befestigt worden ist.



Abb. 4.22: gebrauchte Stahlplättchen

In der Abbildung 4.22 ist deutlich erkennbar, in welche Richtung sich das Stahlplättchen im Inneren des Behälters gedreht hat - jedes Plättchen zeigt die gleichen Abnützungerscheinungen auf. Das Plättchen rotiert gegen den Uhrzeigersinn - da die linke Vorderseite und die rechte Hinterseite des Plättchens stark beansprucht sind.

Pro Prüfung wird nur ein Plättchen eingesetzt.

Vor-/Nachteil:

Das LCPC-Gerät ist erst seit ein paar Jahren im Einsatz. Das Gerät kann entweder auf einem Tisch stehen oder auf einem Gestell fixiert werden und wäre auch transportabel, damit man es z.B.: in einem Steinbruchlabor einsetzen kann.

Ein ganz klarer Vorteil ist, dass die Prüfung sehr schnell geht. Das Stahlplättchen wird zuerst gewogen, dann in das Gerät geschraubt, das Material (Splitt) eingefüllt und nach ca. 5 min ist der Versuch abgeschlossen. Das geprüfte Gestein wird gesiebt, das Plättchen noch mal gewogen. Es wird der Verschleiß am Stahlplättchen ermittelt und die Brechbarkeit des Splitts errechnet.

Der Nachteil des Gerätes ist, dass für jede Prüfung ein neues Stahlplättchen verwendet werden muss. Das Gerät ist nicht für Nassprüfungen geeignet, sondern nur für trockene Körnungen verwendbar.

5. Ergebnisse

5.1 Profile

Das Profil Waidhofen (Abb. 5.1) wurde während der Begehung im stillgelegten Stollen von Waidhofen/Ybbs aufgenommen. Hier erkennt man eine typische Flyschabfolge von Sandstein und Mergel. Aus den Mergellagen 2 und 4 wurden Proben (T4 und T1) für die tonmineralogischen Untersuchungen entnommen.

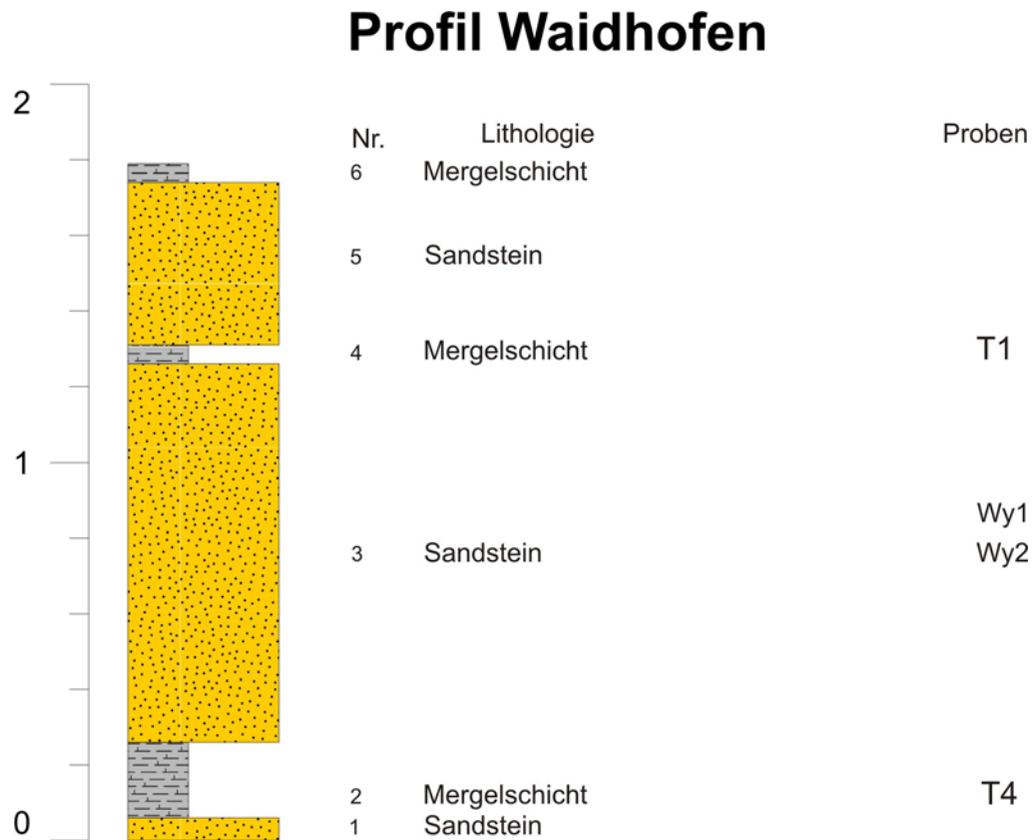


Abb. 5.1: Profil aus dem Stollen in Waidhofen/Ybbs.

Die ein Meter mächtige Sandsteinschicht (Schicht 3), aus der die Proben WY1 und WY2 stammen, wurde abgebaut und für die Herstellung von Schleifsteinen und Mühlsteinen verwendet. In der Abbildung 5.2 kann man heute noch die Schrämmspuren des damaligen Abbaus erkennen. In dieser Bank ist eine gradierte Schichtung erkennbar.



Abb. 5.2: 1 m mächtige Sandsteinbank, die Schrämmspuren des damaligen Abbaus sind noch zu erkennen

Während der Begehung des Stollens der Familie Greifner wurde das Profil Rote Wütte (Abb. 5.3) aufgenommen. Die für die Flyschzone so charakteristische Wechsellagerung von Grobsandstein und Mergel ist hier sehr gut dokumentiert. Aus der Mergellage 14 wurde die Probe RW1 entnommen und tonmineralogisch analysiert.

Rote Wütte

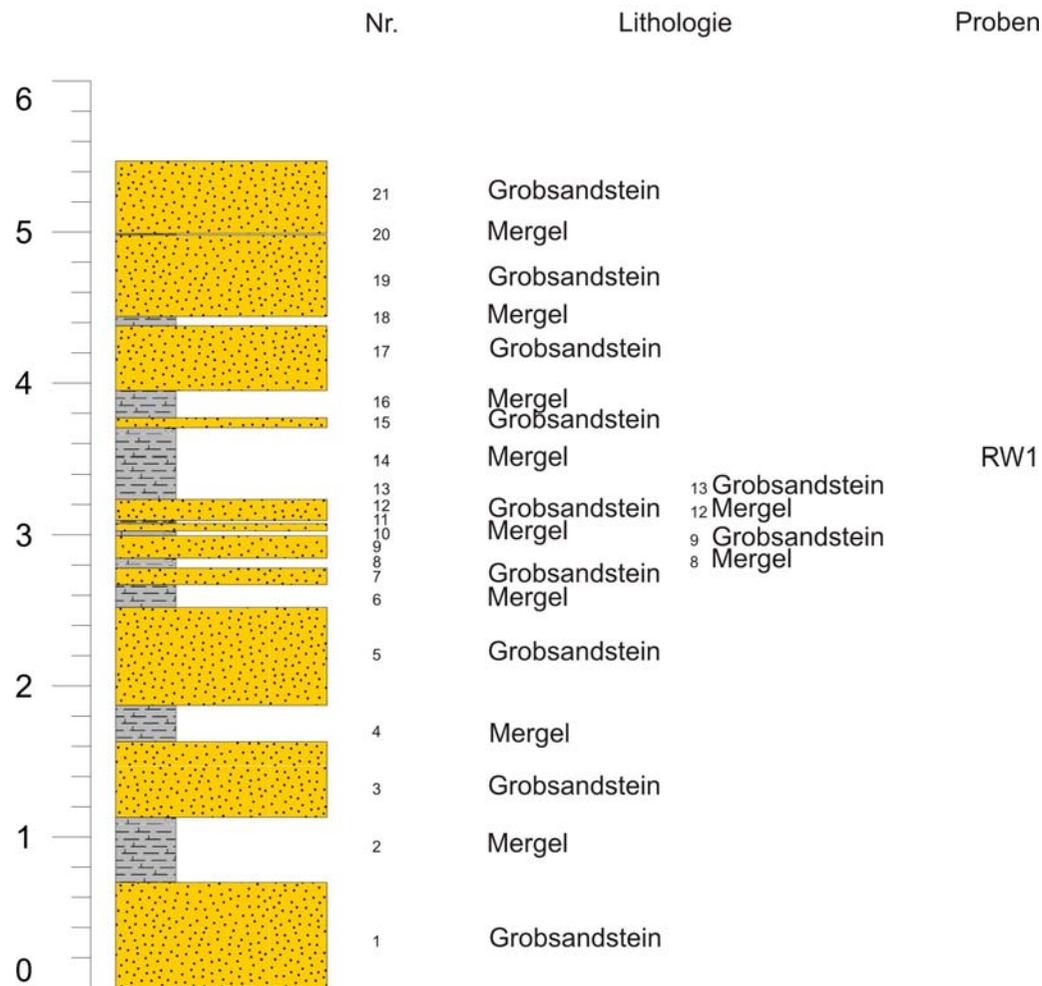


Abb. 5.3: Profil aus dem Stollen Roten Wütte.

Das folgende Profil (Abb. 5.4) stammt aus dem stillgelegten Steinbruch bei Klosterneuburg, in der Nähe des Weißen Hofes. Hier handelt es sich hauptsächlich um eine Abfolge von Sandsteinen. In diesem Profil treten einige Aufschlusslücken auf. Es kann vermutet werden, dass sich in diesen Aufschlusslücken einmal Mergel befunden haben, die wahrscheinlich herausgewittert sind.

Profil Klosterneuburg

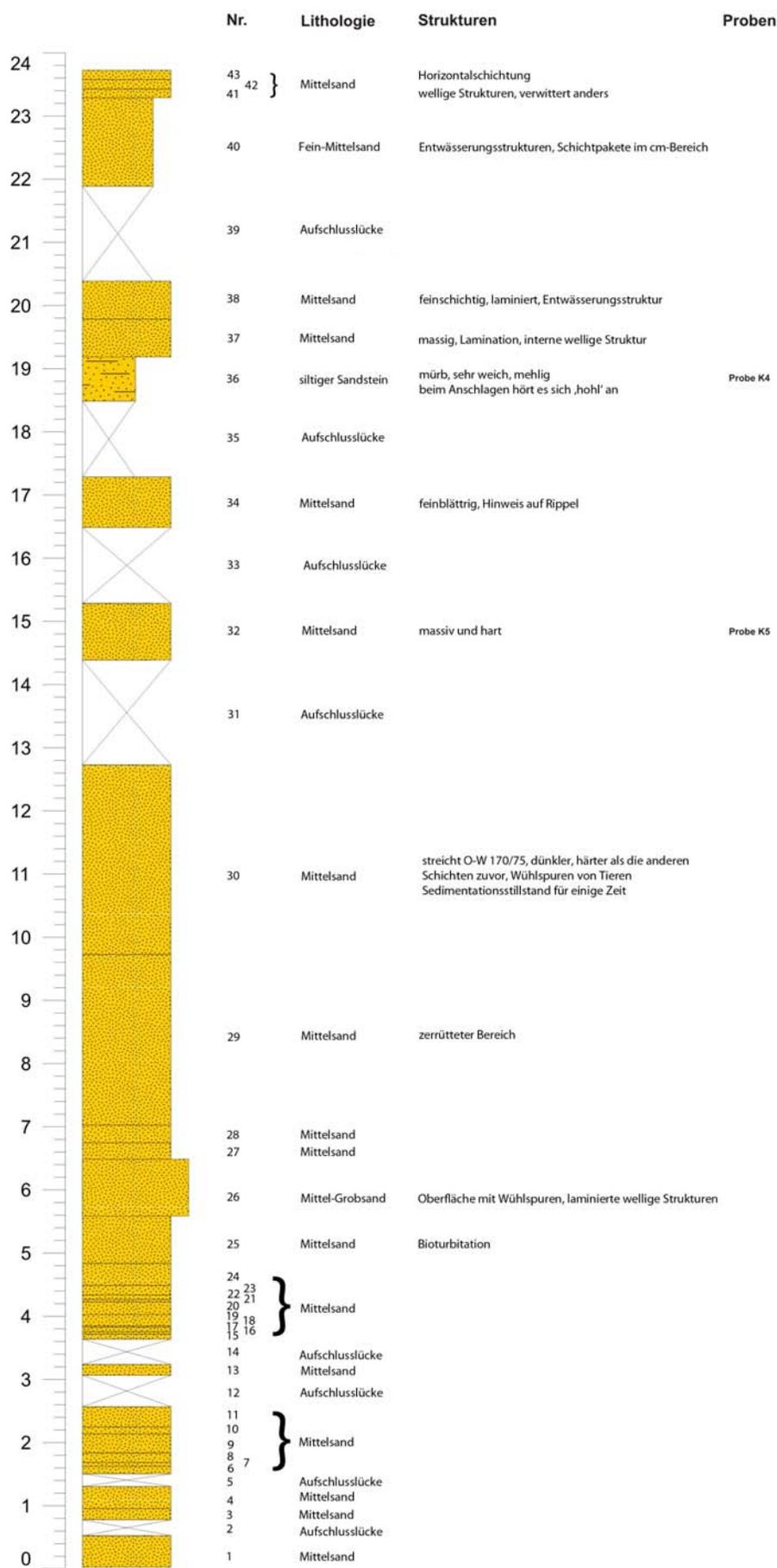


Abb. 5.4: Profil aus dem Steinbruch von Klosterneuburg.

Ein Hinweis darauf ist, dass an der Unterseite von Sandsteinbänken flute casts (Abb. 5.6) zu sehen sind. Es sind aber auch Entwässerungsstrukturen (Abb. 5.5 a) in den Schichten sichtbar und biogene Lebensspuren (Abb. 5.5 b) zu erkennen. Auf der Schicht 26 sind Kriechfährten von Seeigeln (Abb. 5.7 a,b) wahrzunehmen.

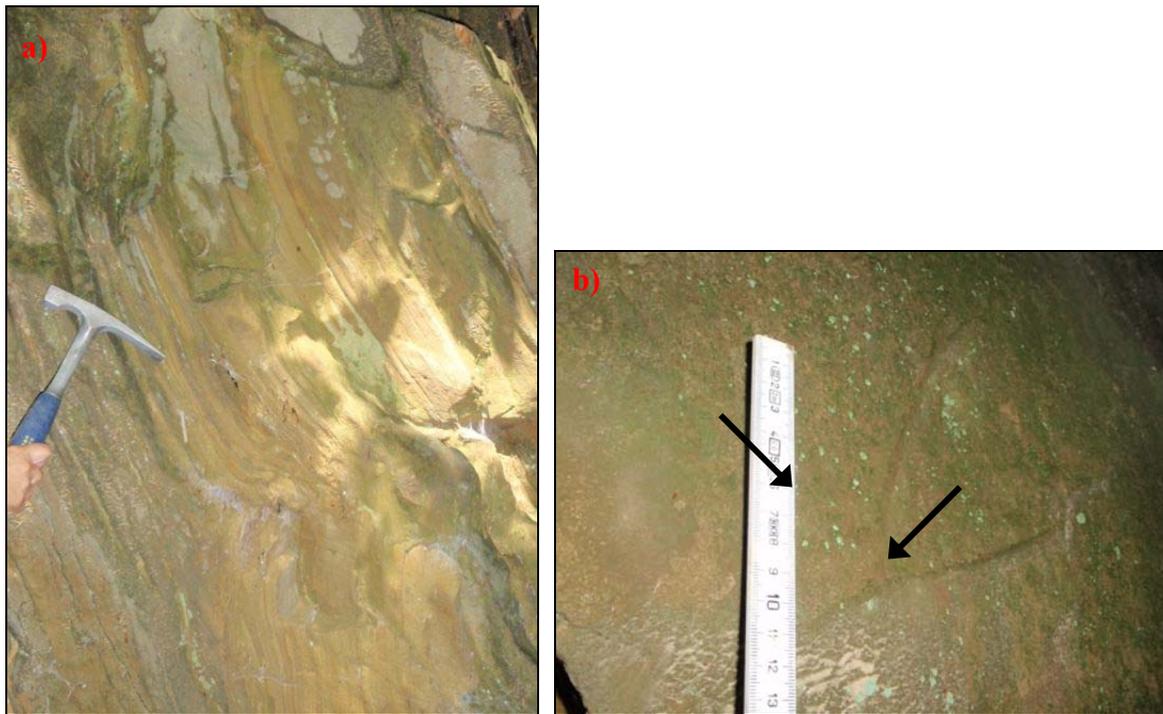


Abb. 5.5 a) Entwässerungsstruktur b) biogene Spuren.

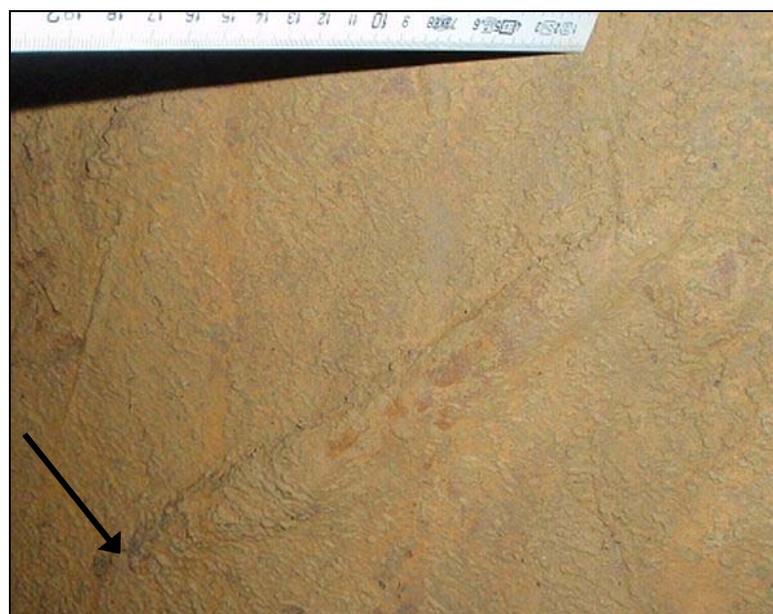


Abb. 5.6: In der Mitte der Abbildung ist ein Fließmarke (flute cast) ersichtlich.

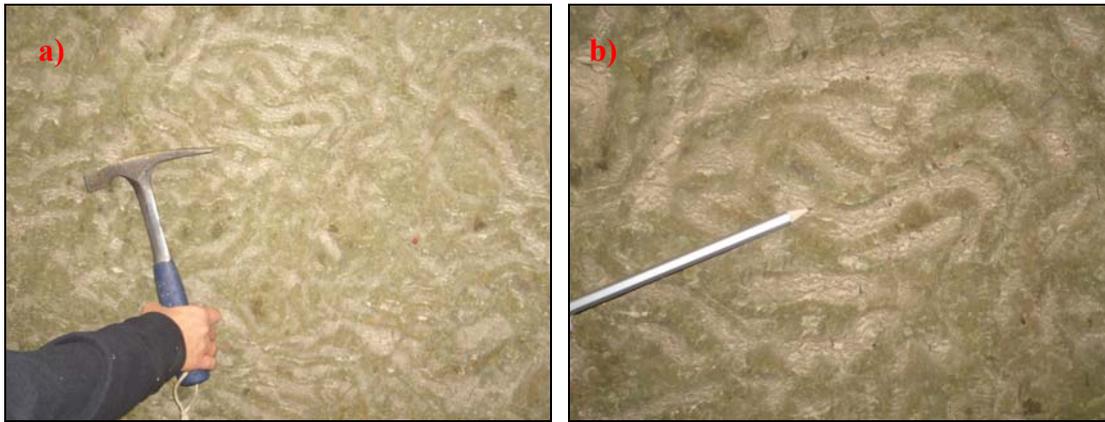


Abb. 5.7 a) und b) Auf der Schicht sind Kriechfährten (Seeigelfährten) zu erkennen.

An der Oberseite einer Schicht (Abb 5.4, Schicht 26) kann man die eng verschlungenen Kriechfährten von Seeiegeln (*Scolicia*) (Abb. 5.7 a,b) erkennen (Wessely, 2006). In der Flyschzone sind erhaltene Fossilien äußerst selten. Spurenfossilien wie Fraß-, Kriech- und Gangspuren von Organismen sind aber typisch für Flyschablagerungen (Wessely, 2006).

In die frisch abgelagerten Sedimente, die noch nicht verfestigt sind, kriechen Organismen, graben Wohnbauten und wühlen das Sediment auf. Die Kriechspuren, Wohnbauten, Fraßspuren werden mit sandigem Material ausgegossen und sodann durch die Diagenese verfestigt.

Die Proben K4 und K5 stammen aus der Schicht Nr. 36 beziehungsweise Nr. 32.

5.2 Petrologische Untersuchungen und Chemie

5.2.1 Dünnschliffuntersuchungen

Waidhofen 1 (WY1)

1) Hauptgemengteile

- Quarz (mono- und polykristallin, eckige Körner), Hellglimmer (Leisten, die um Quarzkörner gebogen sind), Calcit zement (Fe^{2+} -arm und Fe^{2+} -reich), Dolomit zement ($\text{Fe}/\text{Mg} < 1$), Biotit, Gesteinsfragmente, (Hornstein [ca. 1/3] und Karbonat [ca. 2/3]), Chlorit (faserig ausgebildet), Feldspat

2) Nebengemengteile

- Glaukonit, Oxide

3) Akzessorien

- Schwerminerale

4) Gefüge, Matrix, Zement

- schlecht sortiertes und uneingeregelttes Gefüge; große und kleine Minerale (größtes Korn 1050 μm), durch Calcit zementiert.

5) Klassifikation

- Litharenit

Die folgenden Abbildungen 5.8 a,b und 5.9 a,b zeigen Dünnschliff-Fotos der Probe WY1 im Durchlicht und unter gekreuzten Nicols. Die größten Körner mit ca. 1050 μm sind meist polykristalline Quarze wie in den Abbildungen 5.8 a,b zu sehen ist. Gut erkennbar sind auch der blau eingefärbte Fe-reiche Dolomit zement und Calcit zement (Fe^{2+} -arm und Fe^{2+} -reich) (Abb. 5.9 a,b).

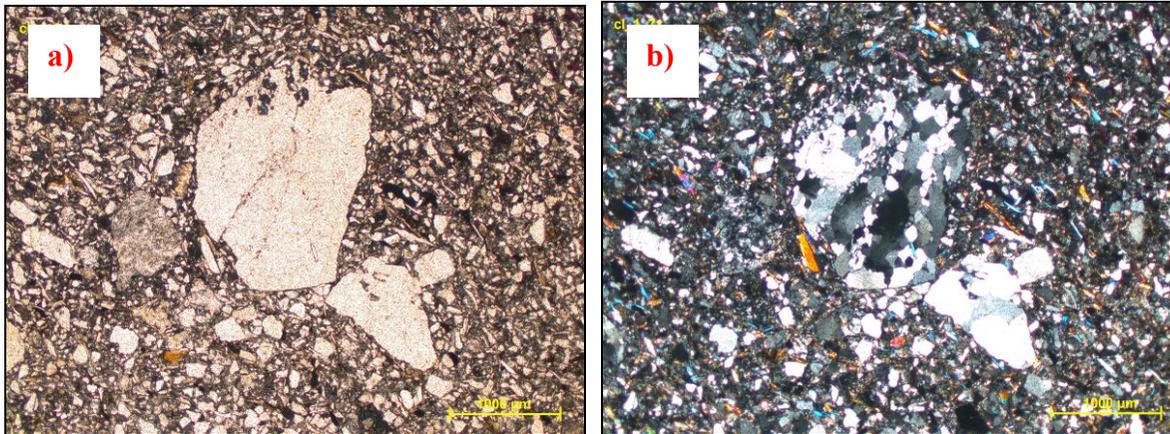


Abb. 5.8: WY1 a) Übersichtsansicht: große polykristalline Quarzkörner (bis 1050 µm) und kleinere monokristalline Quarzkörner und Hellglimmerleisten in Calcitcement eingebettet
 b) Übersichtsfoto zeigt die Minerale unter gekreuzten Nicols.

Maßstab: 1000 µm

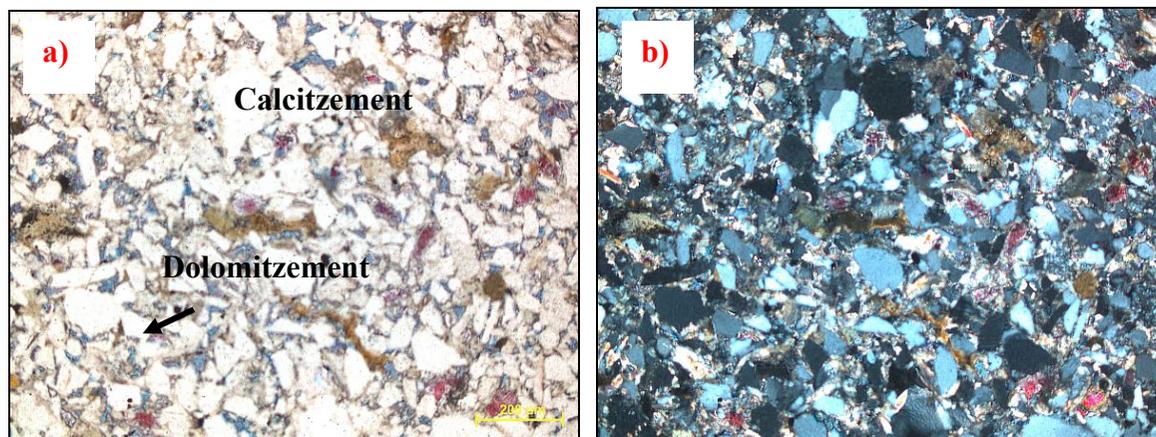


Abb. 5.9: WY1 a) Im Durchlicht kann man den blau eingefärbten Dolomitcement (hellblau) gut erkennen, ebenso Calcitkörner und -zement (rot) und eisenreiche Phasen, die braun sind.

b) Dünnschliff unter gekreuzten Nicols

Maßstab: 200 µm

Waidhofen 2 (WY2)

1) Hauptgemengteile

- Quarz (mono- und polykristallin, eckige Körner), Hellglimmer, Calcitzement (Fe^{2+} - arm und Fe^{2+} - reich), Calcit-Körner, Plagioklas, Gesteinsfragmente (Hornstein [ca. 1/3] und Karbonat [ca. 2/3]), Biotit, Chlorit (Umwandlung von Biotit zu Chlorit - Chloritisierung!), K-Feldspat

2) Nebengemengteile

- Glaukonit, Oxide

3) Akzessorien

- Schwerminerale

4) Gefüge, Matrix, Zement

- eingeregelt Gefüge der Hellglimmerleisten, ein Teil der Hellglimmer wachsen um Minerale herum oder in Quarzkörner hinein, Calcitzement (sekundär gebildet)

5) Klassifikation

- Litharenit

Die Dünnschliff-Fotos der Probe WY2 (Abb. 5.10 a,b und 5.11 a,b) zeigen Hellglimmerleisten, die eingeregelt und um Mineralkörner angeordnet sind. Lithische Fragmente sind in den Dünnschliffen erkennbar, wie auch monokristalliner und polykristalliner Quarz.

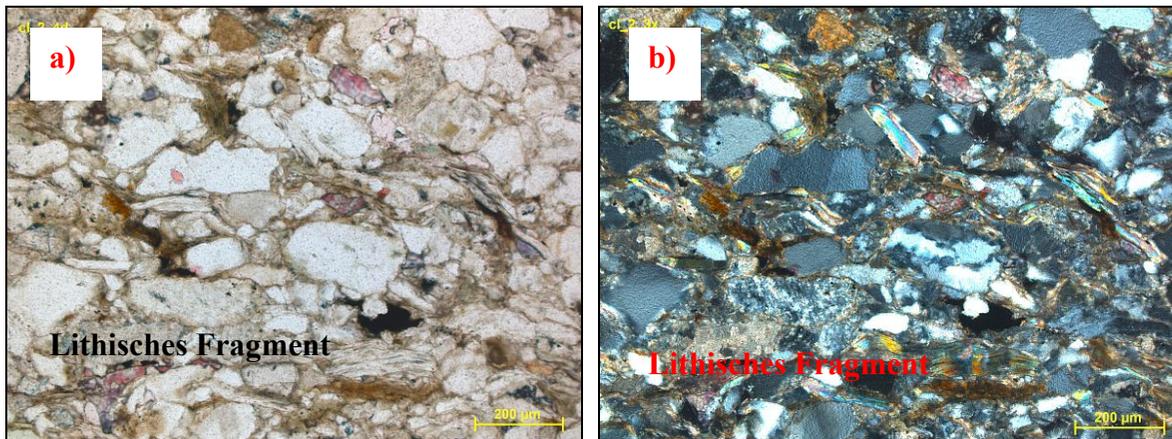


Abb. 5.10: WY2 a) Im Durchlicht erkennt man Gesteinsfragmente (Lithische Fragmente), auch Glimmer und Quarz b) unter gekreuzten Nicols kann man Quarz, Hellglimmerleisten, Calcizement, Gesteinsbruchstücke und Biotit erkennen

Maßstab: 200 µm

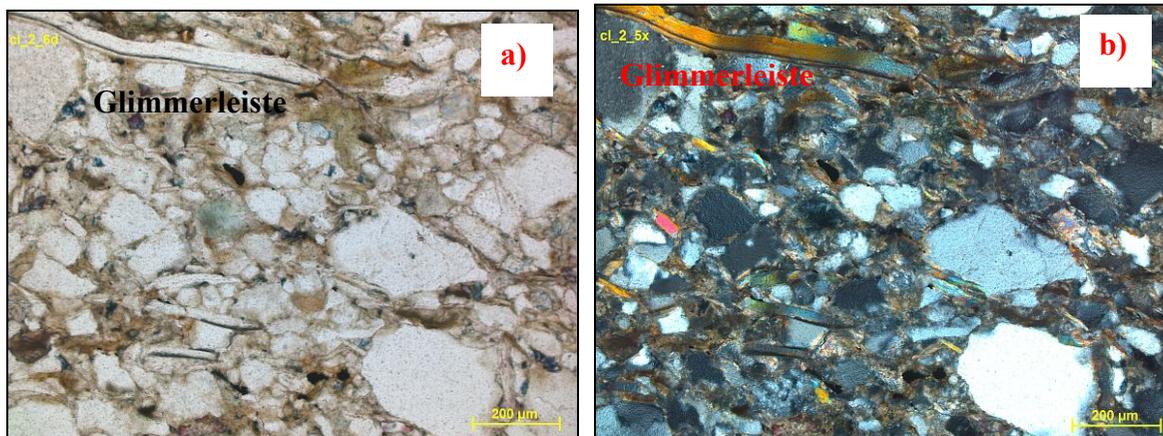


Abb. 5.11: WY2 a) links oben kann man eine gut ausgebildete Glimmerleiste sehen, weiter unten mehrere kleinere. Die braunen Phasen sind eisenreich. b) unter gekreuzten Polarisatoren kann man Quarz, Hellglimmerleisten, die leicht gebogen sind, erkennen; weiters Calcizement und Gesteinsbruchstücke.

Maßstab: 200 µm

Rote Wütte (RW3)

- 1) Hauptgemengteile
 - Quarz (meist mono-, selten auch polykristallin ausgebildet, eckige Körner), Hellglimmer, Calcitzement (Fe^{2+} -arm und Fe^{2+} -reich), Gesteinsbruchstücke (Karbonat)
- 2) Nebengemengteile
 - Oxide, Glaukonit
- 3) Akzessorien
 - Schwerminerale – Zirkon (idiomorph ausgebildet), können auch gerundet sein
- 4) Gefüge, Matrix, Zement
 - gut sortiert, durch Calcit zementiert (sekundär gebildet)
- 5) Klassifikation
 - Litharenit

Die Abbildungen 5.12 a,b und 5.13 a,b zeigen die Probe RW3 im Dünnschliff, im Durchlicht und auch unter gekreuzten Polarisatoren. Deutlich zu erkennen ist, dass Calcitkörner teilweise aufgelöst und wieder als Calcitzement im Porenraum auskristallisiert sind. Der Calcitzement wird gegen den Porenrand hin Fe-reicher. Die Quarzkörner sind eckig ausgebildet.

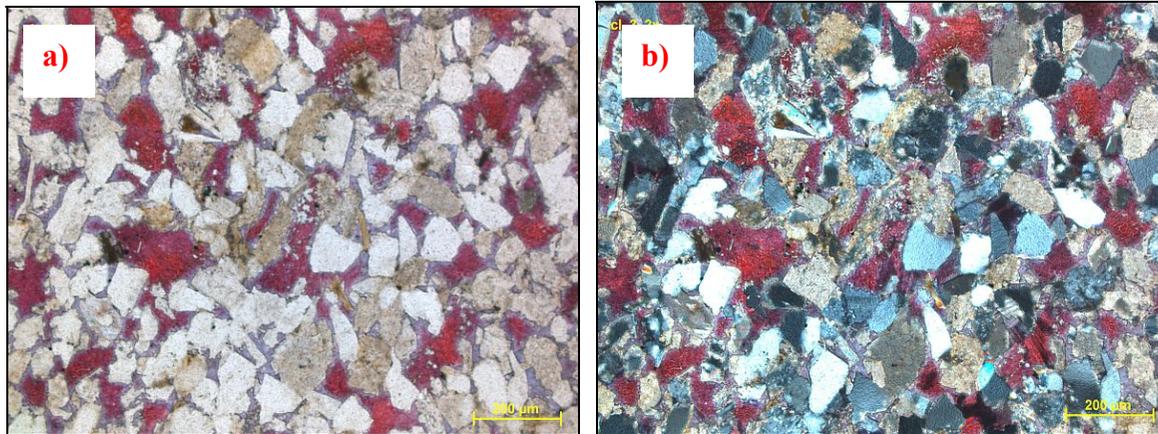


Abb. 5.12: RW3 a) Rot eingefärbter Calcit, gegen den Porenrand wird der Calcitzement Fe-reicher, auch Gesteinsbruchstücke und eckige Quarzkörner
 b) Foto unter gekreuzten Nicols
 Maßstab: 200 µm

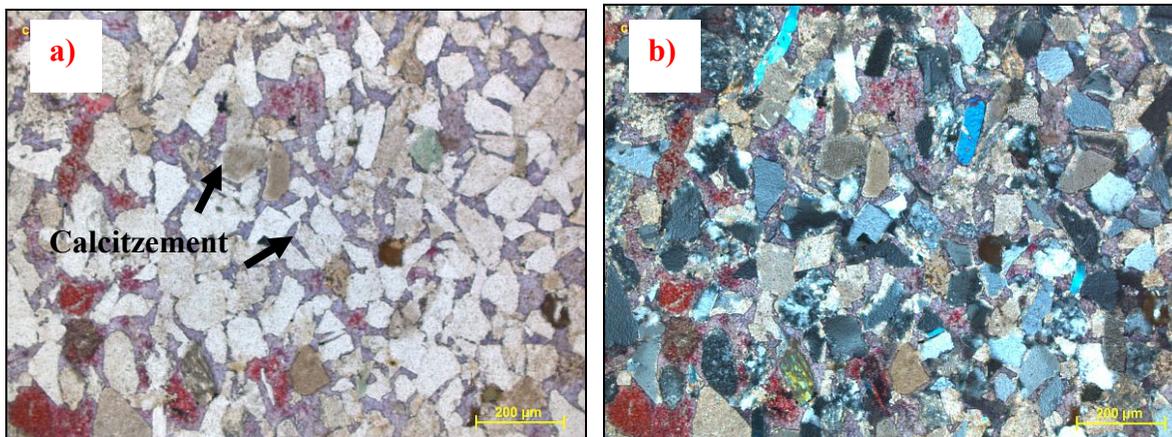


Abb. 5.13: RW3 a) Fe-reicher Calcitzement, der lila eingefärbt ist, erkennen und ein grünes Glaukonitkorn. b) Dünnschliffphoto mit gekreuzten Nicols
 Maßstab: 200 µm

Klosterneuburg (K4)

- 1) Hauptgemengteile
 - Quarz (monokristallin, eckige Körner), Chlorit, Gesteinsfragmente
- 2) Nebengemengteile
 - Glaukonit, Hellglimmer
- 3) Akzessorien
 - Schwerminerale – Staurolith, Zirkon, Rutil (Schwerminerale sind gleichmäßig im Gestein verteilt), Oxide
- 4) Gefüge, Matrix, Zement
 - korngestütztes Gefüge, gut sortiert, teilweise Kompaktion der Quarzkörner und Quarzkörner die mit Tonhäutchen (Illit) überzogen sind.
 - Porengehalt: 16%
- 5) Klassifikation
 - Litharenit

Dünnschliff-Fotos der Probe K4 sind in den Abbildungen 5.14 a,b und 5.15 a,b zu sehen. Bei der Probe kann man erkennen, dass dünne Illithäutchen um die Quarzkörner liegen. Die braunen Phasen bestehen aus Glimmer und einer tonigen Grundmatrix, die vermutlich verwittert ist. Weiters sind die weichen Komponenten Glaukonit und Hellglimmer vorhanden.

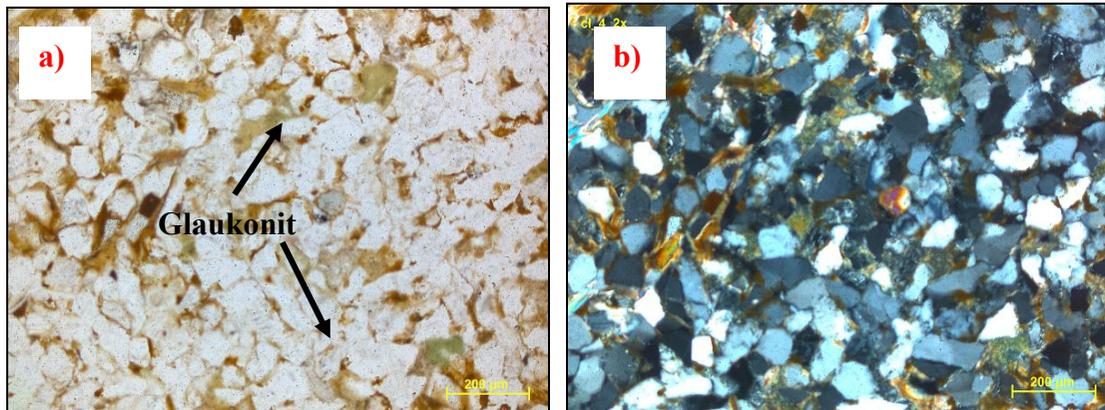


Abb. 5.14: K4 a) vorwiegend Quarz und vereinzelt Glaukonit, braune Phasen,
Glimmer + tonige Matrix sind im Durchlicht zu erkennen
b) der Dünnschliff mit gekreuzten Polarisatoren
Maßstab: 200 µm

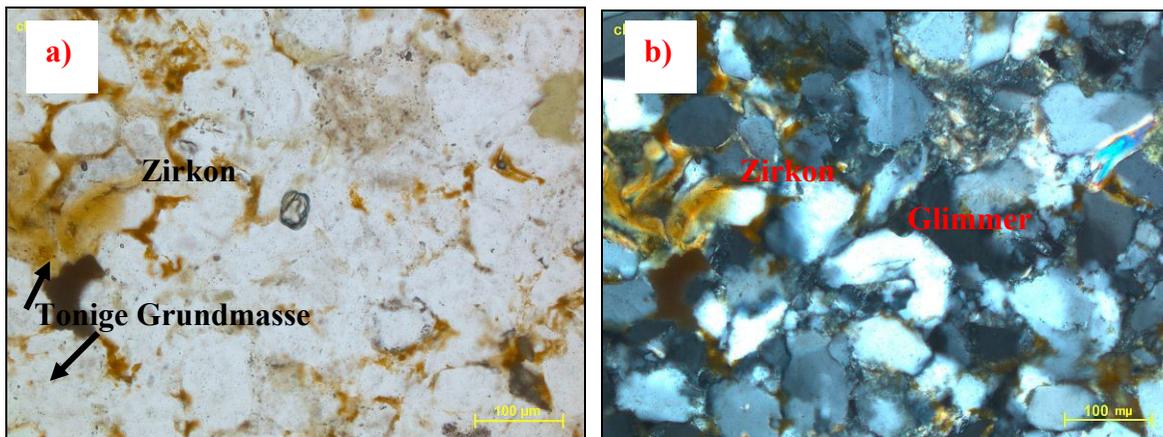


Abb. 5.15: K4 a) Im Durchlicht ist in der Mitte ein Zirkon zu erkennen mit einem hohen Relief. Tonige Grundmasse und Glimmer sowie Quarz sind auch zu sehen.
b) Foto mit gekreuzten Nicols
Maßstab: 100 µm

Klosterneuburg K5

- 1) Hauptgemengteile
 - Quarz (monokristallin, eckige Körner), Gesteinsbruchstücke
- 2) Nebengemengteile
 - Glaukonit, Hellglimmer (sind eingeregelt, gleichmäßig verteilt), Gesteinsbruchstücke
- 3) Akzessorien
 - Schwerminerale (Zirkon, Staurolith , Rutil), Oxide
- 4) Gefüge, Matrix, Zement
 - korngestütztes Gefüge, gut sortiert, teilweise glaukonitisiert und feine Tonhäutchen um die Quarze
 - Porengehalt: 10%
- 5) Klassifikation
 - Litharenit

Die Abbildungen 5.16 a,b und 5.17 a,b zeigen die Probe K5 im Dünnschliff. Wie auch schon in Probe K4 zu erkennen war, ist auch in dieser Probe das Tonmineral Illit um die Quarzkörner angelegt. Weitere weiche Komponenten wie Glaukonit und Glimmer sind auch hier gut erkennbar. Besonders gut kann man in Abbildung 5.17 a,b die Schwerminerale erkennen, in diesem Fall handelt es sich um Zirkon, der gehäuft auftritt.

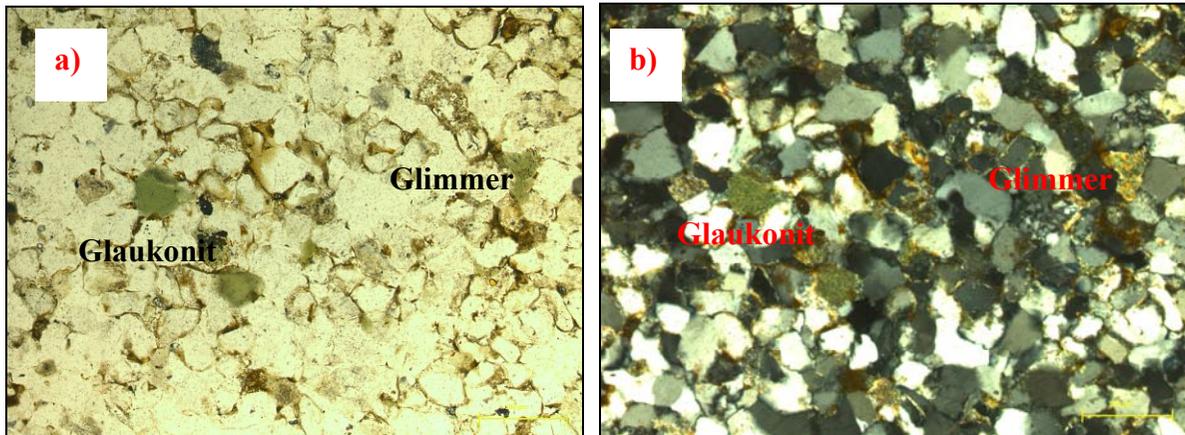


Abb. 5.16: K5: a) Im Durchlicht erkennt man einige Glaukonit-Körner und Glimmer, aber überwiegend ist Quarz vorhanden. Um den Quarz herum sind feine Tönhütchen zu erkennen.

b) Das Dünnschliff-Foto mit gekreuzten Polarisatoren

Maßstab: 200 μm

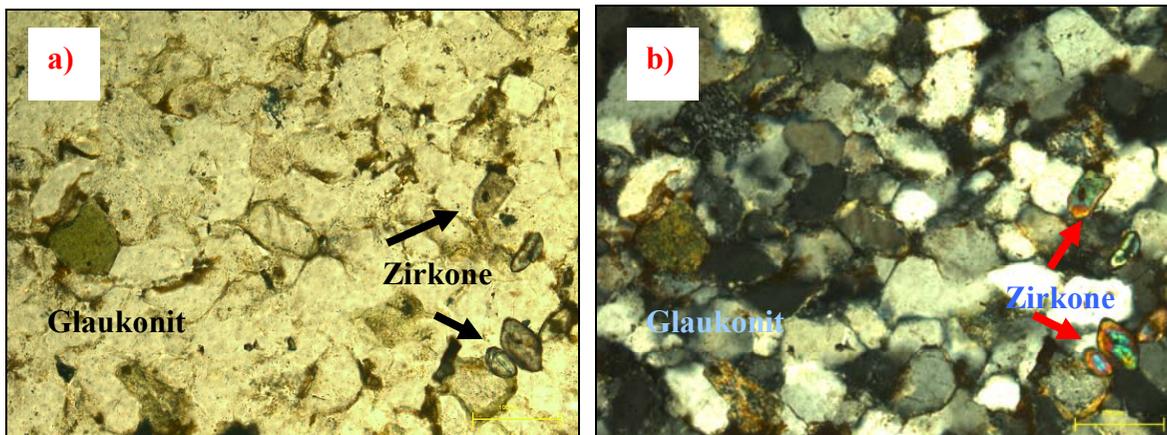


Abb. 5.17: K5 a) Links im Bild ein Glaukonit, auf der rechten Seite sieht man 4 Schwerminerale, dabei handelt es sich um Zirkone. Zwischen den Quarzkörnern kann man dünne Tönhütchen erkennen.

b) Unter gekreuzten Nicols sieht man links einen Glaukonit, Quarzkörner und auf der rechten Seite des Fotos die Zirkone.

Maßstab: 100 μm

Die Dünnschliffuntersuchung lässt deutliche Unterschiede zwischen den Schleifsteinen erkennen. Die Schleifsteine aus Waidhofen/Ybbs und Rote Wütte zeigen kaum Porosität, im Gegensatz zu den Sandsteinen aus Klosterneuburg. Die Komponenten der Sandsteine WY1, WY2 und RW3 sind mit Calcit zementiert und daher fest miteinander verbunden. Durch die Färbung der karbonatreichen Sandsteinproben sind die sekundär gebildeten Calcitzemente, aber auch der Dolomit zement und die primären Calcitkörner sehr gut erkennbar. Die Proben aus Klosterneuburg sind jedoch porös, nicht karbonatisch zementiert und enthalten weiche Komponenten wie Glimmer, Glaukonit und auch Tonhäutchen. Das ergibt einen schlechteren Kornverband der Proben K4 und K5.

5.2.1.1 Sandsteinklassifikation nach Folk (1968)

Die Klassifikation der Sandsteine erfolgte durch petrographische Untersuchungen und Auszählung der Komponenten unter dem Mikroskop (Tucker, 1985). Eine gängige Darstellungsform ist das Dreiecksdiagramm mit den Endgliedern Quarz, Feldspat und Gesteinsfragmente (Folk, 1968). Die untersuchten Sandsteine können nach Folk (1968) als Litharenite klassifiziert werden (Abb. 5.18).

Litharenite werden auch Gesteinsfragment-Sandsteine genannt. Diese Sandsteine haben einen hohen Quarzanteil, einen Gesteinsfragment-Anteil $> 25\%$ und einen höheren Gesteinsfragment-Gehalt als Feldspat-Gehalt (Tucker, 1985). Aufgrund der unterschiedlichen Gesteinsfragmente zeigen die Sandsteine in der mineralogischen und chemischen Zusammensetzung ein breites Spektrum (Tucker, 1985). Die Matrixgehalte sind bei Lithareniten meist gering (Tucker, 1985). Als Zemente können Calcit oder Quarz auftreten (Tucker, 1985), die Proben aus Waidhofen/Ybbs (WY1 und WY2) und Sonntagberg (RW3) sind vorwiegend mit Calcitzement gebunden.

Ihre unreife Zusammensetzung ist ein Hinweis auf hohe Sedimentationsraten und kurze Transportwege (Tucker, 1985).

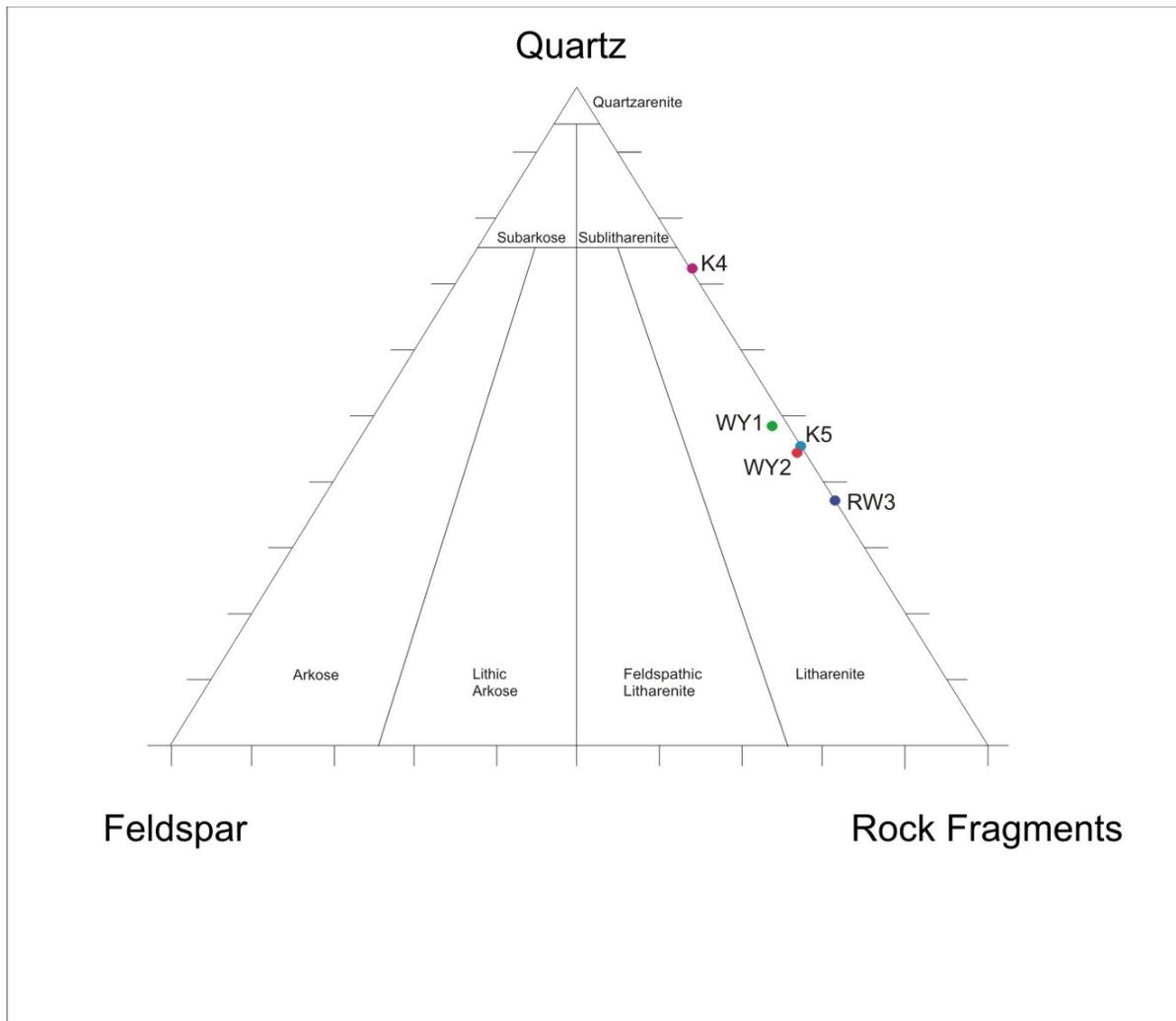


Abb. 5.18: Das Dreiecksdiagramm zeigt die Sandsteinklassifikation nach Folk (1968). Die untersuchten Proben liegen alle in dem Litharenit-Bereich (Gesteinsfragment-Sandstein).

5.2.2 Röntgendiffraktometrie (XRD)

Gesamtmineralogie des Gesteins

In den Proben WY1, WY2 und RW3 sind die Tonminerale Chlorit und Illit, weiteers Quarz, Kalifeldspat, Plagioklas und die Karbonate Calcit, Dolomit vorhanden (Abb. 5.19, 5.20), in Probe RW3 kommt noch zusätzlich Ankerit vor (Abb. 5.21). In den Proben K4 und K5 ist nur Illit und Quarz enthalten (Abb. 5.22, 5.23).

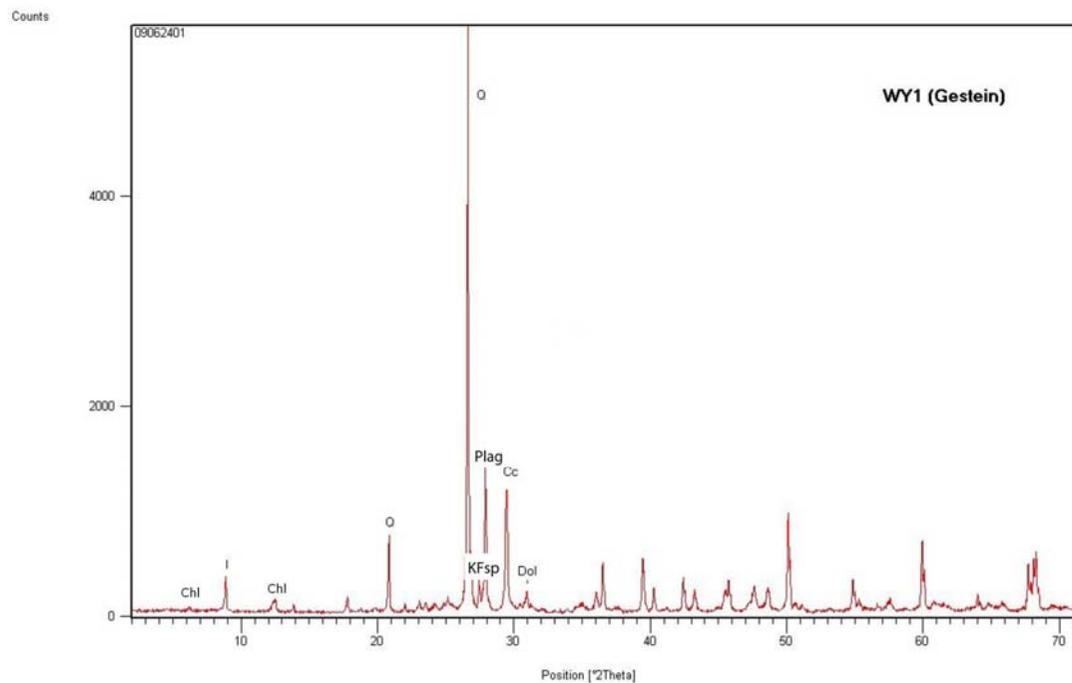


Abb. 5.19: Röntgendiffraktogramm der Probe WY1 (Gesamtgestein). I=Illit, Chl=Chlorit, Q=Quarz, K-Fsp=Kalifeldspat, Plag=Plagioklas, Cc=Calcit, Dol=Dolomit.

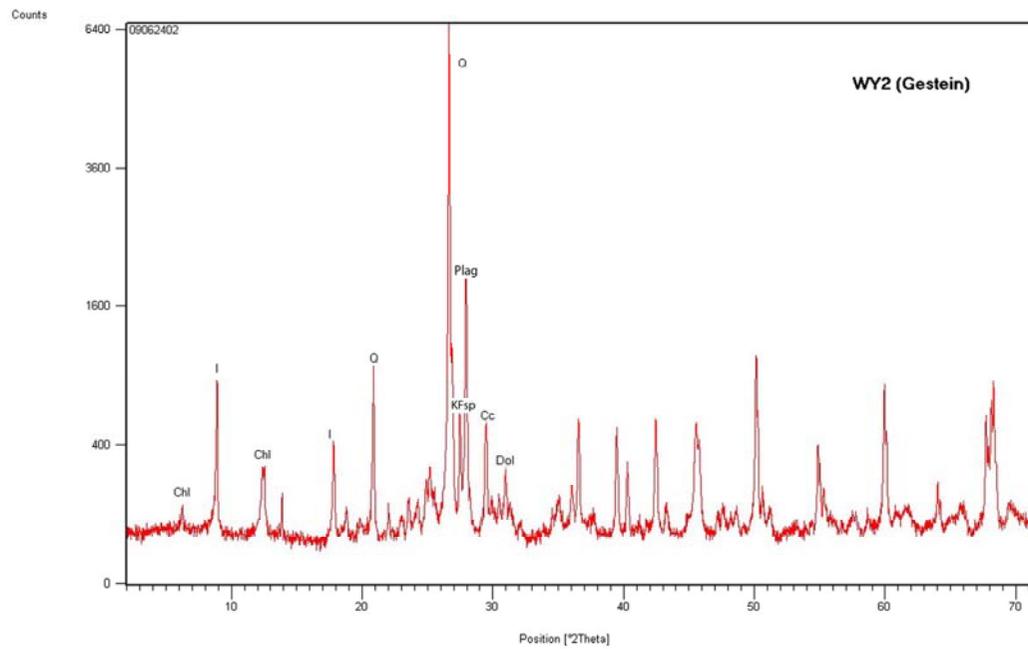


Abb. 5.20: Röntgendiffraktogramm der Probe WY2 (Gesamtgestein). I=Illit, Chl=Chlorit, Q= Quarz, K-Fsp=Kalifeldspat, Plag=Plagioklas, Cc=Calcit, Dol=Dolomit.

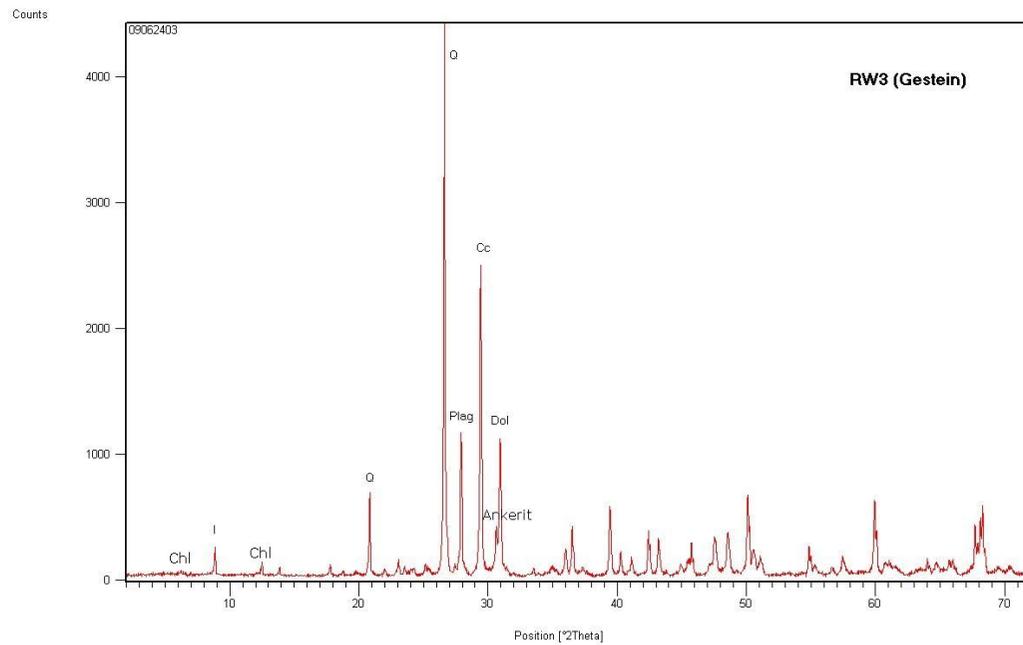


Abb. 5.21: Röntgendiffraktogramm der Probe RW3 (Gesamtgestein). I=Illit, Chl=Chlorit, Q=Quarz, Plag=Plagioklas, Cc=Calcit, Ankerit, Dol=Dolomit.

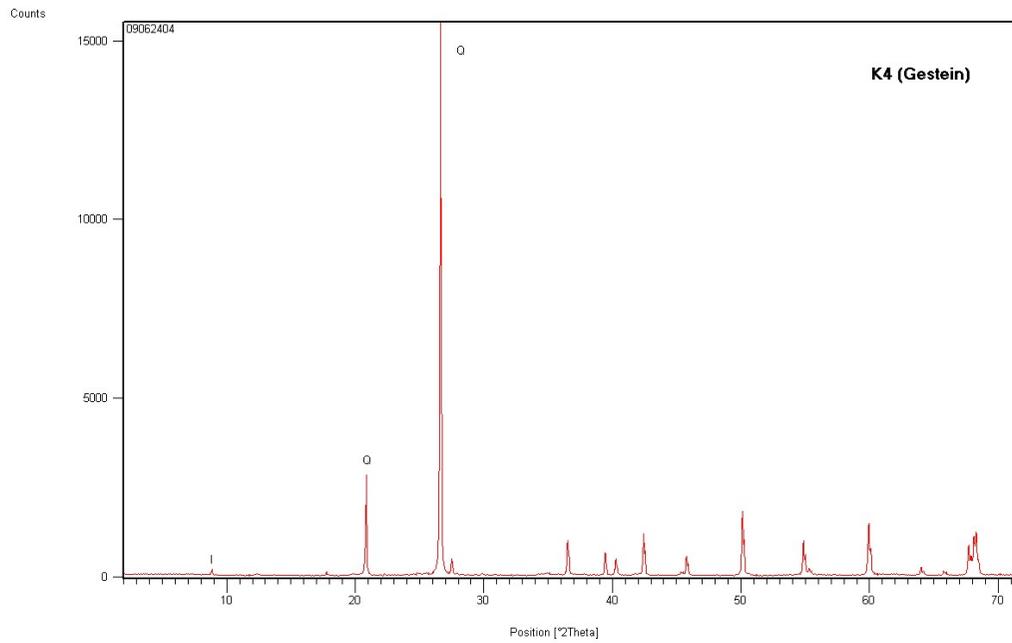


Abb. 5.22: Röntgendiffraktogramm der Probe K4 (Gesamtgestein). I=Illit, Q=Quarz.

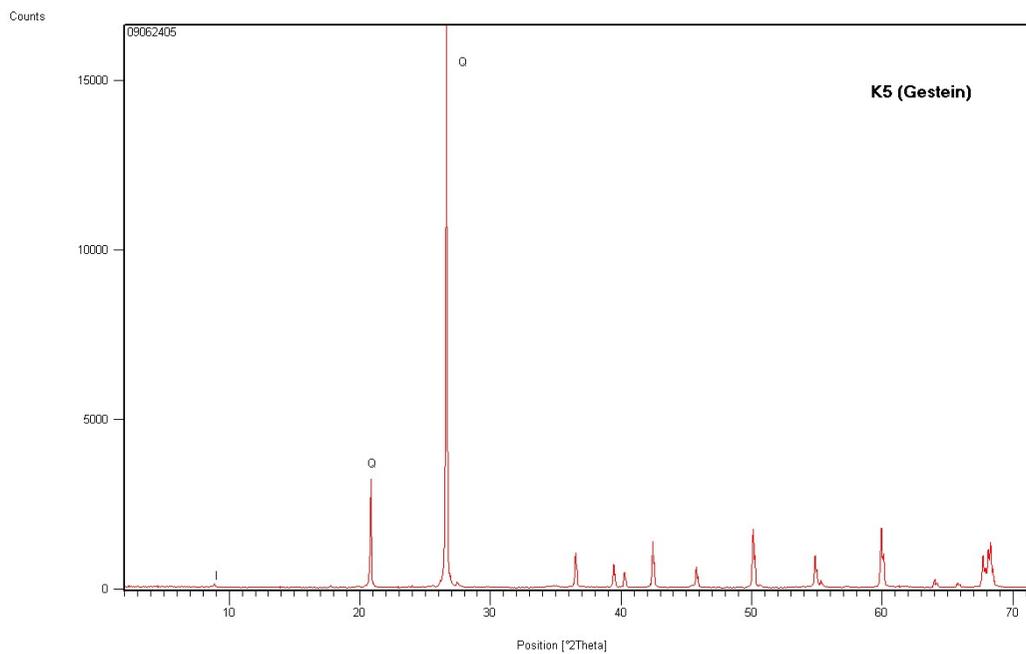


Abb. 5.23: Röntgendiffraktogramm der Probe K5 (Gesamtgestein). I=Illit, Q=Quarz.

Semiquantitative Auswertung nach Schultz (1964)

Die Schultz-Auswertung wurde an der Gesamtprobe des Gesteins durchgeführt, um den prozentuellen Anteil der Minerale im Gestein auszudrücken. In Abbildung 5.24 ist die Gesamtmineralogie in einem Balkendiagramm dargestellt und zusätzlich in Tabelle 1 gelistet.

Anzumerken ist, dass die Ergebnisse der semiquantitativen Methode nach Schultz (1964) nicht mit denen der Auszählung durch den Point Counter verglichen werden können, da z.B. auch Gesteinsbruchstücke die Minerale Quarz und Feldspat enthalten, die unter dem Mikroskop nicht extra gezählt werden, aber in der Röntgendiffraktometrie zu einer Intensitätserhöhung der entsprechenden Peaks führen.

Die Proben K4 und K5 enthalten mehr Quarz (84,6 % bis 92,5 %) als die Proben WY1, WY2 und RW3 (39,7 % bis 47,8 %). Ebenso kann man erkennen, dass in WY1, WY2 und RW3 Plagioklas, Calcit und Dolomit enthalten sind, die in den Proben K4 und K5 gänzlich fehlen. In Probe RW3 ist noch zusätzlich das Mineral Ankerit enthalten. Das Mineral Kalifeldspat ist in der Probe WY1 und auch in der Probe K4 und K5 in geringen Mengen vertreten. Der Tonanteil ist bei allen Proben eher gering, minimal 6,1 % in K5 und maximal 33,2 % in der Probe RW3 (Abb. 5.24, Tabelle 1).

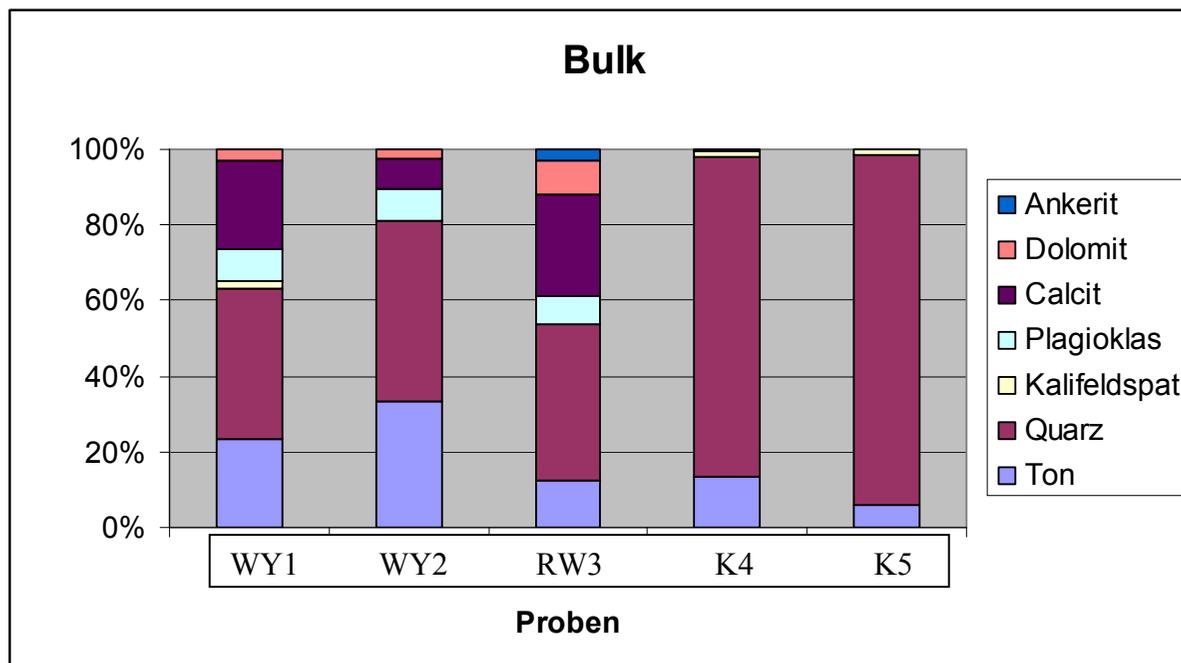


Abb. 5.24: Gesamtmineralogische Zusammensetzung der Proben WY1, WY2, RW3, K4 und K5.

Tabelle 1: Gesamtmineralogische Zusammensetzung der Proben WY1, WY2, RW3, K4 und K5,
Angaben in %.

	WY1	WY2	RW3	K4	K5
Ton	23,3	33,2	12,2	13,2	6,1
Quarz	39,7	47,8	41,7	84,6	92,5
Kalifeldspat	2,2	0,0	0,0	1,6	1,4
Plagioklas	8,3	8,6	7,3	0,0	0,0
Calcit	23,5	7,6	26,6	0,5	0,0
Dolomit	2,7	2,7	8,9	0,0	0,0
Ankerit	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0

Tonmineralogie (< 2 µm-Fraktion)

Die folgenden Abbildungen 5.25 bis 5.29 zeigen die Röntgendiffraktogramme der < 2 µm Fraktion der Proben T1, T2, T3, T4 (Waidhofen/Ybbs) und RW1 (Rote Wütte).

Die Proben wurden gesättigt und getempert um quellfähige Tonminerale erkennen zu können. In den Proben T1 und T4 (Abb. 5.25, 5.28) sind die Tonminerale Illit und Chlorit und auch Calcit vorhanden. Die Proben T2 und T3 (Abb. 5.26, 5.27) enthalten Illit und Chlorit. Die Probe von der Roten Wütte RW1 (Abb. 5.29) enthält Gips und Illit.

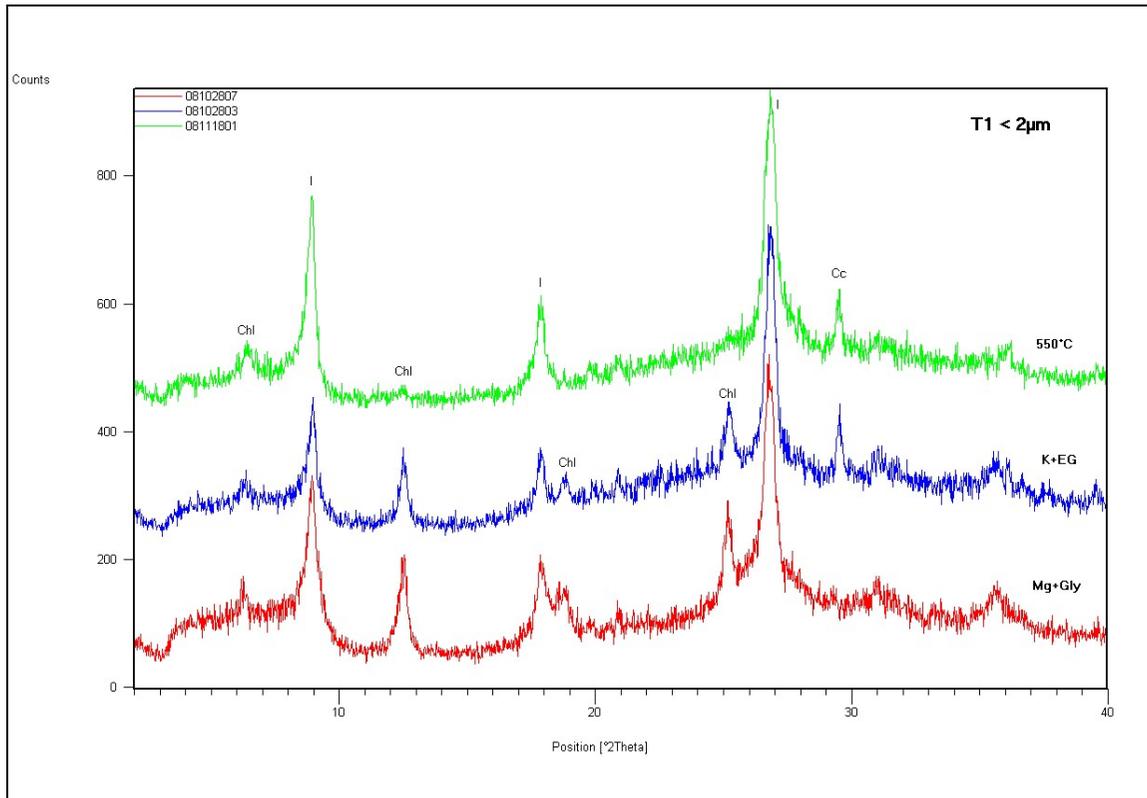


Abb. 5.25: Röntgendiffraktogramme der Probe T1 (< 2 μm). Chl=Chlorit, I= Illit, Cc=Calcit
 Die Probe ist gesättigt mit Magnesium und Glycerin (Mg+Gly), Kalium und Ethylenglycol (K+EG) und getempert bei 550°C.

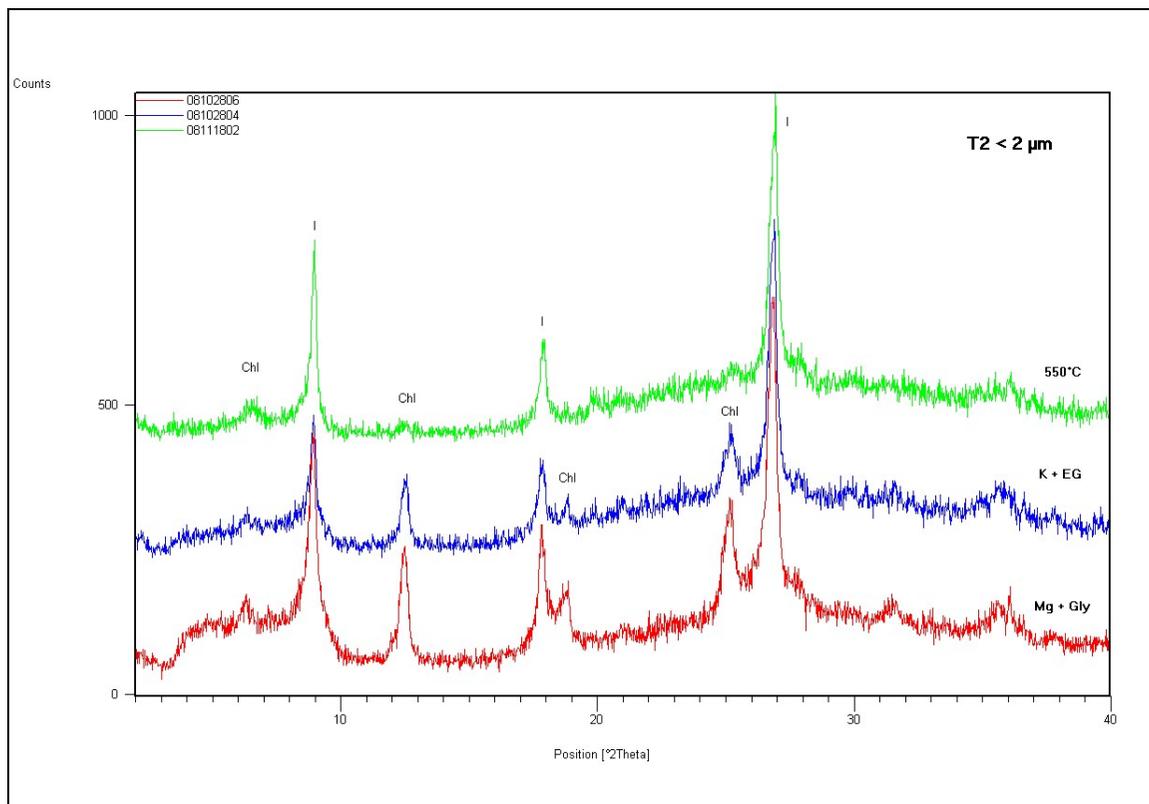


Abb. 5.26: Röntgendiffraktogramme der Probe T2 (< 2 μm). Chl=Chlorit, I=Illit
 Die Probe ist gesättigt mit Magnesium und Glycerin (Mg+Gly), Kalium und Ethylenglycol (K+EG) und getempert bei 550°C.

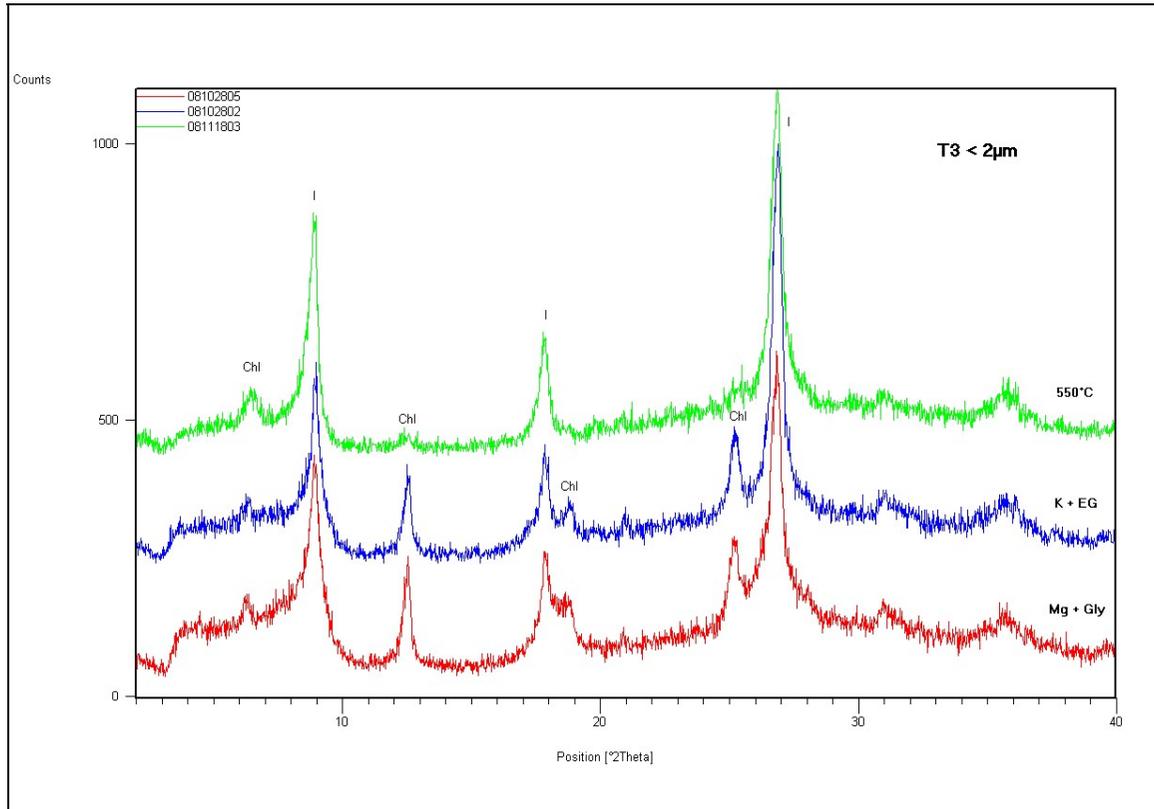


Abb. 5.27: Röntgendiffraktogramme der Probe T3 (< 2 μm). Chl=Chlorit, I=Illit

Die Probe ist gesättigt mit Magnesium und Glycerin (Mg+Gly), Kalium und Ethylenglycol (K+EG) und getempert bei 550°C.

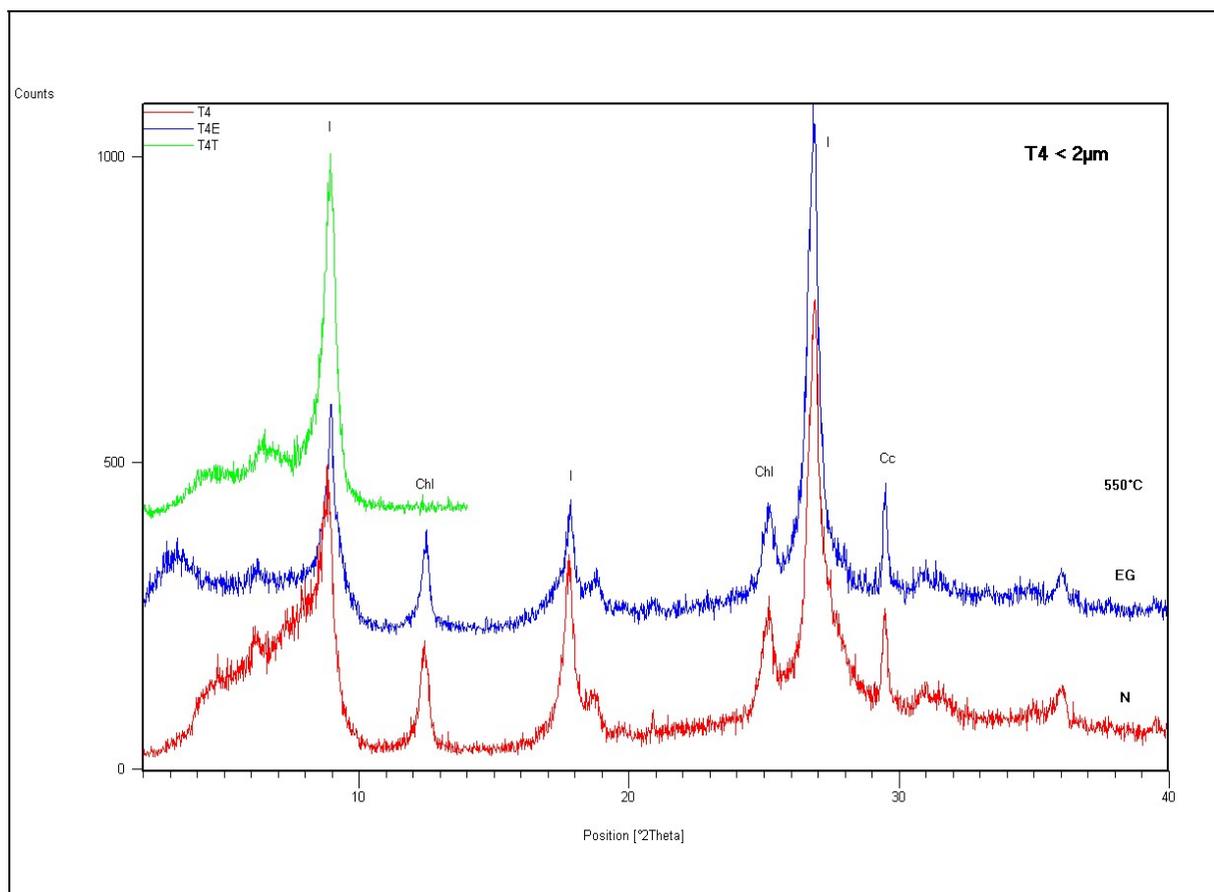


Abb. 5.28: Röntgendiffraktogramme der Probe T4 (< 2 μm). Chl=Chlorit, I=Illit, Cc=Calcit
 Die Probe ist gesättigt mit Magnesium und Glycerin (Mg+Gly), Kalium und Ethylenglycol (K+EG) und getempert bei 550°C.

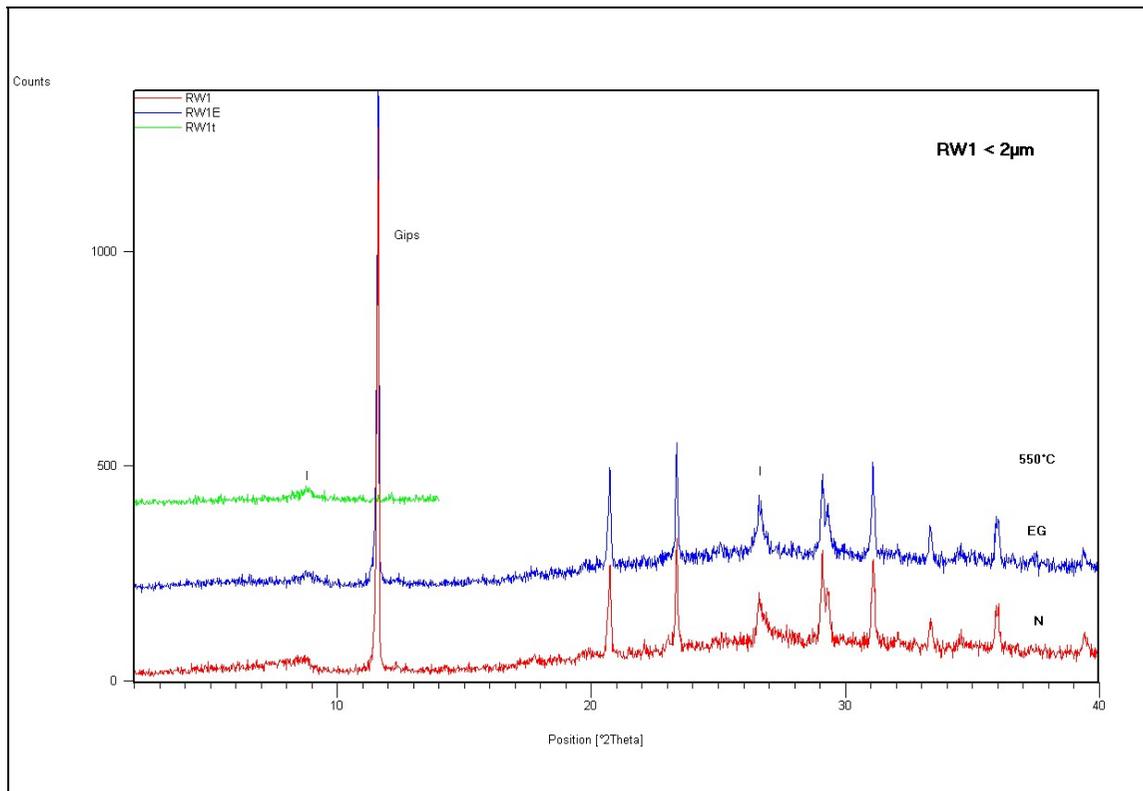


Abb. 5.29: Röntgendiffraktogramme der Probe RW1 ($< 2 \mu\text{m}$). I= Illit, Gips
 Die Probe ist gesättigt mit Magnesium und Glycerin (Mg+Gly), Kalium und Ethylenglycol (K+EG) und getempert bei 550°C.

5.2.3 Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)

1) Hauptelemente

Die Ergebnisse der Hauptelementanalyse sind in Tabelle 2 ablesbar.

Der SiO₂-Anteil der fünf Proben schwankt zwischen 52,93% (RW3) und 90,36% (K5). Den niedrigsten Al₂O₃ Gehalt mit 2,92% weist die Probe K5 auf und den höchsten Gehalt mit 11,56% die Probe WY2. Der Eisengehalt in den vorliegenden Proben liegt zwischen 2,22% (K5) und 3,16% (WY2). Die Probe mit dem niedrigsten MgO-Gehalt ist die Probe K5 mit 0,45% und die Probe RW3 hat den höchsten MgO-Gehalt mit 3,37%. Der CaO-Gehalt schwankt von 0,13% in der Probe K5 und 15,68% in der Probe RW3.

Tabelle 2: Hauptelement-Gehalte der untersuchten Proben, in Prozent angegeben.

Probe	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
WY 1	62,87	0,64	9,39	2,81	0,06	1,39	10,08	1,46	1,88	0,08
WY 2	72,65	0,64	11,56	3,16	0,05	1,98	3,83	1,71	2,21	0,08
RW 3	52,93	0,33	5,57	2,43	0,08	3,37	15,68	1,20	1,05	0,07
K 4	88,69	0,50	4,55	2,23	0,01	0,55	0,18	0,10	1,24	0,03
K 5	90,36	0,57	2,92	2,22	0,01	0,45	0,13	0,08	0,95	0,04

2) Spurenelemente

Die gemessenen Spurenelemente sind in den Tabellen 3a und 3b aufgelistet.

Arsen (As) ist von 0,9 ppm in der Probe K5 bis 4,7 ppm in der Probe WY1 vorhanden. Der niedrigste Barium (Ba) -Wert liegt bei 109,0 ppm in der Probe RW3 und der höchste Barium-Wert bei 428,0 ppm in der Probe WY2 mit. In der Probe RW3 ist der niedrigste Chrom (Cr) -Gehalt mit 48,8 ppm enthalten, der höchste Wert ist in der Probe WY2 mit 75,2 ppm anzutreffen.

Tabelle 3a: Spurenelement-Gehalte der untersuchten Proben (in ppm).

Probe	As	Ba	Ce	Co	Cr	Cu	Ga	La	Mo	Nb	Ni
WY1	4,7	375,1	43,7	3,0	55,1	15,6	8,4	26,0	0,4	9,5	20,5
WY2	3,8	428,0	37,0	4,8	75,2	15,5	10,3	24,5	0,2	9,7	33,2
RW3	2,9	109,0	25,6	3,2	48,8	12,1	5,1	23,2	0,5	5,1	23,0
K4	<1	232,1	48,0	<1	59,8	21,3	5,8	28,2	<0.5	7,9	16,6
K5	0,9	159,6	42,7	1,0	51,5	12,2	3,7	18,9	<0.5	8,8	12,2

Die Blei (Pb) -Gehalte gehen von 8,8 ppm (RW3) bis 16,8 ppm (WY2). Eine große Spanne gibt es bei den Strontium (Sr) -Werten. Der niedrigste Sr-Wert ist in der Probe K5 mit 17,4 ppm und der höchste Wert liegt bei 529,9 ppm, der in der Probe RW3. Die Vanadium (V) -Gehalte schwanken von 26,2 ppm in der Probe RW3 bis 68,4 ppm in der Probe WY2.

Tabelle 3b: Spurenelement-Gehalte der untersuchten Proben (in ppm).

Probe	Pb	Rb	Sc	Sr	Th	U	V	Y	Zn	Zr
WY1	14,5	73,0	21,4	440,7	6,2	3,2	48,5	27,5	49,6	272,6
WY2	16,8	80,3	14,4	279,4	4,4	3,0	68,4	18,6	52,3	182,2
RW3	8,8	40,9	24,5	529,9	5,0	3,0	26,2	18,5	25,9	197,0
K4	13,1	53,7	4,9	25,1	9,5	2,0	37,8	21,9	53,2	491,1
K5	8,9	38,7	3,3	17,4	11,2	2,3	26,3	23,3	32,8	528,6

5.2.4 Schwermineralanalyse

Die Fraktion 63 - 125 µm wurde zur Auszählung der Schwerminerale herangezogen, da die Schwerminerale in dieser Fraktion besser erhalten waren als in der 125 - 250 µm Fraktion. Die enthaltenen Schwerminerale sind in Tabelle 4 aufgelistet. Die Abbildungen 5.30 - 5.33 zeigen typische Schwerminerale der Proben K4, K5 und RW3.

Tabelle 4: Die Schwerminerale, die in den jeweiligen Proben vorkommen, sind mit einem „X“ gekennzeichnet.

	WY1	WY2	RW3	K4	K5
Apatit	/	/	X	/	/
Chloritoid	/	/	/	X	X
Epidot	X	X	X	/	/
Granat	X	X	X	/	/
Klinozoisit	/	/	X	/	/
Rutil	X	X	/	X	X
Staurolith	X	X	/	X	X
Turmalin	X	X	X	X	X
Zirkon	/	/	X	X	X

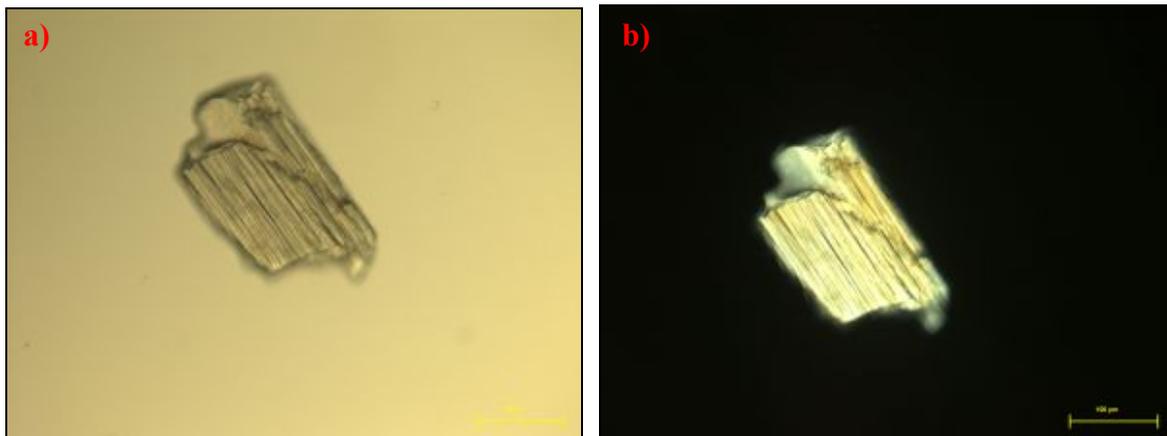


Abb. 5.30: a) Klinozoisit im Durchlicht b) unter gekreuzten Polarisatoren
Maßstab: 100 µm, aus Probe RW3.

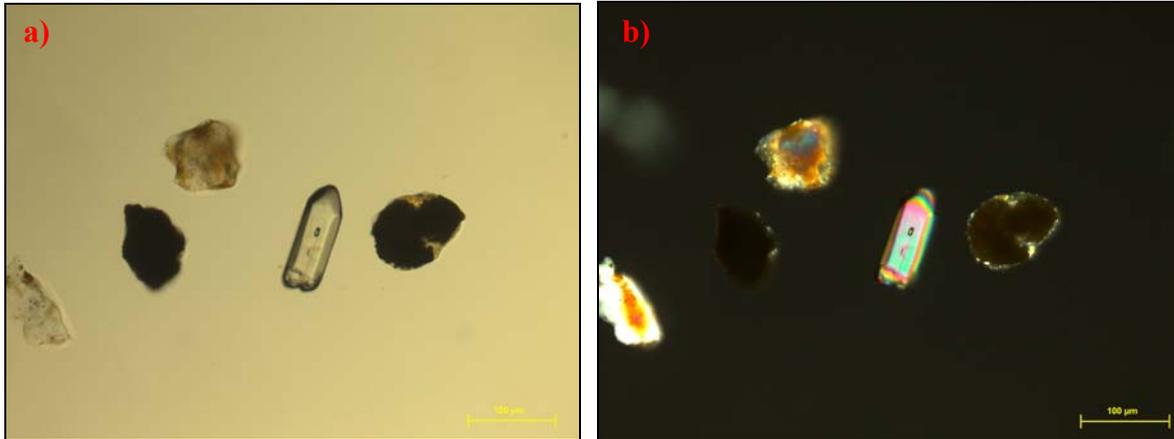


Abb. 5.31: a) In der Mitte des Bildes ist ein idiomorph ausgebildeter Zirkon mit den b) typischen Interferenzfarben zu erkennen; Maßstab: 100 µm, aus Probe K4.



Abb. 5.32: a) Turmalin mit dem starken Pleochroismus von farblos bis b) dunkelbraun c) unter gekreuzten Nicols mit höheren Interferenzfarben des Turmalins
Maßstab: 50 µm, aus Probe K4.

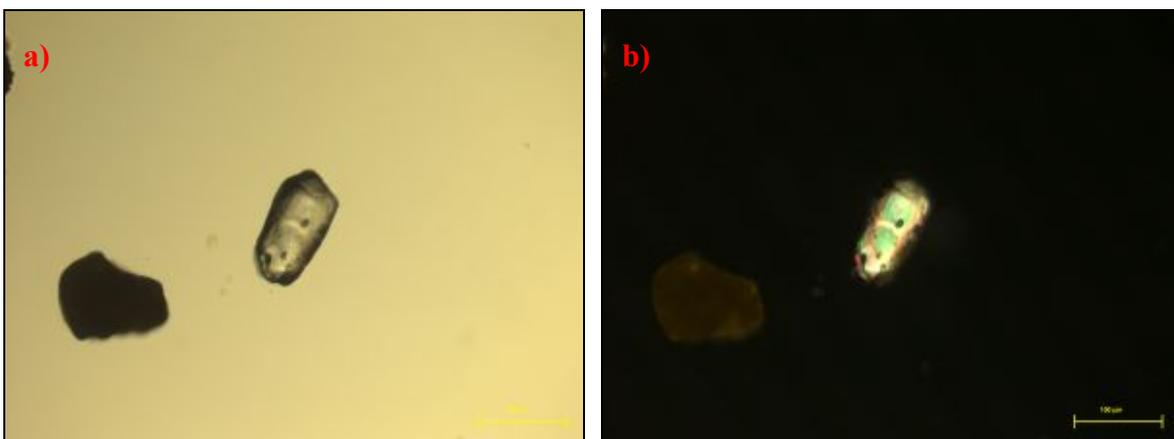


Abb. 5.33: a) Zirkon in der Mitte im Durchlicht und b) unter gekreuzten Nicols die typisch hohen Interferenzfarben
Maßstab: 100 µm, aus Probe K5

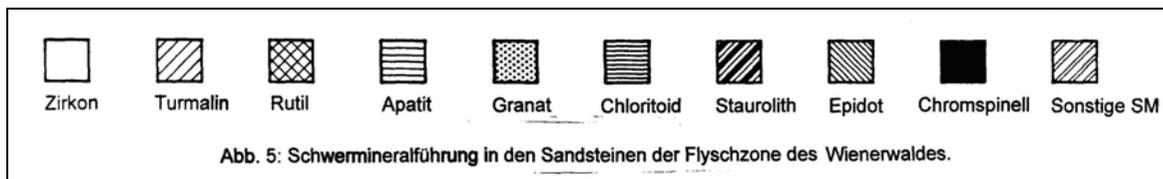
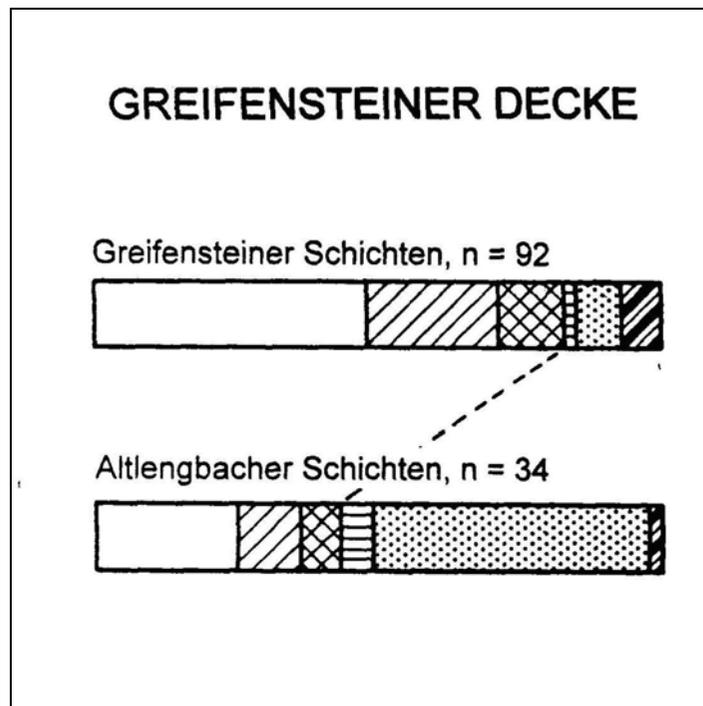


Abb. 5.34: Ausschnitt aus der Schwermineralverteilung in der Flyschzone des Wienerwaldes (Faupl, 1996)

In Tabelle 5 und Abbildung 5.35 bis 5.37 sind die Ergebnisse der Schwermineralanalyse der Proben WY1, WY2 und RW3 mit einem Schwermineralspektrum der Altlenzbach-Formation aus der Literatur (Faupl, 1996) (Abb. 5.34) verglichen. Die Proben aus Waidhofen/Ybbs und Sonntagberg zeigen wie die Altlenzbach-Formation eine Vormacht von Granat. Der Granatgehalt der Altlenzbach-Formation ist mit 48,08% zwar niedriger als der der Proben WY1 und WY2 (84,43% und 81,94%) aber der Granatgehalt der Probe RW3 (34,48 %) lässt sich gut mit der Altlenzbach-Formation vergleichen. Die Turmalinwerte passen auch gut zu den Ergebnissen von Faupl (1996) (Abb. 5.34). Die Apatit-Gehalte von WY1 mit 1,64% und RW3 mit 3,45% sind geringer als die der Altlenzbach-Formation mit 5,77%. In der Probe WY2 ist kein Apatit vorhanden.

Tabelle 5: Schwermineralspektren der Proben WY1, WY2 und RW3, in % angegeben.

WY1	%	WY2	%	RW3	%	Altenglach- Formation (Faupl, 1996)	%
Granat	84,43	Granat	81,94	Granat	34,48	Granat	48,08
Rutil	0,82	Rutil	4,71	/	/	Rutil	7,69
Staurolith	6,97	Staurolith	5,24	Staurolith	3,45	Staurolith	1,92
Apatit	1,64	/	/	Apatit	3,45	Apatit	5,77
Turmalin	2,87	Turmalin	5,76	Turmalin	18,97	Turmalin	11,54
Epidot	3,28	Epidot	2,36	Epidot	25,86	/	/
				Zirkon	6,90	Zirkon	25,00

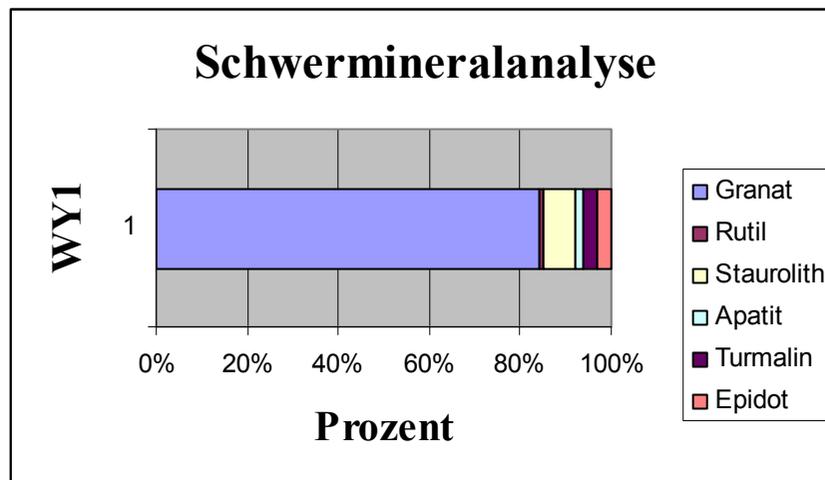


Abb. 5.35: Schwermineralspektrum von WY1: Granat, Rutil, Staurolith, Apatit, Turmalin und Epidot.

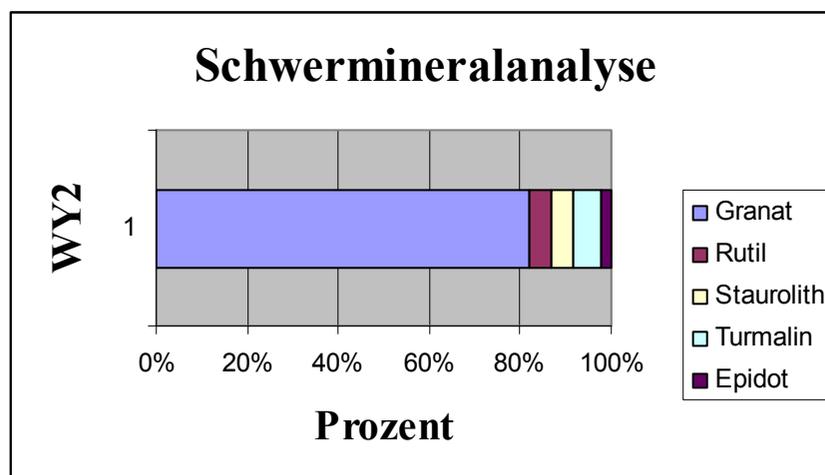


Abb. 5.36: Schwermineralspektrum von WY2: Granat, Rutil, Staurolith, Turmalin und Epidot.

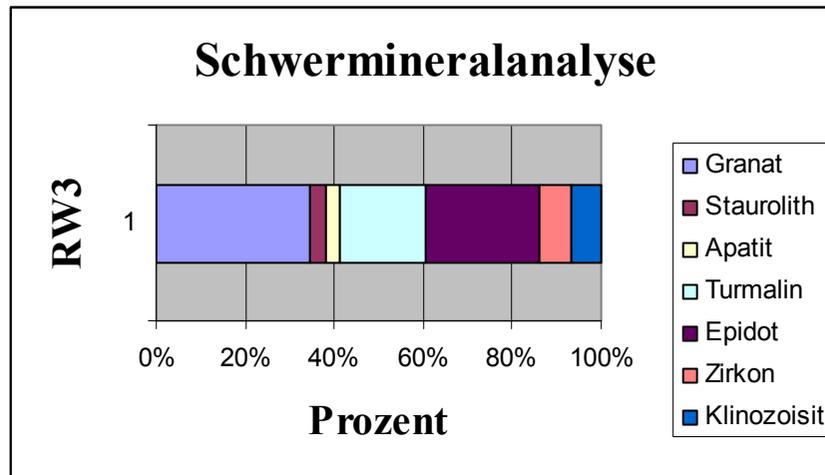


Abb. 5.37: Schwermineralspektrum von RW3: Granat, Staurolith, Apatit, Turmalin, Epidot, Zirkon und Klinozoisit.

Tabelle 6 und Abb. 5.38 und 5.39 zeigen, dass die Proben K4 und K5 einen hohen Zirkon-Anteil aufweisen. Dieser liegt zwischen 45,78% (K5) und 63,95% (K4). Diese Werte lassen sich sehr gut mit der Zirkonvormacht der Greifenstein-Formation mit 48,08% vergleichen (Faupl, 1996) (Abb. 5.34). Genauso sind die Turmalin-Gehalte von K4 und K5 gut mit der Greifenstein-Formation vergleichbar. Die Prozente des Rutil bei den Proben K4 und K5 (23,8% bzw. 25,3%) liegen etwas höher als der Wert aus Faupl (1996) (Abb. 3.34). Der Staurolith in der Greifenstein-Formation liegt höher, als in den Proben K4 und K5. Apatit und Granat wurden im Streupräparat der untersuchten Proben K4 und K5 nicht gefunden.

Tabelle 6: Die Schwermineralgehalte der Proben K4 und K5, in % angegeben

K4	%	K5	%	Greifenstein-Formation (Faupl, 1996)	%
Zirkon	63,95	Zirkon	45,78	Zirkon	48,08
Turmalin	9,59	Turmalin	21,69	Turmalin	23,08
Rutil	23,84	Rutil	25,30	Rutil	11,54
Chloritoid	1,74	Chloritoid	3,21	/	/
Staurolith	0,87	Staurolith	4,02	Staurolith	7,69
				Apatit	1,92
				Granat	7,69

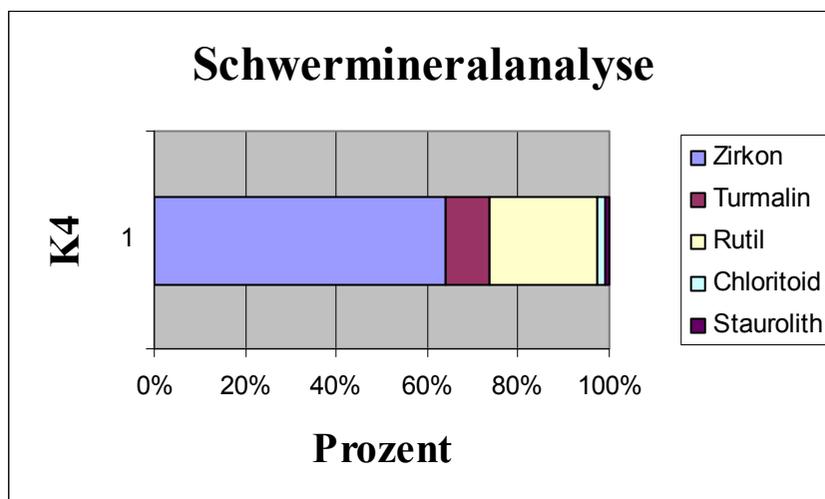


Abb. 5.38: Schwermineralspektrum von K4: Zirkon, Turmalin, Rutil, Chloritoid und Staurolith

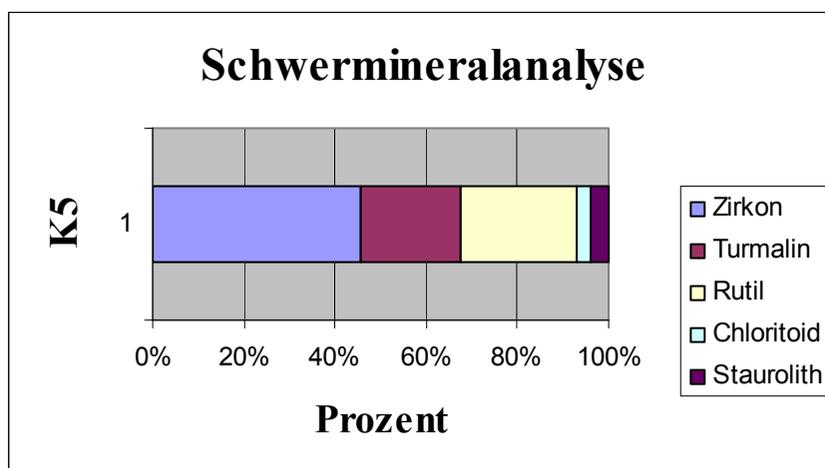


Abb. 5.39: Schwermineralspektrum von K5: Zirkon, Turmalin, Rutil, Chloritoid und Staurolith

Die Ergebnisse der Schwermineralanalyse zeigen einen deutlichen Unterschied der Proben aus der Gegend Waidhofen/Ybbs und Klosterneuburg.

In der Probe WY1 aus Waidhofen/Ybbs (Abb. 5.35) aus dem Schleifsteinstollen sind die Schwerminerale Granat, Rutil, Epidot und Staurolith vorhanden, wobei Granat als häufigstes Schwermineral auftritt. Granat ist meist gerundet und mechanisch ein sehr widerstandsfähiges Mineral (Boenigk, 1983). Die zweite Probe aus demselben Stollen WY2 (Abb. 5.36) unterscheidet sich nicht wesentlich von WY1. Die Probe RW3 (Abb. 5.37) enthält Granat, Epidot, Turmalin, Klinozoisit (Abb. 5.30) und Apatit. Also eine Mischung aus den beiden Proben WY1 und WY2.

In den drei Proben WY1, WY2 und RW3 ist vorwiegend das Schwermineral Granat vorhanden. Das Schwermineral Zirkon tritt in den Proben WY1, WY2 und RW3 nicht auf.

Die beiden Proben aus Klosterneuburg K4 und K5 (Abb. 5.38, 5.39) unterscheiden sich in ihrem Schwermineralspektrum deutlich von den Proben aus Waidhofen/Ybbs. In der Probe K4 sind Zirkon, Turmalin, Rutil und Chloritoid vorhanden. Hier ist deutlich erkennbar, dass zwei Generationen von Zirkon vorhanden sind - ein Teil der Zirkone ist idiomorph (Mange und Maurer, 1991) ausgebildet und der andere Teil ist gut gerundet. Zirkon ist ein extrem stabiles Schwermineral und ist gut transportabel (Boenigk, 1983). In K5 sind die Schwerminerale Zirkon, Turmalin und Rutil enthalten. Die Klosterneuburger Proben K4 und K5 sind sehr ähnlich. In den Proben von Klosterneuburg ist kein Granat anzutreffen.

5.3 Technische Prüfmethode

5.3.1 PSV-Test

Der PSV-Wert gibt die Polierbarkeit eines Gesteins an. Mit der folgenden Formel kann der PSV-Wert laut Norm berechnet werden.

Berechnung gemäß EN:

$$PSV = S + (52,5) - C$$

S...Mittelwert der 4 Probekörper der Gesteinskörnung

C...Mittelwert der 4 PSV-Kontrollgesteinskörper

Bsp.: Probe 1 (Sandstein)

$$PSV = 54,2 + (52,5) - 38,9$$

$$PSV = 67,8$$



Abb. 5.40: PSV-Probekörper nach der Prüfung

Ergebnisse der Prüfung:

In Tabelle 7 sind die Ergebnisse des PSV-Versuchs und ihre Bedeutung angegeben.

Die Sandsteine haben PSV-Werte von 55,8 bis 86,0 und haben daher alle eine hohe Lastklasse. Alle Gesteine, die einen PSV-Wert über 50 haben, können für den Straßenbau eingesetzt werden. Sandsteine werden jedoch nicht in der Bauindustrie eingesetzt, da diese eine geringere Festigkeit besitzen und aufgrund ihrer Porosität oft nicht frostsicher sind.

Die karbonatisch gebundenen Schleifsteine aus Waidhofen/Ybbs (WY1 und WY2) und der Roten Wütte (RW3) haben geringere PSV-Werte, nämlich 55,8 - 68,8 als die quarzitisch gebundenen Sandsteine aus Klosterneuburg (K4 und K5) mit den Werten von 82,0 und 86,0. Die geprüften PSV-Körper sind in Abbildung 5.40 zu sehen.

Tabelle 7: PSV-Werte und ihre Bedeutung

Probe	Gestein	PSV	Bedeutung
WY1	Sandstein	67,8	Hohe Lastklasse
WY2	Sandstein	68,8	Hohe Lastklasse
RW3	Sandstein	55,8	Hohe Lastklasse
K4	Sandstein „weich“	82,0	Hohe Lastklasse
K5	Sandstein „hart“	86,0	Hohe Lastklasse

Die Bedeutung der Lastklassen: Gesteine mit Werten kleiner als 50 werden bei Straßen von untergeordneten Lastklassen eingebaut, z.B.: Gehwege, Radwege, etc. Gesteine mit PSV- Werten, die größer als 50 sind, sind für stark beanspruchte Straßendecken geeignet, z.B.: für eine Autobahndecke (mündliche Auskunft der TPA-Mitarbeiter).

5.3.2 Schleifscheibenverfahren nach Böhme

Bei dem Test wird der Volumsverlust vom Gestein infolge schleifender Beanspruchung durch ein genormtes Schleifmittel berechnet. In Abbildung 5.41 sind zum Vergleich Ergebnisse des Böhme-Verfahrens an kieselig gebundenen Quarzsandsteinen und sonstigen Quarzsandsteinen angegeben, die Werte liegen bei 7-8 beziehungsweise 10-14 $\text{cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$.

Prüfung und die Ergebnisse der Untersuchung:

Gesteinsart	Rohdichte g/cm^3	Reindichte g/cm^3	wahre Porosität Raumenteil in Prozent	Wasser-aufnahme Prozent der Masse	Druck- festigkeit N/mm^2	Biegezug- festigkeit N/mm^2 (MITTEN- LAST)	Elastizitäts- modul (dynamisch) E in Tausend N/mm^2	Elastizitäts- modul (statisch) E in Tausend N/mm^2	Quer- dehnungs- zahl (Poisson- zahl)	thermische Dehnung mm/m bei $100 \text{ }^\circ\text{C}$	Schleif- verschleiß trocken nach BÖHME $\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$	Polier- barkeit + = ja -- = nein	Politur- ständigkeit im Freien + = ja -- = nein
Kieselig gebundene Quarzsandsteine	2,60—2,65	2,64—2,68	0,4— 2,0	0,2— 0,5	120—200	3—15	10— 70		0,10—0,30	0,3—1,0	7— 8	—	—
Sonstige Quarzsandsteine	2,00—2,65	2,64—2,72	0,5—25	0,2— 9	30—180	3— 8	5— 30		0,10—0,30	0,2—0,8	10— 14	—	—

Abb. 5.41: Ergebnisse des Böhme-Verfahrens, Ausschnitt aus der ÖNORM B 3129-1 (1991).

5.3.2.1 Rohdichte

Hier wird das Verhältnis der Masse vom Volumen inklusive des Porenraums bestimmt. In Tabelle 8 sind die durchschnittlichen Rohdichten der Proben angeführt. Die Rohdichten der untersuchten Proben reichen von 2,28 g/cm³ (K4) - 2,68 g/cm³ (RW3). Der Schleifstein S2_{grau} und die Probe WY2 haben dieselbe Rohdichte mit 2,61 g/cm³, daher ist anzunehmen, dass der Schleifstein aus dem Stollen von Waidhofen/Ybbs stammt.

Tabelle 8: Rohdichte der untersuchten Proben

Probe	m _{tr} (g)	m _{ku} (g)				V _k	ρ _R	Ø
		m _{kt} (g)	(Tauchwägung)	m _{kf} (g) (feucht)	m _k (g)			
WY 1-1	938,3	941,4	585,6	941,6	3,21	2,73	2,66	2,65
WY 1-2	899	902,2	560,7	902,4	3,42	2,91	2,66	
WY 2-1	899,5	901,7	556,1	902	2,33	1,98	2,61	
WY 2-2	910,6	912,9	563,2	913	2,44	2,08	2,61	2,61
RW3-1	920,5	923	578,4	923,2	2,63	2,24	2,68	2,68
RW 3-2	918,6	920,9	576,2	920,9	2,4	2,04	2,68	
K 4-1	772,9	776,4	434	776,2	3,34	2,84	2,28	2,28
K 4-2	798,1	802	449,5	802	3,85	3,28	2,29	
K 5-1	819,8	822	476,9	822,5	2,57	2,2	2,38	2,38
K 5-2	811,6	814,3	471,6	814,6	2,93	2,5	2,38	
S1 _{gelb}	334,1	336,5	198,1	336,7	2,51	0,85	2,43	2,43
S2 _{grau}	184,3	185,9	114	186	1,65	1,4	2,61	2,61

Formel $\rho_R = m_{tr} / [(m_{kf} - m_{ku} / \rho_W) - V_k]$

ρ_R = Rohdichte in g/cm³

m_{tr} = Trockenmasse des Probekörpers

m_{kt} = Masse mit Klebeband umwickelt - trocken

m_{kf} = Feuchtmasse des Probekörpers mit Klebeband (feucht)

m_{ku} = Tauchmasse (Tauchwägung)

ρ_W = Dichte des Wassers (ist temperaturabhängig) = 1

V_k = Volumen des Klebebandes $V_k = m_k / \rho_k$ $\rho_k = 1,173$ g/cm³

m_k = Masse des Klebebandes pro g (Klebeband nach der Tauchwägung vom Würfel nehmen und abwiegen)

5.3.2.2 Reindichte

Bei der Reindichte (Tab. 9) wird die Dichte des Gesteins ohne Poren bestimmt und daher wird die Reindichte an der gemahlten Probe (0/4 Körnung) durchgeführt.

Die Reindichten der 5 Proben reichen von 2,64 g/cm³ (K4) bis 2,68 g/cm³ (RW3).

Tabelle 9: Reindichte der Proben WY1, WY2, RW3, K4 und K5 in g/cm³

Probe	C (g)	Roh _{RP} (g/cm ³)	Gewicht der Probe B (g)	V _R	V _{PY} (g)	V _P (cm ³)	Durchschnitt
WY 1	81,11	2,67	13,63	44,95	50,05	5,10	
WY 1	78,81	2,65	10,01	46,27	50,05	3,78	2,66
WY 2	79,84	2,66	11,62	45,69	50,05	4,36	
WY 2	78,81	2,64	10,03	46,25	50,05	3,80	2,65
RW 3	80,33	2,64	12,48	45,32	50,05	4,73	
RW 3	79,27	2,73	10,56	46,18	50,05	3,87	2,68
K 4	79,59	2,65	11,26	45,80	50,05	4,25	
K 4	80,10	2,63	12,14	45,43	50,05	4,62	2,64
K 5	80,04	2,65	11,97	45,54	50,05	4,51	
K 5	80,36	2,68	12,39	45,44	50,05	4,61	2,66

A = 22,53g Gewicht des Pyknometers mit Stoppel

B = Pyknometer + Probe (ca. 2-3g) ca. 20% des Pyknometers soll mit Probe gefüllt sein, mit Stoppel

C = Pyknometer + Probe + Wasser mit Stoppel

D = 72,58g

72,58-22,53 = 50,05g

V_R = C – (B+A) = Gewicht des Wassers = Restvolumen

Trockenprüfung des Böhme-Tests:

Die Ergebnisse (Tab. 10) der Proben WY1, WY2 und RW3 des Schleifverschleißes der Trockenprüfung nach Böhme sind mit der ÖNORM B 3129-1 (Abb. 5.41) vergleichbar.

Die Probe RW3 hat den geringsten Volumenschleiß mit 8,92 und 8,58 cm³/50m². Die Proben K4 und K5, die aus Klosterneuburg stammen, liegen mit 20,27 und 17,88 cm³/50m² (K4) und 18,18 und 14,64 cm³/50m² (K5) deutlich darüber. Der Grund, warum die Proben K4 und K5 über den Richtwerten liegen, könnte sein, dass sie „verwittert“ und auch feinkörniger sind, sodass die Körner leicht aus dem Kornverband herausgerissen werden können und so einen höheren Volumensverlust aufweisen.

Tabelle.10: Ergebnisse der Trockenprüfung des Böhme-Tests.

Probe	Gew. 0. Perioden (g)	Gew. 4. Periode (g)	Gew. 8. Periode (g)	Gew. 12. Periode (g)	Gew. 16. Periode (g)
WY 1-1 //	937,60	934,00	928,00	924,00	918,30
WY 1-1 L	918,30	913,50	906,30	899,40	891,10
WY 2-2 //	909,00	905,00	900,50	893,10	888,20
WY 2-2 L	888,20	882,70	875,20	867,10	860,80
RW 3-1 //	919,60	913,60	907,00	901,00	895,50
RW 3-1 L	895,50	890,70	884,60	878,80	872,50
K 4-2 //	799,60	785,70	775,90	765,50	753,00
K 4-2 L	753,00	742,10	732,10	723,10	714,80
K 5-1 //	816,70	805,10	794,30	785,30	773,70
K 5-1 L	773,60	764,70	757,40	748,90	741,40

Probe	ΔM (g)	Dichte Prüffläche (g/cm ³)	Prüffläche (cm ²)	Schleifabrieb ΔV (cm ³ /50cm ²)
WY 1-1 //	19,30	2,65	51,83	7,03
WY 1-1 L	27,20	2,65	49,64	10,34
WY 2-2 //	20,80	2,61	47,61	8,37
WY 2-2 L	27,40	2,61	49,64	10,57
RW 3-1 //	24,10	2,68	50,41	8,92
RW 3-1 L	23,00	2,68	50,03	8,58
K 4-2 //	46,60	2,28	50,41	20,27
K 4-2 L	38,20	2,28	46,86	17,88
K 5-1 //	43,00	2,38	49,70	18,18
K 5-1 L	32,20	2,38	46,20	14,64

Nassprüfung des Böhme-Tests:

Die Ergebnisse der Nassprüfung sind in Tabelle 11 angeführt. Dabei weist die Probe RW3 die geringsten Abriebswerte auf mit 9,93 und 9,60 cm³/50m². Besonders hohe Werte sind bei der Prüfung der Probe K4 senkrecht zur Schichtung aufgetreten (25,96 cm³/50m²). Beim Schneiden mit der Kreissäge sind die beiden Proben K4 und K5 aufgefallen, da sie sehr „schmierig“ waren und sich auch leicht schneiden ließen.

Die Proben aus Waidhofen/Ybbs (WY1 und WY2) sind karbonatisch zementiert und weisen einen geringen Verschleiß auf, die Proben aus Klosterneuburg sind nicht karbonatisch zementiert und zeigen einen wesentlich höheren Verschleiß. Der Karbonatzement der Proben hat einen großen Einfluss auf den Verschleiß eines Schleifsteins.

Tabelle 11: Ergebnisse der Nassprüfung des Böhme-Tests.

Probe	Gew. 0. Perioden (g)	Gew. 4. Periode (g)	Gew. 8. Periode (g)	Gew. 12. Periode (g)	Gew. 16. Periode (g)
WY 1-1 //	891,10	883,30	873,70	864,20	855,00
WY 1-1 ⊥	854,90	847,00	838,60	830,30	822,30
WY 2-2 //	860,80	850,50	841,60	830,90	820,90
WY 2-2 ⊥	820,90	806,00	791,60	780,90	771,30
RW 3-1 //	872,60	869,20	864,00	855,00	846,90
RW 3-1 ⊥	846,90	839,70	833,00	827,70	822,10
K 4-2 //	716,40	701,60	685,50	681,20	678,50
K 4-2 ⊥	674,30	661,40	646,10	632,30	622,20
K 5-1 //	742,70	731,40	721,60	710,00	702,90
K 5-1 ⊥	702,90	684,00	687,20	677,30	665,00

Probe	Δ M (g)	Dichte Prüflfläche (g/cm ³)	Prüflfläche (cm ²)	Schleifabrieb ΔV (cm ³ /50cm ²)
WY 1-1 //	36,10	2,65	49,68	13,71
WY 1-1 ⊥	32,60	2,65	46,15	13,33
WY 2-2 //	39,90	2,61	47,57	16,07
WY 2-2 ⊥	49,60	2,61	47,45	20,03
RW 3-1 //	25,70	2,68	48,30	9,93
RW 3-1 ⊥	24,80	2,68	48,18	9,60
K 4-2 //	37,90	2,28	47,57	17,47
K 4-2 ⊥	52,10	2,28	44,02	25,96
K 5-1 //	39,80	2,38	46,92	17,82
K 5-1 ⊥	37,90	2,38	44,10	18,05

5.3.3 LCPC-Test

Die Versuche mit den feuchten Proben (Tab. 13) haben leider keine reproduzierbaren Resultate gebracht. Das Material hat sich rasch zerkleinert und die Feianteile haben einen „Mörtel“ an der Becherwand gebildet. In diesen haben sich die verbliebenen Splitte eingebettet. Somit handelt es sich bei den Daten mehr oder weniger um Zufallswerte und diese werden daher nicht in die Diskussion mit eingebunden.

Die Klassifikation des LCPC-Wertes kann in der Abbildung 5.43 a abgelesen werden. Die Klassifikation der Brechbarkeit ist aus Abbildung 5.43 b ersichtlich.

a)	
ABR (g/t)	Classification
0 - 50	not abrasiv
50 - 100	slightly abrasiv
100 - 250	low abrasiveness
250 - 500	abrasive
500 - 1250	very high abrasivness
1250 - 2000	extremely abrasive
(Klassifizierung nach Thuro et al. 2006)	

b) Classification of the measured values of the LCPC breakability test	
Breakability [BR (%)]	Classification
0 - 25	very low
25 - 50	low
50 - 75	medium
75 - 100	high
> 100	very high
(Klassifizierung nach Büchi et al. 1995)	

Abb. 5.42: a) Klassifikationen der LCPC-Werte;
 b) Klassifikation zur Bestimmung der Brechbarkeit (aus Plinninger und Restner, 2008)

In Tabelle 12 sind die LCPC-Werte für den Trockenversuch angeführt. Den niedrigsten LCPC-Wert hat die Probe K4 mit 300 (abrasive) und den höchsten LCPC-Wert haben die Proben WY1 und RW3 mit 580 (very high abrasivness).

Tabelle 12: LCPC-Werte trocken, siehe Abb. 5.42 a

	LCPC - Wert	
	g/t	
WY1	580	very high abrasivness
WY2	560	very high abrasivness
RW3	580	very high abrasivness
K4	300	abrasive
K5	460	abrasive

Der Nassversuch des LCPC-Tests (Tabelle 13) hat nicht funktioniert und bei den Werten handelt es sich um Zufallswerte.

Tabelle 13: LCPC-Werte nass, siehe Abb. 5.42 a

	LCPC - Wert	
	g/t	
WY1	900	very high abrasivness
WY2	420	abrasive
RW3	640	very high abrasivness
K4	120	low abrasiveness
K5	220	low abrasiveness

Die üblichen Verkleinerungsfaktoren von Körnungen liegen bei einer Brechbarkeit (Kornanteil < 1,6 mm) von ca. 35% - 40%. Die Proben RW3 und WY1 liegen mit 35,0% und 38,5% in diesem Bereich. In Tabelle 14 ist zu sehen, dass die Brechbarkeit der Proben aus Klosterneuburg K4 und K5 bei 95,5% und 89,5% liegt. Das kann auf eine schlechte Kornbindung zurückzuführen sein. Diese Proben sind im Vergleich zu WY1, WY2 und RW3 nicht karbonatisch gebunden. Die Proben aus Klosterneuburg weisen im Dünnschliff Tonhäutchen (Illit) um die Quarzkörner und eine höhere Porosität auf. Das könnte ein Grund für die starke Zerkleinerung der beiden Proben sein.

Tabelle 14: Brechbarkeit der trockenen Proben, siehe Abb. 5.42 b

WY1	38,6 %	low
WY2	65,3 %	medium
RW3	35,0 %	low
K4	95,5 %	high
K5	89,5 %	high

Die Werte aus Tabelle 15 werden nicht berücksichtigt, da es sich bei den nassen Proben um Zufallswerte handelt und das kann auch auf die Brechbarkeit umgelegt werden.

Tabelle 15: Brechbarkeit der nassen Proben, siehe Abb. 5.42 b

WY1	61,4 %	medium
WY2	82,9 %	high
RW3	36,8 %	low
K4	81,7 %	high
K5	71,1 %	medium

6. Methodenvergleich und Diskussion

Vergleich PSV-Test und Böhme-Scheibe:

Man kann die beiden Methoden bedingt miteinander vergleichen. Der PSV-Wert beschreibt die Polierbarkeit eines Gesteins, also wie rau die Oberfläche ist. Die Böhme-Scheibe gibt den tatsächlichen Abrieb des Gesteins an, also genau den Abriebsverlust, der bei der Prüfung entsteht.

Am besten lässt sich der PSV-Versuch mit der Böhme-Scheibe „vergleichen“ - mit dem der nassen rechtwinkligen Probe. Die Korrelation mit R^2 entspricht 0,56 (Abb. 6.1).

Der rechwinkelige Schleifabrieb lässt sich besser vergleichen, da der Durchschnitt des Gesteins geprüft wird, hingegen bei der parallelen Prüfung handelt es sich um eine „zufällige“ Schicht. Bei so einer „zufälligen“ Schicht kann man eine tonige Lage erwischen, die beim nassen Versuch leicht verschmiert - oder man kann auch eine quarzreiche Lage erwischen, da wird der Schleifabrieb etwas geringer sein.

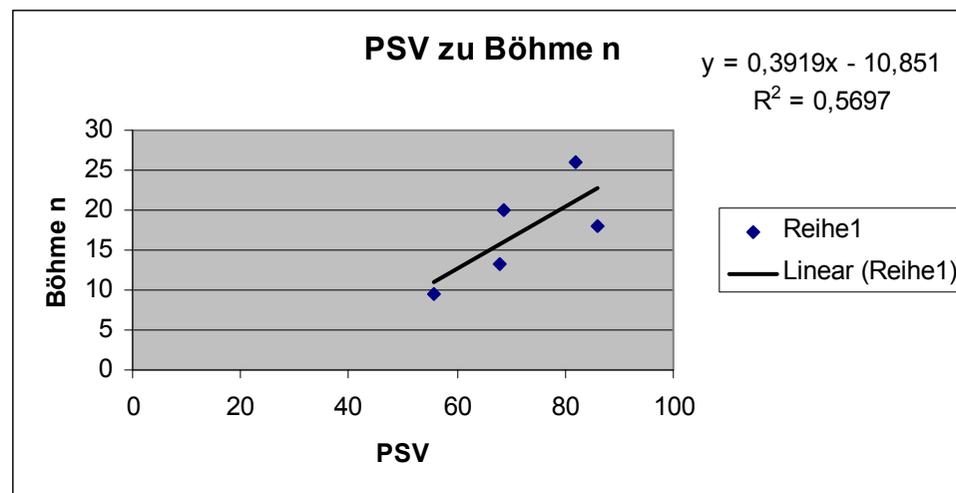


Abb. 6.1: PSV-Werte gegen die Böhme-Werte geplottet.

Welchen Einfluss hat Wasser auf das Schärfen von Messer oder Sense mit einem Schleifstein?

Ein Schleifstein wird beim Schleifen nass gemacht, damit der anfallende Metallabrieb und die heraus gebrochenen Körner ausgewaschen werden. Bei den Versuchen im Labor ist festgestellt worden, dass das Metall nicht so stark beansprucht wird, wenn der Schleifstein nass gemacht wird, also bei den Nassprüfungen. Wenn der Schleifstein nass gemacht wird, und sich beim Schleifen eine „Paste“ bildet - wie bei den Proben aus Klosterneuburg-, kommt ein besonders genauer und scharfer Schliff zustande.

Die Wasseraufnahme der Proben kann man mit der vorliegenden Mineralogie vergleichen. Die Klosterneuburger Proben zeigen eine hohe Wasseraufnahme, das könnte auf das Vorhandensein von Tonmineralen (Illit) und die höhere Porosität zurückzuführen sein.

Spielen Porosität (technisch: Hohlraumgehalt) und Kornform eine Rolle?

Der Hohlraumgehalt und auch die Kornform spielen eine wichtige Rolle bei den Schleifsteinen.

K4 hat einen sehr hohen Porengehalt (über 10%) und der PSV-Wert der Probe K4 ist auch hoch (82). Der LCPC-Test hingegen, bei dem der Abrieb am Metall angegeben wird, ist bei der Klosterneuburger Probe klein (300-abrasiv).

WY1 und WY2 haben einen geringen Hohlraumgehalt und sind karbonatisch gebunden und unterscheiden sich bei den Versuchsergebnissen von den Proben K4 und K5 die kein Karbonat führen und einen Hohlraumgehalt über 10% haben.

Die Gesamtporosität des Gesteins, also den Hohlraumgehalt kann man mit der Formel:

$H = 1 - (\text{Rohdichte}/\text{Reindichte}) * 100$ berechnen.

WY1: 0,8%

WY2: 1,5%

RW3: 1,8%

K4: 16%

K5: 10%

Bei den Proben WY1 und WY2 (beide aus Waidhofen/Ybbs), ebenso RW3 (Sonntagberg) ist im Dünnschliff kein Hohlraumgehalt sichtbar. Der Hohlraumgehalt der drei Proben liegt unter 2%. Die Proben aus Klosterneuburg haben einen hohen Hohlraumgehalt. Beide Proben liegen über 10% und weisen aufgrund der Wasseraufnahme auch miteinander kommunizierende Poren auf.

Die Kornformen der Quarzkörner in den Proben WY1, WY2 und RW3 sind eckig und weisen eine geringe Kugeligkeit auf. In den Proben K4 und K5 sind die Quarzkörner ebenfalls eckig, weisen aber einige Rundungskanten auf. In diesen Proben sind die Quarzkörner stark kompaktiert.

Spielt der Karbonatzement in einer Probe eine Rolle?

Der Anteil an Karbonatzement der Sandsteine wurde gegen den PSV-Wert (Abb. 6.2), den Böhme-Wert (Abb. 6.3 a,b) und den LCPC-Wert (Abb. 6.4) geplottet. Die drei karbonatisch gebundenen Proben WY1, WY2 und RW3 wurden dafür herangezogen.

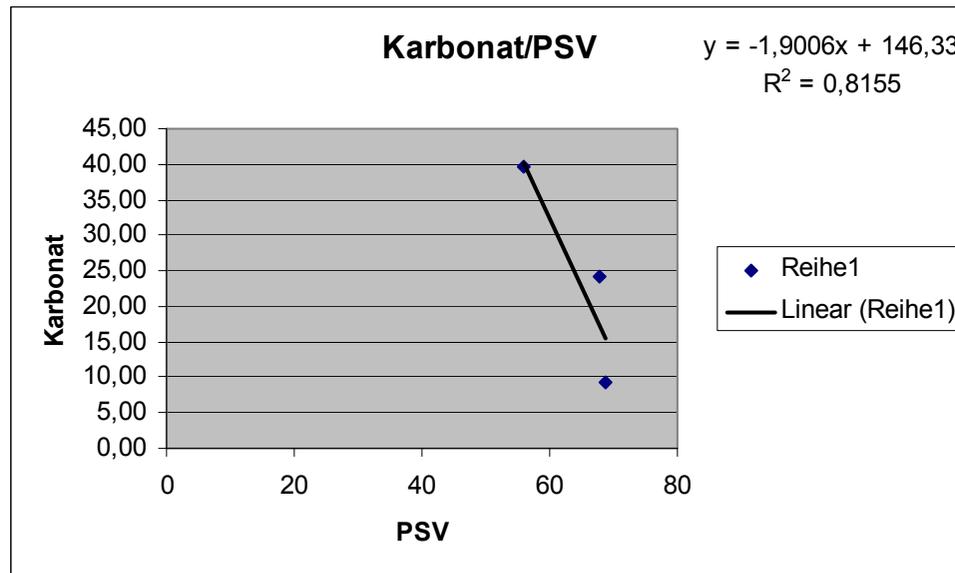


Abb. 6.2: Karbonatgehalt gegen PSV-Wert aufgetragen, Proben WY1, WY2 und RW3

Beim Plotten des Karbonatgehaltes gegen den PSV kommt eine gute Korrelation von $R^2 = 0,8155$ heraus. Ist ein hoher Karbonatgehalt im Gestein, hat das Gestein eine schlechte Griffigkeit (PSV), Wie bekannt ist, lassen sich Karbonate gut polieren. Wenn der Karbonatanteil niedrig ist, hat das Gestein eine gute Griffigkeit, da der Quarzgehalt in den Proben ansteigt, und daher einen hohen PSV-Wert hat.

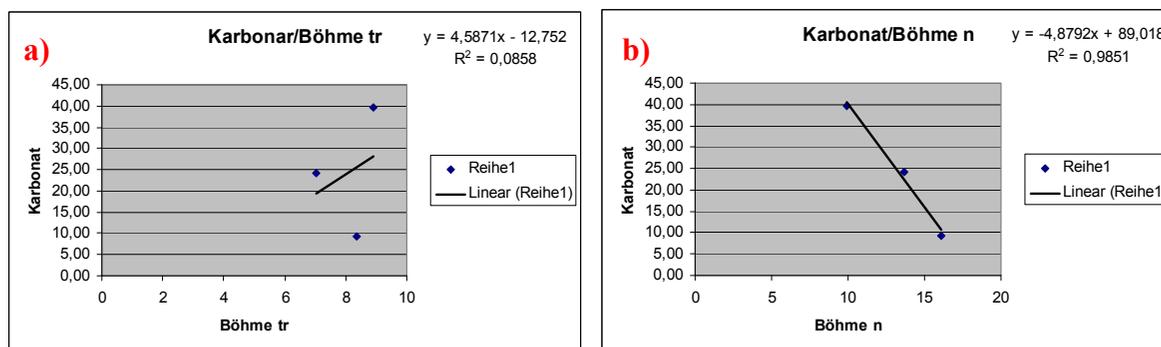


Abb. 6.3: a) Bei dem Böhme-Versuch trocken kommt eine schlechte Korrelation zwischen Karbonat und Böhme tr zustande (und kann daher nicht weiter interpretiert werden)

b) eine sehr gute Korrelation zeigt hingegen der Karbonatgehalt mit dem nassen Böhme- Versuch.

Ist viel Karbonat in der Probe enthalten, ist der Verschleiß am Gestein gering - was nicht plausibel erscheint. Die Ursache dafür liegt in der Kornbindung: Der Karbonatzement verhindert das Ausbrechen der Quarzkörner, wodurch der Schleifabrieb geringer wird (Abb. 6.3).

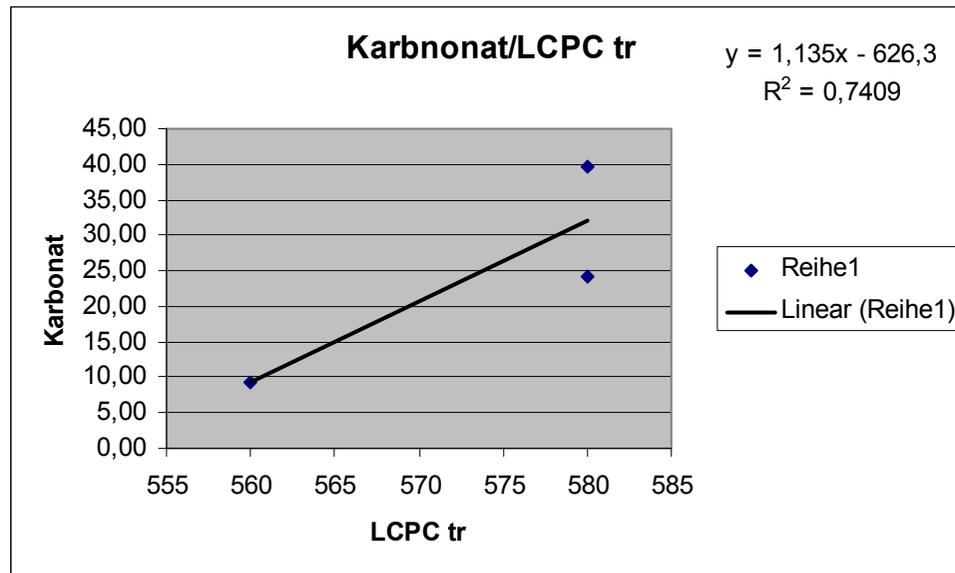


Abb. 6.4: Karbonatgehalt gegen LCPC-Werte aufgetragen, Proben WY1, WY2 und RW3

Der Abrieb beim LCPC-Test wird in g/t angegeben. Es entsteht ein höherer Abrieb, wenn ein höherer Karbonatgehalt vorliegt. Der Korrelation mit $R^2 = 0,7409$ bei Karbonat gegen LCPC tr ist nur bedingt zuzustimmen (Abb. 6.4).

Der Karbonatzement im Gestein hat auf jeden Fall einen Einfluss auf das Schleifsteinverhalten. Je höher der Karbonatgehalt, desto niedriger der PSV-Wert, der die gute Polierbarkeit zeigt.

Der Böhme-Abrieb (nass) ist höher, wenn der Karbonatgehalt sinkt.

Für einen Schleifstein bedeutet ein niedriger Karbonatgehalt (kein Karbonatzement) daher eine raue Oberfläche und einen Verschleiß an sich selbst. Das heißt, dass der Schleifstein beim Schleifen „weniger“ wird und daher früher kaputt geht.

Gibt der Quarzgehalt eine Aussage über einen (guten) Schleifstein?

Wie Abb. 6.5 bis 6.8 zeigen, hat der Quarzgehalt bei den vorliegenden Proben keinen Einfluss auf den Verschleiß am Gestein, jedoch auf seine Abrasivität gegenüber dem Metall (den zu schärfenden Gegenstand).

Bei gleichem Quarzgehalt gibt es unterschiedliche PSV-Werte (bei den Proben Waidhofen/Ybbs und Rote Wütte) (Abb. 6.5). Daher kann man keine Aussage darüber treffen, ob der Quarzgehalt hier eine positive oder negative Auswirkung auf einen Schleifstein hat. Beim PSV-Wert spielt die Kornbindung eine wesentlichere Rolle als der Quarzgehalt. Der Quarzgehalt hat alleine keinen Einfluss auf den PSV-Wert, es müssen die Kornbindung und die Kornform berücksichtigt werden.

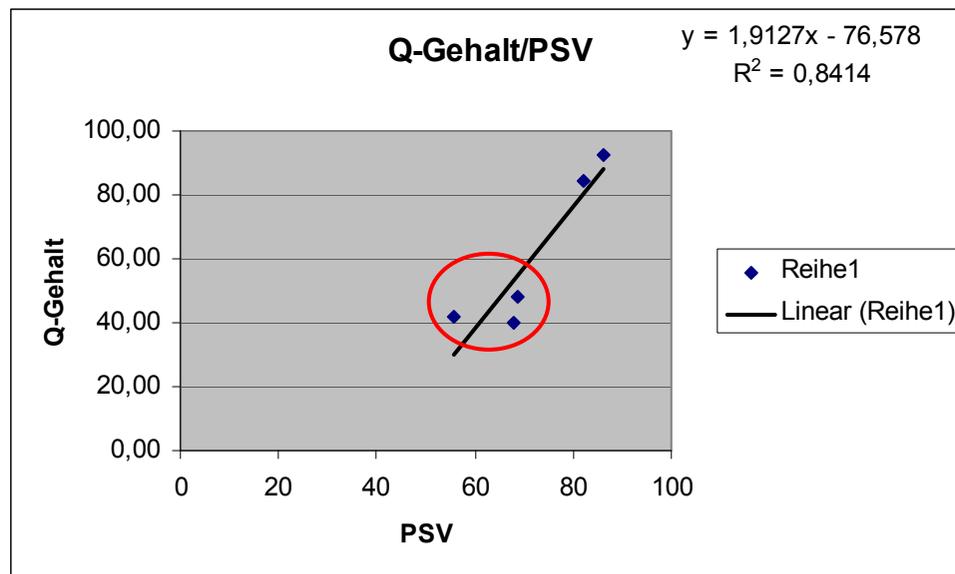


Abb. 6.5: Der Quarzgehalt wird gegen den PSV-Wert geplottet. Im roten Kreis (auch bei den nachfolgenden Diagrammen) befinden sich die Proben WY1, WY2 und RW3), die Proben rechts oben im Diagramm sind K4 und K5.

Abbildung 6.6. zeigt, dass beim Böhme-Versuch der Verschleiß am Schleifstein bei einem höheren Quarzgehalt stark ansteigt. Dies bedeutet, dass die vorliegenden karbonatisch gebundenen Schleifsteine eine größere Festigkeit besitzen.

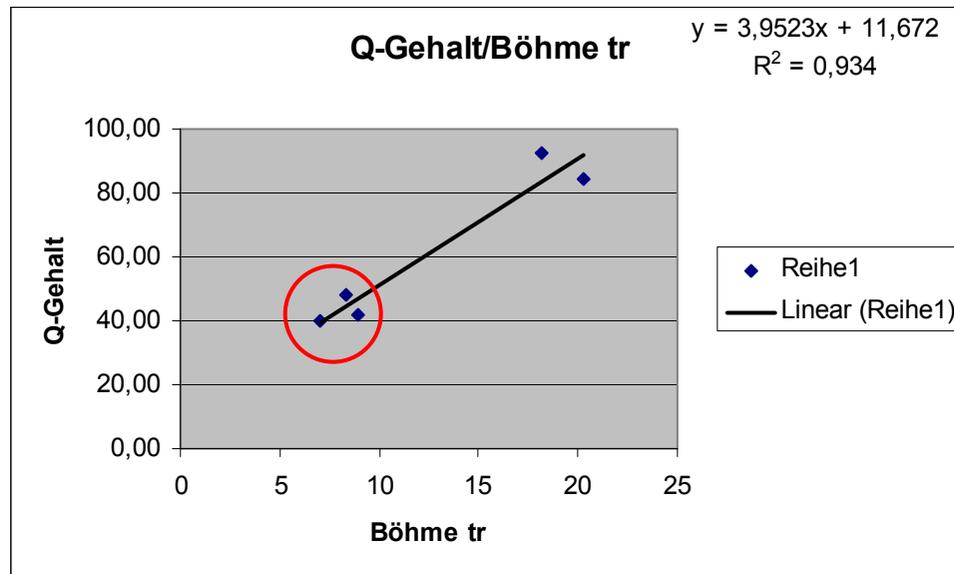


Abb. 6.6: Quarzgehalt gegen Böhme-Versuch trocken geplottet. Die Proben im roten Kreis stellen die karbonatreichen Proben WY1, WY2 und RW3 dar. Im rechts oben befinden sich die Proben K4 und K5.

Bei den karbonatisch gebundenen Proben WY1 und WY2 sind die Böhme-Werte bei der Nassprüfung (Abb. 6.7) um das doppelte angestiegen (im roten Kreis) - also mehr Verschleiß bei den karbonatisch gebundenen Sandsteinen, da das Gestein mit dem Wasser reagiert. (Löslichkeit, Aufweichung des Gesteins). Die Werte der nicht karbonatisch zementierten Sandsteine K4 und K5, die sich oben rechts im Diagramm befinden, sind etwas gesunken – der Abrieb ist nicht so groß, weil das Wasser hier als Schmiermittel wirkt.

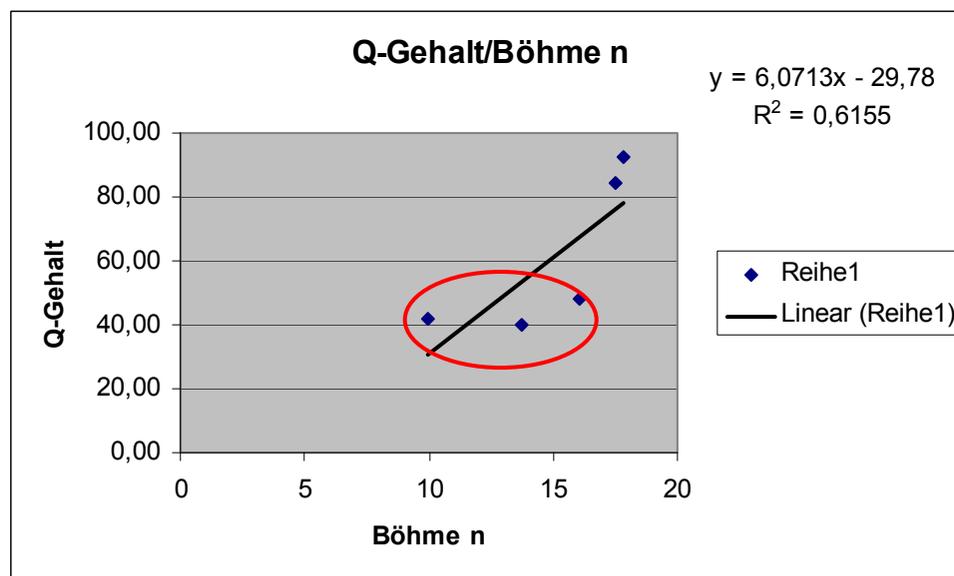


Abb. 6.7: Quarzgehalt gegen Böhme-Versuch nass geplottet

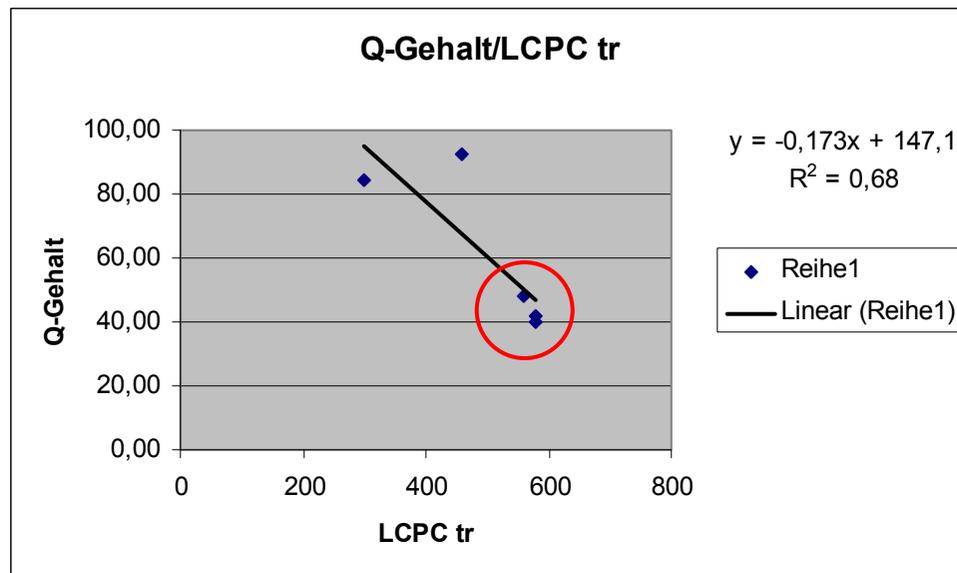


Abb. 6.8: Quarzgehalt gegen LCPC-Werte geplottet

In Abbildung 6.8 sind die Ergebnisse des LCPC-Tests gegen den Quarzgehalt aufgetragen. Die karbonatisch gebundenen Proben - die sich im roten Kreis befinden (WY1, WY2 und RW3) weisen einen höheren Verschleiß auf, als die nicht karbonatisch zementierten Proben aus Klosterneuburg.

Man erkennt in Abbildung 6.8, dass ein niedriger Quarzgehalt einen hohen Abrieb am Metall verursacht und ein hoher Quarzgehalt daher eine niedrige Abrasivität am Metall aufweist. Dies widerspricht allen Erfahrungen aus der Aufbereitungstechnik, dem Tunnelbau etc. Eine Erklärung liefert die Brechbarkeit des Materials beim LCPC-Test: die extrem hohen Werte von $\geq 90\%$ zeigen, dass die Gesteine auf Grund ihrer schlechten Kornbindung äußerst stark zerkleinert werden (Abb. 6.9) und die an sich abrasiven Quarze im Gesteinsmehl eingebettet, keinen Abrieb am Metall hervorrufen können.



Abb. 6.9: Probe K4 („weicher“ Sandstein) aus Klosterneuburg nach dem LCPC-Test trocken.

Die Brechbarkeit liegt hier bei 95%.

Der Quarzgehalt hat hier eine untergeordnete Rolle beim Verschleiß am Metall. Die Kornbindung (durch den Karbonatanteil) bringt eine höhere Festigkeit bei den WY-Proben, gegenüber den nicht karbonatisch gebundenen Sandsteinen aus Klosterneuburg.

Einen Vergleich zu Thuro et al. (2006) herzustellen war nicht möglich, da sich die Probe von Klosterneuburg, die einen sehr hohen Quarzgehalt hat, zu schnell zerkleinert hat. Wie schon erwähnt, spielt auch die Kornbindung eine Rolle. Thuro et al. (2006) untersuchten quarzitische Sandsteine mit dem LCPC-Test, die abrasiv bis sehr abrasiv waren. Leider konnte der quarzreiche Sandstein aus Klosterneuburg nicht zum Vergleich herangezogen werden.

7. Conclusio

Es sind mehrere Parameter wichtig, die einen guten Schleifstein ausmachen. Der Quarzgehalt alleine macht noch keinen guten Schleifstein aus. Wichtige Faktoren sind die Porosität des Gesteins, die Matrix, die Kornbindung und die Kornform der Komponenten.

Die Verwendung von Wasser bei der Schärfung von Metallen dient nicht als „Schmiermittel“ welches einen besseren Abrieb bewirkt, sondern hat nur die Aufgabe den anfallenden Metallabrieb zu entfernen.

Bei karbonatisch gebundenen Sandsteinen, die als Schleifsteine (Abb. 7.1 a) verwendet wurden, und beim Schleifen nass gemacht wurden, war der Verschleiß am Gestein geringer. So ein Schleifstein wurde früher von den Bauern am Feld benützt, da der Schleifstein stabil war und sich nicht allzu schnell abgenutzt hat. Das Sensenblatt konnte schnell geschärft werden und der Bauer konnte seiner Arbeit am Feld nachgehen. Die Schleifsteine aus Waidhofen/Ybbs waren dafür sehr gut geeignet. Die feinen Körnungen aus dem Stollen wurden für Schleif- und Sensensteine verwendet, die groben Körnungen aus dem Stollen sind als Mühlsteine eingesetzt worden.

Die Proben aus Klosterneuburg haben einen hohen Quarzanteil und weisen eine deutlich geringe Abrasivität am Metall auf. Die Schleifsteine aus Klosterneuburg wurden früher als Banksteine (Abb. 7.1 b) verwendet. Da der Schleifstein „cremig“ wird, wenn er mit Wasser in Berührung kommt und das Messer darauf gewetzt wird, kann man durch die Paste einen besonders feinen Schliff erzielen. Ein Grund, dass die Schleifsteine eine „Paste“ bilden, sieht man im Dünnschliff. Es sind einige „weiche“ Minerale zu erkennen und zwar Glaukonit, Glimmer und dann sind noch Tonhäutchen um die Quarzkörner herum. Die Banksteine wurden überall dort eingesetzt, wo Messer einen besonders feinen und scharfen Schliff bekommen sollten, z.B.: Messer für Metzgergei. Beim Bearbeiten der Banksteine bekamen sie mit der Zeit eine Rinne, da sich der Schleifstein abgenutzt hat. Dieser musste dann wieder abgetragen werden um eine ebene Arbeitsfläche zu erhalten. Der Schleifstein geht daher mit der Zeit „kaputt“, da er sich durch das Messerschleifen verbraucht. Durch das Schleifen werden die Körner aus der weichen Matrix (Glimmer, Ton, Glaukonit) herausgerissen und es kommen immer wieder neue Körner an die Oberfläche.

In dem Steinbruch von Klosterneuburg wurden früher gezielt die Schichten mit den besten Schleifsteineigenschaften abgebaut. Es ist anzunehmen, dass dieser geschlossen wurde, als man keine passenden Schichten mehr für die Schleifsteinproduktion gefunden hatte.



Abb. 7.1 a) Schleifstein aus Waidhofen/Ybbs

b) Bankstein (<http://schaerfschule.de/shop/images/09bb001.jpg>)

Um eine genauere Aussage über den „besten“ Schleifstein treffen zu können, müssten mehrere Schleifsteine z.B.: aus der Gosau oder auch aus der Region von Ungarn, Schottland etc. geprüft werden um mehrere Daten vergleichen zu können.

Die Schleifsteine aus beiden Regionen waren früher sehr beliebt und wurden in verschiedenen Handwerkerkreisen eingesetzt.

Danksagung

Bei der Entstehung meiner Arbeit konnte ich auf die Unterstützung von einigen Personen zählen.

Ich möchte mich sehr herzlich bei meiner Betreuerin Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Susanne Gier für ihr Engagement und ihre tatkräftige Hilfe bedanken.

Ebenso gehört mein Dank meinem zweiten Betreuer Mag. Walter Strasser und den Mitarbeitern der Technischen Prüfanstalt (TPA), da ich die Geräte an der Technischen Prüfanstalt kostenlos benutzen durfte und freundlich unterstützt wurde.

Danke, Dr. Hans Kurzweil, dass Sie beim Herausschleppen der Proben aus den beiden Stollen und auch aus dem Steinbruch so tatkräftig mitgeholfen haben.

Danke, HR Dr. Maria Heinrich (GBA) für Ihre Unterstützung bezüglich Ortsangaben für Sandsteinvorkommen für die Schleifsteingewinnung in Niederösterreich.

Danke, Mag. Harald Steininger (Amt der NÖ Landesregierung), dass wir in den stillgelegten Schleifsteinstollen in Waidhofen/Ybbs gehen konnten.

Danke, Mag. Andrea Schicker für die Hilfe der XRD-Messungen und die Herstellung für die Streupräparate der Schwermineralanalyse.

Danke, Claudia Beybel und Sigrid Hrabec für die Dünnschliffanfertigungen.

Danke, Ameer Mohammed El-Nady für die Schwermineralabtrennung.

Danke, Dipl.-Ing. (FH) Beatrix Bethke für Ihre Hilfe.

Ein ganz besonderer Dank gehört auch noch meinen Eltern Elisabeth und Wolfgang Lemmerhofer. Sie haben mich immer unterstützt wo sie nur konnten. Das ganz besonderes Erlebnis im Steinbruch werde ich nie vergessen, liebe Mama!!!

Ebenso möchte ich mich bei meinem Freund Alexander Balzer bedanken, der mich immer aufs Neue aufgebaut, angetrieben und motiviert hat.

Literatur

Afnor p18-579, Décembre 1990. LCPC-Test, Essai d'abrasivité et de broyabilité, 7p.

Boenigk, W., 1983. Schwermineralanalyse. Enke, Stuttgart. 158p.

Engleitner, J., 1990. Die Schleifsteinbruch Manipulation. Bibliothek der Technischen Universität für Schwerindustrie zu Miskolc (Ungarn). Wien.

Faupl, P., 1996. Tiefwassersedimente und tektonischer Bau der Flyschzone des Wienderwaldes. 11. Sedimentologentreffen. 33p.

Faupl, P., 2003. Historische Geologie. Eine Einführung. Facultas, Wien. 2. Auflage. 271p.

Feuer und Erde, 2007. Sonntagberg, Kulturpark, Eisenstraße. NÖ Landesausstellung in Waidhofen/Ybbs. (Abb. 3.9)

Folk, R.L., 1968. Petrology of sedimentary rocks. Hephill's, Austin, TX. 107p.

Glover, E.D., 1961. Method of solution of calcareous materials using the complexing agent, EDTA. J. Sed. Pet. 31, pp. 622 - 626.

<http://geomap.geolba.ac.at> – Geologische Karte online (Abb. 3.1, 3.12)

<http://schaerfschule.de/shop/images/09bb001.jpg> (Abb. 7.1 b)

<http://www.austrianmap.at/amap/index.php?SKN=1&XPX=637&YPX=492> (Abb. 3.13)

<http://www.geologie.ac.at/pdf/Uebersichtskarten/GeolKarteAUT-deu-20.pdf> (Abb. 2.1)

http://www.granzer.at/Mf/eisenstrasse_de.html (Abb. 1.1)

Lemmerhofer, C., 2008. Bestimmung der Abrasivität von Gesteinen. Unveröffentlichte Bakkalaureats-Arbeit, Department für Geodynamik und Sedimentologie, Fakultät für Geowissenschaften, Geographie und Astronomie der Universität Wien, 32p.

Mange, M.A. und Maurer, H.F.W., 1991. Schwerminerale in Farbe. Enke, Stuttgart. 147p.

Ney, P., 1986. Gesteinsaufbereitung im Labor. Enke, Stuttgart. 157p.

ÖNORM EN 1097-8, 01.05.2000. Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen; Bestimmung des Polierwertes.

ÖNORM B 3126 Teil 2: Prüfung von Naturstein und von anorganischen Baustoffen; Verschleißprüfung - Schleifscheibenverfahren nach BÖHME.

ÖNORM B 3129-1, 1.3.1991.

ÖNORM B 3685, 01.06.1988. Technische Asphalte für den Straßenbau und verwandte Gebiete - Bestimmung der Raumdichte von hohlraumreichen Asphalten.

ÖNORM B 3121, Juni 1978. Prüfung von Naturstein; Reindichte, Rohdichte, Schüttdichte.

Plinninger, R.J. und Restner, U., 2008. Abrasivness Testing, Quo vadis?- A Commented Overview of Abrasivness Testing Methods. - Geomechanik und Tunnelbau 1.Heft 1.

Plöchinger, B. und Prey, S., 1993. Sammlung Geologischer Führer: Der Wienerwald. Berlin. Stuttgart. 2. Auflage.

Sauer, R., Seifert, P. und Wessely, G., 1992. Outline of Sedimentation, Tectonic Framework and Hydrocarbon Occurrence in Eastern Lower Austria. Mitteilung der Österreichischen Geologischen Gesellschaft. 85. Band. Geologische Bundesanstalt, Wien. Teil 1. p.5-96.

Schäfer, A., 2005. Klastische Sedimente. Fazies und Sequenzstratigraphie. 1.Auflage. Elsevier, Spektrum Akademischer Verlag, München. 414p.

Schultz, L.G., 1964. Quantitative interpretation of mineralogical composition from X-ray and chemical data for the Pierre shale. US Geological Survey Professional Paper, 0391-C, C1-C31.

Thenius, E., 1974. Geologie der österreichischen Bundesländer in Kurzgefassten Einzeldarstellungen. Niederösterreich. 2. erweiterte Auflage. Geologische Bundesanstalt, Wien.

Tucker, M.E., 1985. Einführung in die Sedimentpetrologie. Enke, Stuttgart. 265p.

Wessely, G., 2006. Niederösterreich. Geologie der österreichischen Bundesländer. Geologische Bundesanstalt, Wien. 416p.

Anhang:

Lebenslauf

Name: Claudia Lemmerhofer

Geburtsdatum: 28.09.1985

Geburtsort: Wien

Staatsbürgerschaft: Österreich

Eltern: Elisabeth Lemmerhofer, geb. Elisabeth Straka
Wolfgang Lemmerhofer
beide Beamte des Amtes der NÖ Landesregierung (St. Pölten und Baden)

Geschwister: Keine

Schulbildung: 4 Jahre (1992 – 1996) Volksschule (Quellenstraße 87, 1100 Wien)
8 Jahre (1996 – 2004) Gymnasium (Laaer Berg – Straße 25 – 29, 1100 Wien)

Studium: Erdwissenschaften auf der Universität Wien
Bakkalaureat in der Fachrichtung „Petrologie“ im Februar 2008
Masterstudium in Fachrichtung „Geologie“
Beginn der Masterarbeit im Herbst 2008

Voraussichtlicher Studienabschluss:
Frühjahr 2010 als „Master of Science“ (M.Sc)

Interessen: Rohstoffforschung (Auffindung und Förderung z.B.: von Rohöl, Erdgas, Bergbau,
etc.)
Qualitätssicherung
Petrographie der Gesteine
Sedimentologie: Entstehung der Schichtungen und deren Interpretation

Hobbys: Naildesign, Scrapbooking, Mode, Lesen, Schwimmen, Basteln

Sprachkenntnisse: Deutsch, Englisch, Grundkenntnisse in Französisch und Latein

Ferialpraktikum: Juli 2007 bei NÖ Landesregierung (Landhausplatz 1, 3109 St. Pölten)
August 2007 bei Technischen Prüfanstalt (TPA) (Polgarstraße 30, 1220 Wien)
August 2008 bei NÖ Landesregierung (Landhausplatz 1, 3109 St. Pölten)
April, Mai, Juli 2009 bei Technischen Prüfanstalt (TPA) (Polgarstraße 30, 1220 Wien)
August 2009 bei NÖ Landesregierung (Landhausplatz 1, 3109 St. Pölten)



Wien, 08.03.2010