



Magisterarbeit

Titel der Magisterarbeit

Petrographie und Geotechnik von Kataklasiten am
Semmering

Verfasser

Bakk. rer. nat. Hannes Kellermann

Angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2008

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 066 815
Studienrichtung lt. Studienblatt: Erdwissenschaften
Betreuer: a.o. Univ.-Prof. Mag. Dr. Andreas Rohatsch
Dr. Kurt Decker

Inhaltsverzeichnis:

Formelzeichen:.....	II
1. Einleitung, Fragestellung und Zielsetzung	1
2. Danksagung	3
3. Topographischer und geologischer Überblick.....	4
3.1. Erforschungsgeschichte des Semmeringgebietes	4
3.2. Topographische Lage des Untersuchungsgebietes	6
3.3. Regionalgeologischer Überblick und Tektonik	6
3.3.1. Das Unterostalpin des Semmeringgebietes.....	10
4. Das Rauhwackenproblem	12
4.1. Welche Eigenschaften und Merkmale kennzeichnen eine Rauhwacke?	12
4.1.1. Rauhwackengenese.....	15
4.2. Generelle Unterscheidungsmöglichkeiten und Vergleiche von sedimentären und tektonischen Brekzien	21
5. Methodischer Ansatz.....	24
5.1. Sprödtektonische (brittle tectonics) und geotechnische Feldmethoden	24
5.1.1. Arbeitsweise	24
5.1.2. Auswertung	26
5.2. Pulverröntgendiffraktometrie (XRD)	27
5.3. Färbung von Dünnschliffen	28
5.4. Kathodolumineszenz	29
5.5. Ermittlung gesteinsphysikalischer Parameter.....	29
5.5.1. „Schmidt-Hammer“ – Untersuchungen	29
5.5.2. Punktlastversuch (point-load-test).....	31
5.5.3. Rohdichte und offene Porosität nach ÖNORM EN 1936	34
5.5.4. Ultraschallgeschwindigkeitsmessungen.....	35
6. Ergebnisse	36
6.1. Kinematik des Semmering-Störungssystems im Untersuchungsgebiet.....	36
6.2. Petrographische Charakterisierung von Störungsgesteinen	41
6.2.1. Ausgangs- und Nebengestein(e)	42
6.2.2. „Damage-Zonen“	44
6.2.3. Störungsgesteine im Kern der Störungen.....	51
6.2.4. Verfolgbarkeit der Kernstörungsgesteine.....	64
6.2.5. Kathodolumineszenz	64
6.3. Geotechnische Charakterisierung der Störungsgesteine.....	65
6.3.1. Gesteinsfestigkeiten	65
6.3.2. Rohdichte- und Porositätsbestimmungen	68
6.3.3. Ultraschallgeschwindigkeitsmessungen.....	68
7. Interpretation der Ergebnisse	70
7.1. Unterscheidungsmöglichkeiten von sedimentären und tektonischen Brekzien am Semmering.....	72
7.1.1. Steinhaus am Semmering.....	72
7.1.2. Pinkenkogel.....	74
7.2. Unterscheidungskriterien von tektonischen und sedimentären Brekzien in den Ostalpen.....	77
7.3. Verwendung als Baustein	77
7.3.1. Neuberg an der Mürz (ST)	77
7.3.2. Scheiblingkirchen (NÖ)	78
8. Diskussion und offene Fragestellungen	80
9. Literaturnachweis	81
9.1. Textquellen	81
9.2. Internetquellen	84
10. Anhang	85
10.1. Lebenslauf Hannes Kellermann	85
10.2. Laborwerte der offenen Porositäts- und Rohdichtebestimmung	86
10.3. Schmidhammer Rückprallwerte	89
10.4. Punktlastversuch	102
10.5. Ultraschallgeschwindigkeitsmessungen	139
10.6. Zusammenfassung	140
10.7. Abstract.....	141

Formelzeichen:

Zeichen	Beschreibung	Einheit
A	Bruchfläche beim Würfeltest	mm ²
c	Korrekturfaktor zur Umrechnung von Punktlastindex in UCS	
D	Probendurchmesser (Probenhöhe)	mm
D _e	Äquivalenter Bohrkerndurchmesser	mm
f	Korrekturfaktor zur Umrechnung von I _s auf I ₅₀	
I _s	Punktlastindex	N/mm ²
I ₅₀	Punktlastindex (standardisierter Probendurchmesser 50 mm)	N/mm ²
F _B	Bruchlast	kN
m _a	Masse unter Auftrieb des Probekörpers	g
m _d	Trockenmasse des Probekörpers	g
m _h	Masse des in Wasser eingetauchten Probekörpers	g
m _s	Masse des gesättigten Probekörpers	g
ρ _b	Rohdichte	kg/m ³
ρ _o	Offene Porosität	%
ρ _{rh}	Dichte des Wassers	kg/m ³
UCS	Einaxiale Druckfestigkeit (Unconfined compressive strength)	N/mm ²
V _b	Rohvolumen des Probekörpers	ml
W	Probenbreite	mm

1. Einleitung, Fragestellung und Zielsetzung

Spröde Störungen mit großem Versatz sind generell durch die Ausbildung von dichten Trennflächengefügen und die Bildung von Störungsgesteinen im Zentrum der Störung charakterisiert. Deformationsprozesse und Lithologie der undeformierten Ausgangsgesteine haben wesentlichen Einfluss auf die geotechnischen (felsmechanischen) und hydrogeologischen Eigenschaften der Störungszone, wobei aus spröder Deformation meist eine Herabsetzung der Felsqualität (Rock Mass Quality), der Gesteinsfestigkeit und eine Erhöhung von Porosität und Permeabilität resultiert. Störungszonen sind daher mit hohen baugeologischen Risiken für Grund- und Tiefbauprojekte behaftet.

Während für Kristallingesteine zahlreiche Untersuchungen existieren (Hayman (2006), Heilbronner (2006), Hoxha et al. (2005), Ismat (2005), Lee (2005), Lin (1998 und 2000), Tenthorey et al (2002), Uehara (2003)), liegen gegenwärtig für Karbonatgesteine nur wenige systematische Untersuchungen von Störungseigenschaften und Störungsgesteinen vor (Kennedy (1998), Billi (2005)).

Von dieser Situation ausgehend wurde das Semmeringgebiet, das durch bedeutende spröde Seitenverschiebungen des Mur-Mürz-Semmering-Wiener Becken Störungssystems charakterisiert ist, ausgewählt, um verschiedenartig ausgeprägten Kataklastite in ihren strukturellen, lithologischen und gesteinsphysikalischen Eigenschaften zu untersuchen. Dafür wurde eine etwa 250 – 300 m mächtige WSW-ENE streichende Störungszone, die zum miozänen Semmeringstörungssystem gehört, untersucht. Die Störungszone ist im Bereich des Myrtengrabens (ca. 2 km E des Semmeringpasses) in mehreren Aufschlüssen teilweise ausgezeichnet aufgeschlossen.

Die Aufnahmen erfolgten in einem Profil normal zur Störungszone, um die Übergänge von undefor miertem Nebengestein in die Damage Zone und den Störungskern zu dokumentieren. Folgende Untersuchungsziele wurden festgelegt:

1. Die tektonisch-struktur geologische Bearbeitung der Störung zur Beschreibung ihrer Kinematik und Deformationsgeschichte.
2. Detaillierte Aufnahmen der Gesteine außerhalb der Störungszone, am Rand der Störung („Damage Zone“) sowie des Störungskerns („Fault Core“)
3. Petrographische Untersuchungen der betreffenden Gesteine unter besonderer Berücksichtigung der verschiedenen kataklastischen Störungsgesteine, die teilweise als Rauh wacken vorliegen.
4. Über petrographische und tektonische Untersuchungen hinaus, sollten geotechnische Parameter (Dichte, Porosität und Festigkeit) von Gesteinen außerhalb der Störung, der Damage Zone und des Fault Cores erhoben und ausgewertet werden.

Im Zuge der Arbeit wurde festgestellt, dass tektonische Brekzien im Semmeringgebiet häufig als „Rauh wacken“ vorliegen, die durch teilweise Lösung von Komponenten sehr hohe Porosität aufweisen können. Diese Störungsgesteine sind nur schwer von von sedimentären Brekzien („Rauh wacken“) zu unterscheiden, wie sie in verschiedenen stratigraphischen Einheiten der Trias des unterostalpinen Semmeringsystems auftreten können (Reichenhaller Rauh wacke, Rauh wackenbänder im Nor). Es wurde versucht, auf dieses Problem am Semmering einzugehen und mögliche Lösungsvorschläge – für weiterführende Arbeiten am Semmering und in den Ostalpen – zu erarbeiten.

2. Danksagung

Besonderer Dank gebührt meiner Familie – allen voran meinen Eltern – dafür, dass sie mich auch im langen Lebensabschnitt – meiner Studienzeit – begleitet und unterstützt haben. Sie ermutigten mich nicht nur in schwierigen Zeiten und gaben mir die Möglichkeit meine Interessen zu verwirklichen.

Meiner Freundin Christine, die mir immerzu beigestanden ist und mir die Kraft gab, das Studium zu einem guten Ende zu bringen. Außerdem danke ich Ihr besonders für Ihre Geduld und die fachlichen Diskussionen.

Weiterer Dank gebührt meinen beiden Betreuern Dr. Kurt Decker und Dr. Andreas Rohatsch, die mich physisch und psychisch bis zum Ende dieser Arbeit unterstützt haben und mich – wenn ich mich auf Irrwegen befand – auf den richtigen Weg zurückgeleitet haben.

Frau Dr. Susanne Gier und DI Sabine Hruby-Nichtenberger möchte ich für die Hilfe bei der Durchführung der Röntgendiffraktometrie danken.

Meinen StudienkollegInnen gebührt großer Dank für die vielen schönen – manchmal auch schwierigen - Stunden, die wir gemeinsam auf der Universität in Hörsälen, im nächsten Gastgarten oder auf Exkursionen erleben durften.

3. Topographischer und geologischer Überblick

3.1. Erforschungsgeschichte des Semmeringgebietes

In dieser Erforschungsgeschichte wird primär auf Arbeiten über die triadischen Karbonatkomplexe und die Tektonik des Semmeringgebietes eingegangen. Die vorhandene Fachliteratur über die kristallinen Einheiten des Semmering-Wechsel-Systems fällt ungleich vielfältiger und komplexer aus und kann zum Beispiel in den Arbeiten von Müller (1994), Schmidt (1999) und Berka (2000) nachgelesen werden.

Die ersten geologischen Untersuchungen im Semmeringgebiet wurden im Zuge der Baumaßnahmen des ersten Semmering-Bahntunnels etwa im Jahr 1850 durchgeführt. Hier sind vor allem Kudernatsch (1850) und Foetterle (1850) zu nennen. Die erste geologische Karte stammt von Hauer aus dem Jahre 1868. Stur (1871) war der Ansicht dass das Semmering-Wechsel-System wahrscheinlich dem Devon zuzuordnen ist, jedoch dauerte es bis ins Jahr 1876, als Toula dies durch erste Fossilienfunde bestätigte – Pentacriniten Stielglieder – und die Semmering-Einheiten ins Devon stellte. 1877 jedoch korrigierte sich Toula selbst und erkennt im Karbonatkomplex ein „wahrscheinlich“ triadisches Alter. Vacek (1888) versucht eine Klärung der Tektonik, jedoch wenig erfolgreich, da die Gesteinskomplexe außerordentlich „versteinerungslos“ (fossilienleer) sind. Als Termier (1904) die Deckenlehre in den Alpen einführte, dauerte es fünf Jahre bis Suess und Uhlig (beide 1909) diese Lehren auf das Semmering-Wechsel-System übertrugen. Mohr (1910, 1912) und Kober (1912) lieferten einen Versuch der tektonischen Auflösung. Heritsch (1915) und Sander (1916) waren der Ansicht, dass die Gesteine des Semmerings „lepontinisch“ (penninisch) seien und somit den Einheiten des Tauernfensters gleichzustellen sind. Kober sah in seinen tektonischen Arbeiten von 1923 und 1925 die Verbindung der Semmering Einheiten zu den Karpaten und Staub (1924) nahm damals schon eine Gliederung der Ostalpen in Unter-, Mittel- und Oberostalpin vor und stellte den Semmering in das Unterostalpin. Diese Auffassung übernahm Kober erst im Jahr 1938, er sprach damals von den sogenannten „Semmeringiden“. Im Jahr rund um 1950 erfuhr das Semmeringsystem in geologischer Hinsicht wieder größere Berücksichtigung, als ca. 100 Jahre nach dem ersten Semmering Tunnel, der „Semmering – Bahntunnel

II“ gebaut wurde. Mohr führte die wissenschaftliche Betreuung der Bauarbeiten durch, jedoch konnte aufgrund der starken tektonischen Durchbewegung und der vielen „*Trümmergesteine*“ in seinen Arbeiten von 1950 und 1951 nur wenig Neues mitgeteilt werden. Auch Schmidt (1952), der den Paßbereich kartierte und über die Arbeiten im Stollen berichtete, konnte nur wenig zur Klärung der geologischen und tektonischen Problematik beitragen. Cornelius (1936) erstellte die geologische Karte im Maßstab 1:75000 „*Mürzzuschlag*“, die aufgrund der vielen Detailbeobachtungen und der ausführlichen Erläuterungen (1952) weitreichende Beachtung fand. Kristan (1956) war der Überzeugung, in der Nähe von Schottwien ein vollständiges Trias-Profil erkannt zu haben. Es dauerte bis ins nächste Jahr (1957) als Kristan und Tollmann eine erste stratigraphische Tabelle der karbonatischen Semmering-Einheiten, inklusive einer kleinen Detailkarte des Sonnwendsteins publizierten. Im gleichen Jahr erkannte Tollmann Analogien in den Schichtabfolgen von Semmering und Radstädter Tauern, die er 1959 in seinen Studien zum Deckenbau vertiefte. Pettin (1960) führte sedimentologische sowie tektonische Kartierungen des Gebietes rund um den Semmeringpass durch. Im Jahr 1963 veröffentlichte Tollmann seine Ostalpensynthese, in der er unter anderem die komplexe Falten- und Deckentektonik der Semmering Einheiten aufzeigt. Neuner (1964) und Bauer (1967) führten Studien über die Gipslagerstätten des Semmerings durch. In Tollmanns Bänden I (1977) und III (1986) zur „*Geologie von Österreich*“ finden sich unter anderem eine überarbeitete stratigraphische Tabelle der Semmeringtrias und neue Erkenntnisse über die tektonischen Zusammenhänge.

Die aktuellsten Kartengrundlagen im Maßstab 1:50.000 stellen die Geologischen Kartenblätter Mürzzuschlag (Blatt 104) und Neunkirchen (Bl. 105) der Geologischen Bundesanstalt dar, die in den Jahren 2001 (Bl. 104, geologische Aufnahme: Berka R., Brosch F. J., Fasching A., Hofmann T., Klima K., Magiera J., Mandl G. W., Matura A., Mello J., Nievoll J., Nowotny A., Pölser P., Riedmüller G., Rockenschaub M. und Schweighofer B.) und 1992 (Bl. 105, geologische Aufnahme: Herrmann P., Mandl G. W., Matura A., Neubauer F., Riedmüller G. und Tollmann A.) erschienen sind. Erläuterungen zu den Kartendarstellungen sind bisher nicht erschienen.

3.2. Topographische Lage des Untersuchungsgebietes

Die in dieser Arbeit untersuchten Gesteine sind rund um den Semmeringpass, an der Landesgrenze Niederösterreich – Steiermark aufgeschlossen (siehe Abbildung 3-1). Begrenzt wird das Gebiet im Westen bei Steinhaus am Semmering, über den Semmeringpass verlaufend bis etwa 2 km östlich des Semmeringpasses in den sogenannten „Myrtengraben“. Im Norden bilden die „Kalte Rinne“ und im Süden der Erzkogel bei Steinhaus am Semmering die Umgrenzungen des Arbeitsgebietes. Zusätzlich wurden zu Vergleichszwecken Aufschlüsse bei Neuberg a. d. Mürz (ST) und Scheiblingkirchen (NÖ) bearbeitet.

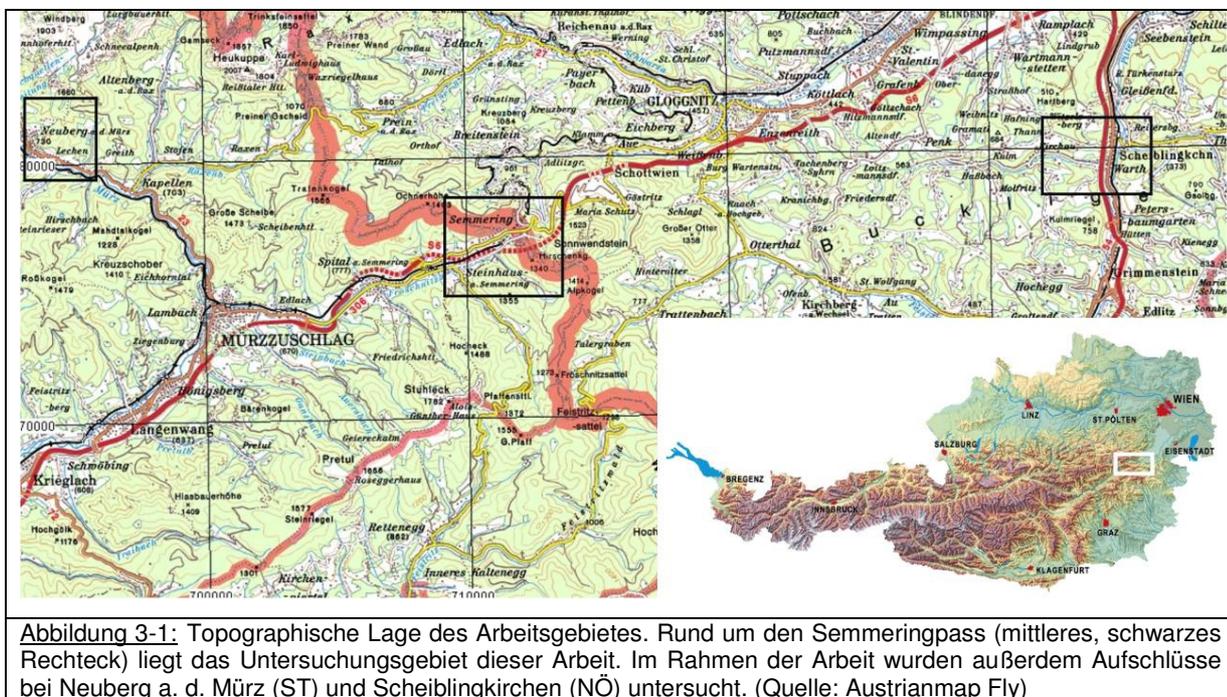


Abbildung 3-1: Topographische Lage des Arbeitsgebietes. Rund um den Semmeringpass (mittleres, schwarzes Rechteck) liegt das Untersuchungsgebiet dieser Arbeit. Im Rahmen der Arbeit wurden außerdem Aufschlüsse bei Neuberg a. d. Mürz (ST) und Scheiblingkirchen (NÖ) untersucht. (Quelle: Austrianmap Fly)

3.3. Regionalgeologischer Überblick und Tektonik

Die in dieser Diplomarbeit bearbeiteten Gesteine gehören den Unterostalpinen Einheiten des Semmering–Wechsel-Systems an (siehe Abbildung 3-2).

Die Unterostalpinen Decken kommen in tektonischer Hinsicht zwischen Mittelostalpin (Tattermannschuppe) im Hangenden und Penninikum im Liegenden zu liegen. Aufgrund der alpidischen Orogenesestadien bilden die unterostalpinen Einheiten die Umrahmung des Penninikums und können vom Engadiner Fenster im

folgenden Profilschnitt (siehe Abbildung 3-3) ist die großtektonische Lage am Ende dieses Orogenesestadiums (Oberjura) zu erkennen.

Die Nord-Süd-Konvergenz der Kontinentalplatten setzte sich in der nächsten – „Kretazischen (ealpinen) - Phase“ fort. Diese großräumige Verengung führte zur Abscherung der Kalkalpen von ihrem kristallinen Basement. Im Zuge dessen wurde das Ostalpin gefaltet und die Großdeckenbildung des

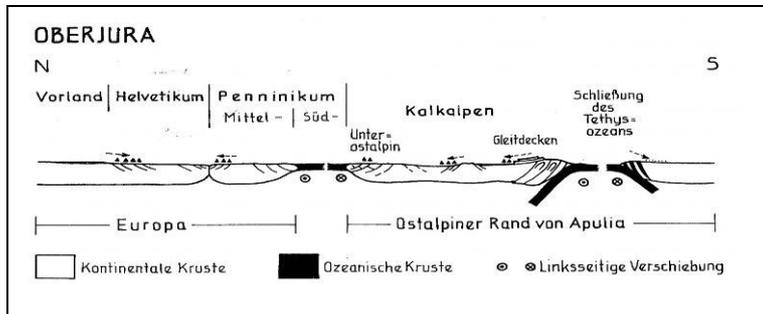


Abbildung 3-3: Diese Abbildung zeigt schematisch die großtektonische Situation nach der jurassischen Orogenese (nicht maßstäblich, aus Faupl 2000). Die Schließung des Tethys-Ozeans, während gleichzeitiger Öffnung des Penninischen Ozeans, waren die Produkte der andauernden Nord-Süd-Verengung. Beide Vorgänge wurden von sinistralen Seitenverschiebungen begleitet.

Ostalpins in Ober-, Mittel- und Unterostalpin setzte ein. Es entstanden die sogenannten „Kretazischen Alpen“. Die drei folgenden Profilschnitte (siehe Abbildung 3-4) zeigen die Auswirkungen der ealpinen Orogenese.

<p>UNTERKREIDE</p> <p>N S</p> <p>Vo He UHe NP mit Rfly MP SP UOA OOA</p>	<p>CONIAC-SANTON</p> <p>N S</p> <p>Vo He UHe NP mit Rfly MP SP Kalkalpen Zentral= alpine Gosau</p>				
<p><u>Abbildung 3-4:</u> Die Linke Abbildung (Bild 1) zeigt die Anordnung der großtektonischen Einheiten vor der ealpinen Orogenese. Es bildete sich aufgrund der N-S-Verengung und der damit verbundenen Subduktion des Südpenninikums ein Akkretionskeil – gebildet von den Unterostalpinen Einheiten. Die Seitenverschiebung änderte ihren Bewegungssinn und war bis zum Ende dieses Orogenesestadiums dextral. Es öffnete sich jedoch im Norden ein weiterer Ozean (Nordpenninikum). In den beiden rechten Abbildungen (2+3) ist die Schrittweise fortlaufende Subduktion des Südpenninikums (inkl. Akkretionskeil) erkennbar. In der mittleren Oberkreide (Bild 2) kam es zur Ablagerung der „Gosau“ auf den verfalteten Kalkalpen. Am Ende der Kreide (Bild 3) war der größte Anteil des Subduktionskeiles subduziert worden und der Südpenninische Ozean wurde geschlossen. (alle Abbildungen nicht maßstäblich, aus Faupl 2000).</p>	<p>MAASTRICHT - PALÄOGEN</p> <p>Vo He UHe NP MP Kalkalpen Zentral= alpine Gosau</p> <table border="1" style="margin-top: 10px;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3</td> </tr> </table> <p>Vo – Vorland; He-, UHe – (Ultra)Helvetikum; NP – Nordpenninikum; MP – Mittelpenninikum; SP – Südpenninikum; UOA – Unterostalpin; MOA – Mittelostalpin; OOA – Oberostalpin; Rfly – Rhenodanubischer Flysch</p>	1	2		3
1	2				
	3				

Anschließend - in der „Alttertiären (mesoalpinen) Phase“ – setzte sich die großräumige Nordbewegung der Kalkalpen neuerlich fort, die wiederum Faltung und Deckenbewegungen erfuhren. Weiters wurden die Penninischen Einheiten unter die Ostalpen subduziert, dies führte zur

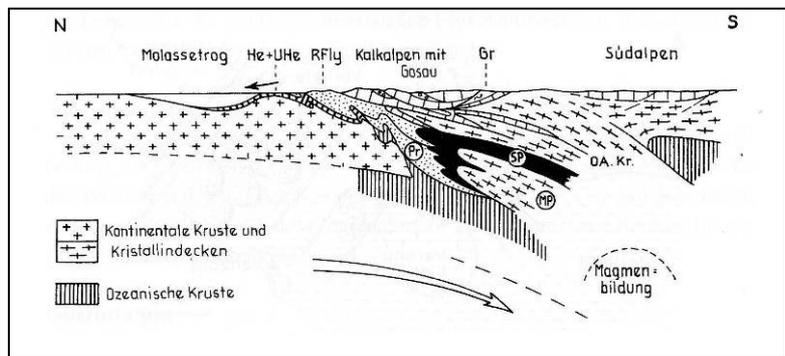


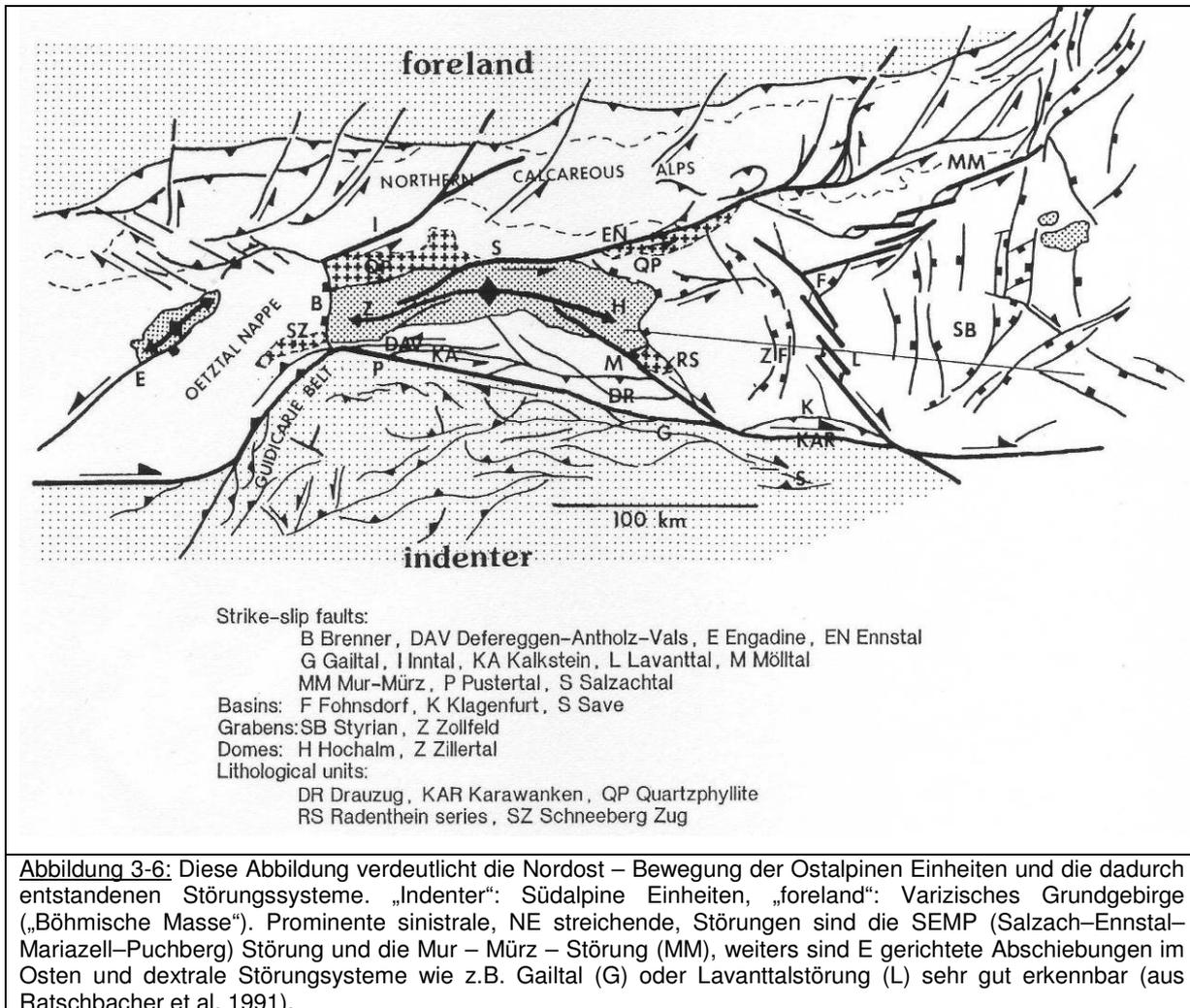
Abbildung 3-5: Diese Abbildung zeigt die Situation nach der alttertiären Orogenese. Die Subduktionszone hat sich weiter nach Norden verlagert und war im Bereich des Nordpenninikums aktiv. Die Kalkalpen glitten weiter nach Norden, die Penninischen Einheiten wurden tief versenkt und es kam zur (sauren) Magmenbildung, die sich in spätorogenen Intrusionen (Oligozän) von zumeist Tonaliten (z.B. Riesenferner Tonalit, Adamello- und Bergeller Pluton) äußerte (nicht maßstäbliche Abbildung, aus Faupl 2000).

Gesteinsmetamorphose („Tauernkristallisation“) des Penninikums.

Im neosalpinen Orogenesestadium kam es aufgrund des weiterhin nordgerichteten Vorwärtsdrängens der Südalpinen Einheiten, die sodann als sogenannter „Indenter“ (Kollisionskörper) wirkten, zur weiteren Einengung der Ostalpen. Aufgrund dieser N - Bewegung der Südalpen wichen die ostalpinen Einheiten an hauptsächlich SW – NE streichenden, sinistralen Seitenverschiebungen (z.B. SEMP-, Mur–Mürz–Störung) nach Nordosten aus (siehe Abbildung 3-6). In Zuge dessen kam es aus geometrischen Gründen zu ostgerichteten Abschiebungen und dextralen Seitenverschiebungen (z.B. Pustertal-, Gailtal–Störung). Die Bewegung begann in den Zentralalpen im Oligozän und erfuhren den Höhepunkt der Bewegung im Miozän (Ratschbacher et al. 1991).

Das Semmering-Störungssystem, das in der vorliegenden Arbeit analysiert wird, ist Teil des im Zuge der lateralen Extrusion angelegten Mur-Mürz-Wiener Becken Störungssystems (Ratschbacher et al., 1991; Fodor, 1995; Linzer et al., 1997; Decker, 1996). Das Alter dieses sinistrale Störungssystemem kann aufgrund der Sedimentation im Wiener Pull-Apart Becken festgelegt werden. Die Störung wurde demnach im mittleren Miozän (Unteres Badenien) gebildet und war bis in das obere Pannonium als sinistrale Blattverschiebung aktiv (Decker et al., 2005). Tektonische Daten deuten auf eine Unterbrechung der sinistralen Bewegungen am Semmering-Wiener Becken-Störungssystem (oberstes Pannonium bis Altpleistozän; Peresson & Decker, 1997). Seit dem mittlern Pleistozän (Decker et al., 2005) ist das

Störungssystem wieder als Linksseitenverschiebung seismotektonisch aktiv (Gutdeutsch & Aric, 1988; Reinecker & Lenhardt, 1999; Hinsch & Decker, 2003).



3.3.1. Das Unterostalpin des Semmeringgebietes

Im regionalen Maßstab wird das Unterostalpin (UOA) im tektonischen Sinne von den alpenostrandnahen Penninischen Einheiten (Bernsteiner und Rechnitzer Fenster, etc.) unterlagert. Das „mittelostalpine“ Kristallin (inkl. Permotrias) stellt die nächst höhere tektonische Einheit über dem Unterostalpin dar, die Veitscher Decke (Grauwackenzone, Oberostalpin) bildet das hangenste Element (Pistotnik 2001).

Das Unterostalpin des Semmeringgebietes lässt sich nach Tollmann (1977) vom Liegenden ins Hangende in folgende Decken gliedern: Wechsel-Decke (inkl. Pfaff-Mulde), Stuhleck–Kirchberg–D. (inkl. Semmering–M.), Mürz–Tachenberg–D. (inkl.

Kapellener–M.) und Roßkogel–Decke. Das Untersuchungsgebiet dieser Arbeit liegt in der Semmering Mulde der Stuhleck-Kirchberg Decke. Ein Profilschnitt im Bereich des Sonnwendsteins in Abbildung 3-8 zeigt die durch die alpidische Orogenese hervorgerufene Verfallung der permotriadischen Gesteinsformationen rund um den Semmeringpass (Tollmann 1968). Diese Serien sind intensiv nordvergent verfalltet und verschuppt, sodass ihre stratigraphische Auflösung sehr erschwert wurde, auch aufgrund der meist fossiliferen Schichtglieder (Tollmann 1977). Die Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt (2001) widmete sich diesem Thema intensiv, jedoch scheint eine lückenlose Klärung noch in (weiter) Ferne zu liegen, stratigraphische Fixpunkte existieren nur von mitteltriadischen Karbonaten („*Dadocrinus gracilis* (BUCH)“ – Kristan & Tollmann (1990), „*Gondolella constricta* (MOSHER)“ – Lein (2001)). Jedoch ist die stratigraphische Tabelle von Tollmann (1977) immer noch gültig (siehe Abbildung 3-7), stellenweise wurde Sie im Detail verbessert (Pistotnik 2001).

Die Schichtfolge der Permotriadischen Schichtglieder zentralalpiner Fazies beginnt im Perm mit dem „Alpinen Verrucano“ und ist in der Obertrias in der für das UOA typischen „Keuperfazies“ bis in Rhät ausgebildet. Eine Bohrung der OMV im Wiener Becken konnte noch Lias nachweisen (Wessely 1975).

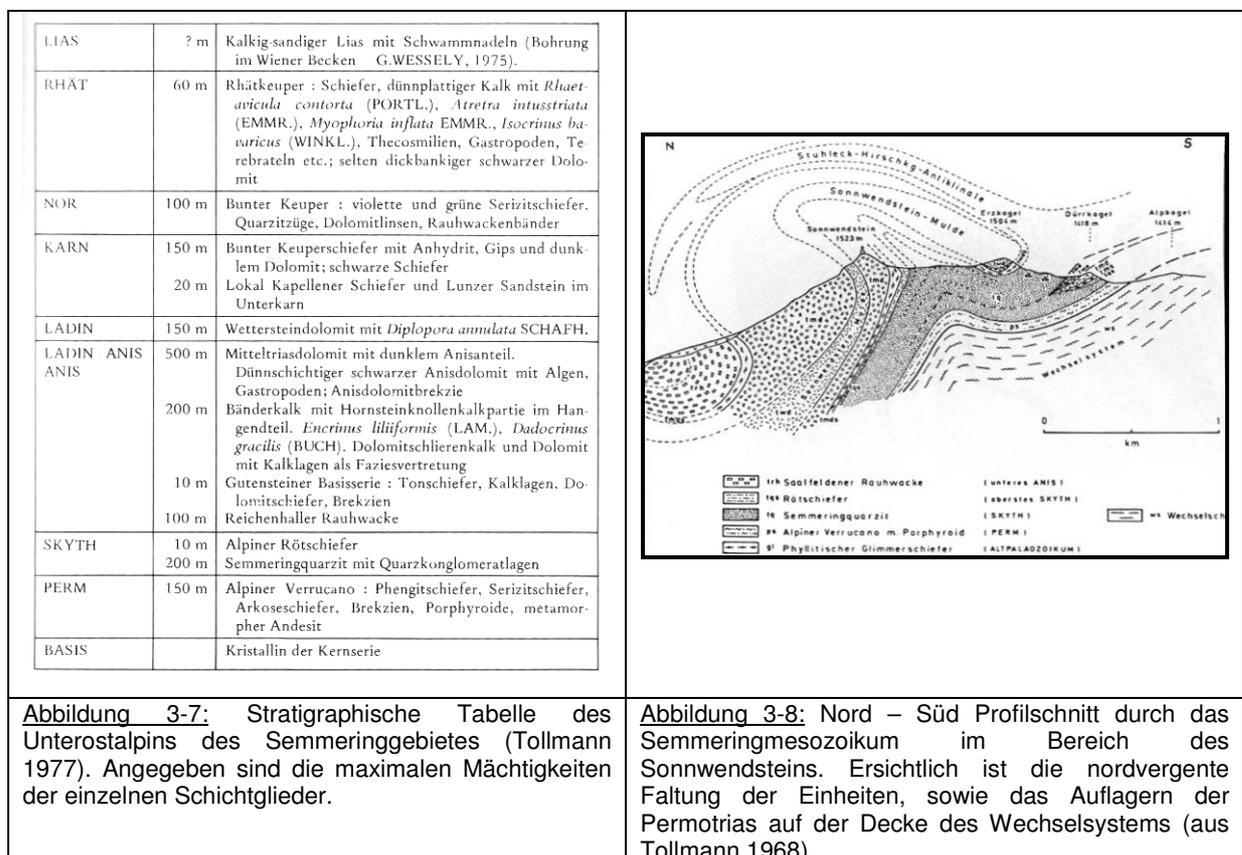


Abbildung 3-7: Stratigraphische Tabelle des Unterostalpins des Semmeringgebietes (Tollmann 1977). Angegeben sind die maximalen Mächtigkeiten der einzelnen Schichtglieder.

Abbildung 3-8: Nord – Süd Profilschnitt durch das Semmeringmesozoikum im Bereich des Sonnwendsteins. Ersichtlich ist die nordvergente Faltung der Einheiten, sowie das Auflagern der Permotrias auf der Decke des Wechselsteinsystems (aus Tollmann 1968).

4. Das Rauhackenproblem

Vor allem in der Ostalpinen Trias können innerhalb der großtektonischen Einheiten des Penninikums, Unter-, Oberostalpin und Südalpin (Faupl 2000) zum Teil mächtige Rauhackenhorizonte ausgeschieden werden (z.B. Nordalpine Raibler Schichten, Reichenhaller oder Saalfeldener Rauhacke, etc.). Die Fragen bezüglich der Ausgangsgesteine sowie deren Bildungsbedingungen konnten bisher nur unbefriedigend geklärt werden. Mit diesem Thema haben sich unter anderem Brunnschweiler (1948), Brückner (1941), Cornelius (1935, 1952), Jeanbourquin (1986), Krauter (1971), Leine (1971), Masson (1972), Müller (1982), Riedmüller (1977), Schaad (1995), Vearncombe (1982) und Warrak (1982) beschäftigt^[1]. Aufgrund der schwächeren rheologischen Eigenschaften gegenüber den die Rauhackenhorizonte umgebenden mächtigen Trias–Karbonatplattformen, kam es zur Durchbewegung und Nutzung dieser als Scher- und/oder Gleithorizont während der alpidischen Gebirgsbildungsphasen (Tollmann 1977). Dies stellt für eingehende Untersuchungen ein schlechte Basis dar, da in den meisten Fällen von der ursprünglichen Struktur und Textur des Ausgangsgesteines meist nur mehr wenig bis gar nichts erhalten ist, und je nach tektonischer Beanspruchung und Ausgangsgestein das Erscheinungsbild dieser Gesteine vom klein- bis zum großräumigen Maßstab erheblich variieren kann.

4.1. Welche Eigenschaften und Merkmale kennzeichnen eine Rauhacke?

Das Problem der Rauhackengenese und deren Deutung liegt schon am Begriff der Rauhacke selbst.

Laut Leine (1971) verwendete als erster Naumann (1854) den Begriff Rauhacke zur Gesteinsbeschreibung der „kavernösen Dolomite und dolomitischen Kalke des Zechsteins“.

Cornelius (1952) hat Rauhacken als „vorwiegend dunkelgelbe, löcherig verwitternde Gesteine, bestehend in Ihrer typischen Form aus einem Netzwerk von

¹ Es werden nur exemplarisch einige Autoren angeführt, um die Komplexität dieses Themas zu erläutern. Im Rahmen dieser Arbeit muss auf die Arbeiten von Müller (1982) und Schaad (1995) verwiesen werden, in denen umfassende Literaturrecherche betrieben wurde und die verschiedensten Entstehungsmöglichkeiten der „Rauhacke“ ausführlich dargestellt und erläutert sind.

Kalk-Scheidewänden, welche einen „Zellinhalt“ aus aufgelockertem Dolomit (oft sogenannte „Dolomitasche“) umschließen“ beschrieben (Anmerkung: Diese Beschreibung würde am ehesten dem Begriff „Zellenkalk“ – siehe unten – gerecht werden). Jedoch geht Cornelius davon aus, dass Rauhacken aus tektonischen Dolomitbrekzien entstehen, die postkataklastisch – unter Einwirkung sulfatreicher Lösungen – dedolomitiert wurden.

In der Literatur findet sich eine Vielzahl von Definitionen, der Autor bezeichnet eine Rauhacke wie folgt:

„Eine Rauhacke ist ein karbonatische Brekzie, die aufgrund von Verwitterung eine löchrige, poröse Struktur erhalten hat“.

Der Autor will also den Begriff Rauhacke als einen rein phänomenologischen verstanden wissen, ohne genetische Implikationen, die von Fall zu Fall zu untersuchen und eigens mit den Begriffen „tektonische Rauhacke“ oder „sedimentäre Rauhacke“ auszuweisen sind.

Wie diese Löcher entstanden sind, welche Ausgangsgesteine und welche geologischen Prozesse dafür verantwortlich waren, muss bei jedem einzelnen Rauhackenvorkommen geklärt werden. Aufgrund der unterschiedlichen Definitionen einer Rauhacke und der vor allem sehr unterschiedlich ausgeprägten Rauhacken, ist eine Einteilung derselben schwer vorzunehmen. Leine (1971) unterschied zwischen „monomikten und polymikten Rauhacken“ (eigentlich Kataklastiten) und Brunnschweiler (1947) unterteilte (sedimentäre) Rauhacken in „Fetzen-, Netz-, Gips-, Bänder- und Bröckelrauhacke“:

Fetzenrauhacke: *„Eine sedimentäre Brekzie, die Dolomitbrocken, rote Tonschieferstücke und –fetzen enthält. Dadurch bekommt das Gestein sein verknetetes, fetzig-flaseriges Aussehen.“* Diese Tonschieferfetzen sind maximal 5 – 6 cm lang, die Dolomitkomponenten, die oft zerfallen, pulverisiert oder herausgewaschen sind, zeigen ähnliche Größen. Dieses Gestein enthält keinen Gips.

Netzrauhwacke: „In der Netzrauhwacke ist der überwiegende Teil der Dolomitkomponenten teilweise pulverisiert, oder durch Lösungsvorgänge gänzlich entfernt, sodass nur mehr die Kalzitwände vorhanden sind.“ Die Varietäten sind enorm, jedoch finden sich auch teilweise noch nicht aufgelöste Dolomitkomponenten in diesen Gesteinen. (Anmerkung: Dieses Gestein würde am ehesten dem Begriff „Zellenkalk“ – siehe unten – gerecht werden)

Gipsrauhwacke: Eine Varietät der Netzrauhwacke, die Gips enthält. Dieser kommt in Nestern, 0,5 m langen Linsen, Knollen oder als Zellenfüllungen vor und ist zumeist feinkristallin, weiss und ungeschichtet ausgebildet.

Bänderrauhwacke: Diese Rauhwacke wurde nur aufgrund der Lagerungsverhältnisse (Wechselagerung von Dolomit und Rauhwacke mit Schichtdicken von 5 bis 20 cm) „Bänderrauhwacke“ genannt, obwohl sie im Handstück von einer Netz- oder Bröckel-Rauhwacke nicht zu unterscheiden ist.

Bröckelrauhwacke: Regellose, eckige Dolomitkomponenten von meist nicht mehr als Nussgröße, die von mit Kalzit verheilten Klüften getrennt werden.

Weitere Begriffe wie *Rauhwacke*, *Zellenkalk*, *Zellendolomit* und *Reibungsbrekzie* müssen vollständigshalber erwähnt werden, werden aber in der neueren Literatur meist durch den Begriff Rauhwacke ersetzt.

Rauhwacke: ursprünglicher, nicht mehr verwendeter Begriff einer Rauhwacke aufgrund der grauen, „rauchigen“ Farbe des Gesteins.

Zellenkalk, (-dolomit): Netzwerk aus Kalzit-Scheidewänden, welche die inzwischen herausgelösten Kalk- und/oder Dolomit-Komponenten umgeben, das ursprüngliche „Fitting“ der Komponenten ist jedoch noch zu erkennen.

Reibungsbrekzie: Von Cornelius (1952) erdachter Begriff für kohäsive, tektonisch überprägte Gesteine - gegenwärtig Kataklastite (Grubenmann & Niggli 1924) genannt.

Es sei im speziellen darauf hingewiesen, dass der Begriff Rauhwacke nur für karbonatische **Brekzien** verwendet wird, obwohl diese Verwitterungsart auch bei **Konglomeraten** bekannt ist. In diesen Gesteinen können – ebenso wie bei Brekzien - alle Verwitterungsstadien von beginnender bis zur vollständigen Auflösung der Komponenten beobachtet werden.

Laut Winkler (1997) existieren für das Erscheinen von sogenannten „hohlen Geröllen“ (Dolomitisierung oder Dedolomitierung von karbonatischen Komponenten, deren äußerer Rand erhalten bleibt) in den Konglomeraten des Sattnitzzuges in Kärnten folgende Genesemodelle:

Wiederholte Durchfeuchtung und Austrocknung von Dolomitgeröllen im vadosen Environment nehmen Fytrolakis & Theodoropoulos (1975) an, wobei es zur Dedolomitierung von innen nach außen kommt.

Richter & Zinkernagel (1981) sind der Ansicht, dass die Teildolomitierung im phreatischen Milieu von außen nach innen erfolgte.

Als mehrphasiges Geschehen, mit wechselnden Bedingungen (oxidierendes und reduzierendes Milieu) werden hohle Gerölle von Kafri & Sass (1996) erklärt, nach Ihrer Ansicht findet die Dedolomitierung von außen nach innen statt.

4.1.1. Rauhwackengenese

Für die Entstehung einer Rauhwacke können alle Arten von karbonatischen Brekzien als Ausgangsgestein in Frage kommen. Generell gilt es hierbei, sedimentäre von tektonischen Brekzien zu unterscheiden.

Anschließend führt ausschließlich oberflächennahe chemische Verwitterung zum charakteristischen Erscheinungsbild dieser Brekzien, die sodann als Rauhwacken bezeichnet werden.

Es stellt sich natürlich die Frage, ob die im Ostalpin vorkommenden Rauhwacken primär sedimentären Ursprungs sind oder ob die Brekzisierung aufgrund der alpinen Orogenesen (Faltung und/oder Kataklyse) stattgefunden hat. Anschließend werden diese Brekzien durch chemische Verwitterungsprozesse (z.B. Lösung von Kalk und Dolomit in aggressiven Grund- und /oder Formationswässern) zu Rauhwacken verändert.

4.1.1.1. Sedimentäre Brekzien

Sedimentäre Brekzien bestehen in der Mehrzahl aus überwiegend eckigen Komponenten ($> 2 \text{ mm}$). Überwiegt die Anzahl der abgerundeten bzw. runden Komponenten liegt ein Konglomerat vor (Friedman, Sanders and Kopaska-Merkel 1992).

Die von Richter & Füchtbauer (1981) übersichtliche und zweckmäßige Einteilung von meist karbonatischen Brekzien nach dem Rundungsgrad (Transport) und Fitting der Komponenten sowie dem Durchmischungsgrad soll hier in komprimierter Form erläutert werden. Es werden nur jene Brekzientypen behandelt, die für eine Rauhwaschenbildung in Frage kommen würden.

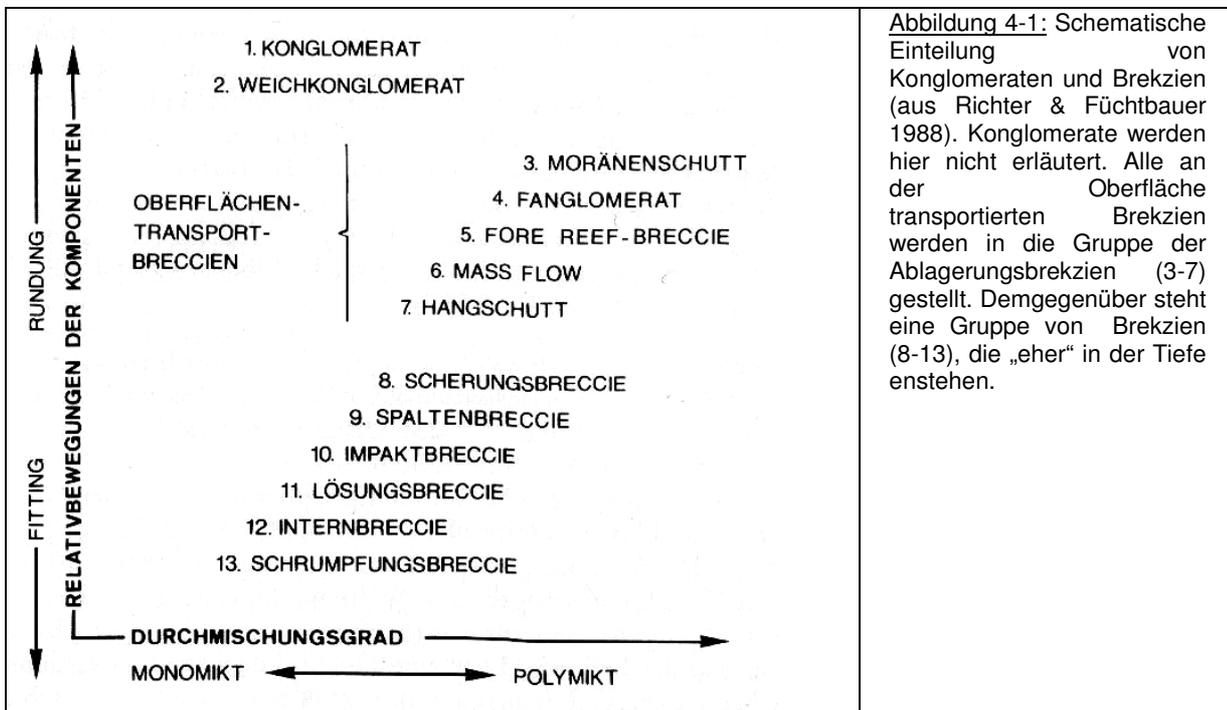


Abbildung 4-1: Schematische Einteilung von Konglomeraten und Brekzien (aus Richter & Füchtbauer 1988). Konglomerate werden hier nicht erläutert. Alle an der Oberfläche transportierten Brekzien werden in die Gruppe der Ablagerungsbrekzien (3-7) gestellt. Demgegenüber steht eine Gruppe von Brekzien (8-13), die „eher“ in der Tiefe entstehen.

Die Gruppe der Ablagerungsbrekzien (Typ 3 - 7, Abbildung 4-1) ist durch einen vergleichsweise „langen“ Transportweg der Komponenten gekennzeichnet (Dies bedeutet, dass die Partikel so kurz transportiert werden, dass keine Anrundung bis Rundung der Komponenten entsteht). Moränen- und Hangschuttbrekzien sollen nicht weiter erläutert werden. Fanglomerate („Fächerkonglomerate“) bezeichnen Brekzien aus terrestrischen Schwemmfächern (arides Gebiet, mit hohem Relief). Am meerseitigen Hang vor Riffen auf Schelfplattformen kann durch Bioerosion und/oder Wellenschlag eine sogenannte „fore-reef-breccia“ gebildet werden. Geringe Neigungswinkel an flachen subaquatischen Hängen genügen zur

Entstehung von Rutschungen („mass flow“), deren Partikel eine schlechte Sortierung aufweisen und in suspensionsartigem Zustand transportiert werden (debris flow, modified grain flow). Hangschutt- und Bergsturzbrekzien sollen nicht weiter erläutert werden.

Die zweite Gruppe (Typ 8 – 13, Abbildung 4-1) umfasst Brekzien, deren Partikel nicht weit transportiert wurden. Außerdem handelt es sich bei der Genese um nicht nur durch Gravitation ausgelöste, sondern auch um lösungsbedingte Brekzienbildungen. Allerdings zählen zu dieser Gruppe auch Impaktbrekzien und Scherungsbrekzien (=Tektonische Brekzien, siehe nächstes Kapitel). Lösungsbrekzien entstehen meist in salinaren Milieus. In Oberflächennähe werden die leichter löslichen Minerale Gips und Anhydrit von aggressiven Grund- und/oder Formationswässern gelöst. Aufgrund von wiederholter Austrocknung und Auflösung von Boden oder geringmächtigen Karbonatlagen, bilden sich Konkretionen, die intern rotieren können und so Schrumpfungsbrekzien bilden. Intern- und Spaltenbrekzien treten am Abhang der Schelfplattform auf. Ausgelöst durch hohen Überlagerungsdruck kommt es zur Brekzisierung der noch nicht verfestigten Sedimente (dieser Prozess kann in einen mass flow übergehen einen solchen auslösen).

Infolge der Vielzahl an geologischen Prozessen, die zur Brekzienbildung führen können, hat die Mehrzahl der Autoren meist nur eine einzige Brekzienart für die Rauhackenbildung verantwortlich gemacht.

Krauter (1971) nimmt an, dass Wechsellagerungen von Kalken, Dolomiten, Mergeln, Sandkalken und Konglomeraten (syndimentäre oder resedimentäre) Brekzien - und in Folge Rauhacken - bilden können. Dies setzt submarine Gleitungen, einen hohen Überlagerungsdruck oder starke Meeresströmungen voraus (Intern- oder Spaltenbrekzie laut Füchtbauer 1988).

Brückner (1941) und Füchtbauer (1988) sind der Ansicht, dass Rauhacken (oder „rauhackige Brekzien“) ausschließlich auf eine sedimentäre Wechsellagerung von Dolomit-Anhydrit-Gesteinen und deren nachträgliche Umwandlung (Ersetzung von Gips durch Kalzit und Lösung von Dolomit) aufgrund von Grundwasserzirkulation zurückzuführen ist (Lösungsbrekzie laut Füchtbauer 1988).

4.1.1.2. Tektonische Brekzien

Bewegungen von Gesteinskörpern infolge tektonischer Prozesse, entlang einer oder mehreren Störungsflächen (an der Oberfläche oder in der Erdkruste) führen generell zum Zerbrechen (Kataklyse) der umgebenden Gesteine in eckige Fragmente, die von einer feinkörnigen Matrix umgeben sind - es können jedoch auch einzelne Minerale zerbrochen werden. Es bildet sich eine kohäsionslose Störungsbrekzie (Kakirit oder fault breccia). Wird diese Brekzie anschließend zementiert, entsteht ein Kataklasit (Ramsay & Huber 1987). Mit zunehmender Tiefe (und damit verbundenem Temperaturanstieg) der Störungszone besitzen diese Gesteine die Möglichkeit plastisch zu reagieren, dies führt letztlich zur Entstehung von Myloniten, deren Mineralkörner nicht kataklastisch überprägt werden, sondern während der tektonischen Bewegung „dynamisch rekristallisieren“.

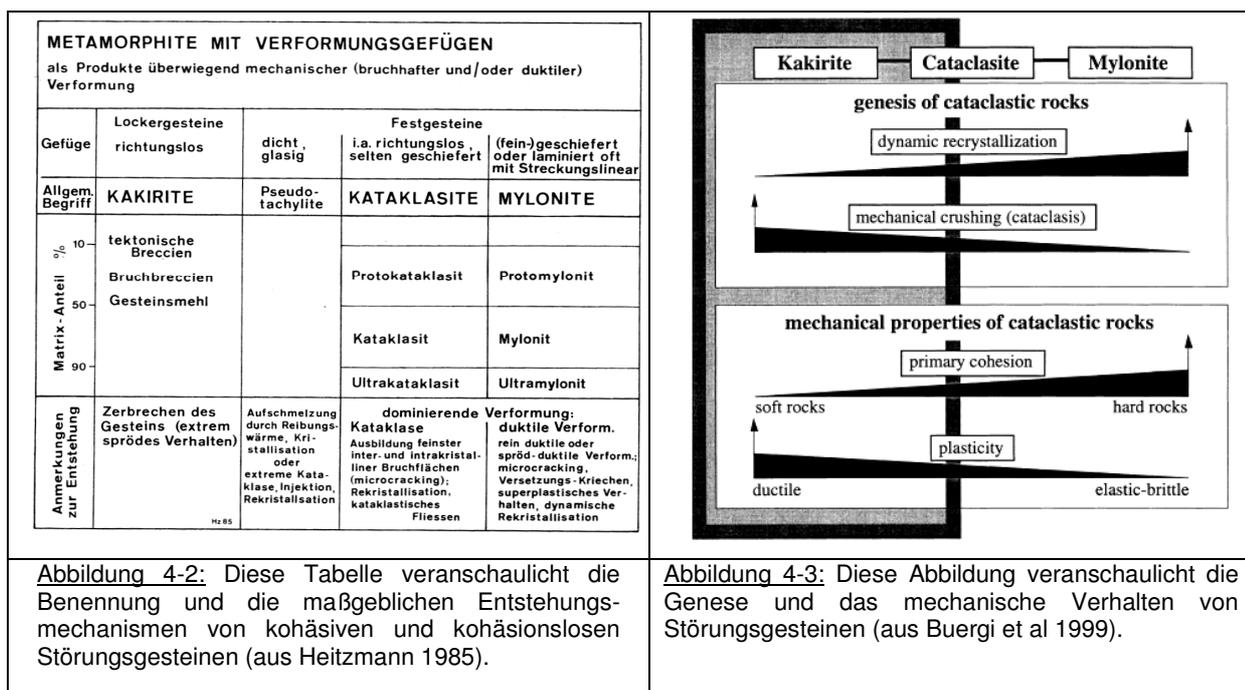


Abbildung 4-2: Diese Tabelle veranschaulicht die Benennung und die maßgeblichen Entstehungsmechanismen von kohäsiven und kohäsionslosen Störungsgesteinen (aus Heitzmann 1985).

Abbildung 4-3: Diese Abbildung veranschaulicht die Genesis und das mechanische Verhalten von Störungsgesteinen (aus Buergi et al 1999).

Die obigen Abbildungen veranschaulichen die Störungsgesteine geordnet nach maßgeblichem Deformationsprozess (Kataklyse sowie dynamische Rekristallisation) und mechanischem Verhalten (Kohäsion und Plastizität).

In großräumigen Faltengebirgen kann es auch aufgrund von duktiler Deformation, bei zunehmender Schließung der Faltschenkel (Isoklinalfaltung), zur Kataklyse der beteiligten Gesteine kommen. Dieses Phänomen ist unter dem Begriff „cataclastic flow“ bekannt (z.B. Ismat 2005). Die Ausbildung dieser Kataklasite ist

recht unterschiedlich und kann aufgrund des Umfangs in dieser Arbeit nicht erläutert werden.

Leine (1971) hat eine umfangreiche Studie über verschiedenste Rauhwackenvorkommen durchgeführt und hat daraus geschlossen, dass die Rauhwackenbildung nur durch tektonische Prozesse zu erklären ist. Diese Gesteine haben meist eine ausgiebige Rekristallisation und Kalzitisierung erfahren. Je nachdem, ob reiner Dolomit als Ausgangsgestein angenommen werden muss oder auch zusätzlich andere Nebengesteine denselben tektonischen Prozessen unterworfen wurden, spricht Leine von monomikten oder polymikten Rauhwacken. Diese tektonischen Brekzien sind nur aufgrund von Zerschneiden der beteiligten Gesteine in Störungszonen gebildet worden.

Riedmüller (1977) ist der Ansicht, dass die Rauhwacken des Pittentales (Unterostalpin, Niederösterreich) tektonisch gebildet wurden. Als Ausgangsgesteine nimmt Riedmüller Kalke und Dolomite an. Die Brekzisierung dieser Gesteine wird durch mehrere tektonische Ereignisse erklärt, wobei die „Rauhwackenbildung“ durch nachträgliche, hydrothermale Dedolomitierung stattgefunden hat.

In Anlehnung an Tarasewicz et al. (2004) soll der Aufbau spröder Störungen in Karbonaten^[2] erläutert werden. Diese Störungssysteme besitzen einen „dünnen Störungskern“ („fault core“, meist 1 – 10 cm mächtig) und meist zehnermeter mächtige „Damage Zonen“:

Im Störungskern wird die meiste Energie umgesetzt, dementsprechend bildet sich durch die fortschreitende Kataklyse entweder feinkörniges Gesteinsmehl („fault oder clay gouge“) oder bei Zementierung ein Kataklasit. Die Damage Zonen beiderseits des Störungskerns bestehen aus sogenannten „dilation breccias“ („Zerreiungsbrekzien“, „Implosive breccia“, „crush breccia“). Diese Gesteine

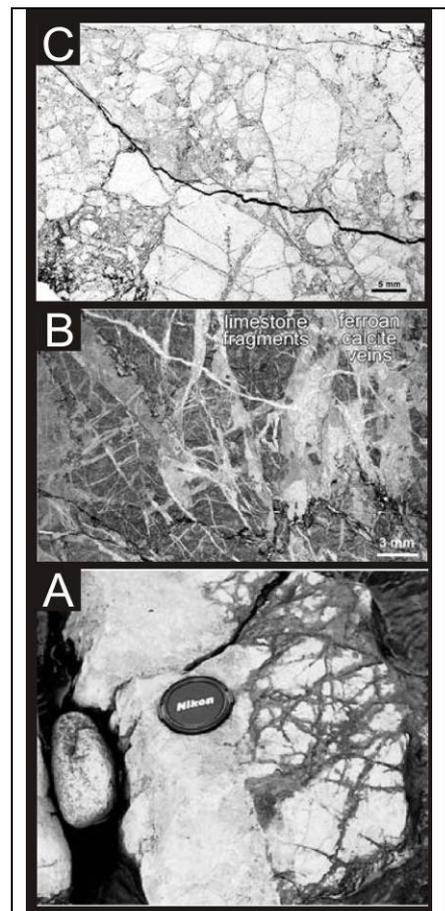


Abbildung 4-4: In den Abbildungen A, B und C sind Aufschluff- sowie Dünnschliffphotos aus Tarasewicz et al (2004) zu sehen. Das ursprüngliche Gefüge ist meist noch gut zu erkennen („Jigsaw – Puzzle“ – „Motorsägenpuzzle“).

² Generell reagiert jedes Gebirge jedoch infolge der verschiedensten rheologischen, physikalischen, mineralchemischen (et cetera) Parameter sehr unterschiedlich und soll nur im Hinblick auf Karbonate kurz erläutert werden.

entstehen durch schnelle, raptuelle mechanische Beanspruchung, die zum Zerreißen des Korngefüges führt. Jedoch wird das „dreidimensionale Gefüge“ anschließend durch übersättigte Wässer, die in Klüfte und Spalten eindringen, sich dadurch die Temperatur und/oder der Druck verändert und Mineralphasen auskristallisieren, verheilt. Diese Verheilung und der geringe Versatz der einzelnen Komponenten sind dafür verantwortlich, dass ein sogenanntes „Jigsaw-Puzzle“ Muster entsteht (siehe Abbildung 4-4). Sozusagen eine Momentaufnahme des Deformationsbeginns. Die Kalke der „Dent Fault“ (Störungszone in Großbritannien, Tarasewicz et al. (2004)) sind mit Kalzit zementiert und in einer anschließenden Phase dolomitisiert worden. Auch wenn 20 bis 30 Prozent Matrixanteil in diesen Gesteinen enthalten sein kann und somit Rotation der Komponenten zu- und die Größe abnimmt, konnte keine Einregelung der Komponenten erkannt werden. Bei fortschreitender Deformation bilden sich aus den Zerreibungsbrekzien Kataklasite.

4.1.1.3. Die „Rauhackenbildung“ aufgrund von Verwitterung

Die Rauhackenbildung (Entstehung der Löcher) erfolgt – nach Ansicht des Autors - durch die Lösung der Komponenten aufgrund oberflächennaher Verwitterung der a) sedimentären, b) tektonischen oder c) sedimentären und tektonisch überprägten Brekzientypen.

Eine Bildung von Rauhacken (d.h. die Verwitterung von Karbonaten) im Ostalpin, die vor den alpidischen Orogenesestadien erfolgte, kann ausgeschlossen werden, da ursprünglich enthaltene Hohlräume aufgrund der starken Deformation nicht mehr erhalten sein können. Diese Gesteine wurden so stark deformiert, dass die Löcher bei entsprechend plastisch verhaltenden Formationen (z.B. saline Abfolgen) entweder nicht mehr erhalten sind oder in keinem Fall auf die ursprüngliche Form der gelösten Komponenten geschlossen werden kann.

Die oberflächennahen Lösungsbedingungen vor allem für Dolomit sind bei weitem nicht geklärt. Fakten über tatsächliche pH-Werte, CO₂ - Partialdrücke und Temperatur von aggressiven Wässern, die zur Lösung bzw. Umkristallisation von Kalzit und Dolomit führen, sind dem Autor nicht bekannt (in der Literatur wurden lediglich Laborversuche durchgeführt). Möglicherweise führt auch vollkommene Dedolomitierung zur Rauhackenbildung.

Plan (2002) konnte zumindest für Kalk oberflächennahe Lösungsraten erarbeiten (10 – 40 µm / Jahr).

4.2. Generelle Unterscheidungsmöglichkeiten und Vergleiche von sedimentären und tektonischen Brekzien

Die Unterscheidungsmöglichkeiten von sedimentären und tektonischen Brekzien ist – wenn überhaupt – nur durch vielfältige Untersuchungen möglich. Im Zuge dessen darf nicht der Fehler begangen werden, nach einer einzigen Entstehungsweise für alle Rauhwacken zu suchen, oder Gesteine aus verschiedenen Gebieten zu vergleichen. Der regional- und sogar lokaltektonische Bau rund um die „Rauhwackenvorkommen“ muss beachtet und ausgiebig studiert werden, um alle möglichen Anzeichen für sedimentäre Strukturen und/oder tektonische Überprägung festzustellen. Gute Vergleiche zwischen den beiden Gesteinstypen sind rar, jedoch sollen zwei Beispiele aufzeigen, dass die Ausscheidung von unterschiedlichen

Tab. 1. Kriterien zur Unterscheidung von Rauhwacken und kataklasierten Dolomitgesteinen.

	Rauhwacken der Sabkha-Evaporite	Rauhwacken der Beckenevaporite	Zerbrochener, veraderter Dolomit	Stark tektonisierter Dolomit
Struktur	schichtförmig angeordnete Komponenten	keine Struktur	häufig regelmässiges Zellenmuster	z.T. Foliation und Fließgefüge
Komponentenspektrum	monomikt	monomikt und polymikt	monomikt	monomikt
Fitting der Komp.	gut bis sehr gut	keines	sehr gut	schlecht oder keines
Form der Komp.	eckig	eckig bis gerundet	eckig	gerundet
Zement	Sparit, Mikrospat	Sparit, Mikrospat	Dolomitspat, Quarz, Kalkspat	Sparit, poikilitische Struktur
Gerüst	komponenten-gestützt*	komponenten-gestützt	matrixgestützt*	matrixgestützt
Diagnostisches Merkmal	Sedimentstrukturen	Sedimentstrukturen		
Bemerkungen	Assoziation mit Evaporiten	Assoziation mit Evaporiten		

* im Handstück oft schwierig zu erkennen

Abbildung 4-5: Unterscheidungskriterien von Rauhwacken (im Sinne von sedimentären Brekzien) und tektonisierten Dolomiten (aus Schaad 1995).

Rauhwackentypen auf viele Probleme stösst und eine generelle Lösung dieses Problems aus heutiger Sicht in weite Ferne gerückt ist.

Schaad (1995) hat eine Tabelle zur Unterscheidung von Rauhwacken (im Sinne von sedimentären Brekzien) und „Kataklasiten“ erstellt, deren Unterscheidungskriterien kurz besprochen werden sollen (siehe Abbildung 4-5). Die vier unterschiedlichen Gesteinstypen sind leider nicht im gleichen tektonischen Environment untersucht worden, daher kann das Kriterium der Struktur als nicht vergleichbar zugelassen werden. Das Komponentenspektrum muss bei „stark tektonisierten Dolomiten“ nicht immer monomikt ausgebildet sein (abhängig von den weiteren Nebengesteinen, Störungsversatz, etc.). Die Ausbildung des Korngerüstes darf kein Unterscheidungskriterium sein, da dies von vielen Faktoren abhängt und nicht jeder „zerbrochene, veraderte Dolomit“ ein matrixgestütztes Gefüge ausbildet. Eher wird das Gerüst komponentengestützt und erst bei weiterer tektonischer Beanspruchung zunehmend matrixgestützt.

Riedmüller (1976) untersuchte im Unterostalpin des Pittentals (NÖ) die dortigen Rauhwackenvorkommen und konnte aufgrund des Kalk- und Glimmergehaltes zumindest drei Varietäten von Rauhwacken unterscheiden, die – seiner Ansicht nach - allesamt tektonisch gebildet wurden. Erstere ist eine „Dolomitrauhwacke“, die aufgrund von Kataklase während des Aufstieges der unterostalpinen Einheiten nach der Regionalmetamorphose entstanden ist und mehrheitlich Dolomitkomponenten enthält, die teilweise noch zusammenpassen. Die zweite Varietät ist eine Kalkrauhwacke, die, vom ersten Typ ausgehend, aufgrund der weiterführenden tektonischen Beanspruchungen im Kalkgehalt steigt und die Fragmente hauptsächlich kalzitisch ausgebildet sind. Die „Glimmerrauhwacke“ ähnelt der Kalkrauhwacke, jedoch sind hier Hellglimmer und Chlorit auf den Schichtflächen erkennbar. Charakteristisch sei die Ausbildung von *„Millimeter mächtigen rhythmischen Einlagerungen“*.

Diese Beispiele verdeutlichen die Schwierigkeiten bei der Unterscheidung dieser vielfältig ausgeprägten Gesteine. Riedmüller (1976) konnte, bezüglich der lokalen Verhältnisse, zumindest eine Varietäten-Gliederung vornehmen. Schaad (1995) jedoch hat versucht eine allgemein gültige Tabelle zu erstellen, die jedoch an den Unterscheidungskriterien und der fehlenden Berücksichtigung aller Varietäten der Gesteine scheiterte.

Dies soll bedeuten, dass gerade bei den tektonisch beanspruchten Dolomiten die Charakterisierung zu eng ausfällt und daher kaum als allgemein gültig angesehen werden darf.

5. Methodischer Ansatz

Die im Kartierungsgebiet anstehenden Gesteine wurden mit den in den Erdwissenschaften üblichen Feldmethoden aufgenommen. Die geotechnischen Untersuchungen stützen sich auf die qualitative Aufnahme von Trennflächen (siehe nächstes Kapitel), Prüfung der Gesteinsfestigkeit mittels Schmidt-Hammer und Punktlastversuchen.

5.1. Spröde tektonische (brittle tectonics) und geotechnische Feldmethoden

„Spröde Tektonik“ beschreibt tektonische Vorgänge, bei denen Gestein aufgrund eines zu hohen Drucks, unter Ausbildung charakteristischer Bewegungs- und Klufflächen, zerbricht (Kataklase). Derartige Analysen von Gesteinen eignen sich sowohl für wissenschaftliche als auch für angewandte Fragestellungen, da z.B. großmaßstäbliche tektonische Bewegungen, Paläospannungsrichtungen sowie eine Gebirgsklassifikation davon abgeleitet werden können.

5.1.1. Arbeitsweise

Die Grundlage der spröde tektonischen Untersuchungen stellt die quantitative und qualitative Aufnahme sowie die Auswertung von sogenannten „Harnischflächen“^[3], etwaige darauf sichtbare „Harnischlineare“ (Linienartige „Kratzspuren“ der bewegten Gesteinsmassen auf Harnischflächen, die die Bewegungsrichtung anzeigen), deren Bewegungssinn und Kluffscharssystemen dar, die mittels Gefügekompas im Feld ermittelt werden.

Alle in dieser Arbeit angeführten Gefügediagramme (Schmidt'sches Netz) zeigen Flächen und Lineare, die in die untere Halbkugel projiziert wurden.

³ Eine Harnischfläche ist eine Bewegungsfläche (Schicht-, Schieferungs-, oder Klufffläche) mit sichtbaren Strömungen, die aufgrund von Bewegung und Druck entstanden ist (Prinz & Strauß 2006).

Geotechnische Aufnahme- sowie Auswertungskriterien aller Trennflächenscharen (z.B. für Gebirgsklassifikationen):

1.) Art der Trennfläche: Die verschiedenen Typen von Trennflächen sind charakteristisch für bestimmte geologische Prozesse. Es wird zwischen sedimentärer Schichtungs- (SS), metamorpher Schieferungs- (SF), Kluft- (K) oder Harnischfläche (HF) unterschieden.

2.) Räumliche Lage der Trennfläche und vorhandener Lineare: Gemessen werden sowohl die Einfallrichtung als auch –winkel einer Trennfläche. Etwaig auf der Trennfläche vorhandene Harnischlineare (HL) werden ebenso eingemessen.

3.) Aufnahme von Schersinnkriterien:

Die Aufnahme von Schersinnkriterien bei sprödetektonischen und geotechnischen Untersuchungen ist eine wichtige Arbeit des kartierenden Geologen. Es können diskrete Flächen (Riedel, Zerrspalten) oder Kriterien direkt auf einer Harnischfläche (Fasermineralien und Stylolithe) unterschieden werden.

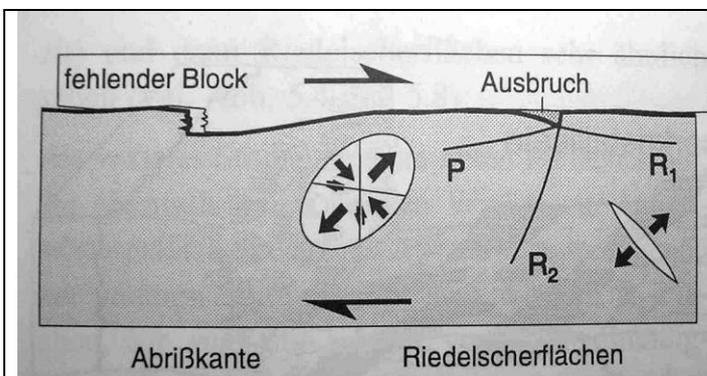


Abbildung 5-1: Diese Abbildung zeigt die Ausbildung von Abrißkanten, Riedel- und P-Flächen als Bewegungsindikatoren (aus Meschede 1994). Die Abrißkanten zeigen in Richtung der Bewegung und sind somit synthetische Indikatoren. Die R-Flächen müssen dasselbe Linear wie die Harnischfläche besitzen, ansonsten sind diese als Indikator ungültig. R₁ – Flächen sind synthetische Riedel (Bewegungssinn gleich wie Scherfläche), R₂ – Flächen sind antithetisch. P- Flächen sind synthetische Indikatoren.

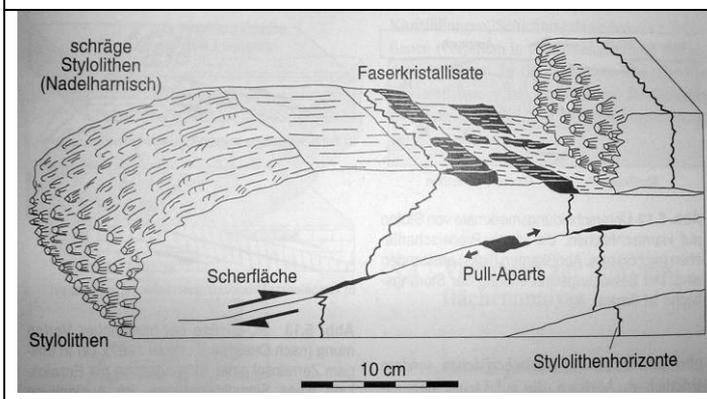


Abbildung 5-2: Diese Abbildung zeigt Stylolithe und Faserkalzite, die als Bewegungsindikatoren genutzt werden können (aus Arthaud & Mattauer 1969). Eine Unebenheit einer Harnischfläche führt vor dieser zur Drucklösung des Gesteins (hier Kalk) – es entstehen zackige, löchrige Gebilde „Stylolithe“, die synthetische Indikatoren sind. Nach dieser Unebenheit kristallisiert der gelöste Kalk aus und bildet Faserkalzite. Diese zeigen dasselbe Linear wie die Harnischfläche, deren Abrißkante zeigt in Bewegungsrichtung und muss normal zum Linear gerichtet sein.

4.) Relative zeitliche Abfolge einzelner Bewegungen: Die Aufnahme von Harnischflächen, die von anderen Harnischflächen durchtrennt wurden, ermöglicht

eine Bestimmung von relativen zeitlichen Bewegungsabfolgen, die das untersuchte Gebirge erfahren hat.

5.) Beschaffenheit der Trennflächenoberfläche: Die Oberfläche einer Trennfläche ist meistens aufgrund von geologisch bedingter Unebenheit und Welligkeit nicht glatt und muss bei mechanischen Berechnungen berücksichtigt werden (Erhöhung des Reibungswinkels aufgrund von Verzahnungen, etc.).

6.) Trennflächenabstand: Dieser kann auf mehrere Arten bestimmt werden. Zwecks Vereinfachung^[4] werden nur zwei beschrieben:

6.a.) Zerlegungsgrad nach Prinz & Strauß (2006): Anzahl aller Trennflächenausbisse auf 1m Aufschlusslänge ohne Rücksicht auf die Trennflächenart und die Orientierung. In allen Aufschlüssen wurden waagrechte Meßstrecken gewählt.

6.b.) Wahrer Kluftabstand nach Matula (1981): orthogonaler Abstand zwischen den jeweiligen Trennflächen der einzelnen Trennflächenscharen gemessen.

< 20 mm	außerordentlich engständig
20 - 60 mm	sehr engständig
60 - 200 mm	engständig
200 - 600 mm	mittelständig
600 - 2000 mm	weitständig
> 2000 mm	sehr weitständig

5.1.2. Auswertung

Die Auswertung der sprödektotonischen Untersuchungen erfolgte mit dem Programm „TectonicsFP“, das vom Department für Sedimentologie und Geodynamik der Universität Wien zur Verfügung gestellt wurde.

⁴ Der räumliche Durchtrennungsgrad errechnet sich viel komplizierter (Berechnung oder Abschätzung der Kluftlänge, Berechnung des Kluftflächenanteils am Gesamtvolumen, etc.) und wurde aufgrund der hauptsächlich nur zweidimensional aufgeschlossenen Gesteine nicht angewandt. Weiterführende Literatur: z.B. Müller (1963).

Dieses Programm unterstützt verschiedene Statistikverfahren sowie unterschiedliche Darstellungsmöglichkeiten von jeglichen geologischen Trennflächen und Linearen (siehe dazu Kapitel 6.1 - Kinematik des Semmering-Störungssystem im Untersuchungsgebiet).

Die Ausbildung charakteristischer Scher- und Bruchflächen aufgrund einer sinistralen Seitenverschiebung zeigt die Abbildung 5-3. Dieses Diagramm bildet die Basis für die Auswertung von sprödektonischen Daten für eine sinistrale Seitenverschiebung^[5].

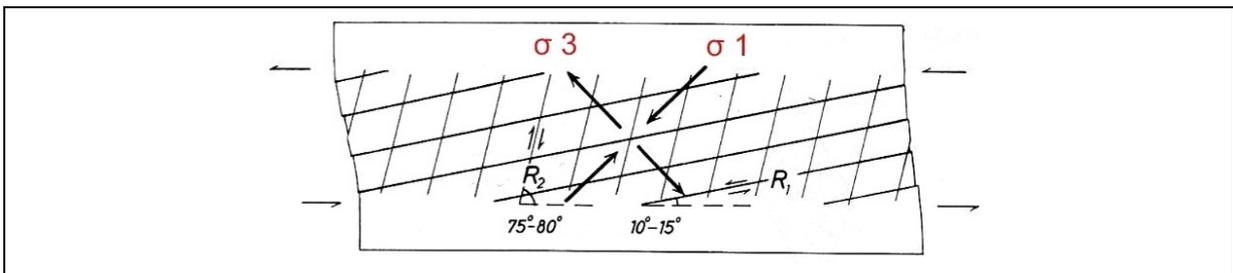


Abbildung 5-3: Diese Abbildung zeigt die Ausbildung von synthetischen Riedel- (R_1) sowie antithetischen Anti-Riedelscherflächen (R_2), die aufgrund einer sinistralen Scherbewegung entstehen (aus Ramsay & Huber 1987). Die größte (σ_1) und kleinste (σ_3) Spannungsrichtung weisen einen Winkel von 45° zur Scherfläche auf. Die Winkel der R_1 - (synthetischer, sinistraler Riedel) und R_2 (antithetischer, dextraler Riedel) – Flächen zur Scherfläche können variieren, wenn der reine Scherfall (simple shear) zum kombinierten Scherfall wird (simple shear sowie pure shear – Komponente).

5.2. Pulverröntgendiffraktometrie (XRD)

Bei dieser Analyse wird die mineralogische Zusammensetzung einer Probe halbquantitativ gemessen. Die Nachweisbarkeitsgrenze einer Mineralphase liegt bei 5 Massenprozent.

Eine gemahlene Probe (ca. 10 g) wird strukturlos in eine Pille gepresst, diese in das Röntgendiffraktometer eingelegt und vollautomatisch analysiert.

Die Messung erfolgt durch Beugung von Röntgenstrahlen an den einzelnen Netzebenen der Minerale nach dem Bragg'schen Gesetz. Jeder reflektierte Strahl (entspricht einer charakteristischen Netzebene eines Minerals) wird gezählt und in einem Diagramm wiedergegeben. Daraus folgt ein für jedes Mineral spezifisches

⁵ Weiterführende Literatur zur Tektonik der spröden Erdkruste sowie zu den verschiedenen tektonischen Bewegungsarten: z.B. Ramsay & Huber (1987).

Diagramm. Aus diesen Diagrammen kann direkt die mineralogische Zusammensetzung entnommen werden (Tucker 1988).

Alle XRD-Analysen dieser Arbeit wurden mit dem Gerät „Phillips PW 3710“ durchgeführt. Dieses Gerät benutzt für die Messung eine Cu- α Strahlung (45 kV, 35 mA), die mit den Parametern „step scan, step size 0,02 und 1 second per step“ erfolgte.

5.3. Färbung von Dünnschliffen

Die unten beschriebene Färbemethode nach Evamy & Shearman (1962) und Dickson (1966) erleichtert die Unterscheidung von Karbonatkristallen unter Berücksichtigung des Fe^{2+} - Gehaltes auf nicht abgedeckten Dünnschliffen.

Die Unterscheidung erfolgt durch die unterschiedliche Färbung der Kristalle. Aufgrund dessen sind die einzelnen Phasen (nach ca. einer Minute tränken des Dünnschliffes) schon mit freiem Auge leicht erkennbar und können anhand dieser Tabelle (aus Richter 1980) unterschieden werden:

	Kalzit	Fe-I Kalzit (0,3 – 1,5 Gew %)	Fe-II Kalzit (1,5 – 2,5 Gew %)	Fe-III Kalzit (> 2,5 Gew %)
Farbe	Rot	Rotviolett	Blauviolett	Blau

Es ist zu beachten, dass Dolomit ungefärbt bleibt und somit sehr einfach von Kalzit zu unterscheiden ist.

Der Dünnschliff wird ca. 45 sec in Lösung C getaucht, anschließend weitere 15 sec in Lösung B, abschließend mit destilliertem Wasser gut gespült und getrocknet (Füchtbauer 1988).

Lösung A	1 g Kaliumhexacyanoferrat(III) $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ gelöst in 100 cm^3 n/8 HCl
Lösung B	0,1 g Alizarin-Rot S (= Natrium-Alizarinsulfonat) $\text{C}_{14}\text{H}_7\text{NaO}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ gelöst in 100 cm^3 n/8 HCl
Lösung C	40 cm^3 von Lösung A werden mit 60 cm^3 von Lösung B vermischt.

5.4. Kathodolumineszenz

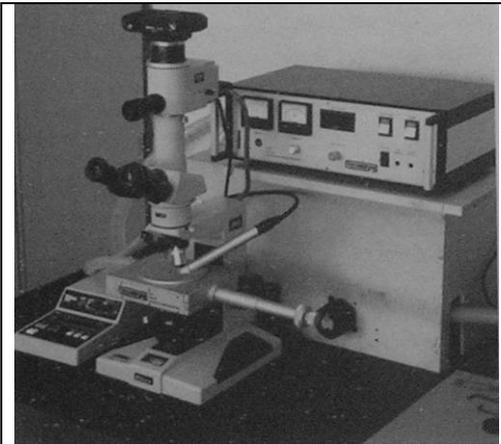


Abbildung 5-4: Bild eines für Kathodolumineszenz modifizierten Mikroskopes (aus Tucker 1988).

Diese Untersuchungsmethode eröffnete in der Sedimentologie neue Möglichkeiten, die zum Beispiel in der Erfassung von Zement-Generationen in Sedimentgesteinen ihre Anwendung findet. Die Kathodolumineszenz basiert auf der durch Betastrahlung erzeugten Anregung von Atomen oder Molekülen, die dadurch einen Quantensprung erfahren, und durch Emittierung von Licht in Form von Alpha-, Beta- oder Gammastrahlung ihren ursprünglichen Zustand erreichen. Die

Emittierung ist von mehreren Faktoren abhängig – hauptsächlich aber von der Dichte der Probe sowie der Energie des Elektronenstrahls (Tucker 1988).

5.5. Ermittlung gesteinsphysikalischer Parameter

5.5.1. „Schmidt-Hammer“ – Untersuchungen



Abbildung 5-5: Diese Abbildung zeigt den Einsatz des „Schmidt - Hammers vom Typ NR“ zur Werkstoffprüfung. (www.proceq.com)

Der *Betonprüfhammer nach Schmidt* (nachfolgend „Schmidt-Hammer“ genannt) wurde ursprünglich für zerstörungsfreie Festigkeitsuntersuchungen von Beton entwickelt. Diese schnelle, kostengünstige und gut vergleichbare geotechnische Untersuchungsmethode wurde von Gaede & Schmidt (1964) entwickelt.

Der Schmidt-Hammer wird, wie in Abbildung 5-5 gezeigt, orthogonal an das zu prüfende Werkstück (Beton, anstehendes Gebirge, Bohrkern, etc.) angelegt und ein gleichmäßiger Stoß in Richtung des Werkstücks ausgeführt. Dadurch wird das Schlaggewicht mithilfe einer vorgespannten Feder auf den Schlagbolzen katapultiert. Ein Teil der Stoßenergie geht durch Absorption (plastische Deformation am Prüfpunkt) und Transformation

(Wärme und Geräusch) verloren. Die restliche Energie stellt den Widerstand des Prüfkörpers gegen Eindringen des Schlagbolzens dar (entspricht der Härte des Prüfkörpers) und ermöglicht den Rückprall des Schlaggewichtes (siehe Abbildung 5-6). Der ermittelte Rückprallwert gibt dabei einen prozentuellen Wert des maximalen Rücklaufweges des Schlaggewichtes an (Aydin 2005).

Der gemessene Rückprallwert ist ein Maß für die Festigkeit des Werkstoffes und kann über Umrechnungsdiagramme in die einaxiale Würfeldruckfestigkeit umgerechnet werden.

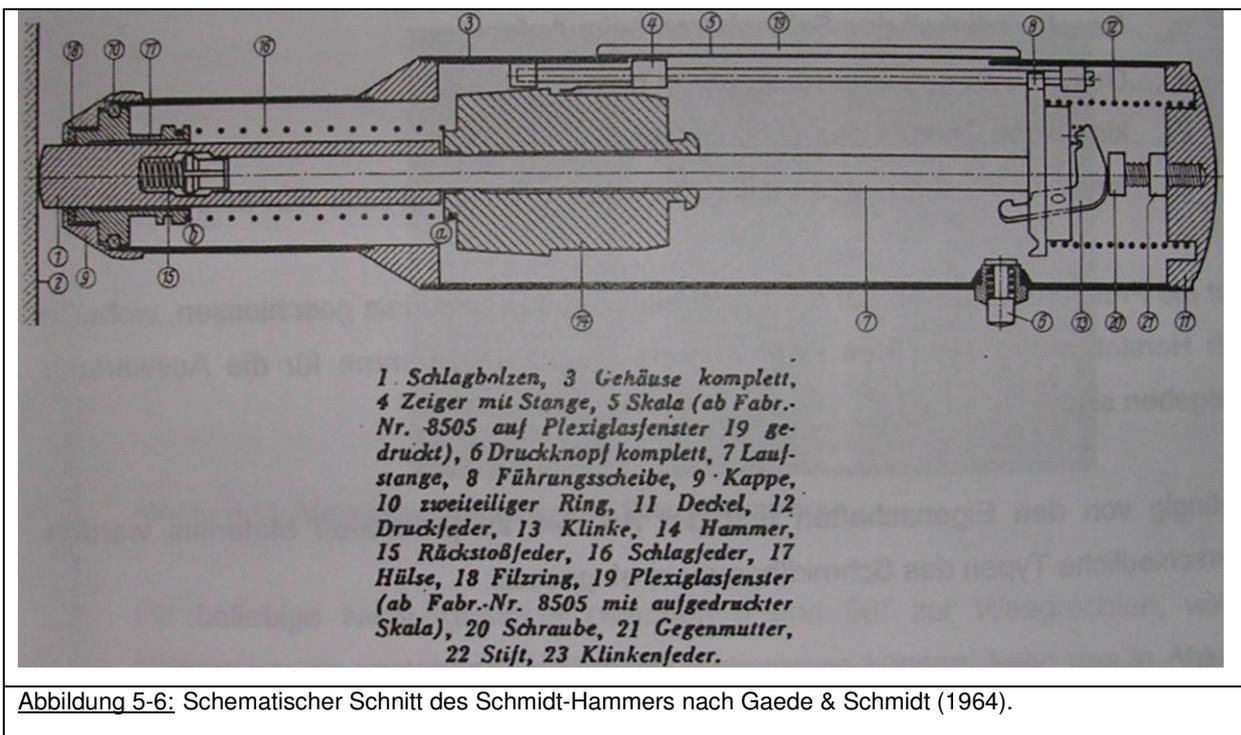
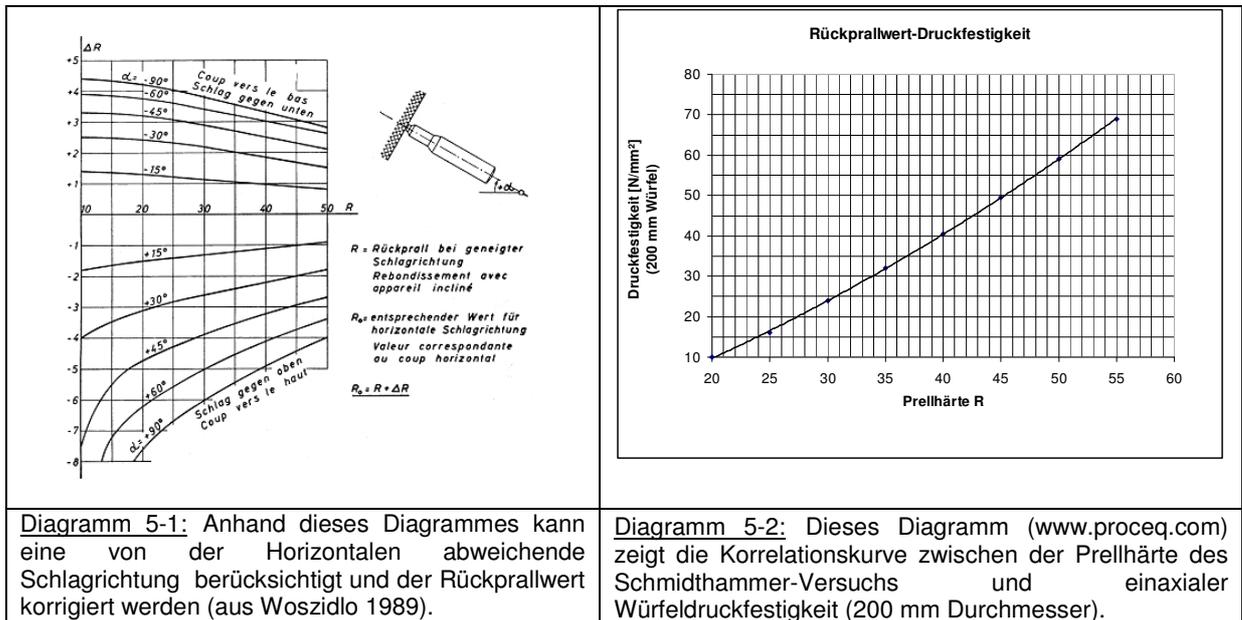


Abbildung 5-6: Schematischer Schnitt des Schmidt-Hammers nach Gaede & Schmidt (1964).

Vor jeder größeren Messreihe (ca. 1000 Prüfpunkte) muss der Schmidhammer an einem Prüfboss der Herstellerfirma „Proceq“ kalibriert werden, um repräsentative Ergebnisse zu erzielen.

Der Messvorgang besteht aus dem Eintragen eines Profils von zehn Messpunkten auf dem anstehenden Gebirge, Bohrkern, etc., die je nach Möglichkeit einen Abstand von circa 10 cm haben sollten. Anschließend wird jeder Messpunkt zehnmal gemessen. Diese hundert Messungen ergeben bei korrekter Prüfung und geeigneter Auswahl von Prüfpunkten ein repräsentatives Ergebnis eines jeden Profils. Da die Schlagrichtung des Schmidt-Hammers (horizontal bis vertikal) zum Beispiel bei anstehendem Gebirge nicht immer horizontal möglich ist, kann dieser Einfluß der Gravitation auf den Rückprallwert über ein Diagramm berücksichtigt werden (siehe Diagramm 5-1). Dieser ermittelte Rückprallwert kann nun in das

Diagramm 5-2 eingetragen werden und aufgrund der Korrekturkurve in die einaxiale Druckfestigkeit umgerechnet werden.



5.5.2. Punktlastversuch (point-load-test)



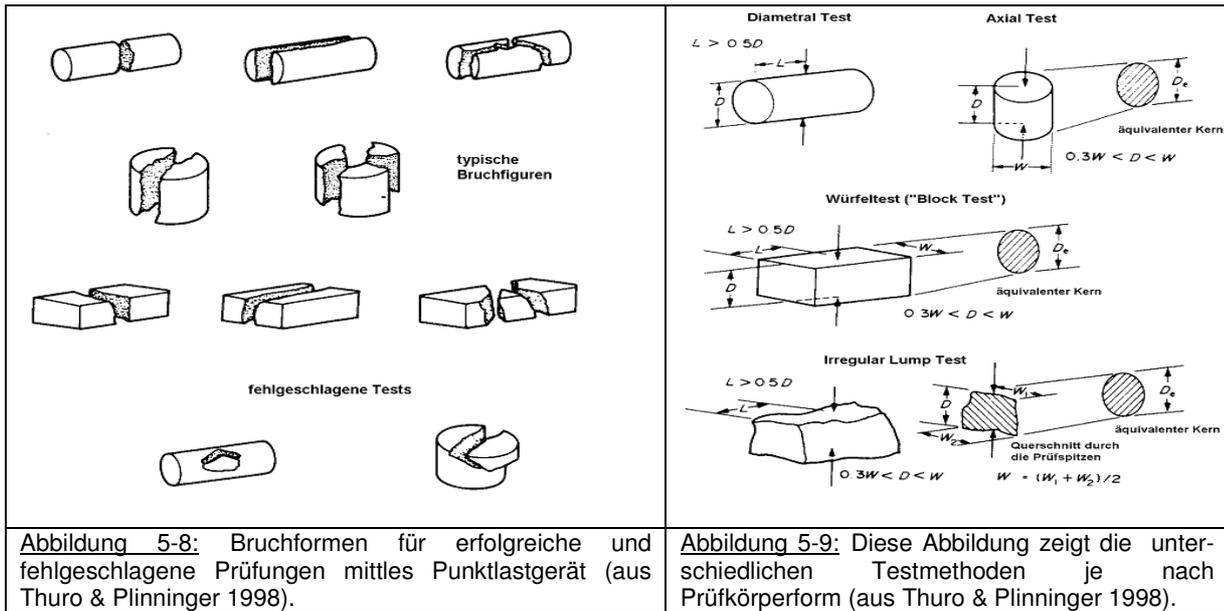
Abbildung 5-7: Diese Abbildung zeigt den Einsatz des Punktlastgerätes im Feld (im Bild ein Gerät der Firma Wille Geotechnik, Institut für Ingenieurgeologie an der TU Wien).

Der Punktlastversuch ist eine geotechnische Untersuchungsmethode, die es erlaubt, Festigkeitswerte von Gesteinen zu bestimmen, die zur Prüfung mittels einachsialen Druckversuch nicht geeignet sind, da die Herstellung genormter Prüfkörper dort nicht möglich ist und liefert eine gute, erste Abschätzung der

Festigkeitswerte im Gelände. Solchartige Gesteine sind in der Regel Störungsgesteine, stark schiefrige Gesteine, etc.

Der Punktlastindex (I_s) gibt jene Festigkeit eines Gesteins an, das durch das Aufbringen einer punktförmigen Last auf den Probekörper zerbricht. Für die Prüfung mittels Punktlastversuch eignen sich spröde, feste Gesteine. Bindige Böden und

weiche Gesteine sind nur bedingt brauchbar, da oft kein sauberer Bruch zu beobachten ist. Die Abmessungen, die Form und etwaige Gefügeflächen (z.B. Schichtung, Schieferung, etc.) eines jeden Prüfkörpers müssen protokolliert und bei Berechnung des Punktlastindex berücksichtigt werden. Beim Versuch wird die Probe wie in Abbildung 5-7 zwischen den Druckkegeln eingespannt und die Prüflast kontinuierlich aufgebracht, bis der Prüfkörper entlang einer Trennlinie (parallel zu den Druckkegeln) bricht (vergleiche mit Thuro & Plinninger 1998).



In dieser Arbeit wurden zur Festigkeitsprüfung nur unregelmässige Prüfkörper benutzt („irregular lump test“, siehe Abbildung 5-9). Die Bruchformen müssen sorgfältig überprüft werden, um zu entscheiden ob der Versuch gültig ist (siehe Abbildung 5-8). Vor dem Versuch wird die Höhe und die kleinste Breite des jeweiligen Prüfkörpers bestimmt. Um vergleichbare Ergebnisse erzielen zu können, müssen die Prüfkörperabmessungen auf den Standard-Durchmesser (50 mm) der ISRM^[6] - Norm (1985) umgerechnet werden).

In dieser Arbeit wurde auf eine Umrechnung auf die ISRM – Norm verzichtet, um die Ergebnisse rechnerisch nicht allzusehr zu verfälschen. Jedoch werden die Umrechnungsmethoden und -formeln vollständigheitshalber nachfolgend angeführt.

⁶ ISRM: International Society for Rock Mechanics

Für die Auswertung des Punktlastversuches sind folgende Formeln notwendig:

Punktlastindex (I_S) für rechteckige und unregelmäßige Prüfkörper („block test“ und „irregular lump test“) laut Thuro & Plinninger (2001):

$$I_S = F_B / (W * D) \quad \text{Formel 5-1}$$

Der Bruchlastindex „ I_S “ wird nun entweder graphisch (siehe Diagramm 5-3) oder mittels des Korrekturfaktors „ f “ auf den Standarddurchmesser „ I_{50} “ umgerechnet:

$$I_{50} = f * I_S \quad \text{mit} \quad f = [(W * D) / 50]^{0,45} \quad \text{Formel 5-2}$$

Umrechnung in die einaxiale Druckfestigkeit mittels Faktor c nach ISRM (1985):

$$UCS = c * I_{50} \quad \text{mit } c \approx 20,6 \quad \text{daraus folgt} \quad UCS = 20,6 * I_{50} \quad \text{Formel 5-3}$$

A	Bruchfläche beim Würfelttest	mm ²
c	Korrekturfaktor zur Umrechnung von Punktlastindex in UCS	
D	Probendurchmesser (Probenhöhe)	mm
D _e	Äquivalenter Bohrkern Durchmesser	mm
f	Korrekturfaktor	
I _S	Punktlastindex	N/mm ²
I ₅₀	Punktlastindex (standardisierter Probendurchmesser 50mm)	N/mm ²
F _B	Bruchlast	kN
UCS	Einaxiale Druckfestigkeit (Unconfined compressive strength)	N/mm ²
W	Probenbreite	mm

Der Faktor „ c “ wird empirisch ermittelt und verfälscht daher eine Umrechnung in die einaxiale Druckfestigkeit sehr, jedoch wird dies von der ISRM (1985) und Brook (1993) empfohlen, da in den meisten Bewertungssystemen für Gebirge (z.B. Gebirgsklassifikation von Bienawski (1979), Q-Rating von Barton et al. (1974), etc.) eine einaxiale Druckfestigkeit angegeben werden muss.

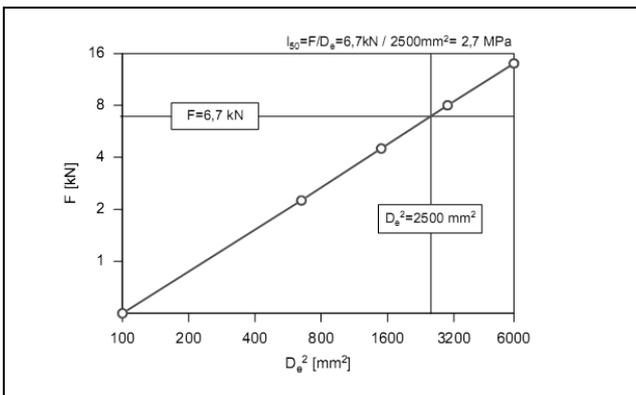


Diagramm 5-3: Auswertung des Punktlastversuches nach graphischer Methode (ISRM 1985). Bruchlast und äquivalenter Korndurchmesser werden logarithmisch aufgetragen und es ergibt sich die Korrelationsgerade. Dadurch kann der standardisierte Bruchlastindex I_{50} errechnet werden.

Die Auswertung kann mit mehreren Methoden erfolgen. Eine Möglichkeit bietet die graphische Darstellung, die nach Broch & Franklin (1972) und ISRM (1985) durchgeführt werden kann, es werden Bruchlast sowie äquivalenter Korndurchmesser logarithmisch aufgetragen und es ergibt sich die Korrelationsgerade. Dadurch kann der standardisierte Bruchlastindex I_{50} errechnet werden.

5.5.3. Rohdichte und offene Porosität nach ÖNORM EN 1936

Die Bestimmung der Rohdichte und der offenen Porosität wurde gemäß oben angeführter Norm am Institut für Ingenieurgeologie an der TU Wien durchgeführt. Die Gesteinsproben müssen bis zur Massenkonstanz getrocknet werden, im Exsikkator abgekühlt und gewogen werden. Im darauffolgenden Schritt werden die Prüfkörper im Vakuum unter Wasser gesetzt, anschließend der Atmosphärendruck wiederhergestellt und die Prüfkörper gewogen (die exakte Versuchsdurchführung ist der ÖNORM EN 1936 zu entnehmen).

Die Rohdichte ergibt sich aus folgenden Beziehungen:

$$\rho_b = (m_d \cdot \rho_{rh}) / (m_s - m_h) \quad [\text{kg/m}^3] \quad \text{Formel 5-4}$$

Die offene Porosität errechnet sich aus:

$$\rho_o = (m_s - m_d) / (m_s - m_h) \cdot 100 \quad [\%] \quad \text{Formel 5-5}$$

m_d	Trockenmasse des Probekörpers	[g]
m_h	Masse des in Wasser eingetauchten Probekörpers	[g]
m_s	Masse des gesättigten Probekörpers	[g]
ρ_b	Rohdichte	[kg/m ³]
ρ_{rh}	Dichte des Wassers	[kg/m ³]
ρ_o	Offene Porosität	[%]

5.5.4. Ultraschallgeschwindigkeitsmessungen



Abbildung 5-10: Diese Abbildung zeigt das für die Ultraschallmessungen verwendete Gerät der Firma Labek (aus Fleischer 2002).

In dieser Arbeit wurde an den Probekörpern, die für die Rohdichte-Porositätsbestimmungen verwendet wurden, die Ultraschallgeschwindigkeit nach dem Laufzeitverfahren ermittelt. Zur Bestimmung wurde ein Gerät der Firma Labek (druckluftgesteuertes Stativ mit einstellbarem Anpressdruck und 40 kHz Messköpfen) verwendet (siehe Abbildung 5-10). Dieses zerstörungsfreie

Messverfahren der Laufzeitbestimmung vernachlässigt die Intensitätsabnahme der Ultraschallwellen. Die ausschlaggebenden Faktoren der Laufzeit bei Naturstein sind vor allem die gefügebedingten physikalischen Eigenschaften der Proben. Korngröße, Wassergehalt, Rohdichte, Klüftigkeit und alle möglichen Faktoren, die Anisotropien in den geprüften Gesteinen erwirken, sind bei der Auswertung zu berücksichtigen.

Die Einflussfaktoren auf die Laufzeit sowie generelle Vergleiche von Untersuchungsmethoden sind zum Beispiel in der Dissertation von Fleischer (2002) nachzulesen.

6. Ergebnisse

Ziel dieser Arbeit war es, eine ausgeprägte, WSW – ENE streichende, Störungszone (Arbeitsbegriff: „Palace-Hotel-Störung“), die im sogenannten Myrtengraben ca. 2 km östlich des Semmeringpasses aufgeschlossen ist (siehe Abbildung 6-3), im Detail petrographisch sowie geotechnisch zu erfassen. Im Gelände wurden strukturgeologische Aufnahmen (siehe Kapitel 6.1) und petrographische Analysen (siehe Kapitel 6.2) durchgeführt sowie geotechnische Parameter (siehe Kapitel 6.2.4) der Störungs- und Nebengesteine erhoben.

6.1. Kinematik des Semmering-Störungssystems im Untersuchungsgebiet

Die untersuchte Palace-Hotel-Störung bildet eine ca. 300 m breite, WSW-ENE streichende, steilstehende linksseitige (sinistrale) Seitenverschiebung (siehe Abbildung 6-1). Diese Störung ist aufgrund des geologischen Umfeldes, der Orientierung und des Bewegungssinns dem sinistralen Mur-Mürz-Störungssystem zuzuordnen (siehe Kapitel 3.3). Die Störungszone konnte im Streichen auf etwa 2 km Länge verfolgt werden. Aufgrund der generell schlechten Aufschlussverhältnisse kann über den weiteren Verlauf der Störung nur gemutmaßt werden, jedoch wird wegen der Mächtigkeit der Störungszone ein dem Streichen der Hauptstörungsflächen parallel bis subparalleler Verlauf angenommen.

Die Palace-Hotel-Störung schneidet die rund um den Myrtengraben flach lagernden triassischen Karbonate. In den Damage Zones nördlich und südlich des Störungskerns (SEM 22) sind in den Aufschlüssen meist konjugierte Blattverschiebungen mit geringem Versatz zu beobachten. Diese NE-streichenden sinistralen und NNW-streichenden dextralen Störungen werden als Riedel- und Anti-Riedels in einer Zone sinistraler Scherung parallel zum Störungskern gedeutet.

Beide Damage Zones sind etwa symmetrisch um den Störungskern (SEM 22) angeordnet, der durch mächtige Kataklasite (teilweise mit ENE-streichender subvertikaler Pseudofoliation) und ENE-streichende Störungen mit sinistralen Blattverschiebungslinien gekennzeichnet ist. Pseudofoliation in Kataklasiten und

Harnische im Störungskern streichen parallel zum kartenmaßstäblichen Verlauf der Palace-Hotel-Störung.

Die Ausgangs- und Nebengesteine dieser Störungszone (SEM 19, 24) sind kaum tektonisch zerlegt. Anzeichen für Deformationen, die der Kinematik der Palace-Hotel-Störung zuzuordnen sind, finden sich in diesen Aufschlüssen nicht. Mehrere Kluftscharsysteme und einige Harnischflächen (SEM 19) sind Zeugen einer (?) früheren tektonischen Phase(n), die aufgrund fehlender Evidenz in den umgebenden Aufschlüssen (Damage Zones und Störungskern) nicht eingehend untersucht werden konnte.

Die sinistrale Bewegung dieser Störungszone kann aufgrund einiger – die Hauptfoliation nachzeichnenden – Harnischflächen im Störungskern (siehe Abbildung 6-2), auf denen hauptsächlich Faserkalzite und Stylolithe als Schersinnkriterien erkannt wurden, als gesichert angesehen werden. Die im Störungskern und in den Damage Zonen gemessenen Harnischflächen, die als R - und R' -Flächen interpretiert werden, unterstützen diese Theorie.

Die Palace-Hotel-Störung hat mindestens zwei sprödetektonische Phasen erfahren. Die erste (?) sprödetektonische Phase ist durch das Verheilen von Klüften nach der ersten Kataklyse mit dolomitischen Zementen gekennzeichnet (siehe zum Beispiel Abbildung 6-7, B). Evidenz für die Art und Orientierung dieser Phase wurden in den bearbeiteten Aufschlüssen nicht gefunden. In der letzten tektonischen Phase wurden die Gesteine nochmals kataklastisch überprägt, jedoch änderte sich der Chemismus des Fluids und die jüngeren Kataklysite wurden kalzitisch zementiert. Die dargestellte Altersabfolge wird durch das Auftreten von dolomitisch zementierten Kataklysitiden als Komponenten in kalzitisch zementierten Störungsgesteinen belegt.

Die Kataklyse der letzten Phase äußerte sich in der Bildung von meist kohäsiven Störungsgesteinen (Störungskern und Damage Zone). Bedingt kohäsive Störungsgesteine treten volums- und anteilmäßig stark zurück (Störungskern).

Die kohäsiven Störungsgesteine sind vielfältig ausgeprägt und führen zur Bildung von isotropen (Dolomit-)Brekzien, Bildung von Zerreißungsbrekzien (Dilatation Breccia), kleinstückigen Zerlegung von Dolomiten und zur Bildung von kalzitisch verfüllten Zerrspalten.

In den Tectonics - Plots dieses Kapitels sind die gemessenen Harnischflächen sowie deren Lineare dargestellt. Zur besseren Übersichtlichkeit wurde die Hauptfoliation, sowie die theoretische Orientierung von Riedel- und Anti-Riedelflächen (bei simple shear) eingezeichnet.

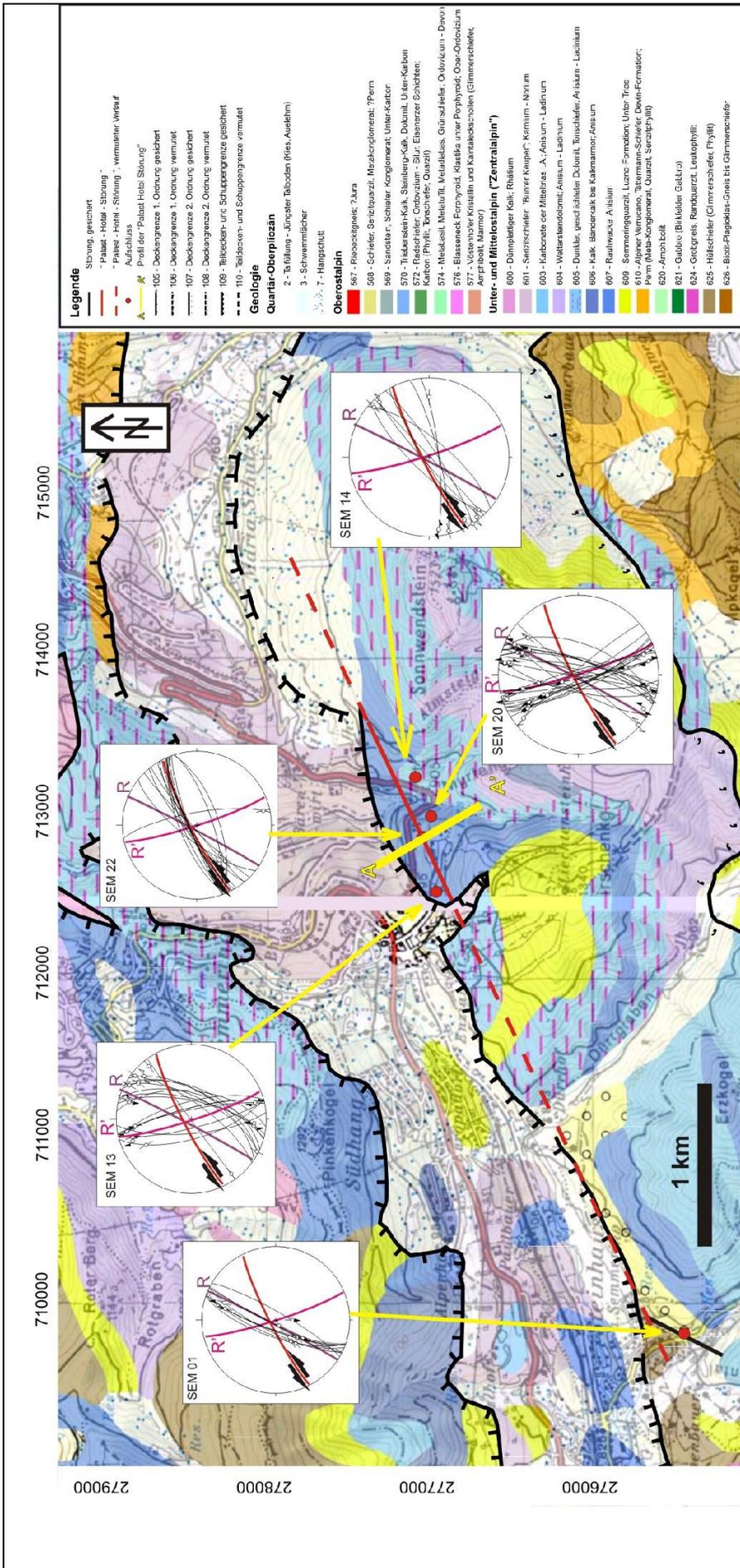


Abbildung 6-1: Diese Abbildung zeigt eine geologische Übersichtskarte des Semmeringpasses (Ausschnitt aus der Digitalen Geologischen Karte von Niederösterreich Süd, 2002). Die Palace-Hotel-Störung streicht WSW-ENE und ist in rot dargestellt. Eine mögliche Riedelfläche bildet eine Störung in Steinhaus am Semmering. Rund um den Störungskern (SEM 22), der die Hauptfoliation nachzeichnet, sind in den Aufschlüssen der Damage Zone meist Riedel- und/oder Anti-Riedelflächen zu beobachten. Die Ausgangs- und Nebengesteine zeigen wenig bis gar keine tektonischen Verformungen. Generell ist das Unterostalpin des Semmeringgebietes einer duktilen Deformation unter Ausbildung von nord- bis nordostgerichteten Isoklinalfalten unterworfen worden, diese Gesteinsserien haben anschließend mindestens zwei (wahrscheinlich miozäner) sprödetektonische Phasen erfahren. Die erste (?) sprödetektonische Phase ist durch das Verheilen der Klüfte mit dolomitischem Fluid gekennzeichnet. Evidenz für die Art und Orientierung dieser Phase wurden in den bearbeiteten Aufschlüssen nicht gefunden. In der letzten tektonischen Phase wurden die Gesteine nochmals kataklastisch überprägt, jedoch änderte sich der Mechanismus des Fluids in kalzitisch. In den Struktur-Plots ist die Hauptstörungsrichtung sowie die Orientierungen von Riedel (R) und Anti-Riedelflächen (R') eingezeichnet. Das Profil A - A' ist in [Abbildung 6-21](#) ersichtlich.

Den Störungskern bilden die Gesteine in einem aufgelassenen Steinbruch NE des „OMV Palace Hotels“ im Myrtengraben. Dies erschien zweckmäßig, da in diesem ca. 20 m breiten „Kessel“ unterschiedlichste Brekzien aufgefunden wurden, die allesamt durch Klüfte, die die Hauptfoliation (335/80) nachzeichnen, getrennt sind. Ein bedingt kohäsiver „fault gouge“ (fein zerriebenes kalzitisches sowie dolomitisches Gesteinsmehl) bildet den eigentlichen Störungskern (Bereich 4). Dieser zeigt eine Art „Pseudofoliation“ in WSW-ENE Richtung und Abständen von ca. 5 mm. Dieser zeigt eine Art „Pseudofoliation“ in WSW-ENE Richtung und Abständen von ca. 5 mm.

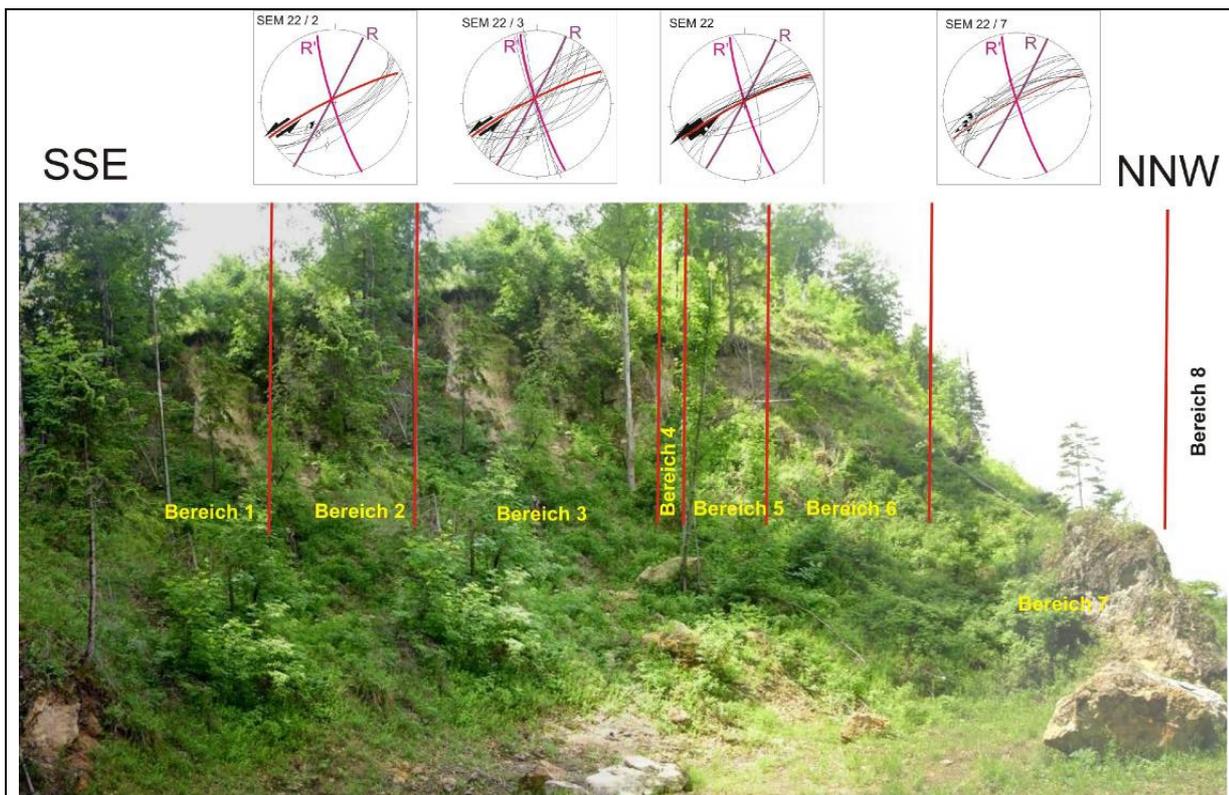


Abbildung 6-2: Diese Abbildung zeigt den Störungskern (Aufschluss SEM 22). Diese Gesteine sind in einem aufgelassenen Steinbruch NE des „Palace Hotels“ im Myrtengraben aufgeschlossen. In diesem ca. 20 m breiten „Kessel“ sind unterschiedlichste Brekzien (hauptsächlich tektonischer Natur) aufgefunden worden, die allesamt durch Klüfte, die die Hauptfoliation (335/80) nachzeichnen, getrennt sind. Ein bedingt kohäsiver „fault gouge“ (fein zerriebenes kalzitisches sowie dolomitisches Gesteinsmehl) bildet den eigentlichen Störungskern (Bereich 4). Dieser zeigt eine Art „Pseudofoliation“ in WSW-ENE Richtung und Abständen von ca. 5 mm. In den Brekzien des Störungskerns waren Harnischflächen zu beobachten, die entweder die Hauptfoliation nachzeichneten oder als Riedelflächen (R und R') zu dieser sinistralen Bewegung interpretiert wurden.

6.2. Petrographische Charakterisierung von Störungsgesteinen

Die petrographische Beschreibung dieser Störung erfolgt zuerst von den Neben- bzw. Ausgangsgesteinen, gefolgt von den zwei „Damage Zonen“ und dem Störungskern (siehe folgende Abbildung).

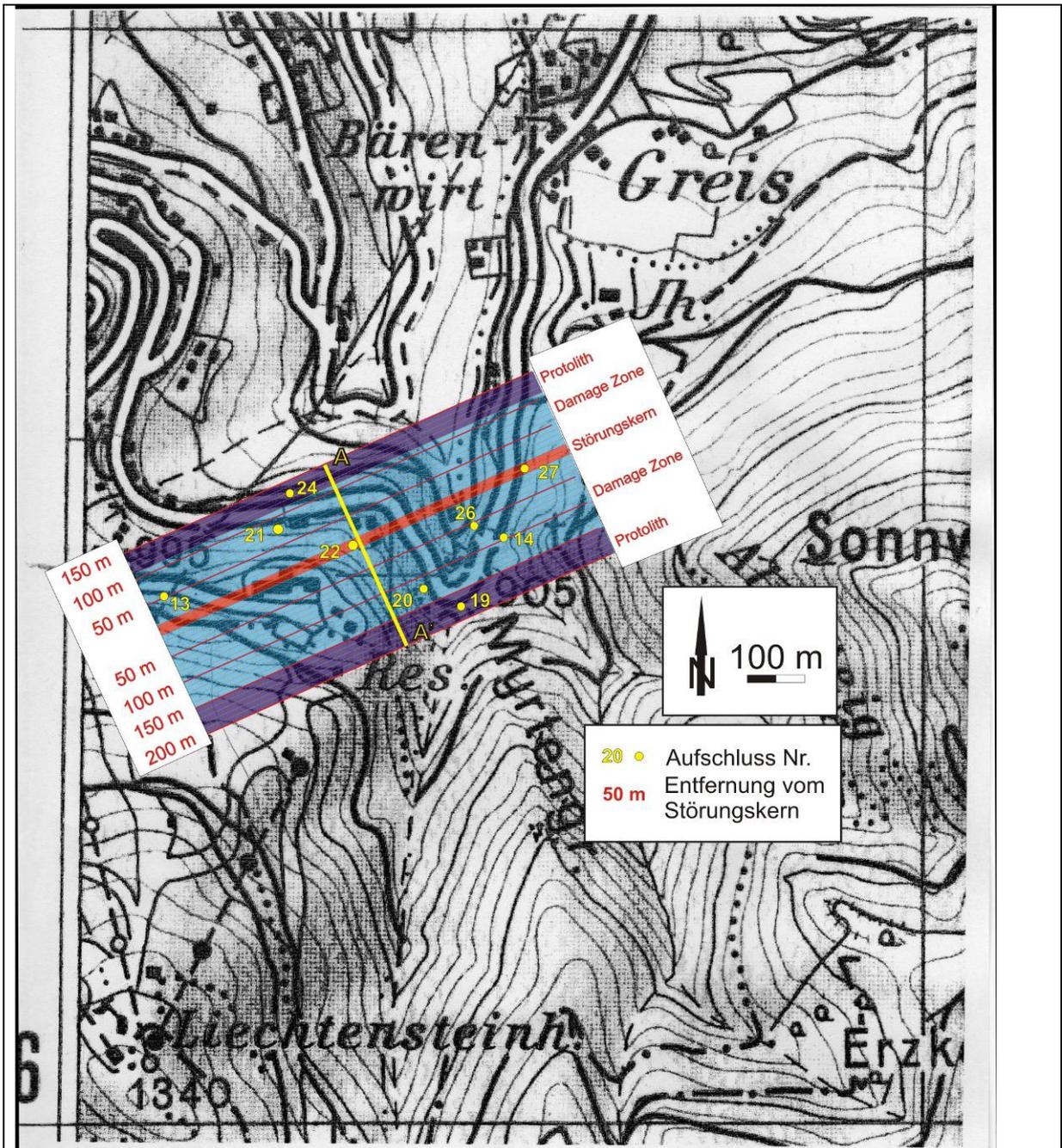


Abbildung 6-3: Diese Abbildung zeigt die Lage der WSW-ENE streichenden „Palace-Hotel-Störung“ (Kartenausschnitt: ÖK 50, Blatt 105). Dieser Kartenausschnitt zeigt den Myrtengraben, ca. 2 km östlich des Semmeringpasses. Nachfolgend werden die Ausgangs- und Nebengesteine (dunkelblau, Aufschlüsse 19 und 24), die Gesteine der Damage Zonen (hellblau, Aufschlüsse 13, 14, 20, 21 und 26) und der Störungskern (rot, Aufschlüsse 22 und 27) beschrieben. Das Profil (A – A') ist in Abbildung 6-21 ersichtlich.

6.2.1. Ausgangs- und Nebengestein(e)

Das südöstliche Nebengestein der „Palace-Hotel-Störung“ ist ein massiger, gut gebankter (15 – 50 cm) dunkelgrauer Dolomit (Aufschluss SEM 19), der dem Gutensteiner Dolomit ähnelt, der jedoch beim Anschlagen geruchslos ist, mit vereinzelt dunkelgrau-schwarz glänzenden Tonschieferlagen (bis 5 cm) aufgeschlossen.

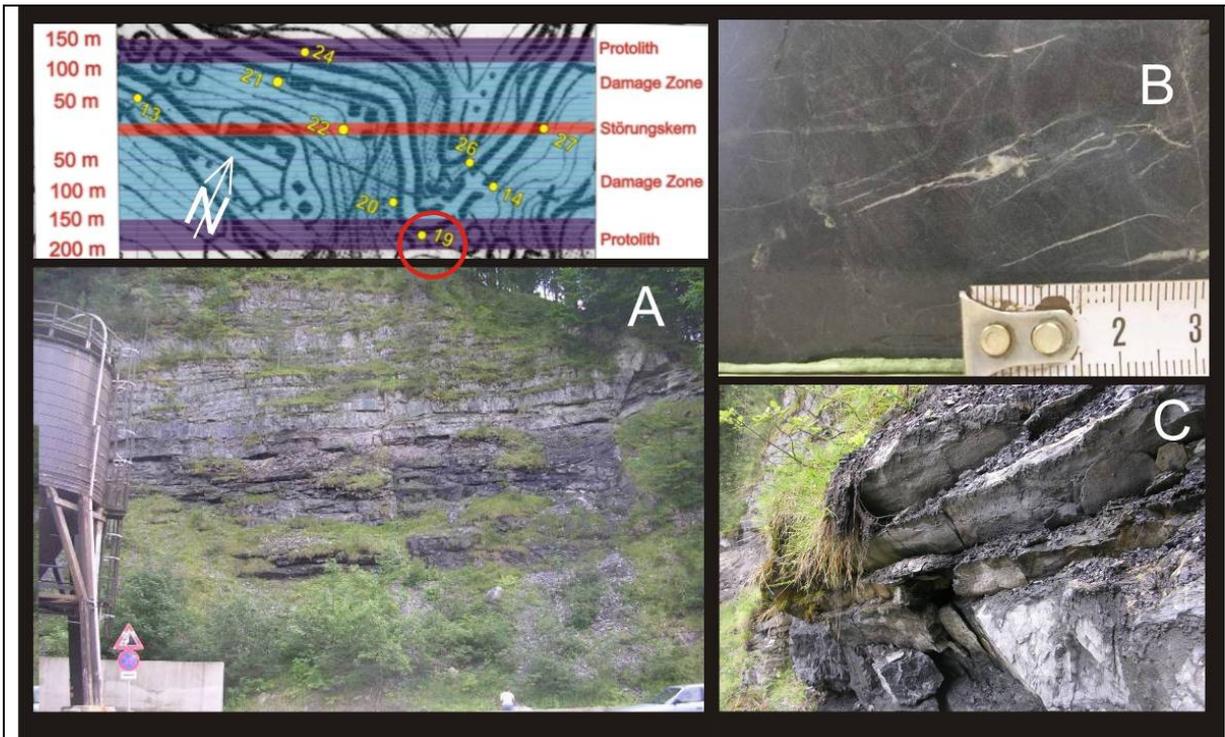
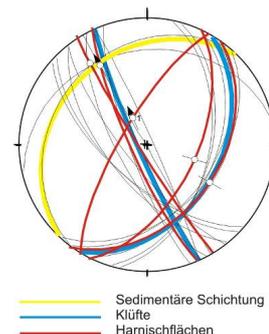


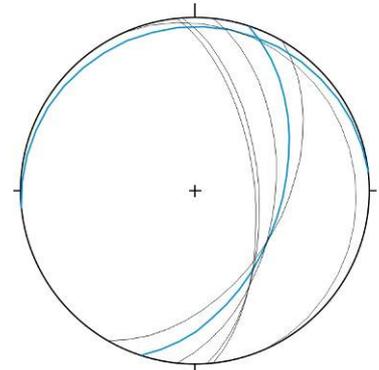
Abbildung 6-4: Diese Photos stammen allesamt aus dem Aufschluss SEM 19 (Blickrichtung S). Dieser gut geschichtete (B, C), dunkelgraue Dolomit, der vereinzelt Tonschieferlagen (C) aufweist, ist stark geklüftet. Vereinzelt – jedoch unterschiedlichst orientierte - Harnischflächen wurden beobachtet. Im polierten Handstück sind die mit Kalzit verfüllten Klüfte (weiß) gut erkennbar (im Aufschluss oft nicht sichtbar). Eine Schichtung wurde weder im Handstück noch im Dünnschliff beobachtet. Es wurden keine Gesetzmäßigkeiten für die Kluftorientierung erkannt. Bildhöhe von C entspricht ca. 1 m.

Die welligen Schichtflächen fallen leicht (max. 20°) nach Nordwesten ein, allerdings sind aufgrund der flachen Lagerung andere Orientierungen möglich. Der Dolomit ist stark geklüftet, die Klüfte sind generell geschlossen, vereinzelt offene Klüfte sind mit Kalzit verheilt. Es sind jedoch nur vereinzelt, unterschiedlich orientierte, Harnischflächen zu sehen.

Aufschlussnummer	SEM 19
Zerlegungsgrad nach Prinz und Strauß (2006)	sehr stark zerlegt (18 Stk)



Das nordwestliche Nebengestein der Störung ist ein massiger, wenig geklüfteter Kalk (SEM 24) mit leicht brekziösen Erscheinungen. Dieser verwittert hellgrau, frisch angeschlagen zeigt er eine dunkelgraue Farbe. Leider ist keine Schichtung erkennbar, die wenigen Trennflächen sind, bis auf eine größere Harnischfläche, ausschließlich Klüfte. Stellenweise fällt die Verwitterung in den leicht brekziösen Bereichen „zellig“ aus.



— Sedimentäre Schichtung
— Klüfte

Aufschlussnummer	SEM 24
Zerlegungsgrad nach Prinz und Strauß (2006)	stark zerlegt (5 Stk)

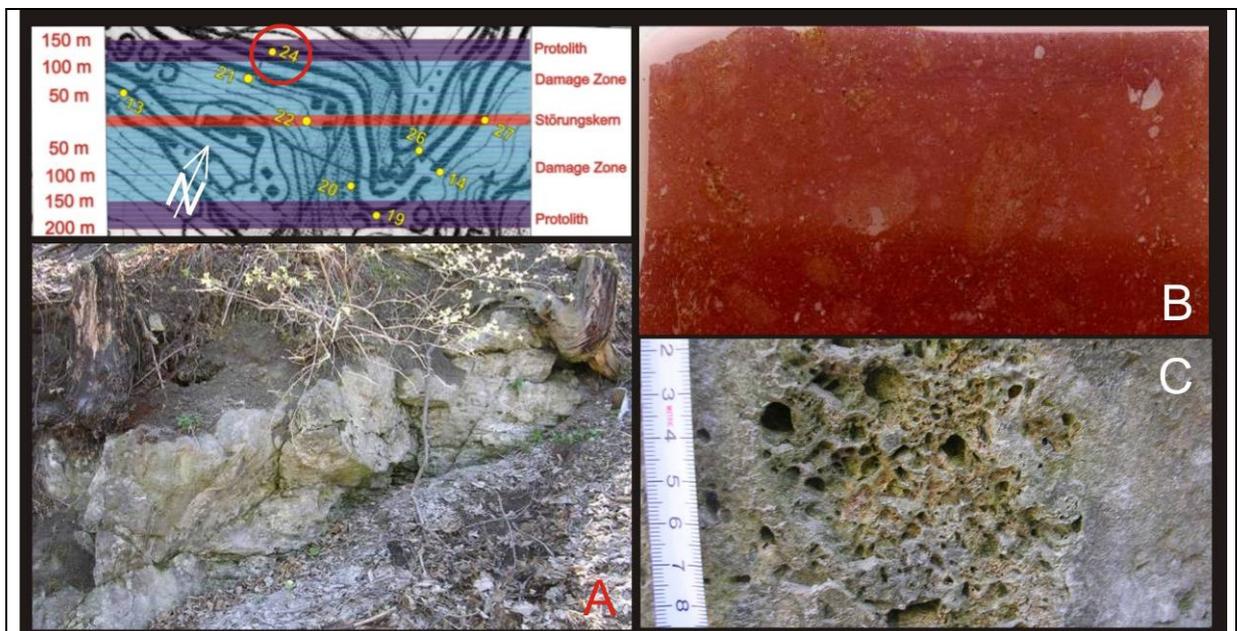
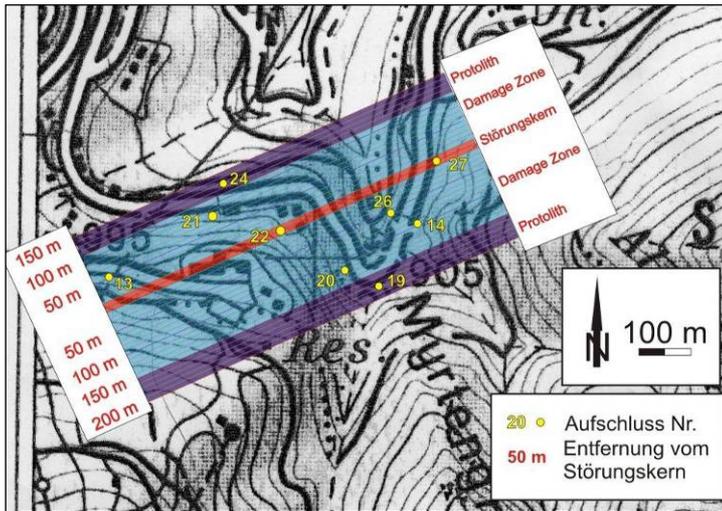


Abbildung 6-5: Diese Abbildung zeigt den nordwestlichen Protolith der Störung (Aufschluss SEM 24, Blick SW). Dieser wenig geklüftete Kalk zeigt – wahrscheinlich aufgrund der Störngsnähe – noch einzelne brekziöse Bereiche (A, Bildbreite ca. 4 m). Die Abbildung (B) zeigt einen (gefärbten) paläontologischen Dünnschliff der Probe SE_34. Die längere Bildkante mißt ca. 4 cm. Die roten Streifen sind färbungsbedingt entstanden. Auffällig sind vereinzelte Löcher im Dünnschliff (herausgewitterte Komponenten) in einem brekziösen Bereich.

6.2.2. „Damage-Zonen“



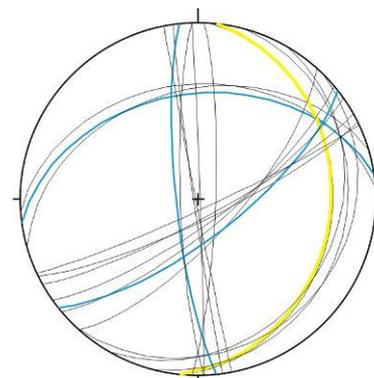
Von den oben beschriebenen Gesteinen können in Richtung Störungskern zwei unterschiedliche „Damage-Zonen“ der Störung ausgeschieden werden, deren Gesteine unterschiedlichste Ausprägungen aufweisen und aufgrund der besseren Übersichtlichkeit ausgehend von den zwei Nebengesteinstypen

separat behandelt werden.

6.2.2.1. „Damage-Zone“ SE der Störung

In ca. 50 m Entfernung des Ausgangsgesteins (dunkelgrauer Dolomit, Typ 1) ist dieses mit starker tektonischer Überprägung zu sehen (SEM 20). Eine neue Schieferung durchschlägt die ursprüngliche Schichtung, weiters sind viele Klüfte und vor allem Harnischflächen (mit teilweise bis zu 10 cm Kataklasit und/oder „dilatation breccia“) sichtbar. Auf den Schieferungsflächen befindet sich manchmal zerriebenes Dolomitmehl („Fault Gouge“), das von Bewegung auf diesen Flächen zeugt.

Ausschlussnummer	SEM 20
Zerlegungsgrad nach Prinz und Strauß (2006)	völlig zerlegt (33 Stk)



— Sedimentäre Schichtung
— Klüfte

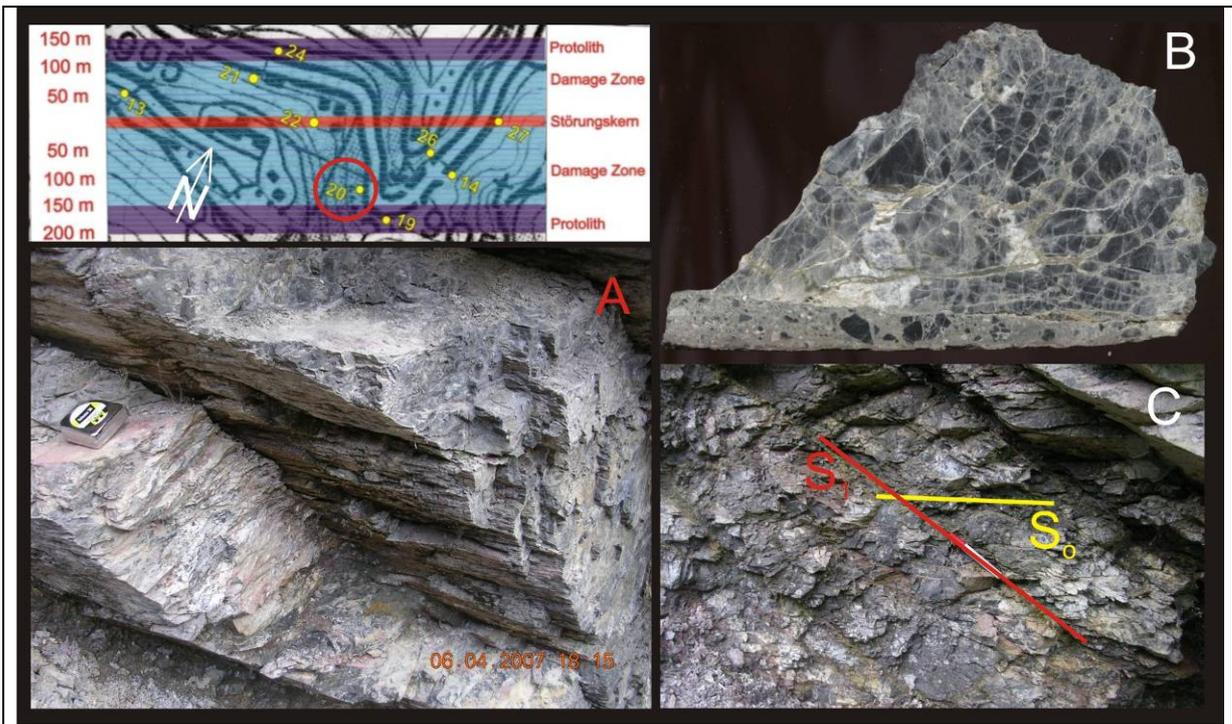
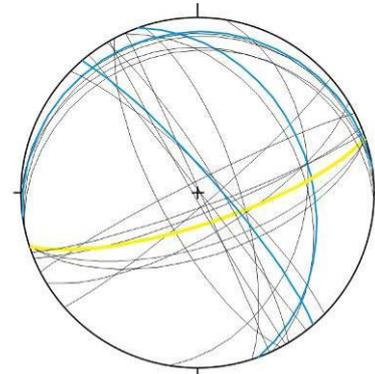


Abbildung 6-6: Diese Abbildung (Blick SW) zeigen das Ausgangsgestein aus Aufschluss SEM 19, das jedoch tektonisch völlig zerschert wurde (Aufschluss SEM 20, A und C). Die flach einfallende Schichtung (S_0) wird von einer neuen „Schieferung“ (S_1) durchschlagen. Die durchwegs engständigen Klufflächen sind oftmals als Harnischflächen benutzt worden („fault gouge“ vor allem auf den S_1 - Flächen). In diesem Handstück (B, Breite ca. 12 cm) ist deutlich der Übergang von dunkelgrauem, geklüftetem Dolomit in Dilatation Breccia, die wiederum von einer Kataklasit begrenzt wird, zu erkennen. Im oberen Teil ist der stark geklüftete Dolomit, noch mehr oder weniger völlig intakt. Je weiter man sich Richtung Kataklasit (unten) bewegt, steigt die Zerklüftung des Gesteins. Die Gesteinsfragmente zeigen noch ein nahezu 100-prozentiges Fitting („Aneinanderpassen“) – sie sind quasi gesprengt worden, die entstandenen Klüfte sind verheilt und halten die Komponenten zusammen (Dilatation breccia – „Zerreiungsbrekzie“). Außerordentlich scheint die letzte tektonische Beanspruchung gewesen zu sein, da die Matrix des Kataklasites (untere 2 cm) mehreren Klüften folgend, weit - bis zu 10 cm - in die Dilatation Breccia eingedrungen ist.

Weiter in Richtung Störung befindet sich ein dunkler, gut gebankter Dolomit (SEM 14), der aufgrund von einer nicht bekannten Störung (?) verkippt ist (S_0 168/75). Im Aufschluss verwittert dieser Dolomit hellgrau, frisch angeschlagen zeigt er eine mittelgraue Farbe. Auffallend sind (hauptsächlich steil stehende) Harnischflächen, auf welchen bis zu 5 cm mächtige, gelblich-ockrige Protokataklasite und Kakirite (Komponenten dunkelgrau, Kalzitische, gelbliche Matrix) ausgebildet sind. Charakteristisch für diesen Aufschluss sind mehrere engständige Klufscharen.



— Sedimentäre Schichtung
— Klüfte

Aufschlussnummer	SEM 14
Zerlegungsgrad nach Prinz und Strauß (2006)	völlig zerlegt (25 Stk)

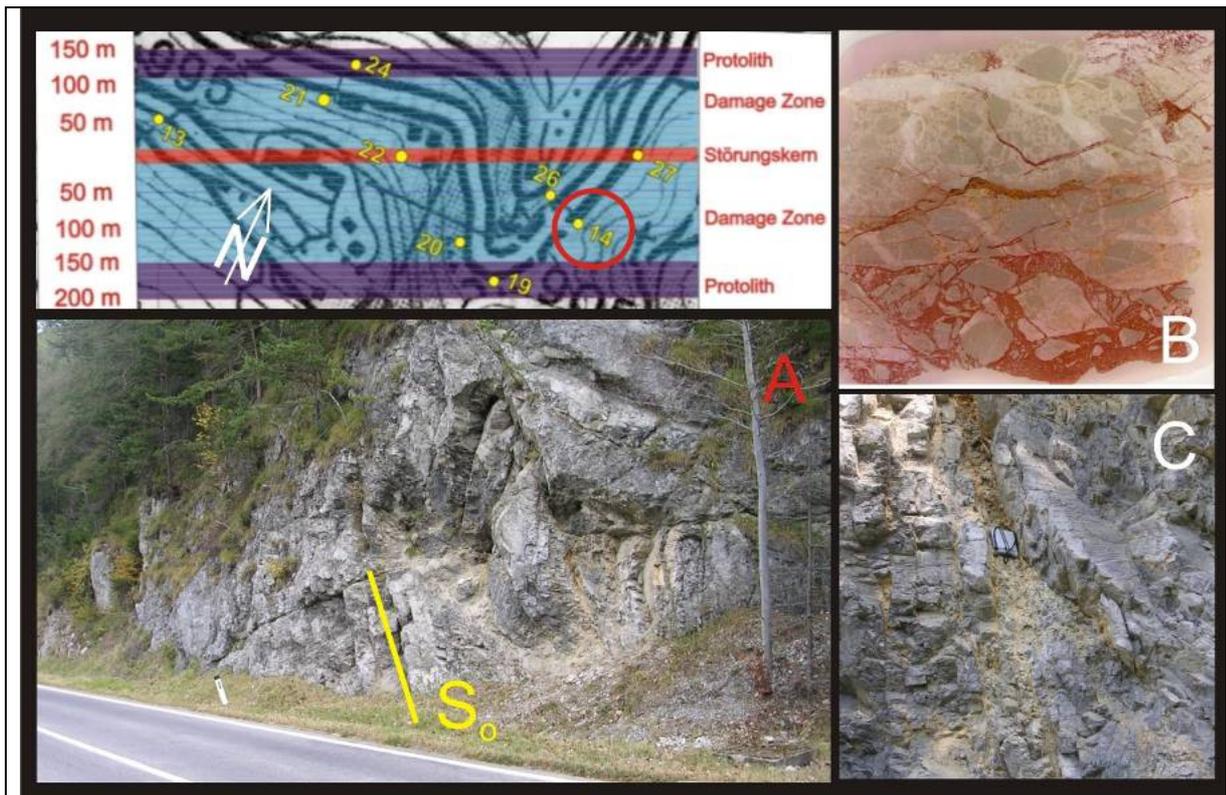
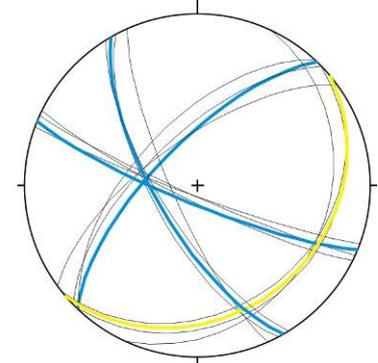


Abbildung 6-7: In diesen Abbildungen (A, Blick SE) ist der hellgraue Dolomit (Aufschluss SEM 14), der bereichsweise stark von Harnischflächen und Klufscharen durchzogen ist, erkennbar. Die Harnischflächen sind meist steilstehend und haben teilweise bis zu 10 cm Kakirite (ocker) und auch Kataklaste gebildet (C). Dieser gefärbte Dünnschliffscan (B, Bildhöhe ca. 5 cm) zeigt mindestens zwei Deformationsphasen. Die erste Kataklaste führte zur Bildung von Dolomitbruchstücken und -matrix (dunkel von hellgrau), die Klüfte wurden durch Dolomit verheilt (weiß). Anschließend fand eine zweite Kataklaste statt, die den ersten Dolomitkataklasten unter Bildung von kalzitischer Matrix (rot) zerbrach, weiters drang ein kalzitisches Fluid (rot) weit in diesen ein und verheilte die neuerdings entstandenen Klüfte.

Der Aufschluss SEM 26 ist in dieser Damage Zone dem Störungskern am nächsten. Es handelt sich um einen mittel- bis dunkelgrauen Dolomit mit mehreren Trennflächenscharen (Klüfte). Auffallend ist hier, dass praktisch keine Harnischflächen sichtbar sind, obwohl dieser Aufschluss nur ca. 20 m NW des letzten Aufschlusses (SEM 14) liegt. Die tektonische Beanspruchung dieses Dolomits zeichnet sich vor allem in den verschiedenen, zum Teil sehr engständigen, Klufscharen ab. Eine Schichtung (ca. 10 cm Abstand) mit welligen Schichtoberflächen ist zu erkennen, deren Orientierung variiert (115/25, 142/28) und flach nach SE einfällt.



Aufschlussnummer	SEM 26
Zerlegungsgrad nach Prinz und Strauß (2006)	völlig zerlegt (36 Stk)

— Sedimentäre Schichtung
— Klüfte

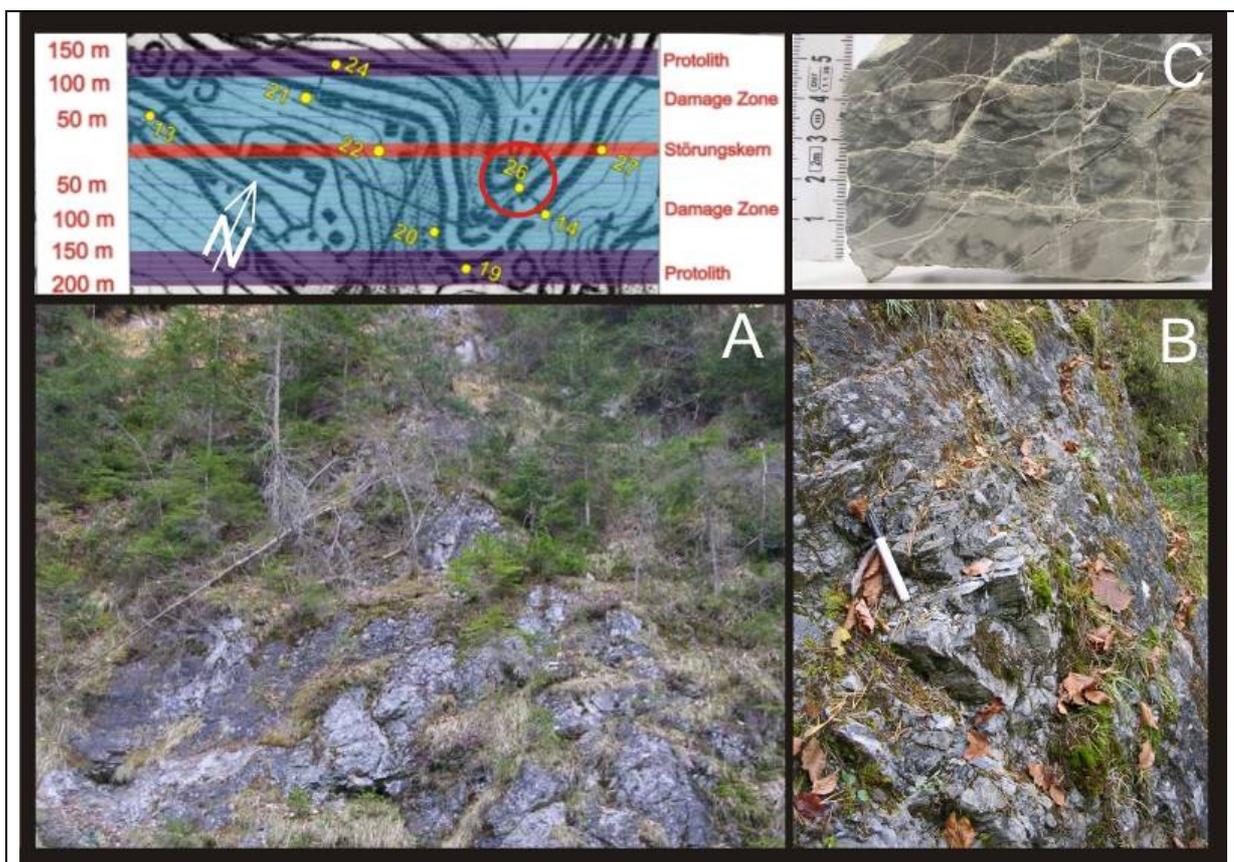
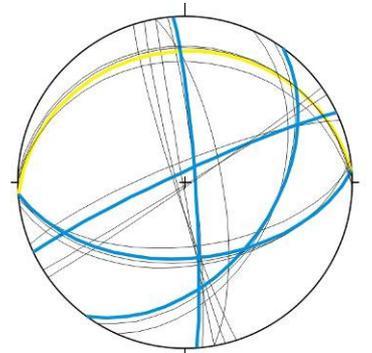


Abbildung 6-8: Diese Abbildungen zeigen den Aufschluss SEM 26 (A: Blick S, Breite ca. 10 m). Dieser mittel- bis dunkelgraue, teilweise gefleckte Dolomit (B, C) ist tektonisch stark zerlegt (mehrere, meist mit Kalzit verfüllte engständige Klufscharen), jedoch fehlen weitgehend Harnischflächen. Die Schichtung fällt relativ flach nach SE ein.

6.2.2.2. „Damage-zone“ NW der Störung

Der Aufschluss (SEM 21) besteht aus einer dunkelgrau verwitternden, komponenten-gestützten, schlecht sortierten polymikten Brekzie, die beim Anschlag eine ockrige Färbung (Matrix) aufweist. Eine flach nach N – NE einfallende Schichtung (S_0) ist im Aufschluss auszumachen. Im Handstück sind verschiedene Dolomitkomponenten (hellgrau, dunkelgrau und ockrig) erkennbar. Weiters wittern Komponenten oft heraus und es bleibt eine calzitische Matrix übrig. Auffällig ist, dass die Lösung der Komponenten nicht nur direkt an der Oberfläche sondern auch innerhalb des Gesteins vor sich gegangen ist (siehe Abbildung 6-9, C).



— Sedimentäre Schichtung
— Klüfte

Aufschlussnummer	SEM 21
Zerlegungsgrad nach Prinz und Strauß (2006)	völlig zerlegt (25 Stk)

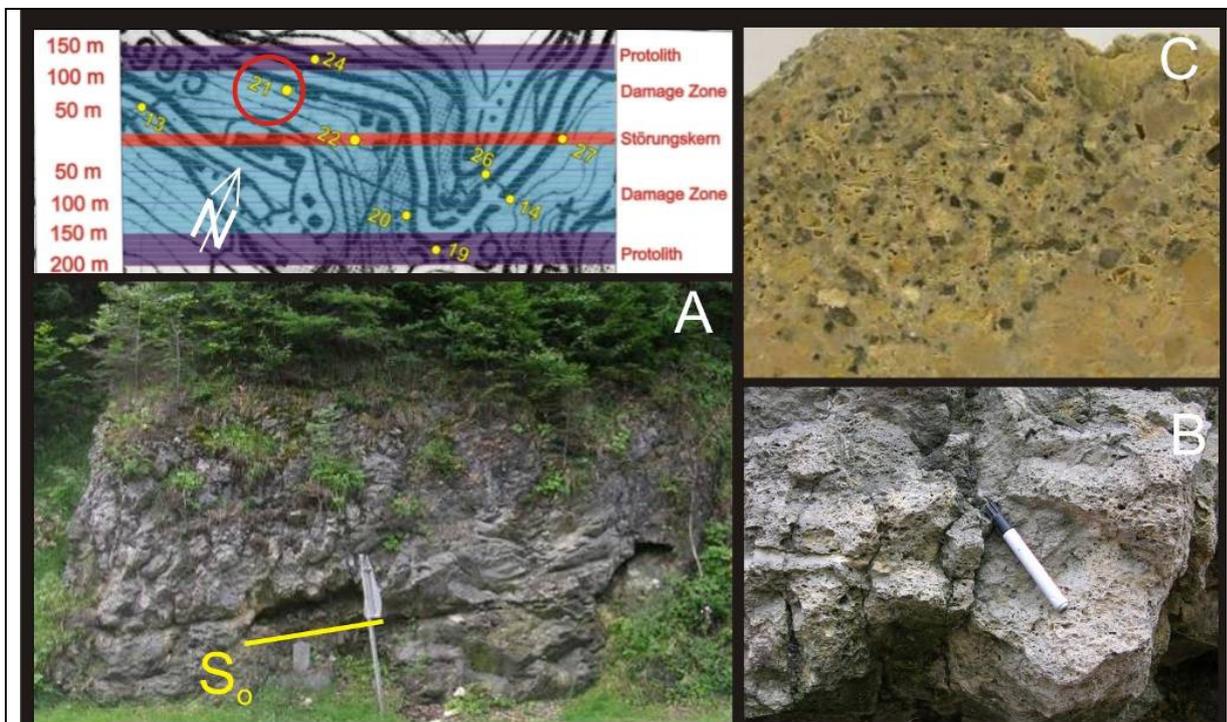


Abbildung 6-9: In diesen Abbildungen ist der Aufschluss SEM 21 (A, Blick S, Bildbreite ca. 8 m) zu sehen. Die Schichtung (?) fällt flach nach NE ein, die Brekzisierung des Dolomits ist im Aufschluss (B) ebenso wie im Handstück (C, Probe SE 23, Bildbreite ca. 8 cm) gut erkennbar. Das Gefüge der polymikten Brekzie ist komponentengestützt ausgebildet, oft wittern die Komponenten heraus.

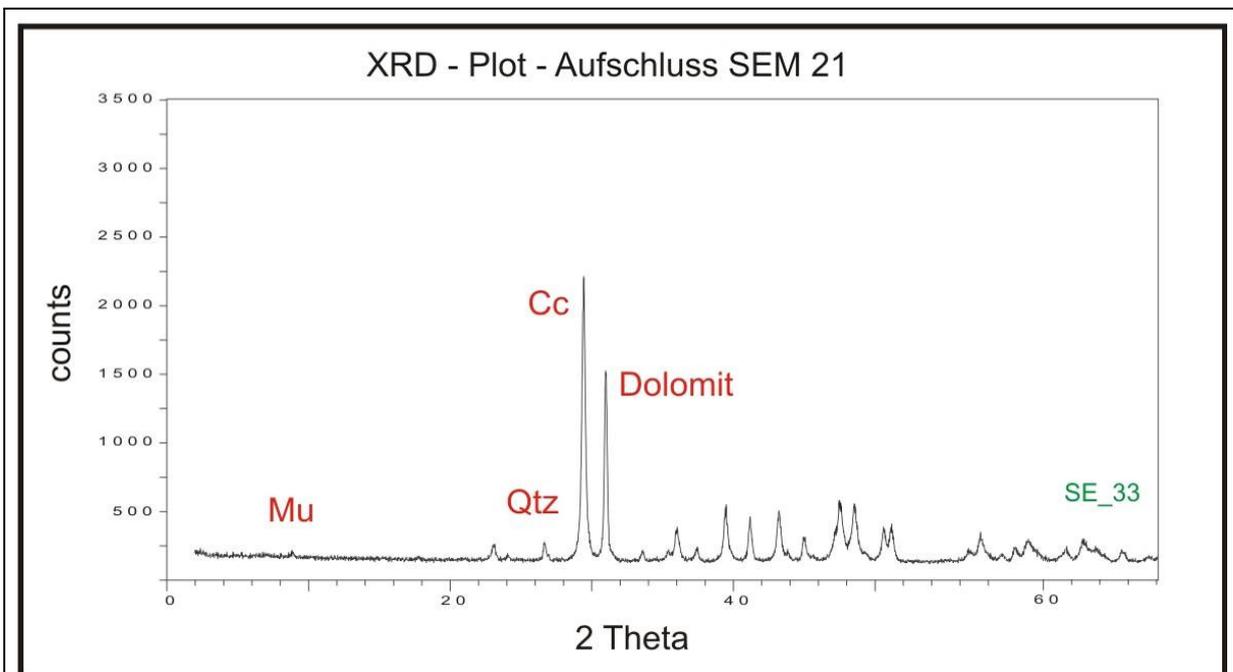
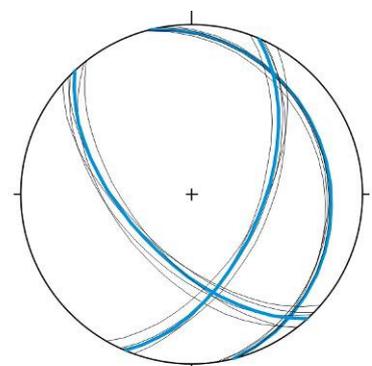


Diagramm 6-1: Dieses Diagramm zeigt das Ergebnis der Röntgendiffraktometriemessung für die Probe SE 33. Diese Probe wurde strukturlos gemessen, d.h. es ist eine halbquantitative Aussage über die mineralogische Zusammensetzung möglich. Es ist mehr Kalzit (Cc) als Dolomit in dieser Probe vorhanden, Muskovit (Mu) und Quarz (Qtz) konnten noch nachgewiesen werden. Gips und/oder Anhydrit konnten nicht nachgewiesen werden.

Im Aufschluss (SEM 13), der in der nordwestlichen Damage – Zone dem Störungskern am nächsten liegt, ist ein dunkelgrauer Dolomit aufgeschlossen. Im Aufschluss kann in Richtung Störungskern (ESE) ein Übergang von tektonisch gestörtem Dolomit (Bildung von engständigen Kluftscharen und konjugierten Harnischflächen mit vereinzelt bis zu 5 cm mächtigen Kataklasiten), dessen Klüfte mit zunehmender Nähe zum Störungskern vermehrt mit Kalzit (bis zu 1 cm) verheilt sind, in eine Art „Brekzie“ beobachtet werden. Der Dolomit wird von kalzitischem Fluid „gesprengt“ und es bildete sich eine



— Sedimentäre Schichtung
— Klüfte

Aufschlussnummer	SEM 13
Zerlegungsgrad nach Prinz und Strauß (2006) – westlicher, zerrütteter Bereich	Völlig zerlegt (43 Stk)
Zerlegungsgrad nach Prinz und Strauß (2006) – östlicher, „massiger“ Bereich	Stark zerlegt (3 Stk)

ca. 5 m breite Zone, die Dilatation Breccias und Kataklasite beinhaltet. Teilweise befinden sich die Komponenten noch im ursprünglichen Verband und sind nur durch hauchdünne Kalzitlamellen getrennt, andere wiederum „schwimmen“ in der Matrix ohne Anhaltspunkt der „Herkunft“. In diesem Bereich sind kaum Trennflächen zu beobachten.

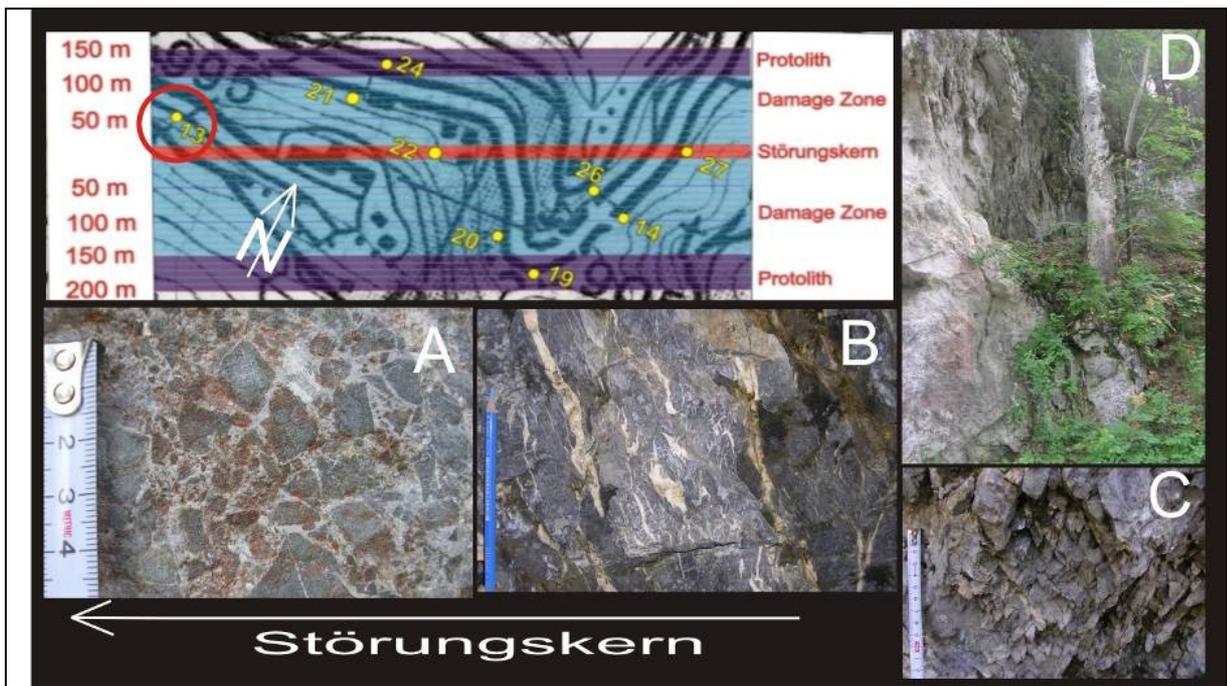
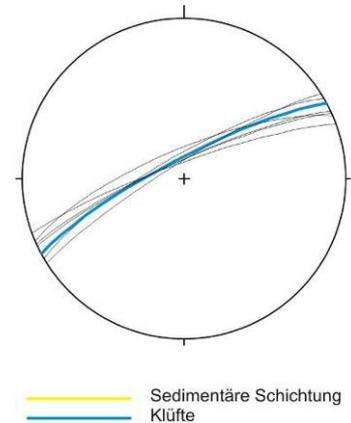


Abbildung 6-10: Die drei Abbildungen (A –C) zeigen unterschiedliche Bereiche aus dem Aufschluss SEM 13. Abbildung C zeigt einen stark tektonisch gestörten Dolomit, der kleinstückig zerlegt ist und von zahlreichen Harnischflächen durchzogen ist. Alle Kluftscharen sind sehr engständig ausgebildet und zeigen keinerlei Verfüllung der meist - bis zu einem Millimeter – offenen Klüfte. Dieser Bereich ist etwa fünf Meter breit. In Richtung Störungskern (ESE) nimmt die Anzahl der offenen Klüfte kontinuierlich ab (Abbildung B), jedoch sind die Klüfte nun mit bis zu einem Zentimeter mit Kalzit verheilt (im Ausschluss etwa 3 m Breite). Von dort ausgehend wird der Dolomit kataklastisch zerlegt und bildet eine „Dilatation Breccia“ bis zu einer Kataklasit (Abbildung A, rote Flecken: Flechten). Das Fitting der Komponenten ist bei der Dilatation Breccia gut, nimmt in den kataklastischen Bereichen jedoch stellenweise soweit ab, dass Dolomit-komponenten in einer kalzitischen Matrix „schwimmen“ (Abstand zwischen den einzelnen Komponenten bis zu 5 cm). In diesem Bereich sind kaum Klüfte vorhanden.

6.2.3. Störungsgesteine im Kern der Störungen

Die Störungsgesteine im Kern dieser Störung (Aufschluss SEM 22) sind in einem ehemaligen Steinbruch NE des Palace-Hotels aufgeschlossen. In diesem „Kessel“ (siehe Abbildung 6-11) sind die Gesteine auf engstem Raum sehr vielfältig ausgeprägt. Die acht verschiedenen Gesteinstypen wurden aufgrund von Klüften, die allesamt die Hauptstörungsrichtung (335/80) nachzeichnen und die einzelnen Bereiche abgrenzen, in ebenso acht Bereiche gegliedert, die von ESE (Bereich 1) nach WNW (Bereich 8) beschrieben werden.



Die Hauptstörungsrichtung wurde aufgrund eines tonig, schluffigen Sandes (Interpretation: fault gouge), der eine „Pseudofoliation“ (335/80) zeigt, angenommen (Siehe Beschreibung der Bereiches 4).

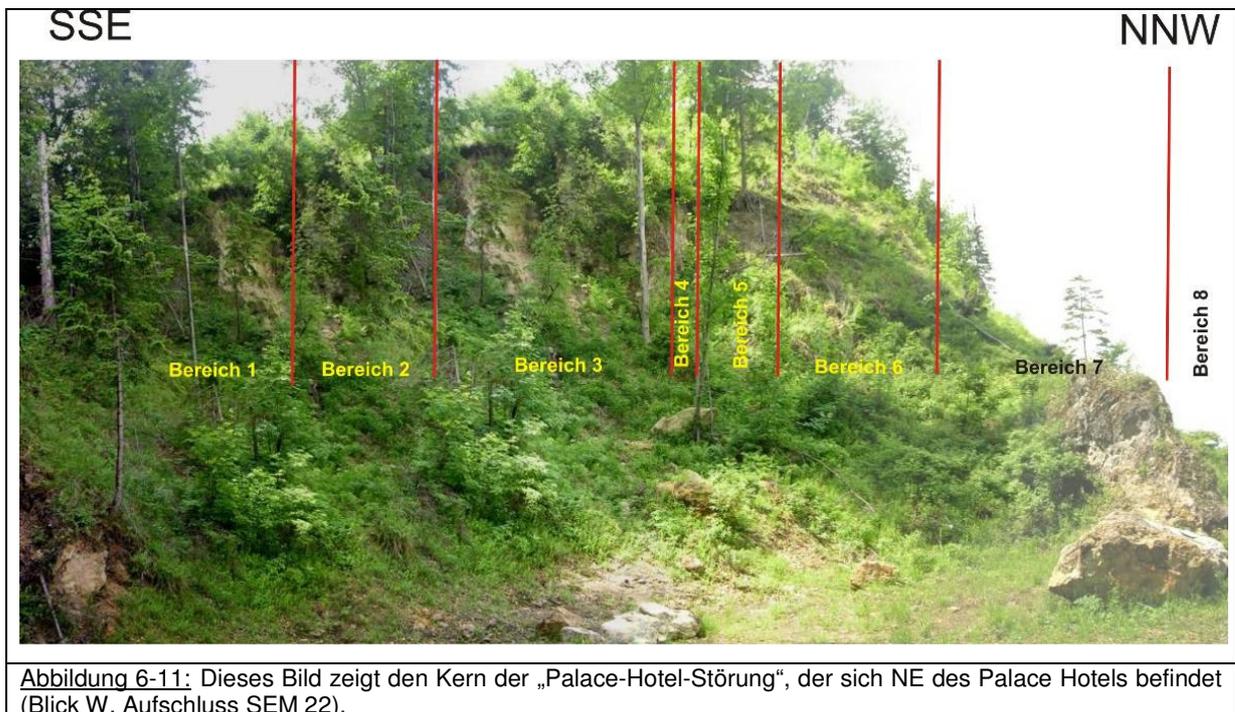


Abbildung 6-11: Dieses Bild zeigt den Kern der „Palace-Hotel-Störung“, der sich NE des Palace Hotels befindet (Blick W, Aufschluss SEM 22).

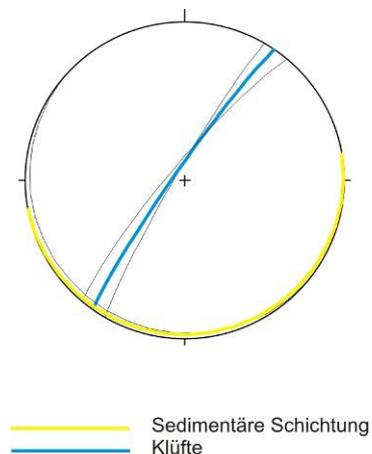
6.2.3.1. Bereich 1

Dieser ca. 5 m breite Bereich ist durch das Auftreten teilweise geschichteter Sedimente gekennzeichnet. Hauptsächlich liegt eine polymikte, schlecht sortierte, komponentengestützte Brekzie (Komponenten < 3 cm) mit einer ockerfarbenen, kalzitisch-tonigen Matrix vor, in die eine tonig-schluffige Zwischenlage eingeschaltet ist. Diese Zwischenlage ist in etwa 6-8 cm dick und zeigt eine subhorizontale Schichtung.



Abbildung 6-12: In der linken Abbildung ist eine sedimentäre Schichtung (subhorizontal) von feinkörnigen (tonig-schluffigen) Horizonten und einer darüberliegenden sedimentären Brekzie mit einer kalzitischen Matrix zu sehen. Diese ist polymikt sowie komponentengestützt ausgebildet, die Sortierung ist schlecht (rechte Abbildung). Die maximale Korngröße liegt bei etwa 3 cm.

Aufschlussnummer	SEM 22
Bereich	1
Zerlegungsgrad nach Prinz und Strauß (2006)	mäßig zerlegt (2 Stk)



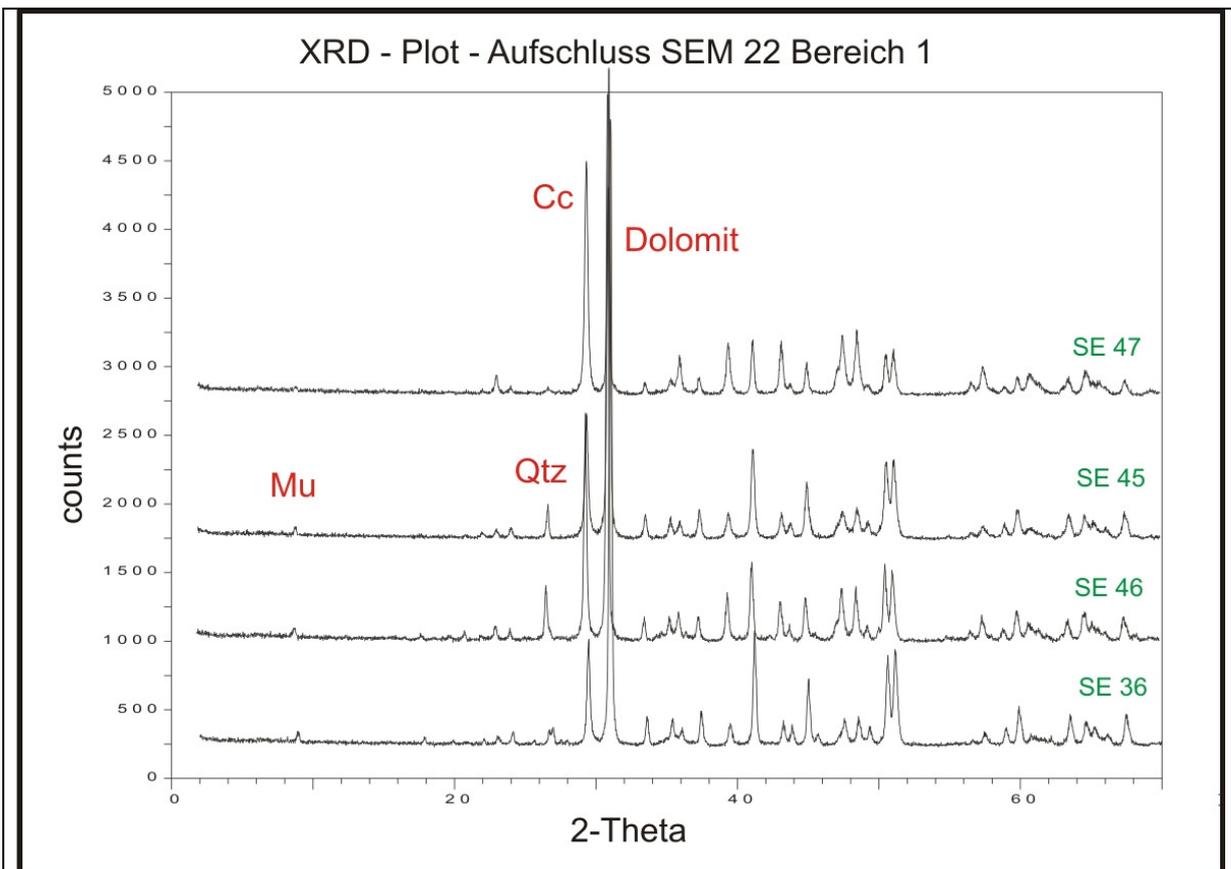


Diagramm 6-2: Dieses Diagramm zeigt die Ergebnisse der Röntgendiffraktometriemessungen für die Proben SE 36, 45, 46 und 47. Die Proben wurden strukturlos gemessen, d.h. es ist eine halbquantitative Aussage über die mineralogische Zusammensetzung möglich. Es ist mehr Dolomit als Kalzit (Cc) in den Proben vorhanden, detritärer (?) Quarz (Qtz) konnte nachgewiesen werden, außerdem sind Spuren von Muskovit (Mu) in allen Proben enthalten. Gips und/oder Anhydrit konnten nicht nachgewiesen werden.

6.2.3.2. Bereich 2

In diesem ca. 3 m breiten Bereich liegt eine isotrope, kohäsive, massige, komponentengestützte, monomikte Dolomitmikrobrekzie vor, deren Komponenten maximal 2 cm lang sind. Teilweise sind einzelne Dolomitkomponenten herausgewittert, es hat sich eine löchrige Struktur gebildet. Die Matrix ist kalzitisch ausgebildet. Dieser Bereich ist nicht geklüftet, vereinzelte Harnischflächen konnten aufgenommen werden.



Abbildung 6-13: Diese beiden Abbildungen zeigen die komponentengestützte Dolomitmikrobrekzie aus dem Bereich 2. Die Komponenten sind maximal 2 cm groß, zeigen eine schlechte Sortierung und sind teilweise leicht angerundet (siehe A und B). In manchen Bereichen wittern die einzelnen Komponenten heraus (B).

Aufschlussnummer	SEM 22
Bereich	2
Zerlegungsgrad nach Prinz und Strauß (2006)	schwach zerlegt (0 Stk)

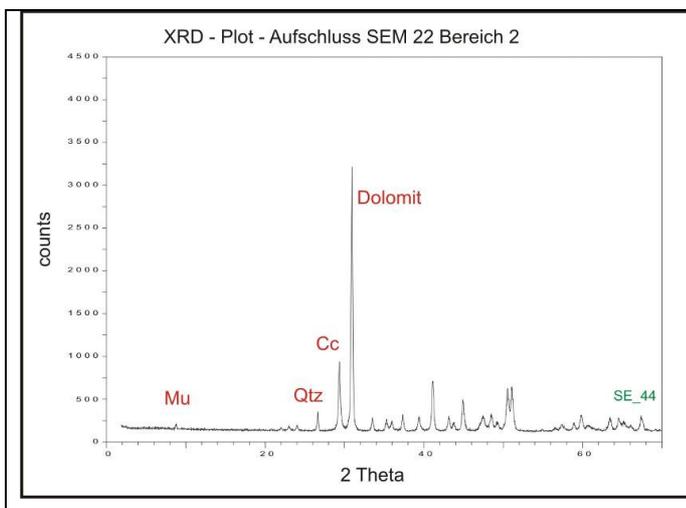


Diagramm 6-3: Dieses Diagramm zeigt das Ergebnis der Röntgendiffraktometrie für die Probe SE 44. Die Probe wurde strukturlos gemessen, d.h. es ist eine halbquantitative Aussage über die mineralogische Zusammensetzung möglich. Es ist mehr als doppelt so viel Dolomit wie Kalzit (Cc) in der Probe vorhanden, detritärer (?) Quarz (Qtz) konnte nachgewiesen werden, außerdem sind Spuren von Muskovit (Mu) in der Probe enthalten. Gips und/oder Anhydrit konnten nicht nachgewiesen werden.

6.2.3.3. Bereich 3

In diesem ca. 10 m breiten Bereich liegt eine isotrope, massige, komponentengestützte, polymikte Brekzie mit drei verschiedenen Dolomitkomponenten (rosa, hell- und dunkelgrau) vor. Die Matrix ist kalzitisch ausgebildet. Die Komponenten sind teilweise angerundet und in manchen Bereichen sind diese herausgewittert. Generell liegt die Korngröße bei ca. 2-3 cm.

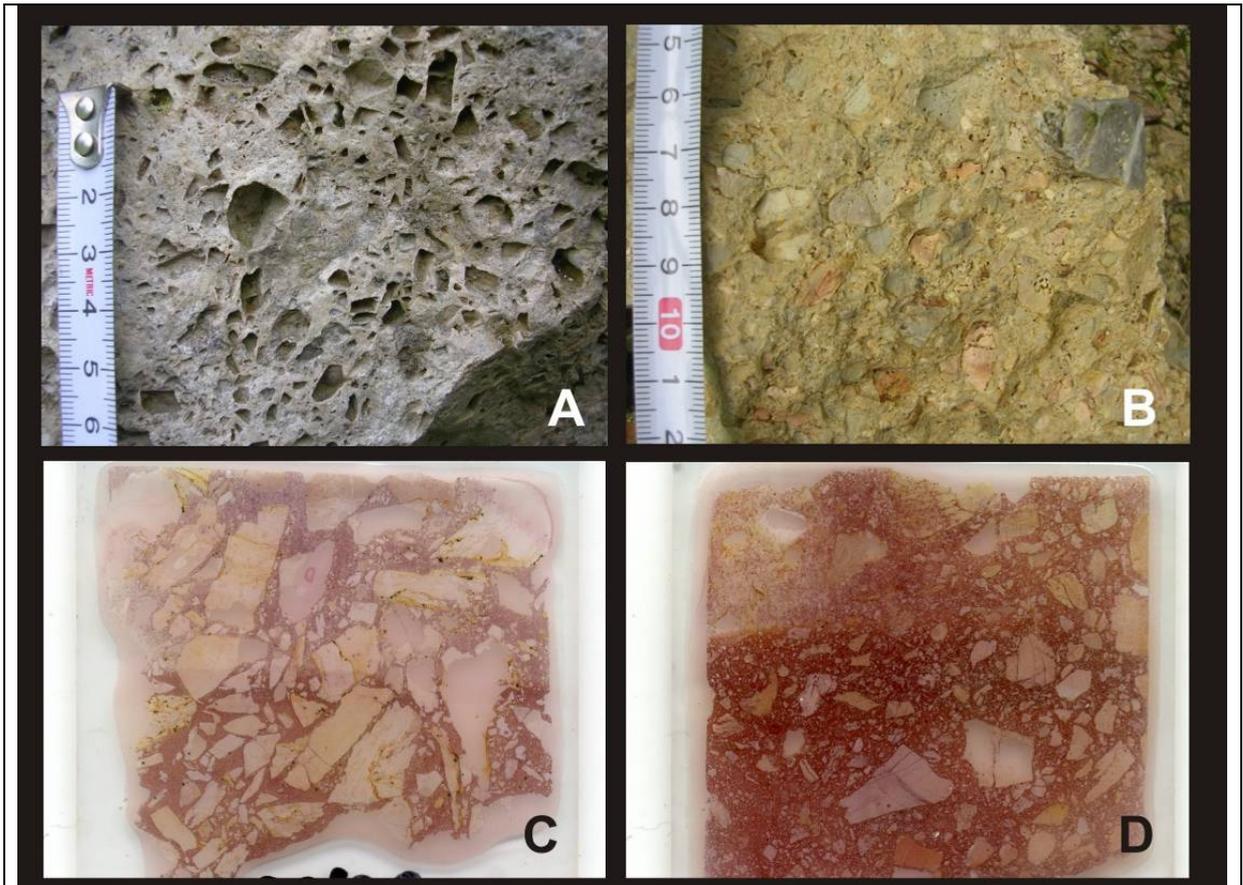
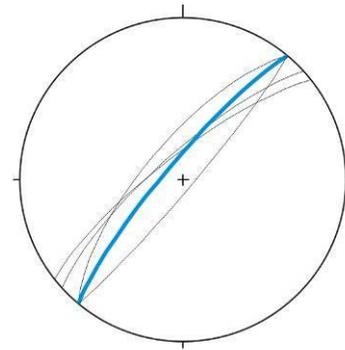


Abbildung 6-14: Diese Abbildungen entstammen alle aus dem Bereich 3. Abbildung A zeigt die bereichsweise herausgewitterten Dolomitkomponenten, Lösungsrückstände konnten nicht beobachtet werden. Die Abbildung B ist in einem frischeren Bereich aufgenommen worden, die kalzitische (ockrige) Matrix sowie die verschiedenfarbigen Dolomitkomponenten sind zu erkennen. Die Abbildungen C und D sind gefärbte Dünnschliffscans (Bildbreite jeweils ca. 5 cm), die deutlich die komponentengestützte Struktur sowie die kalzitische Matrix zeigen. In Bild C ist an den Rändern der Komponenten teilweise fein verteiltes Erz (?) und braune Ränder (wahrscheinlich aufgrund von Verwitterung) zu sehen.

Jedoch ist eine Korngrößenabnahme von maximal 9 cm – aufgrund von einzelnen größeren Komponenten - in Richtung Störungskern (Bereich 4) festzustellen. Außerdem wurden vereinzelt dunkelgrüne Phyllitschüppchen in Rollstücken beobachtet.

Dieser Bereich ist generell massig ausgebildet, Klüfte sind kaum vorhanden, jedoch konnten einige Harnischflächen aufgenommen werden.

Aufschlussnummer	SEM 22
Bereich	3
Zerlegungsgrad nach Prinz und Strauß (2006)	stark zerlegt (4 Stk)



— Sedimentäre Schichtung
— Klüfte

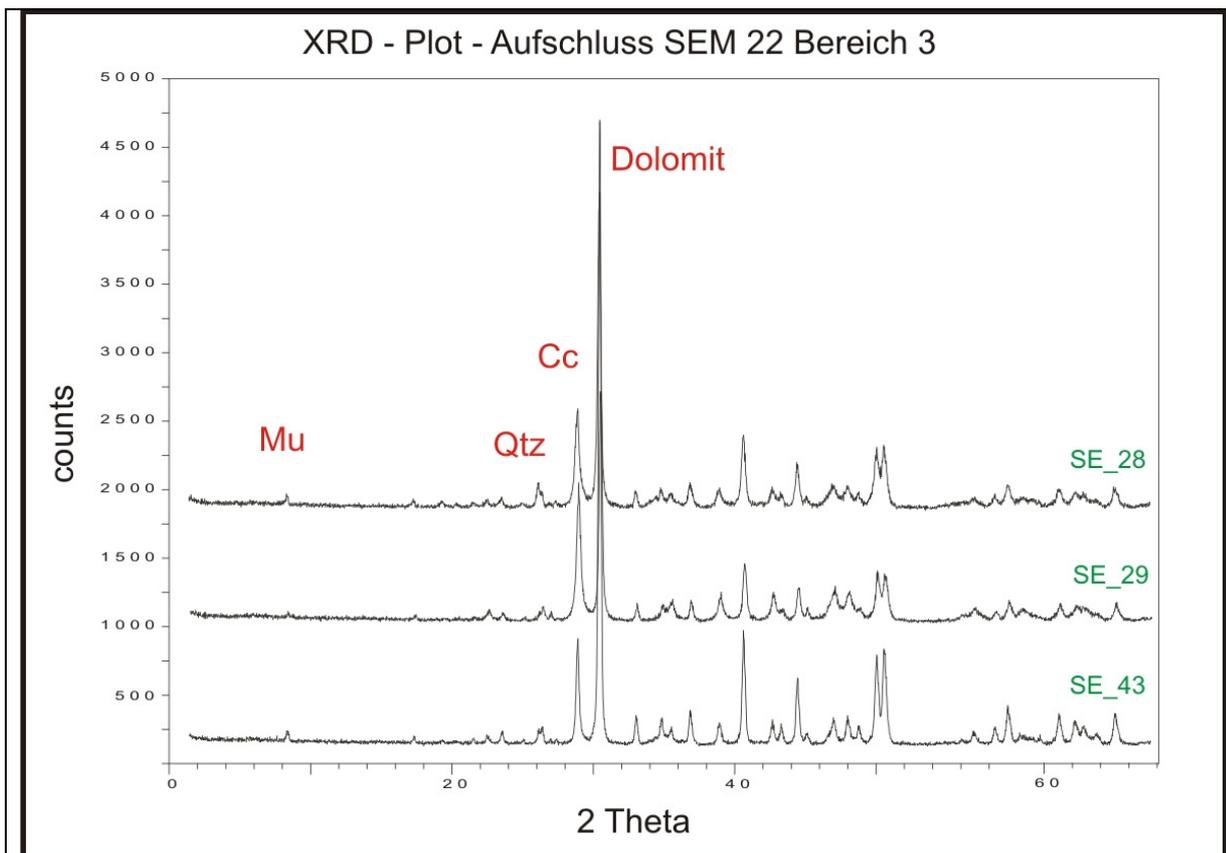


Diagramm 6-4: Dieses Diagramm zeigt die Ergebnisse der Röntgendiffraktometrie-messungen für die Proben SE 28, 29 und 43. Die Proben wurden strukturlos gemessen, d.h. es ist eine halbquantitative Aussage über die mineralogische Zusammensetzung möglich. Es ist meist doppelt so viel Dolomit wie Kalzit (Cc) in den Proben vorhanden, detritärer (?) Quarz (Qtz) konnte nachgewiesen werden, außerdem sind Spuren von Muskovit (Mu) in allen Proben enthalten. Gips und/oder Anhydrit konnten nicht nachgewiesen werden.

6.2.3.4. Bereich 4

Dieser Bereich ist im Gegensatz zu den anderen meterbreiten Bereichen nur ca. 10 cm mächtig. Jedoch wurde diese schmale Zone, die eine Art „Pseudofoliation“ in Richtung ENE – WSW zeigt, als Hauptstörungskern betrachtet. Dies erscheint, aufgrund der sprödetektonischen Untersuchungen (siehe Kapitel 6.1), der Lagerungsverhältnisse und der Isotropie der umliegenden Brekzien zweckmäßig.

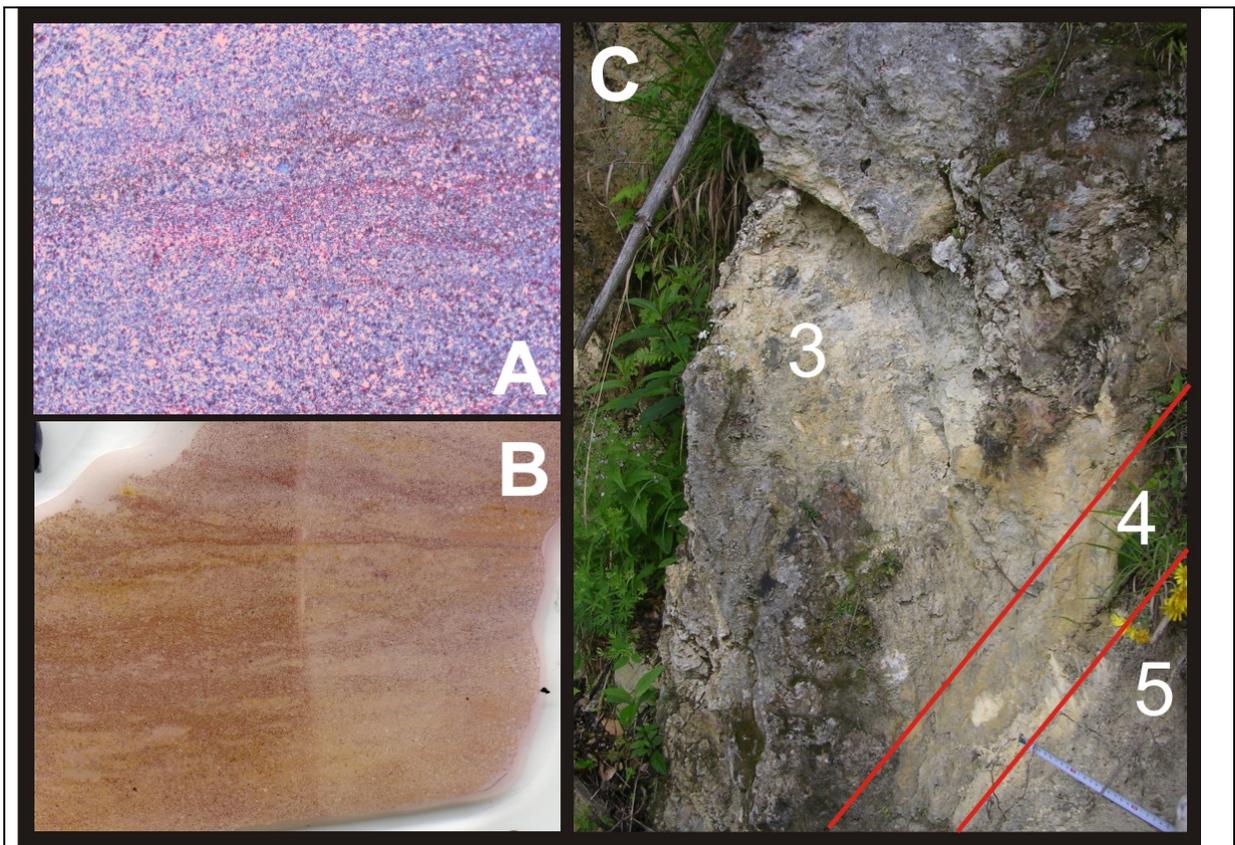


Abbildung 6-15: Diese Abbildungen zeigen einen gefärbten Dünnschliff der Probe SE 26 (Bildbreite: A - 5 cm; B - 10,5 mm; C – 2 m). Es handelt sich um einen ca. 10 cm mächtigen bedingt kohäsiven, dolomitisch-kalzitischen Feinsand (C, Bereich 4), dessen Korngröße bis ins tonige reicht. Der Dünnschliff ist normal auf die Pseudofoliation orientiert. Diese (in den Abbildungen subhorizontal) ist in beiden Abbildungen mit Abständen von ca. 5 mm erkennbar. Auffällig ist die Gleichkörnigkeit des Gesteins sowie die „Pseudo-Flaserbildung“ der dolomitischen Bereiche (A), die jedoch in B nicht mehr sichtbar ist und zumindest nicht aufgrund von Korngrößenunterschieden zustande gekommen ist.

Das Gestein dieser Zone wird als „fault gouge“ interpretiert. Es handelt sich um einen bedingt kohäsiven, dolomitisch-kalzitischen, gelb-ockrigen Feinsand, dessen Korngröße allerdings bis ins tonige reicht. Eine „Pseudofoliation“ mit Abständen von ca. 5 mm ist im Handstück sowie im Dünnschliff erkennbar. Spuren von Quarz konnten mittels Röntgendiffraktometrie nachgewiesen werden.

Aufgrund der bedingten Kohäsion und der geringen Mächtigkeit konnte kein Zerlegungsgrad bestimmt werden, außerdem ist dieser Bereich für geotechnische Versuche (Schmidt-Hammer, Punktlastversuch) nicht geeignet.

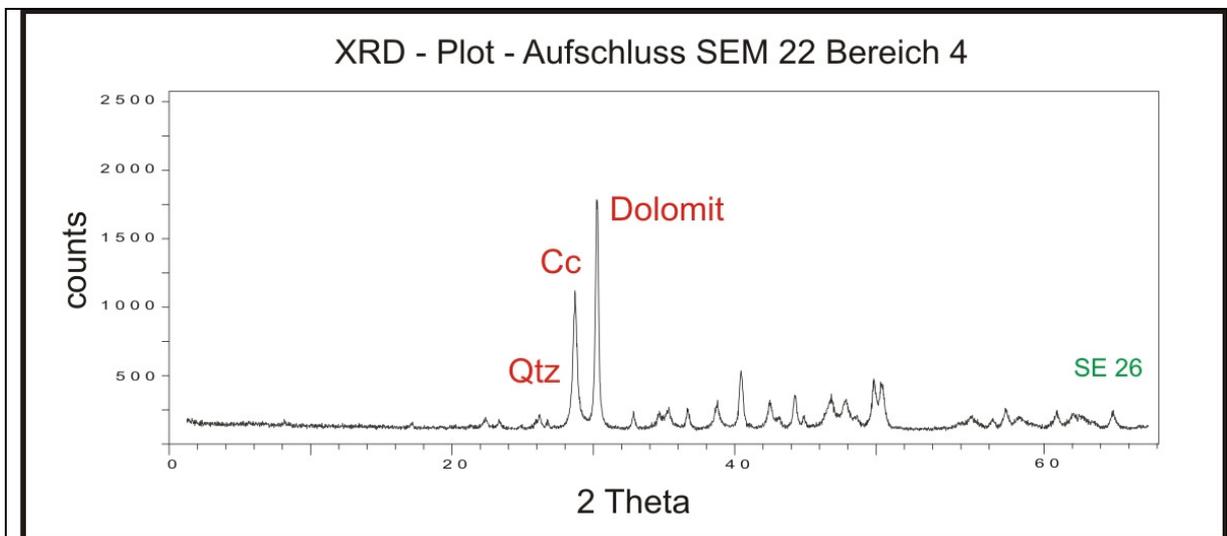


Diagramm 6-5: Dieses Diagramm zeigt das Ergebnis der Röntgendiffraktometriemessung für die Probe SE 26. Die Proben wurden strukturlos gemessen, d.h. es ist eine halbquantitative Aussage über die mineralogische Zusammensetzung möglich. Es ist mehr Dolomit als Kalzit (Cc) in den Proben vorhanden, detritärer (?) Quarz (Qtz) konnte nachgewiesen werden. Gips und/oder Anhydrit konnten nicht nachgewiesen werden.

6.2.3.5. Bereich 5

Dieser ca. 3 m breite Bereich ist durch eine bedingt kohäsive, gelb-ockerig bis graue, matrixgestützte Dolomitbrekzie mit „Trennflächen“ parallel zur „Pseudofoliation“ gekennzeichnet. An diesen mehr oder weniger scharfen Grenzen sind Farbwechsel von gelb auf grau und umgekehrt zu beobachten. Zwei Steine (Durchmesser ca. 10 cm) wurden in der kalzitischen Matrix gefunden, die Komponenten sind generell eckig und meist nicht größer als ein Zentimeter. Aufgrund der bedingten Kohäsion konnte kein Zerlegungsgrad bestimmt werden, außerdem ist dieser Bereich für geotechnische Versuche (Schmidt-Hammer, PLT, Rohdichte) nicht geeignet.

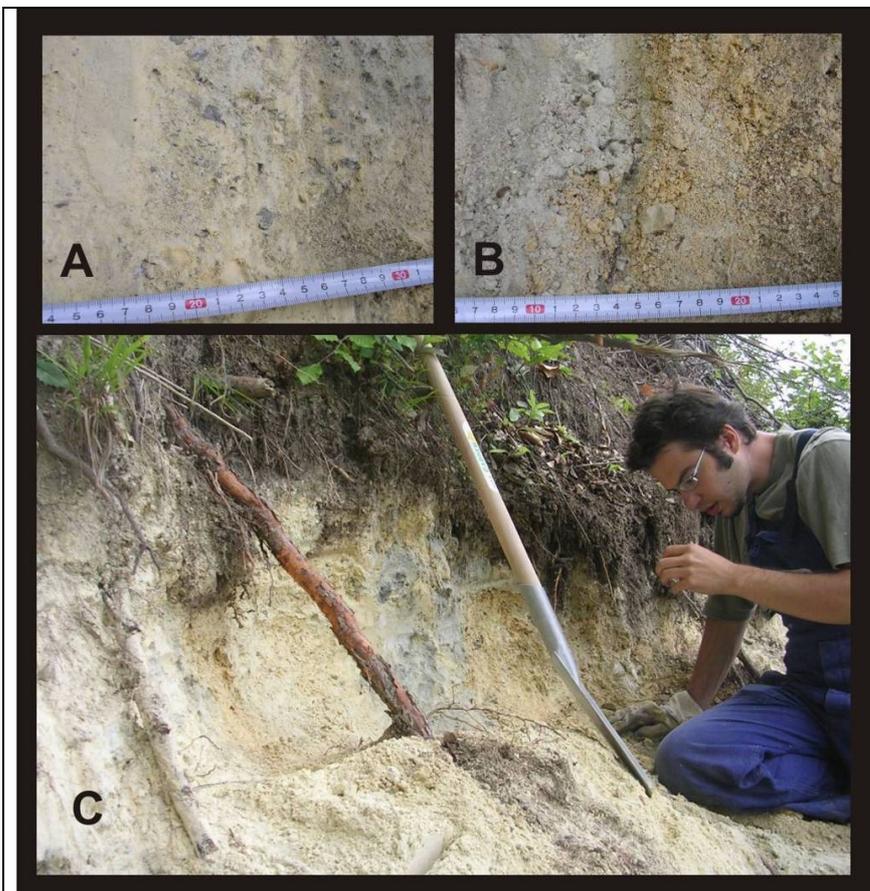
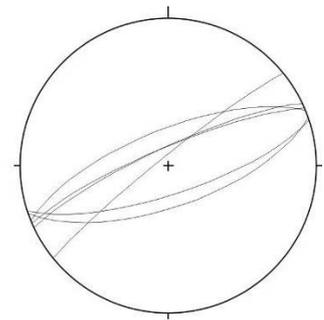


Abbildung 6-16: Diese Abbildungen zeigen den ca. 3 m breiten bedingt kohäsiven Bereich 5. Diese matrixgestützte „Brekzie“ ist - nach dem Abtragen der ersten 20 cm - teilweise kohäsiv, jedoch meist in einem Zwischenstadium zwischen Kohäsion und Verwitterung zu kohäsionslosem Material erhalten. In den Abbildungen B und C sind Farbwechsel - von ocker in grau und umgekehrt - mit meist scharfen Grenzen sichtbar. Diese Farbwechsel sind an „Trennflächen“ angelegt, die in etwa die Hauptstörungsrichtung (ENE-WSW) anzeigen, angelegt.

6.2.3.6. Bereich 6

Dieser ca. zwei Meter breite Bereich besteht aus einer hellgrauen, isotropen Dilatation breccia ("Zellenkalk"), dessen eckige Komponenten einen Durchmesser bis zu 2 cm haben. Die kalzitischen Komponenten befinden meist im ursprünglichen Verband, das heißt das Fitting der Komponenten ist generell gut. Dieser Bereich ist generell massig ausgebildet, Klüfte sind kaum vorhanden.

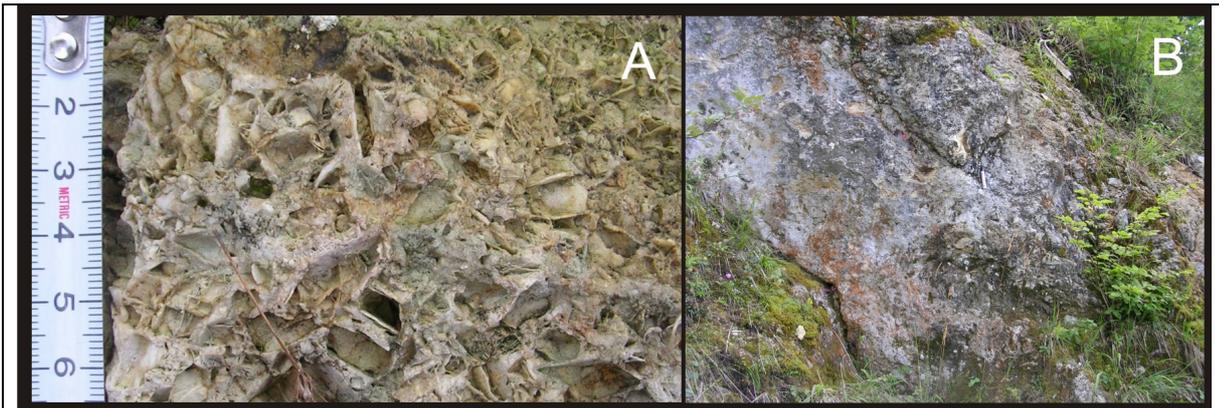
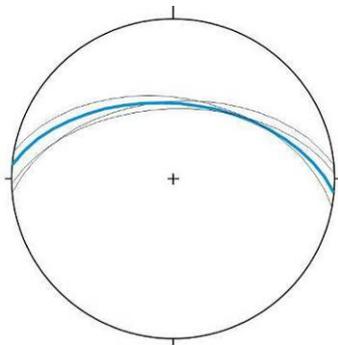


Abbildung 6-17: Diese zwei Abbildungen zeigen den Bereich sechs (Bildbreite von B ca. 3 m). Sie zeigen die kalzitische Dilatation breccia, die meist eckige (manche sind angerundet) Komponenten von maximal 2 cm Korngröße enthält, die an manchen Stellen herausgewittert sind. Die Kalzitadern zeigen keine bevorzugte Orientierung und sind generell ca. 1 mm dick.



— Sedimentäre Schichtung
— Klüfte

Aufschlussnummer	SEM 22
Bereich	6
Zerlegungsgrad nach Prinz und Strauß (2006)	stark zerlegt (2 Stk)

6.2.3.7. Bereich 7

Der siebente Bereich ist durch das Auftreten einer Dilatation breccia, dessen Komponenten generell dolomitisch (in manchen Bereichen auch kalzitisch) ausgebildet sind, charakterisiert. Die Komponenten sind generell eckig ausgebildet, befinden sich generell noch im ursprünglichen Gefüge und sind bis maximal zwei Zentimeter groß. Auffällig ist, dass nur die dolomitischen Komponenten statistisch verteilt sind, sondern generell dolomitische Komponenten auftreten, jedoch in

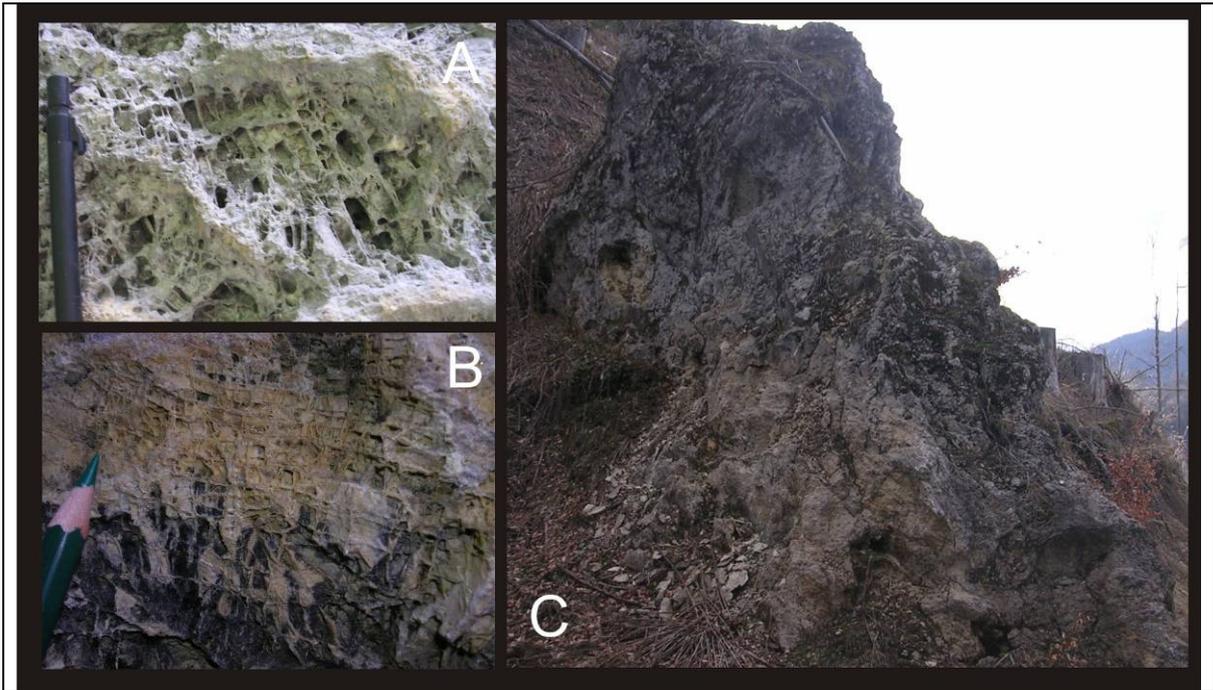
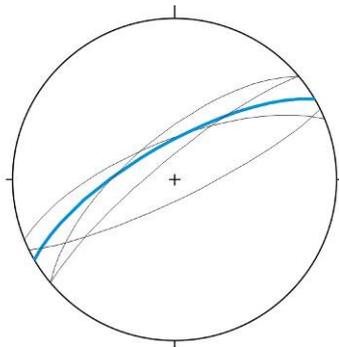


Abbildung 6-18: Diese drei Abbildungen zeigen die Dilatation breccia aus dem Bereich 7 (Bildbreite von C: ca. 4 m). Die kalzitischen sowie dolomitischen Komponenten sind generell eckig ausgebildet, befinden sich noch im ursprünglichen Gefüge und sind bis maximal zwei Zentimeter groß. Auffällig ist, dass die Komponenten nicht statistisch verteilt sind, wie in den anderen Bereichen beobachtet werden konnte, sondern generell dolomitische Komponenten auftreten (A), jedoch in manchen oft nur ein paar Quadratzentimeter umfassenden Bereichen (B) kalzitische Komponenten (ocker) auftreten, die von dolomitischen (dunkelgrau) Bereichen umgeben werden. In den Abbildungen ist ersichtlich, dass hauptsächlich dolomitische Komponenten herauswittern (A), die kalzitischen Komponenten jedoch meist erhalten sind (B). Die Kalzitscheidewände zeigen keinerlei bevorzugte Orientierung und sind meist nur bis zu einem mm dick. In Ausnahmefällen sind diese jedoch bis zu 3 mm dick.

manchen oft nur ein paar Quadratzentimeter umfassenden Bereichen kalzitische Komponenten (ocker) auftreten, die von dolomitischen (dunkelgrau) Bereichen umgeben werden. Hauptsächlich sind die dolomitischen Komponenten herausgewittert, die kalzitischen Komponenten sind jedoch meist erhalten. Die Kalzitscheidewände zeigen keinerlei bevorzugte Orientierung und sind meist nur bis zu einem mm dick. In Ausnahmefällen sind diese jedoch bis zu 3 mm dick. Besonders hervorzuheben ist der Anteil an Quarz, der bei der Röntgendiffraktometrie nachgewiesen werden konnte und in einer Dilatation breccia

nicht erwartet wurde. In diesem Bereich sind einige Harnischflächen zu beobachten, jedoch ist der Bereich massig ausgebildet und zeigt kaum Klüfte.



— Sedimentäre Schichtung
— Klüfte

Aufschlussnummer	SEM 22
Bereich	7
Zerlegungsgrad nach Prinz und Strauß (2006)	stark zerlegt (3 Stk)

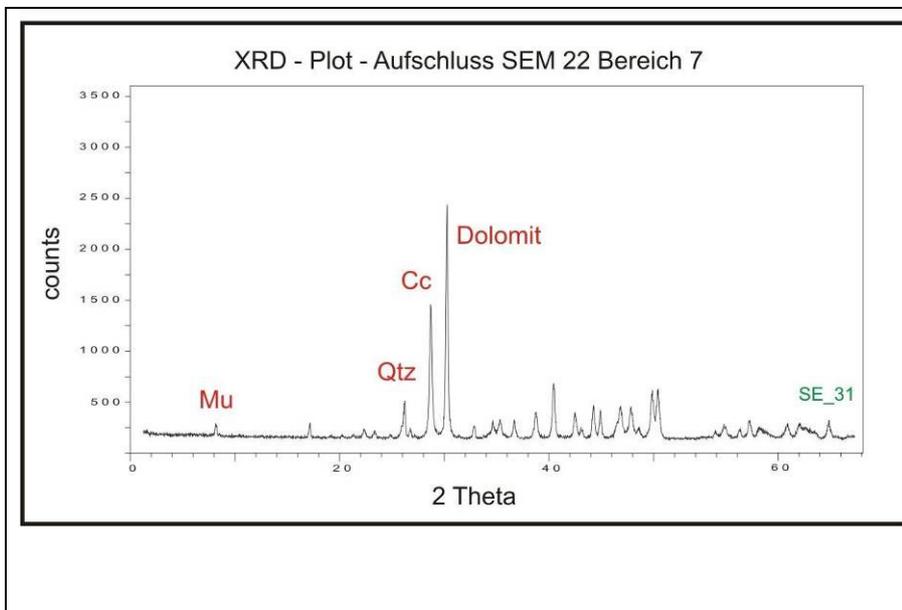
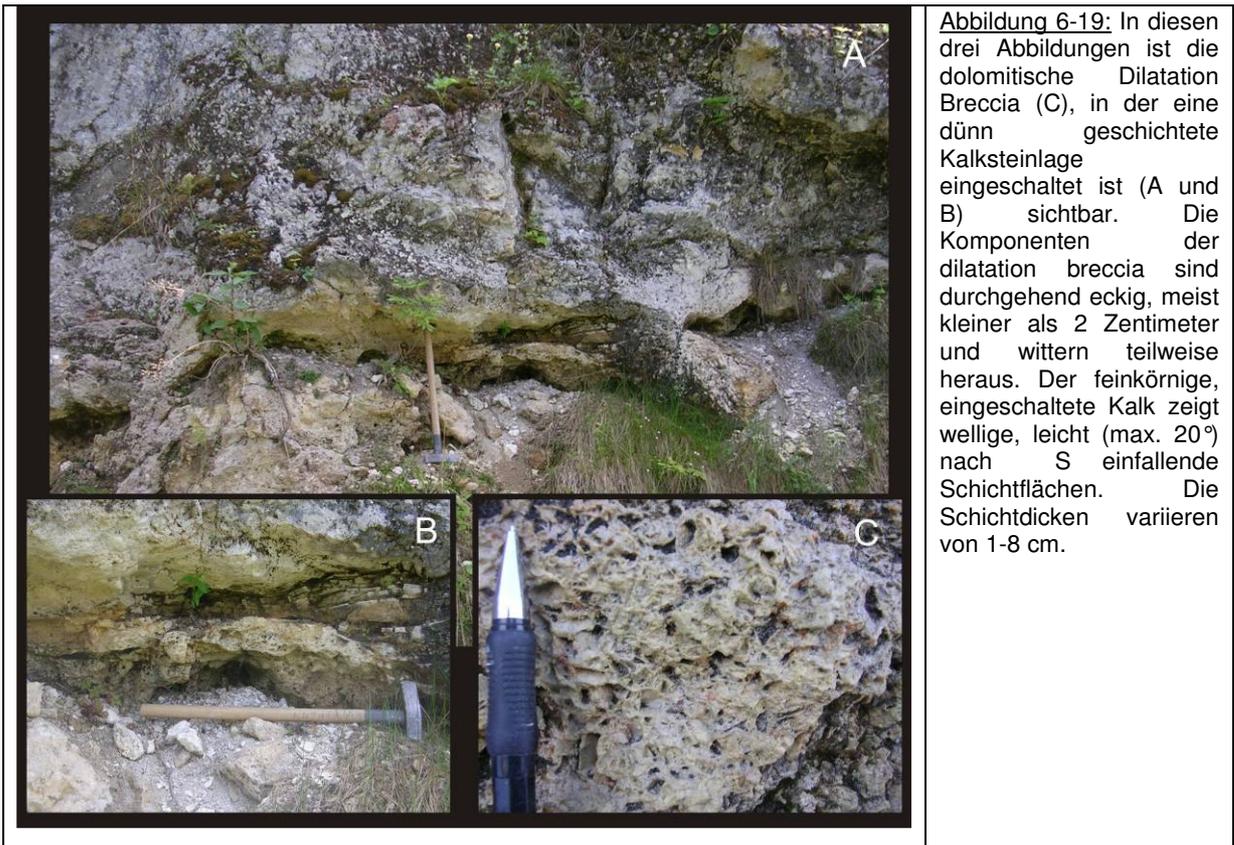


Diagramm 6-6: Dieses Diagramm zeigt das Ergebnis der Röntgendiffraktometrie-messung für die Probe SE 31. Die Probe wurden strukturlos gemessen, d.h. es ist eine halbquantitative Aussage über die mineralogische Zusammensetzung möglich. Es ist mehr Dolomit als Kalzit (Cc) in den Proben vorhanden, detritärer (?) Quarz (Qtz) ist ebenso vorhanden, außerdem konnten Spuren von Muskovit (Mu) nachgewiesen werden. Gips und/oder Anhydrit sind in der Probe nicht enthalten.

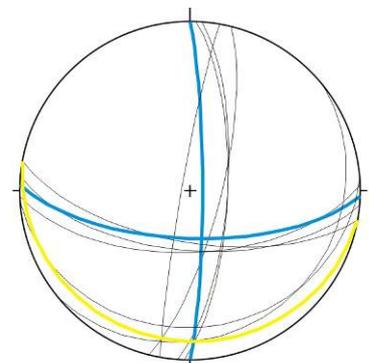
6.2.3.8. Bereich 8

Im letzten (nordwestlichsten) - ca. 6 m breiten - Bereich des Störungskerns ist eine dolomitische Dilatation breccia aufgeschlossen, in der eine dünn geschichtete Kalksteinlage eingeschaltet ist. Die Komponenten der Dilatation Breccia sind meist eckig, kleiner als zwei Zentimeter und sind oft der Verwitterung zum Opfer gefallen. Die feinen Kalzitadern, die die dolomitischen Komponenten umgeben, sind statistisch verteilt.



Der feinkörnige, eingeschaltete Kalk zeigt wellige, leicht (max. 20°) nach S einfallende Schichtflächen. Die Schichtdicken variieren von 1-8 cm. Der Bereich ist massig ausgebildet und kaum geklüftet.

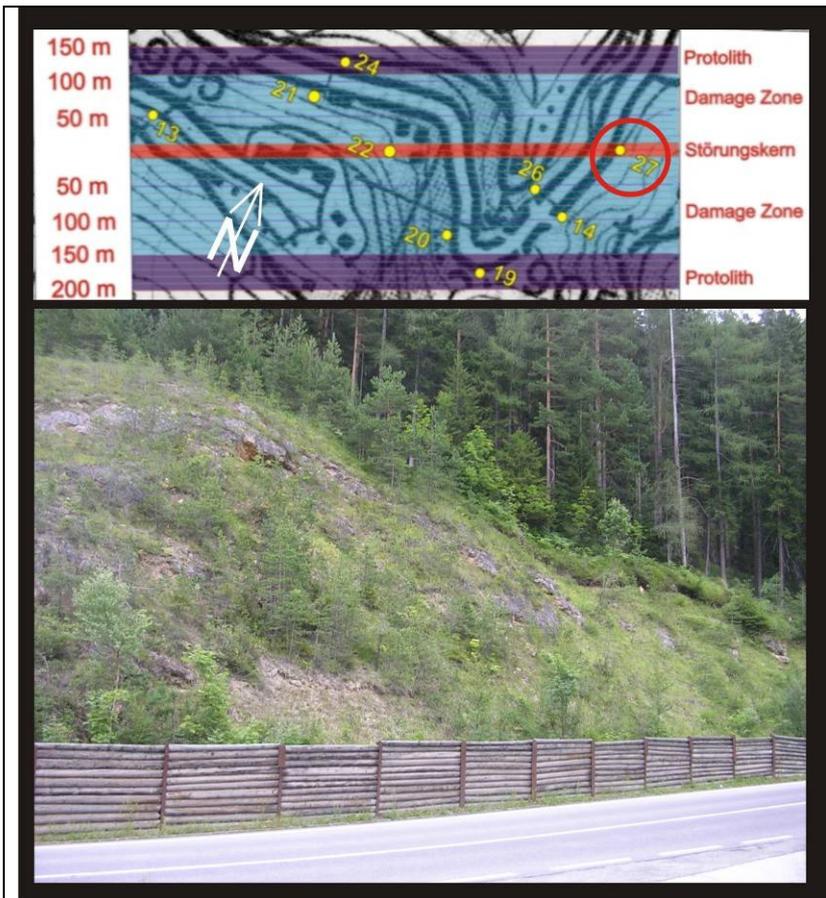
Aufschlussnummer	SEM 22
Bereich	8
Zerlegungsgrad nach Prinz und Strauß (2006)	stark zerlegt (4 Stk)



— Sedimentäre Schichtung
— Klüfte

6.2.4. Verfolgbarkeit der Kernstörungsgesteine

Die Störungsgesteine konnten etwa 300 m E des Störungskerns (SEM 22) im Streichen der Störungszone neben der Bundesstraße verfolgt werden. Ein Problem bei diesem Aufschluss stellen die flächendeckend montierten Maschendrahtnetze dar, die nur eine handstückgroße Probenahme zuließen und eine genaue



Untersuchung des Aufschlusses (Petrographie und Gefüge) nicht möglich war. Aufgrund der gesammelten Handstücke dieses Aufschlusses wird das aufgeschlossene Gestein als eine kohäsive, gelb-ockrige und komponentengestützte Brekzie definiert, deren Matrix kalzitisch ausgebildet ist.

Abbildung 6-20: Diese Abbildung zeigt den von einem Maschendrahtzaun geschützten Aufschluss SEM 27 (Blick E). Diese Abdeckung ermöglicht leider keine größere Probennahme, jedoch wird angenommen, dass es sich bei der komponentengestützten Brekzie um die gleichen Störungsgesteine wie im Aufschluss SEM 22 handelt.

6.2.5. Kathodolumineszenz

Mehrere Schliffe wurden für die Kathodolumineszenz ausgewählt, jedoch leuchteten die Schliffe nur sehr schwach und es war daher sehr schwierig überhaupt etwas zu

erkennen. Ein weiteres Problem stellte die aus technischen Gründen nicht mögliche fotografische Aufnahme dieser Schlitze dar.

Für die vom Verfasser bearbeiteten Gesteine hat die Kathodolumineszenz zu keinem Ergebnis geführt.

6.3. Geotechnische Charakterisierung der Störungsgesteine

Die Charakterisierung der Störungsgesteine der Palace-Hotel-Störung beruht auf dem Prinzip, diese vielfältigen Gesteine in mehr oder weniger homogene Bereiche einzuteilen, um ein zusammenhängendes Profil normal auf die Störungszone zu erstellen. In diesem Profil (Abbildung 6-21:) sind alle erhobenen Parameter (Rohdichte, Porosität, Schmidt-Hammer Rückprallwert, Punktlastindex sowie Ultraschallgeschwindigkeit) dargestellt.

6.3.1. Gesteinsfestigkeiten

Die Rückprallwerte des Schmidt-Hammers stellen arithmetische Mittelwerte von einzelnen Messprofilen dar. Ein Messprofil besteht aus 10 Punkten, die im Abstand von ca. 10 cm am anstehenden Gebirge gewählt wurden. Für jeden dieser Punkte wurde ein Rückprallwert aus 10 Einzelmessungen ermittelt. Daraus folgt, dass ein Rückprallwert einer Gesteinsart einem Mittelwert aus 100 Messungen entspricht. Dieser Mittelwert ist im Profil (siehe Abbildung 6-21:) eingetragen.

Im Störungskern wurden in den Bereichen 4 und 5 keine Messungen durchgeführt, da diese Bereiche nur „bedingt kohäsiv“ (Bereich 5) bzw. teilweise sogar kohäsionslos (Bereich 4) ausgebildet sind. Die höchsten Rückprallwerte (45) bilden die Dolomit-Protolithen der Störungszone. Die Festigkeit der Gesteine nimmt in beiden Damage Zonen um ca. 10 % ab, im Störungskern nimmt die Festigkeit im Vergleich zu den Protolithen um bis zu 30 % (Bereich 3 und 7) ab. Interessant ist die Tatsache, dass gesamt betrachtet die Kataklastite nur etwa 5 % höhere Werte zeigen wie die Dilatation breccias, obwohl das Gefüge doch recht unterschiedlich ausgeprägt ist.

In der Damage Zone wurde in der „zerrütteten Zone“ des Aufschlusses SEM 13 eine Messung durchgeführt, jedoch wird der geringe Rückprallwert auf das lose Gefüge des stark zerlegten Dolomits zurückgeführt („Steinschlag“ und hohles Geräusch während des Versuches).

Die Rückprallwerte des Schmidt-Hammers zeigen beim Messvorgang, egal ob der Messpunkt auf der Matrix oder einer Komponente liegt, keinerlei Veränderung.

Bei der Auswertung des Punktlastversuchs wurde auf eine Umrechnung der Bruchlast in die einaxiale Druckfestigkeit nach den Formeln der ISRM verzichtet. Dies geschah, da normgerechte Proben für Spaltzug- und einaxiale Druckversuche nur bedingt oder meist gar nicht herstellbar waren (Zerlegungsgrad der Gesteine, Herstellung mindestens 5 identischer Proben pro Gesteinsart, etc.). Die Bruchlast der einzelnen Proben eines Punktlastversuches wurde, aufgrund der linearen Korrelation der Gesteinsfestigkeit mit der Probenhöhe, mittels einer linearen Trendlinie (MS Excel) - auf den von der ISRM festgelegten Normdurchmesser (50 mm) - berechnet (siehe Anhang). Es wird im Speziellen darauf hingewiesen, dass die errechneten Punktlastindizes nur einen Anhaltspunkt für eine Umrechnung in die einaxiale Druckfestigkeit geben und nur relativ miteinander verglichen werden dürfen (empirischer Umrechnungsfaktor „c“ – errechnet aufgrund von einaxialen Druckversuchen - siehe Kapitel 5.5.2).

Eine entsprechend große, repräsentative Gesteinsprobe eines Bereiches wurde frisch und bei trockener Witterung aus dem Aufschluss gewonnen und in mindestens 10 „Prüfkörper“ zerkleinert (maximale geräteabhängige Probenhöhe: 54 mm). Jede Gesteinsart wurde bis auf den Bereich 8 im Störungskern zwei- bis dreimal beprobt um repräsentativere Ergebnisse zu erzielen.

In der Damage Zone (SEM 13, in der „zerrütteten Zone“) wurde keine Messung durchgeführt, da große rissfreie Einzelproben nicht gewonnen werden konnten. In den Bereichen 4 und 5 des Störungskerns konnten aufgrund der bedingten Kohäsion keine Messungen durchgeführt werden. Auffällig ist die um 50 % höhere Bruchlast des Dolomit-Protoliths (SEM 19) als die des Kalknebengesteins (SEM 24). Dies ist wahrscheinlich mit der internen Zerlegung des Kalkes zu erklären.

Die Damage Zonen sind unterschiedlich ausgeprägt und zeigen um 20 % (zerlegte Dolomite mit kalzitischen Kluffüllungen – SEM 20,14, 26) bzw. bis zu 70 % (völlige Auflösung des ursprünglichen Gefüges aufgrund starker Durchbewegung und

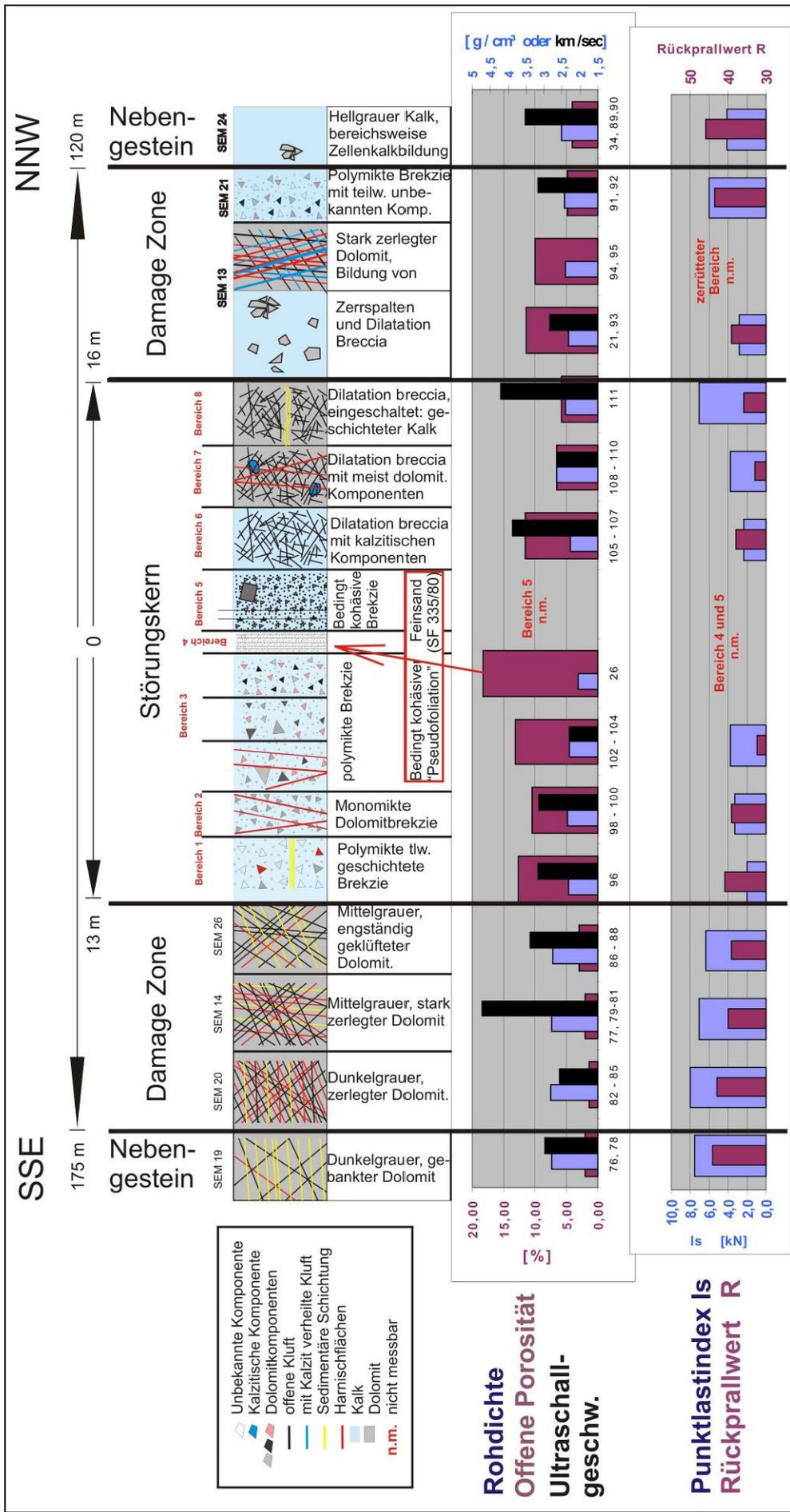


Abbildung 6-21: Die Charakterisierung der Störungsgesteine der Palace-Hotel-Störung beruht auf dem Prinzip, diese vielfältigen Gesteine in mehr oder weniger homogene Bereiche einzuteilen, um ein zusammenhängendes Profil normal auf die Störungszone zu erstellen. In diesem Profil sind alle erhobenen Parameter (Rohdichte, Porosität, Schmidt-Hammer Rückprallwert, Punktlastindex sowie Ultraschallgeschwindigkeit) dargestellt.

hohem Kalzitanteil – SEM 13) niedrigere Werte. Im Störungskern ist die Festigkeit in den Bereichen 1 und 6 bis zu 80 % niedriger als beim Dolomit-Protolith.

Aus den Versuchen ist abzulesen, dass die Dilatation breccias (mit Dolomitkomponenten) generell um etwa 20 % höhere Festigkeitswerte aufweisen als die komponentengestützten Kataklastite des Störungskerns aus den Bereichen 1 – 3.

6.3.2. Rohdichte- und Porositätsbestimmungen

Die Rohdichte- bzw. Porositätsbestimmungen wurden (bis auf drei Bereiche) allesamt an Proben, die direkt von den Punktlastversuchsproben stammten, ermittelt. Dadurch wurde die Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse erhöht. Die Rohdichte des Dolomit-Protolithes liegt erwartungsgemäß bei ca. 2,75 [g/cm³], das Kalknebengestein zeigt leicht erniedrigte Werte um 2,5 [g/cm³]. Generell nimmt die Rohdichte in Richtung Störungskern um bis zu 25 % auf 2,05 [g/cm³] ab, in gleicher Weise steigt jedoch die offene Porosität.

Die Protolithe besitzen eine – wie erwartet - niedrige Porosität (2 - 5 %), im Störungskern dagegen sind die Werte fast um das Zehnfache erhöht (18 %). Eben solche Rohdichte und Porositätswerte wie der Dolomit-Protolith zeigen die Gesteine der kataklastisch überprägten Dolomite in der SSE Damage Zone (SEM 20, 14, 26).

Mit fortschreitender Deformation der Protolithe, der einhergehenden Bildung von Dilatation breccias und anschließender Kataklastitbildung sinkt die Rohdichte und die Porosität nimmt zu (Anstieg des Matrixanteils, Auflösung des Korngefüges, Rundung sowie Größe der Komponenten).

Die Dilatation breccias zeigen ihren Varietäten entsprechend teils recht beträchtliche Abweichungen in den Rohdichte- und Porositätswerten.

Der Bereich 5 im Störungskern war aufgrund der bedingten Kohäsion nicht messbar.

6.3.3. Ultraschallgeschwindigkeitsmessungen

Die Ultraschallmessungen sind ebenfalls in Abbildung 6-21 dargestellt. Die Geschwindigkeiten der gemessenen Proben zeigen leider keinerlei Anhaltspunkte für Korrelationen mit der Festigkeit, Rohdichte oder offenen Porosität. Eine größere Anzahl von Messungen (es wurden je Bereich jeweils nur 2 Messungen durchgeführt), hätte unter Umständen eine gute Vergleichbarkeit mit den anderen geotechnischen Untersuchungsmethoden ergäben, da die Festigkeitsmittelwerte aussagekräftiger als Einzelmessungen sind.

Im Störungskern waren der Bereich 4 und 5 (kohäsionsbedingt), in der Damage Zone der Aufschluss SEM 13 (die „zerrüttete Zone“, aufgrund der kleinstückigen Zerlegung) nicht messbar.

7. Interpretation der Ergebnisse

Die petrographischen Untersuchungen haben gezeigt, daß Reste von sedimentären Brekzien in den Gesteinen der Störungszone vorhanden sind. Ebenfalls finden sich Phyllitschüppchen unbekannter Herkunft in den Kataklasiten. Dies belegt, aufgrund der umliegend aufgeschlossenen karbonatischen Gesteine eine tiefgreifende und/oder weit versetzte Störungszone. Außerdem konnte gezeigt werden, dass Störungsgesteine in karbonatischen Gesteinsabfolgen zu Rauhacken verwittern können. Jedoch konnte in den Störungsgesteinen mittels Mikroskopie und XRD (Nachweisgrenze > 5 %) kein Gips nachgewiesen werden.

Die Kataklastik der betroffenen Gesteine führt in einer ersten Phase zur Bildung von zerlegten Protolithen, die gegenüber dem Ausgangsgestein eine leicht verringerte Festigkeit aufweisen. Dichte und Porosität bleiben weitgehend unverändert. Weiterführende tektonische Beanspruchung führt zur Bildung von Dilatation Breccias, die je nach Ausgangsgestein und Gefüge eine erhöhte Porosität (um bis das dreifache) und erniedrigte Dichte aufweisen. Die Festigkeits-, Rohdichte- und Porositätswerte variieren innerhalb dieses Gesteinstyps. Bei fortschreitender Durchbewegung bilden sich Kataklastite, die durch noch höhere Porosität und geringere Festigkeit sowie geringere Rohdichte in Bezug auf die Dilatation Breccias auffallen. Jedoch ist auch bei den Kataklastiten eine große Streuung der Festigkeitswerte zu beobachten. In welchem Verhältnis die Lösung der Komponenten oder das aufgelockerte bis stark durchbewegte Korngefüge für die erhöhte Porosität verantwortlich sind, kann nicht abgeschätzt werden.

Kataklastik sowie selektive Verwitterung der Komponenten dieser Störungsgesteine führt zur Rauhackenbildung (siehe Abbildung 7-1, A, B und D).

Die Lösung der Dolomitkomponenten konnte in mehreren Stadien beobachtet werden: beginnende bis vollständige Lösung. Interessant scheint, dass die Lösung der Komponenten in der Störungszone randlich und/oder von der Mitte ausgehend von statten geht (siehe Abbildung 7-2, C und D). Über die Art der in manchen Proben vollständig gelösten Komponenten kann nur spekuliert werden (siehe Abbildung 7-2, A und B).

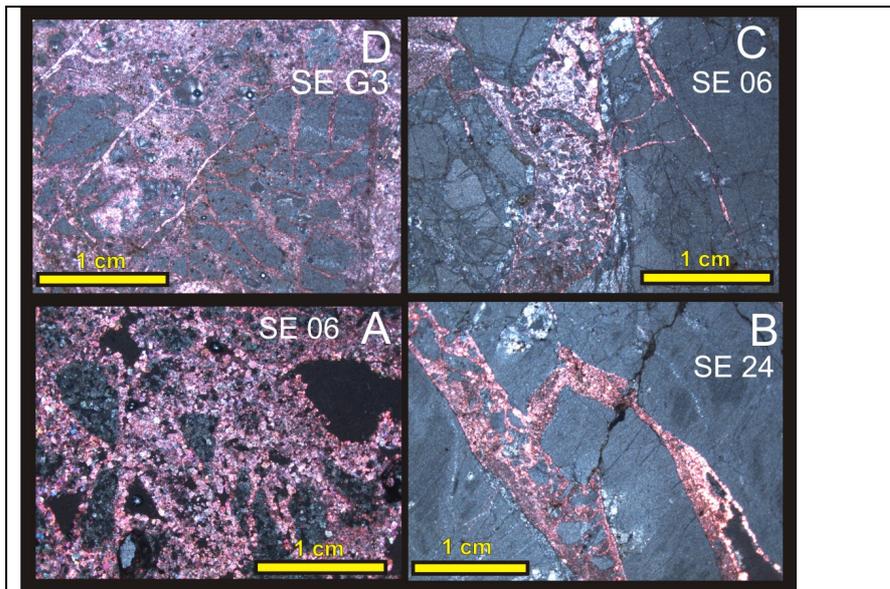


Abbildung 7-1: Diese Abbildungen zeigen gefärbte Dünnschliffaufnahmen von unterschiedlichen Proben aus der Damage Zone (Aufschlüsse SEM 13 (Probe SE G3), SEM 20 (Probe SE 24), SEM 14 (SE 06)). In Abbildung D ist ersichtlich, dass Dolomitkomponenten von kalzitischem Fluid gesprengt wurden („Jigsaw Puzzle“). In Abbildung C ist zweiphasige Kataklaste erkennbar (Dolomitekataklastit, der von kalzitischem Fluid gesprengt wurde). In der Abbildung A ist die Lösung von Dolomitkomponenten, die in einer grob rekristallisierten Matrix „schwimmen“, deutlich erkennbar. Die Lösung scheint selektiv an den Komponenten anzusetzen (siehe auch Abbildung B).

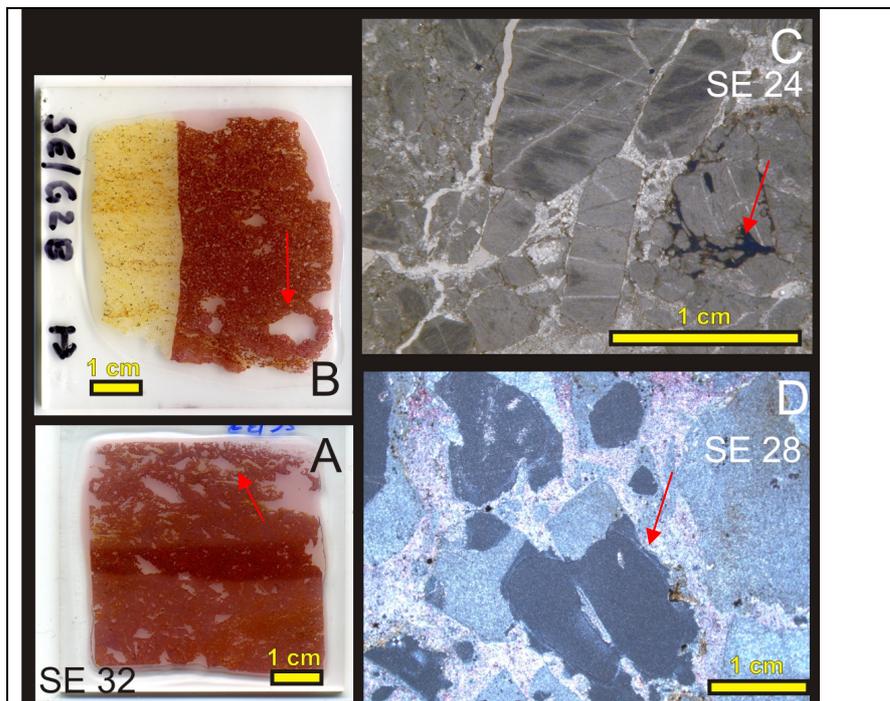


Abbildung 7-2: Diese Abbildungen zeigen unterschiedliche Lösungsstadien von dolomitischen Komponenten aus verschiedenen Aufschlüssen rund um den Semmeringpass. In den Abbildungen A (Damage Zone, SEM 21) und B (Steinhaus am Semmering, SEM 01) sind außer der kalzitischen Matrix in diesen gefärbten Dünnschliffen nur mehr die Hohlräume der ursprüngliche enthaltenen (?) Dolomitkomponenten zu sehen. In der Abbildung C (Damage Zone, SEM 20) ist beginnende Lösung der Dolomitkomponenten zu beobachten, in D (Störungskern, SEM 22) ist partielle sowie vollständige Auflösung zu erkennen.

7.1. Unterscheidungsmöglichkeiten von sedimentären und tektonischen Brekzien am Semmering

Ausgehend von den bisherigen Untersuchungen werden die im Myrtengraben als stratiformer Rauhwackenhorizont auskartierten Gesteinsabfolgen als Störungsgesteine interpretiert (die Störungsgesteine der Palace-Hotel-Störung sind in allen gültigen geologischen Karten GÖK50, Bl. 105 und GÖK200, NÖ Süd als „Rauhwacke“ eingezeichnet). Diese durchschneiden die umliegenden Sedimentabfolgen.

Folgende Unterscheidungskriterien gelten für den Semmering:

Störungsgebundenheit: Tektonische Daten und das Auftreten von meterdicken Dilatation Breccias und Kataklasiten sprechen für tektonische Brekzien.

Die Lagerungsverhältnisse (stratiform oder durchschlagend) sind entscheidend für die Beurteilung.

Die Rundung der Komponenten ist leider nicht sehr aussagekräftig – jedoch besitzen die Kataklasite der Palace-Hotel-Störung hauptsächlich eckige Komponenten.

Gips kommt am Semmering als Unterscheidungskriterium möglicherweise in Frage, es wurden jedoch nicht von allen Rauhwackenvorkommen XRD-Analysen durchgeführt. Mittels Mikroskopie konnte in den Proben des Myrtengrabens und in jenen aus Steinhaus a.S. kein Gips nachgewiesen werden.

Nachfolgend werden „Rauhwackenvorkommen“ rund um den Semmeringpaß zu Vergleichszwecken angeführt.

7.1.1. Steinhaus am Semmering

Laut stratigraphischer Tabelle finden sich zwei Rauhwackenhorizonte in den permotriadischen Karbonatabfolgen im Unterostalpin des Semmeringgebietes. Aufgrund der schon in früheren Kapiteln erwähnten und diskutierten starken tektonischen Überprägung, scheint die Lagerung - meist flach einfallende Kalke und

Dolomite – im ursprünglichen stratigraphischen Verband nicht mehr gegeben zu sein. Lithologische Grenzen (innerhalb eines Aufschlusses) waren im Myrtengraben nirgends zu finden. Dagegen ist der Fröschnitzbachgraben aus stratigraphischer Sicht „sehr gut“ aufgeschlossen. Laut geologischer Karte (und mündlicher Mitteilung Rockenschaub, M.) liegt in diesem Graben ein vollständiges aufrechtes Profil (N fallend) der Trias vor. Bei Begehung dieses Profils wurde festgestellt, dass zwei Rauhwackenhorizonte (ein schmaler etwa 10 m mächtiger Streifen (SEM 38) und ein mächtigerer Horizont (mindestens 100 m)) in diesem Profil auftreten.

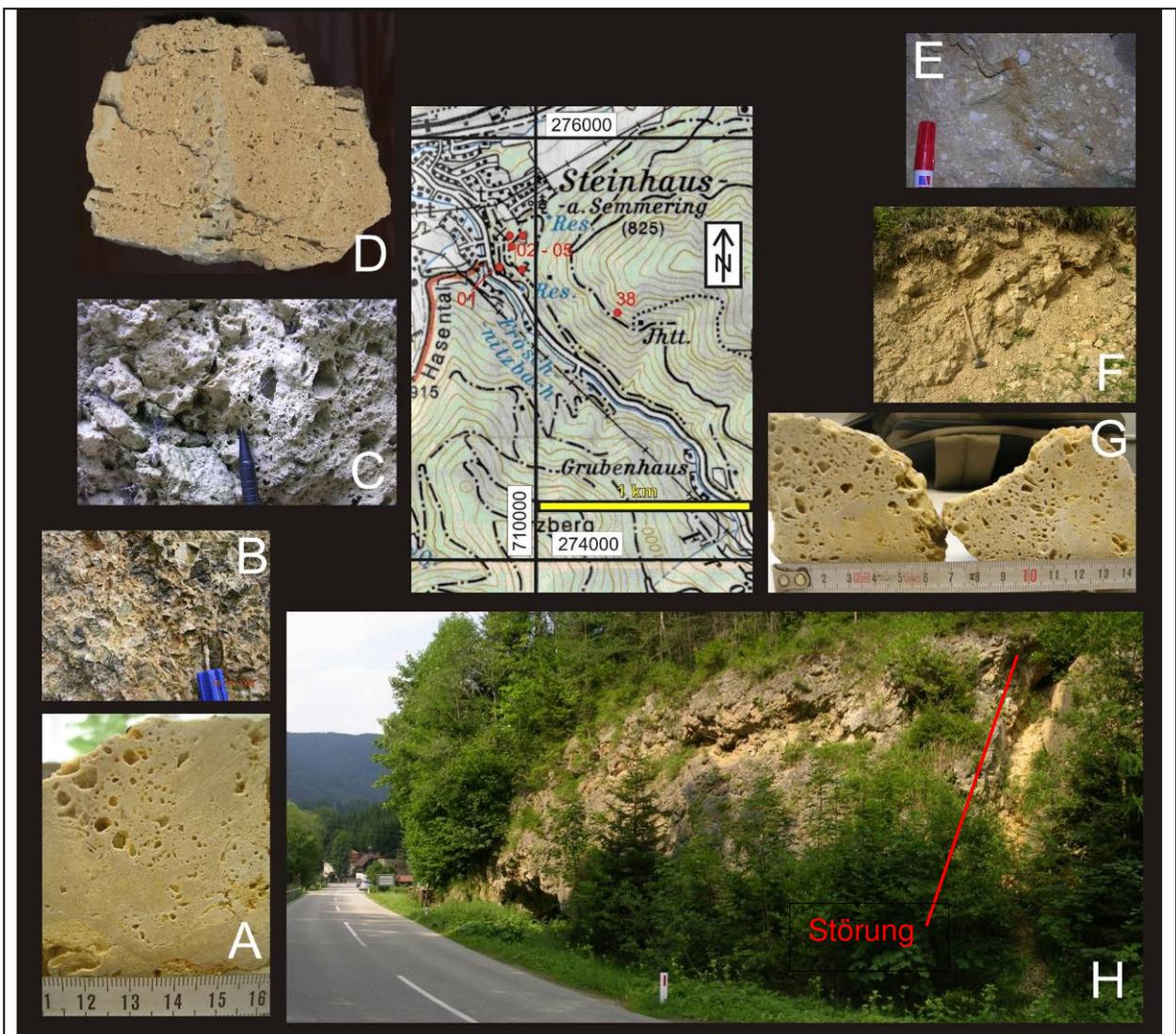


Abbildung 7-3: Diese Abbildungen zeigen Aufschluss- (F, H), Proben- (A, C, D, G) und Detailfotos (B, C, E) **südlich von Steinhaus am Semmering** (ÖK 104, Koordinaten BMN). In Abbildung H (SEM 01) ist ein Aufschluss einer tectonisch gestörten, (?) sedimentären Rauhwacke zu sehen (bis 50 cm fault gouge). Die Abbildungen B, C und D zeigen tectonisch überprägte Rauhwacken (B – Höhe ca. 5 cm; D - Handstückbreite ca. 10 cm; C – Breite ca. 10 cm). Die Fotos A, E und G entstammen dem Aufschluss SEM 02 (direkt beim Bergbaumundloch über dem Hochofen – Zustieg über Johannespromenade ca. 100 m S). Weiter im Süden (F, SEM 38) ist eine „geschichtete (?)“ Rauhwacke im Gesteinsverband einem schmalen Band aufgeschlossen. Praktisch allen Fotos ist zu entnehmen, dass die „Löcher“ (unbekannte Komponenten) inhomogen verteilt sind. Meist sind die Komponenten dieser Rauhwacken gerundet oder zumindest angerundet. Die Verwitterung setzt diesen Gesteinen sehr stark zu – teilweise „grusige“ Ausbildung.

Allerdings wurden etwas weiter östlich bei einem Aufschluss (Forststrasse vom Schilift „Blauer Blitz“ ca. 200 m Richtung W) N bis NE – gerichtete, liegende Isoklinalfalten gefunden. Aufgrund dieser Tatsache war im Fröschnitzbachgraben auch mit isoklinaler Verfaltung zu rechnen, die den Autor daran zweifeln lässt, ob es sich tatsächlich um ein durchgehendes Profil handelt. Diese Rauhackenhorizonte besitzen eine nach N einfallende Schichtung (schmaler Streifen) oder sind massig ausgebildet (SEM 01-05). Der massige Horizont wurde außerdem von einer spröden NW-SE streichenden Störung durchtrennt. Die Ausbildung dieser Horizonte ist vielfältig und am besten der Abbildung 7-3 zu entnehmen.

7.1.2. Pinkenkogel

Am Pinkenkogel (siehe Abbildung 7-5, Abbildung 7-4; vom Pinkenkogelschutzhaus die Forststr. Richtung W) ist ein Rauhackenhorizont „im (?) stratigraphischen Verband“ mit einem ca. 15 m mächtigen, dünn geschieferten Kalk und einem 1 Meter mächtigen, dünnplattigen Dolomit aufgeschlossen. Liegende, nach N bis NE einfallende Isoklinalfalten konnten im Kalk gefunden werden. Der Rauhackenhorizont scheint eine in Richtung NE einfallende Schichtung (?) zu besitzen. Die ockerfarbenen oder „weißen“ dolomitischen Komponenten sind bis zu faustgroß, und wittern vom Komponenten Kern Richtung Rand heraus (Abbildung 7-4, E). Auch „Dilatation Breccias“ (Abbildung 7-4, D und G) konnten stellenweise gefunden werden (aber nur in kleinen, dezimetergroßen Bereichen). Dieser Rauhackenhorizont konnte etwa 100 m (in Mächtigkeit) talabwärts verfolgt werden.

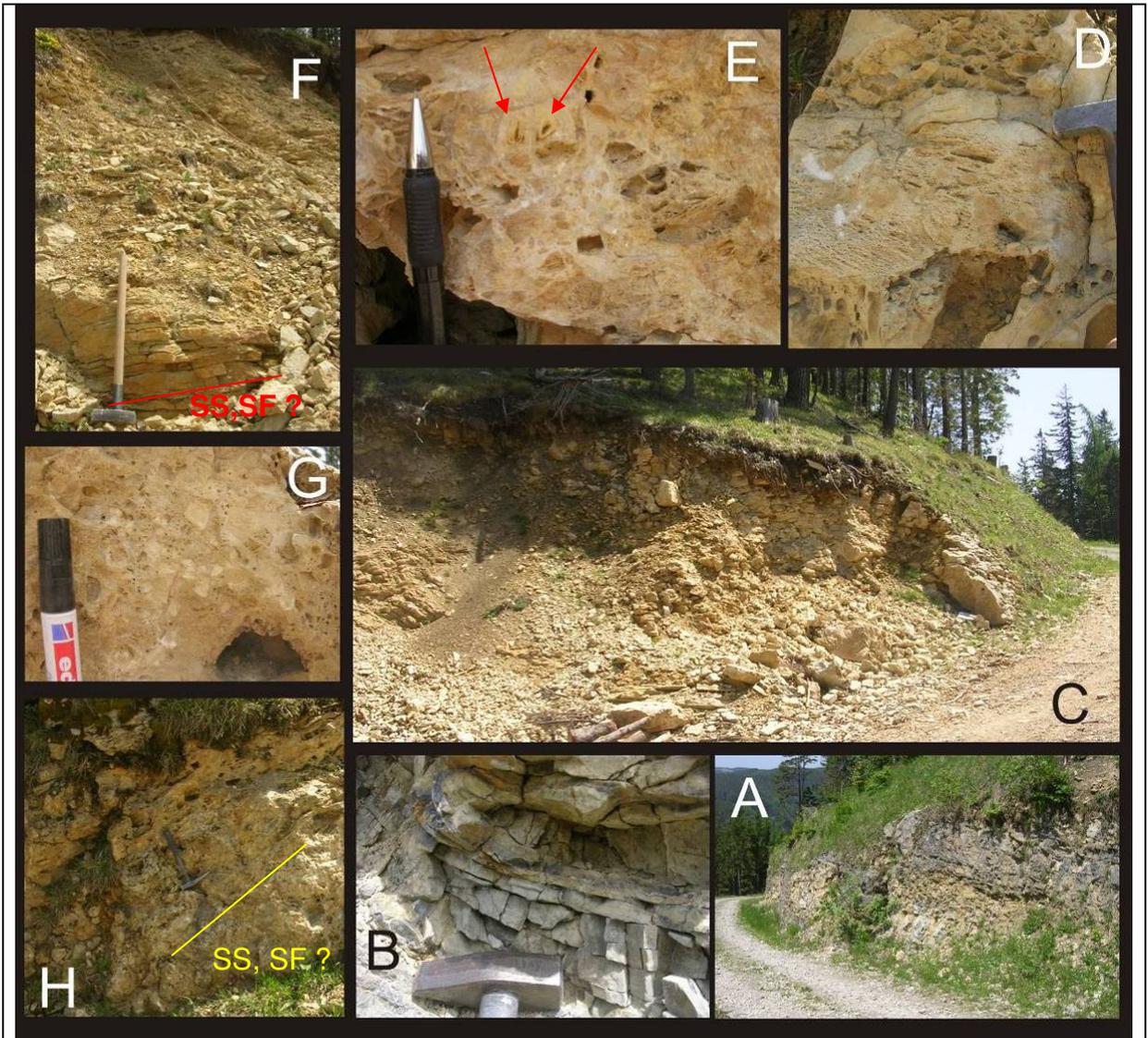


Abbildung 7-4: Diese Abbildungen zeigen den etwa 100 m mächtigen Rauhackenhorizont (C-H) sowie die dünngeschichteten, isoklinalverfalteten (B) Kalk- und Dolomitnebengesteine (A) am **Pinkenkogel** (siehe [Abbildung 7-5](#)). Die hellgrauen Dolomitkomponenten (E, G) wittern teilweise heraus, in E ist sehr schön zu sehen, dass die Lösung von innen nach außen vor sich geht. Die Anzahl der Löcher, sowie deren Abstand zueinander (D, E, G) folgen keiner Gesetzmäßigkeit und scheinen inhomogen verteilt zu sein. Außerdem sind (?) geschichtete oder geschieferte Bereiche immer wieder zu beobachten (F, H).



Abbildung 7-5: Diese Abbildung zeigt die Lage der Palace-Hotel-Störung (rot) und der bearbeiteten Aufschlüsse dieser Arbeit (Ök 50, Blatt 104 + 105, Koordinaten BMN).

7.2. Unterscheidungskriterien von tektonischen und sedimentären Brekzien in den Ostalpen

Die im vorigen Kapitel dargestellten Unterscheidungskriterien können generell in den Ostalpen verwendet werden. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass die unterschiedlichsten Rauhwackenhorizonte (z.B. Raibler Formation, Saalfeldener und Reichenhaller Rauhwacke) jedoch vom Autor im Rahmen dieser Arbeit nicht studiert werden konnten.

7.3. Verwendung als Baustein

7.3.1. Neuberg an der Mürz (ST)

In einem markanten (ca. 200 m breiten) Steinbruch (an der B 23) zwischen Kapellen und Neuberg an der Mürz (Koordinaten BMN: R 696294, H 279611) sind teilweise fein geschichtete triadische Kalk- und Dolomitwechsellagerungen zu beobachten. Diese Gesteine wurden intensiv verfaltet und nachträglich durch spröde Prozesse zerlegt. In Störungszonen und entlang von Schichtflächen sind Dilatation Breccias und Kataklastite zu beobachten. Das Stift Neuberg wurde aus solchen tektonischen und (?) anderen Brekzien erbaut.

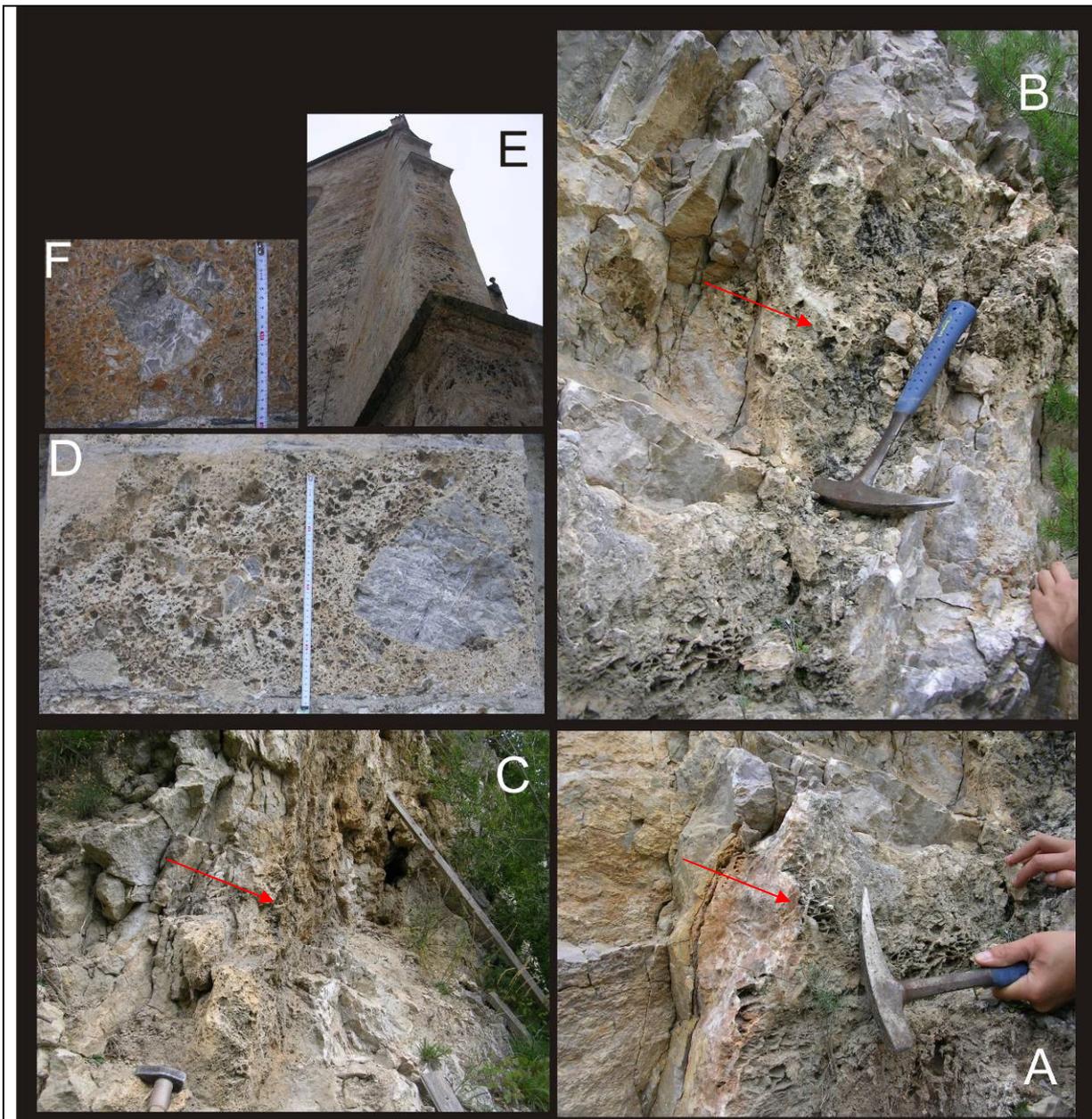


Abbildung 7-6: In einem markanten Steinbruch zwischen Kapellen und Neuberg a. d. Mürz (Koordinaten BMN: R 696294, H 279611) sind triadische Kalke und Dolomite, die starken tektonischen Deformationen (Faltung und Kataklase) unterworfen waren, aufgeschlossen. Schichtparallel oder in spröden Störungszonen sind „Dilatation breccias“ und Kataklastite zu beobachten, deren dolomitische Komponenten herausgelöst wurden (A-C). Ob jedoch in diesem Aufschluss auch „sedimentäre Rauhwacken“ vorkommen, konnte nicht festgestellt werden. Diese Gesteine mit bis zu 20 cm großen Dolomitkomponenten wurden auch als Bausteine (D, E und F, Stift Neuberg an der Mürz) verwendet.

7.3.2. Scheiblingkirchen (NÖ)

Die Kirche von Scheiblingkirchen (NÖ) ist aus Rauhwacken, Dilatation Breccias und Konglomeraten erbaut worden. Die folgenden Abbildungen veranschaulichen die meist verwendeten Gesteinstypen.

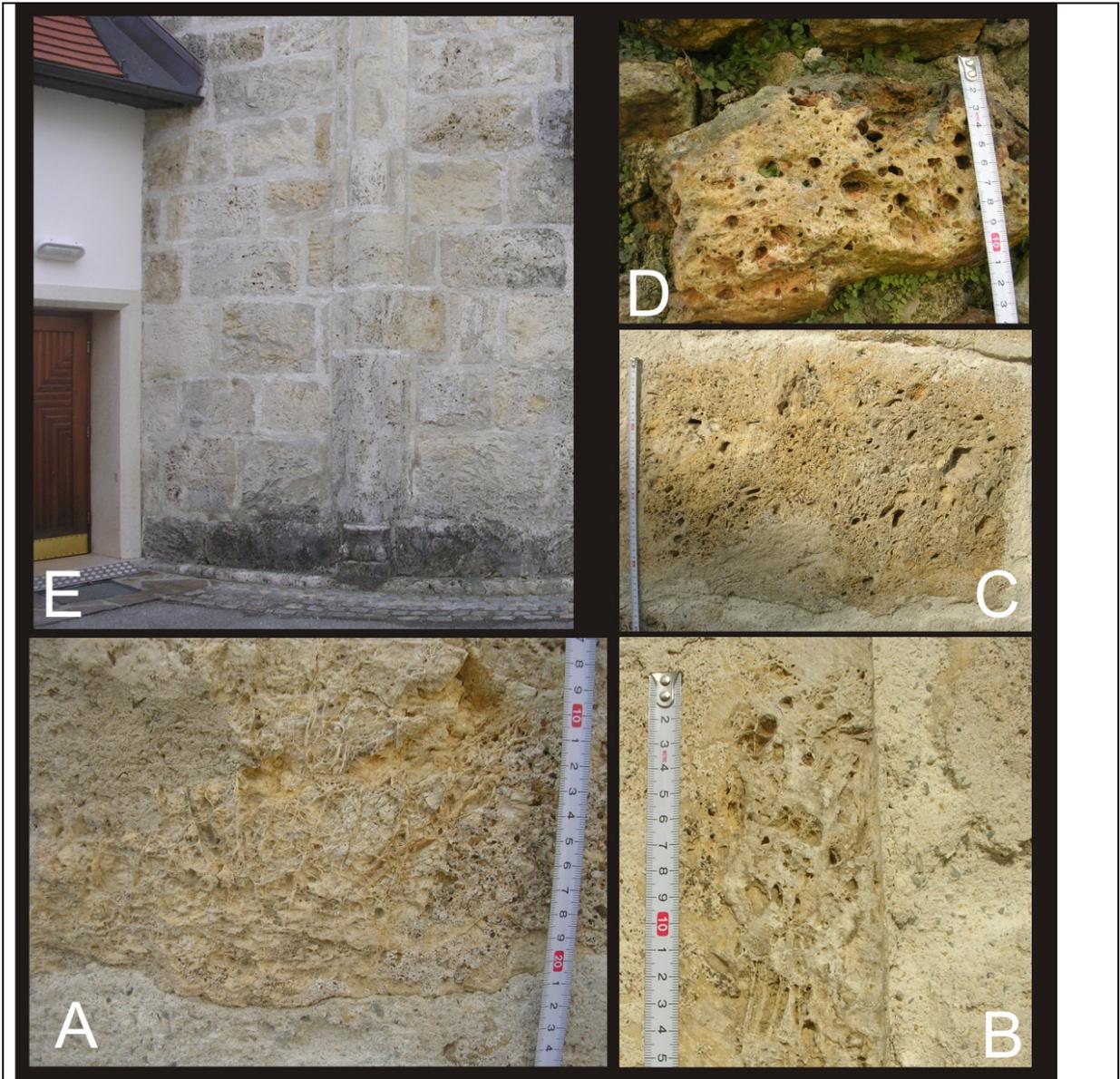


Abbildung 7-7: Diese Abbildungen zeigen Fotos der verwendeten Bausteine der Kirche von Scheiblingkirchen. In A und B sind Dilatation Breccias zu sehen, C zeigt eine schlecht sortierte Breccie und D ein Konglomerat.

8. Diskussion und offene Fragestellungen

Im Myrtengraben konnten infolge der Lagerungsverhältnisse, der tektonischen Daten und petrographischen Untersuchungen sedimentäre von tektonischen Brekzien unterschieden werden. Bei den anderen „Rauhackenvorkommen“ am Semmering (Steinhaus, Pinkenkogel) konnte diese Unterscheidung nicht getroffen werden.

Ausgehend von den Ergebnissen dieser Arbeit sind folgende Fragen offen geblieben:

Wieviele Rauhackenhorizonte gibt es im Unterostalpin des Semmeringgebietes tatsächlich?

Könnten Rauhacken, aufgrund des rheologisch „plastischeren“ Verhaltens, eine sedimentäre Schichtung auch bei duktiler Verformung erhalten?

Unter welchen Bedingungen kann es zur Lösung oder Bildung von Dolomit kommen?

Ist das Vorhandensein von Gips ein Kriterium zu Rauhackenunterscheidung?

Kann Gips in Rauhacken sekundär gebildet werden (infolge sulfathaltiger Wässer, die z.B. in Kalk eindringen) ?

9. Literaturnachweis

9.1. Textquellen

- Arthaud, F. & Mattauer, M. (1969): Exemples de stylolites d'origine tectonique dans le Languedoc, leurs relations avec la tectonique cassante. – Bull. Soc. Géol. France, VII, 11: 738-744; Paris.
- Aydin, A. & Basu, A. (2005): The Schmidt hammer in rock material characterization. Engineering geology, vol. 81, S. 1 - 14.
- Barton, M., Lien, R., and Lunde, J. (1974): Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support. Rock Mechanics, Vol. 6, Nr. 4, S. 183 - 236.
- Bauer, F. K. (1967): Gipslagerstätten im zentralalpinen Mesozoikum (Semmering, Stanzertal). Verh. d. geol. B.A., Heft 1-3.
- Berka, R. (2000): Zur Stellung der Traibachschiefer im Semmering – Wechsel – System. Diplomarbeit a.d. Fak. für Naturwiss., Universität Wien.
- Bienawski, Z. T. (1979): Tunnel Design by Rock Mass Classifications. Technical Report GL-79-19, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Billi, A. (2005): Grain size distribution and thickness of breccia and gouge zones from thin (< 1 m) strike-slip fault cores in limestone. Journal of Structural Geology, 27, S. 1823–1837.
- Broch, E. & Franklin, J.A. (1972): The point-load strength test. Int. J. of Rock Mech. and Min. Sci., 9, S. 667-692.
- Brunnschweiler, R.O. (1948): Beiträge zur Kenntnis der helvetischen Trias östlich des Klausenpasses. Mitt. Geol. Inst. ETH u. Univ. Zürich, Serie C, Nr. 33.
- Brückner, W. (1941): Über die Entstehung der Rauhacken und Zellendolomite. Eclogae Geologicae Helvetiae, Vol. 34, S. 117-134.
- Buerji, C., Parriaux, A., Franciosi, G., Rey, J.-Ph. (1999): Cataclastic rocks in underground structures—terminology and impact on the feasibility of projects (initial results). Engineering geology 51, S. 225 – 235.
- Cornelius, H. P. (1935): Geologie der Err-Julier-Gruppe. Beitr. Geol. Karte Schweiz, N.F.70 I.
- Cornelius, H. P. (1952): Die Geologie des Mürztalgebietes (Erläuterungen zu Blatt Mürzzuschlag 1:75000). Jb. d. Geol. B.-A., Sonderband 4, S. 1-94.
- Decker, K., (1996): Miocene tectonics at the Alpine-Carpathian junction and the evolution of the Vienna Basin. Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 41, S. 33 - 44.
- Decker, K., Peresson, H., & Hinsch, R. (2005): Active tectonics and Quaternary basin formation along the Vienna Basin Transform fault. Quaternary Sci. Rev., 24, S. 307 -322.
- Dickson, J.A.D. (1966): Carbonate identification and genesis as revealed by staining. Journal of Sediment. Petrol. 36, S. 491 – 505.
- Digitale Geologische Karte von Niederösterreich 1: 200.000 (Süd), (2002). Geologische Bundesanstalt, Wien.
- Evamy, B.D. & Shearman, D.J. (1962): The application of chemical staining techniques to the study of diagenesis in limestones. Proc. Geol. Soc. London 1599, 102.
- Faupl, P. (2000): Historische Geologie – Eine Einführung. Facultas Verlag Wien. ISBN: 3825221490
- Fleischer, G. (2002): Beurteilung von Ultraschalluntersuchungen an Natursteinobjekten in der Denkmalpflege. Dissertation an der TU Wien.
- Fodor, L. (1995): From transpression to transtension: Oligocene-Miocene structural evolution of the Vienna Basin and the East Alpine-Western Carpathian junction. Tectonophysics 242, S. 151-182.
- Foetterle, F. (1850): Der Eisenbahnbau am Semmering am Schlusse des Jahres 1850. Jb. der k.-k. geol. R.-A., Band 1, S. 576 – 587.
- Friedman, G.M., Sanders, J.F. and Kopaska-Merkel, D.C. (1992): Principles of sedimentary deposits. Stratigraphy and sedimentology. Macmillan Publishing company, New York.
- Füchtbauer, H. (1988): Sediment Petrologie Teil II. Sedimente und Sedimentgesteine, 4. Auflage. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. ISBN: 3510651383.
- Fytrolakis, N. & Theodoropoulos, D. (1975): „Loch“-Verwitterung in Dolomitgeröllen im Neogen Attikas / Griechenland. N. Jb. Geol. U. Pal., Mh., S. 129-133, Stuttgart.
- Gaede, K. & Schmidt, E. (1964): Rückprallprüfung von Beton mit dichtem Gefüge. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 158.
- Groot, K. de (1967): Experimental dedolomitization. J. Sediment. Petrology, 37, S. 1216 – 1220.
- Grubenmann, U., Niggli, P. (1924): Die Gesteinsmetamorphose. Die kristallinen Schiefer. Eine Darstellung der Erscheinungen der Gesteinsmetamorphose und ihrer Produkte. Bd.1: Allgemeiner Teil. Borntraeger Verlag, Berlin 1924.

- Gutdeutsch, R. & Aric, K. (1988): Seismicity and neotectonics of the East Alpine-Carpathian and Pannonian area. AAPG Memoir 45, S. 183-194.
- Hauer v., F. (1868): Geologische Übersichtskarte d. österr. Monarchie. Blatt Nr. VI. Östliche Alpenländer. Jb. der k.-k. geol. R.-A., Band 18, S. 8 - 9.
- Hayman, N.W. (2006): Shallow crustal fault rocks from the Black Mountain detachments, Death Valley, CA. Journal of Structural Geology vol. 28, Issue 10, S. 1767 – 1786.
- Heilbronner, R., Keulen, N. (2006): Grain size and grain shape analysis of fault rocks. Tectonophysics Vol. 427, S. 199 - 216.
- Heitzmann, P.A. (1985): Kakirite, Kataklasite, Mylonite – Zur Nomenklatur der Metamorphite mit Verformungsgefügen. Eclogae. Geol. Helv., 78, S. 273 – 286.
- Heritsch, F. (1915): Die Anwendung der Deckentheorie auf die Ostalpen III. Geol. Rundsch., 5, S. 555 – 566, Leipzig.
- Hinsch, R. & Decker, K., (2003): Do seismic slip deficits indicate an underestimated earthquake potential along the Vienna Basin Transform Fault System? Terra Nova 15 (5), S. 343-349.
- Hoxha, D., Lespinasse, M., Sausse, J. & Homand, F. (2005): A microstructural study of natural and experimentally induced cracks in a granodiorite. Tectonophysics Vol. 395, S. 99 – 112.
- Ismat, Z., Mitra, G. (2005): Folding by cataclastic flow: evolution of controlling factors during deformation. Journal of Structural Geology (27); S. 2181 – 2203.
- ISRM – International Society for Rock Mechanics (1985): Suggested method for determining point load strength. ISRM Commission on testing methods, working group on revision of the point load test method. Int. J. of Rock Mech. Min. Sci. & Geomech., Abstr., 22, 2, S. 51-60.
- Jeanbourquin, P. (1986): Les cornieules polymictes des Préalpes internes et de l'Autochtone helvétique en Suisse romande. Thèse Univ. Lausanne.
- Kafri, U. & Sass, E. (1996): Hollow carbonate pebbles: a case study of selective secondary porosity generation. Sed. Geol., 103, 161-174, Amsterdam.
- Kennedy, L.A., Logan, J.M. (1998): Microstructures of cataclasites in a limestone on shale thrust fault: implications for low-temperature recrystallisation of calcite. Tectonophysics Vol. 295, S. 167 – 186.
- Kober, L. (1912): Der Deckenbau der östlichen Nordalpen. Kaiserlich-Königliche Hof- und Staatsdruckerei. Besonders abgedruckt aus dem 88. Bande der Denkschriften der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.
- Kober, L. (1923): Bau und Entstehung der Alpen. 283 S., Berlin, Bornträger Verlag.
- Kober, L. (1925): Die tektonische Stellung des Semmering-Wechsel-Gebietes. Tschermaks min. petr. Mitt., 38, S. 268 – 276, Wien.
- Kober, L. (1938): Der geologische Aufbau Österreichs. 204 S., Wien, Springer Verlag.
- Krauter, E. (1971): Zur Genese rauhwackiger Brekzien der alpinen Trias an Beispielen aus der Schweiz und Österreich. Geol. Paläontolog. Mitt. Innsbruck 1, S. 1-12.
- Kristan, E. (1956): Neues vom Puchberger Becken, Ödenhof-Fenster und Semmering-Mesozoikum. Mitt. d. Ges. d. Geologie- und Bergbaustudenten in Wien, vierter Jahrgang, S. 43 - 46.
- Kristan, E. & Tollmann, A. (1957): Zur Geologie des Semmering-Mesozoikums. Mitt. d. Ges. d. Geologie- und Bergbaustudenten in Wien, Band 8, S. 75 – 90.
- Kudernatsch, J. (1850): Bericht über die Tunnelbauten der Semmeringbahn. Jb. k.-k. Geol. R.A., 1, 375 - 376, Wien.
- Lee, H.-K. & Kim, H.S. (2005): Comparison of structural features of the fault zone developed at different protolithes: crystalline and mud rocks. Journal of Structural Geology Vol. 27, S. 2099 – 2112.
- Lein, R. (2001): Neue Daten zur Mitteltrias-Schichtfolge des Semmeringssystems. Arbeitstagung Geol. B.-A. 2001 in Neuberg, S. 61 -62.
- Leine, L. (1971): Rauhwacken und ihre Entstehung. Geol. Rundschau 60, S. 488-524.
- Lin, A. (1998): Roundness of clasts in pseudotachylites and cataclastic rocks as an indicator of frictional melting. Journal of Structural Geology Vol. 21 (1999), S. 473 – 478.
- Lin, A. (2000): S-C fabrics developed in cataclastic rocks from the Nojima fault zone, Japan and their implications for tectonic history. Journal of Structural Geology, Vol. 23 (2001), S. 1167 – 1178.
- Linzer, H.-G., Moser, F., Nemes, F., Ratschbacher, L. and Sperner, B., (1997): Build-up and dismembering of a classical fold-thrust belt: from non-cylindrical stacking to lateral extrusion in the eastern Northern Calcareous Alps Tectonophysics 272, S. 97 - 142.
- Masson, H. (1972): Sur l'origine de la cornieule par fracturation hydraulique. Eclogae Geologicae Helvetiae, Vol. 65, S. 27-41.
- Matula, M. (1981): Rock and soil description and classification for Engineering Geological Mapping; Report by the IAEG Commission on Engineering Geological Mapping. Bull. IAEG, 24, 235-274.
- Meschede, M. (1994): Methoden der Strukturgeologie: Ein Leitfaden zur Aufnahme und Auswertung strukturgeologischer Daten im Gelände und im Labor. Enke Verlag, Stuttgart. ISBN 3432262914

- Mohr, H. (1910): Zur Tektonik und Stratigraphie der Grauwackenzone zwischen Schneeberg und Wechsel (N.-Oe.): Mitt. d. Geol. Ges., Band 3, S. 104-213.
- Mohr, H. (1912): Versuch einer tektonischen Auflösung des Nordostsporns der Zentralalpen. Besonders abgedruckt aus dem 88. Bande der Denkschriften der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.
- Mohr, H. (1950): Erster Bericht über die Verfolgung der geologischen Aufschlüsse im Semmering-Tunnel II. Anz. Akad. Wiss., math. – nat.wiss. Klasse, 1950/3, S. 51 -55, Wien.
- Mohr, H. (1951): Zweiter Bericht über die Verfolgung der geologischen Aufschlüsse im Semmering-Tunnel II. Anz. Akad. Wiss., math. – nat.wiss. Klasse, 1951/7, S. 191 – 199, Wien.
- Müller, L. (1963): Der Felsbau. Band 1. Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag.
- Müller, W. (1994): Neue geochronologische und strukturgeologische Daten zur geodynamischen Entwicklung des nördlichen Semmering- und Wechselgebietes (Niederösterreich). Diplomarbeit a.d. Fak. für Naturwiss., Universität Wien.
- Müller, W. H. (1982): Zur Entstehung der Rauhacke. *Eclogae Geologicae Helveticae*, Vol. 75 / 3, S. 481-494.
- Neuner, K. H. (1964): Die Gipslagerstätten des Semmerings. *Berg- u. Hüttenmännisches Mh.*, 109, 319-331, Wien.
- ÖNORM EN 1936: Prüfverfahren für Naturstein – Bestimmung der Reindichte, der Rohdichte, der offenen Porosität und der Gesamtporosität.
- Peresson, H. & Decker, K. (1996): The tertiary dynamics of the Northern Eastern Alps (Austria): changing palaeostresses in a collision plate boundary. *Tectonophysics* 272 (1997), S. 125-157.
- Peresson, H. & Decker, K., (1997): Farfield effects of Late Miocene subduction in the Eastern Carpatians: E-W compression and inversion of structures in the Alpine-Carpatian-Pannonian region, *Tectonics*, 16 (1), S. 38-56.
- Pettin, R. (1960): Eine geologische Neubearbeitung des Gebietes zwischen Gloggnitz und Mürzzuschlag. Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, 139 S.
- Pistotnik, J. (2001): Das zentralalpine Permo-Mesozoikum. Arbeitstagung Geol. B.-A. 2001 in Neuberg, S. 57 - 60.
- Plan, L. (2002): Speläologisch-tektonische Charakterisierung der Karstwasserdynamik im Einzugsgebiet der bedeutendsten Quelle der Ostalpen (Kläfferquelle, Hochschwab). Diplomarbeit an der Universität Wien.
- Prinz, H. & Strauß, R. (2006): Abriß der Ingenieurgeologie. 4. Auflage. Elsevier GmbH, Spektrum Akademischer Verlag, München. ISBN: 3-8274-1593-4.
- Ramsay, J. G., Huber, M. I. (1987): The techniques of modern structural geology. Volume 2: Folds and Fractures. Alden Press, Oxford.
- Ratschbacher, L., Frisch, W. & Linzer, H.-G. (1991): Lateral extrusion of the eastern Alps, Part 2: structural analysis. *Tectonics* Vol. 10, No. 2, S. 251-271.
- Reinecker, J. & Lenhardt, W.A. (1999): Present-day stress field and deformation in eastern Austria. *Int. Journ. Earth Sciences* 88, S. 532-530.
- Richter, D. K. (1980): Former magnesian-clacite ooids in Paleozoic to recent sediments. – *Internat. Assoc. Sedimentologists 1st europ. Mtg. Bochum, Abstr.*, S. 215-218; Bochum.
- Richter, D.K. & Füchtbauer, H. (1981): Merkmale und Genese von Brekzien und ihre Bedeutung im Mesozoikum von Hydra (Griechenland). *Zeitschr. dt. geol. Ges. Band 132*, S. 451 – 501.
- Richter, D. K. & Zinkernagel, U. (1981): Zur Anwendung der Kathodolumineszenz in der Karbonatpetrographie. *Geol. Rundsch.*, 70/3, 1276-1302, Stuttgart.
- Riedmüller, A. G. (1967): Zur Geologie des NW - Teiles der Buckligen Welt. Dissertation a.d. Fak. für Naturwiss., Universität Wien.
- Riedmüller, A.G. (1976): Genese und Charakteristik der Rauhacken im Pittental (Niederösterreich). *Geol. Rundschau* 65, 290-332.
- Sander, B. (1916): Zur Geologie der Zentralalpen. II Ostalpin und Lepontin, *Verh. Geol. R.A.*, 1916, S. 223 – 228, Wien.
- Schaad, W. (1995): Die Entstehung von Rauhacken durch die Verkarstung von Gips. *Eclogae Geologicae Helveticae*, Vol. 88 / 1, S. 59-90.
- Schmidt, K. (1999): Geochronologie entlang eines Metamorphoseprofils vom S-Rand der nördlichen Kalkalpen bis zum Unterostalpin des Semmeringgebietes (Niederösterreich, Steiermark). Diplomarbeit a.d. Fak. für Naturwiss., Universität Wien.
- Schmidt, W. J. (1952): Geologie des neuen Semmeringtunnel. *Denkschriften d. Akad. D. Wiss.*, Band 109, 2. Abhandlung.
- Schuster, R., Koller, F., Hoeck, V., Hoinkes, G. & Bousquet, R. (2004): Explanatory notes to the map: Metamorphic structure of the Alps, metamorphic evolution of the Eastern Alps. *Mitt. österr. mineralog. Ges.* 149, S. 175-199.
- Staub, R. (1924): Der Bau der Alpen. *Beitr. Geol. Karte Schweiz, N.F.*, 52 (82), S. 1 – 272, Bern.
- Stini, J. (1922): Technische Geologie.

- Stumm, W. & Morgan, J. J. (1970): Aquatic chemistry. Wiley – Interscience, New York, London, Sydney, Toronto.
- Stur, D. (1871): Geologie der Steiermark, 654 S., Graz.
- Suess, E. (1909): Die Alpen, Östlicher Theil. In: Das Antlitz der Erde, 3. Bd, 2. Hälfte, S. 167 – 229, Wien-Leipzig, Verlag Tempsky & Freytag.
- Tarasewicz, J.P.T, Woodcock, N.H. & Dickson, J.A.D. (2005): Carbonate dilation breccias: Examples from the damage zone to the Dent Fault, northwest England. GSA Bulletin, May/June 2005, Volume 117, Nr. 5/6, S. 736-745.
- Tenthorey, E., Cox, S.F., Todd, H.F (2002): Evolution of strength recovery and permeability during fluid rock reaction in experimental fault zones. Earth and planetary science letters Vol. 206 (2003), S. 161 – 172.
- Termier, P. (1904): Les nappes des Alps Orientales et la synthese des Alps. Bull. Soc. Geol. France, (4)3, 1903, S. 711 – 765, Paris.
- Thuro, K. & Plinninger, R. (1998): Einführung in die Ingenieurgeologie. Felsmechanisches Laborpraktikum für Geologen. 7. Auflage – Version 7.1 vom 6.12.1998.
- Thuro, K. & Plinninger, R. (2001): Scale effects in rock strength properties. Part 2: Point load test and point load strength index. ISRM Regional Symposium (EUROCK 2001 – Rock mechanics a challenge for society).
- Tollmann, A. (1957): Semmering und Radstädter Tauern. Ein Vergleich in Schichtfolge und Bau. Mitt. d. Geol. Ges., Band 50, S. 325-354.
- Tollmann, A. (1959): Der Deckenbau der Ostalpen aufgrund der Neuuntersuchung des zentralalpiner Mesozoikums. Mitt. d. Ges. d. Geologie- und Bergbaustudenten in Wien, 10, S. 3 - 63.
- Tollmann, A. (1963): Ostalpensynthese, 256 S. Wien, Deuticke Verlag.
- Tollmann, A. (1968): Potenzierter Faltung in den Ostalpen. Geotektonischen Forschungen, Heft 29, S. 60-80.
- Tollmann, A. (1977): Geologie von Österreich, Band 1 – Die Zentralalpen. Franz Deuticke Verlag Wien. ISBN: 3700544294.
- Tollmann, A. (1986): Geologie von Österreich, Band 3 – Gesamtübersicht. Franz Deuticke Verlag Wien. ISBN: 3-7005-4558-4.
- Toula, F. (1876): Ein Beitrag zur Kenntnis des Semmeringgebirges. Verh. d. k.-k. geol. R.-A., S. 334 – 341.
- Toula, F. (1877): Beiträge zur Kenntnis der „Grauwackenzone“ der nördlichen Kalkalpen. Verh. d. k.-k. geol. R.-A., S. 240 – 244.
- Tucker, M. (1988): Techniques in Sedimentology. Blackwell scientific Publications.
- Uehara, S., Shinamoto, T. (2003): Gas permeability evolution of cataclasite and fault gouge in triaxial compression and implications for changes in fault-zone permeability structure through the earthquake cycle. Tectonophysics Vol. 378 (2004), S. 183 – 195.
- Uhlig, V. (1909): Der Deckenbau in den Ostalpen. Mitt. Geol. Ges. Wien, 2, S. 469 – 491.
- Vacek, M. (1888): Über die geologischen Verhältnisse des Semmeringgebietes. Verh. d. k.-k. geol. R.A., S. 60 - 71.
- Vearncombe, J.R. (1982): The tectonic significance of Triassic dolomite and carneugle in the Gran Paradiso region, Western Alps. Geol. Mag. 119, 301-308.
- Warrak, M. (1982): The petrology and the origin of dedolomitised, veined or brecciated carbonate rocks, the „cornieules“ in the Frejus region, French Alps. Quart. J. Geol. Soc. London, 130, S. 229-247.
- Wessely, G. (1975): Rand und Untergrund des Wiener Beckens etc. – Mitt. Geol. Ges., Band 66-67 (1973-1974), S. 265-287.
- Winkler, G. D. (1997): Das Sattnitzkonglomerat – Die Genese der hohlen Gerölle und fazielle Untersuchungen (Neogen, Kärnten). Diplomarbeit a.d. Nat.wiss. Fak. Universität Graz.
- Woszidlo, H. (1989): Untersuchungen an Festgesteinen mit dem Prallhammer nach Schmidt. Ber. 7. National Tagung Ing-Geol., Bensheim, 287-294.

9.2. Internetquellen

www.proceq.com: Firmenunterlagen und Abbildungen des Betonprüfhammers nach Schmidt

10. Anhang

10.1. Lebenslauf Hannes Kellermann

Derzeitige Anschrift Taborstrasse 50/25
1020 Wien
Geburtsdatum 22.05.1980
Geburtsort Graz
Nationalität Österreich
Familienstand ledig
Telefon +43 - 650 / 24 - 111 - 42
Email hannes.ke@gmx.at

Schulausbildung

06/1998 Matura an der AHS Kirchengasse, Graz

Hochschulstudium und zusätzliche Tätigkeiten

10/1998 Präsenzdienst beim Österreichischen Bundesheer
10/1998 Beginn des Studiums der Verfahrenstechnik an der TU Graz
10/2002 – 03/2007 Studienwechsel, Beginn des Bakkalaureatsstudiums der Erdwissenschaften (Geologie) an der Universität Wien
03/2004 - 04/2008 Freier Mitarbeiter der GRUPPE WASSER® - Ziviltechniker-gesellschaft für Wasserwirtschaft GmbH.
03/2007 Beginn des Masterstudiums Erdwissenschaften (Zweig: Technische Geologie) an der Universität Wien
10/2006 - 01/2007 Tutorium an der TU Wien: Geologie-Übungen für Bauingenieure
01/2007 Vortragender: Bohrmeisterkurs (Baugeologie I – Übungen)
05/2008 Freier Mitarbeiter bei Dr. Pohlplatz Bauconsult GmbH

Kenntnisse / Fähigkeiten / Interessen

EDV – Kenntnisse *Fortgeschritten:* Coreldraw, Tectonics FP
Grundkenntnisse: MS Office, AutoCAD, Auer Success 2.0

Fremdsprachen Englisch fortgeschritten in Wort und Schrift
Italienisch Grundkenntnisse in Wort und Schrift

Sonstiges Führerschein A, B

Wien, Oktober 2008

10.2. Laborwerte der offenen Porositäts- und Rohdichtebestimmung

Rohdichtebestimmung nach ÖNORM EN 1936								
Probenbez.	Masse trocken	Masse trocken	Mittelwert Trockenmasse	Masse wassersatt	Wasseraufnahme	Masse u. Austrieb	Rohdichte	offene Porosität
Einheit	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g/cm ³]	[%]
Index			md	ms		mh	ρ_b	ρ_o
SE_06	264,5	264,4	264,45	271,4	7	169,5	2,60	6,87
SE_16	202,8	202,8	202,80	206,2	3,4	130,8	2,69	4,51
SE_21/1	730,4	730,7	730,55	763	32,3	446,5	2,31	10,21
SE_22	224,7	224,6	224,65	230,2	5,6	144,7	2,63	6,55
SE_23	800,4	800,5	800,45	814,2	13,7	496	2,52	4,31
SE_26	65,4	65,4	65,40	72,5	7,1	40,50	2,04	18,34
SE_29	526,6	526,6	526,60	560,1	33,5	325,7	2,25	14,29
SE_32/1	813,3	813,2	813,25	828,8	15,6	492,7	2,42	4,64
SE_32/2	535,7	535,5	535,60	547,3	11,8	331,1	2,48	5,46
SE_33/1	50,2	50,1	50,15	52,4	2,3	31,6	2,41	11,06
SE_33/2	176,8	176,8	176,80	181,6	4,8	107,7	2,39	6,50
SE_34/1	297,7	297,7	297,70	301	3,3	186,2	2,59	2,87
SE_34/2	308,1	308,1	308,10	311,5	3,4	192,1	2,58	2,85
SE_36/1	1487,7	1486,6	1487,15	1538,7	52,1	901,7	2,33	8,18
SE_36/2	249,4	249,3	249,35	254,5	5,2	149,8	2,38	4,97
SE_37/1	122,7	122,5	122,60	126,3	3,8	79,6	2,63	8,14
SE_37/2	179,7	179,7	179,70	184	4,3	116,5	2,66	6,37
SE_38/1	109,7	109,6	109,65	115	5,4	70,4	2,46	12,11
SE_38/2	268,9	268,7	268,80	282,4	13,7	169,3	2,38	12,11
SE_G3/1	537,3	537,7	537,50	554,6	16,9	324,8	2,34	7,35
SE_G3/2	151,5	151,6	151,55	156,4	4,8	91,7	2,34	7,42
SE_G3/3	128	128,1	128,05	133,2	5,1	78	2,32	9,24
SE_G4_1	767,7	767,8	767,75	786,4	18,6	478,5	2,49	6,04

Probenbez.	Masse trocken	Masse trocken	Mittelwert Trockenmasse	Masse wassersatt	Wasseraufnahme	Masse u. Austrieb	Rohdichte	offene Porosität
Einheit	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g/cm³]	[%]
Index			md	ms		mh	ρ_b	ρ_o
SE 76 / 1	671,4	670,9	671,15	675,1	4,2	432,6	2,77	1,73
SE 76 / 2	264,3	264,2	264,25	266,3	2,1	170,4	2,76	2,19
SE 77 / 1	427,2	427,2	427,20	431,7	4,5	276,6	2,75	2,90
SE 77 / 2	306,2	306,2	306,20	308,2	2	198,3	2,79	1,82
SE 78 / 1	1333,6	1333,6	1333,60	1345,2	11,6	863	2,77	2,41
SE 78 / 2	1026,5	1026,3	1026,40	1032	5,7	667	2,81	1,56
SE 79	409,2	409	409,10	412,7	3,7	265,2	2,77	2,51
SE 80	890,1	889,8	889,95	894,2	4,4	577,6	2,81	1,39
SE 81	1093,2	1092,9	1093,05	1097,9	5	708,8	2,81	1,29
SE 82	988,6	988,6	988,60	992	3,4	642,6	2,83	0,97
SE 83	352,1	352,1	352,10	353,6	1,5	228,8	2,82	1,20
SE 84	589,7	589,6	589,65	591,3	1,7	383,8	2,84	0,82
SE 85	346	346	346,00	349,6	3,6	223	2,73	2,84
SE 86	1048,2	1047,9	1048,05	1057,4	9,5	678,3	2,76	2,51
SE 87	1040,7	1040,5	1040,60	1045,5	5	676,6	2,82	1,36
SE 88	373,3	373,2	373,25	380	6,8	239,5	2,66	4,84
SE 89 / 1	650,5	650,3	650,40	668,2	17,9	399,4	2,42	6,66
SE 90	1757,4	1757,2	1757,30	1784	26,8	1087,4	2,52	3,85
SE 91	583,8	583,7	583,75	589,1	5,4	353	2,47	2,29
SE 92	597	596,8	596,90	614,8	18	367,7	2,42	7,28
SE 93	700,9	700,7	700,80	738,6	37,9	436,8	2,32	12,56
SE 94 / 1	415,2	415,1	415,15	431,3	16,2	255,3	2,36	9,20
SE 94 / 2	230,4	230,4	230,40	242,3	11,9	144	2,34	12,11
SE 95	769	768,8	768,90	795,2	26,4	487	2,49	8,57
SE 96 / 1	553,6	553	553,30	583,2	30,2	344,5	2,32	12,65
SE 96 / 2	714	714,1	714,05	745,4	31,3	442,5	2,36	10,33
SE 97	1172,6	1172,5	1172,55	1225,5	53	731,2	2,37	10,72
SE 98	960,2	960,1	960,15	992,3	32,2	595,8	2,42	8,12
SE 99	652,2	652	652,10	685,4	33,4	408,2	2,35	12,05

Probenbez.	Masse trocken	Masse trocken	Mittelwert Trockenmasse	Masse wassersatt	Wasseraufnahme	Masse u. Austrieb	Rohdichte	offene Porosität
Einheit	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g/cm³]	[%]
Index			md	ms		mh	ρ_b	p_o
SE 100	567,9	567,7	567,80	596,6	28,9	344,7	2,25	11,47
SE 101	318,5	318,5	318,50	335,8	17,3	196,8	2,29	12,45
SE 102	309,2	309,2	309,20	330,7	21,5	190,9	2,21	15,38
SE 103	407	406,8	406,90	426,5	19,7	255,3	2,38	11,51
SE 104	512,5	512,3	512,40	537,7	25,4	317,5	2,33	11,53
SE 105	720,5	720,5	720,50	755,5	35	435,3	2,25	10,93
SE 106	677,1	676,8	676,95	714,2	37,4	416	2,27	12,54
SE 107	347,7	347,6	347,65	364,6	17	213,1	2,29	11,22
SE 108	1182,4	1182,2	1182,30	1235,1	52,9	726,8	2,33	10,41
SE 109	689,8	689,7	689,75	705,6	15,9	427,4	2,48	5,72
SE 110	398,7	398,5	398,60	404,3	5,8	247,3	2,54	3,69
SE 111	751,5	751	751,25	769,2	18,2	457,5	2,41	5,84
SE 112	304,2	304,2	304,20	308,4	4,2	197	2,73	3,77

10.3. Schmidthammer Rückprallwerte

SP 1												
Aufschluss Nr.	SEM_22 SP 1 horizontal 210 40 ~ 10	R-Wert/ Mess-P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Profil Nr.		1	35	44	28	28	39	34	35	32	45	32
Foto Nr.		2	41	50	34	36	38	34	42	40	44	40
Schlagrichtung h/z		3	42	48	32	40	38	43	40	42	45	45
Schlagrichtg Kompaß		4	44	51	42	39	35	45	46	46	47	45
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK		5	43	49	44	39	38	45	48	44	44	45
Prüfabstand [cm]		6	40	49	45	40	42	45	49	40	44	43
Bemerkung: 1 ist tiefster Punkt, 1,8m Richtung SE von fein gesch. Kata		7	43	50	48	42	43	47	46	45	45	48
		8	43	51	51	42	31	44	45	47	47	4
		9	40	54	46	44	42	42	40	48	46	48
	10	35	46	49	45	40	31	44	47	46	45	
Mittelwert über Profil:	43	Mittelwert	41	49	42	40	39	42	44	44	46	41
SP 3												
Aufschluss Nr.	SEM_13 SP 3 horizontal 160 120 ~ 10	R-Wert/ Mess-P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Profil Nr.		1	32	30	43	42	40	34	36	47	42	36
Foto Nr.		2	39	34	48	46	36	34	46	39	44	34
Schlagrichtung h/z		3	38	40	46	50	44	38	44	48	45	42
Schlagrichtg Kompaß		4	50	43	50	50	48	34	50	46	44	30
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK		5	44	41	52	48	48	42	50	44	48	40
Prüfabstand [cm]		6	43	35	51	44	48	40	50	46	45	40
Bemerkung: 1,5 m W von SE_G3		7	51	42	50	46	42	40	38	48	50	42
		8	51	44	56	50	52	38	50	50	46	45
		9	50	45	54	51	52	38	46	54	51	44
	10	51	38	50	52	54	38	52	52	49	50	
Mittelwert über Profil:	45	Mittelwert	45	39	50	48	46	38	46	47	46	40

SP 4													
Aufschluss Nr.	SEM_13 SP 4 horizontal 180 130 10	R-Wert/ Mess-P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Profil Nr.		1	30	30	32	36	32	40	36	40	40	40	34
Foto Nr.		2	36	42	36	46	42	38	43	38	46	45	
Schlagrichtung h/z		3	40	43	38	50	46	46	36	50	44	46	
Schlagrichtg Kompaß		4	42	44	40	48	50	54	52	52	50	37	
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK		5	50	45	38	50	48	50	50	46	52	40	
Prüfabstand [cm]		6	40	42	32	50	50	53	52	50	52	42	
Bemerkung: 30 cm E von SE_G3, nächste Kluft ca. 25 cm dahinter		7	50	46	41	50	52	55	53	51	48	46	
		8	43	51	38	50	46	56	48	53	51	45	
		9	52	49	40	50	48	48	46	54	50	48	
	10	48	44	0	49	45	38	45	54	44	41		
Mittelwert über Profil:	45	Mittelwert	43	44	34	48	46	48	46	49	48	42	
SP 5													
Aufschluss Nr.	SEM_13 SP 5 horizontal 180 120 10	R-Wert/ Mess-P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Profil Nr.		1	36	22	36	38	36	45	32	30	29	40	
Foto Nr.		2	38	36	55	47	34	48	42	42	40	45	
Schlagrichtung h/z		3	42	38	46	46	44	54	36	28	40	49	
Schlagrichtg Kompaß		4	50	48	42	46	45	56	40	48	40	48	
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK		5	44	50	46	48	46	58	48	49	52	49	
Prüfabstand [cm]		6	46	52	47	46	46	59	46	52	54	44	
Bemerkung: 1. P. Oben		7	52	48	50	46	40	60	44	52	48	46	
		8	46	56	47	52	42	50	49	51	52	45	
		9	52	50	48	46	46	54	50	54	55	44	
	10	52	56	50	46	40	52	52	54	48	44		
Mittelwert über Profil:	46	Mittelwert	46	46	47	46	42	54	44	46	46	45	

SP 6													
Aufschluss Nr.	SEM_20 SP 6	R-Wert/ Mess-P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Profil Nr.		1	34	35	24	34	40	40	42	25	32	35	
Foto Nr.		2	36	41	36	42	42	46	48	36	41	40	
Schlagrichtung h/z		horizontal	3	46	46	40	36	32	47	49	40	43	42
Schlagrichtg Kompaß		150	4	47	46	46	44	46	48	52	38	44	42
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK		120	5	48	46	47	46	47	46	44	38	42	42
Prüfabstand [cm]		10	6	47	49	52	48	48	47	40	43	44	40
Bemerkung: Steinschlagwall		7	45	48	51	44	36	38	46	36	44	39	
		8	46	48	46	43	46	46	52	44	44	42	
		9	46	50	50	47	46	44	50	44	43	32	
		10	48	50	51	48	45	40	50	46	42	37	
Mittelwert über Profil:	43	Mittelwert	44	46	44	43	43	44	47	39	42	39	
SP 7													
Aufschluss Nr.	SEM_13 SP 7	R-Wert/ Mess-P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Profil Nr.		1	22	22	20	24	28	34	24	17	12	23	
Foto Nr.		2	23	24	24	24	37	43	28	26	13	24	
Schlagrichtung h/z		horizontal	3	20	30	25	25	37	44	28	27	14	26
Schlagrichtg Kompaß		120	4	18	28	23	25	34	42	29	24	14	26
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK		100	5	19	30	23	26	36	44	29	26	14	27
Prüfabstand [cm]		10	6	20	30	23	24	37	40	31	26	14	26
Bemerkung: Gestein bröckelt bei Versuch ab. Profil im stark zerrütteten Bereich!		7	19	31	21	26	35	43	32	20	14	27	
		8	20	32	21	25	37	41	27	22	13	28	
		9	20	28	19	24	35	40	30	19	15	26	
		10	21	32	21	24	35	39	32	18	16	27	
Mittelwert über Profil:	26	Mittelwert	20	29	22	25	35	41	29	23	14	26	

SP 8												
Aufschluss Nr.	SEM_13 SP 8 horizontal 180 100 10	R-Wert/ Mess-P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Profil Nr.		1	16	22	12	13	28	24	24	20	14	12
Foto Nr.		2	18	26	16	14	26	31	30	20	20	13
Schlagrichtung h/z		3	14	28	16	15	31	28	29	25	20	15
Schlagrichtg Kompaß		4	16	25	14	15	30	33	30	22	19	17
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK		5	14	28	15	16	32	32	32	24	20	18
Prüfabstand [cm]		6	13	29	14	15	30	34	34	26	20	17
Bemerkung: stark zerrüttet, klingt hohl, neben SP 7		7	13	26	16	14	32	33	30	28	20	18
		8	10	26	13	16	32	33	31	26	20	18
		9	15	29	14	17	30	28	30	25	21	18
	10	18	27	14	19	30	32	30	24	19	17	
Mittelwert über Profil:	22	Mittelwert	15	27	14	15	30	31	30	24	19	16
SP 9												
Aufschluss Nr.	SEM_13 SP 9 horizontal 180 100 10	R-Wert/ Mess-P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Profil Nr.		1	34	36	36	33	24	35	30	39	36	36
Foto Nr.		2	38	37	36	36	32	39	39	44	38	38
Schlagrichtung h/z		3	29	39	43	38	24	37	44	40	37	39
Schlagrichtg Kompaß		4	36	41	45	38	30	29	43	42	42	38
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK		5	42	38	44	37	30	39	45	37	38	39
Prüfabstand [cm]		6	38	43	43	38	34	37	46	40	38	40
Bemerkung: neben SP 6		7	40	40	47	39	33	40	46	44	44	42
		8	42	42	45	37	32	35	46	46	43	40
		9	31	44	47	39	33	40	42	44	40	42
	10	44	43	47	38	34	35	45	46	43	41	
Mittelwert über Profil:	39	Mittelwert	37	40	43	37	31	37	43	42	40	40

SP 10													
Aufschluss Nr.	SEM_23 SP 10	R-Wert/ Mess-P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Profil Nr.		1	26	28	40	50	26	36	44	28	34	39	
Foto Nr.		2	26	34	46	40	32	42	56	35	34	51	
Schlagrichtung h/z		horizontal	3	31	32	50	46	38	48	44	36	42	52
Schlagrichtg Kompaß		180	4	40	40	56	50	39	44	50	41	44	54
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK		150	5	44	32	57	54	43	44	52	43	42	54
Prüfabstand [cm]		10	6	46	36	56	52	44	49	58	44	39	52
Bemerkung: 1. Punkt oben		7	44	42	56	44	45	50	50	35	39	53	
		8	41	43	57	44	47	50	49	34	38	55	
		9	49	44	56	32	40	54	35	44	43	56	
		10	45	48	56	44	43	53	50	46	40	54	
Mittelwert über Profil:	44	Mittelwert	39	38	53	46	40	47	49	39	40	52	
SP 11													
Aufschluss Nr.	SEM_23 SP 11	R-Wert/ Mess-P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Profil Nr.		1	21	31	24	45	36	48	28	36	24	35	
Foto Nr.		2	28	40	50	40	45	56	32	43	34	36	
Schlagrichtung h/z		horizontal	3	33	46	48	48	49	55	40	44	41	40
Schlagrichtg Kompaß		180	4	29	50	50	54	48	54	40	46	36	44
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK		120	5	40	45	36	52	43	47	44	39	42	40
Prüfabstand [cm]		10	6	42	52	38	45	50	52	47	42	46	46
Bemerkung: 2m E von SP 10		7	46	34	52	52	51	54	40	39	45	45	
		8	46	42	54	51	52	50	46	36	45	47	
		9	47	48	34	33	42	50	42	44	45	40	
		10	48	40	25	33	44	49	46	43	50	43	
Mittelwert über Profil:	43	Mittelwert	38	43	41	45	46	52	41	41	41	42	

SP 12														
Aufschluss Nr.	SEM_22 SP 12	R-Wert/ Mess-P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Profil Nr.		1	20	20	28	39	31	28	32	36	34	32		
Foto Nr.		2	28	26	36	48	41	43	46	44	42	40		
Schlagrichtung h/z		horizontal 315	3	39	24	29	48	37	44	41	44	47	47	
Schlagrichtg Kompaß			4	32	28	38	52	41	46	44	43	50	49	
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK			150	5	36	30	40	51	42	48	46	43	50	49
Prüfabstand [cm]				10	6	39	28	41	52	41	47	49	46	50
Bemerkung: Bereich 7; Im Kessel rechter großer Block. 1. P. Oben		7	40		25	41	50	36	41	51	44	50	51	
		8	42	27	44	48	42	46	51	44	50	52		
		9	41	25	43	49	39	46	46	47	50	52		
		10	42	24	45	44	40	46	48	45	42	52		
Mittelwert über Profil:	41	Mittelwert	36	26	39	48	39	44	45	44	47	48		
SP 13														
Aufschluss Nr.	SEM_19 SP 13	R-Wert/ Mess-P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Profil Nr.		1	46	39	34	35	30	50	32	35	42	44		
Foto Nr.		2	52	42	34	40	34	48	38	40	52	52		
Schlagrichtung h/z		horizontal 125	3	48	46	42	44	32	52	39	30	48	55	
Schlagrichtg Kompaß			4	46	42	42	46	33	54	40	48	50	52	
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK			120	5	46	44	35	34	28	50	42	50	57	55
Prüfabstand [cm]				10	6	42	40	40	44	28	50	41	45	54
Bemerkung:		7	44		44	40	44	30	53	41	48	46	53	
		8	47	44	42	44	33	52	40	44	46	51		
		9	47	44	37	40	32	52	41	49	48	51		
		10	48	45	37	45	33	50	41	45	42	53		
größte Abweichung +/-	49	53	47	43	39	42	32	52	40	44	49	53		

SP 14													
Aufschluss Nr.	SEM_21 SP 14	R-Wert/ Mess-P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Profil Nr.		1	48	40	47	42	32	46	24	32	32	40	
Foto Nr.		2	54	52	52	40	44	52	35	42	38	49	
Schlagrichtung h/z		horizontal	3	60	57	50	48	48	56	40	44	40	47
Schlagrichtg Kompaß		180	4	57	52	54	56	30	54	46	42	44	48
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK		130	5	58	58	58	56	40	52	48	46	46	46
Prüfabstand [cm]		10	6	54	59	60	56	50	56	47	46	48	50
Bemerkung: 3m W von Verkehrsschild			7	55	58	58	56	44	58	49	44	46	50
		8	56	56	56	56	42	56	50	45	49	48	
		9	46	40	54	56	44	54	50	48	49	45	
		10	56	50	52	58	54	58	47	48	49	35	
Mittelwert über Profil:	49	Mittelwert	54	52	54	52	43	54	44	44	44	46	
SP 15													
	SEM_21 SP 15	R-Wert/ Mess-P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Profil Nr.		1	25	28	20	22	20	28	24	34	18	42	
Foto Nr.		2	34	40	30	32	34	36	34	40	29	46	
Schlagrichtung h/z		horizontal	3	36	36	31	38	30	32	36	44	32	52
Schlagrichtg Kompaß		180	4	38	44	35	39	38	40	34	46	36	54
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK		150	5	38	42	34	42	42	40	36	40	37	54
Prüfabstand [cm]		10	6	40	46	36	42	36	40	32	44	38	48
Bemerkung: 8m W von SP 14			7	40	48	37	42	40	40	38	38	36	52
		8	40	47	38	42	42	42	39	44	38	44	
		9	38	46	34	41	42	41	40	42	39	48	
		10	42	48	38	44	43	40	34	40	42	42	
Mittelwert über Profil:	38	Mittelwert	37	43	33	38	37	38	35	41	35	48	

SP 16													
Aufschluss Nr.	SEM_24 SP 16	R-Wert/ Mess-P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Profil Nr.		1	26	28	15	24	36	36	42	35	46	42	
Foto Nr.	horizontal	2	38	36	21	30	28	44	50	43	58	51	
Schlagrichtung h/z		3	42	38	28	34	44	48	52	43	56	54	
Schlagrichtg Kompaß		180	4	44	36	32	32	46	50	56	38	58	38
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK		100	5	42	36	33	35	46	53	61	40	52	48
Prüfabstand [cm]		10	6	38	40	32	33	48	48	61	51	58	50
Bemerkung: 1m W von Probe SE/34		7	42	39	34	26	50	49	62	51	58	59	
		8	41	38	32	34	50	51	62	50	48	56	
		9	44	41	28	32	48	48	57	42	54	61	
		10	42	44	33	30	44	48	62	36	56	60	
Mittelwert über Profil:	43	Mittelwert	40	38	29	31	44	48	57	43	54	52	
SP 17													
Aufschluss Nr.	SEM_24 SP 17	R-Wert/ Mess-P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Profil Nr.		1	42	36	46	45	38	28	36	52	50	55	
Foto Nr.	horizontal	2	52	32	54	49	42	32	45	56	58	58	
Schlagrichtung h/z		3	56	34	54	52	44	33	48	58	49	62	
Schlagrichtg Kompaß		180	4	52	44	54	51	42	34	48	48	59	60
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK		150	5	56	40	55	60	43	34	50	58	60	50
Prüfabstand [cm]		10	6	50	40	56	60	46	34	46	60	56	46
Bemerkung: 1m E von Probe SE/34		7	52	44	48	60	46	34	48	56	62	56	
		8	51	47	56	46	47	34	50	59	60	54	
		9	52	49	54	50	43	33	51	58	62	54	
		10	52	47	48	56	34	34	50	60	58	55	
Mittelwert über Profil:	49	Mittelwert	52	41	53	53	43	33	47	57	57	55	

SP 18													
Aufschluss Nr.	SEM_26 SP 18	R-Wert/ Mess-P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Profil Nr.		1	46	38	34	39	24	14	24	36	44	22	
Foto Nr.		2	37	40	37	41	24	25	45	44	44	30	
Schlagrichtung h/z		horizontal	3	46	50	37	40	26	29	45	37	50	34
Schlagrichtg Kompaß		270	4	50	50	36	40	29	34	48	40	48	32
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK		300	5	44	47	44	43	30	32	46	38	47	30
Prüfabstand [cm]		10	6	50	49	42	43	28	30	45	40	50	32
Bemerkung:		7	49	50	38	37	30	22	40	46	48	36	
		8	53	50	41	42	28	34	44	38	52	37	
		9	41	50	38	36	28	34	45	41	50	27	
		10	45	40	39	38	25	34	44	42	44	31	
Mittelwert über Profil:	39	Mittelwert	46	46	39	40	27	29	43	40	48	31	
SP 19													
Aufschluss Nr.	SEM_22 SP 19	R-Wert/ Mess-P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Profil Nr.		1	32	34	28	30	28	34	40	40	38	34	
Foto Nr.		2	37	41	34	42	36	40	42	46	44	40	
Schlagrichtung h/z		horizontal	3	34	41	40	43	34	44	48	44	46	40
Schlagrichtg Kompaß		180	4	42	35	38	49	32	45	49	44	43	43
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK		100	5	40	34	44	48	28	42	49	48	44	44
Prüfabstand [cm]		10	6	37	40	39	41	24	44	50	48	48	44
Bemerkung: Bereich 1		7	40	40	34	41	24	44	50	44	50	46	
		8	40	40	38	41	25	44	52	45	48	44	
		9	36	40	39	48	26	41	55	42	48	41	
		10	32	40	39	50	22	44	48	48	42	41	
Mittelwert über Profil:	41	Mittelwert	37	39	37	43	28	42	48	45	45	42	

SP 20													
Aufschluss Nr.	SEM_22 SP 20	R-Wert/ Mess-P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Profil Nr.		1	18	22	34	34	14	22	44	30	32	36	
Foto Nr.		2	24	18	42	42	24	34	52	33	46	34	
Schlagrichtung h/z		horizontal	3	22	24	46	46	22	40	54	36	51	40
Schlagrichtg Kompaß		180	4	20	22	48	48	34	41	44	38	52	40
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK		150	5	32	42	38	46	38	44	56	38	34	40
Prüfabstand [cm]		10	6	32	46	50	46	40	40	54	39	46	46
Bemerkung: Bereich 2		7	35	48	42	44	37	34	53	39	48	40	
		8	38	42	41	52	38	44	52	34	46	42	
		9	26	46	25	42	36	46	54	36	42	40	
		10	30	40	34	44	32	50	44	32	42	50	
Mittelwert über Profil:	39	Mittelwert	28	35	40	44	32	40	51	36	44	41	
SP 21													
Aufschluss Nr.	SEM_22 SP 21	R-Wert/ Mess-P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Profil Nr.		1	32	24	38	25	34	34	26	21	39	34	
Foto Nr.		2	34	30	40	33	37	40	36	22	34	37	
Schlagrichtung h/z		horizontal	3	37	36	40	37	34	36	38	30	28	18
Schlagrichtg Kompaß		270	4	37	42	40	30	40	30	42	33	34	22
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK		300	5	39	44	38	38	44	37	41	38	35	28
Prüfabstand [cm]		10	6	35	38	41	25	46	40	44	36	34	32
Bemerkung: Bereich 3		7	37	43	42	36	42	38	40	28	30	38	
		8	38	46	38	33	41	38	45	33	35	41	
		9	40	38	42	33	41	38	46	36	35	46	
		10	23	30	24	31	34	39	45	29	28	41	
Mittelwert über Profil:	36	Mittelwert	35	37	38	32	39	37	40	31	33	34	

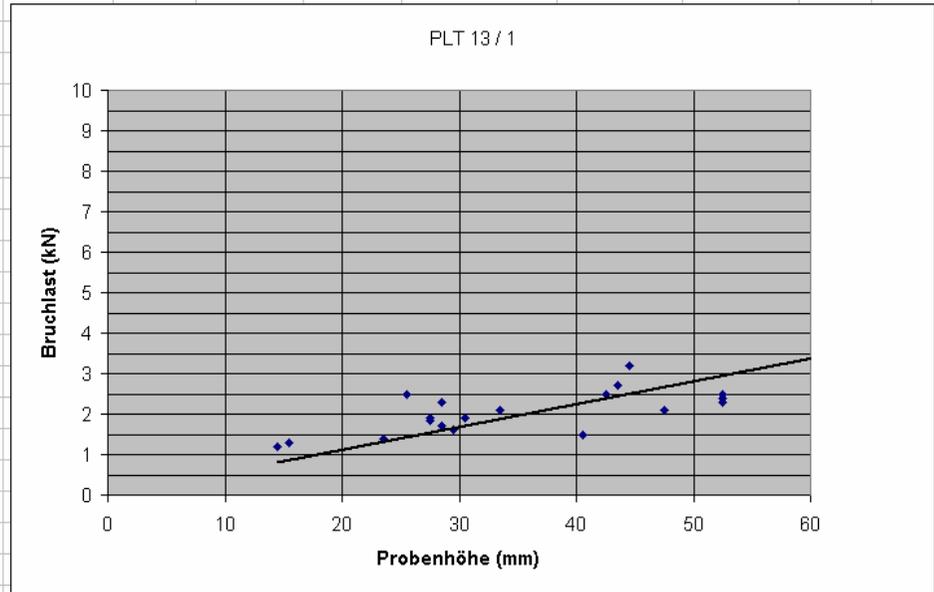
SP 22														
Aufschluss Nr.	SEM_14 SP 22	R-Wert/ Mess-P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Profil Nr.		1	38	47	42	42	37	32	37	38	39	39		
Foto Nr.		2	44	53	42	43	35	32	43	41	39	41		
Schlagrichtung h/z		horizontal	3	48	56	40	39	4	42	46	42	44	39	
Schlagrichtg Kompaß			180	4	45	54	46	32	46	41	44	40	36	41
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK			100	5	48	57	46	44	48	47	46	42	41	36
Prüfabstand [cm]			10	6	48	57	40	38	46	38	47	44	42	35
Bemerkung:		7	34	55	46	46	44	36	38	34	18	33		
		8	47	52	46	48	46	46	38	44	32	37		
		9	54	28	30	25	30	28	32	27	36	38		
		10	52	36	32	31	32	37	31	36	39	38		
Mittelwert über Profil:	40	Mittelwert	46	50	41	39	37	38	40	39	37	38		
SP 23														
Aufschluss Nr.	SEM_22 SP 23	R-Wert/ Mess-P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Profil Nr.		1	22	14	26	21	26	27	21	38	40	28		
Foto Nr.		2	32	16	32	21	35	24	21	32	24	40		
Schlagrichtung h/z		horizontal	3	35	15	36	33	18	28	23	29	26	41	
Schlagrichtg Kompaß			180	4	37	16	18	42	20	31	23	35	29	41
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK			150	5	37	20	21	45	21	18	31	43	32	39
Prüfabstand [cm]			10	6	37	20	21	48	19	24	33	36	36	41
Bemerkung: Bereich 3		7	34	22	22	47	18	22	35	33	29	26		
		8	38	20	21	44	24	23	36	36	28	25		
		9	38	23	20	45	23	22	35	45	24	27		
		10	14	30	21	45	23	18	38	44	28	32		
Mittelwert über Profil:	29	Mittelwert	32	20	24	39	23	24	30	37	30	34		

SP 24												
Aufschluss Nr.	SEM_22 SP 24	R-Wert/ Mess-P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Profil Nr.		1	24	24	41	48	40	39	22	41	38	39
Foto Nr.	horizontal 270 300 10	2	32	37	42	45	40	41	25	48	28	39
Schlagrichtung h/z		3	38	31	47	44	39	23	26	46	34	38
Schlagrichtg Kompaß		4	39	43	47	44	44	25	36	27	37	36
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK		5	36	45	48	43	43	26	33	38	37	43
Prüfabstand [cm]		6	38	35	44	26	39	28	34	45	38	46
Bemerkung: Bereich 6		7	42	37	47	33	42	28	36	37	41	42
		8	43	49	47	32	44	28	46	42	39	36
		9	44	45	42	37	44	27	48	43	38	47
	10	39	39	45	35	44	26	40	32	38	46	
Mittelwert über Profil:	38	Mittelwert	38	39	45	39	42	29	35	40	37	41
SP 25												
Aufschluss Nr.	SEM_22 SP 25	R-Wert/ Mess-P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Profil Nr.		1	38	44	31	29	35	39	41	26	40	24
Foto Nr.	horizontal 270 300 10	2	40	39	32	29	35	39	28	21	25	19
Schlagrichtung h/z		3	44	43	31	29	34	31	33	31	40	25
Schlagrichtg Kompaß		4	43	44	34	29	35	42	41	33	44	31
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK		5	43	47	36	29	35	45	40	36	20	30
Prüfabstand [cm]		6	45	46	33	19	35	41	28	26	29	34
Bemerkung: Bereich 7		7	44	46	36	20	35	30	19	27	31	32
		8	36	21	22	23	27	43	25	34	33	32
		9	36	23	24	32	23	37	32	26	21	35
	10	44	27	29	33	24	44	36	36	22	36	
Mittelwert über Profil:	33	Mittelwert	41	38	31	27	32	39	32	30	31	30

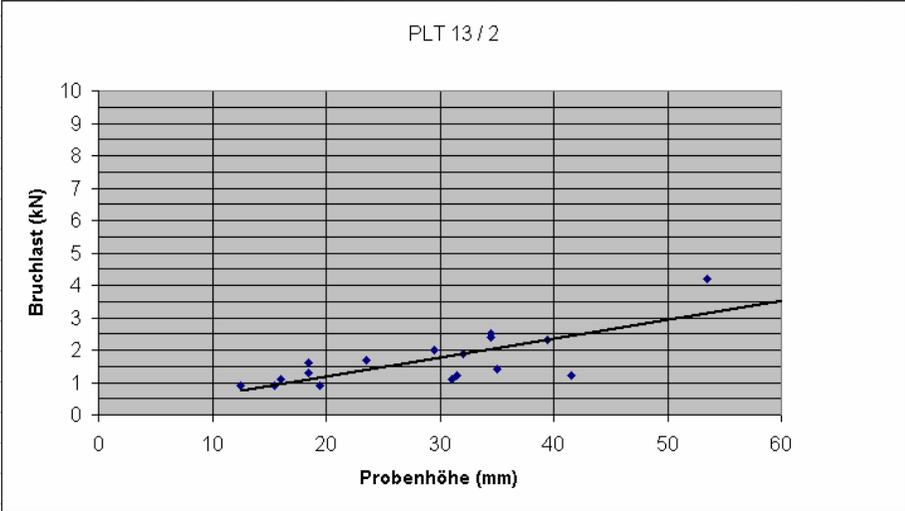
SP 26														
Aufschluss Nr.	SEM_22 SP 26	R-Wert/ Mess- P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Profil Nr.		1	35	41	22	21	35	46	38	33	58	40		
Foto Nr.		2	43	19	32	23	41	35	30	31	24	40		
Schlagrichtung h/z		horizontal	3	39	32	34	26	42	42	22	26	38	36	
Schlagrichtg Kompaß			270	4	34	37	36	26	34	16	27	42	39	43
Prüfhöhe 1.P.ü. GOK			300	5	41	37	37	29	32	23	32	28	40	44
Prüfabstand [cm]			10	6	39	38	38	29	35	32	37	27	39	44
Bemerkung: Bereich 8		7	46	39	40	34	44	38	37	41	39	42		
		8	40	38	35	43	42	38	33	39	39	42		
		9	45	36	39	47	19	36	32	52	41	44		
		10	38	38	17	31	42	36	33	36	39	46		
Mittelwert über Profil:	36	Mittelwert	40	36	33	31	37	34	32	36	40	42		

10.4. Punktlastversuch

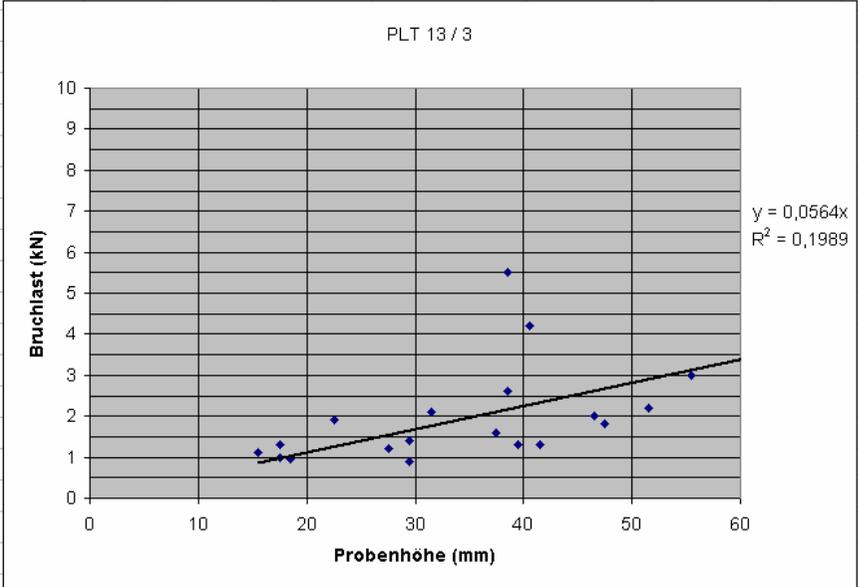
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 13 / 1			
Aufschluss	SEM 13			
Probenbeschreibung	dilatation breccia, schwarzer Dolomit mit wenigen cc-zerspalten bis 1 cm			
Probennummer	SE 93			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	68	47,5	2,1	
2	31	33,5	2,1	
3	45	43,5	2,7	
4	65	52,5	2,3	
5	37	25,5	2,5	
6	54	42,5	2,5	
7	47	40,5	1,5	
8	47	52,5	2,4	
9	49	52,5	2,5	
10	50	44,5	3,2	
11	45	29,5	1,6	
12	32	30,5	1,9	
13	43	28,5	2,3	
14	36	27,5	1,85	
15	30	28,5	1,7	
16	28	15,5	1,3	
17	27	23,5	1,4	
18	16	14,5	1,2	
19	42	27,5	1,9	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			2,8	



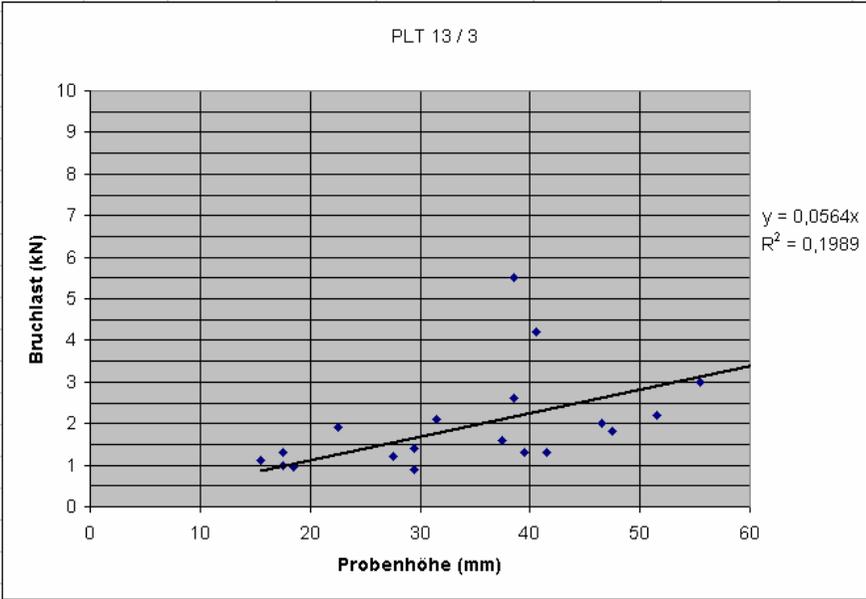
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 13 / 2			
Aufschluss	SEM 13			
Probenbeschreibung	scharzer Dolomit mit häufigen Cc Zerspalten, FF 3			
Probennummer	SE 94			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	45	41,5	1,2	
2	39	34,5	2,4	
3	50	53,5	4,2	
4	36	29,5	2	
5	45	23,5	1,7	
6	35	39,5	2,3	
7	28	19,5	0,9	
8	33	31,5	1,2	
9	48	34,5	2,5	
10	44	35	1,4	
11	37	31	1,1	
12	28	18,5	1,6	
13	42	16	1,1	
14	25	15,5	0,9	
15	29	18,5	1,3	
16	25	12,5	0,9	
17	35	32	1,9	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			2,9	



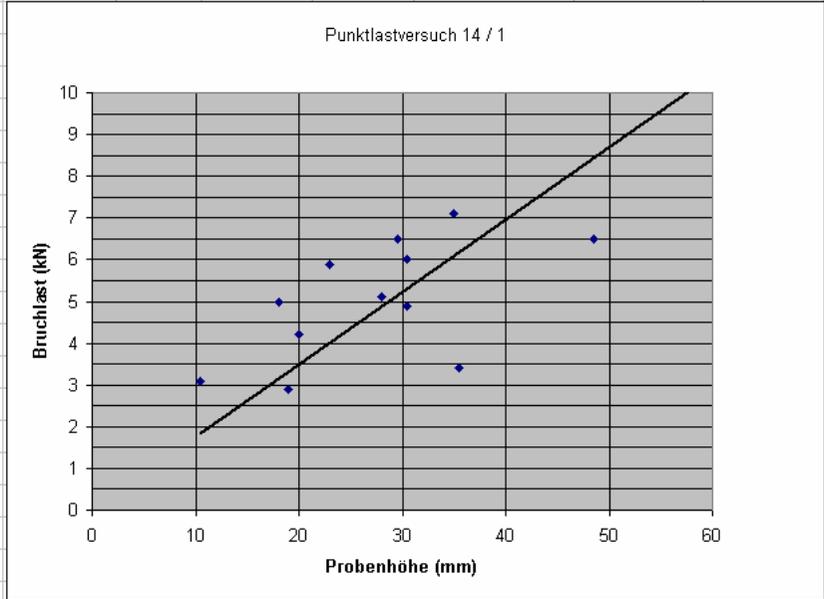
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 13 / 3			
Aufschluss	SEM 13			
Probenbeschreibung	schwarzer Dolomit, Cc Zerspalten, FF 4			
Probennummer	SE 95			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	93	38,5	5,5	
2	45	31,5	2,1	
3	32	29,5	1,4	
4	60	40,5	4,2	
5	68	51,5	2,2	
6	77	55,5	3	
7	63	47,5	1,8	
8	37	46,5	2	
9	53	37,5	1,6	
10	43	41,5	1,3	
11	43	39,5	1,3	
12	32	29,5	0,9	
13	33	22,5	1,9	
14	29	17,5	1	
15	28	17,5	1,3	
16	22	15,5	1,1	
17	26	18,5	0,95	
18	40	38,5	2,6	
19	37	27,5	1,2	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			2,8	



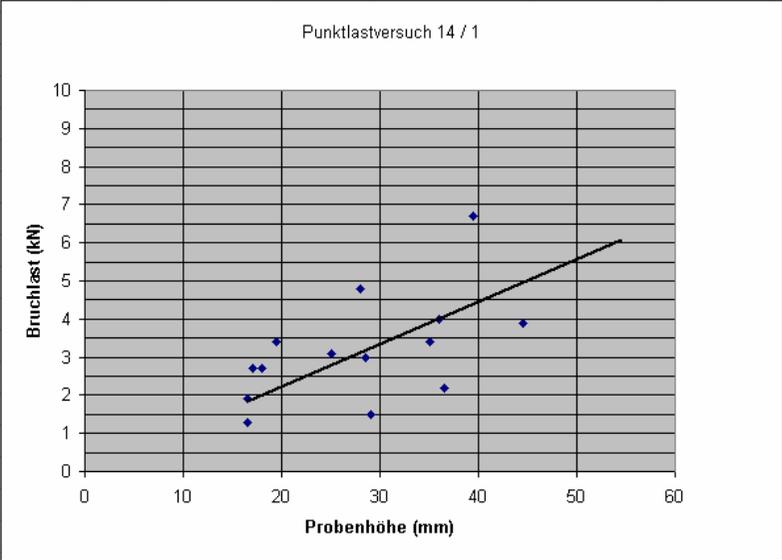
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 13 / 3			
Aufschluss	SEM 13			
Probenbeschreibung	schwarzer Dolomit, Cc Zerspalten, FF 4			
Probennummer	SE 95			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	93	38,5	5,5	
2	45	31,5	2,1	
3	32	29,5	1,4	
4	60	40,5	4,2	
5	68	51,5	2,2	
6	77	55,5	3	
7	63	47,5	1,8	
8	37	46,5	2	
9	53	37,5	1,6	
10	43	41,5	1,3	
11	43	39,5	1,3	
12	32	29,5	0,9	
13	33	22,5	1,9	
14	29	17,5	1	
15	28	17,5	1,3	
16	22	15,5	1,1	
17	26	18,5	0,95	
18	40	38,5	2,6	
19	37	27,5	1,2	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			2,8	



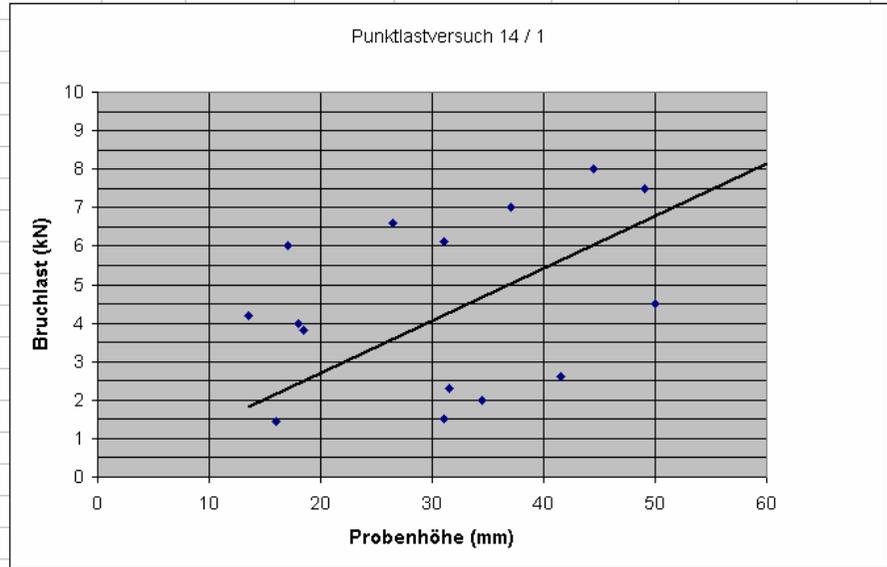
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 14 / 1			
Aufschluss	SEM 14			
Probenbeschreibung	grauer Dolomit mit wenigen dolomitischen Zerspalten			
Probennummer	SE 77			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	28	30,5	6	
2	35	18	5	
3	33	20	4,2	
4	34	29,5	6,5	
5	34	30,5	4,9	
6	36	28	5,1	
7	43	35	7,1	
8	40	35,5	3,4	
9	35	23	5,9	
10	23	19	2,9	
11	22	10,5	3,1	
12	52	48,5	6,5	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			8,7	



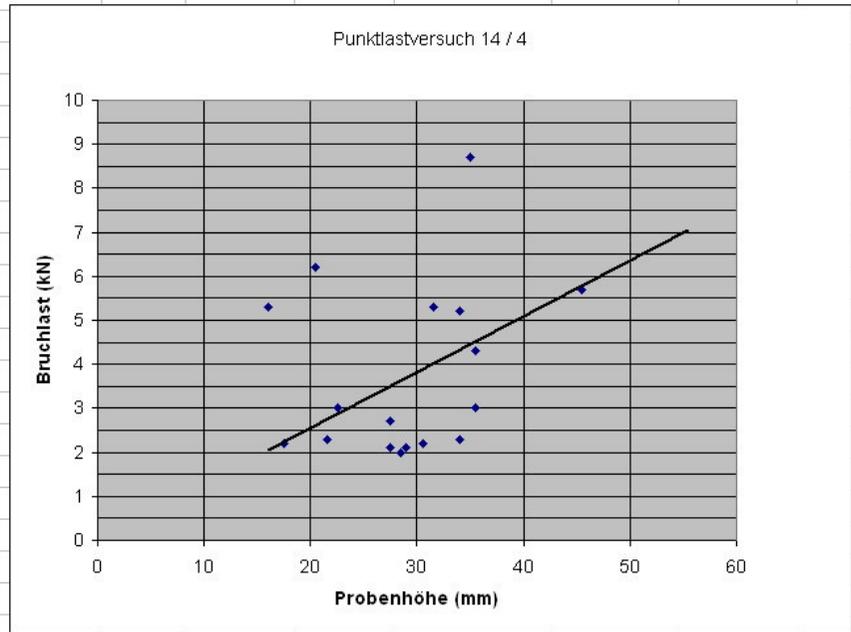
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 14 / 2			
Aufschluss	SEM 14			
Probenbeschreibung	hellgrauer Protolith, engständige Cc-Adern, übergehend in dilatation breccia			
Probennummer	SE 79			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	52	39,5	6,7	
2	51	44,5	3,9	
3	34	36,5	2,2	
4	78	36	4	
5	56	28,5	3	
6	49	25	3,1	
7	48	28	4,8	
8	29	29	1,5	
9	53	35	3,4	
10	29,5	16,5	1,3	
11	43	18	2,7	
12	23,5	19,5	3,4	
13	30	17	2,7	
14	25	16,5	1,9	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			5,7	



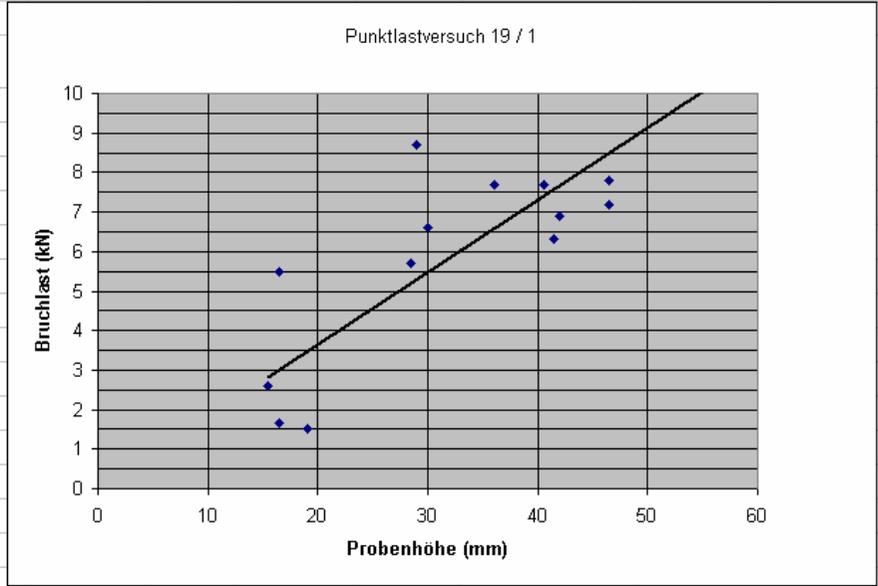
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 14 / 3			
Aufschluss	SEM 14			
Probenbeschreibung	grauer Dolomit, stark geklüftet, wenige davon Cc			
Probennummer	SE 80			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	62	50	4,5	
2	48	41,5	2,6	
3	50	37	7	
4	49	26,5	6,6	
5	62	34,5	2	
6	48	31,5	2,3	
7	45	31	1,5	
8	65	49	7,5	
9	58	44,5	8	
10	57	31	6,1	
11	36	18,5	3,8	
12	37,5	17	6	
13	45	16	1,45	
14	26	18	4	
15	30	13,5	4,2	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			6,7	



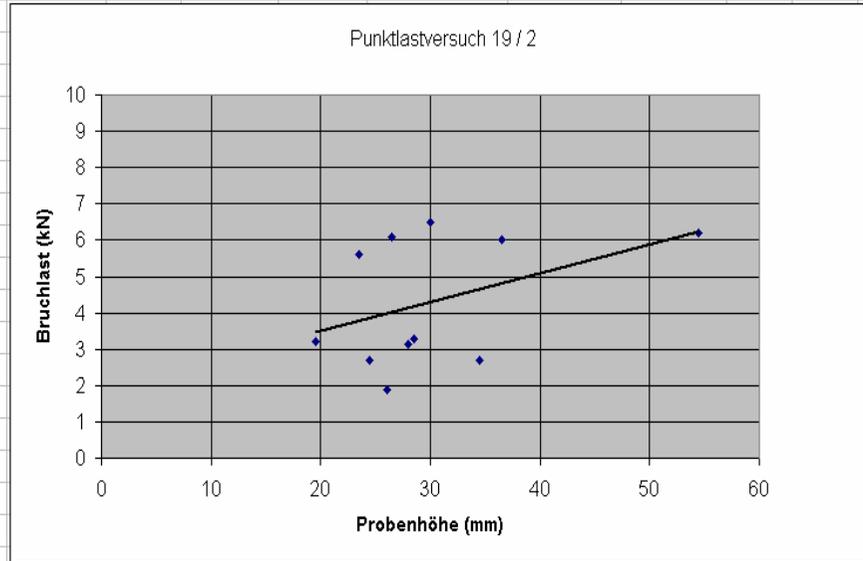
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 14 / 4			
Aufschluss	SEM 14			
Probenbeschreibung	stark feinklütiger, grauer Dolomit, Klüfte mit Kalzit verheilt			
Probennummer	SE 81			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	52	45.5	5.7	
2	56	35	8.7	
3	30	35.5	3	
4	61	34	5.2	
5	52	30.5	2.2	
6	27	21.5	2.3	
7	41	22.5	3	
8	35	20.5	6.2	
9	38	35.5	4.3	
10	36	27.5	2.1	
11	54	34	2.3	
12	27.5	17.5	2.2	
13	34.5	29	2.1	
14	32	27.5	2.7	
15	27	16	5.3	
16	42	31.5	5.3	
17	33	28.5	2	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			6.4	



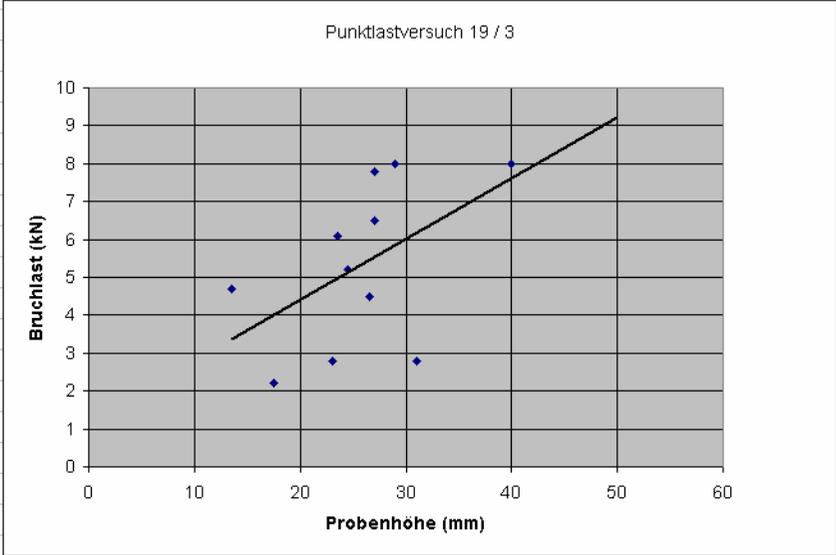
PUNKTLASTVERSUCH			
Punktlast Nr	PLT 19 / 1		
Aufschluss	SEM 19		
Probenbeschreibung	schwarzer Dolomit, laminiert, CC und Dolomit Zerrspalten		
Probennummer	SE 78		
Probe	Proben-breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]
1	44	46,5	7,2
2	70	40,5	7,7
3	51	46,5	7,8
4	37	42	6,9
5	36	41,5	6,3
6	32	36	7,7
7	22	19	1,5
8	28	30	6,6
9	28	29	8,7
10	21	16,5	5,5
11	28	28,5	5,7
12	20	16,5	1,65
13	19	15,5	2,6
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe		9,1	



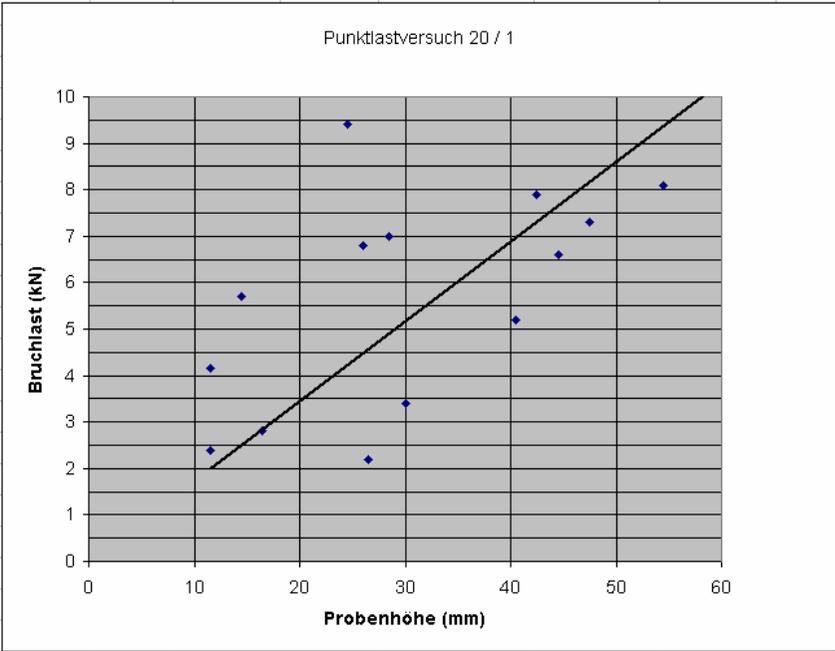
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 19 / 2			
Aufschluss	SEM 19			
Probenbeschreibung	schwarzer Dolomit, laminiert, CC und Dolomit Zerrspalten			
Probennummer	SE 78			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	55	54,5	6,2	
2	41	26	1,9	
3	32	28	3,15	
4	25	19,5	3,2	
5	24	28,5	3,3	
6	44	30	6,5	
7	27	34,5	2,7	
8	24	24,5	2,7	
9	34	36,5	6	
10	26	26,5	6,1	
11	29	23,5	5,6	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe		5,9		



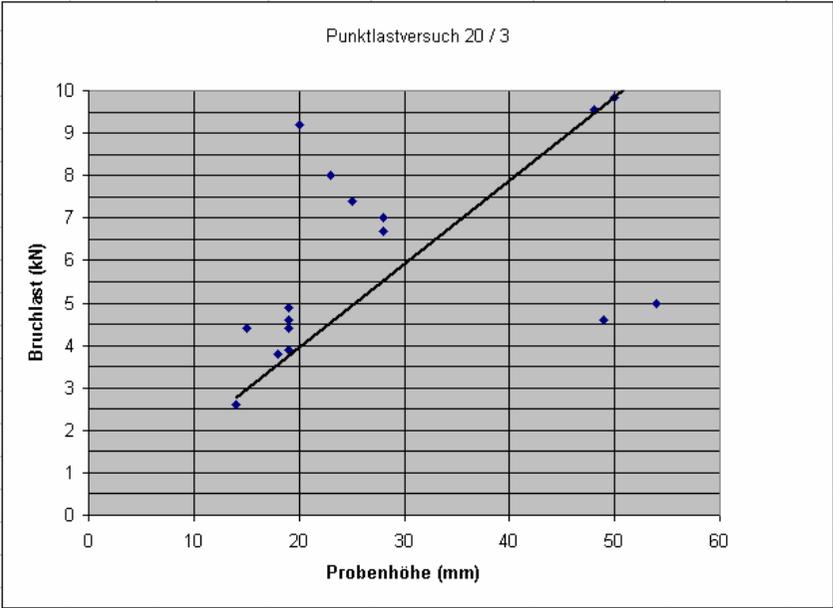
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 19 / 3			
Aufschluss	SEM 19			
Probenbeschreibung	schwarzer Dolomit mit phyllit. belegter Schieferung			
Probennummer	SE 76			
Probe	Breite [mm]	Errechnete Probenhöhe [Kraft [kN]		Bemerkung
3	65	40		8
4	51	31		2,8
5	41	26,5		4,5
6	34	27		7,8
7	40	29		8
8	50	23		2,8
9	37	27		6,5
10	31	23,5		6,1
11	32	17,5		2,2
12	34	13,5		4,7
13	33	24,5		5,2
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe		9,2		



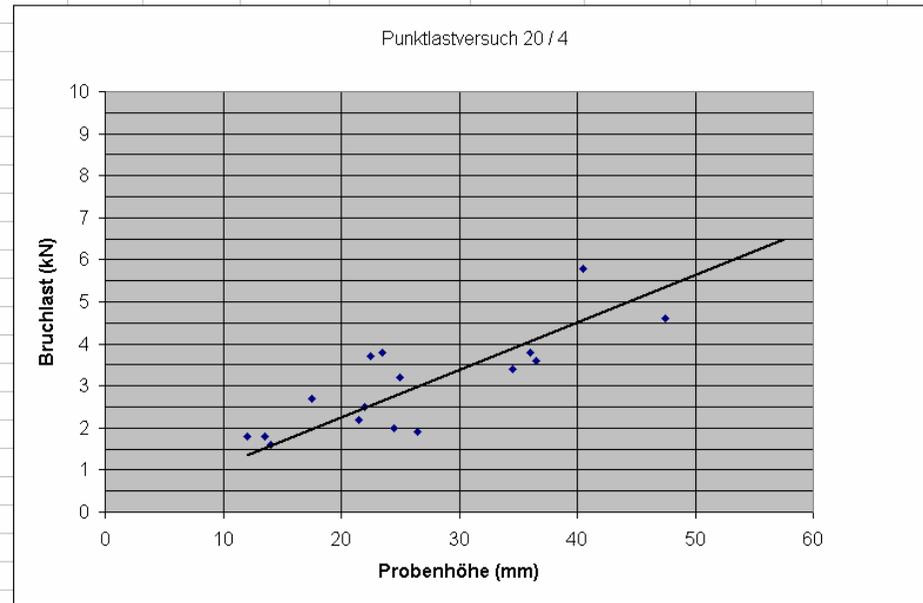
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 20 / 1			
Aufschluss	SEM 20			
Probenbeschreibung	grauer Dolomit, FF 2			
Probennummer	SE 82			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	34	11,5	4,15	
2	24	14,5	5,69	
3	39	30	3,4	
4	43	26	6,8	
5	46,5	42,5	7,9	
6	73	47,5	7,3	
7	51	28,5	7	
8	43	26,5	2,2	
9	39	11,5	2,4	
10	37	16,5	2,8	
11	50	44,5	6,6	
12	60	54,5	8,1	
13	62	40,5	5,2	
14	58	24,5	9,4	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			8,6	



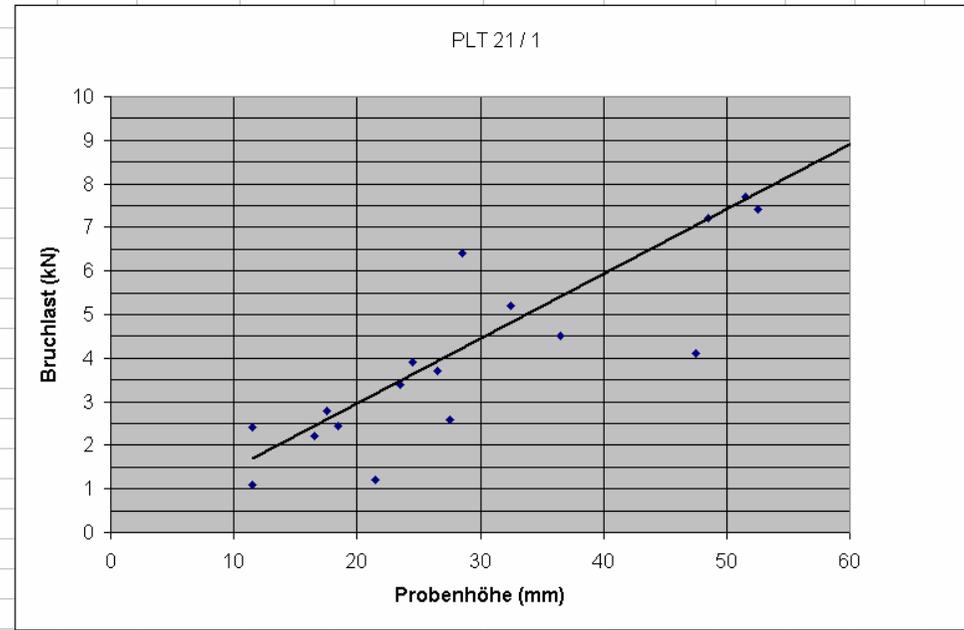
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 20 / 3			
Aufschluss	SEM 20			
Probenbeschreibung	grauer Dolomit, wenige mit Kalzit verheilte Klüfte			
Probennummer	SE 84			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	52	48	9,55	
2	60	49	4,6	
3	47	46	12,2	
4	52	54	5	
5	62	50	9,85	
6	31	25	7,4	
7	29	20	9,2	
8	45	28	7	
9	32	23	8	
10	26	19	4,6	
11	20	19	4,4	
12	28	18	3,8	
13	30	28	6,7	
14	25	19	4,9	
15	20	19	3,9	
16	21	14	2,6	
17	22	15	4,4	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			9,8	



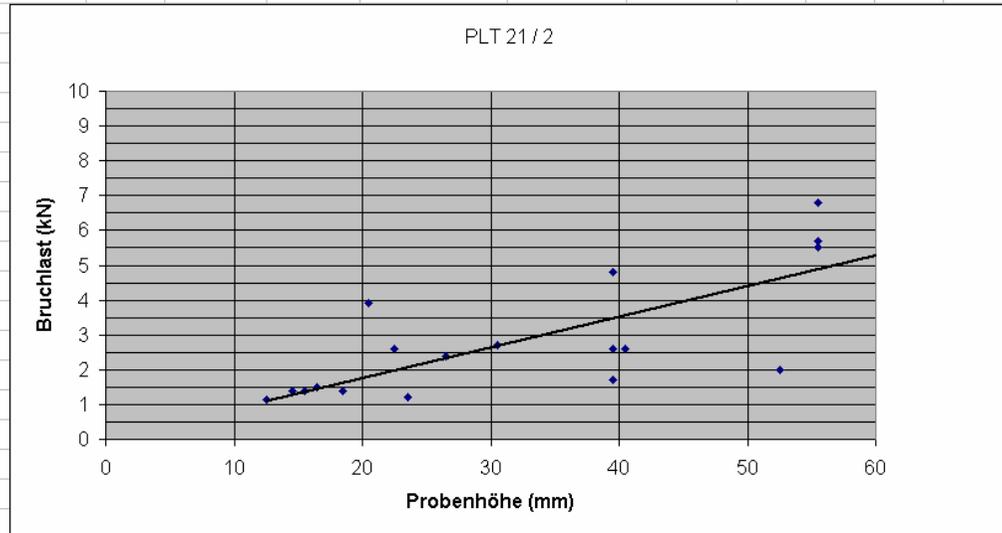
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 20 / 4			
Aufschluss	SEM 20			
Probenbeschreibung	Dilatation breccia			
Probennummer	SE 85			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1		38	26,5	1,9
2		75	40,5	5,8
3		42	25	3,2
4		30	36,5	3,6
5		30	22,5	3,7
6		62	47,5	4,6
7		33	22	2,5
8		36	23,5	3,8
9		33	36	3,8
10		35	13,5	1,8
11		26	17,5	2,7
12		27	21,5	2,2
13		50	34,5	3,4
14		34	24,5	2
15		35	12	1,8
16		34	14	1,6
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			5,7	



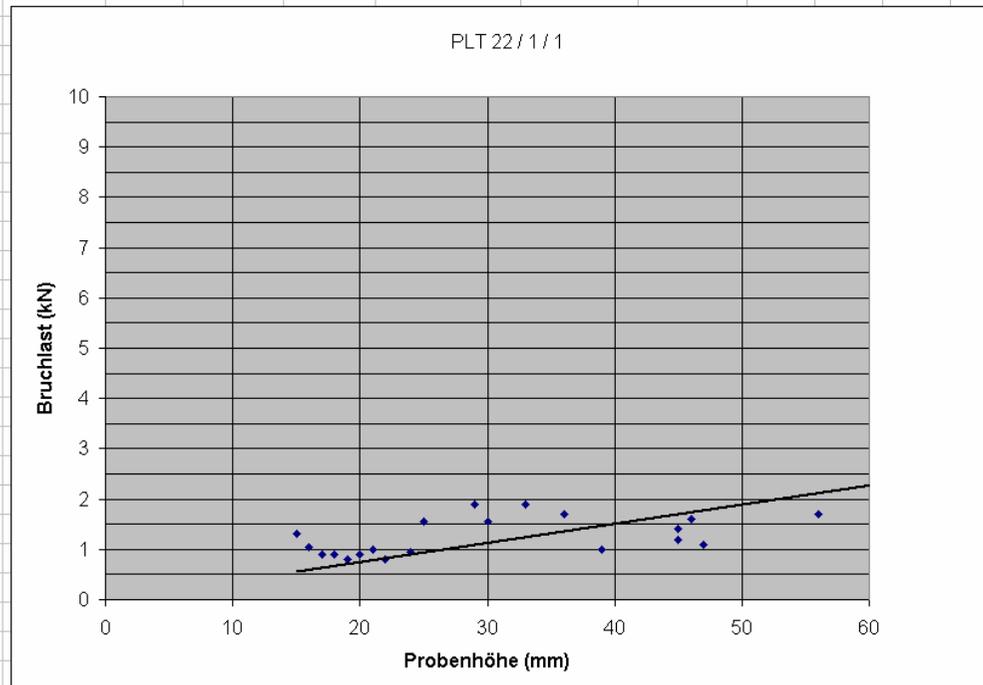
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 21 / 1			
Aufschluss	SEM 21			
Probenbeschreibung	polymikte Brekzie, Komp. < 1 cm			
Probennummer	SE 91			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	85	48,5	7,2	
2	83	52,5	11,7	
3	59	52,5	7,4	
4	62	47,5	4,1	
5	49	36,5	4,5	
6	89	51,5	7,7	
7	59	28,5	6,4	
8	63	32,5	5,2	
9	44	27,5	2,6	
10	41	26,5	3,7	
11	52	24,5	3,9	
12	35	17,5	2,8	
13	20	23,5	3,4	
14	18	16,5	2,2	
15	25	18,5	2,45	
16	21	11,5	1,1	
17	18	11,5	2,4	
18	14	21,5	1,2	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			7,5	



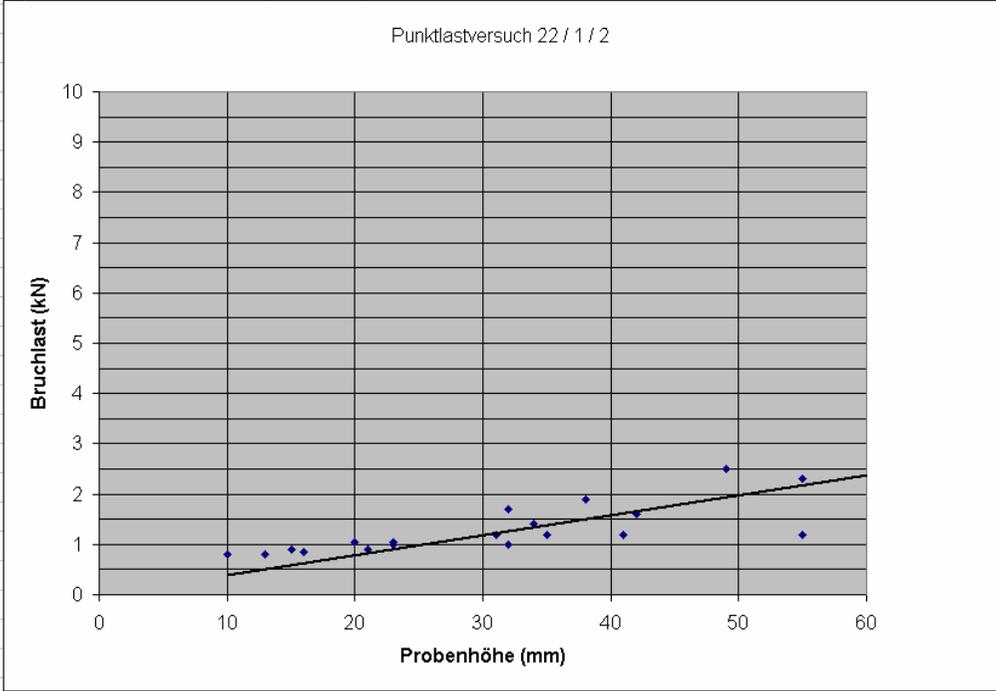
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 21 / 2			
Aufschluss	SEM 21			
Probenbeschreibung	polymikte Brekzie, Komp. < 1 cm			
Probennummer	SE 92			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	67	40,5	2,6	
2	51	39,5	4,8	
3	66	55,5	5,5	
4	60	39,5	2,6	
5	44	39,5	1,7	
6	42	26,5	2,4	
7	91	52,5	2	
8	38	30,5	2,7	
9	74	55,5	6,8	
10	42	18,5	1,4	
11	51	55,5	5,7	
12	40	20,5	3,9	
13	26	22,5	2,6	
14	24	23,5	1,2	
15	35	14,5	1,4	
16	9	12,5	1,15	
17	18	16,5	1,5	
18	10	15,5	1,4	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			4,4	



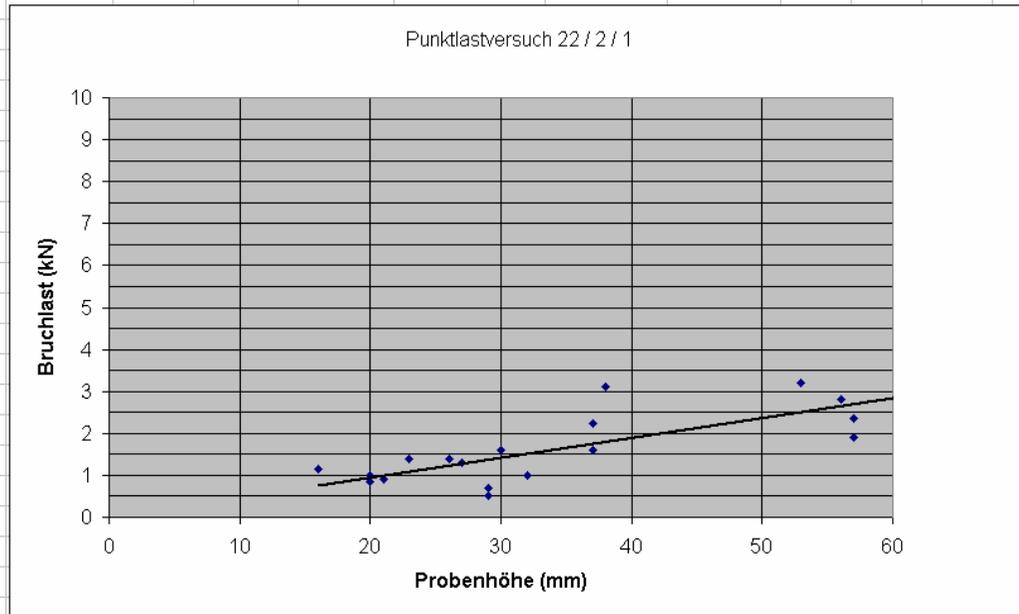
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 22 / 1 / 1			
Aufschluss	SEM 22			
Bereich	1			
Probenbeschreibung	komp. Gest. Brekzie mit Komp. < 1 cm, Komp hauptsächlich Cc			
Probennummer	SE 96			
	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
Probe	80	45	1,4	
1	47	46	1,6	
2	36	29	1,9	
3	23	15	1,3	
4	36	17	0,9	
5	82	47	1,1	
6	57	39	1	
7	51	33	1,9	
8	26	22	0,8	
9	27	21	1	
10	37	19	0,8	
11	25	16	1,05	
12	28	20	0,9	
13	37	25	1,55	
14	47	30	1,55	
15	62	56	1,7	
16	49	45	1,2	
17	35	36	1,7	
18	43	24	0,95	
19	29	18	0,9	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			1,9	



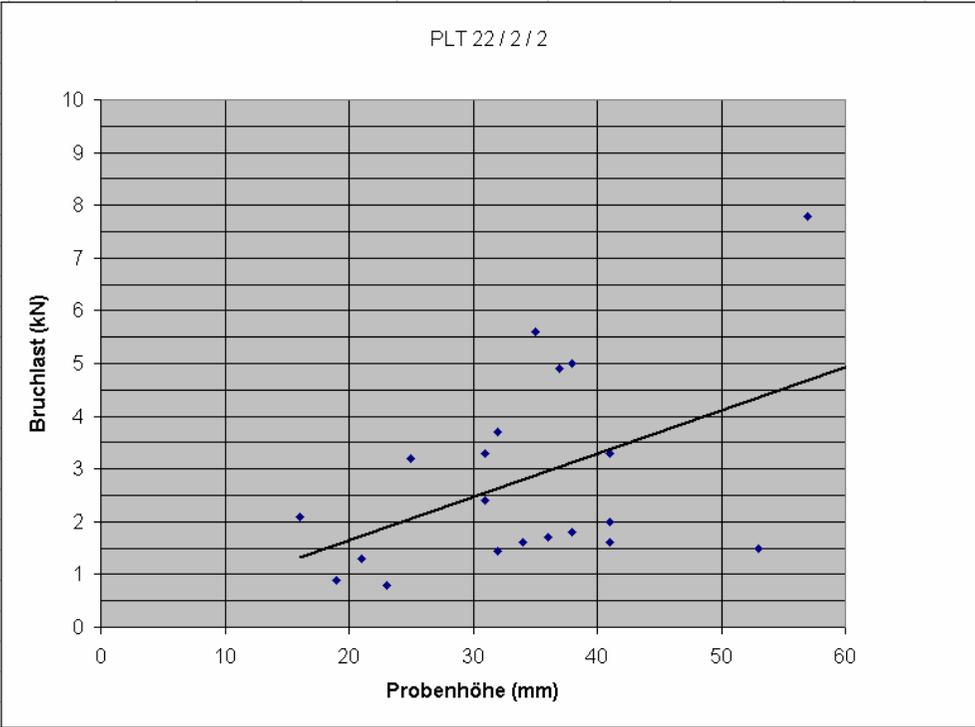
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 22 / 1 / 2			
Aufschluss	SEM 22			
Bereich	1			
Probenbeschreibung	linkester Rand, polymikte Brekzie, Komp bis 3 cm, Komp. Gest., schl. Sortiert. R 1			
Probennummer	SE 97			
	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
Probe	83	41	1,2	
1	55	38	1,9	
2	40	32	1,7	
3	43	34	1,4	
4	40	32	1	
5	24	21	0,9	
6	32	23	1	
7	29	15	0,9	
8	30	23	1,05	
9	25	20	1,05	
10	21	13	0,8	
11	51	49	2,5	
12	60	55	2,3	
13	70	55	1,2	
14	62	35	1,2	
15	57	42	1,6	
16	33	31	1,2	
17	21	16	0,85	
18	24	10	0,8	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			2	



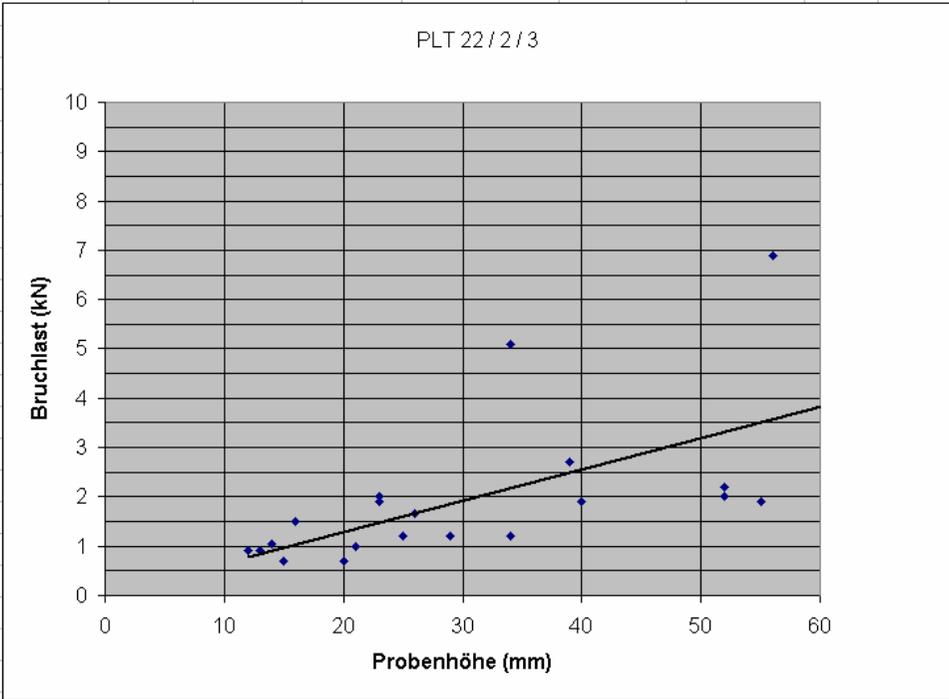
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 22 / 2 / 1			
Aufschluss	SEM 22			
Bereich	2			
Probenbeschreibung	monomikte, komp. Gest. Dolomit-Brekzie, Komp. Bis 2 cm, R 1			
Probennummer	SE 98			
	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
Probe	60	57	1,9	
1	46	26	1,4	
2	29	21	0,9	
3	71	57	2,35	
4	56	29	0,5	
5	27	20	0,85	
6	68	56	2,8	
7	51	37	2,25	
8	41	37	1,6	
9	70	30	1,6	
10	40	29	0,7	
11	35	32	1	
12	34	23	1,4	
13	42	27	1,3	
14	29	16	1,15	
15	28	20	1	
16	80	38	3,1	
17	47	53	3,2	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			2,4	



PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 22 / 2 / 2			
Aufschluss	SEM 22			
Bereich	2			
Probenbeschreibung	monomikte, komp. Gest. Dolomit-Brekzie, Komp. Bis 2 cm, R 1			
Probennummer	SE 99			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	60	32	1,45	
2	40	36	1,7	
3	27	23	0,8	
4	70	31	2,4	
5	49	38	1,8	
6	87	41	3,3	
7	77	57	7,8	
8	61	38	5	
9	36	35	5,6	
10	37	32	3,7	
11	33	25	3,2	
12	45	41	2	
13	63	41	1,6	
14	27	16	2,1	
15	34	34	1,6	
16	51	37	4,9	
17	34	31	3,3	
18	22	19	0,9	
19	26	53	1,5	
20	26	21	1,3	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			4,2	



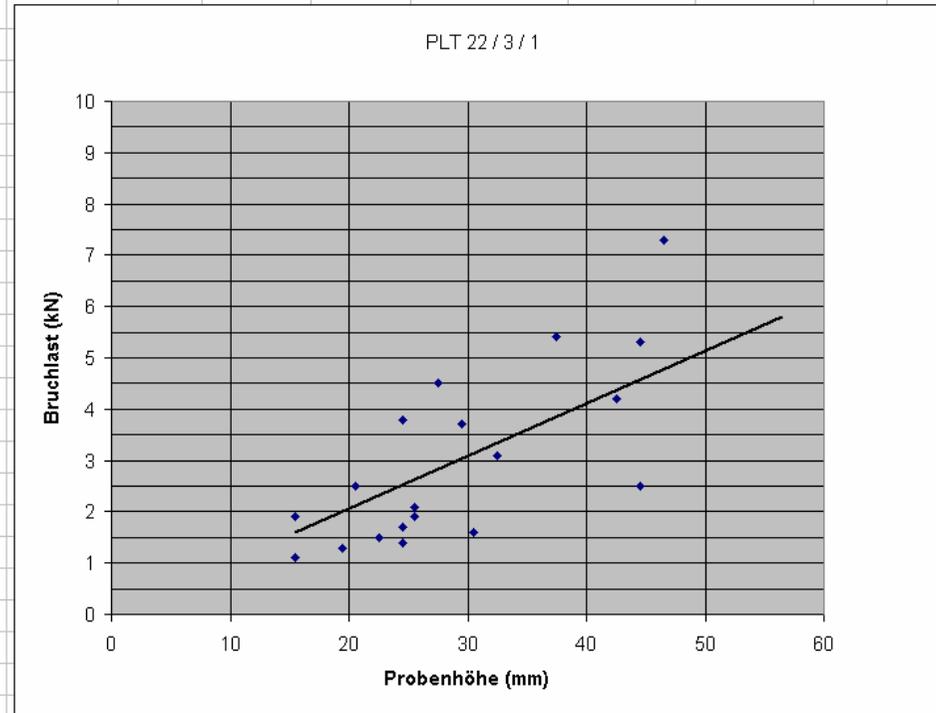
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 22 / 2 / 3			
Aufschluss	SEM 22			
Bereich	2			
Probenbeschreibung	monomikte, komp. Gest. Dolomit-Brekzie, Komp. Bis 2 cm, R 1			
Probennummer	SE 100			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	35	29	1,2	
2	30	15	0,7	
3	67	55	1,9	
4	46	40	1,9	
5	45	52	2,2	
6	62	56	6,9	
7	50	26	1,65	
8	67	52	2	
9	56	23	2	
10	49	39	2,7	
11	58	34	5,1	
12	51	34	1,2	
13	27	21	1	
14	36	20	0,7	
15	51	25	1,2	
16	37	12	0,9	
17	33	23	1,9	
18	26	16	1,5	
19	24	13	0,9	
20	19	14	1,05	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			3,2	



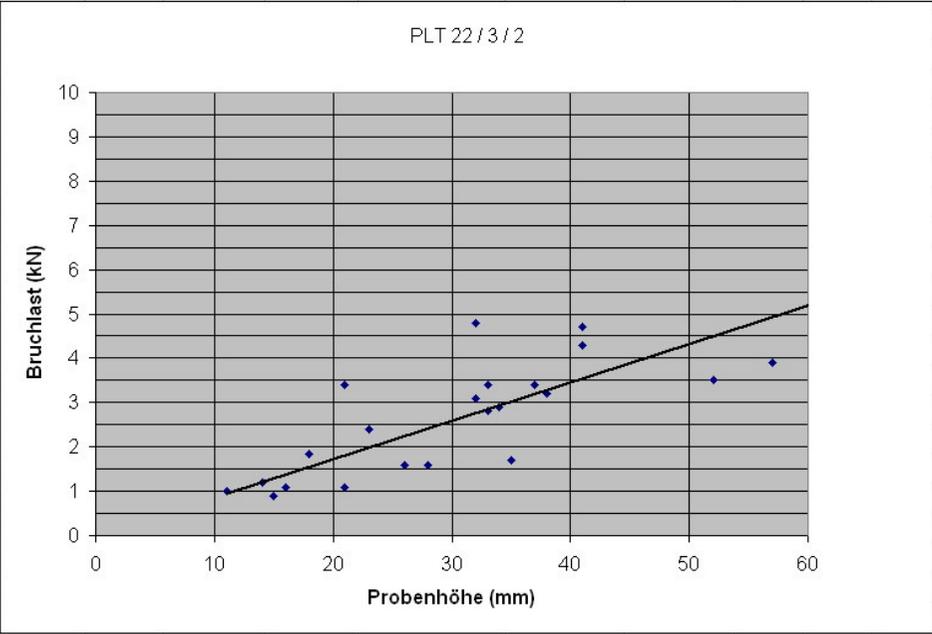
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 22 / 3 / 1			
Aufschluss	SEM 22			
Bereich	3a			
Probenbeschreibung	komp. Gest. , polymikte Brekzie, eckige Komp, bis 1 cm, slickensided			
Probennummer	SE 101			

Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	67	42,5	4,2	
2	81	46,5	7,3	
3	62	44,5	5,3	
4	63	32,5	3,1	
5	56	44,5	2,5	
6	57	30,5	1,6	
7	52	27,5	4,5	
8	41	22,5	1,5	
9	48	37,5	5,4	
10	42	29,5	3,7	
11	32	24,5	3,8	
12	45	30,5	1,6	
13	33	15,5	1,9	
14	28	24,5	1,7	
15	29	25,5	2,1	
16	45	20,5	2,5	
17	38	25,5	1,9	
18	25	15,5	1,1	
19	29	19,5	1,3	
20	28	24,5	1,4	

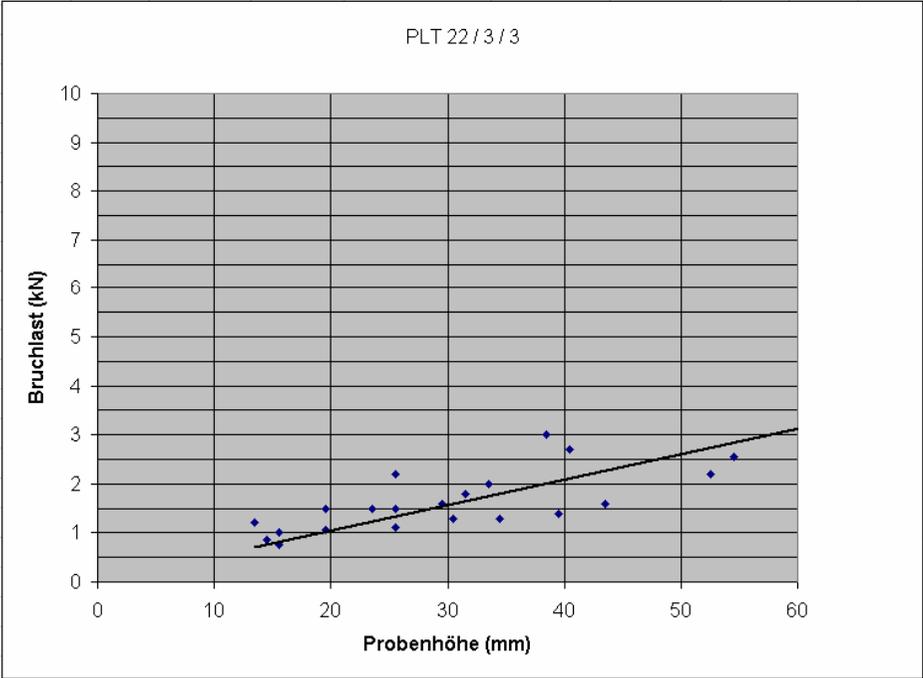
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			5,2
--------------------------------	--	--	-----



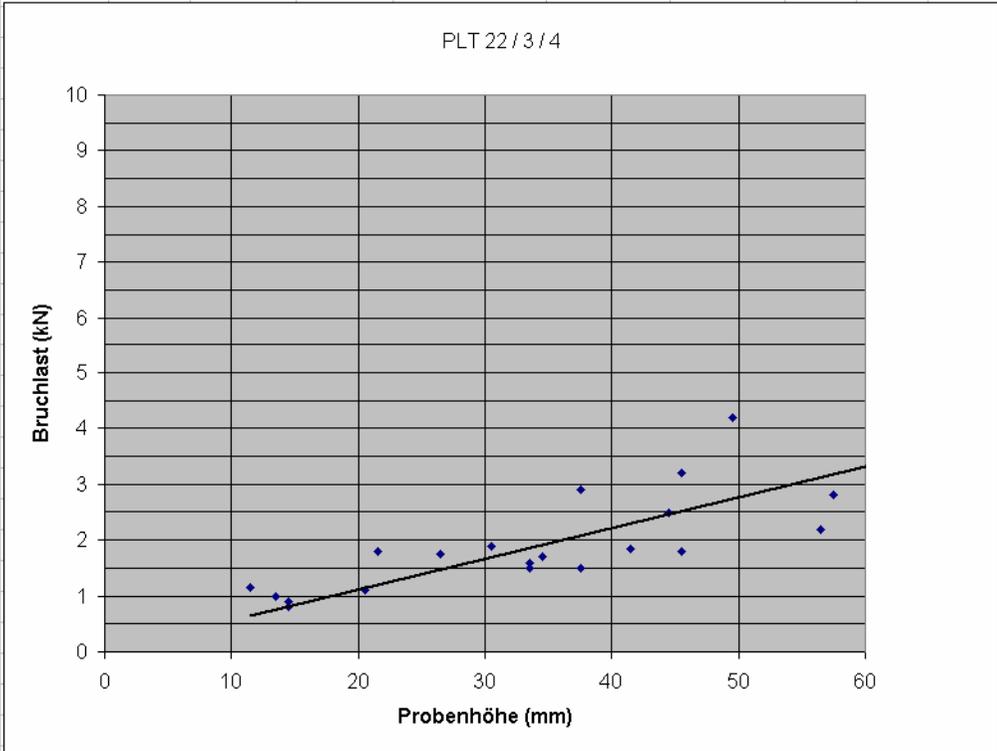
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 22 / 3 / 2			
Aufschluss	SEM 22			
Bereich	3a			
Probenbeschreibung	matrixgest. Brekzie, polymikt, Komp < 1 cm, R 1, slickensided			
Probennummer	SE 102			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	43	52	3.5	
2	56	37	3.4	
3	45	38	3.2	
4	47	32	3.1	
5	55	21	3.4	
6	83	57	3.9	
7	60	41	4.7	
8	58	32	4.8	
9	40	35	1.7	
10	36	33	3.4	
11	43	33	2.8	
12	43	28	1.6	
13	21	21	1.1	
14	25	16	1.1	
15	20	15	0.9	
16	36	23	2.4	
17	25	14	1.2	
18	31	41	4.3	
19	35	34	2.9	
20	39	26	1.6	
21	20	18	1.85	
22	20	11	1	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			4.3	



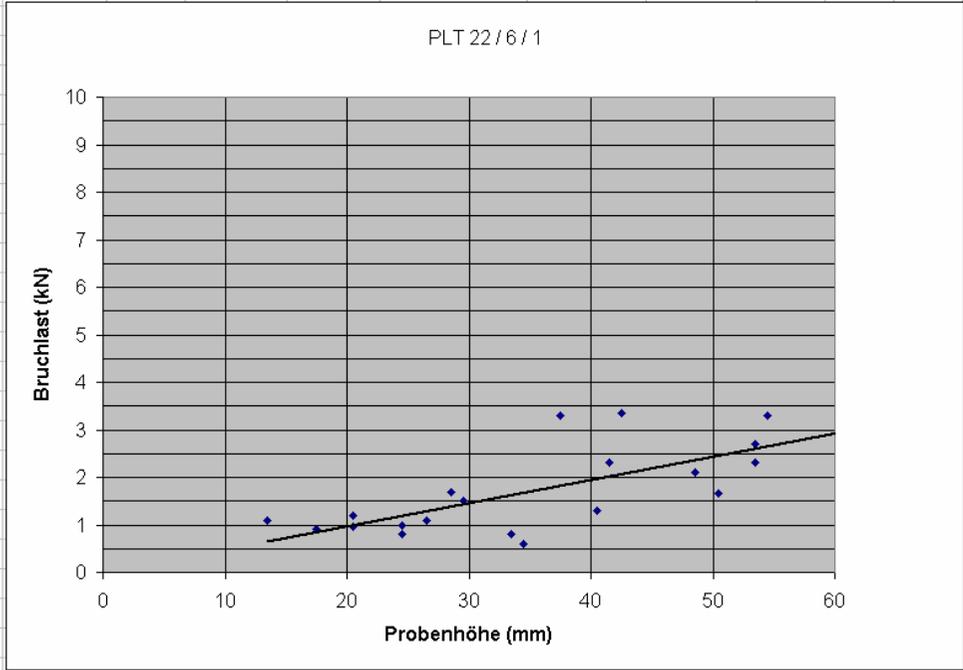
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 22 / 3 / 3			
Aufschluss	SEM 22			
Bereich	3b			
Probenbeschreibung	polymikte, komp. Gest. Brekzie, komp: hellgr., dunkelgr., rosa Dolomit, Matrix Cc			
Probennummer	SE 103			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	77	54,5	2,55	
2	60	38,5	3	
3	47	29,5	1,6	
4	43	34,5	1,3	
5	53	52,5	2,2	
6	56	43,5	1,6	
7	52	25,5	2,2	
8	46	19,5	1,5	
9	40	15,5	1	
10	28	19,5	1,05	
11	66	40,5	2,7	
12	52	39,5	1,4	
13	50	25,5	1,5	
14	17	14,5	0,85	
15	16	15,5	0,75	
16	27	13,5	1,2	
17	54	31,5	1,8	
18	46	23,5	1,5	
19	41	33,5	2	
20	35	30,5	1,3	
21	39	25,5	1,1	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			4,3	



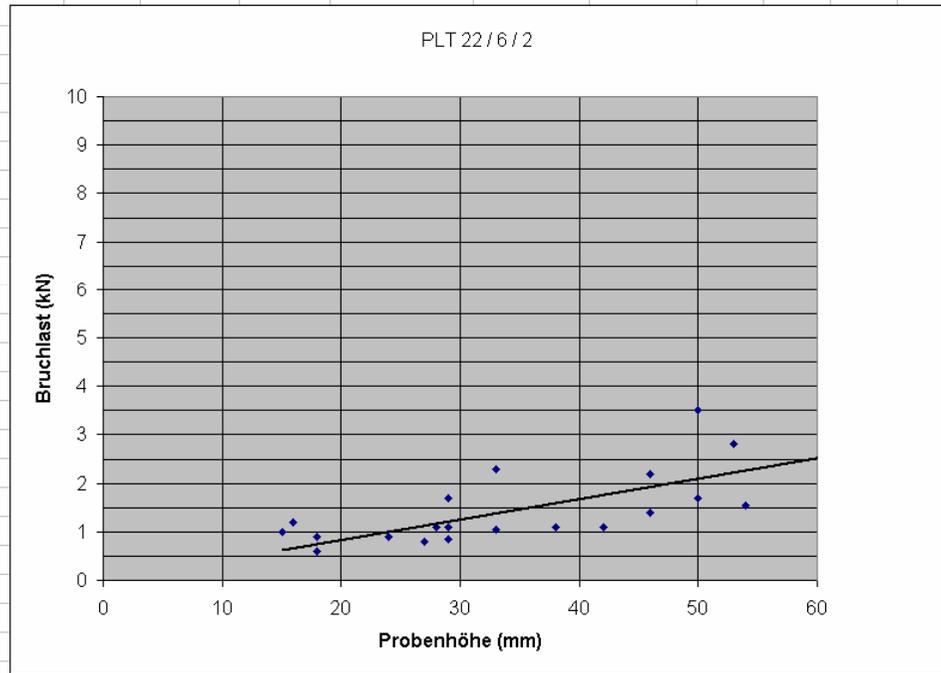
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 22 / 3 / 4			
Aufschluss	SEM 22			
Bereich	3c			
Probenbeschreibung	polymikite, komponentengestützte Brekzie, Komp. Kleiner 2 cm			
Probennummer	SE 104			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	59	33,5	1,6	
2	39	30,5	1,9	
3	53	49,5	4,2	
4	90	56,5	2,2	
5	62	44,5	2,5	
6	57	57,5	2,8	
7	62	37,5	2,9	
8	57	11,5	1,15	
9	89	45,5	1,8	
10	43	41,5	1,85	
11	35	26,5	1,75	
12	28	13,5	1	
13	68	45,5	3,2	
14	57	33,5	1,5	
15	32	20,5	1,1	
16	55	37,5	1,5	
17	52	34,5	1,7	
18	29	21,5	1,8	
19	26	14,5	0,8	
20	27	14,5	0,9	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			2,8	



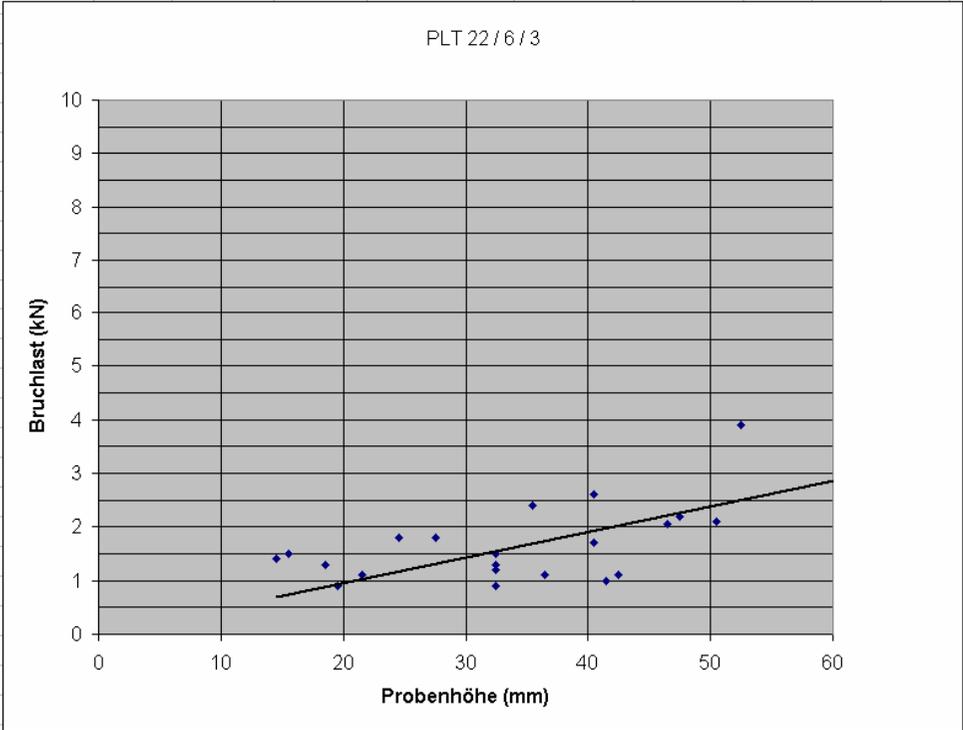
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 22 / 6 / 1			
Aufschluss	SEM 22			
Bereich	6			
Probenbeschreibung	Zellenkalk - dilatation breccia, komp < 1 cm, calc. Zerspalten, komp. gest.			
Probennummer	SE 105			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	96	48,5	2,1	
2	78	54,5	3,3	
3	55	40,5	1,3	
4	68	53,5	2,7	
5	65	53,5	2,3	
6	60	50,5	1,65	
7	58	37,5	3,3	
8	58	33,5	0,8	
9	57	42,5	3,35	
10	60	20,5	0,95	
11	40	41,5	2,3	
12	49	28,5	1,7	
13	42	29,5	1,5	
14	38	34,5	0,6	
15	35	26,5	1,1	
16	23	24,5	1	
17	40	20,5	1,2	
18	40	17,5	0,9	
19	31	24,5	0,8	
20	20	13,5	1,1	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			2,5	



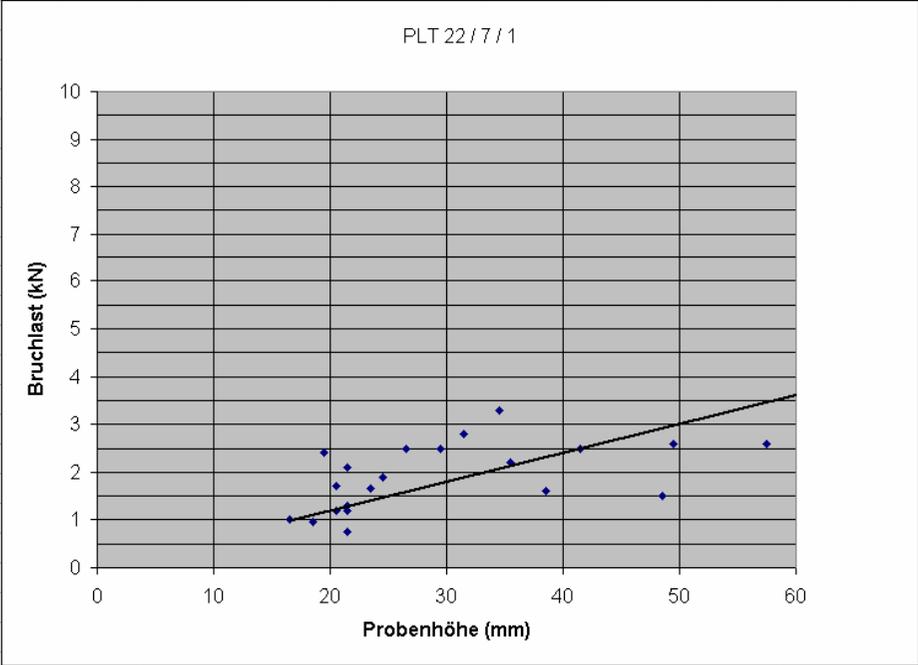
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 22 / 6 / 2			
Aufschluss	SEM 22			
Bereich	6			
Probenbeschreibung	Zellenkalk - dilatation breccia, komp < 1 cm, calc. Zerspalten, komp. gest.			
Probennummer	SE 106			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	100	50	3,5	
2	60	46	1,4	
3	67	53	2,8	
4	47	50	1,7	
5	60	46	2,2	
6	65	54	1,55	
7	40	27	0,8	
8	45	33	1,05	
9	58	38	1,1	
10	47	33	2,3	
11	40	29	1,1	
12	39	42	1,1	
13	43	29	1,7	
14	41	18	0,6	
15	38	24	0,9	
16	32	29	0,85	
17	30	28	1,1	
18	27	18	0,9	
19	32	16	1,2	
20	26	15	1	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			2,1	



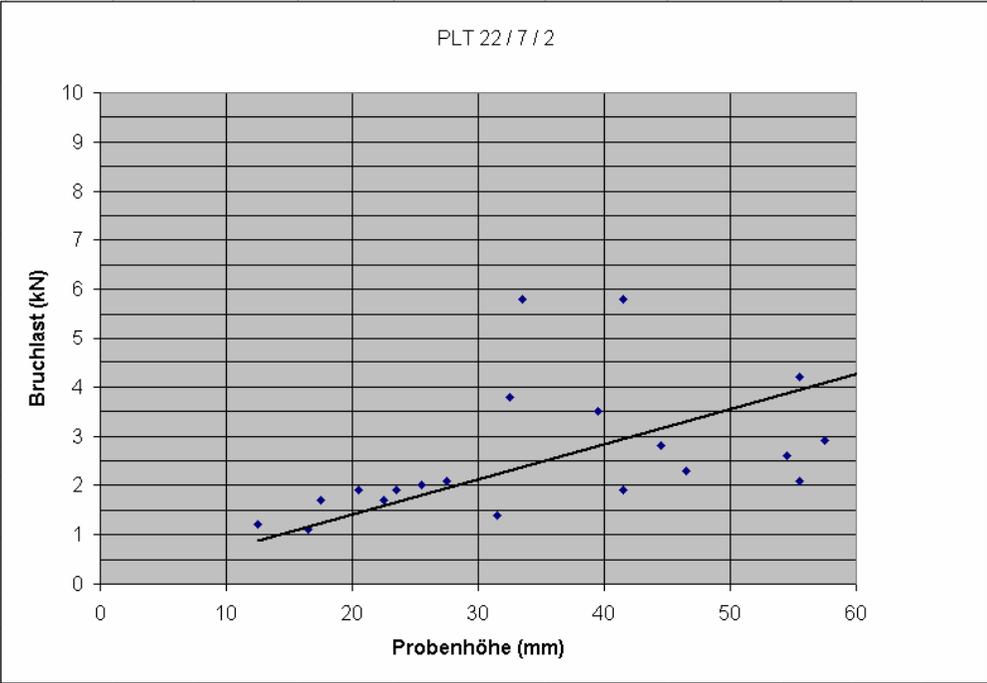
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 22 / 6 / 3			
Aufschluss	SEM 22			
Bereich	6			
Probenbeschreibung	Zellenkalk - dilatation breccia, komp < 1 cm, calc. Zerspalten, komp. gest.			
Probennummer	SE 107			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	72	40,5	40,5	1,7
2	84	52,5	52,5	3,9
3	60	46,5	46,5	2,05
4	53	40,5	40,5	2,6
5	47	27,5	27,5	1,8
6	53	36,5	36,5	1,1
7	67	47,5	47,5	2,2
8	60	32,5	32,5	1,3
9	42	32,5	32,5	1,2
10	75	50,5	50,5	2,1
11	64	35,5	35,5	2,4
12	48	18,5	18,5	1,3
13	39	21,5	21,5	1,1
14	39	19,5	19,5	0,9
15	45	42,5	42,5	1,1
16	27	32,5	32,5	1,5
17	35	24,5	24,5	1,8
18	39	15,5	15,5	1,5
19	19	14,5	14,5	1,4
20	56	32,5	32,5	0,9
21	46	41,5	41,5	1
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			2,4	



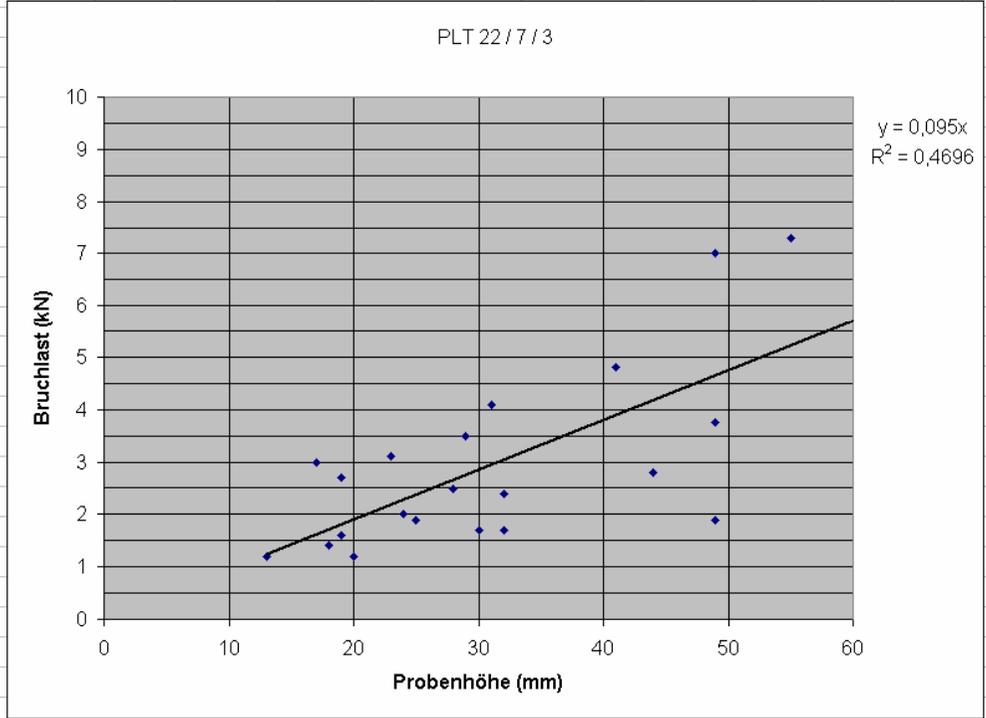
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 22 / 7 / 1			
Aufschluss	SEM 22			
Bereich	7			
Probenbeschreibung	Dolomit mit calc. Zerspalten, < 0,5 cm			
Probennummer	SE 108			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	55	29,5	2,5	
2	61	34,5	3,3	
3	47	26,5	2,5	
4	97	49,5	2,6	
5	60	48,5	1,5	
6	40	57,5	2,6	
7	57	41,5	2,5	
8	85	35,5	2,2	
9	36	20,5	1,7	
10	66	38,5	1,6	
11	30	18,5	0,95	
12	39	24,5	1,9	
13	33	23,5	1,65	
14	49	21,5	1,2	
15	43	19,5	2,4	
16	45	20,5	1,2	
17	37	21,5	1,3	
18	24	21,5	0,75	
19	23	16,5	1	
20	25	21,5	2,1	
21	45	31,5	2,8	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			3	



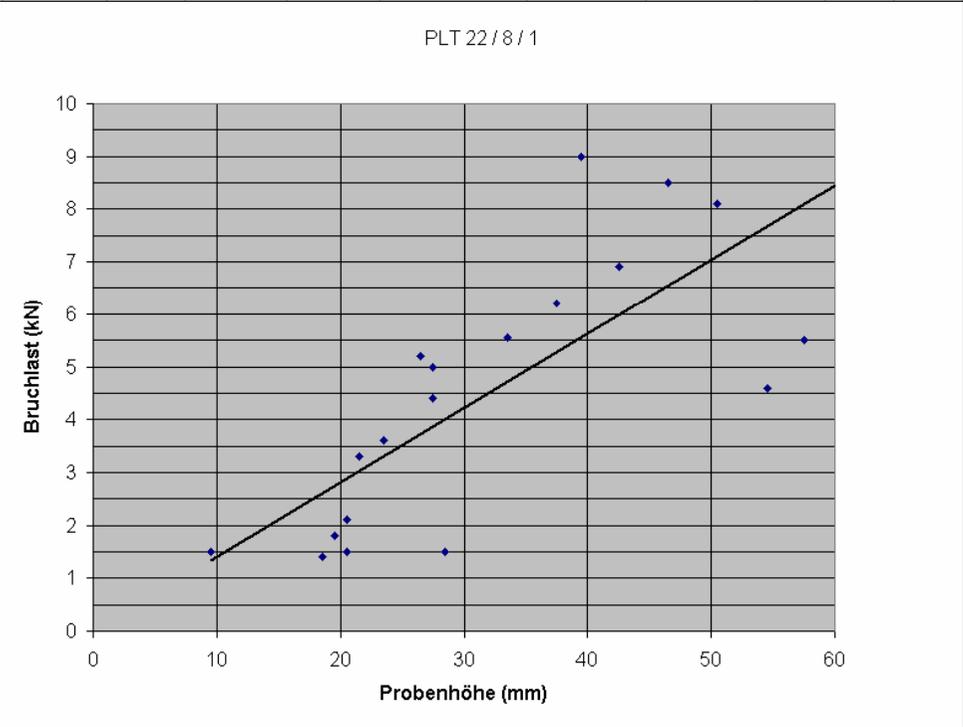
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 22 / 7 / 2			
Aufschluss	SEM 22			
Bereich	7			
Probenbeschreibung	Dolomit mit calc. Zerspalten, < 0,5 cm			
Probennummer	SE 109			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	63	44,5	2,8	
2	60	46,5	2,3	
3	58	41,5	5,8	
4	76	55,5	2,1	
5	80	57,5	2,9	
6	66	39,5	3,5	
7	68	54,5	2,6	
8	54	33,5	5,8	
9	33	27,5	2,1	
10	56	31,5	1,4	
11	48	32,5	3,8	
12	43	17,5	1,7	
13	23	20,5	1,9	
14	40	22,5	1,7	
15	23	16,5	1,1	
16	16	12,5	1,2	
17	39	20,5	1,9	
18	59	55,5	4,2	
19	47	41,5	1,9	
20	45	23,5	1,9	
21	34	25,5	2	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			3,5	



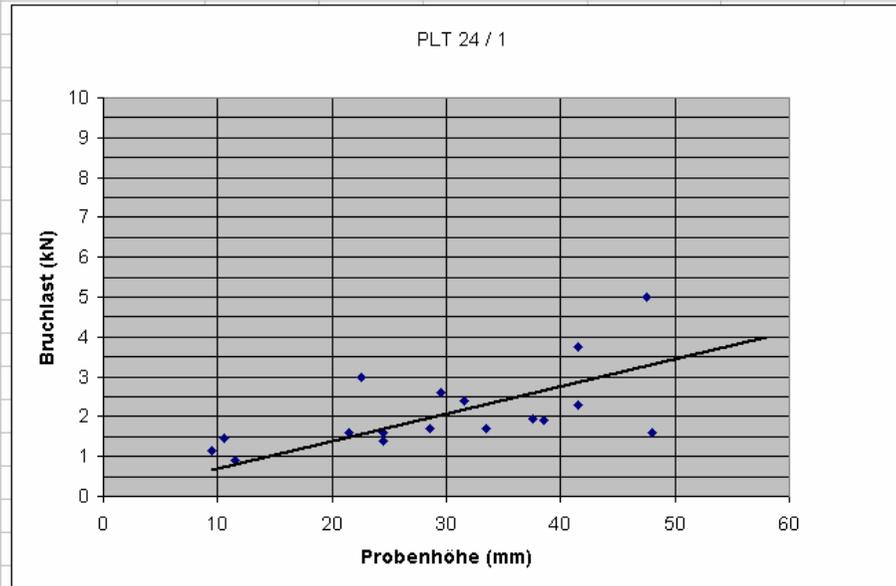
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 22 / 7 / 3			
Aufschluss	SEM 22			
Bereich	7			
Probenbeschreibung	Dolomit mit calc. Zerspalten, < 0,5 cm			
Probennummer	SE 110			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	84	55	7,3	
2	60	49	1,9	
3	58	49	7	
4	53	23	3,1	
5	44	32	2,4	
6	33	32	1,7	
7	45	29	3,5	
8	35	25	1,9	
9	66	24	2	
10	50	31	4,1	
11	41	28	2,5	
12	67	19	2,7	
13	37	17	3	
14	29	20	1,2	
15	34	18	1,4	
16	21	13	1,2	
17	23	19	1,6	
18	48	41	4,8	
19	45	30	1,7	
20	51	44	2,8	
21	53	49	3,75	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			4,8	



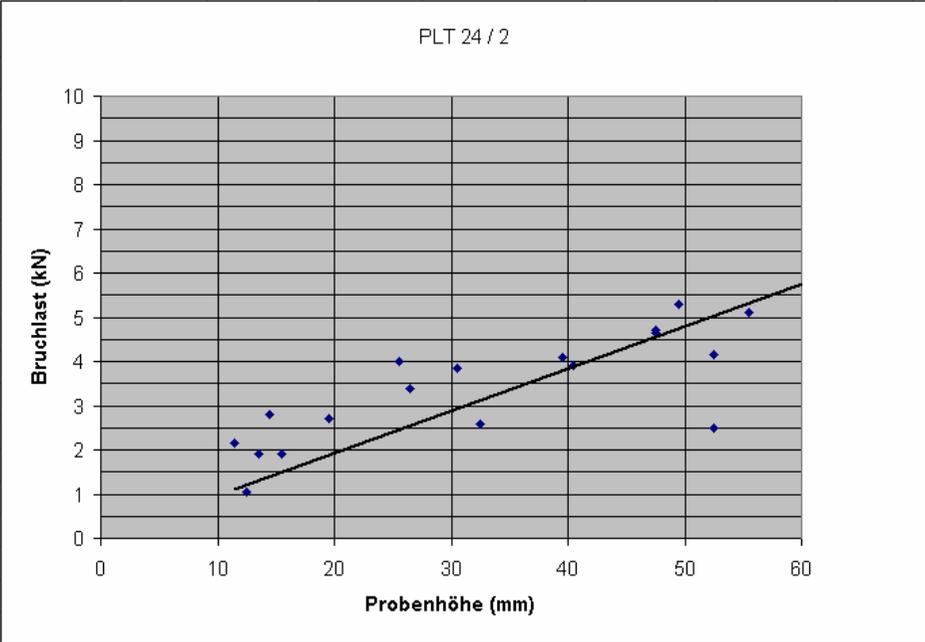
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 22 / 8 / 1			
Aufschluss	SEM 22			
Bereich	8			
Probenbeschreibung	dilatation breccia, mittelgr. Kalk oder Dolo, sehr engständige cc-gashes, komp < 3 mm			
Probennummer	SE 111			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	74	23,5	3,6	
2	66	28,5	1,5	
3	57	26,5	5,2	
4	66	46,5	8,5	
5	59	57,5	5,5	
6	74	37,5	6,2	
7	35	42,5	6,9	
8	44	27,5	4,4	
9	30	20,5	1,5	
10	47	39,5	9	
11	25	19,5	1,8	
12	27	18,5	1,4	
13	55	54,5	4,6	
14	30	20,5	2,1	
15	19	9,5	1,5	
16	60	33,5	5,55	
17	65	50,5	8,1	
18	28	21,5	3,3	
19	26	9,5	1,5	
20	41	27,5	5	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			7,05	



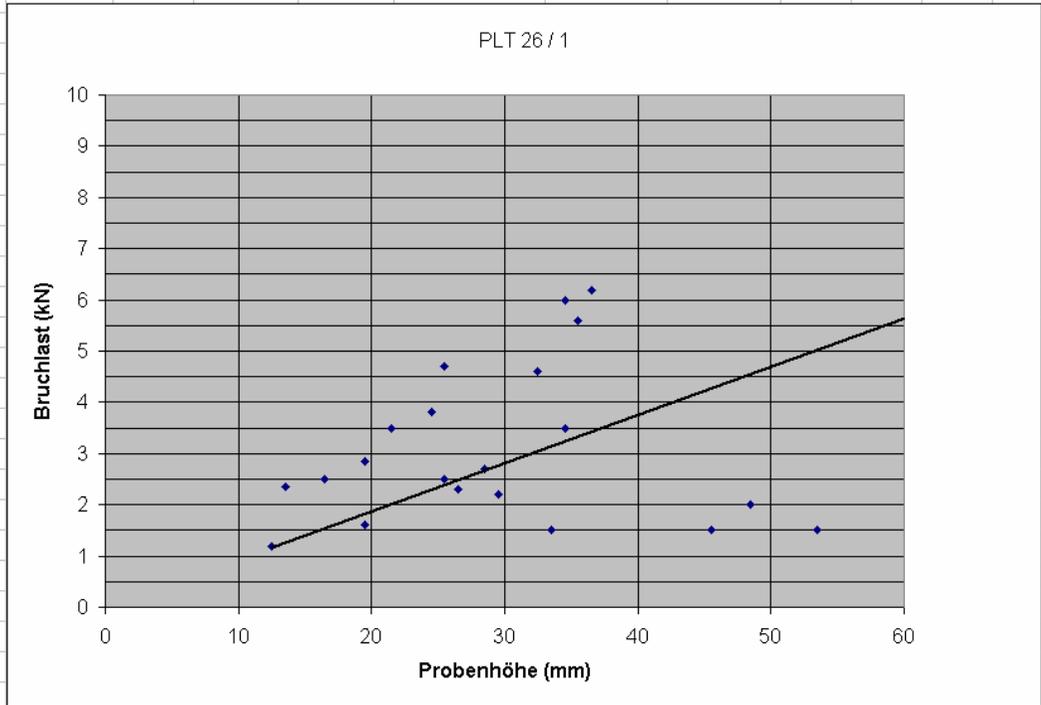
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 24 /1			
Aufschluss	SEM 24			
Probenbeschreibung	hellgrauer Kalk feinkörnige dilatation breccia, protolith Bruchstücke < 0,5 cm, CC Zement, Komp tlw. Gelöst			
Probennummer	SE 89			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	91	47,5	5	
2	70	48	1,6	
3	68	37,5	1,95	
4	76	41,5	3,75	
5	39,5	38,5	1,9	
6	58	33,5	1,7	
7	48	28,5	1,7	
8	52	41,5	2,3	
9	46	29,5	2,6	
10	67	31,5	2,4	
11	41	21,5	1,6	
12	55	24,5	1,6	
13	29	24,5	1,4	
14	35	10,5	1,45	
15	44	22,5	3	
16	28	11,5	0,9	
17	25	9,5	1,15	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe		3,5		



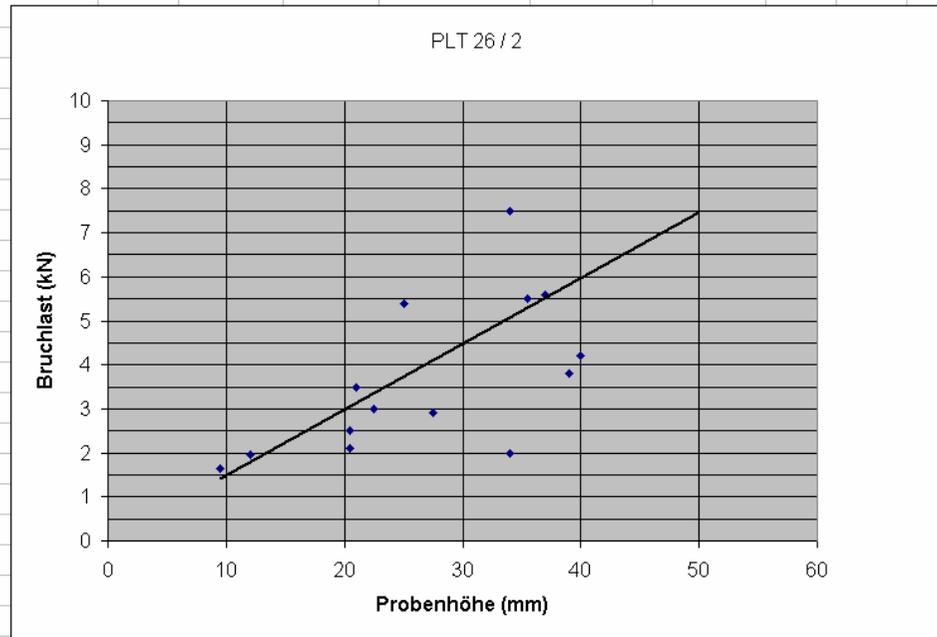
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 24 / 2			
Aufschluss	SEM 24			
Probenbeschreibung	hellgrauer Kalk feinkörnige dilatation breccia, protolith Bruchstücke < 0,5 cm, CC Zement, Komp tlw. Gelöst			
Probennummer	SE 90			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	63	47,5	4,7	
2	44	39,5	4,1	
3	72	52,5	2,5	
4	53	32,5	2,6	
5	30	15,5	1,9	
6	65	49,5	5,3	
7	73	55,5	5,1	
8	60	11,5	2,15	
9	29	19,5	2,7	
10	54	47,5	4,65	
11	75	52,5	4,15	
12	51	40,5	3,9	
13	25	13,5	1,9	
14	43	25,5	4	
15	23	26,5	3,4	
16	35	12,5	1,05	
17	55	30,5	3,85	
18	31	14,5	2,8	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe		4,7		



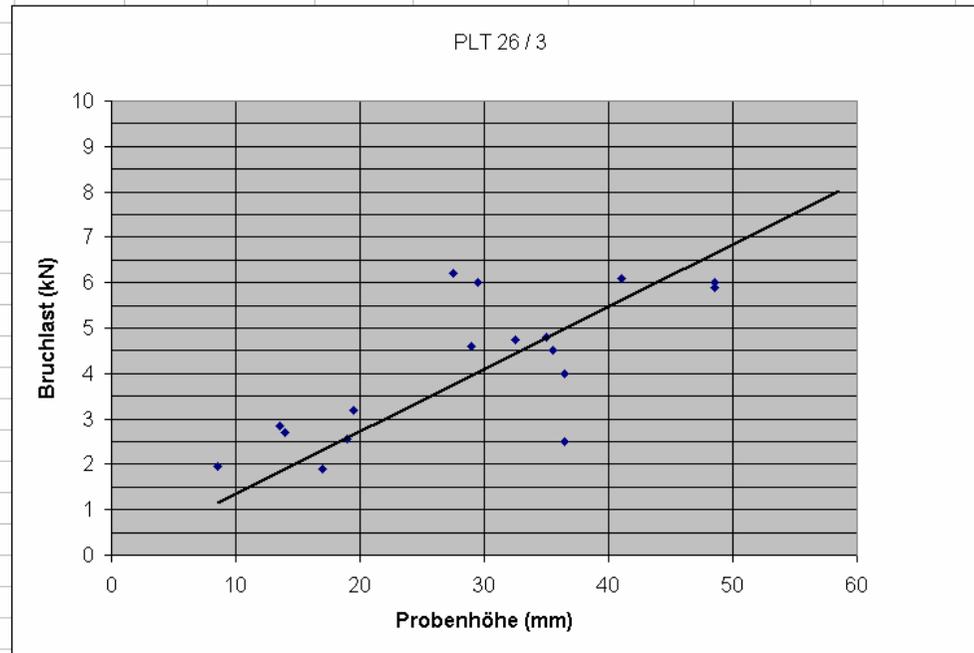
PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 26 / 1			
Aufschluss	SEM 26			
Probenbeschreibung	hellgrauer Dolomit, FF 3			
Probennummer	SE 86			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	86	53,5	1,5	
2	57	48,5	2	
3	48	45,5	1,5	
4	32	34,5	6	
5	50	28,5	2,7	
6	31	19,5	2,85	
7	65	32,5	4,6	
8	83	35,5	5,6	
9	65	36,5	6,2	
10	60	25,5	2,5	
11	46	33,5	1,5	
12	48	25,5	4,7	
13	40	29,5	2,2	
14	36	21,5	3,5	
15	37	24,5	3,8	
16	34	34,5	3,5	
17	30	19,5	1,6	
18	24	13,5	2,35	
19	28	26,5	2,3	
20	30	16,5	2,5	
21	25	12,5	1,2	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			4,7	



PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 26 / 2			
Aufschluss	SEM 26			
Probenbeschreibung	hellgrauer Dolomit, FF 2			
Probennummer	SE 87			
Probe	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
1	62	35,5	5,5	
2	67	39	3,8	
3	60	37	5,6	
4	40	40	4,2	
5	40	28,5	10,5	
6	35	27,5	2,9	
7	50	20,5	2,5	
8	29	20,5	2,1	
9	21	22,5	3	
10	42	21	3,5	
11	27	34	7,5	
12	43	34	2	
13	40	25	5,4	
14	34	9,5	1,65	
15	20	12	1,95	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			7,5	



PUNKTLASTVERSUCH				
Punktlast Nr	PLT 26 / 3			
Aufschluss	SEM 26			
Probenbeschreibung	Hellgrauer Dolomit, FF 3, isolated open vugs (<1cm)			
Probennummer	SE 88			
	Breite [mm]	Probenhöhe [mm]	Kraft [kN]	Bemerkung
Probe	52	27,5	6,2	
1	49	36,5	2,5	
2	40	36,5	4	
3	38	19,5	3,2	
4	38	13,5	2,85	
5	38	35,5	4,5	
6	35	29,5	6	
7	49	48,5	5,9	
8	46	48,5	6	
9	45	41	6,1	
10	38	32,5	4,75	
11	51	35	4,8	
12	43	14	2,7	
13	33	29	4,6	
14	30	17	1,9	
15	21	19	2,55	
16	19	8,5	1,95	
Bruchlast bei 50 mm Probenhöhe			6,8	



10.5. Ultraschallgeschwindigkeitsmessungen

Probe Nr	Höhe [mm]	Laufzeit [10^{-6} sec]	Laufzeit [km / sec]
21	52	18,3	2,84
28	70	36,8	1,90
32	68,5	16,7	4,10
37	68	30,0	2,27
43	48	16,2	2,96
59	67	24,0	2,79
59	65	19,6	3,32
59	69	22,3	3,09
76	52	8,7	5,98
76	52	8,7	5,98
76	67	13,5	4,96
78	67	22,5	2,98
81	68	14,4	4,72
82	65	12,8	5,08
87	53	15,1	3,51
87	67	20,6	3,25
89	59	18,3	3,22
89	72	18,9	3,81
92	72	22,8	3,16
93	52	19,7	2,64
94	67	28,5	2,35
95	50	18,6	2,69
96	50	15,7	3,18
97	69	22,0	3,14
98	72	21,7	3,32
100	68	22,9	2,97
104	62	23,1	2,68
106	51	13,1	3,89
108	52	19,6	2,65
111	71,5	17,0	4,21

10.6. Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde eine ca. 300 m breite, WSW-ENE streichende, sinistrale Seitenverschiebung („Palace-Hotel-Störung“), die dem miozänen Mur-Mürz-Wiener Becken-Transformstörungssystem angehört, analysiert. Diese Störungszone, die triadische Karbonatabfolgen des Unterostalpins im Myrtengraben (ca. 2 km E des Semmeringpasses) durchschneidet, wurde mittels Petrographie und sprödetektonischen Aufnahmen untersucht. Weiters wurden geotechnische Parameter (Festigkeit (Schmidt-Hammer und Punktlastversuch), Rohdichte, Porosität und Ultraschallgeschwindigkeit) der Nebengesteine (Kalk und Dolomit), der Damage Zone und des Störungskerns erhoben.

Die Störungsgesteine sind vielfältig ausgebildet (intensiv zerlegte Dolomite, Kataklasite und Dilatation Breccias), unterscheiden sich in ihren geotechnischen Eigenschaften massiv von den Ausgangsgesteinen und können zu Rauhacken verwittern. Die Kataklastose erfolgte zweiphasig. Die zuerst entstandenen Kataklastite sind mit Dolomit zementiert worden, nach weiterer Kataklastose wurden diese mit Kalzit zementiert.

Die offene Porosität nimmt in Richtung Störungskern um fast das zehnfache (auf 20 %) in Bezug auf die Ausgangsgesteine zu, in gleicher Weise sinkt die Rohdichte im Störungskern um bis zu 25 %. Die mittels Punktlastversuch (PLT) ermittelten Festigkeitswerte nehmen um bis zu 80 % in Richtung Störungskern ab. Die mittels Schmidt-Hammer erhobenen Werten nehmen generell in Richtung Störungskern ab, zeigen jedoch keine so dramatisch erniedrigten Werte wie beim PLT (Abnahme um 30%). Die Festigkeitswerte der Dilatation Breccias sind generell nur um 5 % höher als die der Kataklastite. Jedoch sind bei den Kataklastiten und den Dilatation Breccias enorme Schwankungen in der Festigkeit, Dichte und Porosität vorhanden, die auf die unterschiedlichen Gefügemerkmale und die selektive Verwitterung der verschiedenen Komponenten zurückgeführt werden. Die Ultraschallgeschwindigkeiten zeigen leider kaum Korrelation zu den anderen ermittelten geotechnischen Parametern.

10.7. Abstract

A huge, sinistral, WSW-ENE striking strike-slip fault zone of approximately 300 m width (Palace-Hotel-Fault) - belonging to the miocene Mur-Muerz-Vienna Basin-transform fault - cuts through triassic carbonatic rocks of the "Lower Eastern Alpine" units in the "Myrtengraben" (2 km E of the Semmering mountain pass). This fault zone was analyzed by petrographical methods. Furthermore a kinematic study of this fault zone was done and geotechnical parameters (density, porosity, ultra sound velocity and strength ("Schmidt-Hammer" and Point load test)) of the protolithes (dolomite, limestone) and the different fault rocks (fractured and sealed dolomites, dilatation breccias and cataclasites) were collected. The fault rocks can weather to "Rauhacken" ("cellular dolomite") and are difficult to differentiate from sedimentary breccias.

Density decreases towards fault core (up to 25 %), in contrast to this porosity raises up to 20 %. PLT-strength decreases towards fault core by a maximum of 80 %. Schmidt-Hammer-rebound values decrease towards fault core, but the measured values don't show the massiv strength-reduction compared to the PLT. Ultra sound velocities cannot be well compared to strength, density or porosity of the analysed rocks.

Dilatation breccias show a little bit higher strength (5 %) than cataclasites, but absolute values of strength, porosity and density differ a lot because of the structural and textural varieties of the rocks, component types and weathering (creation of "Rauhacke").