



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Deformation an sarmatischen Sedimenten
(St. Margarethen / Burgenland)

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer.nat.)

Verfasser:	Herbert Pretsch
Matrikel-Nummer:	9808469
Studienrichtung:	Geologie (Studienzweig A431)
Betreuer:	Univ.-Prof. Mag. Dr. Bernhard Grasemann Leiter des Departments für Geodynamik und Sedimentologie Mitglied des Senats

Wien, Oktober 2009

Gewidmet ist diese Arbeit Jenen,
welche diese mit Interesse, jedoch
auch mit Verständnis und Bedacht
lesen.

Aber auch allen Helferinnen und
Helfern, Wegbegleiterinnen und
Wegbegleitern, welche mir die
Vollendung meines Studiums
ermöglichten, zum Trotz aller Jener
welche sich mir als Stolpersteine auf
diesem Weg erwiesen.

Inhalt

1	Vorwort.....	1
2	Zusammenfassung.....	3
3	Abstract.....	4
4	Geographie.....	5
5	Geologie.....	7
5.1	Alpide Orogenese.....	7
5.1.1	Wiener Becken (als intramontanes Becken).....	9
5.1.2	Tektonik.....	12
5.2	Diplomarbeitsgebiet.....	13
5.2.1	Tektonik.....	15
6	Visualisierung der Geländedaten	15
6.1	Laserscan.....	18
6.2	GoCad.....	20
6.2.1	Strukturelemente in GoCad digitalisieren	24
6.2.1.1	<u>Schichtungen</u>	26
6.2.1.2	<u>Foreset Beds</u>	29
6.2.1.3	<u>Störungen</u>	33
7	Porosität.....	38
7.1	ImageJ - Rechnergestützte Methode	41
7.1.1	Schwellenwerteinstellung und Berechnung in ImageJ.....	44
7.2	Pointcounter – herkömmliche Methode	46
7.3	Ergebnisse der Porositätsbestimmung und deren Gegenüberstellung. 48	
7.4	Fehlerursachen und Genauigkeit der Ergebnisse	51
7.4.1	Fehler bei der Auswertung mit ImageJ im roten Farbkanal	52
7.4.2	Auswertung mit ImageJ im blauen Farbkanal.....	53
7.4.3	Fehler bei der Auswertung mit ImageJ im grünen Farbkanal	54
7.4.4	Fehler aus dem Kontrastumfang in den verwendeten Grauwertbildern.....	54
8	Bilanzierung.....	56
8.1	Listrische Abschiebungen.....	57
8.1.1	Dip-Domains.....	58
8.1.2	Konstruktion des Detachmenthorizonts	59
8.1.2.1	<u>Rechnergestützte Konstruktion mittels GeoGebra</u>	60
8.2	Nichtanwendbarkeit der Konstruktionsmethoden zu listrischen Abschiebungen.....	63
8.3	Aufschlussituation.....	64

9	Ausblick und weiterführende Untersuchungen	68
10	Danksagung	70
11	Abbildungsverzeichnis.....	71
12	Geo-Boxen	74
13	Literatur	75
14	Verwendete Software	80
15	Anhang	81

1 Vorwort

Aufgrund des Umstandes, dass ich „schräg“ – also im Sommersemester – mit meinem Studium während einer Vollzeitberufstätigkeit begonnen habe, versuchte ich zur Steigerung der Effizienz Vorlesungen, Übungen und Exkursionen aus höheren Semestern vorzuziehen und so in den normalen Plan mit einzubeziehen.

So besuchte ich zum Beispiel die Übungen zur „allgemeinen Geologie“, welche erst für das vierte Semester geplant waren, bereits im ersten Semester.

Dort hatte ich den ersten Kontakt mit Bernhard Grasmann und strukturellen Themen in der Geologie.

Bald darauf wurde dieser Kontakt in der „Kartenkunde und Profilerstellung“ intensiviert. Dabei wurde mein Interesse für das Gebiet der „Strukturgeologie“ endgültig geweckt.

Von meinem heutigen Standpunkt heraus kann ich ohne Übertreibung sagen, dass es in der Gruppe „Strukturgeologie“ zahlreiche interessante und motivierende Themen gab und gibt.

Somit freut es mich, dass ich meine Diplomarbeit bei Bernhard Grasmann schreiben durfte, der immer auf den Erfolg, die geeigneten Themen und den erfolgreichen Einstieg ins Berufsleben der Studenten bedacht ist.

Trotz einer nicht immer homogenen Gruppe, aufgrund naturgemäß verschiedener Persönlichkeiten und Themenschwerpunkten, gelingt es ihm immer wieder alle zu motivieren und dem Erfolg zuzuführen.

2 Zusammenfassung

Im Sarmatium und Pannonium des Eisenstädter-Sopron-Beckens zeigen sich, aufgrund extensioneller Bruchtektonik im Rahmen der alpinen Orogenese, eine Reihe von Störungen, welche variablen Versatz von wenigen Zentimetern bis hin zu mehreren Metern aufweisen. Diese deformierten Sedimente befinden sich in der Hangendscholle einer großen Hauptstörung. In der Liegendscholle unter der Hauptstörung mit einem Versatz von mehreren Zehnermetern befinden sich Sedimente des Badeniums.

Eine vertikale, in einer Kiesgrube sehr gut aufgeschlossenen, Wand bot die Gelegenheit diese Störungen, auch mit Hilfe eines Laserscanners vom Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung (TU-Wien), detailliert zu vermessen und in einem 3D Visualisierungsprogramm darzustellen.

Da der Versatz an den Störungen einen starken Versetzungsgradienten aufweist und sich an den angrenzenden Schichten gegen Null bewegt stellte sich die Frage wie sich dieser starke Gradient in Form einer Reduktion der Porosität in den angrenzenden Schichten widerspiegelt. Dazu wurde im Rahmen dieser Arbeit eine herkömmliche und eine computerunterstützte Methode verwendet und quantitativ gegenübergestellt.

Weiters wurde der extensionelle Versatz und die damit verbundene Deformation der Sedimente mit einem eigens entwickelten Computerprogramm bilanziert. Dieses Programm beruht auf einer kinematischen Methode, welche das Modell einer listrischen Abschiebung voraussetzt. Die Schwierigkeit unter diesen Annahmen die natürlichen Geometrien nachzumodellieren lässt den Schluss zu, dass es sich bei diesem Abschiebungssystem um keine listrische Störung, sondern um eine planare Abschiebung mit einem starken Versetzungsgradienten handelt.

3 Abstract

A range of faults formed in the Eisenstadt-Sopron Basin during the Sarmatian and Pannonian, with displacements varying from a few centimetres to several metres, due to extensional tectonics related to the Alpine Orogeny.

Sarmatian sediments lying in the hanging-wall of a large-scale normal fault in a quarry in the St Margareten area of Burgenland, show several minor synthetic faults. In the footwall, under the main fault-surface, along which a displacement of several tens of metres occurred, sediments of Badenian age crop out.

A very well-exposed vertical face within the quarry exhibits the geometrical relationships between the minor faults and the adjacent bedding. These were measured in detail, using laser-scanning equipment from the Institute of Photogrammetry and Remote Sensing (TU Vienna), and subsequently displayed in a 3D graphics program (GOCAD). Since the displacement along these fault shows a large gradient that goes to zero at the beds bordering the ends of the faults, the question arose as to whether the gradient could have developed through a reduction in the porosity of the beds cut by the fault. As a part of the project, conventional and computer-aided methods to determine porosity were utilised and quantitatively compared. Both methods showed a very rapid porosity reduction directly adjacent to the fault surface.

The extensional offset and associated deformation of the sediments adjacent to the major fault was balanced with a self-written computer program. The program was based on a kinematic model that presumed that the fault had a listric geometry. Difficulties in modelling the real geometry, as a result of this assumption, led to the conclusion that the fault system was not listric but planar, with a steep displacement gradient.

4 Geographie

Der von mir, für meine Diplomarbeit, untersuchte Aufschluss ist Teil einer Kiesgrube südlich von St. Margarethen im Burgenland.



Abbildung 4.1 Geographische Lage des Diplomarbeitgebiets

Wie aus Abbildung 4.1 zu ersehen ist, befindet sich diese Kiesgrube im Osten Österreichs an der Grenze zu Ungarn, westlich von Mörbisch bzw. dem Neusiedler See, im Süden des Eisenstadt-Sopron-Beckens. Wie auch das Wiener Becken zum pannonischen Beckensystem zugehörig, liegt das Eisenstadt-Sopron-Becken eingefasst vom Leithagebirge im Norden, dem Ruster Höhenzug im Osten, im Süden von den Soproner Hügeln und westlich vom Rosalingebirge.

Eine Satellitenaufnahme aus Google Earth zeigt Abbildung 4.2.

Die Lage der von mir untersuchten Wand befindet sich im Detailbild der Abbildung 4.2 rechts oben am Rande zur nördlicheren Vegetation. Eine später noch erwähnte und behandelte Hauptstörung liegt in diesem Bild am östlichen Rand der Kiesgrube in NNE-SSW Ausrichtung (im Detailbild Abbildung 4.2 als rote Markierung dargestellt).

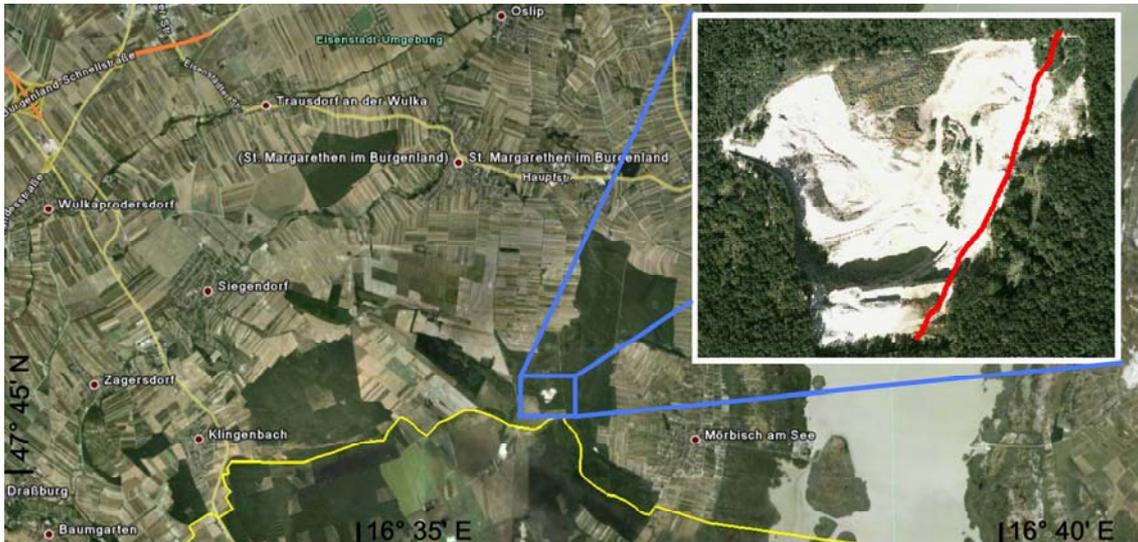


Abbildung 4.2 Darstellung aus GoogleEarth (im Detailbild ist die Hauptstörung als rote Markierung ersichtlich)

Die Ost-West-Erstreckung der Kiesgrube beträgt rund 300m.

Interessant auch ein Ausschnitt aus einer DHM-Aufnahme (Abbildung 4.3) aus dem Südosten des Eisenstadt-Sopron-Beckens, worin die Kiesgrube, am unteren Rand im Süden, als deutliche Vertiefung erkannt werden kann und Teile des Ruster Höhenzuges, östlich davon, sichtbar sind.

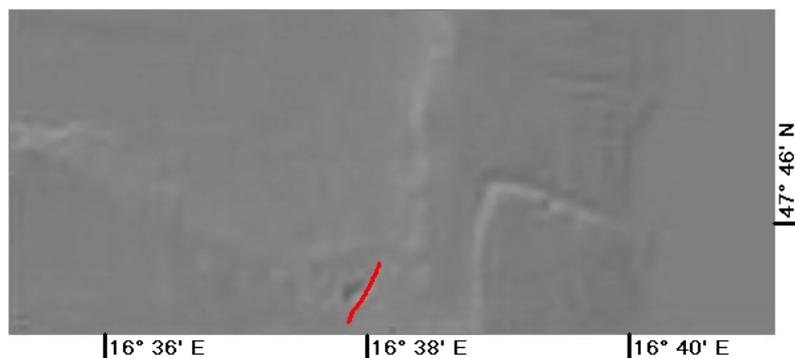


Abbildung 4.3 DHM-Aufnahme (Kiesgrube mit rot markierter Hauptstörung, Ruster Höhenzug östlich davon; Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen)

5 Geologie

Die genannten Erhebungen rund um das Eisenstadt-Sopron-Becken werden, wie aus Abbildung 5.1 ersichtlich, aus kristallinem Basement gebildet, wovon das Becken auch unterlagert wird wie aus Abbildung 5.7 ersichtlich ist.

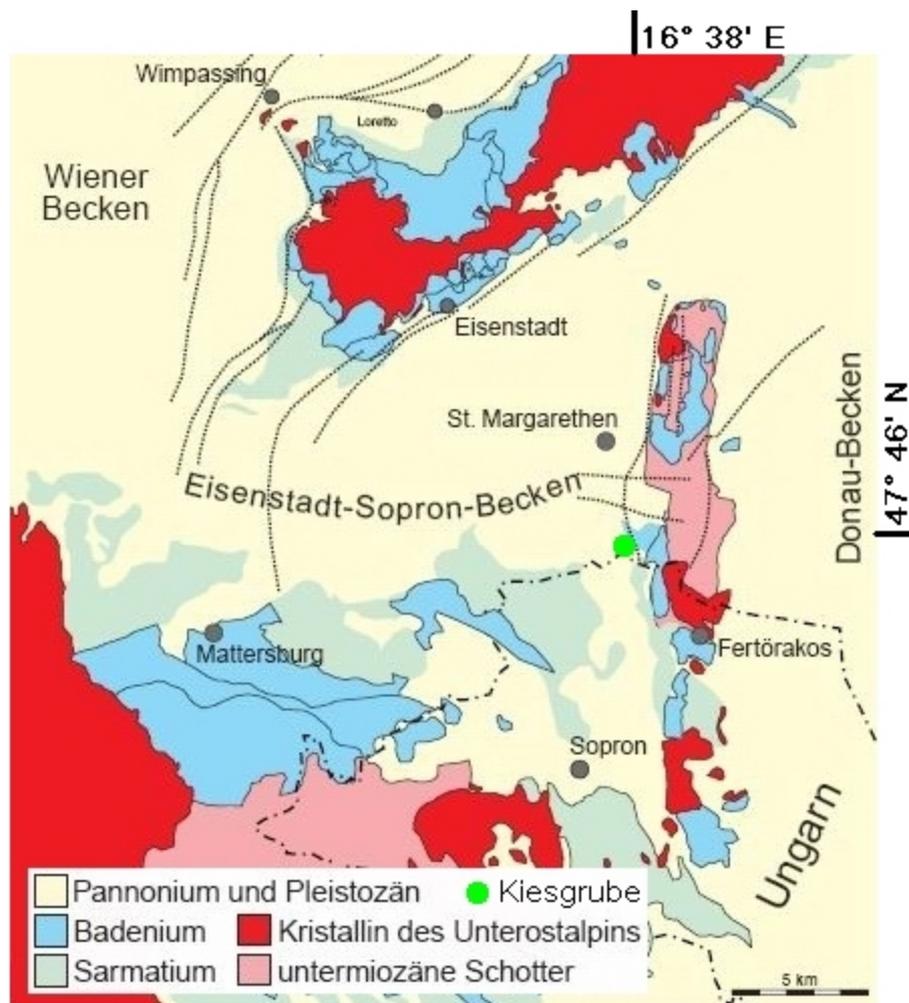


Abbildung 5.1 Eisenstadt-Sopron-Becken (GBA, 2007)

5.1 Alpide Orogenese

Durch eine nordwärts gerichtete Drift der Afrikanischen gegen die Eurasische Platte nimmt die alpidische Orogenese, an der Kollisionszone dieser beiden

großen Platten, ihren Ausgang. Vorweggenommen sei erwähnt, dass sich diese Drift bis in heutige Zeit fortsetzt.

Grob genommen zeigt sich der Beginn der alpinen Orogenese bereits im Jura, nach der Ablagerung von Triassedimenten großer Mächtigkeit auf einem passiven Kontinentalrand, einem Schelf im Seichtwasserbereich, beim Übergang zur Tiefwasserkalkfazies des Tethysozeans (Brandner & Sperling, 1995).

Als Höhepunkt in der Kreide tritt die eoalpine Orogenese ein. Während dieser Phase ist eine bedeutende Einengung, Decken- und Faltenbau wie auch die Abscherung der Kalkalpen vom kristallinen Basement zu beobachten.

Beträchtliche Einengung fand weiterhin aber auch noch im Paläogen statt. In dieser Zeit glitten, als Deckeneinheit, die Kalkalpen Richtung Norden. Gegen Ende des Paläogen war auch die Existenz der Tethys im herkömmlichen Sinne zu Ende. An deren Stelle traten die Paratethys und das Mittelmeer. An einigen Stellen hoben sich mesoalpine, gefaltete Orogenbereiche.

Zahlreichen Trans- wie auch Regressionen unterworfen war die Zeit im Neogen, welches aber auch eine Reihe von Umpolungen (siehe Abbildung 5.2) aufweist.

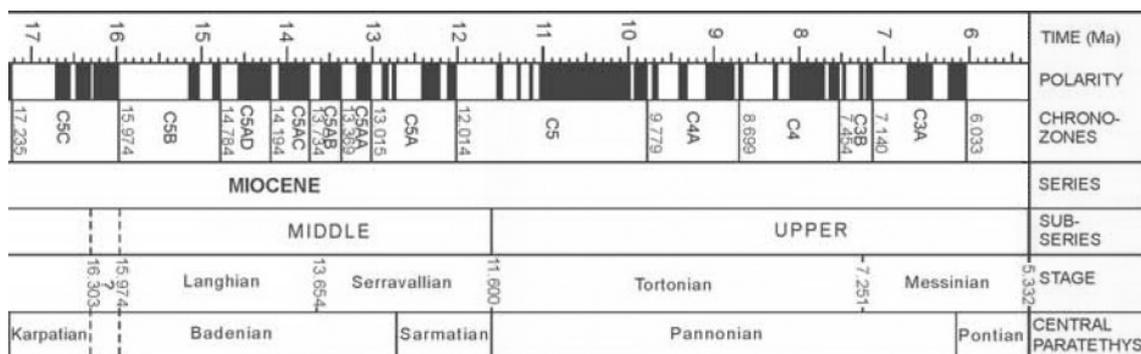


Abbildung 5.2 Umpolungen im Miozän (Strauss et al. 2006, verändert)

5.1.1 Wiener Becken (als intramontanes Becken)

In diesen Abschnitt möchte ich im Besonderen auf die Literatur von Decker et al., 2005; Hinsch & Decker 2003; Hinsch et al., 2005 sowie Wagreich & Schmid, 2002 hinweisen.

Aus der ehemaligen Paratethys entstanden, liegt der Beginn des Sedimentationszyklus im Karpat (Rögl & Steininger, 1983) mit fluviatil-deltaischem Charakter. Dieser reichte bis ins Badenium, welches später vollmarin ausgeprägt war und mit geringen terrigenen Einträgen hohe Sedimentation an Karbonaten zuließ (Steininger et al., 1989). Hohe Karbonatsedimentation war im Bereich Leitha Gebirge wie auch am Ruster Höhenzug zu verzeichnen, wodurch auch der Begriff Leitha Kalk neu definiert wurde (Schmid et al., 2001). Leitha Gebirge und Ruster Höhenzug bildeten zu dieser Zeit Inseln. Diese Karbonatsedimentation bildete fossilreiche, aus einem Höhepunkt an fazieller Entwicklung, tonige sowie mergelige Lagen. Mit Beginn des Sarmats setzte ein Rückgang der Salinität ein, rückzuführen auf eine Abtrennung von den Meeren. Fossileinträge belegen, dass eine Aufarbeitung von im Badenium abgelagertem Material stattfindet. Autochtone Sedimentation findet aber dennoch statt, belegt durch massenhaftes Auftreten von Gastropoden der Gattung *Pirenella* aus der Familie der Potamides (Abbildung 5.3) in einigen Lagen. Diese Funde bestätigen auch die ehemalige Verbindung zum Mediterran.

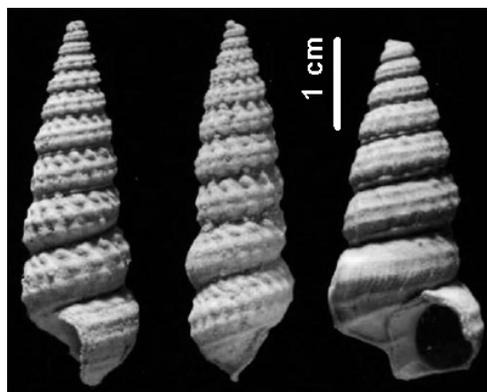


Abbildung 5.3 Familie Potamides (Harzhauser & Kowalke, 2002)

Das Pannon setzt mit einer kurzen Regressionsphase ein, dem „pannonian shock“, wodurch an der Basis dessen ein Horizont mit massenhaftem Auftreten von Melanopsiden (Abbildungen 5.4 und 5.5) zu verzeichnen ist.

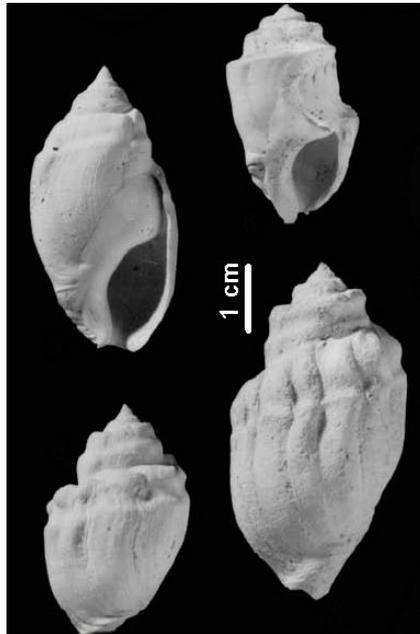


Abbildung 5.4 Melanopsis (Harzhauser & Kowalke, 2002)

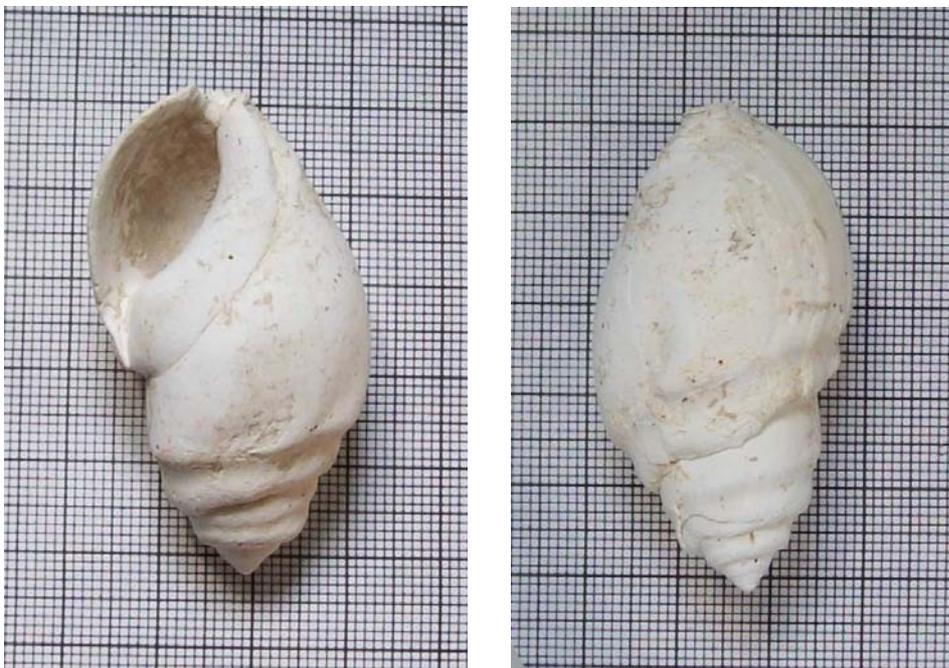


Abbildung 5.5 Melanopsis (auf mm-Papier mit 1cm Raster)

Aus einer endgültigen Abtrennung vom Mediterran im Süden ist das Pannon grundsätzlich limnisch, kalkreiche und fluviatile Schotter treten zurück, tonreiche und sandige Sedimente überwiegen.

Die begonnene Aussüßung findet ihren weiteren Fortgang und die Entwässerung nach Osten schreitet fort was zu einer Verlandung führt und einem neuerlichem Einsetzen von Erosion. Diese Vorgänge werden im Pont weiter fortgesetzt (Fuchs, 1965; Harzhauser & Piller, 2005; Steininger et al., 1986; Tollmann, 1985).

Hinweise auf eine ehemalige Verbindung mit dem Mediterran gibt der Fund von Schalenresten der Bivalvenordnung Pectinoidea (Abbildung 5.6), welche selbst- bzw. freischwimmend im Flachwasserbereich als Filtrierer lebten und als umgelagerte Fossilien vorkommen (Harzhauser & Piller, 2005; Schönlaub, 2000).



Abbildung 5.6 Schalenrest Pectinoidea

5.1.2 Tektonik

Während der neoalpinen Phase im Neogen kam es durch Zerbrechen des Orogens zur Bildung von intramontanen Becken.

Dieses ist zurückzuführen auf eine „thin-skinned“ Einheit (siehe Geo-Box 5.1) des alpin-karpatischen Überschiebungssystems (Wessely et al., 1993).

„Thin-skinned“ Extension

Divergierende, aufgrund von Dehnung verursachte, Bereiche beschränken sich auf obere Anteile der Erdkruste, über einem Abscherungshorizont. Somit tangieren diese die tieferen Abschnitte der Kruste oder des Mantels nicht. Typisch an Seitenverschiebungen von etwa pull-apart Strukturen wie dem Wiener Becken.

Im Zusammenhang mit „thin-skinned“ Extension ist ein isostatischer rebound interessant, welcher durch unkonsolidierte Beckenfüllungen hervorgerufen wird und weitestgehend von der Biegefestigkeit der Lithosphäre (flexural strength) abhängig ist (Royden, 1985; Royden & Horvath, 1988).

Geo-Box 5.1 „thin-skinned“ Extension

Angrenzend an das Eisenstädter-Sopron-Becken im Nordwesten sei stellvertretend, als intramontanes Becken, die Tektonik des Wiener Beckens grob beschrieben. Dieses liegt sehr gut dokumentiert zwischen Alpen und Karpaten und wird, wie auch das Eisenstädter-Sopron-Becken, dem pannonischen Beckensystem zugerechnet.

Die Längsachse mit ca. 200km Erstreckung befindet sich in NNE-SSW Richtung, quer dazu weist das Becken eine Breite von etwas über 50km auf. Unterlagert wird das Wiener Becken von einer Reihe alpiner Schichtfolgen.

Das Wiener Becken, ein Scherungsbecken mit rhombischer Form und sinistralen Verlauf von sigmoidalen Duplexen an einer linksseitigen (left step over) Dehnung- bzw. Öffnungszone (releasing band) im Übergangsbereich

zwischen Alpen und Karpaten weist zahlreiche Staffelbrüche auf. Die erwähnte Rhombenform erhielt das Becken in der Zeit des Karpat aufgrund des Überganges von einer Überschiebungstektonik zur lateralen, ostwärts gegen den pannonischen Raum gerichteten, Extrusion. Während im Karpat eine rapide Änderung der Beckentektonik feststellbar war, kommt es im darauf folgenden Zeitraum kaum zu Veränderungen. Eine Reaktivierung sinistraler Störungen als Dextrale, sowie eine weitestgehende Beendigung der Subsidenz werden im Pannon verzeichnet (Decker, 1996; Decker & Peresson, 1996; Peresson & Decker, 1997).

Im Hinblick auf mein Diplomarbeitsgebiet sollte eine Beckeninversion, mit Hebungen von einigen hundert Metern, ab dem Pannon nicht unerwähnt bleiben. Es entsteht dabei durch regionale Hebung (surface uplift) ein Nivaugleiches vorkommen von Badenischen und Sarmatischen mit Pannonischen Serien, verstärkt durch die am Beginn des Pannon vorkommende Regression „pannonian shock“ (Vail et al., 1977). In dieser Arbeit konnten jedoch keine E-W verkürzenden Strukturen festgestellt werden.

5.2 Diplomarbeitsgebiet

Wie weiter oben bereits erwähnt beschreibt meine Diplomarbeit den Teil der Nordwand in einer Kiesgrube südlich von St. Margarethen, an der Grenze zu Ungarn, im Eisenstädter-Sopron-Becken (siehe Abbildung 4.1).

Eigentümer dieser Kiesgrube ist Hr. Josef Sodfried, welcher mit seiner Firma „Sodfried Trans – Erdarbeiten und Recycling“ diese Kiesgrube seit 2006 betreibt. Frühere Besitzer bzw. Bezeichnungen dieser Anlage waren zB. „Käufer“, „Altes Zollhaus - St. Margarethen“ oder „Kiesgrube St. Margarethen Gemeindewald“. Diese Bezeichnungen sind in anderen Arbeiten noch zu finden.

In der tiefsten Aushubstufe stellte diese Kiesgrube den größten Aufschluss an Sedimenten aus dem mittleren Miozän im Eisenstädter-Sopron-Becken dar (Harzhauser et al., 2002; Harzhauser u. Kowalke, 2002; Latal et al., 2004).

Unterlagert werden diese Miozänen Sedimente, wie bereits hingewiesen, von kristallinem Basement (Abbildung 5.7). Über die Ähnlichkeit mit dem Wiener Becken hinaus sei noch angeführt, dass durch intensive Erosion von Kalkstein im späten Badenium sandige Sedimente abgelagert wurden mit Einschaltungen von Kiesen (Leithakalkablagerungen). Aufgrund eines deutlichen Meeresrückzuges im Sarmat wurde die Paratethys von den Weltmeeren abgeschnitten. Im späteren Sarmat wurde es wärmer und gleichzeitig stieg die Salinität, dies hatte zur Folge dass sich durch Übersättigung von Kalk Ooide im seichten und bewegten Wasser bildeten. Gegen Ende des Sarmats wurden durch sinkende Temperaturen Wassermassen an den Polen gebunden. Regression war die Folge und die Becken fielen trocken („pannonian shock“). Die Paratethys zog sich weiter nach Osten zurück und die Energie im Strömungsverlauf wurde geringer, was wiederum einen Wechsel in der Sedimentation von Schottern zu feineren Sedimenten zur Folge hatte. Diese feinen Anteile wurden bis weit ins Becken transportiert.

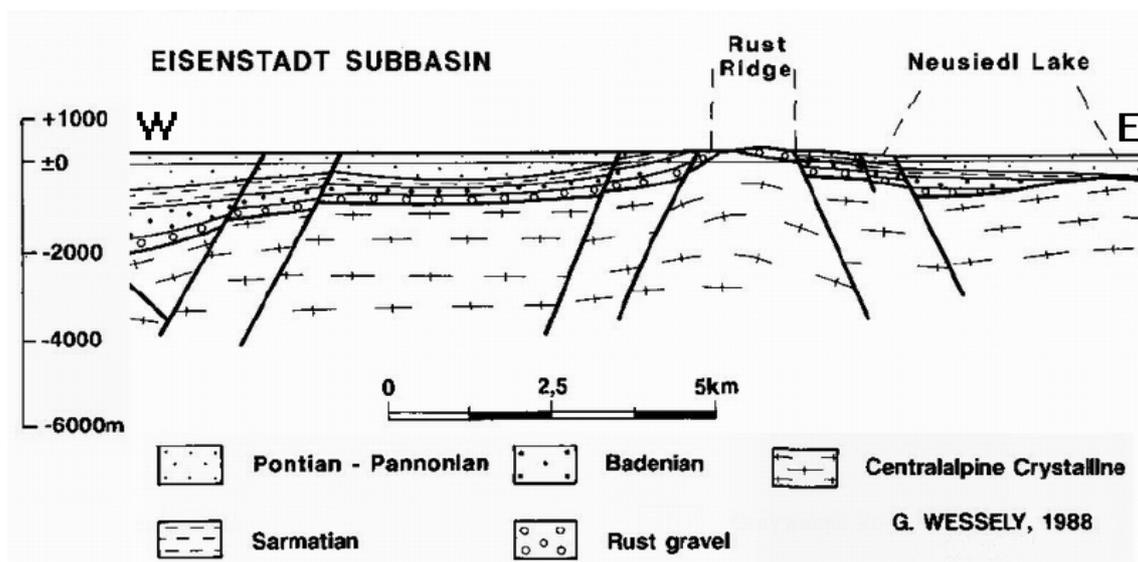


Abbildung 5.7 Profil des Eisenstadt-Sopron-Becken

5.2.1 Tektonik

In der Entwicklung ist das Eisenstadt-Sopron-Becken dem Wiener Becken grundsätzlich ähnlich. Dieses ergibt sich aufgrund der Nähe, genau genommen des Kontaktes mit diesem im Nordwesten bzw. auch der Lage zwischen Ostalpen und Westkarpaten im pannonischen Beckensystem.

Durch einen N-S streichenden Bruch, westlich des Ruster Höhenzuges, wurden die Gebiete im Westen davon, in der sich auch die Kiesgrube befindet, abgesenkt. Im Nahbereich dieser, später noch behandelten, Hauptstörung finden sich konjugierende Störungen, welche auf Extension in E-W Richtung deuten. Die damit verbundene Absenkung des Eisenstädter-Sopron-Beckens gegenüber der Ruster Erhebungen sowie dem Leithagebirges ist noch heute aktiv. (Fuchs, 1965; Häusler, 2009; Peresson & Decker, 1997b)

6 Visualisierung der Geländedaten

Um die Vielzahl der Messungen bzw. die untersuchte Aufschlusswand geeignet darstellen zu können waren zwei wesentliche Vorentscheidungen notwendig. Zum Ersten wurde der Aufschluss mittels Laserscanner digitalisiert und zum Zweiten fiel die Entscheidung zur Visualisierung der Geländedaten auf das Programm GoCad (Geo-Box 6.1).

Abbildung 6.1 zeigt eine Übersicht des gesamten Aufschlusses, dieser erstreckt sich in W-E Richtung über etwa 50 Meter. Mit dem roten Rechteck in der Abbildung wird der in GoCad dargestellte Bereich abgegrenzt.

GoCad (geological object computer aided design)

Dieses Programm eignet sich, aus einer Vielzahl von Möglichkeiten, um im dreidimensionalen Raum

- Punktwolken (PointSets),
- Kurven (Curves),
- Flächen (Surfaces) mit importierten und projizierten Bildern (Voxets),
- Strukturelemente,
- Bohrungen uvm.

darzustellen, um nur einige genannt zu haben.

PointSets und Curves, aber auch Surfaces zB. können, in einfachen Textdateien editierbar, importiert werden oder von anderen Elementen abdigitalisiert werden. So ist es möglich Gerätemessdaten, mittels Programm generierte oder, im einfachsten Fall, händisch erstellte Daten zu importieren, darzustellen und zu verändern.

An den Elementen können auch diverse Messungen vorgenommen werden wie etwa Distanz, Winkel und Koordinaten.

Wobei das Koordinatensystem so angelegt ist, das die X-Achse die Rechtswerte darstellt, die Z-Achse die Werte der Hochachse und die Y-Achse Werte in bzw. aus der Bildebene annimmt.

Für einige Problemstellungen wichtig, dass Elemente auch mathematisch per Skript in GoCad verändert werden können.

Geo-Box 6.1 GoCad



Abbildung 6.1 Gesamter Aufschluss; Blickrichtung Norden; Fluchtpunkte entzerrt

Eine etwas detailliertere Aufnahme einer früheren und tieferen Aushubphase zeigt die Abbildung 15.1 im Anhang.

Ein Problem von 2D-Programmen im Zusammenhang mit der Darstellung von Geländedaten ist der Verschnitt von unebenen oder gekrümmten Flächen. Die daraus resultierenden Verschnittlineare können nicht in der Streichrichtung der Ebenen betrachtet werden und der Beweis, um die realen Verhältnisse an diesen Linearen kann nicht geführt werden. Abbildung 6.2 (linkes Bild) zeigt, dass eine Frontalansicht nicht erkennen lässt wie die Flächen tatsächlich zueinander liegen bzw. geformt sind. Erst eine Rotation der Hochachse, im gezeigten Beispiel um 60° zur Streichrichtung hin (rechtes Bild), lässt erkennen dass beide Flächen gekrümmte sind. Aus der linken Abbildung könnte angenommen werden, dass eine kugelige Fläche von einer Ebenen geschnitten wird. Ebenso wäre eine inverse Form möglich, ohne dass aus der Frontalansicht eine eindeutige Aussage über deren wahre Lage erdenklich wäre.

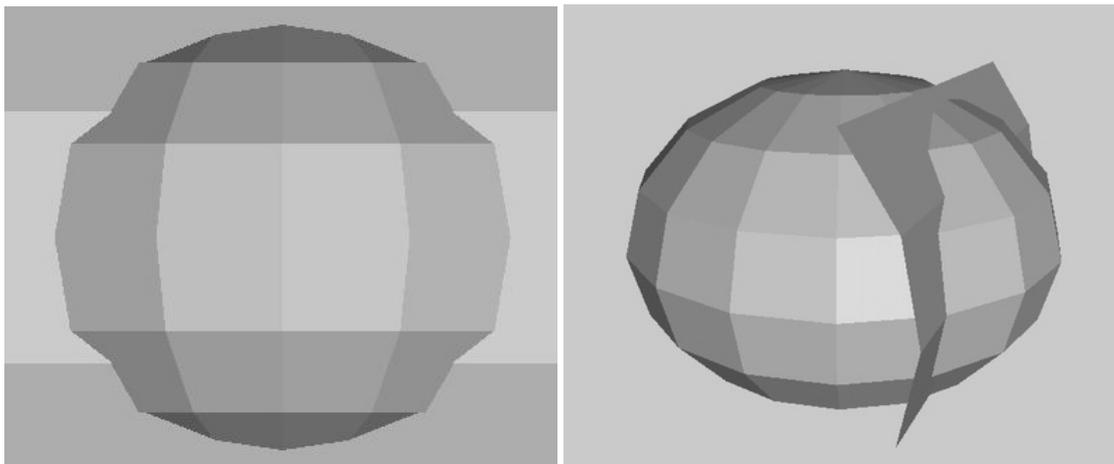


Abbildung 6.2 Verschnittproblem (Wings 3D)

Natürlich ergibt sich das erwähnte Problem wieder in jeder Printversion, jedoch habe ich versucht, auch aufgrund meiner Kenntnisse des Aufschlusses, in den Abbildungen den aussagekräftigsten Blickwinkel zu wählen. Überdies liegen die Geländedaten weiterhin in elektronischer Form vor, um jederzeit ein Betrachten in GoCad zu ermöglichen oder einer weiteren Verarbeitung zuzuführen. Damit ist der Vorteil über jedes 2D-Programm und dessen Visualisierungsversuch bedingungslos gegeben.

Weiters ermöglicht ein 3D-Programm wie GoCad das eben erwähnte betrachten sämtlicher Flächen in zB. Streichrichtung und damit auch eine Kontrolle über die gemessenen Daten bzw. den Vergleich im Feldbuch, im einfachsten Fall, anhand der Kompassrose.

Aus dieser unerschöpflichen Funktionsvielfalt waren für meine Visualisierung nur die wenigen Funktionen wie PointSet, Curves und Surfaces notwendig.

6.1 Laserscan

Um jedoch Daten darstellen zu können war es notwendig erst das Gelände relief zu digitalisieren, um es anschließend in GoCad importieren und nachbearbeiten zu können. Die dazu erforderlichen Voraussetzungen wurden durch einen Laserscanner geschaffen.



Abbildung 6.3 Laserscanner (Foto: Lukas Plan)

Für diese Aufgabe wurde der terrestrische 3D-Laserscanner LMS-Z420i der Firma „Riegl – laser measurement systems“ mit montierter hochauflösender Digitalkamera verwendet, welcher von Alexander Haring (TU-Wien) bereitgestellt und bedient wurde. Eine Komplettansicht des Scanners mit montierter Kamera im Gelände zeigt nebenstehende Abbildung (Abbildung 6.3).

Laserscanner LMS-Z420i

Der LMS-Z420i ist ein hochauflösender, terrestrischer, long-range 3D-Laserscanner der Firma „Riegl – laser measurement systems“ mit montierter hochauflösender Digitalkamera

Dabei ermöglicht die Digitalkamera die Herstellung von Orthofotos mit Tiefeninformationen.

Laut Herstellerangaben beträgt die stufige Auflösung des Lasers in etwa $4/1000^\circ$. Bei einer Reichweite von min. 1000m werden damit ca. 10mm Auflösung erreicht. Zur Referenzierung werden beliebig aufstellbare Reflektoren verwendet, welche mittels GPS eingemessen werden.

Das Gerät selbst ist ungefähr einen halben Meter hoch mit einem Durchmesser von 20cm, bei montierter Kamera wird eine Höhe von einem dreiviertel Meter erreicht. Um eine hinreichende Fixierung der über 15kg schweren Einheit zu gewährleisten wird diese auf einem professionellen, stabilen Dreibeinstativ verschraubt.

Der Scanner kann incl. der Kamera, um den gewünschten Scannbereich zu erfassen, vertikal geschwenkt werden. Bei einem Messbereich von 80° vertikal mittels rotierendem oder wippendem Polygonspiegel und 360° horizontal durch Rotation des oberen Geräteteils mit der Kamera werden bei einer Leistungsaufnahme von unter 100W im nahen Infrarot die Messungen vorgenommen. Die mit einer Messrate von max. 11.000 pts/sec erfassten Daten werden an ein angeschlossenes Notebook weitergeleitet.

So dauert je nach Auflösung, Range und Messrate eine Messung zwischen einer viertel und einer halben Stunde.

Geo-Box 6.2 Laserscanner

Es wurde von zwei verschiedenen Standorten je ein Panoramascan über das gesamte Areal (Abbildung 6.5) und ein Detailscan, mit höherer Auflösung, der aufgeschlossenen Wand angefertigt.

Die Messdaten liegen in GoCad als PoinSet wie auch im ASCII-Format in .txt-Dateien vor. Beim Panoramascan werden mit knapp 35MB über 1,6 Mio. Datensätze, bestehend aus X-, Y- und Z-Werten abgebildet. Der in einem engeren Range aufgenommene Detailscan, jedoch höherauflösend, benötigt bereits nicht ganz 75MB und enthält über 3,5 Mio. Datensätze.

Während der Rotation, um den horizontalen Range zu scannen, wurden von der kalibrierten Kamera zu festgelegten Drehwinkeln überlappende Aufnahmen

im sichtbaren Bereich gemacht. Diese wurden mit einer Software der Firma Riegl zusammengefügt (Abbildung 6.4). Bei diesen Abbildungen, aus verschiedenen Entfernungen zur Scannebene und mit unterschiedlichen Brennweiten ist deutlich eine perspektivische Verzerrung zu erkennen, auf welche ich zu einem späteren Zeitpunkt noch zu sprechen kommen werde.

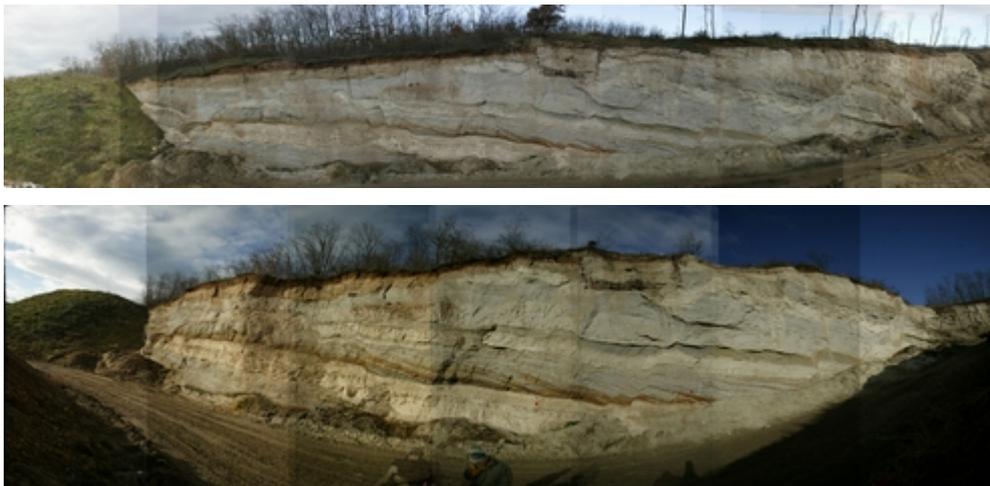


Abbildung 6.4 Laserscan; Bilder im sichtbaren Bereich (oberes Bild: Abstand ca. 20m, Brennweite 50mm; unteres Bild: Abstand ca. 10m, Brennweite 20mm)

Die so erhaltenen Scandaten werden normalerweise mit einer Software der Firma Riegl weiterverarbeitet bzw. mit den Bildern im sichtbaren Bereich kombiniert.

6.2 GoCad

Infolge der grundsätzlichen Inkompatibilität der von Firma Riegl verwendeten Software und GoCad bzw. der Nichtdarstellbarkeit geologischer Daten dieser Software war es notwendig die Scandaten nach GoCad zu importieren. Die im ASCII-Format vorliegende Datenmenge der gescannten Koordinaten wurde nun als PointSet in GoCad importiert. Abbildung 6.5 zeigt das PointSet eines Panoramascans in GoCad, mit Blickrichtung WNW, worin im Detailbereich bereits eine Surface gebildet wurde.

Weiters war es im Detailbereich notwendig das so erhaltene PointSet in GoCad nachzubearbeiten um nicht benötigte Daten zu eliminieren und die Menge der Punktwolke zu verringern. Aber auch um den erforderlichen Bereich in den verschiedenen Ansichten von störenden Geländeelementen zu befreien.



Abbildung 6.5 Panoramascan in GoCad mit zugeschalteter Surface im Detailbereich, Blickrichtung WNW

Aus dem so erzielten PointSet wurde eine Surface gebildet, welche nun das Relief des gescannten Aufschlusses in nahezu perfekter Weise abbildet. Dieser hochaufgelöste Detailbereich als Surface in GoCad wird in invertierter Ansicht mit Blickrichtung Norden in Abbildung 6.6 gezeigt.

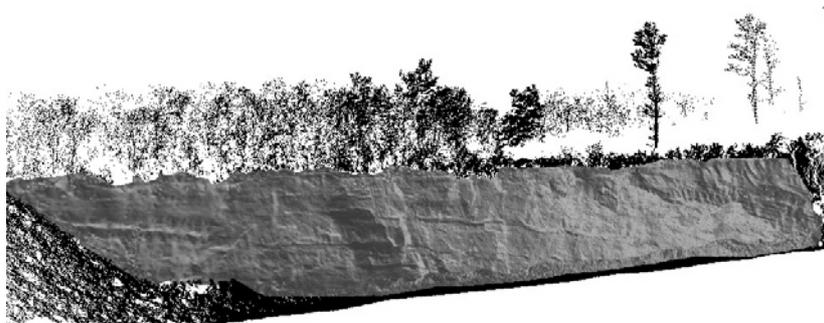


Abbildung 6.6 Invertierter Detailbereich mit Surface in GoCad, Blickrichtung Norden

Die Abbildung 6.6 entspricht im Wesentlichen der Abbildung 6.1 welche eine Aufnahme im sichtbaren Bereich zeigt. Der Detailbereich wurde, wie in Abbildung 6.1 bereits durch das rote Rechteck gezeigt, noch weiter eingeschränkt. Dies hatte zwei Gründe, zum Ersten waren die interessantesten und ausgeprägtesten Strukturen weitestgehend in diesem Bereich zu finden und weiters ist es in GoCad nicht so einfach eine photographische Aufnahme, die ja eine Zentralprojektion darstellt, auf einer Surface dieser Größe verzerrungsfrei abzubilden, welche wiederum einer Orthoaufnahme entspricht (Geo-Box 6.3).

Darko Spahic hat auf überlegtem Wege einen Kompromiss zwischen den beiden verschiedenen Projektionsarten erreicht, ohne gravierende Verluste an Flächen-, Winkel- oder Distanztreue, und damit erst die Grundlage zur Visualisierung von Strukturelementen für diesen Aufschluss in GoCad geschaffen (Abbildung 6.7 entspricht dem Array im roten Rechteck in Abbildung 6.1, eine größere Darstellung wird im Anhang gezeigt - Abbildung 15.2). Die Details der dazugehörigen GoCad-Einstellung werden im Anhang aufgelistet, wo unter anderem mit Matrizenoperationen verschiedene Parameter von Abbildung und Surface zueinander im Raum korrigiert werden können.

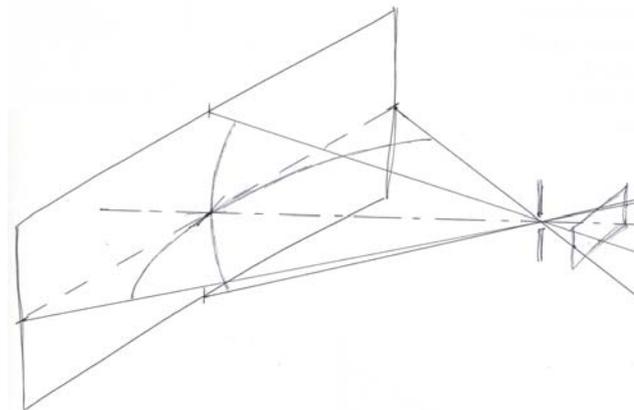


Abbildung 6.7 Kombination von Voxet und Surface in GoCad; Blickrichtung Norden

Zentral- vs. Orthoprojektion

Wie bei allen Projektionsarten werden gewisse Verluste in Kauf genommen um andererseits eine möglichst große Flächen-, Winkel- oder Distanztreue zu erhalten. Kompliziert wird es etwa wenn Zentralprojektionen mit Projektionsmittelpunkt und orthogonale Aufnahmen, wie zB. von Scannern, ohne gravierende Einbußen kombiniert werden sollen

Aufnahmen mit Projektionsmittelpunkt weisen Fluchtpunkte bzw. -linien auf an welche sich Bildpunkte, je weiter von der Normalen durch den Projektionsmittelpunkt auf die Abbildungsebenen, annähern.



Dieses ergibt einen perspektivischen Eindruck bei 2D-Aufnahmen des dreidimensionalen Raumes. Die Perspektive wird dabei ausschließlich bestimmt durch den Abstand des Objekts vom Objektiv.

Durch Verstellen der Aufnahmeebene bei speziellen Kameras kann die Perspektive einigermaßen korrigiert werden. Im Idealfall müsste die Form der Aufnahmeebene eine Zentralspiegelung des aufgenommenen Reliefs aufweisen um eine Verzerrung hintanzuhalten.

In der Fernerkundung werden Optimierungsverfahren zur Korrektur von Verzerrungen angewandt, welche aber wiederum den Verlust anderer Informationen nach sich ziehen bzw. nur auf Bildausschnitte beschränkt sind.

Eine andere Möglichkeit zur Entzerrung auf digitaler Ebene bietet die Software „Perspective Rectifier“ aber auch hier müssen immer Verluste von Informationen in Kauf genommen werden.

(Bluth & Hammer, 1986)

Geo-Box 6.3 Zentral- vs. Orthoprojektion

Auf Basis des PointSets, der gebildeten Surface und dem aufgebrachten Bild der aufgeschlossenen Wand konnten nun in GoCad die gemessenen Strukturelemente verzeichnet werden.

6.2.1 Strukturelemente in GoCad digitalisieren

Als Strukturelemente in GoCad waren nun gemessene Schichtungen, ForeSets und Störungen einzubringen. Dazu möchte ich vorerst die Methode zur Visualisierung mithilfe von Curves und Surfaces vorstellen und im Anschluss die visualisierten Ergebnisse.



Abbildung 6.8 Digitalisierte Curves in GoCad

Um Surfaces zu bilden, welche getreu ihrem Azimut und Fallwert entsprechen, wurden vorerst sämtliche am Aufschluss gemessenen, ihrer Art nach in unterschiedlicher Farbe, Strukturelemente unter Zuhilfenahme der Feldaufzeichnungen in GoCad als Curves abdigitalisiert. Um in einem späteren Arbeitsschritt Surfaces zwischen drei Curves (Surface zwischen den Curves vor, an und hinter der Wand) bilden zu können wurden diese zweimal auf sich selbst kopiert (Abbildung 6.8).

Im nächsten Arbeitsschritt mussten die beiden kopierten Curves vor und hinter die Wand verschoben werden. Bei einer geforderten Surfacebreite, in Abhängigkeit der Art des Strukturelements, ergeben sich bei der Darstellung zwei Extremwerte:

- Der Fallwert weist, mit einem Azimut normal auf die Wand, aus oder in die Wand. Eine korrekte Darstellung der Surface erfordert das Verschieben der Curves um den Hochwert des Sinus vom Fallwert und einem Y-Betrag der dem des Cosinus vom Fallwert entspricht.
- Der Fallwert verläuft, mit einem Azimut parallel zur Wand, mit der Fluchtlinie der Wand, nach rechts oder links fallend. Um auch hier eine korrekte Darstellung zu bieten werden die Curves nur in ihrer entsprechenden Breite, also um den Y-Betrag 1 und in ihrem Hochwert (Z-Betrag) um den Betrag Null verschoben.

Um diese Beträge zu erlangen habe ich in dem frei download- und verwendbaren Programm „GeoGebra“ (www.geogebra.org) eine Methode programmiert. Diese, nach Azimut und Fallwert zwischen den beiden Extremwerten unterschiedlichen, Beträge wurden von GoCad unabhängig in Textfiles für eine Skriptverarbeitung vorbereitet.

Abbildung 6.9 Konstruierte Surface

Nach der Abarbeitung der vorbereiteten Skripts in GoCad waren sämtliche kopierten Curves, entsprechend ihrer Fallwerte, vor und hinter die dargestellte Wand verschoben. Abbildung 6.9 zeigt bereits zusätzlich die zwischen den drei Curves gebildeten Surfaces, nach Art in Breite und Farbe unterschieden. Ein letzter Schritt war das Ausschalten der Curves für die Darstellung und eine Kontrastkorrektur indem die Surfaces leicht transparent gemacht wurden (Abbildungen 6.10, 6.15 und 6.21), was bei den Abbildungen der einzelnen Strukturelemente zu sehen ist.



Das Ergebnis der Visualisierung aller gemessenen Strukturelemente zeigen die folgenden Abschnitte.

6.2.1.1 Schichtungen

Intensive Erosion an kalkigem Material im vollmarinen Badenium gekoppelt mit geringen terrigenen Einflüssen erlauben im Sarmat hohe Sedimentationsraten an Karbonaten. Kalkreiche marine, tonig-mergelige Ablagerungen und fluviatile Schüttungen an Sanden aus W bis S wechseln einander ab (Harzhauser & Piller, 2005). Der Fossilienreichtum aus Badenium und Sarmat bildet sich, aufgrund wechselnder Trans- und Regressionen, in den Schichten, teilweise durch umgelagertes Material aus dem Badenium (Abbildung 5.6), ab.

Die am Aufschluss vorhandenen Schichtungen sind sehr deutlich voneinander getrennt und damit gut unterscheidbar. In Abbildung 6.10, einer Bildschirmkopie aus GoCad, sind aufgrund der Übersichtlichkeit nur einige Schichtgrenzen digitalisiert. Der Rest an zahlreich vorhandenen Schichten und Schichtgrenzen, über und unter den dargestellten, verlaufen mehr oder weniger subparallel zu den gezeigten. Die Schichtungen im beobachteten Bereich, wie auch im aufgeschlossenen Umfeld, werden an den Störungen immer wieder mit unterschiedlichen Versatzweiten unterbrochen und dadurch in kleinere Teilbereiche zerlegt, auf welche im Abschnitt „Bilanzierung“ (und in der Geo-Box 6.5) näher eingegangen wird. Im Plot werden nur zwei Werte gezeigt. Die restlichen Messungen scharen sich eng um diese und wurden, um die Schärfe der vorherrschenden Fallwerte zu erhöhen, im Plot weggelassen (Abbildung 6.12). Sämtliche Plots wurden mit TektonicsFP erstellt (lower hemisphere).

Die Mächtigkeiten der Schichten reichen von einigen Zentimetern bis hin zu mehreren Dezimetern.

Die beobachtete Korngrößenverteilung bewegt sich in den Schichten zwischen Feinsanden und Mittelkies, wobei die Kieslagen in der Regel ein enges Spektrum der Verteilung zeigen und die Sande oft Einschaltungen von gröberer Komponenten aufweisen. Die Kieslagen zeigen überdies sehr gute Rundung, jedoch ebenso schlechte Kugeligkeit (Abbildung 6.11).



Abbildung 6.10

Ausgewählte Schichtgrenzen digitalisiert; Blickrichtung NE



Abbildung 6.11 Rundung und Kugeligkeit in Kieslagen

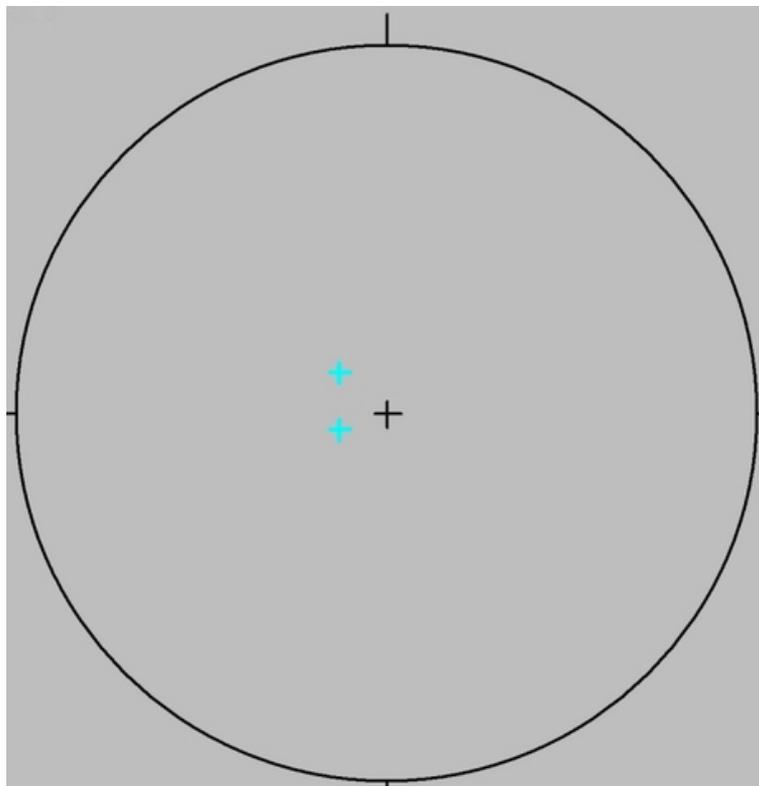


Abbildung 6.12 Plot der Schichtungen (sämtliche Plots wurden mit TektonicsFP erstellt - lower hemisphere)

Obgleich in der Aufnahme der Daten und der Sichtung des Aufschlusses auf die Hydrologie nicht Rücksicht genommen wurde so möchte ich Diese im Rahmen meiner Arbeit doch nicht unberücksichtigt lassen und in der Geo-Box 6.4 kurz darlegen.

6.2.1.2 Foreset Beds

Aufgrund der, nun bereits mehrfach erwähnten, Situation eines progradierenden Deltas kam es in vereinzelt Schichten zur Ausbildung von Foreset Beds.

Abbildung 6.13 zeigt einen Teil der aufgeschlossenen Schichten, wobei zwei Schichtgrenzen und der Verlauf der Foreset Beds farblich gekennzeichnet wurden (Die verwendeten Farben entsprechen den in den Plots und in GoCad verwendeten; Der Abstand der beiden roten Markierungen beträgt 3,75m). Auch hier wird nur eine einzige gelbe Markierung für Foresets dargestellt. Der Grund hierfür liegt darin, dass es im Prinzip keine definierten Ebenen für Foresets gibt, sondern diese lediglich eine Ausrichtung der Ablagerung darstellen.

Uferfiltration von Bodenschichten, wie sie im Deltabereich auftreten kann, ist ebenso von hydraulischen Potentialunterschieden abhängig und können, je nach Lösungsprodukten, Mineralisierungen und die damit verbundenen Färbungen hervorrufen (siehe Abschnitt 6.2.1.1). Weiters können diese Vorgänge zu sekundärer Zementierung führen (Busch & Luckner, 1974).

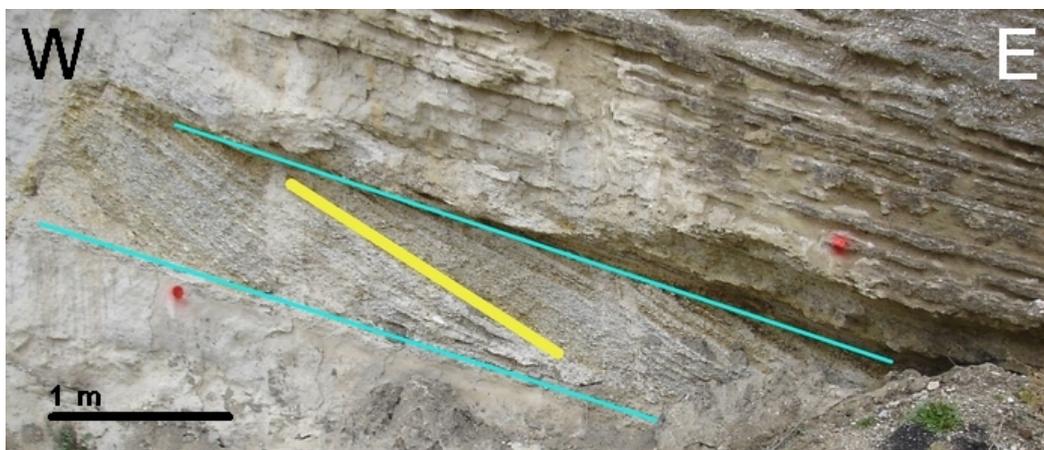


Abbildung 6.13 Foreset Beds (gelb), Schichtung (blau)

Hydrologie

Etwaige Färbungen in den Kieslagen können nach erfolgter Sedimentation infolge Mineralisierung durch Sickerwässer in ungesättigten Bodenzonen auftreten, worin geringste Fließgeschwindigkeiten vorkommen.

Durch Wechselwirkung von Lösungs- und Fällungsprozessen wird ebendiese Mineralisierung hervorgerufen. Weiters treten mineralisierte Wässer an vertikalen tektonischen Ereignissen auf. Ungesättigte Bodenzonen können unterhalb wasserstauender Horizonte entstehen, jedoch nicht nur Feinsedimente treten wasserstauend auf und isolieren die schwerkraftbestimmte Wasserleitfähigkeit in den Untergrund, auch Schichten mit großem Porenraum können durch hohe Wasserspannung isolierend wirken und als ungesättigte Bodenzonen auftreten. Das Porenvolumen (Porosität), welches ua. von Kornform und Packungsdichte abhängt gibt jedoch keinerlei Auskunft über die nutzbare Porosität welche durch adhäsives Haftwasser im Sickerbereich negativ Beeinflusst wird. Ein anderer Parameter wäre die Permeabilität oder hydraulische Leitfähigkeit (ermittelt nach Darcy), welche nicht von adhäsiven Gesetzmäßigkeiten abhängt sonder vielmehr von der Viskosität des durchströmenden Fluids und eine laminare Strömung darstellt.

Am Rande erwähnen möchte ich eine starke Mineralisierung mit verschiedenwertigem Eisen und Schwefel im Raum Schützen/Gebirge, welches ca. 10 km nördlich vom Diplomarbeitsgebiet liegt und Färbungen hervorrufen kann. Derartige Mineralisierungen werden durch

- unterschiedliche RedOx-Potentiale (bestimmen die Löslichkeit der mobilen Phasen),
- der Härte,
- der Temperatur,
- dem pH-Wert (maßgeblich ist die 2-wertige Säure H_2CO_3 beteiligt),
- das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht (welches wiederum vom pH-Wert abhängig ist),

beeinflusst.

(DIN 4049; Busch & Luckner, 1974; Hölting, 1992)

Geo-Box 6.4 Hydrologie

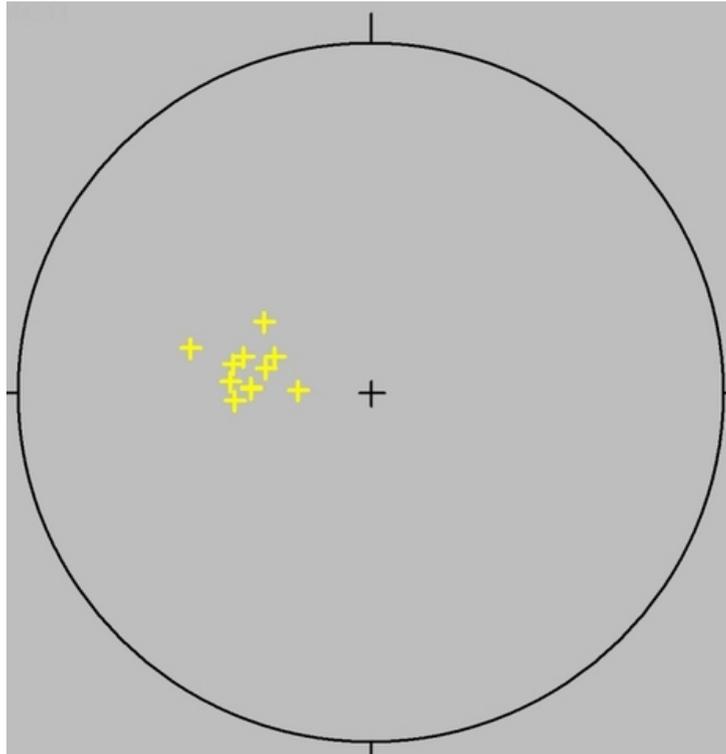


Abbildung 6.14 **Plot der Foreset Beds**

Anhand des Plot in Abbildung 6.14 ist zu erkennen, dass bei den Foresets eine geringe Streuung vorliegt, welches der Geometrie bei Deltaschüttungen entsprechen dürfte. Ob die vorliegende Streuung mit dem Verkippen der durch die einzelnen Störungen entstandenen Teilbereiche in den Schichten korreliert wurde in der vorliegenden Arbeit nicht untersucht.

Tabellen der Messdaten dazu finden sich im Anhang.

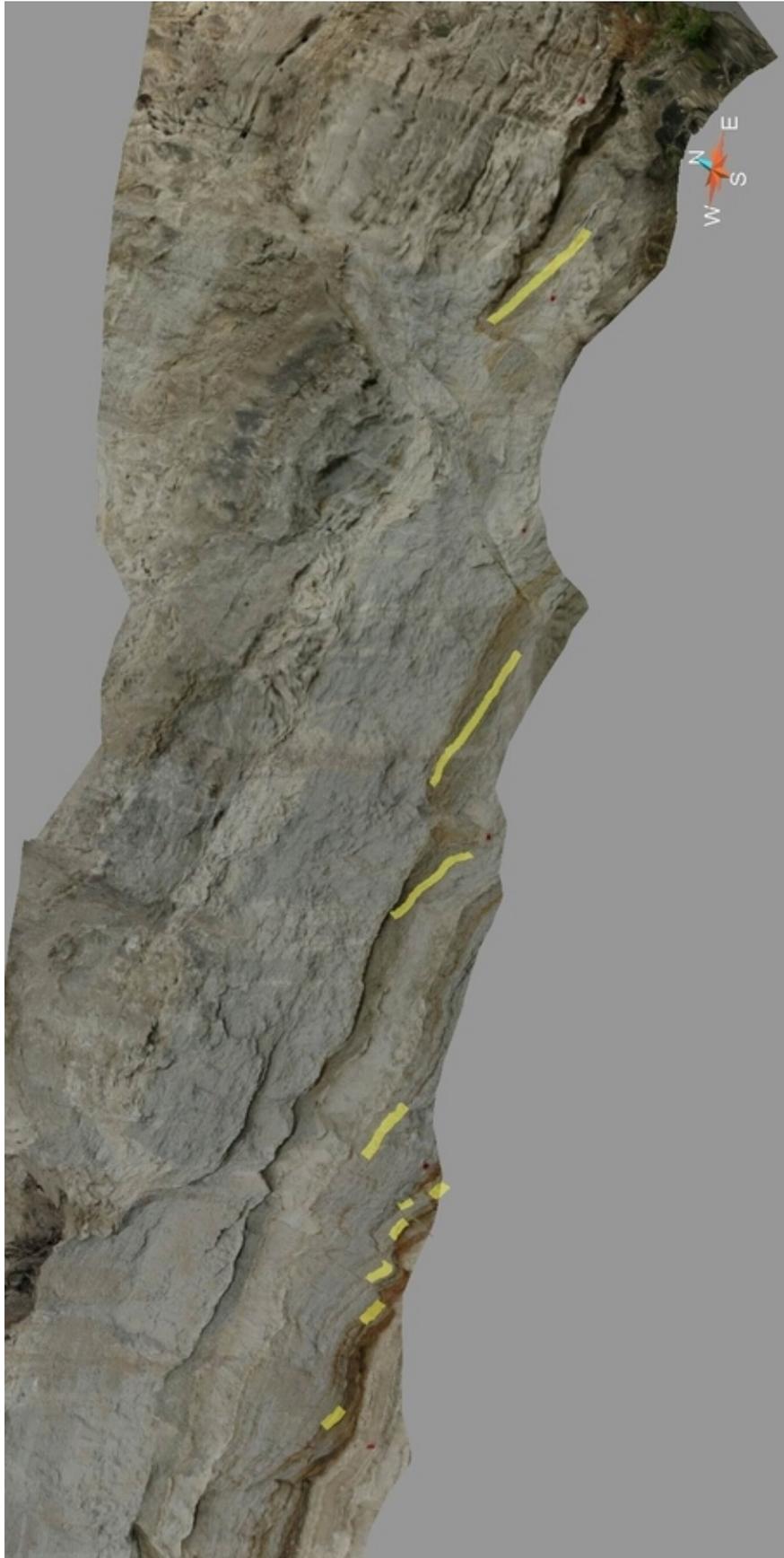


Abbildung 6.15 **Foreset Beds visualisiert; Blickrichtung NNW**

6.2.1.3 Störungen

Grundsätzlich ist zu verzeichnen, dass die Versatzbeträge an den Störungen im Aufschluss von Westen nach Osten hin, wo auch die Masterfault verläuft, zunehmen (Abbildungen 6.16 u. 6.17). Dies ist vermutlich auf eine Art „perturbation strain“ (Passchier et al., 2005) aufgrund der Energieabgabe bei der Extension zurückzuführen (Rauschen - Geo-Box 6.5).

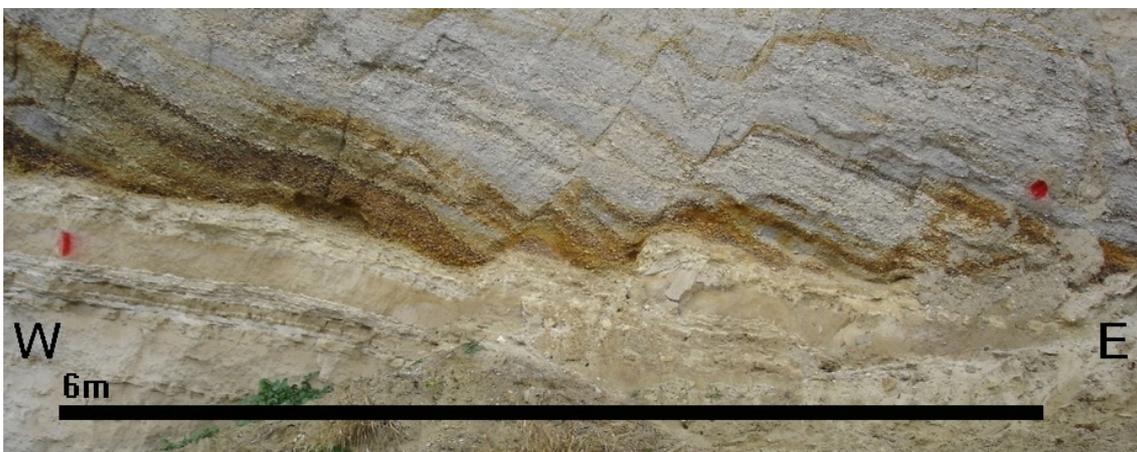


Abbildung 6.16 Störungen im mittleren Bereich des Aufschlusses mit kleineren Versatzweiten

Dabei ist zu bemerken, dass einige größere Störungen einen beträchtlichen Versatz im Meterbereich aufweisen (Abbildungen 6.16 u. 6.17).

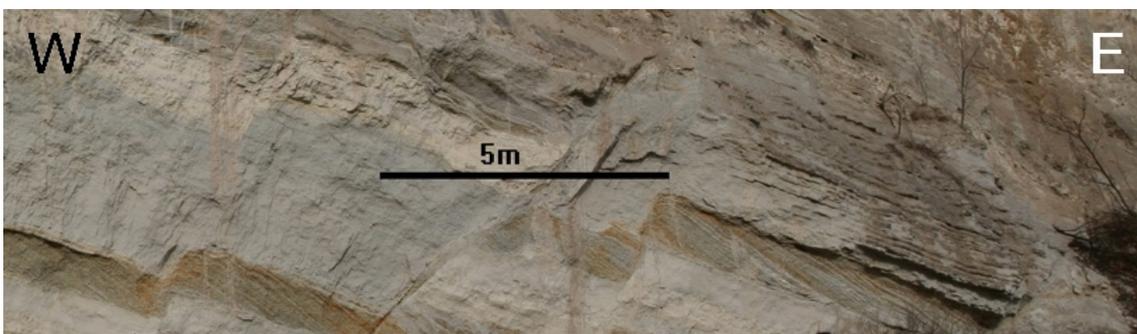


Abbildung 6.17 Störungen im östlicheren Bereich des Aufschlusses mit größeren Versatzweiten

Rauschen

Erstmals von Walter Schottky 1918 beschrieben und auf elektrische Störsignale begrenzt wird der Begriff des Rauschens heute in vielfältigster Weise verwendet. Im Allgemeinen werden damit unspezifische Störgrößen beschrieben, wo neben dem Maximum, zB. einer Normalverteilung, eine Reihe von Nebenerscheinungen bzw. eine Abstrahlung in die Umgebung des Maximums zu beobachten sind.

Unterschieden wird etwa Rauschen im Bereich

- von elektrischen Leitern, dem thermischen Rauschen, verursacht durch die Bewegung von Ladungsträgern ähnlich Brown'scher Bewegungen im elektrischen Leiter
- von Elektronenröhren durch das „Aufprasseln“ von beschleunigten Elektronen auf Elektroden (Flicker-Rauschen)
- der diskontinuierlichen Änderung der Magnetisierung bei Ferritkernen (Barkhausen-Effekt, erstmals 1917 beschrieben von Heinrich Barkhausen)
- von Elektronenbarrieren in der Halbleitertechnik durch „Elektronenüberschuss bzw. -löcher“ an der Sperrschicht (Schrot-Rauschen).

Dieser Begriff könnte eventuell auch als Hintergrundrauschen die Energieabgabe ins Umfeld einer Master-Fault beschreiben.

(Schottky, W., 1918)

Geo-Box 6.5 Rauschen



Abbildung 6.18 Zerbrochene Einzelkomponente mit Drucklösung

In den Abbildungen 6.18 u. 6.19 werden Komponenten gezeigt, welche an den Störungen in Bereichen mit erhöhtem Stress bereit zerbrechen und an den Kontaktstellen untereinander Drucklösung (solution pits) aufweisen.



Abbildung 6.19 **Zerbrochene Komponenten im Stressfeld (Foto: Lukas Plan)**

Abbildung 6.20 zeigt die Plots der Störungen. Links die kleineren bis mittleren Störungen mit Versatzweiten im Dezimeterbereich. In diesem Plot ist sichtbar, dass diese Störungen in den jeweils gleichen Extremlagen bei gleichzeitig relativ guter Bandbreite der Streuung zueinander konjugiert auftreten. Im rechten Plot sind jene Störungen mit Versatzweiten im Meterbereich dargestellt. Hierbei ist erkennbar, dass deren Fallwerte mit jenen der kleineren Störungen korrelieren und in groben Zügen dem Fallwert der Masterfault entsprechen.

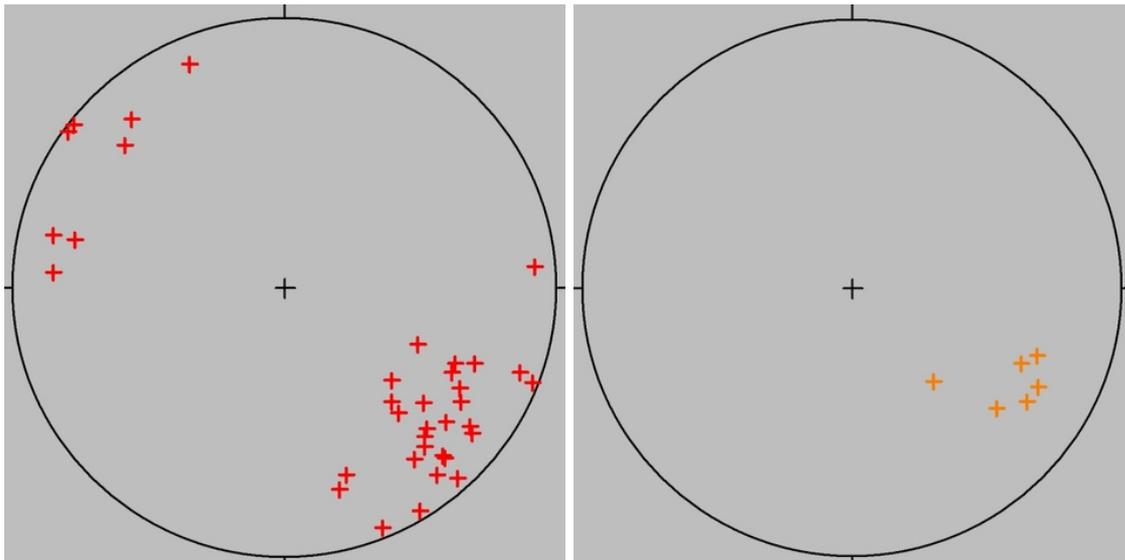


Abbildung 6.20

Plots der Störungen

Tabellen zu den Messungen der Störungen finden sich wieder im Anhang.

In der Visualisierung der Störungen mit GoCad (Abbildung 6.21) wird zwischen kleineren (bis Dezimeterbereich; linke Abbildung; in rot dargestellt) und größeren, darüber hinausgehenden Störungen (rechte Abbildung mit sämtlichen Strukturelementen; größere Störungen in orange) unterschieden. Deutlich zeigt sich in der Abbildung 6.21 wieder der Vorteil eines 3D-Programmes zur Darstellung von Geländeelementen mit verschiedenen Orientierungen. Dabei können diese Elemente aus verschiedenen Richtungen betrachtet werden zB. entlang der Streichrichtung um den Azimut dieser Elemente zu verdeutlichen.

Farbcodierung in Abbildung 6.21

	kleinere bis mittlere Störungen
	größere Störungen
	Schichtgrenzen bzw. -verlauf
	Foresets

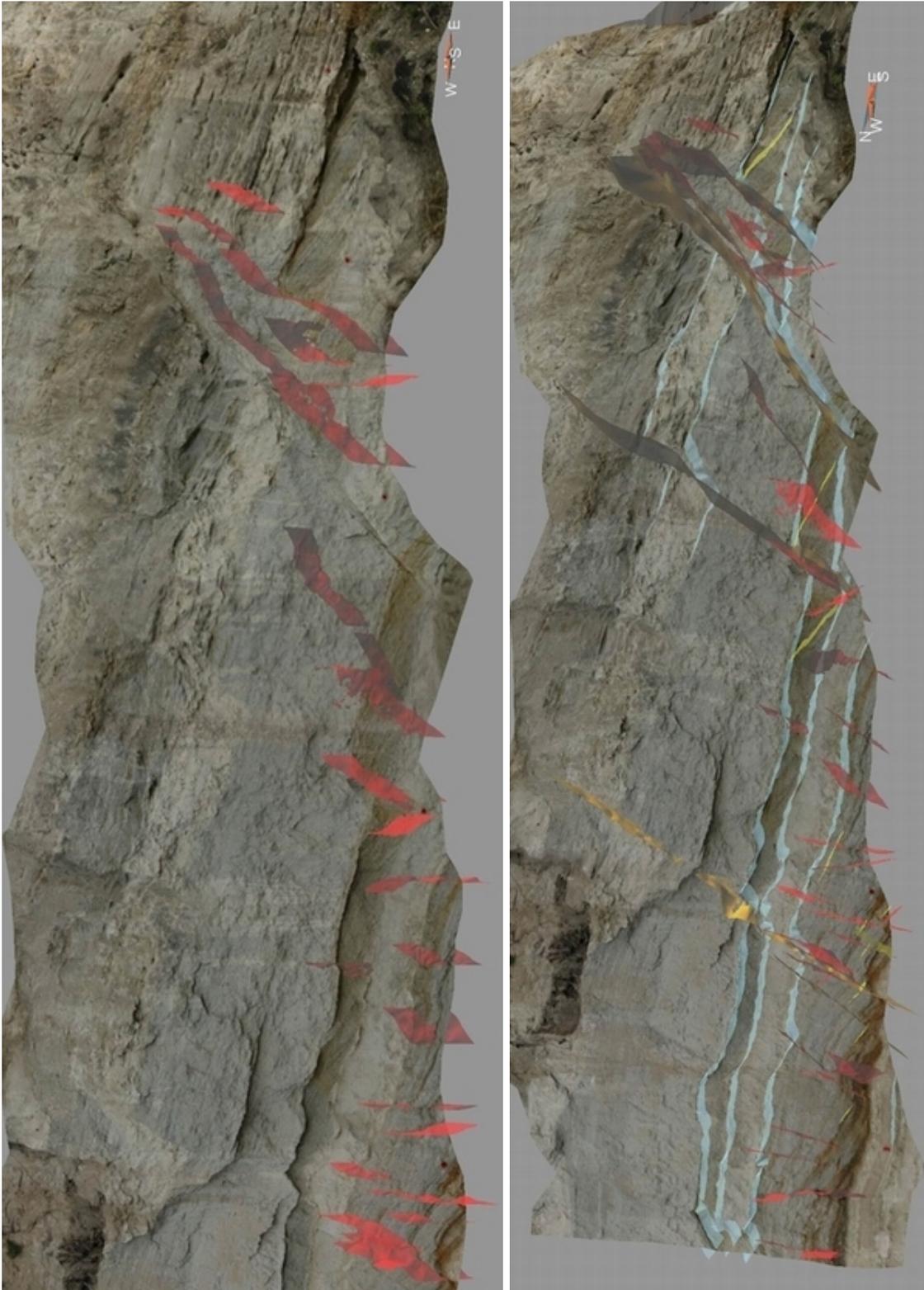


Abbildung 6.21 Störungen visualisiert (Blickrichtung NNE im linken Bild und NE im rechten Bild)

7 Porosität

Im Bereich einer Störung wurde die Porosität der darunter befindlichen, relativ ungestörten, Schicht untersucht. Es stellte sich die Frage ob der an der Schichtgrenze gegen Null verlaufende Versatz in der Schicht unterhalb durch geringere Porosität kompensiert werden würde, bzw. eine graduelle Porositätsabnahme gegen die Fluchtlinie der darüber liegenden Störung zu beobachten sei (Abbildung 7.1).

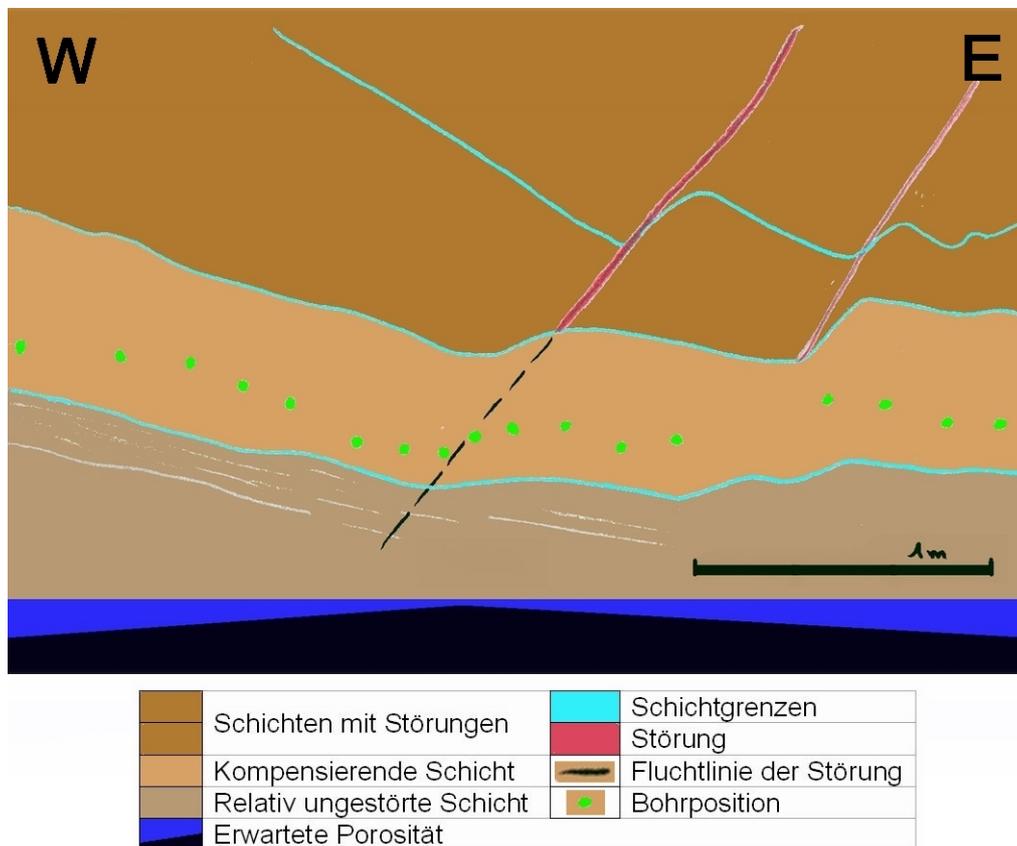


Abbildung 7.1 Skizze des erwarteten Porositätsverlauf

Für die Bestimmung eines eventuell graduellen Porositätsverlaufs waren eine Anzahl von Proben aus der unter der Störung befindlichen Schicht notwendig. Wobei mit der Probennahme in einem Abstand von der Fluchtlinie der Störung begonnen wurde, diese durch die Fluchtlinie hindurch führte und in einem Abstand von dieser wieder endete (Abbildung 7.1). Der in der Skizze befindliche

Balken am unteren Rand soll den erwarteten, graduellen Verlauf der Porosität (blau) gegenüber den Komponenten (schwarz) darstellen.

Die Probennahme selbst fand durch Friedrich Popp mit einem handgeführten Bohrgerät (Geo-Box 7.1) statt und erbrachte 17 auswertbare Proben.

Bohrgerät

Bei dem Bohrgerät handelt es sich um ein amerikanisches Gerät der ehemaligen Petrologie. Verwendet wurde eine 35mm Bohrkronen (im Gegensatz zu 25mm für Paläomagnetik). Der Antrieb der Bohreinheit erfolgt mittels 2-Takt Benzin-Verbrennungsmotor der wiederum manuell über einen Gashebel zu steuern ist. Bei einem Hubraum von ca. 30ccm liefert die Maschine ungefähr drei PS. Die Kraftübertragung übernimmt eine Fliehkraftkupplung und mündet schließlich in einem konusförmigen Mitnehmerrohr worauf der Bohrer sitzt. Die Bohrerzahl richtet sich generell nach der Gesteinsart und der Kühlwasserzufuhr.

Geo-Box 7.1 Bohrgerät

Die Anordnung der Proben im Detail an der Störung zeigt Abbildung 7.2. Hier zeigt sich auch eine der monoklinen Rollover ähnlichen Struktur wider.



Abbildung 7.2 Detailbereich der Probennahme (Foto: Ulrike Exner)

Wie spätere Ergebnisse zeigen werden ist die Porosität insgesamt in den Proben sehr hoch. Aus diesem Grund und aus dem Umstand heraus, dass die vorliegende Schicht nicht sehr gut konsolidiert war, konnte beim Vorgang des Bohrens kein Wasser zur Kühlung eingesetzt werden da die Proben sehr leicht zerfallen und zerstört würden. Bei solcherart lockerer Gesteinsarten böte sich die Möglichkeit die zu beprobenden Bereiche mit einem Gesteinsverfestiger zu behandeln, um anschließend, auch unter Kühlwassereinsatz, die Proben zu erbohren, ohne dass diese zerstört würden. Nach dem Bohren wurden die Porenräume der Proben mit blauem Harz verfüllt, zu Probenklötzchen geschnitten und auf Glasträgern (Glasträger 29x48 mm, bei einer effektiven Exponatgröße von 25x35 mm) zu Dünnschliffen weiterverarbeitet (Abbildung 7.3).

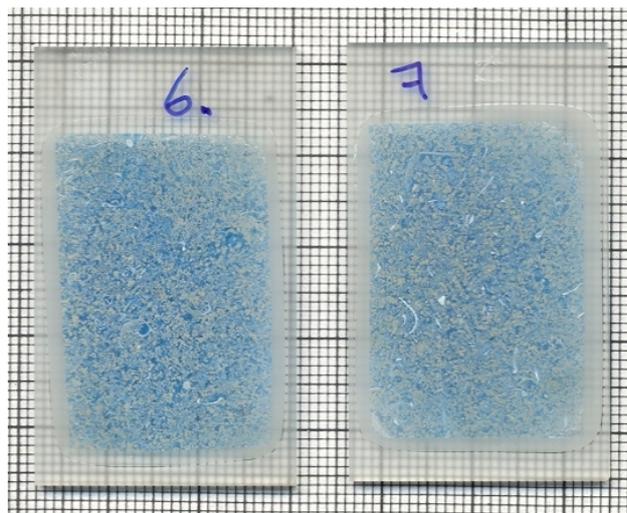


Abbildung 7.3 Beispiele fertiger Dünnschliffe (auf mm-Papier mit 1cm Raster)

Es zeigte sich, dass es sich bei der erbohrten Schicht um einen biogenen Rud- bzw. Grainstone bis Biomikrit handelt (nach Dunham) mit Intrapartikelporosität. Aufgrund einer Regression und der damit verbundenen Abtrennung vom Meer stieg zwischenzeitlich die Salinität, dieses führte gemeinsam mit einer Übersättigung an CaCO_3 im bewegten, warmen Seichtwasser zur Bildung von Ooiden. Als Kondensationskeime der Ooide finden sich Reste von zerkleinerten Schalentteilen, Quarz spielt dabei eine marginale Rolle. Allgemein stellen zerbrochene und umgelagerte, umkrustete Mollusken- und Gastropodenschalen

die größeren Anteile in dieser Schicht. Die kleineren Anteile bilden sich aus Foraminiferenarten, seltener werden Bryozoen angetroffen. Bivalvenschalen finden sich unter den kleinsten Bestandteilen ebenso wie Rotalgen, die wiederum Gastropoden einen Lebensraum boten und deren Reste ebenso angetroffen werden. Naturgemäß finden sich daraus folgend auch Pellets. Allgemein ist zu erkennen, dass keine der Komponenten eingeregelt sind.

Eine kurze Ansicht mit der Kathodenstrahlumineszenz zeigt kalkige Schalenteile, wenn auch vorwiegend ohne Mn finden sich vereinzelt Schalenteile mit Mn-Einbau. Zementationssäume, wenn auch sehr dünn und spärlich, sind doch vorhanden und weisen ein sehr junges Alter auf. Feldspäte, insbesondere Kalifeldspäte, sind in geringerem Maße zu erkennen.

Im Zusammenhang mit der Porosität und Feinkörnigkeit der vorkommenden Schichten möchte ich nochmals auf die Aspekte der Hydrologie hinweisen, welche in einem früheren Abschnitt bereits erwähnt wurden.

In weiterer Folge war es nun Ziel die Porosität zu ermitteln und den Verlauf dieser über die Probenmenge darzustellen, wobei zwei Verfahren zur Anwendung kamen:

- eine rechnergestützte Methode mittels Programm „ImageJ“ und
- eine herkömmliche Methode mittels PointCounter

7.1 ImageJ - Rechnergestützte Methode

Für die rechnergestützte Bestimmung der Porosität wurde das Programm „ImageJ“ (<http://rsbweb.nih.gov/ij/index.html>) verwendet, welches unter anderem bereits bei einer Untersuchung der Korngrößenverteilung Verwendung fand (Frost et al., 2009).

Zu diesem Zweck war es notwendig die Dünnschliffe zunächst einzuscannen. Dazu wurde der Scanner „EPSON perfection 1640 SU“ mit Durchlichtaufsatz verwendet. Mit einer Auflösung von 900 dpi beim Scannen war dem System eine Grenze gesetzt. Eine solche Bilddatei ist in Abbildung 7.4 zu sehen.

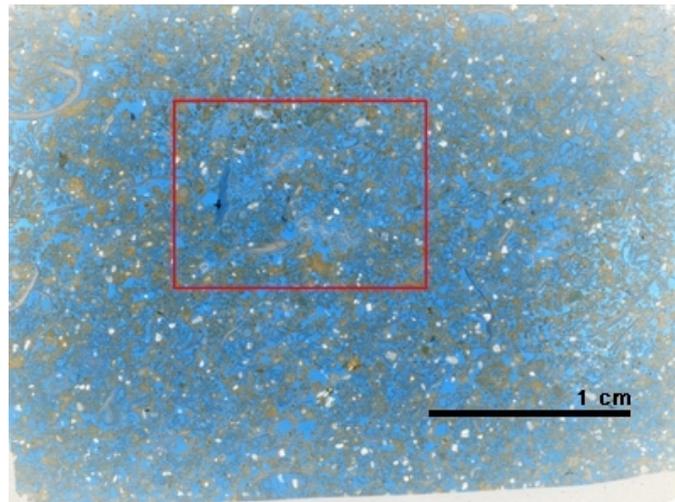


Abbildung 7.4 Eingesannter Dünnschliff Nr. 10 mit Auswahlrahmen für Kontrast

Wie in der gezeigten Abbildung 7.4 wurden in sämtlichen, eingescannten Schliffbildern Bereiche mit möglichst gleichmäßigem Kontrast (Geo-Box 7.2) gewählt (im gezeigten Beispiel Abbildung 7.4 mit dem roten Rahmen dargestellt), was für eine Auswertung mit ImageJ unerlässlich war. Die Größe dieser Auswahlrahmen ist bei jedem Schliff unterschiedlich, beim gezeigten Schliff Nr. 10 beträgt die Rahmengröße 13,2 x 9,8 mm.

Kontrast

Der Kontrast wird definiert als Quotient aus maximalen und minimalen Werten von Helligkeit, Farbdichte, oä., restriktiv wird die Steigung dieser Werte damit ausgedrückt. Bei einer ein-Bit-Darstellung steht der geringste Kontrast zur Verfügung etwa Schwarz und Weiß oder zwei beliebige Farben. Eine acht-Bit-Darstellung erlaubt bereits einen Kontrastumfang von 256 Abstufungen.

Vollständigkeitshalber stehen zwei einfachere Formeln zur Berechnung zur Verfügung:

min = 0; max = ∞ (Weber, 1846)

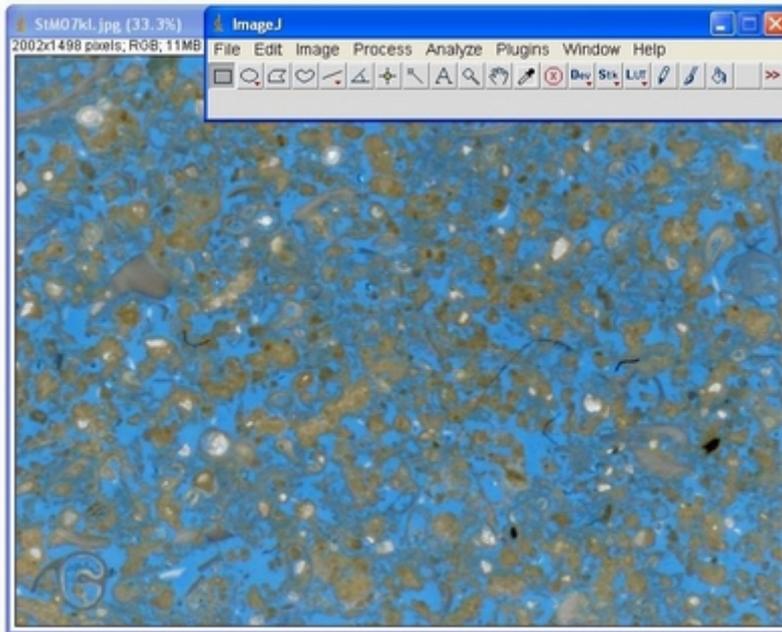
$$K_w = \frac{L_{\max}}{L_{\min}} - 1$$

min = 0; max = 1 (Michelson, 1881)

$$K_m = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}}$$

Geo-Box 7.2 Kontrast

Diese Auswahlbereiche wurden nun in neuen Dateien gespeichert und nacheinander mit ImageJ behandelt, indem

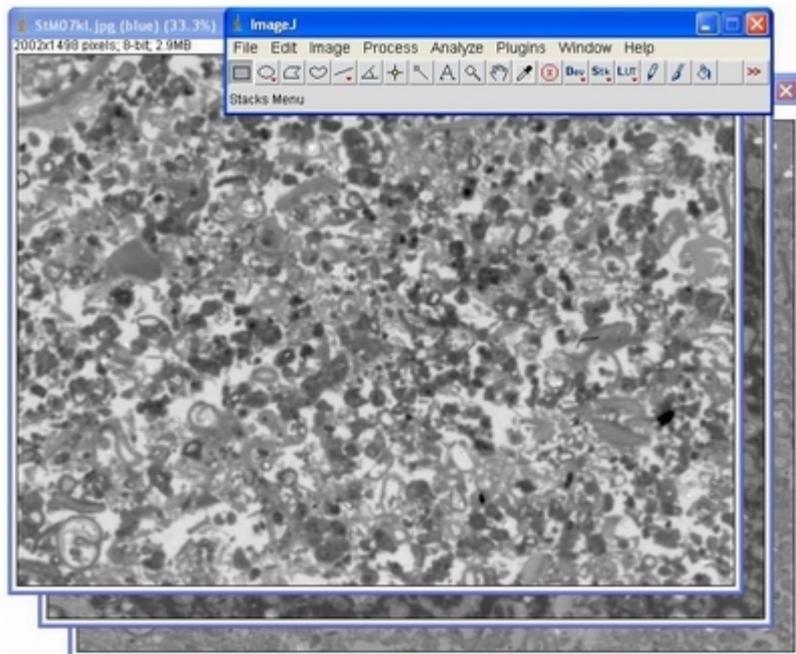


- das Auswahlbild in ImageJ geladen wurde (Abb. 7.5)

Abbildung 7.5 in ImageJ geladenes Schliffbild Nr. 07 (Kontrastauswahl)

- das geladene Farbbild in RGB-Graustufenbilder zerlegt werden musste, um es auswerten zu können, (eine eingebaute Funktion von ImageJ; Abbildung 7.6). Im gezeigten Beispiel ist das blaue Grauwertbild zu sehen, darunter liegt das rote und unter diesem das grüne.

Abbildung 7.6 geladenes Schliffbild in ImageJ, zerlegt in RGB-Grauwertbilder



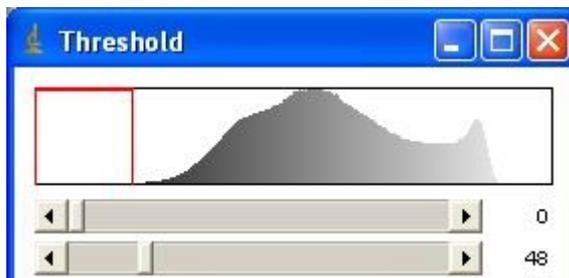
- mittels Schwellenwert (eingebaute Funktion) der optimale Bereich durch Herantasten festgelegt wird (der durch den Schwellenwert bestimmte Anteil wird durch das Programm farblich markiert)

7.1.1 Schwellenwerteinstellung und Berechnung in ImageJ

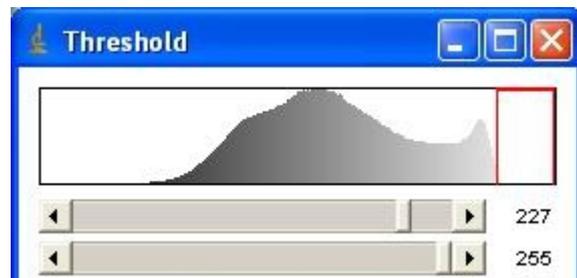
Mit dem Herantasten an den optimalen Schwellenwert werden jene Bereiche farblich markiert, welche in ImageJ anteilmäßig berechnet werden. Es wurde nun versucht nur diese Bereiche zu erfassen die im Schliff der Porosität entsprechen. Dieser Vorgang wird im Folgenden anhand des Schliffs Nr. 07 grob beschrieben.

Ein noch zu gering gewählter Schwellenwert

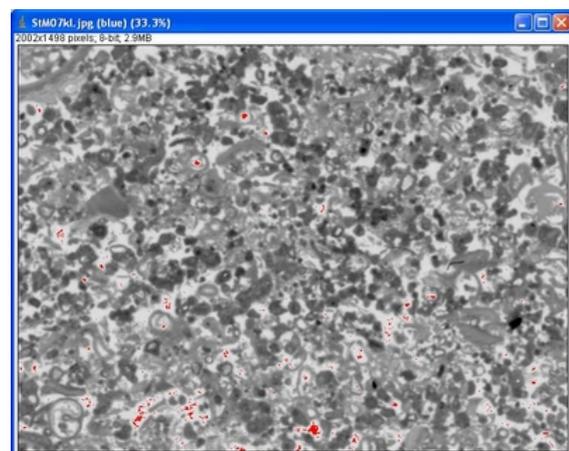
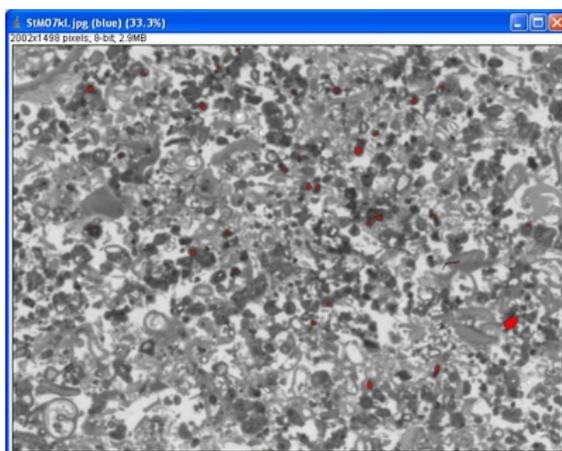
im dunklen Bereich



im hellen Bereich



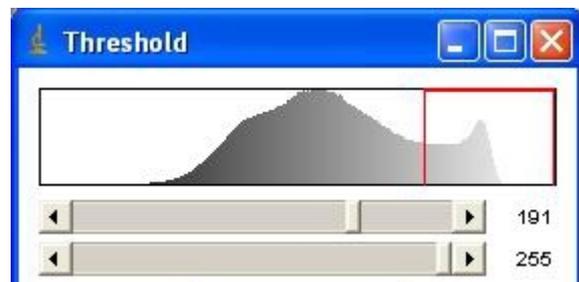
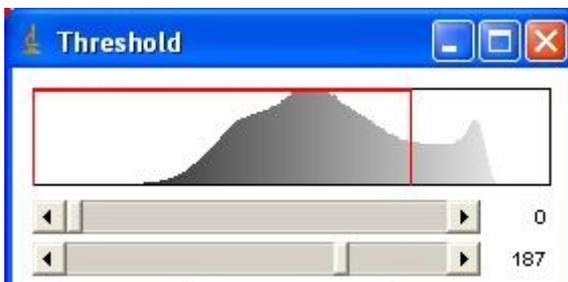
die daraus resultierende Bereichsmarkierung



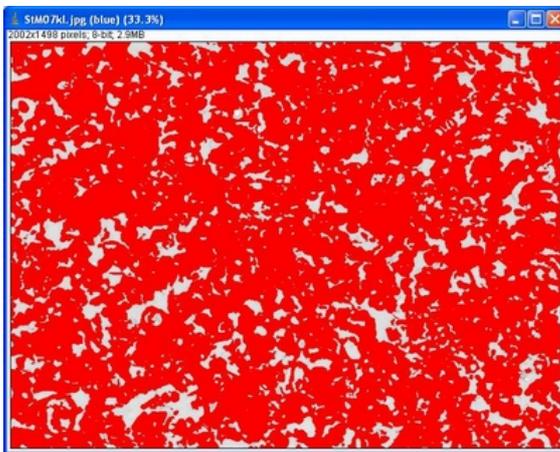
Hier sei kurz angemerkt, dass sich für die Messung der im Schliff blau eingefärbten Porosität am besten das Grauwertbild aus den blauen Anteilen oder gerade noch aus dessen Komplementärfarben ähnlichen Bildern (Magenta bzw. Rot) eignet. Nicht jedoch jenes Graustufenbild aus den grünen Farbanteilen. Auf die Gründe hierfür sowie mögliche Ungenauigkeiten und Fehlerursachen wird in einem nachfolgenden Abschnitt eingegangen.

Der optimale Schwellenwert ist erreicht, wenn im dunklen Bereich sämtliche Komponenten eingefärbt dargestellt werden und die Porosität frei bleibt

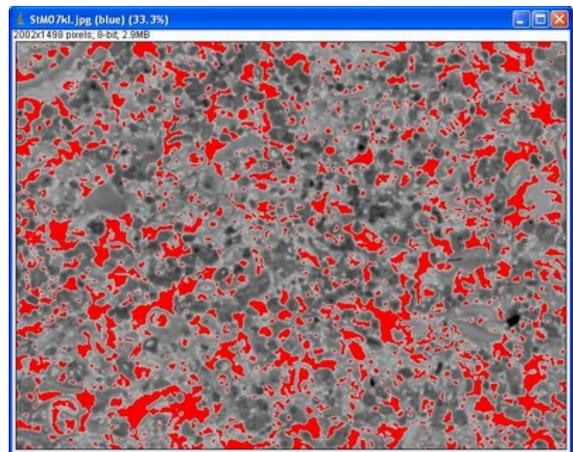
die Areale der Porosität vollständig eingefärbt dargestellt werden und die Komponenten frei bleiben



die daraus resultierende Bereichsmarkierung



hier ist nur die Porosität nicht eingefärbt



hier ist nur die Porosität eingefärbt

Nun können die eingefärbten Bereiche mit ImageJ berechnet werden. Im obigen Beispiel des Schliff Nr. 07 würde das Ergebnis wie in Abbildung 7.7 aussehen.

Slice	Count	Total Area	Average Size	Area Fraction
StM07kl.jpg (blue)	1214	531412.000	437.736	17.7
StM07kl.jpg (blue)	72	2426576.000	33702.444	80.9

Abbildung 7.7 Ergebnis aus einer Berechnung mit ImageJ; im Beispiel der Schliff Nr. 07

		Anteil [%]
Schliff Nr. 07	Porosität	17,7
	Komponenten	80,9
Summe		98,6

Aus der Berechnung lässt sich eine Porosität von ca. 18% herauslesen, aber auch eine bereits erwähnte Ungenauigkeit aus der Differenz von 98,6 zu 100%. Woraus die Abweichung des Ergebnisses von 100% resultiert wird, wie bereits erwähnt, etwas später genauer ausgeführt.

Die Ergebnisse der Auswertung mit ImageJ werden in einem folgenden Abschnitt gemeinsam mit den Ergebnissen einer herkömmlichen Auswertung gezeigt und gegenübergestellt.

7.2 Pointcounter – herkömmliche Methode

Mit dem Pointcounter ist es möglich, unterschiedliche Komponenten eines Dünnschliffs unter dem Mikroskop auf rasche Weise auszuzählen und damit quantitativ festzustellen.

Der Pointcounter besteht im Prinzip aus zwei Teilen die elektrisch miteinander verbunden sind, weiters benötigt die gesamte Einheit eine Versorgung mit Netzspannung:

- ein Geräteteil wird am Mikroskoptisch befestigt und dient zum Einspannen des Dünnschliffs und sorgt für dessen Bewegung in X und Y-Richtung (Abbildung 7.8).

Die Einstellungen am Pointcounter umfassen zB.:

- die maximale Anzahl der durchführbaren Counts,
- die Schrittweite eines Counts und
- die Auswahlmöglichkeit zwischen Zähl- und Auswertemodus.

Für den Zählvorgang stehen zwölf getrennte Kanäle zur Verfügung. Je nach Objekt im Fadenkreuz des Mikroskops wird eine beliebig zugeordnete Kanaltaste gedrückt. Dies bewirkt zum Einen eine Zählung zum erfassten Objektkanal, sowie eine Erhöhung um eins der Summe über alle Counts und zum Zweiten wird der Schliff um die voreingestellte Schrittweite in X-Richtung weiter bewegt. Am Ende einer Zeile muss händisch eine neue Zeile in Y-Richtung eingestellt werden und in X-Richtung der Beginn der neuen Zeile positioniert werden. Das Ergebnis der durchgeführten Counts wird nach Beendigung des Zählvorganges im Auswertemodus nach gewünschtem Kanal getrennt angezeigt wie auch die Summe über alle Counts je Zählvorgang.

Der prozentuelle Anteil errechnet sich aus

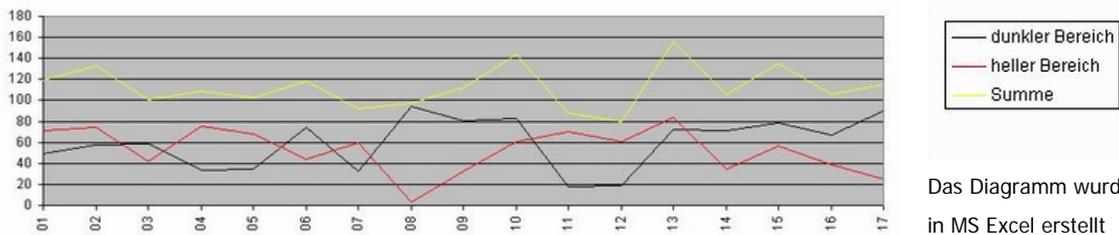
$$\text{prozentuellerAnteil}[\%] = \frac{\text{Counts}_{\text{Kanal}} \times 100}{\text{Counts}_{\text{Summe}}}$$

7.3 Ergebnisse der Porositätsbestimmung und deren Gegenüberstellung

Da es bei den vorliegenden Schliffen nur die Porosität zu ermitteln galt, wurden auch nur zwei Kanäle benötigt. Einer für die Bereiche mit Porosität und ein weiterer Kanal für „Nichtporosität“ im Schliff.

Bei einem Probenumfang von 17 Schliffen stellte sich ein Mittelwert von 1948 Counts über alle Zählvorgänge ein. Ein Maximum wurde beim Schliff Nr. 09 mit 4476 Counts erreicht. Die Schrittweite umfasste bei diesen Zählungen 0,17mm und der Zeilenabstand 0,4mm. Detail am Rande: bei Mehrfachauszählungen, um die Plausibilität und Signifikanz zu erhöhen, wurden teilweise exakt übereinstimmende Zählergebnisse erreicht.

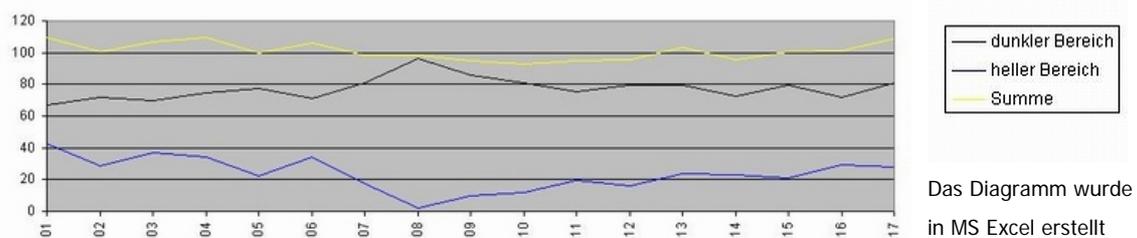
Ergebnis der Auswertung im roten Farbkanal mit ImageJ



auf der Abszisse wurden die Proben aufgetragen und auf der Ordinate die Porosität (rot) bzw. die Komponenten (schwarz) in Prozent

Bei dem vorliegenden Ergebnis zeigt sich, dass Porositätswerte bis über 80% erreicht würden (Schliff 13), bei Schwellenwerteneinstellungen vom hellen Bereich her, was bei der Komplementärfarbe zur blauen Porosität eben dieser entsprechen würde. Bei korrekt einstellbaren Schwellenwerten sollte vom dunklen Bereich her kommend die Differenz zu 100% als Ergebnis sichtbar sein, jedoch beträgt auch dieser Wert zB. bei Schliff 13 immer noch ca. 70%, was den Komponenten entsprechen sollte. Die Summenkurve (gelb) sollte sich aus der Addition von Komponenten und Porosität auf annähernd 100% addieren, was im vorliegenden Fall des roten Farbkanals in geringem Umfang vorkommt.

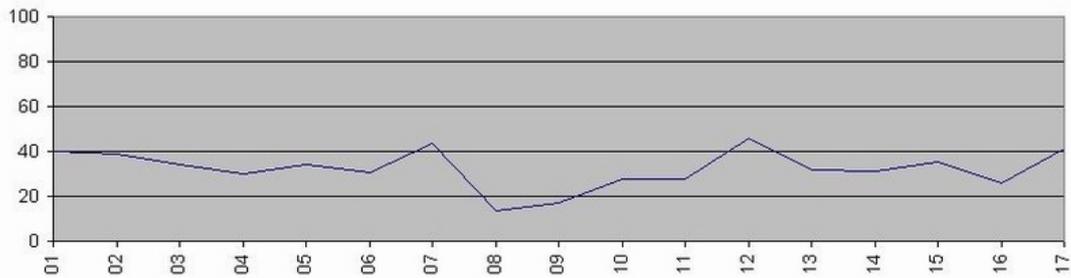
Ein plausibleres Ergebnis liefert die Auswertung des blauen Farbkanals mit ImageJ, welcher der blau eingefärbten Porosität besser entspricht



auf der Abszisse wurden die Proben aufgetragen und auf der Ordinate die Porosität (blau) bzw. die Komponenten (schwarz) in Prozent

Dieses Ergebnis zeigt realistischere Werte für die Porosität wie auch für die Anteile an Komponenten. In Summe (gelbe Kurve) ergeben diese beiden Werte, bis auf Messungenauigkeiten, ziemlich genau 100%. Vom hellen Bereich her wird hier die blau eingefärbte Porosität erfasst und vom dunklen Bereich her die Komponenten.

Das Ergebnis der Auszählung mittels Pointcounters entspricht im Wesentlichen, bis auf etwaige Messungenauigkeiten, dem Ergebnis der Auswertung des blauen Farbkanals mit ImageJ.



auf der Abszisse wurden die Proben aufgetragen und auf der Ordinate die Porosität in Prozent
Das Diagramm wurde in MS Excel erstellt

Deutlich zu sehen ist jetzt in den aussagekräftigen Diagrammen, dass eine Porositätsverminderung in der Fluchtlinie der Störung stattgefunden hat. Dies lässt darauf schließen, dass die unterhalb der Störung befindliche Schicht den gegen Null verlaufenden Versatz dieser Störung kompensiert. Nicht zu beobachten war jedoch ein gradueller Porositätsverlauf auf die Fluchtlinie der Störung hin, sondern eine sprunghafte Änderung der Porosität an der Fluchtlinie. Die Abbildungen 7.5 (Schliff Nr. 07) und 7.4 (Schliff Nr. 10) zeigen die relativ hohe Porosität in den an die Schliffe Nr. 08 und 09 angrenzenden. Die Schliffe Nr. 08 und 09 zeigen, dass bereits Deformation mit einigen „Deformation Bands“ stattgefunden hat (Aydin, 1978; Draganits et al., 2005; Exner & Grasemann, in review und alle darin enthaltenen Autoren; Fossen et al., 2007).

Schliff Nr. 09 (Abbildung 7.10) zeigt eine beginnende Scherzone mit Einregelung und Zerschneiden von Komponenten, sowie der damit verbundenen Verminderung der Porosität.

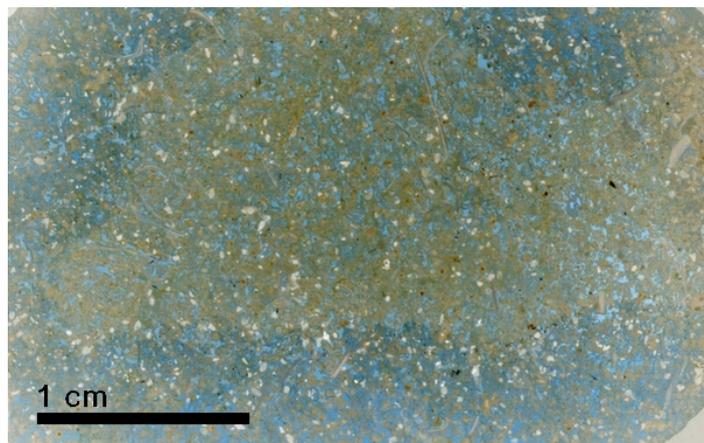


Abbildung 7.10 Schliff Nr. 09

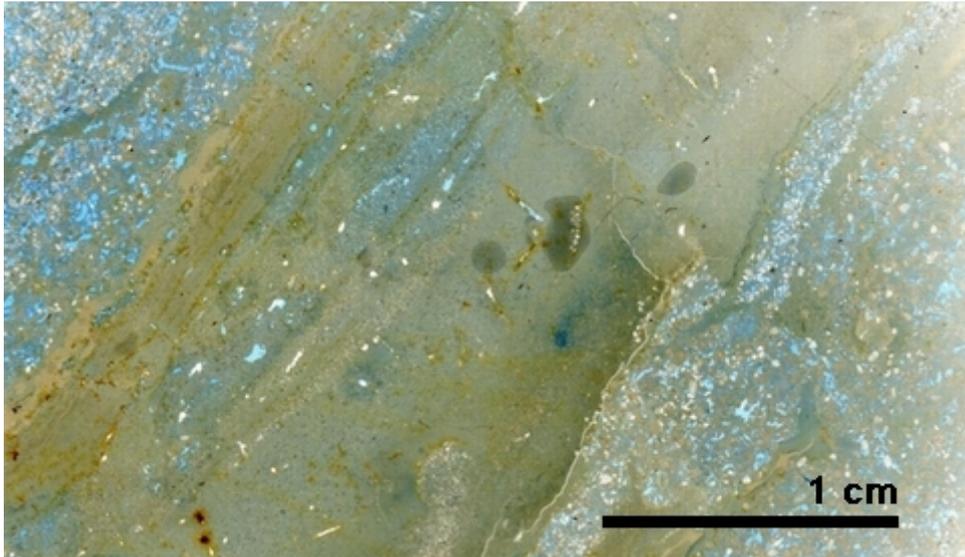


Abbildung 7.11 **Schliff Nr. 08**

Schliff Nr. 08 (Abbildung 7.11) zeigt, in einigen Arealen bis auf wenige Löcher, keine erkennbare Porosität mehr und ist überdies von kleinsten Störungen versetzt.

7.4 Fehlerursachen und Genauigkeit der Ergebnisse

Bei der Auswertung mittels Pointcounters können sich meiner Meinung nach Fehler durch:

- Flüchtigkeitsfehler beim Auszählen, wie Unachtsamkeit auf das im Fadenkreuz auszählende Objekt oder Vertippen bei den Kanälen,
- Ermüdung allgemein bei der Arbeit mit dem Mikroskop oder
- schlicht Rechenfehler bei der Umrechnung in Prozent einstellen.

Fehlerursachen bei der rechnergestützten Auswertung mittels ImageJ zeigen hier schon etwas mehr Diversität. Abgesehen von subjektiv nicht optimalen Schwellenwerten durch den Bediener des Programms, welche die Ergebnisse mehr oder weniger eklatant von der Realität abweichen lassen, besitzen die drei Farbkanäle optische Besonderheiten worauf im Folgenden kurz eingegangen wird.

7.4.1 Fehler bei der Auswertung mit ImageJ im roten Farbkanal

Eigentlich könnte angenommen werden, dass sich Rot als annähernde Komplementärfarbe zu Blau (richtigerweise Magenta), zu einer Bestimmung eignen würde. Dem ist jedoch nicht so, da auch die braunen Anteile von Komponenten etwa Rotanteile besitzen bzw. blau eingefärbte Bildteile Grauwerte aufweisen wie ebenso andere, nicht Poröse, Bildteile. Einen direkten Vergleich soll Abbildung 7.12 bieten, worauf ein Ausschnitt des Schliff Nr. 13 gezeigt wird (oben normales Farbbild; mitte roter Farbkanal; unten mit Schwellenwerteinstellung, welche Komponenten und Porosität erfasst).

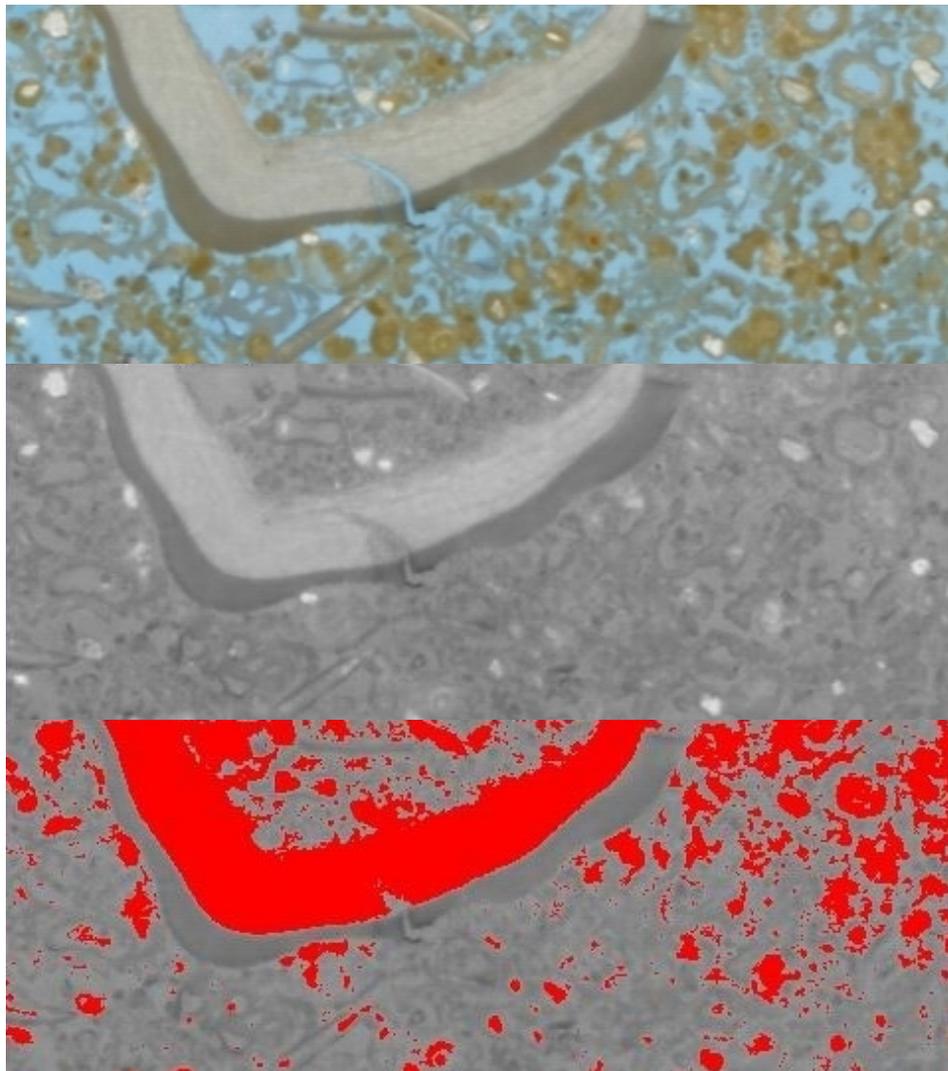


Abbildung 7.12 Fehler bei der Auswertung mit ImageJ im roten Farbkanal

7.4.2 Auswertung mit ImageJ im blauen Farbkanal

Korrekterweise sollte der blaue Farbkanal nicht im Abschnitt über Fehlerursachen der Farbkanäle aufscheinen, da aufgrund der blau eingefärbten Porosität in den Schliffen diese mit jenem Kanal am Besten zu ermitteln ist, was auch das Ergebnis der Porosität im Diagramm (Seite 49 unten) zeigt. Die blauen Maxima sind im Schliff wie auch im Farbkanal scharf abgegrenzt.

Eine vergleichende Gegenüberstellung zeigt Abbildung 7.13. Diese Abbildung zeigt den gleichen Ausschnittsbereich des oben gezeigten (Abbildung 7.12) Schliff Nr. 13, jedoch im blauen Farbkanal. Hier lässt sich die Porosität mittels Schwellenwert sehr genau begrenzen.

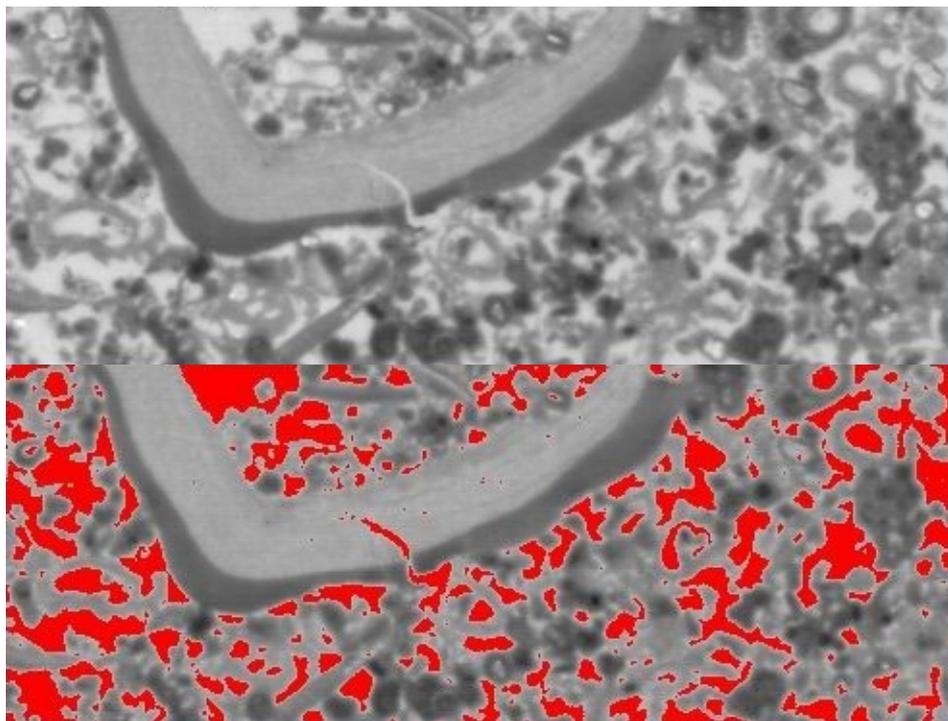


Abbildung 7.13

Auswertung mit ImageJ im blauen Farbkanal

7.4.3 Fehler bei der Auswertung mit ImageJ im grünen Farbkanal

Der grüne Farbkanal wurde zur Auswertung nicht herangezogen, da dieser Überlappungsbereiche in den roten (ähnlich der Komplementärfarbe zu Blau) wie auch in den blauen Farbkanal aufweist, woraus sich in der Natur additive Mischfarben ergeben. Dies soll eine schematische Skizze der RGB-Farbmaxima in Abbildung 7.14 verdeutlichen (Auf der Abszisse eingetragen ist die Wellenlänge des jeweiligen Farbbereichs).

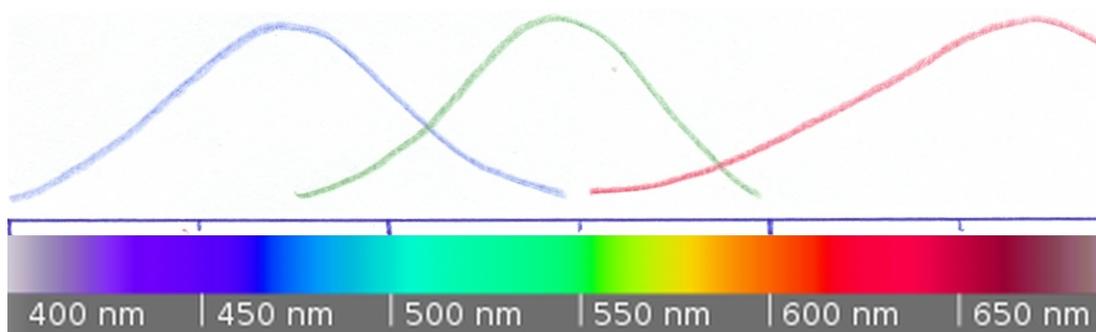


Abbildung 7.14 Schematische Darstellung der RGB-Farbmaxima und deren Überlappungsbereiche

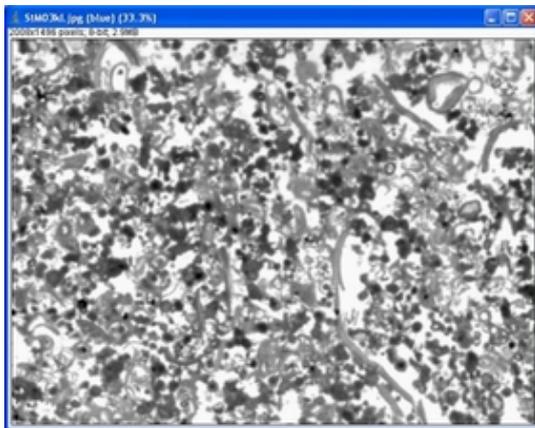
Daraus ist weiters ersichtlich, dass der rote und der blaue Kanal keine gemeinsamen Bereiche besitzen und ein Grünmaximum dazwischen liegt.

7.4.4 Fehler aus dem Kontrastumfang in den verwendeten Grauwertbildern

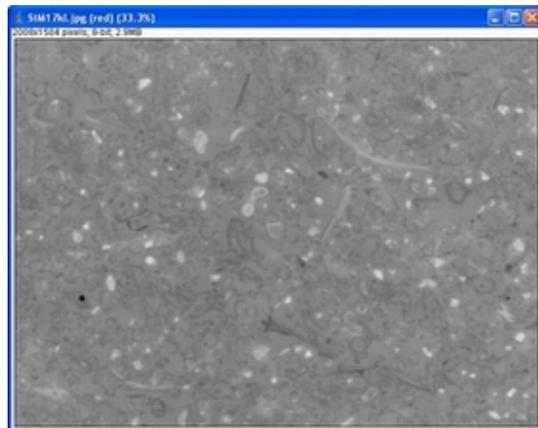
Von großer Bedeutung bei der Einstellung des optimalen Schwellenwertes ist auch der Kontrastumfang des jeweiligen Farbkanals.

Im Folgenden wird diese Bedeutung anhand zweier Beispiele gezeigt (links Schliff Nr. 03 im blauen Farbkanal mit breitem Kontrastumfang und rechts Schliff Nr. 17 im roten Farbkanal mit schmalem Kontrastumfang).

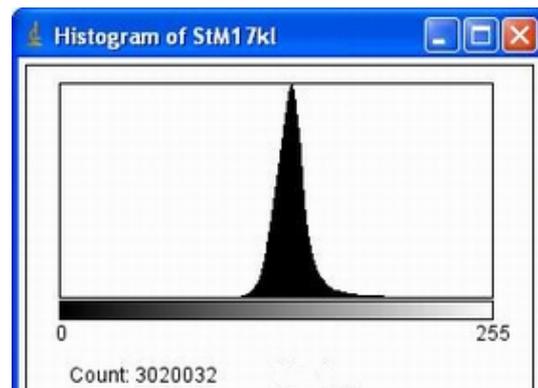
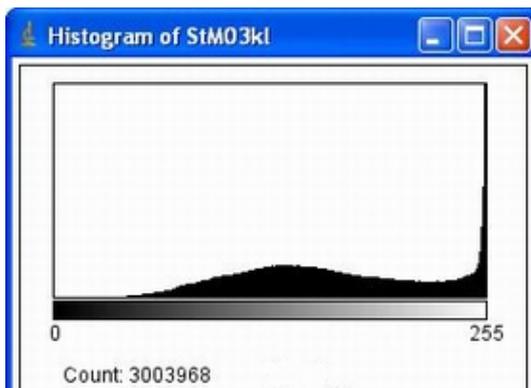
Schliff Nr. 03 im blauen Farbkanal mit breitem Kontrastumfang



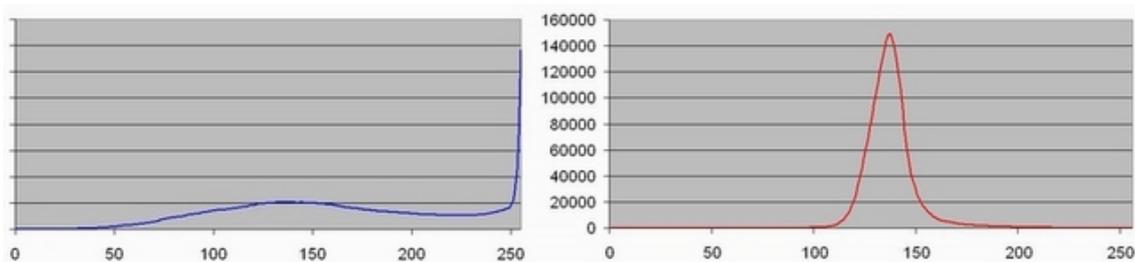
Schliff Nr. 17 im roten Farbkanal mit schmalen Kontrastumfang



Hierzu die Histogramme zu den jeweiligen Farbkanälen, welche im Wesentlichen dem Kontrastverlauf entsprechen. Die Counts am unteren Rand des Histogramms entsprechen in diesem Fall der Anzahl an Pixel im Bild.

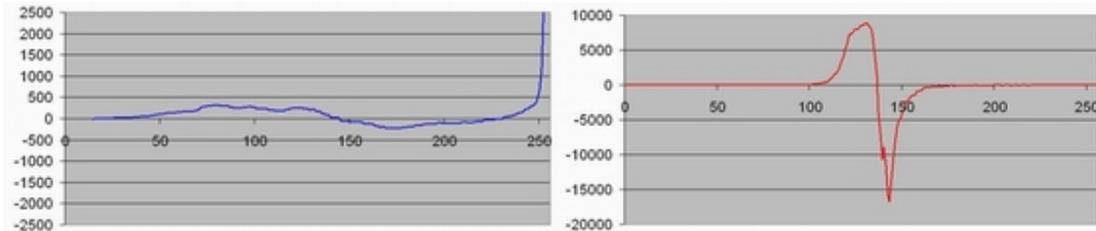


Zur weiteren Berechnung wurden diese Werte in Microsoft Excel übernommen. Dabei sind obige Kurven mittels Excel-Diagramm nochmals dargestellt.



Die kumulierte Summe an den einzelnen Grauwerten von 0 – 255 (auf der Abszisse ablesbar) entspricht wieder den Counts (Gesamtpixelanzahl in diesem Fall) im Histogramm.

Zur Erläuterung der Fehlerursache bzw. Ungenauigkeit beim Einstellen des optimalen Schwellenwertes sind noch folgende Diagramme notwendig, welche die erste Ableitung der obigen Kurven darstellen und somit über die Steigung der Grauwerte Auskunft geben.



Beachtenswert die Skalierung der Diagramme, wo im breiten Kontrastumfang am Einstellbereich des Schwellenwertes gerade noch nicht 500 Pts je Grauwert erreicht werden, umfasst die Steigung im schmalen Kontrastumfang an ähnlicher Stelle Gesamtbeträge von 25.000 Pts je Grauwert.

Nun wird auch verständlich woraus sich ein möglicher Fehler beim Optimieren des Schwellenwertes ergeben kann. Befindet sich der Optimierungsbereich an einer steilen Flanke oder an einem der beiden Grenzwerte Infimum oder Supremum ändert sich je Grauwertänderung auch der auswertbare Betrag an Pixel drastisch (einige Tausend). Der errechnete Anteil in Prozent weicht somit unverhältnismäßig von der Realität ab.

8 Bilanzierung

Aufgrund der extensionellen Situation im Eisenstädter-Sopron-Becken kam es zur Ausbildung von Nord-Süd streichenden Abschiebungen westlich des Ruster Höhenzuges. An diesen wird zahlreiches Auftreten von kleineren Störungen in der näheren Umgebung beobachtet, welche eine Art „perturbation strain“ („Rauschverhalten“ - Geo-Box 6.5) um diese Hauptereignisse darstellen, die Fallwerte der SE-orientierten Störungen nehmen dabei von Westen her zur Hauptstörung hin zu. Eine dieser Nord-Süd streichenden Abschiebungen verläuft, wie bereits mehrfach erwähnt, direkt im Osten des Aufschlussgebiets

an diesem vorbei. Diese Masterfault mit der Orientierung 254/68 weist einen Abschiebungsbetrag um 40m auf. Allgemein möchte ich auch hier auf die Einflussnahme folgender Autoren hinweisen: Davison, 1986; McClay et al., 1991 sowie Williams & Vann, 1987.

8.1 Listrische Abschiebungen

Zu dieser Störung formte sich die Meinung, dass es sich um eine listrische Abschiebung mit Bildung einer Rollover Antiklinalen handle (Decker & Peresson, 1996).

Dieses würde zur Folge haben, dass eine oberflächennah steile Störung mit zunehmender Tiefe in einen flachen Detachmenthorizont übergeht.

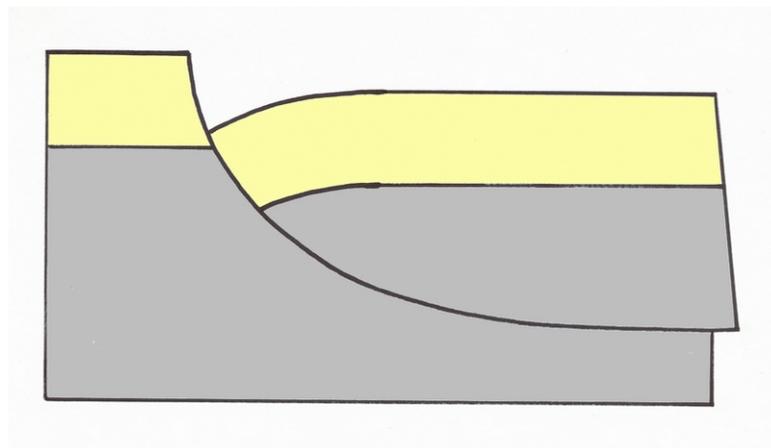
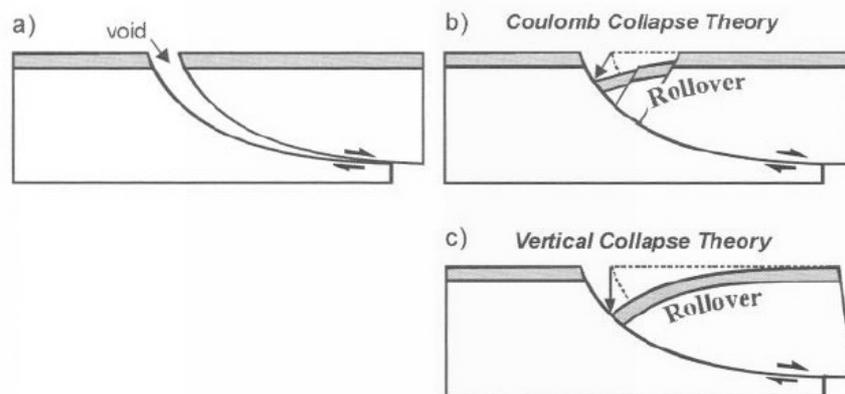


Abbildung 8.1 Skizze einer listrischen Abschiebung

Abbildung 8.1 skizziert im groben eine listrische Abschiebung. Dabei kommt es zur Ausbildung von synsedimentären Sedimentationskeilen, die wiederum ihrerseits Fallen für Kohlenwasserstoffe bilden können (Schönlaub, 2000). In der Aufschlusssituation nähme die Mächtigkeit solch eines Keils von Westen nach Osten zur Hauptstörung hin zu.

Die aufgrund von Extension entstandene Zerrungsspalte bereitet dem Hangendblock ein gravitatives Problem (Abbildung 8.2 a), wodurch sich dieser durch verschiedene Ausgleichsvorgänge der Störungsfläche am Liegendblock anpasst (Yamada & Clay, 2003) wie zB.:

- „vertical collapse“-Theorie
Senkrecht nachsetzen des Hangendblockes führt zu angleichen an die Störungsfläche (Abbildung 8.2 c)
- „Coulomb collapse“-Theorie
Nicht wie im oben genannten Fall, durch vertikalen Bewegungssinn gleicht sich der Hangendblock der Störungsgeometrie an, sondern durch Abschiebungen entlang antithetischer Bruchlinien (Abbildung 8.2 b). Wobei es zur Ausbildung einer inaktiven und aktiven Achsenfläche kommt. Die Knickzone (kink band) zwischen diesen Achsenflächen wird mit zunehmendem Versatz breiter.



Entstehung von Rollover-Antiklinalen. a) Durch Separation der *hanging wall* entlang einer listrischen Abschiebung bildet sich ein theoretischer Hohlraum. b) Die *hanging wall* passt sich durch geneigte Scherung der Störung an. c) Die *hanging wall* passt sich durch vertikale Scherung der Störung an. [Tearpock u. Bischke, 2003]

Abbildung 8.2 Ausgleichsvorgänge des Hangendblocks an einer listrischen Störungsfläche

8.1.1 Dip-Domains

Da aufeinander folgende, sedimentierte Schichten bei weiterem Versatz und dem damit verbundenen Tiefsinken, aufgrund der listrischen Störungsgeometrie immer flacher werdende Horizonte durchlaufen, ändern sich auch deren Neigungen im Bezug auf die ursprünglich horizontale Sedimentation. Diese unterschiedlichen Neigungswinkel ergeben eine Reihe von Dip-Domains. Die Skizze in Abbildung 8.3 zeigt aufbauend auf der Skizze

in Abbildung 8.1 die Konstruktionsmethode einer solchen Dip-Domain. Wobei durch verlängern von Horizonten, Schnittpunktbildung und verschieben von Vektoren eine Gerade konstruiert wird, welche dem Winkel der Dip-Domain-Boundaries entspricht.

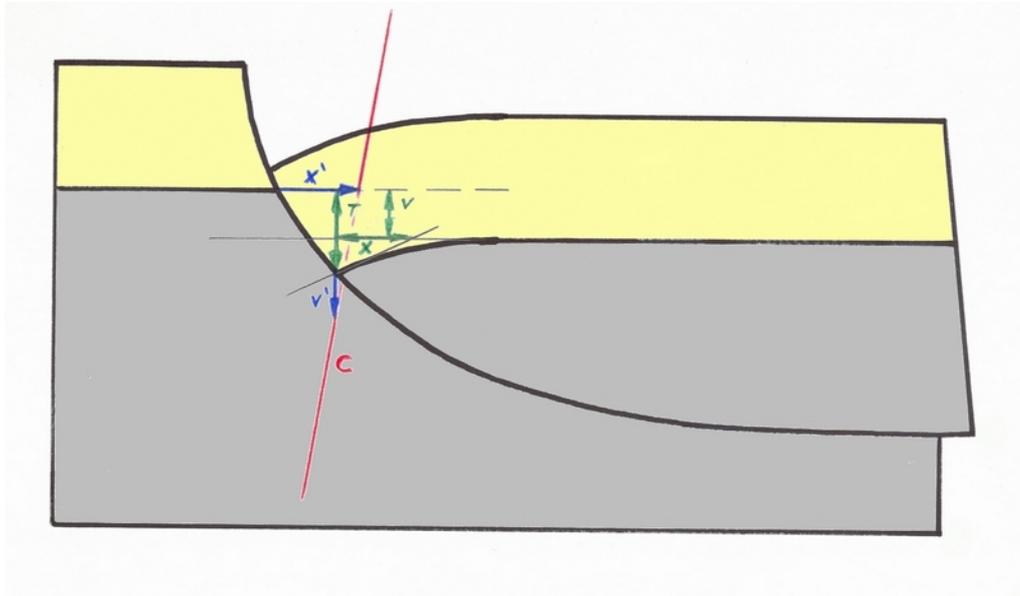
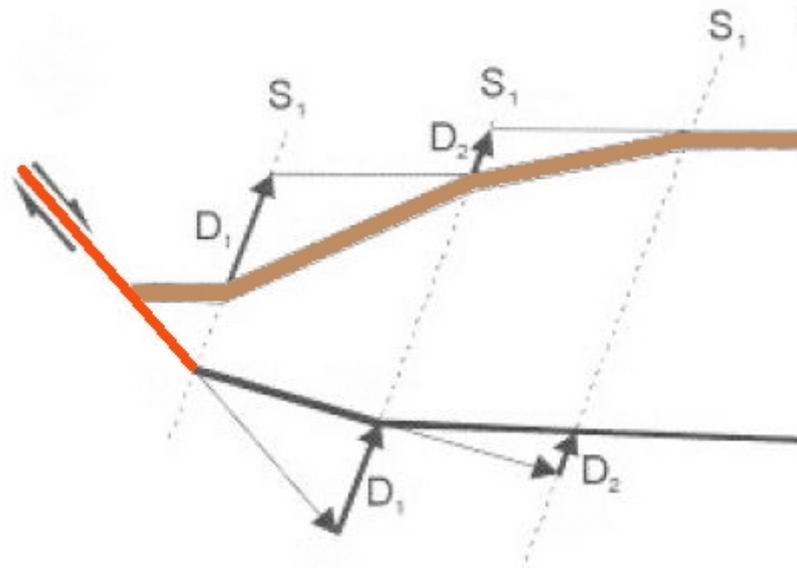


Abbildung 8.3 Konstruktion einer Dip-Domain

Hierbei werden erst die Strecken T, X und V gebildet, hernach die Strecken X und V nach X' und V' parallel verschoben und an den Endpunkten der Strecken X' und V' kann nun ein Strahl konstruiert werden der den Dip-Domain-Boundaries (Strahl C in rot) entspricht.

8.1.2 Konstruktion des Detachmenthorizonts

Mit dieser Information und einem definierten und gemessenen Markerhorizont kann nun darangegangen werden einen listrischen Störungsverlauf in die Tiefe weiter zu konstruieren. Abbildung 8.4 zeigt die Konstruktionsmethode (im Wesentlichen vektorielle Addition), wobei in braun definierte und gemessene Markerhorizonte und in rot die aufgeschlossene Hauptstörung dargestellt wird.



[Verändert nach Tearpock u. Bischke, 2003]

Abbildung 8.4 Konstruktion des Detachmenthorizonts

8.1.2.1 Rechnergestützte Konstruktion mittels GeoGebra

Zur rechnergestützten Konstruktion eines listrischen Abschiebungshorizonts auf Basis der Markerhorizonte, der Hauptstörung und dem Winkel der Dip-Domain-Boundary wurde erstmals von mir die Software „GeoGebra“ verwendet in der ich eine Anwendung entwarf welche unter der möglichen Veränderung einiger Feldparameter einen solchen Detachmenthorizont darstellt.

Diese intuitiv erlernbare Software ist frei verwendbar und im Internet unter „www.geogebra.com“ zum Downloaden.

Dazu werden im Hintergrund eine Reihe von geometrischen Elementen benötigt und miteinander verknüpft wie Gerade, Punkte, Vektoren und einiges mehr. Insgesamt befinden sich bei fünf Markerhorizonten etwa 60 Elemente im Hintergrund ($kx+d$ mit $k=10$ Elemente je weiteren Markerhorizont; x = Anzahl Markerhorizonte; d = Basiselemente). Abbildung 8.5 zeigt eine grobe Übersicht der Elemente bei vier Horizonten.

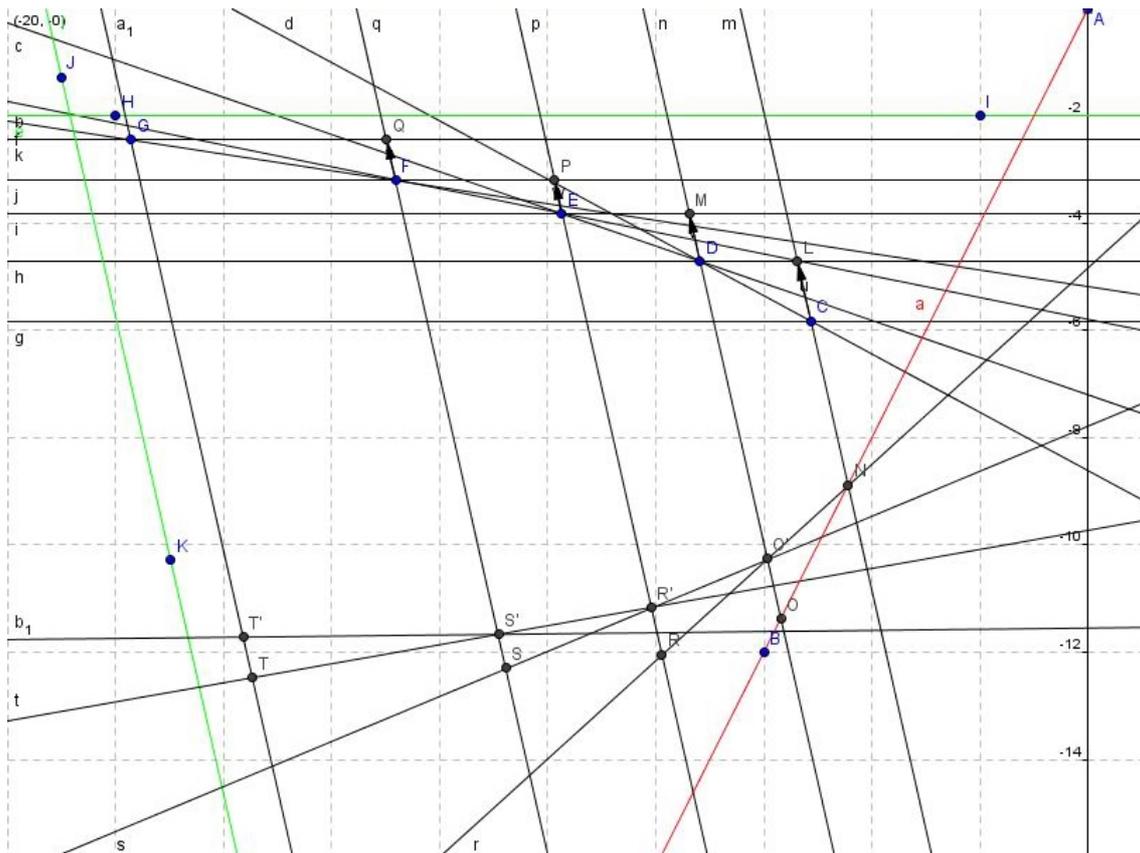


Abbildung 8.5 GeoGebra-Elemente bei vier Horizonten

In diese Anwendung können ab Version 3.2.0.0 Koordinaten von Markerhorizonten in Tabellenform eingegeben, eingefügt und editiert werden, aber auch die Koordinaten von in GeoGebra konstruierten Detachmenthorizonten können aus Tabellen ausgelesen bzw. kopiert und weiterverarbeitet werden.

Die Koordinaten der Marker können jedoch auch, wie auch die ganzen Marker, visuell verschoben bzw. angepasst werden. Mit diesen Voreinstellungen können nun Parameter wie Neigungswinkel der Hauptstörung und/oder der Winkel der Dip-Domain-Boundary verändert werden und der konstruierte Detachmenthorizont in-time betrachtet werden.

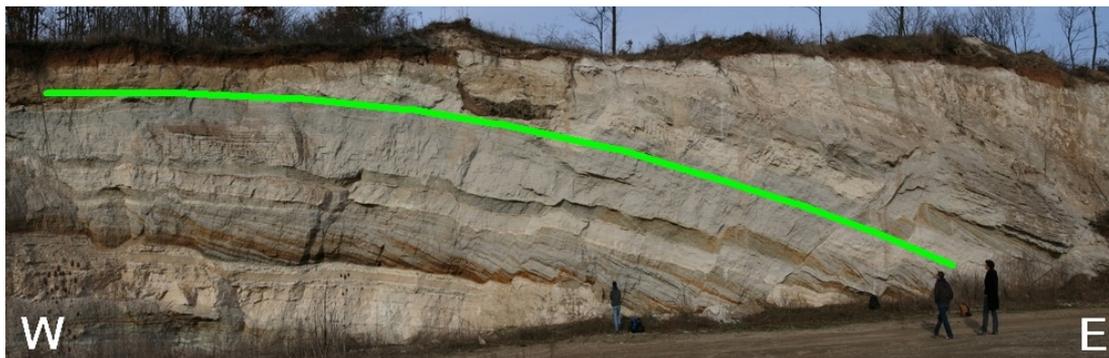


Abbildung 8.6 Markerhorizont an der aufgeschlossenen Wand

Abbildung 8.6 zeigt für eine erste Konstruktion den dafür benötigten Markerhorizont (grüne Linie) an der aufgeschlossenen Wand und Abbildung 8.7 zeigt das dazugehörige Konstruktionsergebnis in GeoGebra. Dabei soll nur ein erster Schritt gezeigt werden, diese Konstruktion ist in keinen Werten korrigiert.

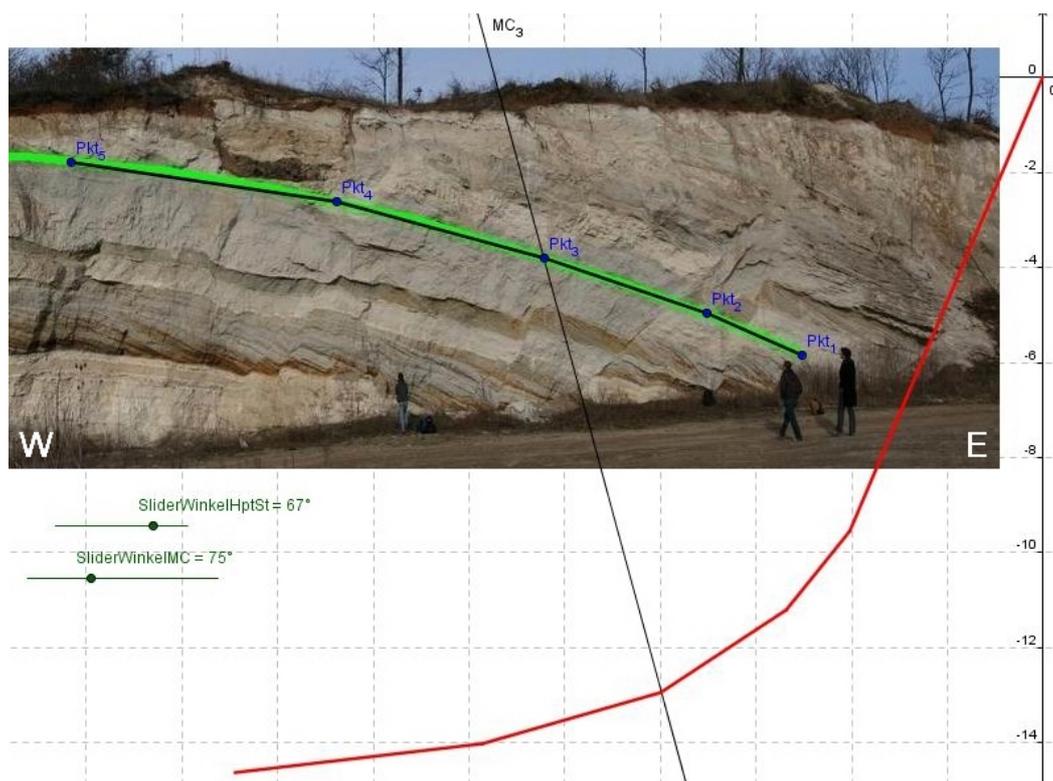


Abbildung 8.7 ein erster konstruierter Detachmenthorizont

8.2 Nichtanwendbarkeit der Konstruktionsmethoden zu listrischen Abschiebungen

Nun sei jedoch darauf aufmerksam gemacht, dass auch an planaren Störungsflächen diese Konstruktionsmethode das Ergebnis einer listrischen Abschiebung liefert. Wie Abbildung 8.8 zeigt stellt an normal faults mit reverse drag, also planaren Störungen mit graduellen Versatzweiten, diese Konstruktionsmethode das Ergebnis als listrische Abschiebung dar (Grasemann et al., 2005; Chapter 3.3). Dies beruht darauf, dass diese Methode eben zur Konstruktion von listrischen Abschiebungshorizonten dient.

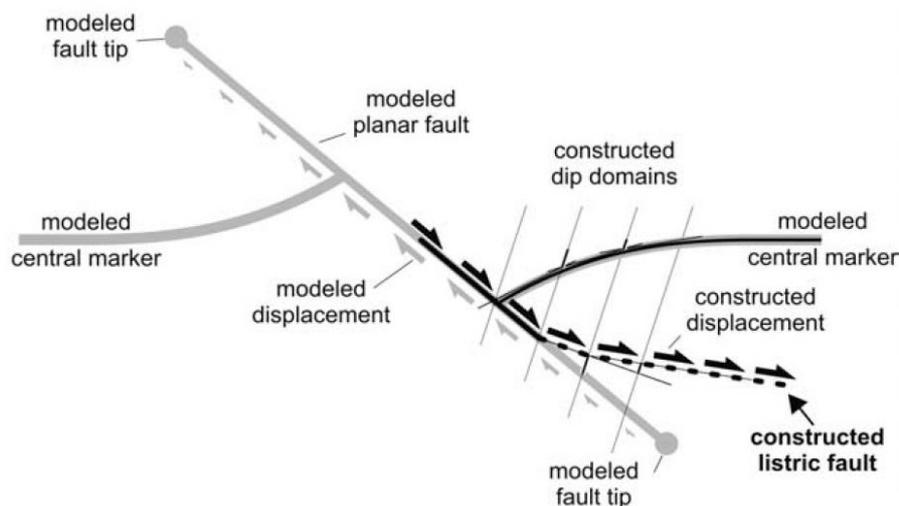


Abbildung 8.8 Abweichende Konstruktion an normal faults mit reverse drag (Grasemann et al., 2005)

Da solcherart vorliegende Störungen einen graduellen Verlauf des Versatzes aufweisen sei hingewiesen, dass an solchen eine derartige Konstruktion mit Vorsicht interpretiert werden sollte.

8.3 Aufschlusssituation

Wie sich die reale Gestaltung des Störungsverlaufs in die Tiefe verhält kann ich mit den vorliegenden Daten und Methoden nicht mit Sicherheit sagen. In den folgenden Abbildungen werden jedoch einige Varianten durch Konstruktion gezeigt und mit einer Bohrung der Geologischen Bundesanstalt nahe des Aufschlusses in Beziehung gebracht.

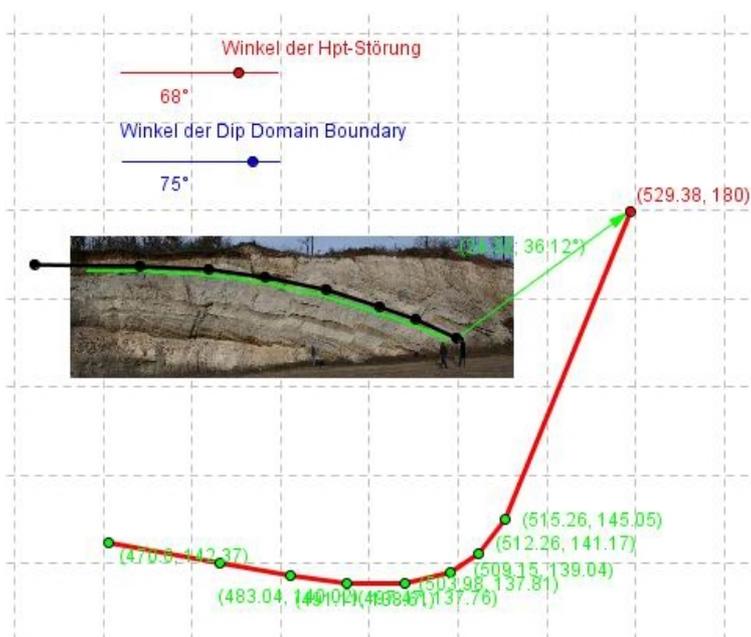


Abbildung 8.9 Konstruktionsvariante aus GeoGebra

Abbildung 8.9 bedient sich einer korrigierten Variante aus Abbildung 8.7, dabei ist ein sehr starkes Umbiegen bzw. auch ein Aufwärtsverlauf des Detachmenthorizonts zu beobachten. Der Realität dürfte zumindest der Aufwärtstrend im weiteren Störungsverlauf widersprechen.

Aus früheren Messungen (tiefere Aushubstufe) sind größere Fallwerte der Hauptstörung näheren Schicht belegt.

Änderungen an den Markerhorizonten wirken sich dort, konstruktionsbedingt, am stärksten aus. Einige Beispiele sollen dies zeigen.

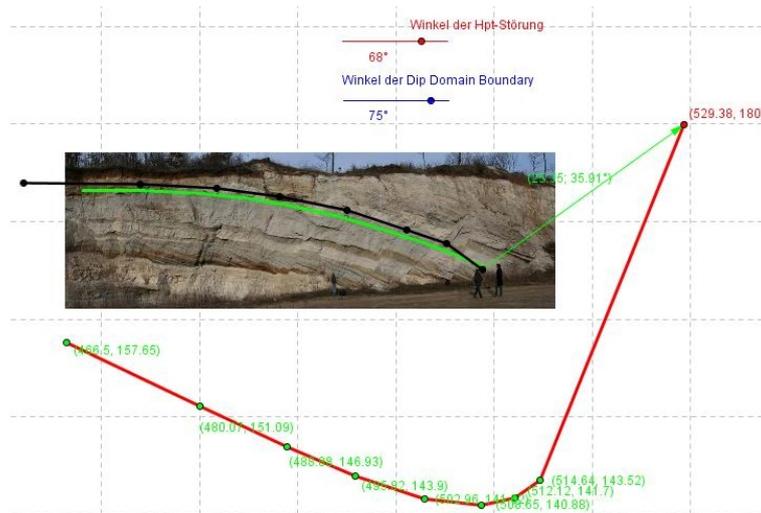


Abbildung 8.10 Konstruktionsvariante (GeoGebra)

Abbildung 8.10 zeigt bei einer geringen Änderung des Fallwertes am ersten Markerhorizont, nahe der Hauptstörung ein signifikantes Umbiegen am ersten durch die Anwendung konstruierten Detachmenthorizonts, was wiederum eine Multiplikation der Änderung in allen folgenden Horizonten mit sich bringt. Dabei wurden sämtliche anderen Parameter unverändert belassen. Änderungen zu einem flacheren ersten Markerhorizont hingegen wirken ebenso einen flacher verlaufenden Detachmenthorizont (Abbildung 8.11).

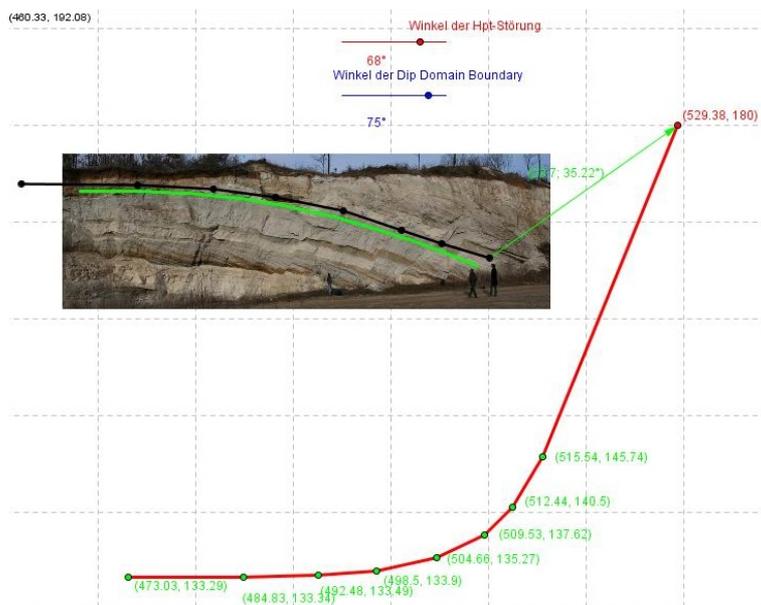


Abbildung 8.11 Konstruktionsvariante (GeoGebra)

Bei verändern des letzten Markerhorizonts, weiter von der Hauptstörung entfernt, erfolgt eine relativ marginale Angleichung des Detachmenthorizonts, selbst bei stärkeren Änderungen (Abbildung 8.12).

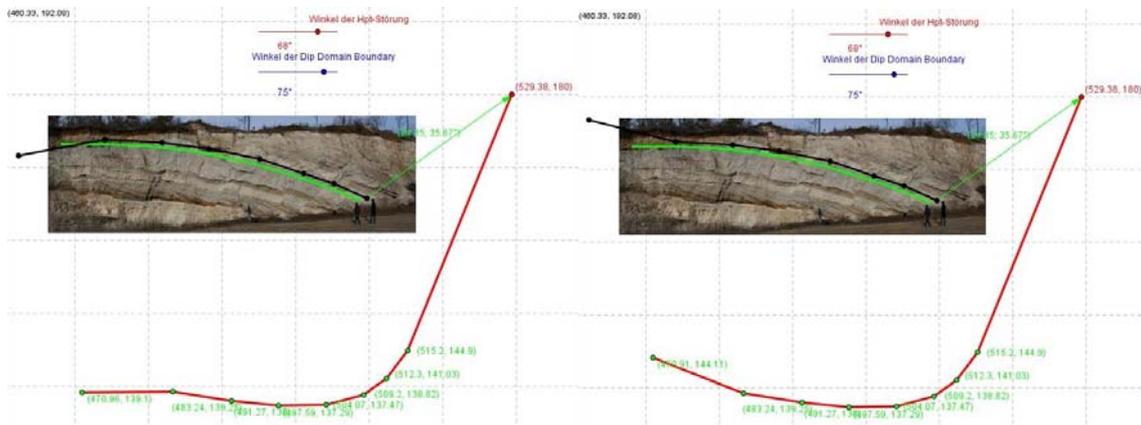


Abbildung 8.12 Änderungen aufgrund des weiter Entfernten Markerhorizonts

Daraus folgt, dass eine gewisse Genauigkeit bei den Messungen auch hier von Bedeutung ist, da sich Fehler an den ersten Markerhorizonten multiplikativ fortsetzen und eine größere Menge an Markerhorizonten dem konstruierten Detachment keine höhere Plausibilität verleiht (Tearpock & Bischke, 2003).

Früheren Beobachtungen zu entnehmen wurden nordwestlich bis nördlich des untersuchten Aufschlusses keine listrischen Abschiebungen gesichtet (Kovac et al., 1991), aber auch in Abbildung 5.7 sind im Profil, um den Ruster Höhenzug, bereits die Störungen planar bis zum kristallinen Basement eingetragen (Wessely, 1988). Dieser geradlinige Verlauf steht im Widerspruch zu den listrischen Konstruktionen. Überdies wurde im Nahebereich des Aufschlusses eine Bohrung der Geologischen Bundesanstalt (eine Tabelle des Bohrprofils findet sich im Anhang) abgeteuft mit dem Ergebnis, dass kein Abscherungshorizont bzw. ein Hinweis auf die Nähe eines solchen angetroffen wurde. Abbildung 8.13 zeigt nun die gesamte Aufschlusssituation mit eingezeichnetem Bohrpunkt und Endteufe, in welcher zumindest ein Hinweis auf einen nahen (konstruierten) Detachmenthorizont bei listrischer Abschiebungssituation gegeben sein sollte.

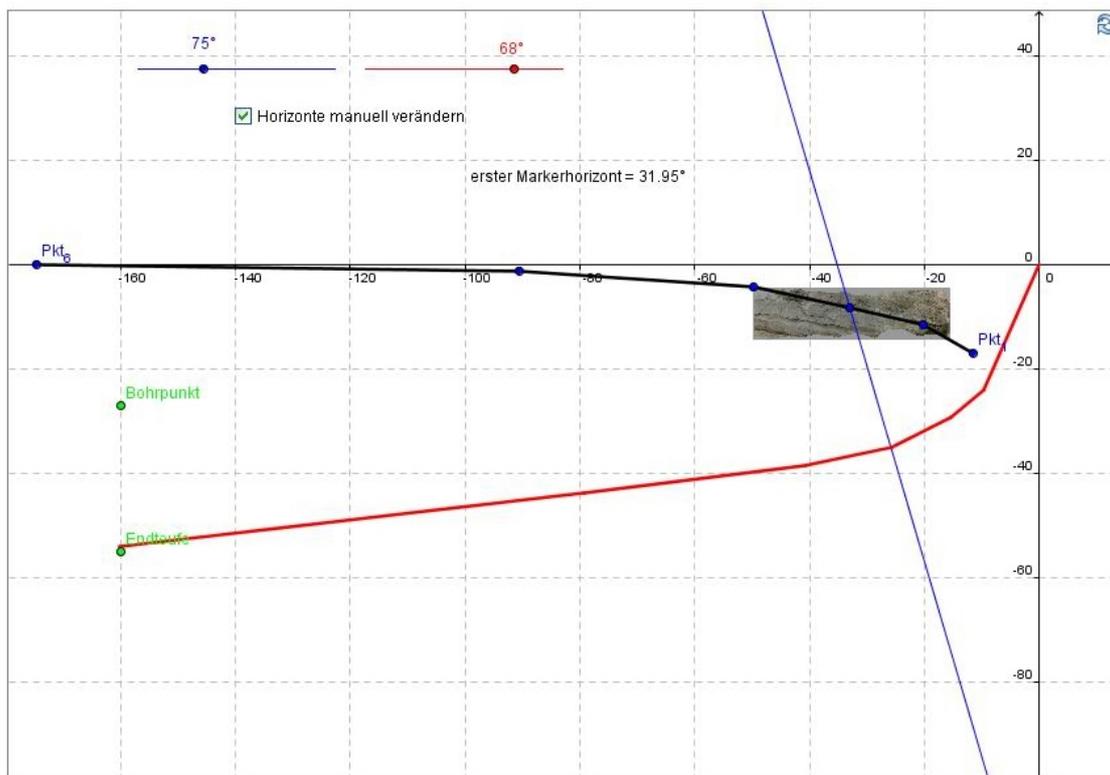


Abbildung 8.13 Konstruierte Aufschlussituation mit Bohrung (GeoGebra)

Im Zusammenhang mit Abbildung 8.13 sei nochmals darauf hingewiesen, dass Veränderungen am letzten Markerhorizont keine signifikanten Konstruktionsänderungen mit sich bringen.

Eine Skizze des Gesamtversatzes der Markerhorizonte an der aufgeschlossenen Wand befindet sich im Anhang.

9 Ausblick und weiterführende Untersuchungen

Für die vorliegenden miozänen Sedimente wurde hier eine gute räumliche Darstellung des Geländes und der Geländeelemente mittels Laserscanners in GoCad erreicht.

Überlegt werden könnte noch die Einbeziehung des X-Wertes beim Kopieren der Curves, für die Darstellung der Fallwerte mit Surfaces, um in Extrembereichen eine Faltenbildung zu vermeiden, was jedoch erst verifiziert werden müsste.

Auf die Hydrologie wurde in dieser Arbeit nicht eingegangen, interessant wäre eventuell ob die Färbungen der Kieslagen mit einer Mineralisation einhergeht und wie diese beschaffen ist. Weiters könnte das Augenmerk auf die Ermittlung der ehemaligen Fließgeschwindigkeit und Wasserleitfähigkeit im großen Porenraum im Hinblick auf einzelne oder mehrere Grundwasserkörper gelenkt werden

Bei den Forset Beds könnte ermittelt werden ob deren Geometrie in Deltasituationen immer den gleichen Prinzipien unterliegen. Was bedingen würde, falls nur Foresets aufgeschlossen wären dass daraus auf die Verkippung der betreffenden Schicht geschlossen werden kann.

Es wäre noch interessant das Verhalten des „perturbation stains“ (Rauschen) aufgrund Extension (auch in Relation mit dem Abstand zur Masterfault), wie auch in diesem Zusammenhang die Relation von Fallwerten der konjugierenden Störungen mit dem Abstand zur Masterfault zu betrachten. Weiters ob hierzu der Schichtaufbau und dessen Anordnung einen Einfluss nimmt. Auch das Amplitudenverhalten bzw. Streuparameter im Nahebereich einer Masterfault könnten noch ausgewertet werden.

Zur Porositätsmessung wurde eine sprunghafte Reduzierung der Porosität in der angrenzenden, kompensierenden Schicht festgestellt, jedoch kein gradueller Verlauf.

Um die Aussagekraft über die Kompensation von Störungen in angrenzenden Schichten zu erhöhen wäre es eventuell notwendig die Anzahl der Probennahmen anzuheben und die Bohrungen flächenmäßig dichter zu setzen bzw. auch die Orientierung der Bohrkerne zu notieren um, wie im vorliegenden Fall des Schliffes Nr. 08 die Orientierung der Verdichtung sowie der darin befindlichen kleinsten Störungen zu bestimmen.

Die rechnergestützte Konstruktion des listrischen Abschiebungshorizonts wurde, anhand von Markerhorizonten in Beziehung mit der Masterfault, unter Verwendung der Software „GeoGebra“ und einer darin selbstprogrammierten Anwendung erstmals von mir realisiert. Darin ist eine in-time Darstellung des Detachmenthorizonts unter Veränderung von einigen Parametern möglich. Wobei der konstruierte Abschiebungsverlauf nicht mit einem vorhandenen Bohrprofil korreliert.

10 Danksagung

Meinem Betreuer:

GRASEMANN Bernhard

sowie:

DRAGANITS	Erich
FAUPL	Peter
EXNER	Ulrike
GIER	Susanne
HARING	Alexander
LEIN	Richard
POPP	Friedrich
RICE	Alexander Hugh
RICHTER	Wolfram
SODFRIED	Josef
SPAHIC	Darko
TSCHEGG	Cornelius
TUITZ	Christoph
WEINKE	Helmut
ZUSCHIN	Martin

Geologische Bundesanstalt

Allen meinen Mitstudierenden, insbesondere:

KARDEIS	Gerald
KELLERMANN	Hannes
KOHLMAYER	Norbert

und zu guter Letzt:

BÖHMDORFER	Dieter
GLASER	Heinz
GRUBER	Karin
HASIVAR	Rainer
HERZOG	Doris
WALLNER	Manfred

Dank gebührt überdies auch den vielen, unzähligen, namentlich nicht mehr aufzuzählenden Personen, die mir die vielen Stücke auf meinem Weg zum Ziel unmittelbar, wie mittelbar, zu erlangen halfen.

11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4.1	Geographische Lage des Diplomarbeitgebiets	5
Abbildung 4.2	Darstellung aus GoogleEarth (im Detailbild ist die Hauptstörung als rote Markierung ersichtlich).....	6
Abbildung 4.3	DHM-Aufnahme (Kiesgrube mit rot markierter Hauptstörung, Ruster Höhenzug östlich davon; Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen)	6
Abbildung 5.1	Eisenstadt-Sopron-Becken (GBA, 2007)	7
Abbildung 5.2	Umpolungen im Miozän (Strauss et al. 2006, verändert).....	8
Abbildung 5.3	Familie Potamides (Harzhauser & Kowalke, 2002).....	9
Abbildung 5.4	Melanopsis (Harzhauser & Kowalke, 2002)	10
Abbildung 5.5	Melanopsis (auf mm-Papier mit 1cm Raster).....	10
Abbildung 5.6	Schalenrest Pectinoidea	11
Abbildung 5.7	Profil des Eisenstadt-Sopron-Becken	14
Abbildung 6.1	Gesamter Aufschluss; Blickrichtung Norden; Fluchtpunkte entzerrt.....	16
Abbildung 6.2	Verschnittproblem (Wings 3D)	17
Abbildung 6.3	Laserscanner (Foto: Lukas Plan).....	18
Abbildung 6.4	Laserscan; Bilder im sichtbaren Bereich (oberes Bild: Abstand ca. 20m, Brennweite 50mm; unteres Bild: Abstand ca. 10m, Brennweite 20mm).....	20
Abbildung 6.5	Panoramascan in GoCad mit zugeschalteter Surface im Detailbereich, Blickrichtung WNW	21
Abbildung 6.6	Invertierter Detailbereich mit Surface in GoCad, Blickrichtung Norden	21
Abbildung 6.7	Kombination von Voxet und Surface in GoCad; Blickrichtung Norden	22
Abbildung 6.8	Digitalisierte Curves in GoCad	24
Abbildung 6.9	Konstruierte Surface	25
Abbildung 6.10	Ausgewählte Schichtgrenzen digitalisiert; Blickrichtung NE..	27

Abbildung 6.11	Rundung und Kugeligkeit in Kieslagen	28
Abbildung 6.12	Plot der Schichtungen (sämtliche Plots wurden mit TektonicsFP erstellt - lower hemisphere).....	28
Abbildung 6.13	Foreset Beds (gelb), Schichtung (blau).....	29
Abbildung 6.14	Plot der Foreset Beds	31
Abbildung 6.15	Foreset Beds visualisiert; Blickrichtung NNW	32
Abbildung 6.16	Störungen im mittleren Bereich des Aufschlusses mit kleineren Versatzweiten	33
Abbildung 6.17	Störungen im östlicheren Bereich des Aufschlusses mit größeren Versatzweiten	33
Abbildung 6.18	Zerbrochene Einzelkomponente mit Drucklösung.....	34
Abbildung 6.19	Zerbrochene Komponenten im Stressfeld (Foto: Lukas Plan)	35
Abbildung 6.20	Plots der Störungen	36
Abbildung 6.21	Störungen visualisiert (Blickrichtung NNE im linken Bild und NE im rechten Bild)	37
Abbildung 7.1	Skizze des erwarteten Porositätsverlauf	38
Abbildung 7.2	Detailbereich der Probennahme (Foto: Ulrike Exner)	39
Abbildung 7.3	Beispiele fertiger Dünnschliffe (auf mm-Papier mit 1cm Raster)	40
Abbildung 7.4	Eingescannter Dünnschliff Nr. 10 mit Auswahlrahmen für Kontrast	42
Abbildung 7.5	in ImageJ geladenes Schliffbild Nr. 07 (Kontrastauswahl)	43
Abbildung 7.6	geladenes Schliffbild in ImageJ, zerlegt in RGB-Grauwertbilder	43
Abbildung 7.7	Ergebnis aus einer Berechnung mit ImageJ; im Beispiel der Schliff Nr. 07	46
Abbildung 7.8	Pointcounter - Dünnschliffhalter	47
Abbildung 7.9	Haupteinheit des Pointcounters	47
Abbildung 7.10	Schliff Nr. 09	50
Abbildung 7.11	Schliff Nr. 08	51
Abbildung 7.12	Fehler bei der Auswertung mit ImageJ im roten Farbkanal...	52

Abbildung 7.13	Auswertung mit ImageJ im blauen Farbkanal	53
Abbildung 7.14	Schematische Darstellung der RGB-Farbmaxima und deren Überlappungsbereiche	54
Abbildung 8.1	Skizze einer listrischen Abschiebung	57
Abbildung 8.2	Ausgleichsvorgänge des Hangendblocks an einer listrischen Störungsfläche	58
Abbildung 8.3	Konstruktion einer Dip-Domain	59
Abbildung 8.4	Konstruktion des Detachmenthorizonts	60
Abbildung 8.5	GeoGebra-Elemente bei vier Horizonten	61
Abbildung 8.6	Markerhorizont an der aufgeschlossenen Wand.....	62
Abbildung 8.7	ein erster konstruierter Detachmenthorizont	62
Abbildung 8.8	Abweichende Konstruktion an normal faults mit reverse drag (Grasemann et al., 2005)	63
Abbildung 8.9	Konstruktionsvariante aus GeoGebra	64
Abbildung 8.10	Konstruktionsvariante (GeoGebra)	65
Abbildung 8.11	Konstruktionsvariante (GeoGebra)	65
Abbildung 8.12	Änderungen aufgrund des weiter Entfernten Markerhorizonts	66
Abbildung 8.13	Konstruierte Aufschlusssituation mit Bohrung (GeoGebra)...	67
Abbildung 15.1	Gesamtansicht Aufschlusswand (Feb07).....	83
Abbildung 15.2	Kombination von Voxet und Surface in GoCad.....	84

12 Geo-Boxen

Geo-Box 5.1	„thin-skinned“ Extension	12
Geo-Box 6.1	GoCad	16
Geo-Box 6.2	Laserscanner	19
Geo-Box 6.3	Zentral- vs. Orthoprojektion.....	23
Geo-Box 6.4	Hydrologie.....	30
Geo-Box 6.5	Rauschen.....	34
Geo-Box 7.1	Bohrgerät	39
Geo-Box 7.2	Kontrast	42

13 Literatur

AYDIN, A. (1978): Small faults formed as deformation bands in sandstone. *Pure and Applied Geophysics* 116, 913-930.

BRANDNER, R. & SPERLING, M. (1995): Zur "Terrane"-Geschichte der Lienzer Dolomiten (Drauzug) aus stratigraphischer und struktureller Sicht. - Arbeitstagung 1995 der Geologischen Bundesanstalt: Geologie von Osttirol, 23-35, 5 Abb., (Geologische Bundesanstalt), Wien.

BLUTH, H. & HAMMER, A. (1986): Verstelltechniken bei Großformatkameras. Die hohe Schule der Kameraverstellung dargestellt an Linhof-Fachkameras. - 1. Auflage, 58 S., (Photo Technik International GmbH), München.

BUSCH, K.-F. & LUCKNER, L. (1974): Geohydraulik – 2. Aufl., 442 S., 277 Bilder, 58 Tab., (Enke), Stuttgart.

DAVISON, I., (1986): Listric normal fault profiles: calculation using bed-length balance and fault displacement: *Journal of Structural Geology*, v. 8, p. 209-210.

DECKER, K. (1996): Miocene tectonics at the Alpine-Carpathian junction and the evolution of the Vienna basin. *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.* 41, S. 33-44, Wien.

DECKER, K. & PERESSON, H. (1996): Tertiary kinematics in the Alpine-Carpathian-Pannonian System: links between thrusting, transform faulting and crustal extension. – [in:] WESSELY, G. & LIEBL, W., (Ed.): *Oil and Gas in Alpidic Thrustbelts and Basins of Central and Eastern Europe*, EAPG Spec. Pub. 5, London.

DECKER, K., & PERESSON, H., (1996): Rollover and hanging-wall collapse during Sarmatian/Pannonian synsedimentary extension in the Eisenstadt Basin, *Mitteilungen der Gesellschaft der Geologie- und Bergbaustudenten in Oesterreich*, Volume 41, p. 45-52.

DECKER, K., PERESSON, H., and HINSCH, R., (2005): Active tectonics and Quaternary basin formation along the Vienna Basin Transform fault: *Quaternary Science Reviews*, v. 24, p. 305-320.

DRAGANITS, E., GRASEMANN, B. & HAGER, C. (2005): Conjugate, cataclastic deformation bands in the Lower Devonian Muth Formation (Tethyan Zone, NW India): evidence for pre-Himalayan deformation structures. *Geological Magazine* 142(4), 1-17, doi:10.1017/S0016756805001093.

EXNER & GRASEMANN (in review): Displacement gradients and heterogeneous strain along deformation bands in gravels.- Journal of the Geological Society of London.

FAUPL, P. (2003): Historische Geologie – 2. Auflage, 271 S., (Facultas), Wien.

FOSSON, H., SCHULTZ, R. A., SHIPTON, Z. K. & MAIR, K. (2007): Deformation bands in sandstone: a review. Journal of the Geological Society 164, 755-769.

FROST, E. (2009): Progressive strain localization in a major strike-slip fault exhumed from midseismogenic depths: Structural observations from the Salzach-Ennstal-Mariazell-Puchberg fault system, Austria. Journal of Geophysical Research, Vol. 114, B04406, doi:10.1029/2008JB005763

FUCHS, W. (1965): Geologie des Ruster Berglandes (Burgenland).- Jb. Geol. B.-A., 108, 155-194, 3 Abb., 2 Taf., Wien.

GRASEMANN, B., MARTEL, S. & PASSCHIER, C. (2005): Reverse and normal drag along a fault. Journal of Structural Geology 27, (999-1010).

HARZHAUSER, M. & PILLER, W. E. (2005): Neogen des Wiener Beckens.- 75. Jahrestagung der Paläontologischen Gesellschaft, Graz 27.8.-2.9.2005, 42 S., 32 Abb., Graz.

HARZHAUSER, M. & KOWALKE, T. (2002): Sarmatian (Late Middle Miocene) Gastropod Assemblages of the Central Paratethys. 46, 57-82, 6 Fig., Erlangen.

HARZHAUSER, M., KOWALKE, T. & MANDIC, O. (2002): Late Miocene (Pannonian) Gastropods of Lake Pannon with Special Emphasis on Early Ontogenetic Development. Ann. Naturhist. Mus. Wien, 103/A, 75-141, Wien.

HÄUSLER, H. (2009 – im Druck befindlich): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Erläuterung zu dem Blatt 78 Rust.- ca. 181 S., (Geologische Bundesanstalt), Wien.

HINSCH, R., & DECKER, K., (2003): Do seismic slip deficits indicate an underestimated earthquake potential along the Vienna Basin Transfer Fault System?: Terra Nova, v. 15, p. 343-349.

HINSCH, R., DECKER, K., & WAGREICH, M., (2005): 3-D mapping of segmented active faults in the southern Vienna Basin: Quaternary Science Reviews, v. 24, p. 321-336.

HÖLTING, B. (1992): Hydrogeologie. Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrologie. – 4. Aufl., 415 S., 110 Abb., 40 Tab., (Enke), Stuttgart.

KOVAC, M., BARATH, I. & NEMCOK, M. (1991): Bericht 1991 über geologische Aufnahmen im Quartär und Tertiär im südöstlichen Teil des Wiener Beckens auf Blatt 77 Eisenstadt. Geologische Bundesanstalt, Wien.

LATAL, C., PILLER, W. E. & HARZHAUSER, M. (2004): Palaeoenvironmental reconstructions by stable isotopes of Middle Miocene gastropods of the Central Paratethys. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 211, 157-169, (Elsevier).

McCLAY, K.R., WALTHAM, D.A., SCOTT, A.D., & ABOUSETTA, A., (1991): Physical and seismic modelling of listric normal fault geometries, in Robersts, A.M., Yielding, G., and Freeman, B., eds., *The Geometry of normal faults*, Volume 56: Geological Society, London, Special Publications, Geological Society Special Publication, p. 231-240.

MICHELSON, A. A. (1881): *Studies in Optics*. American Journal of Science, Bd.34.

OBERHAUSER, R. (Hrsg.) (1980): *Der geologische Aufbau Österreichs*, 699 S., (Springer Verlag), Wien.

PAHR, A. (2000): Die Gesteine der unterostalpinen Grobgneiseinheit.- In: H. P. SCHÖNLAUB (Hrsg.): *Geologie der Österreichischen Bundesländer: Burgenland. Erläuterungen zur Geologischen Karte des Burgenlandes 1:200.000.- S. 38-39, Abb. 22, (Geologische Bundesanstalt), Wien.*

PASCHER, G. A. (1991): Bericht 1990 über geologische Aufnahmen im Tertiär und Quartär auf den Blättern 77 Eisenstadt und 78 Rust.- *Jb. Geol. B.-A.*, 134, 478, Wien.

PASSCHIER, C. W., MANCKTELOW, N. S. & GRASEMANN, B. (2005): Flow perturbations: a tool to study and characterize heterogeneous deformation. *Journal of Structural Geology* 27(6), 1011-1026.

PERESSON, H. & DECKER, K. (1997): Far-field effects of Late Miocene subduction in the Eastern Carpathians: E-W compression and inversion of structures in the Alpine-Carpathian-Pannonian region. *Tectonics*, Vol. 16, No. 1, Pages 38-56.

ROYDEN, L. H. (1985): The Vienna basin: a thin-skinned pull apart basin. [in:] BIDDLE, K. T. & CHRISTIE-BLICK, N. (Eds.): *Strike-slip deformation, basin formation and sedimentation*. SEPM Spec. Publ. 37, 319-339.

ROYDEN, L. H. & HORVATH, F. (1988): The Pannonian Basin. *AAPG Memoir*, 45, 79-87, 3 Fig., Tulsa-Budapest.

RÖGL, F. & STEININGER, F. F. (1983): Vom Zerfall der Tethys zu Mediterran und Paratethys. Die neogene Paläogeographie und Palinspastik des zirkummediterranen Raumes. – Ann. Naturhist. Mus. Wien, 85/A, 135-163, 2 Abb., 14 Taf., Wien.

SCHMID, H.P., HARZHAUSER, M., & KROH, A., (2001): Hypoxic events on a Middle Miocene carbonate platform of the central Paratethys (Austria, Badenian, 14 Ma). – Ann. des Naturhistorischen Museums in Wien, v. 102, p. 1-50.

SCHÖNLAUB, H. P. (Hrsg.) (2000): Geologie der Österreichischen Bundesländer: Burgenland. Erläuterungen zur Geologischen Karte des Burgenlandes 1:200.000.- 96 S., 10 Tab., 4 Taf., 1 Kt. 1:200.000 (Geologische Bundesanstalt), Wien.

SCHOTTKY, W. (1918): Über spontane Stromschwankungen in verschiedenen Elektrizitätsleitern. In: Annalen der Physik 57, S. 541 – 567.

STEININGER, F. F., WESSELY, G., RÖGL, F. & WAGNER, L. (1986): Tertiary sedimentary history and tectonic evolution of the Eastern Alpine Foredeep. – *Giomale di Geologia*, ser. 3, 48/1-2, 285-297, 10 Fig., Bologna.

STEININGER, F. F., RÖGL, F., HOCHULI, P., & MÜLLER, C. (1989): Lignite deposition and marine cycles. The Austrian Tertiary lignite deposits – A case history. – Sitzungsbericht der Akademie der Wissenschaften Wien, mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse 197 (5-10), 309-332.

STEININGER, F. F., BERNOR, R. L. & FAHLBUSCH, V. (1990): European Neogene marine/continental chronologic correlations. – [in:] LINDSAY, E. H., FAHLBUSCH, V. & MEIN, P. (eds.): *European Neogene Mammal Chronology*. 15 -46, 1 Fig., New York (Plenum Press).

STRAUSS, P., HARZHAUSER, M., HINSCH, R. & WAGREICH, M. (2006): Sequence stratigraphy in a classic pull-apart basin (Neogene, Vienna Basin). A 3D seismic based integrated approach. *Geologica Carpathica*, 57, 3, 185-197.

TEARPOCK, D. J. & BISCHKE, R. E. (2003): *Applied Subsurface Geological Mapping. With Structural Methods*. 2nd Edition; 822p, (Prentice Hall) New Jersey.

TOLLMANN, A. (1985): *Geologie von Österreich*, Bd. 2 Außeralpiner Anteil, XV, 710 S., 286 Abb., 27 Tab., (Deuticke), Wien.

VAIL, P. R., MITCHUM, R. M. & THOMPSON, S. (1977): Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 4: Global Cycles of relative changes of sea level. *Am. Assoc. Petrol. Geol., Mem.*, 26,83-97, Tulsa (Oklahoma).

WAGREICH, M., & SCHMID, H.P., (2002): Backstripping dip-slip fault histories: apparent slip rates for the Miocene of the Vienna Basin: *Terra Nova*, v. 14, p. 163-168.

WEBER, E. H. (1846): *Handwörterbuch der Physiologie*. Bd. 3, 156 S., (Vieweg), Braunschweig.

WESSELY, G. (1988): Structure and Development of the Vienna Basin in Austria. – [in:] ROYDEN, L. H. & HORVATH, F. (eds.): *The Pannonian System. A study in basin evolution*. – *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem.* 45, 333-346, 10 Fig., Tulsa (Oklahoma).

WESSELY, G., KRÖLL, A., JIRICEK, R. & NEMEC, F. (1993): Wiener Becken und angrenzende Gebiete – Geologische Einheiten des präneogenen Beckenuntergrundes. – *Geologische Themenkarte der Republik Österreich 1 : 200.000*, (Geol. B.-A.), Wien.

WESSELY, G. (2000): Sedimente des Wiener Beckens und seiner alpinen und subalpinen Unterlagen. *Exkursionsführer Sedimente 2000*, Mitt. Ges. Geol. Bergbaustudenten Österreichs, S.191-215, Wien.

WILLIAMS, G., & VANN, I., (1987): The geometry of listric normal faults and deformation in their hangingwalls: *Journal of Structural Geology*, v. 9, p. 789-795.

YAMADA, Y., & McCLAY, K., (2003): Application of geometric models to inverted listric fault systems in sandbox experiments. Paper 1: 2D hanging wall deformation and section restoration: *Journal of Structural Geology*, v. 25, p. 1551-1560.

ZORN, I. (2000): Das Paläogen und Neogen.- In: H. P. SCHÖNLAUB (Hrsg.): *Geologie der Österreichischen Bundesländer: Burgenland. Erläuterungen zur Geologischen Karte des Burgenlandes 1:200.000.- S. 15-30, Abb. 8-17, Tab. 1*, (Geologische Bundesanstalt), Wien.

14 Verwendete Software

ACD See 5.0

Adobe Acrobat 6.0 Professional

Excel Microsoft Office 2003

GeoGebra 3.0.0.0

GeoGebra 3.2.0.0

GoCad 2.1.6 Earth Decision

ImageJ 1.40g

ImageJ 2.1.7.1

Java VM 1.6.0_10

PanoramaMaker 3

Perspective Rectifier 3.3

TectonicsFP

Texteditor Microsoft Windows XP Professional 2002

Wings3D 1.0.1

Word Microsoft Office 2003

15 Anhang

Korrektur- bzw. Einstellungsangaben für das Voxet in GoCad (Darko Spahic):

```
GOCAD Voxet 1
HEADER {
name:Halb_Version_01_0_0
*sections:3 1 0 0 2 0 0 3 1 0
*painting:on
*painting*variable:Halb_Version_01_prop
last_selected_folder:Graphic
ascii:off
}
GOCAD_ORIGINAL_COORDINATE_SYSTEM
NAME Default
AXIS_NAME "X" "Y" "Z"
AXIS_UNIT "m" "m" "m"
ZPOSITIVE Elevation
END_ORIGINAL_COORDINATE_SYSTEM
AXIS_O 22440.099609375 291736 174.19999694824219
AXIS_U 31.4003906 -6.00000048 1.80000305
AXIS_V 0 0 9.90000916
AXIS_W 0 -0 0
AXIS_MIN 0 0 0
AXIS_MAX 1 1 3
AXIS_N 10256 2360 1
AXIS_NAME "axis-1" "axis-2" "axis-3"
AXIS_UNIT " number" " number" " number"
AXIS_TYPE even even even

PROPERTY 1 "Halb_Version_01_prop"
PROPERTY_CLASS 1 "halb_version_01_prop"
PROPERTY_CLASS_HEADER 1 "halb_version_01_prop" {
*colormap:Halb_Version_01_cmap
*colormap*size:256
*colormap*nbcolors:256
*high_clip:255
*low_clip:0
*colormap*Halb_Version_01_cmap*colors:0 0 0 0 1 0 0 0.2 2 0 0 0.4 3 0
0 0.6 4 0 0 0.8 5 0 0 1 6 0 0.2 0 7 0 0.2 0.2 8 0 0.2 0.4 9 0 0.2 0.6
10 0 0.2 0.8 11 0 0.2 1 12 0 0.4 0 13 0 0.4 0.2 14 0 0.4 0.4 15 0 0.4
0.6 16 0 0.4 0.8 17 0 0.4 1 18 0 0.6 0 19 0 0.6 0.2 20 0 0.6 0.4 21 0
0.6 0.6 22 0 0.6 0.8 23 0 0.6 1 24 0 0.8 0 25 0 0.8 0.2 26 0 0.8 0.4
27 0 0.8 0.6 28 0 0.8 0.8 29 0 0.8 1 30 0 1 0 31 0 1 0.2 32 0 1 0.4 33
0 1 0.6 34 0 1 0.8 35 0 1 1 36 0.2 0 0 37 0.2 0 0.2 38 0.2 0 0.4 39
0.2 0 0.6 40 0.2 0 0.8 41 0.2 0 1 42 0.2 0.2 0 43 0.2 0.2 0.2 44 0.2
0.2 0.4 45 0.2 0.2 0.6 46 0.2 0.2 0.8 47 0.2 0.2 1 48 0.2 0.4 0 49 0.2
0.4 0.2 50 0.2 0.4 0.4 51 0.2 0.4 0.6 52 0.2 0.4 0.8 53 0.2 0.4 1 54
0.2 0.6 0 55 0.2 0.6 0.2 56 0.2 0.6 0.4 57 0.2 0.6 0.6 58 0.2 0.6 0.8
59 0.2 0.6 1 60 0.2 0.8 0 61 0.2 0.8 0.2 62 0.2 0.8 0.4 63 0.2 0.8 0.6
64 0.2 0.8 0.8 65 0.2 0.8 1 66 0.2 1 0 67 0.2 1 0.2 68 0.2 1 0.4 69
0.2 1 0.6 70 0.2 1 0.8 71 0.2 1 1 72 0.4 0 0 73 0.4 0 0.2 74 0.4 0 0.4
75 0.4 0 0.6 76 0.4 0 0.8 77 0.4 0 1 78 0.4 0.2 0 79 0.4 0.2 0.2 80
0.4 0.2 0.4 81 0.4 0.2 0.6 82 0.4 0.2 0.8 83 0.4 0.2 1 84 0.4 0.4 0 85
0.4 0.4 0.2 86 0.4 0.4 0.4 87 0.4 0.4 0.6 88 0.4 0.4 0.8 89 0.4 0.4 1
```

```

90 0.4 0.6 0 91 0.4 0.6 0.2 92 0.4 0.6 0.4 93 0.4 0.6 0.6 94 0.4 0.6
0.8 95 0.4 0.6 1 96 0.4 0.8 0 97 0.4 0.8 0.2 98 0.4 0.8 0.4 99 0.4 0.8
0.6 100 0.4 0.8 0.8 101 0.4 0.8 1 102 0.4 1 0 103 0.4 1 0.2 104 0.4 1
0.4 105 0.4 1 0.6 106 0.4 1 0.8 107 0.4 1 1 108 0.6 0 0 109 0.6 0 0.2
110 0.6 0 0.4 111 0.6 0 0.6 112 0.6 0 0.8 113 0.6 0 1 114 0.6 0.2 0
115 0.6 0.2 0.2 116 0.6 0.2 0.4 117 0.6 0.2 0.6 118 0.6 0.2 0.8 119
0.6 0.2 1 120 0.6 0.4 0 121 0.6 0.4 0.2 122 0.6 0.4 0.4 123 0.6 0.4
0.6 124 0.6 0.4 0.8 125 0.6 0.4 1 126 0.6 0.6 0 127 0.6 0.6 0.2 128
0.6 0.6 0.4 129 0.6 0.6 0.6 130 0.6 0.6 0.8 131 0.6 0.6 1 132 0.6 0.8
0 133 0.6 0.8 0.2 134 0.6 0.8 0.4 135 0.6 0.8 0.6 136 0.6 0.8 0.8 137
0.6 0.8 1 138 0.6 1 0 139 0.6 1 0.2 140 0.6 1 0.4 141 0.6 1 0.6 142
0.6 1 0.8 143 0.6 1 1 144 0.8 0 0 145 0.8 0 0.2 146 0.8 0 0.4 147 0.8
0 0.6 148 0.8 0 0.8 149 0.8 0 1 150 0.8 0.2 0 151 0.8 0.2 0.2 152 0.8
0.2 0.4 153 0.8 0.2 0.6 154 0.8 0.2 0.8 155 0.8 0.2 1 156 0.8 0.4 0
157 0.8 0.4 0.2 158 0.8 0.4 0.4 159 0.8 0.4 0.6 160 0.8 0.4 0.8 161
0.8 0.4 1 162 0.8 0.6 0 163 0.8 0.6 0.2 164 0.8 0.6 0.4 165 0.8 0.6
0.6 166 0.8 0.6 0.8 167 0.8 0.6 1 168 0.8 0.8 0 169 0.8 0.8 0.2 170
0.8 0.8 0.4 171 0.8 0.8 0.6 172 0.8 0.8 0.8 173 0.8 0.8 1 174 0.8 1 0
175 0.8 1 0.2 176 0.8 1 0.4 177 0.8 1 0.6 178 0.8 1 0.8 179 0.8 1 1
180 1 0 0 181 1 0 0.2 182 1 0 0.4 183 1 0 0.6 184 1 0 0.8 185 1 0 1
186 1 0.2 0 187 1 0.2 0.2 188 1 0.2 0.4 189 1 0.2 0.6 190 1 0.2 0.8
191 1 0.2 1 192 1 0.4 0 193 1 0.4 0.2 194 1 0.4 0.4 195 1 0.4 0.6 196
1 0.4 0.8 197 1 0.4 1 198 1 0.6 0 199 1 0.6 0.2 200 1 0.6 0.4 201 1
0.6 0.6 202 1 0.6 0.8 203 1 0.6 1 204 1 0.8 0 205 1 0.8 0.2 206 1 0.8
0.4 207 1 0.8 0.6 208 1 0.8 0.8 209 1 0.8 1 210 1 1 0 211 1 1 0.2 212
1 1 0.4 213 1 1 0.6 214 1 1 0.8 215 1 1 1 216 0.14902 0.105882
0.0823529 217 0.160784 0.109804 0.0862745 218 0.168627 0.109804
0.0823529 219 0.176471 0.109804 0.0784314 220 0.188235 0.117647
0.0784314 221 0.192157 0.121569 0.0745098 222 0.207843 0.133333
0.105882 223 0.211765 0.137255 0.109804 224 0.219608 0.14902 0.109804
225 0.227451 0.156863 0.117647 226 0.239216 0.168627 0.129412 227
0.247059 0.176471 0.137255 228 0.254902 0.184314 0.137255 229 0.258824
0.188235 0.141176 230 0.270588 0.2 0.145098 231 0.27451 0.203922
0.14902 232 0.282353 0.215686 0.152941 233 0.286275 0.219608 0.156863
234 0.282353 0.215686 0.145098 235 0.278431 0.211765 0.141176 236
0.270588 0.203922 0.133333 237 0.266667 0.2 0.129412 238 0.262745
0.196078 0.133333 239 0.266667 0.2 0.137255 240 0.270588 0.203922
0.141176 241 0.27451 0.207843 0.145098 242 0.278431 0.211765 0.14902
243 0.258824 0.192157 0.129412 244 0.25098 0.184314 0.121569 245
0.247059 0.180392 0.117647 246 0.243137 0.180392 0.121569 247 0.247059
0.180392 0.141176 248 0.235294 0.180392 0.145098 249 0.231373 0.176471
0.141176 250 0.227451 0.172549 0.137255 251 0.223529 0.168627 0.133333
252 0.219608 0.164706 0.129412 253 0.215686 0.160784 0.12549 254
0.211765 0.156863 0.121569 255 0.203922 0.14902 0.113725
}
PROP_ORIGINAL_UNIT 1 none
PROP_UNIT 1 none
PROP_NO_DATA_VALUE 1 -99999
PROP_SAMPLE_STATS 1 194864 95.9728 645.427 0 172
PROP_STORAGE_TYPE 1 Octet
PROP_ESIZE 1 1
PROP_SIGNED 1 0
PROP_ETYPE 1 IEEE
PROP_FORMAT 1 RAW
PROP_OFFSET 1 0
PROP_FILE 1 VoxetDarkoHalb_Version_01_0_0_Halb_Version_01_prop@@
END

```



Abbildung 15.1 Gesamtansicht Aufschlusswand (Feb07)



Abbildung 15.2 **Kombination von Voxet und Surface in GoCad**

Tabellen der Plots

Störungen

Azimut	Dip	Azimut	Dip
94	74	103	76
103	68	126	88
128	88	132	68
138	73	157	79
265	81	290	81
291	87	292	64
293	44	293	44
294	58	297	58
300	63	303	66
307	74	308	76
310	56	310	66
311	43	315	63
317	48	317	64
317	74	317	75
318	52	318	84
318	84	319	67
319	67	321	78
323	68	329	86
338	85	342	62
345	66		

Foresets

Azimut	Dip
87	32
92	28
92	17
93	28
95	33
102	33
103	25
104	44
106	31
111	24
124	30

Schichtungen

Azimut	Dip
131	14
73	11

Große Störungen

Azimut	Dip
290	62
294	58
298	67
303	66
310	59
319	38

Einstellungswerte in ImageJ

Schliffe				ImageJ						
Nr.	Size			Threshold		Total Area	Average Size	red-Image		blue-Image
	width [Pixel]	height [Pixel]	calc. [kPixel]	min = 0	Count			Löcher	Porosität	Porosität
				max = 255		Area Fraction				
01	2002	1498	2999	179	9	2.969.087	329.899	99,0		
				184	152	26.212	172	0,9		
				81	765	1.461.607	1.911		48,7	
				68	905	2.128.151	2.352		71,0	
				166	221	2.019.274	9.137			67,3
				154	971	1.269.481	1.307			42,3
02	2009	1498	3009	173	11	2.975.591	270.508	98,9		
				194	91	10.327	113	0,3		
				111	764	1.740.200	2.278		57,8	
				92	1.203	2.247.593	1.868		74,7	
				176	154	2.159.388	14.022			71,8
				176	1.208	870.673	721			28,9
03	2008	1496	3004	173	6	2.984.134	497.356	99,3		
				180	107	15.296	143	0,5		
				91	1.584	1.744.390	1.101		58,1	
				92	3.221	1.259.578	391		41,9	
				198	108	2.087.413	19.328			69,5
				184	822	1.109.966	1.350			36,9
04	2002	1512	3027	170	13	3.003.514	231.040	99,2		
				167	190	28.166	148	0,9		
				77	1.204	1.000.029	831		33,0	
				72	660	2.287.330	3.466		75,6	
				167	134	2.263.102	16.889			74,8
				154	1.252	1.040.043	831			34,4
05	1988	1512	3006	174	12	2.952.067	246.006	98,2		
				196	163	22.367	137	0,7		
				92	1.332	1.052.236	790		35,0	
				91	827	2.043.387	2.471		68,0	
				187	80	2.330.792	29.135			77,5
				188	1.276	675.064	529			22,5
06	2008	1536	3084	184	12	3.054.863	254.572	99,0		
				187	133	27.016	203	0,9		
				123	624	2.286.869	3.665		74,1	
				112	2.578	1.352.552	525		43,9	
				208	108	2.202.128	20.390			71,4
				196	878	1.062.494	1.210			34,4

Fortsetzung

07	2002	1498	2999	188	10	2.985.986	298.599	99,6			
				187	106	14.253	134	0,5			
				78		1.501	970.562	647	32,4		
				84	871	1.795.116	2.061	59,9			
				187	72	2.426.576	33.702	80,9			
				192	1.232	517.910	420	17,3			
08	1890	2634	4978	180	40	4.912.686	122.817	98,7			
				192	292	38.735	133	0,8			
				162		539	4.676.649	8.677	93,9		
				170	1.432	157.588	110	3,2			
				157	50	4.781.429	95.629	96,0			
				171	889	120.996	136	2,4			
09	3600	1928	6941	191	43	6.888.441	160.196	99,2			
				190	427	59.382	139	0,9			
				131		1.440	5.573.204	3.870	80,3		
				124	4.610	2.227.236	483	32,1			
				144	155	5.934.077	38.284	85,5			
				157	2.841	674.128	237	9,7			
10	2008	1496	3004	180	11	2.965.271	269.570	98,7			
				188	119	30.925	260	1,0			
				121		177	2.478.362	14.002	82,5		
				82	1.069	1.837.295	1.719	61,2			
				208	50	2.427.927	48.559	80,8			
				224	921	367.605	399	12,2			
11	1512	2032	3072	181	22	2.851.341	129.606	92,8			
				188	214	200.823	938	6,5			
				77		2.306	558.665	242	18,2		
				85	1.381	2.147.459	1.555	69,9			
				199	103	2.314.275	22.469	75,3			
				210	1.167	597.648	512	19,5			
12	1008	1841	1856	199	52	1.816.263	34.928	97,9			
				201	246	36.930	150	2,0			
				111		871	351.224	403	18,9		
				127	1.026	1.125.966	1.097	60,7			
				195	70	1.475.509	21.079	79,5			
				203	1.024	292.864	286	15,8			
13	2000	1512	3024	190	9	3.007.510	334.168	99,5			
				198	87	10.886	125	0,4			
				144		2.373	2.190.005	923	72,4		
				128	1.321	2.520.750	1.908	83,4			
				190	78	2.404.903	30.832	79,5			
				185	1.016	712.549	701	23,6			
14	1494	2016	3012	203	68	2.925.756	43.026	97,1			
				199	206	104.843	509	3,5			
				157		2.159	2.156.115	999	71,6		
				156	4.472	1.029.171	230	34,2			
				191	117	2.177.370	18.610	72,3			
				199	988	696.102	705	23,1			

Fortsetzung

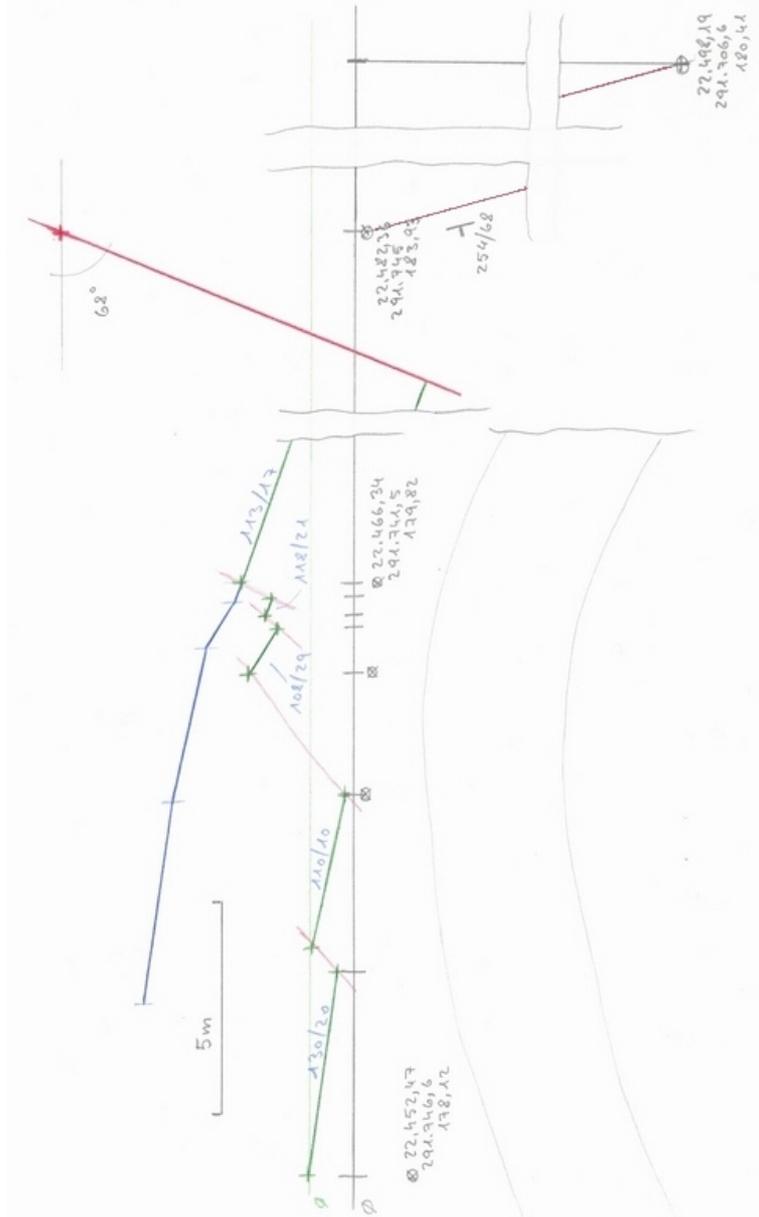
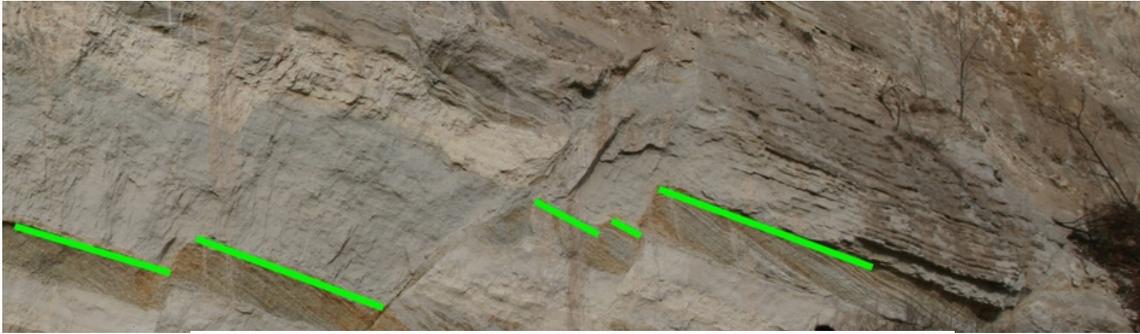
15	2009	1519	3052	202	6	3.029.807	504.968	99,3		
				216	90	11.151	124	0,4		
				160	2.309	2.392.196	1.036	78,4		
				153	4.062	1.719.496	423	56,3		
				201	67	2.425.222	36.197	79,5		
				201	1.283	643.886	502	21,1		
16	2000	1496	2992	173	30	2.940.428	98.014	98,3		
				192	134	19.438	145	0,6		
				132	2.303	2.014.333	875	67,3		
				131	4.496	1.147.895	255	38,4		
				161	142	2.161.458	15.222	72,2		
				160	1.111	867.683	781	29,0		
17	2008	1504	3020	194	5	3.005.492	601.098	99,5		
				205	85	7.025	83	0,2		
				148	419	2.722.938	6.499	90,2		
				142	7.097	762.927	108	25,3		
				198	105	2.439.972	23.238	80,8		
				185	951	845.037	889	28,0		

Im Mittel ausgezählte Werte mit dem Pointcounter

Pointcounter

Schliff Nr.	Counts			
	Porenraum	nicht Porenraum	Summe	Porenraum [%]
01	797	1200	1997	40
02	835	1316	2151	39
03	681	1307	1988	34
04	582	1343	1925	30
05	659	1287	1946	34
06	620	1404	2024	31
07	771	1001	1772	44
08	366	2376	2742	13
09	764	3712	4476	17
10	534	1380	1914	28
11	496	1307	1803	28
12	541	640	1181	46
13	542	1158	1700	32
14	548	1197	1745	31
15	653	1200	1853	35
16	383	1091	1474	26
17	1005	1447	2452	41

Abbildung der verwendeten Schichten für den Gesamtversatz im östlichen Bereich des Aufschlusses. In der unteren Skizze, im unteren Bereich ein Grundriss und im oberen Bereich der Skizze eine Aufsicht des kumulierten Gesamtversatzes unter Verwendung dieser Horizonte.



Lebenslauf

Nach Absolvierung der neunjährigen

PFLICHTSCHULE

erlernte ich, als Lehrgangsbester in einem der größten Bundesbetriebe Österreichs, den Beruf des

ELEKTROMECHANIKERS UND MASCHINENBAUERS.

In diesem Betrieb verbleibend war ich mit der Aufarbeit von Haupttransformatoren bis 2,5 MW beschäftigt.

Später übernahm ich die Tätigkeit im

ELEKTROPRÜFFELD

wo ich Transformatoren, Motoren, E-Kompressoren und diverse gekoppelte Aggregate im Elektrobereich, mit bis zu 15 kV und einigen hundert Ampere, auf ihre Funktion prüfte.

Ungewöhnlich kurze Zeit nach Lehrabschlussprüfung legte ich die Dienstprüfungen für die Verwaltung sowie

WERKFÜHRER

und kurz darauf den

WERKMEISTER

mit Auszeichnung ab.

In meiner Zeit als Werkmeister leitete ich einen Arbeitsbereich mit ca. 45 Mitarbeitern und einigen Lehrlingen.

Bereits einige Zeit im Beamtenstatus nahm ich die Aufgabe in der IT-Gruppe als

SAP-BETREUER

und

BENUTZERADMINISTRATOR

an.

Wobei ich verschiedene Projekte wie eine

UMSTELLUNG und SYSTEMATISIERUNG der GEWERKSTRUKTUR

realisierte und die

ERSTELLUNG von STÜCKLISTEN für AUFTRAGSPAPIERE in SAP

wie auch ein

BARCODEPROJEKT ebenfalls in Verbindung mit ARBEITSPAPIEREN für das SAP-SYSTEM im TAUSCHLAGER einer ZENTRALEN ELEKTRONIKWERKSTÄTTE

umsetzen konnte und überdies Übung im

PROGRAMMIEREN VON SAP-ABAP/4 REPORTEN

bekam. Auch

TRAINERTÄTIGKEITEN fielen in diesen Zeitraum.

Außerbetrieblich war ich kurze Zeit mit
VERMESSUNGSTÄTIGKEITEN
im Niederösterreichischen Weinviertel für einen Ziviltechniker
mittels elektronischem Digital-Lasertheodoliten tätig.
Meinen Präsenzdienst leistete ich in einer
Drogenberatungsstelle ab, wo ich unter anderem die Aufgaben
der dortigen Personalchefin während ihrer Abwesenheit
übertragen bekam.
Auch besuchte ich die
HANDELSAKADEMIE
zur Hälfte, welche ich positiv absolvierte, mich jedoch danach
für den Externistenabschluss der
HANDELSSCHULE
entschied, welchen ich mit dem Thema
„TRANSPORTWIRTSCHAFT – eine Gegenüberstellung zwischen
Schiene und Strasse“
mit gutem Erfolg erreichte.

Innerbetrieblich wechselte ich in der IT aufgrund meiner bis zu diesem
Zeitpunkt, im privaten Bereich, erlangten Erfahrungen im

DIGITALEN UND ANALOGEN SCHALTUNGS-AUFBAU,
wie auch in der
MIKROPROZESSORTECHNIK
und
PROGRAMMIERUNG IN MASCHINENSPRACHE

zur

HARDWAREBETREUUNG
wo ich zuletzt den

VORSTAND

und einige STABSSTELLEN im IT-Bereich betreute und administrierte, sowie
teilweise angegliederte Firmen und bei Bedarf PC-Arbeitsplätze für den
RECHNUNGSHOF bereitstellte.

Während dieser vergangenen Zeit machte ich im Alleingang die
STUDIENBERECHTIGUNGSPRÜFUNG
und begann mit meinem
GEOLOGIESTUDIUM
wobei ich im Laufe der Zeit einige Tutorien übernehmen durfte,
sowie zuletzt an der TU-Wien die
SPRENGBERECHTIGUNG
erlangte.

00431440 PRETSCH HERBERT
Beamter definitiv

Gebdat: 30.12.1961
KONZERN IT<FLORIDSORF>

Von-Datum	Bis-Datum	Tag d.Beur	Veranstaltung/Prüfung	Beurteilung
02.03.1981	02.03.1981	02.03.1981	VERW.PR-WERKMANN	bestanden
02.03.1981	02.03.1981	02.03.1981	VERW.PR-HOCHQUAL.WERKMANN	bestanden
17.03.1981	17.03.1981	17.03.1981	BEFAEHIGUNGSNACHWEIS STUFE 1B	bestanden
06.04.1981	06.04.1981	06.04.1981	EU F TFPZ- ZUGFAHRTEN	gut
24.05.1986	24.05.1986	24.05.1986	BEFAEHIGUNGSNACHW.F.TECHNISCHE DIENSTPR.	bestanden
14.10.1986	15.10.1986	15.10.1986	ERSTHELFFERAUSB. (DV P 31)	teilgenommen
18.02.1987	18.02.1987	18.02.1987	TEILPR.Z.DIENSTPR.F.WFW-M.U.WFW-MM.DST	gut
08.04.1987	08.04.1987	08.04.1987	DIENSTPR.F.WERKF.I.WKSTDST-MASCHDST	mit Auszeichnung
24.06.1988	24.06.1988	24.06.1988	DIENSTPR.F.WERKM.I.WKSTDST-MASCHDIENST	mit Auszeichnung
27.05.1993	27.05.1993	27.05.1993	UEBUNG IN ERSTER HILFELEISTUNG	teilgenommen
20.10.1995	20.10.1995	20.10.1995	SAP SM 11 MATERIALSTAMMDATEN	teilgenommen
20.10.1995	20.10.1995	20.10.1995	SAP SA 21 AUFTRAG-RUECKMELDUNG	teilgenommen
20.10.1995	20.10.1995	20.10.1995	SAP SA 12 PPS-AUFTRAEGE	teilgenommen
20.10.1995	20.10.1995	20.10.1995	SAP SA 11 INST-AUFTRAG	teilgenommen
20.10.1995	20.10.1995	20.10.1995	SAP SE 10 EQUIPMENT	teilgenommen
20.10.1995	20.10.1995	20.10.1995	SAP SM 20 BESTANDSPUEHRUNG	teilgenommen
20.10.1995	20.10.1995	20.10.1995	SAP SM 30 TRANSPORTBESTELLUNG	teilgenommen
20.10.1995	20.10.1995	20.10.1995	SAP SG 10 GRUNDSCHULUNG	teilgenommen
20.10.1995	20.10.1995	20.10.1995	SAP SS 10 STUECKLISTEN	teilgenommen
14.11.1996	14.11.1996	14.11.1996	MA-ZIELSETZ-ENTW.GESPR-INFOTAG	teilgenommen
26.11.1996	26.11.1996	26.11.1996	EM-SAP SONDERKURS	teilgenommen
12.12.1996	13.12.1996	13.12.1996	PRAESENTATIONSTECHNIK	teilgenommen
05.02.1997	06.02.1997	06.02.1997	ACCESS-EINFUEHRUNG	teilgenommen
14.04.1997	15.04.1997	15.04.1997	KREAT.U.PROBLEMLOESUNGSPROZ.	teilgenommen
23.04.1997	24.04.1997	24.04.1997	EXCEL-ERGAENZUNG	teilgenommen
02.09.1997	02.09.1997	02.09.1997	COR-1.0 ORG.U.STELL RW UNTERN.	bestanden
18.09.1997	18.09.1997	18.09.1997	COR-1.1 OEBB-RW-ALLG.BESTIMM.	bestanden
20.01.1998	21.01.1998	21.01.1998	MS PROJECT-EINFUEHRUNG	teilgenommen
29.01.1998	29.01.1998	29.01.1998	ZUSATZPR.-PERSONAL - FINANZWESEN	Prüfungsnachsicht
15.04.1998	15.04.1998	15.04.1998	COR-5 KOSTENSTELLENRECHNUNG	bestanden
14.08.1998	14.08.1998	14.08.1998	COR-2.1 KREDIT.BH/MITTELUEBERW	bestanden
28.08.1998	28.08.1998	28.08.1998	COR-2.2 DEBITORENBUCHHALTUNG	bestanden
10.06.1999	10.06.1999	10.06.1999	FIN 1-FINANZEN	bestanden
13.12.1999	14.12.1999	14.12.1999	ERSTHELFFERAUSB. (DV P 31)	teilgenommen
19.04.2000	19.04.2000	19.04.2000	TS16-SAM AUFTRAGSABWICK-,MANAGEMENT	teilgenommen
01.08.2000	02.08.2000	02.08.2000	Access 97 Erweiterung	teilgenommen
19.04.2001	19.04.2001	19.04.2001	BESONDERE BILDUNGSMASSNAHME	teilgenommen
Tivoli-Schulung				
23.04.2001	25.04.2001	25.04.2001	TS33-SAP/R3 PPQ/Mod.PP-Produktpl.Quersch	teilgenommen
09.05.2001	09.05.2001	09.05.2001	BESONDERE BILDUNGSMASSNAHME	teilgenommen
Workshop Spezial Deskpro EN				
15.05.2001	17.05.2001	14.10.2003	BESONDERE BILDUNGSMASSNAHME	teilgenommen
Windows 2000 Update System Requirements				
07.06.2001	07.06.2001	07.06.2001	BESONDERE BILDUNGSMASSNAHME	teilgenommen
Wissenstransfer, F12				
23.10.2001	23.10.2001	23.10.2001	BESONDERE BILDUNGSMASSNAHME	teilgenommen
Interflex-Schulung				
23.10.2001	23.10.2001	23.10.2001	Interflex-Schulung IT-User Betreuung	teilgenommen
08.01.2002	08.01.2002	14.10.2003	BESONDERE BILDUNGSMASSNAHME	teilgenommen
Windows 2000 Special User Workshop				
07.03.2002	07.03.2002	14.10.2003	BESONDERE BILDUNGSMASSNAHME	teilgenommen
Windows 2000 Special Worstation Workshop				
21.03.2002	21.03.2002	14.10.2003	BESONDERE BILDUNGSMASSNAHME	teilgenommen
Windows 2000 Special Connect Workshop				
11.04.2002	11.04.2002	14.10.2003	BESONDERE BILDUNGSMASSNAHME	teilgenommen
Windows 2000 Special Policies & XP Workshop				
15.05.2002	15.05.2002	15.05.2002	BESONDERE BILDUNGSMASSNAHME	teilgenommen
Produktschulung zu HP Notebook OB6000, OB 6100, OB 500				
14.06.2002	14.06.2002	14.10.2003	BESONDERE BILDUNGSMASSNAHME	teilgenommen
Windows 2000 Tools & AddOn's				
17.09.2004	17.09.2004	17.09.2004	Ersthelferausbildung - Auffrischung	bestanden
06.10.2004	06.10.2004	06.10.2004	Informations- u. Gruppenbildungsseminar	teilgenommen

Qualifikationen:

Von-Datum	Bis-Datum	Veranstaltung/Prüfung	Beurteilung
01.09.1977	31.12.9999	Elektromechaniker	Lehrabschlussprüfung
01.09.1977	31.12.9999	Elektromechaniker und -maschinenbauer	Lehrabschlussprüfung
01.09.1977	31.12.9999	HAS Handelsschule	
01.07.2001	31.12.9999	Access Grundlagen	
01.07.2001	31.12.9999	Erfolgreiches Präsentieren	

Qualifikationen:

Von-Datum	Bis-Datum	Veranstaltung/Prüfung
01.07.2001	31.12.9999	FIN 1 - Finanzen
01.07.2001	31.12.9999	COR 1.1 Rechnungswesen Richtl./Normen
01.07.2001	31.12.9999	Access Spezial
01.07.2001	31.12.9999	Windows Grundlagen
01.07.2001	31.12.9999	Excel Spezial
01.07.2001	31.12.9999	Project Grundlagen
01.07.2001	31.12.9999	COR 1.0 Grundlg. Controlling/Rechnungsw.
01.07.2001	31.12.2003	GS 03 - Baugruppenleiter-GS
01.07.2001	12.12.2004	Ersthelferausbildung
01.07.2001	31.12.9999	Technischer Befähigungsnachweis
01.07.2001	31.12.9999	FM 04 - Arbeitsteamleiter GB FM
01.07.2001	31.12.9999	TS33-SAP/R3 PPQ/Mod.PP-Produktpl.Quersch
01.07.2001	31.12.9999	TS 16 SAM/Auftragsabwickl./Mod.ProdPlang
01.07.2001	31.12.9999	TS 01 - Allg. TS-Grundausb. Teamleiter
01.07.2001	31.12.9999	FM 05 - Objektleiter Dienstleistung
01.01.2004	31.12.9999	FM 03 - Gruppenleiter GB FM
17.09.2004	16.09.2009	Ersthelferausbildung - Auffrischung

Berufseignungstest 2001

AIST Allgemeiner Interessen-Struktur-Test

Das Interessensprofil des AIST zeigt bei Hrn. Pretsch eine deutliche Präferenz der Ordnend-Verwaltenden Interessen, der intellektuell forschenden Interessen und der praktisch-technischen Interessen. Das Profil ist differenziert. Die im Test angeführten Berufsvorschläge entsprechen dem Profil der einzelnen Interessensgebiete. Der Beruf "Computertechniker" bzw. "Programmierer" würden auch in diese Interessensgebiete fallen.

ISA Intelligenz-Struktur-Analyse

Die Ergebnisse der Intelligenz-Struktur-Analyse ergaben insgesamt ein überdurchschnittliches Ergebnis. Der IQ-Wert von Hrn. Pretsch liegt demnach über dem Durchschnitt der Vergleichstichprobe.

Vor allem die verbalen Intelligenzfunktionen von Hrn. Pretsch (Subtests "Sätze ergänzen" und "Gemeinsamkeiten finden") sind im überdurchschnittlichen Bereich.

Besonders gute Ergebnisse im überdurchschnittlichen Bereich erzielte Hr. Pretsch auch in den Subtests "Würfel erkennen", "Begriffe bilden" und "Waren merken". Der Subtest "Würfel erkennen" misst das Raumvorstellungsvermögen.

16 PF Persönlichkeitsfaktoren Test

Im folgenden werden nur jene Faktoren des Tests erwähnt, die aufgrund des Ergebnisses auffällig waren.

Hr. Pretsch sieht sich selbst als jemand, der eher abstrakt denkt, das heisst er begreift und lernt sehr schnell, ist eher an abstraktes und logisches Denken gewöhnt und kann eher schwierige und komplizierte Probleme lösen.

In Bezug auf den Faktor "Begeisterungsfähigkeit" sieht sich Hr. Pretsch als jemand, der sich eher impulsiv verhält und begeisterungsfähig ist, aufregende Situation bevorzugt, in denen viel passiert, er kann aus sich herausgehen und reagiert bei der Arbeit eher schnell und wach, hält sich eher nicht so lange bei einer Sache auf.