

Sprödekteonische Strukturanalyse der Talhofstörung im Semmeringgebiet

(Zusammenfassung der Diplomarbeit)

Markus GMEINDL

Zusammenfassung

Das Semmeringgebiet unterliegt im Bereich der Talhofstörung mindestens neun unterschiedlichen Deformationen. Die Deformationsphasen zeigen eine Analogie zu jenen der Nördlichen Kalkalpen. **Deformation D1** ist eine Extension in den unteranischen Gutensteiner bzw. Thörlener Kalken, welche sich durch Extensionsspalten senkrecht zur Bankung äußert. **Deformation D2 (Oligozän bis Mittel Miozän)** ist die NW gerichtete Überschiebung der unterostalpinen Mürz-Tachenberg-Decke durch das mittelostalpine Altkristallin der Tratenkogel Deckscholle. Die Schichtfolge der Tratenkogel Deckscholle ist als invers liegend zu betrachten. **Deformation D3 (frühes Mittel Miozän)** ist die Anlegung einer dextralen, NW-SE streichenden, reinen Blattverschiebung, entstanden durch einer N-S Kompression. Dieses Störungsmuster ist gut aufgeschlossen im Bereich NE von Mürzzuschlag, wo tief eingeschnittene NW streichende Gräben an diese Störungsrichtung gebunden sind. **Deformation D4 (Mittel Miozän)** ist die sinistrale reine Blattverschiebung der Talhofstörung als Resultat einer NW-SE Kompression. Die Entstehung hängt zeitgleich mit jener der Salzachtal-Ennstal (SEMP) und Mur-Mürzthal Linie zusammen. Sie zeigt sich durch steilstehende Anisbändermarmorharnische (Weinzettelwand, Polleroswand, Kaltenberg). Der Kaltenberg wird in dieser Arbeit nicht als steilstehende Antiklinalstruktur dargestellt, sondern ist mit aufrechter Schichtfolge die westlichste Fortsetzung der Adlitzschuppe, welche hier sinistral eingeschleppt wurde. **Deformation D5 (Mittel Miozän)** zeigt die Geometrie eines NE-SW streichenden Extensionsduplexes mit sinistralen Schrägabschiebungen. In die Tiefe setzt sich dieser Duplex mit einer negativen flower-structure fort. Die Versatzweite beträgt für das gesamte Kartierungsgebiet 450-500m. Sie ist an der Verstellung des Thörlener Kalkes am Haakogel und durch das mittelostalpine Altkristallin des Ebenen Waldes, welches durch eine schräge Aufschiebung in die heutige Position gebracht wurde, determinierbar. **Deformation D6** liefert die Reaktivierung von D3 und D5 während einer N-S Kompression. **Deformation D7** zeigt sich als konjugiert ausgebildete NE-SW streichende Abschiebungen während einer NW-SE Extension. **Deformation D8** erzeugt sinistrale Schrägabschiebungen auf NW-SE streichenden Störungsflächen. **Deformation D9** (ab dem Mittel Miozän) erzeugt konjugierte N-S streichende Abschiebungen, die durch E-W Extension entstanden sind.

Einleitung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, ein sprödekteonisches Modell über ein Gebiet mit einem geplanten Tunnelprojekt zu erstellen; um somit auf beim Vortrieb auftretende Probleme hinsichtlich Schwächezonen bzw. Wasserführung aufmerksam zu machen. Die gewonnenen Daten über Einspannungs- und Bewegungsrichtung geologischer Einheiten sowie deren chronologische Abfolge und Reaktivierung in einem neuen Spannungsfeld erlauben Aussagen über die Entstehungsgeschichte des betrachteten Bereichs. Die Untersuchungen sollen Aufschluß über die Deformationsgeschichte, den Bewegungssinn, die Geometrie des Störungsmusters, das relative Alter der Störungen und die Großtektonik des Gebietes geben:

Arbeitsweise und Methodik

Ausgangspunkt dieser Arbeit ist eine computergestützte Luft- bzw. Satellitenbildlineamentauswertung. Im Gelände erfolgte daraufhin die Verifizierung der im Satellitenbild gewonnenen Daten durch eine Detailkartierung im Maßstab 1:5000, wobei Lithologie und Bewegungskriterien an Harnischflächen bestimmt wurden. Die entstandene Karte wurde schließlich digitalisiert und über ein Höhenmodell gelegt. Für die Auswertung der Datensätze wurde die kinematische P/T Achsenmethode nach F. TURNER (1953) gewählt. Bei dieser Methode wird für jedes einzelne Fläche/Linear Paar eine theoretische Kompressionsachse P, eine intermediäre Achse b und eine Dehnungsachse T bestimmt, welche den lokalen inkrementellen Verkürzungs- bzw. Streckungsachsen λ_1 , λ_2 und λ_3 entsprechen. Die Maxima der Punktverteilungen ergeben die Orientierung der Stresshauptachsen des Paläostressensors. Dadurch ist es möglich, verschiedene tektonische Ereignisse voneinander zu trennen. Die Lage der b-Achse (σ_2) ist, im Gegensatz zur P- und T-Achse, am aussagekräftigsten, da sie unabhängig von θ ist. Steht die b-Achse vertikal, so liegt eine reine Blattverschiebung (pure strike-slip Bewegung) vor, liegt sie subhorizontal, zeigt sie eine Auf- oder Abschiebung (revers oder normal dip-slip) an. (ANGELIER, 1994; PETIT, 1994). Aus der errechneten Lage der kinematischen Achsen können nun mit Hilfe der Dihedra-Methode (beachball methode) nach J. ANGELIER & P. MECHLER (1977) die Stresshauptachsen σ_1 , σ_2 und σ_3 des Paläospannungstensors berechnet werden. Durch Verschneidung der Lösungen einer Deformationsphase erhält man die Orientierung von σ_1 und σ_3 eines kogenetischen Datensatzes.

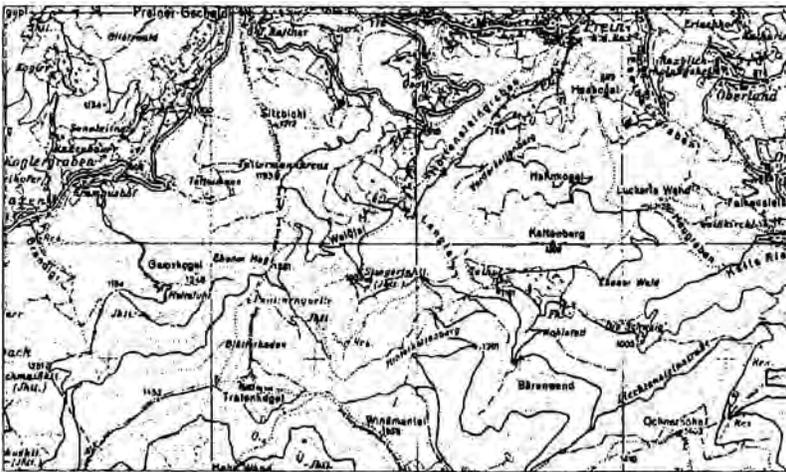


Abb. 1: Geographische Lage des Arbeitsgebietes. Das bearbeitete Gebiet liegt zwischen den beiden Bundesländern Steiermark und Niederösterreich an der nördlichen Stirn der Zentralalpen. Auszug aus: ÖK MÜRZZUSCHLAG (Blatt 104).

Großtektonische Übersicht

Die tektonische Gliederung des unterostalpinen Anteils des Semmeringgebietes erfolgt in vier große Faltendecken. Die einzelnen Deckenpakete wurden durch das Übergleiten der Kalkalpen schräg abgeschert, sodaß deren aufrechte Hangendschenkel nun zusammengequetscht in Nordposition vorliegen. Über der tiefer liegenden Wechseldecke liegt in ganzer Breite die Stuhleck-Kirchberg Decke. Die Stuhleck-Kirchberg-Decke (Synonyme dafür sind nach H. MOHR 1912 „Pretuldecke“ und „Eselsteindecke“) bildet die Hauptmasse der Semmeringseinheit. Die darüberliegende Mürz-Tachenberg Decke (=Stürzerkogel-Decke nach H. MOHR 1912 und Kampalpendecke nach H.P. CORNELIUS 1952a) ist ebenfalls als Liegendschenkel einer

Faltendecke ausgebildet. Darüber liegt nach Ansicht von A. TOLLMANN (1977) die mittelostalpine Tratenkogel Deckscholle bzw. die Tattermannschuppe. Gegen Norden hin taucht diese Einheit unter das Karbon der Veitscher Decke ab. Die nächst höhere Einheit gehört dem Oberostalpinen Deckensystem (OOA) an. Es sind dies die jungpaläozoische untere Grauwacken Decke bzw. Veitscher Decke, die Silbersberg Decke (F. NEUBAUER et al., 1994) und die aus altpaläozoischen Anteilen bestehende obere Grauwacken Decke bzw. Norische Decke.

Stratigraphie

Unterostalpin

Die Schichtfolge beginnt mit permischen Ablagerungen und reicht bis in das Rhät. Die Sedimentation setzt im Perm mit Alpinem Verrucano bzw. mit der synonymen ABP-Serie (P. FAUPL 1970, S. 38) ein. Die darüber liegenden Semmeringquarzite sind grünliche, feinkörnige, meist im dm-Bereich gebankte Quarzite des Skyth. Es sind dies phengitführende, teils gut gebankte Quarzite oder Arkosen. An deren Basis können Konglomeratlagen mit gut gerundeten, rosagefärbten Quarzkomponenten eingelagert sein. Die Mitteltrias wird nun durch das Auftreten der Reichenhaller Rauhacke eingeleitet (G. RIEDMÜLLER, 1976). Über der Rauhacke liegt der Gutensteiner Kalk. Teilweise kann der Kalk auch durch Dolomit ersetzt sein. Der Anisbändermarmor ist ein weißer, leicht rosafarbener Kalkmarmor mit deutlicher Bankung. Der Mitteltriasdolomit zeigt sich dunkel und dünngebankt. Der ladinische Wettersteindolomit hat im Gegensatz zum Mitteltriasdolomit ein hellgrüliches Aussehen. Eine Besonderheit der Karnentwicklung sind die schwarzen Kapellener Schiefer südöstlich des Talhofes und im Bereich südwestlich des Bahnhofes von Kapellen. Eine detaillierte Beschreibung findet man in H. BARNICK, (1966). Darüber beginnt im Semmeringgebiet eine evaporitische Entwicklung mit Gips, Dolomit und Rauhacke des mittleren Karns. Der norische Anteil dieser Bunten Keuperfazies setzt sich aus violetten, grünen und roten Serizitschiefern zusammen, in denen Quarzite, Dolomite, Rauhacken und brekzienführende Rauhacken schwimmen können. Aus der kalkig-mergeligen Keuperfazies des Rhät stammten die ersten Fossilfunde, welche von F. TOULA (1877a) erstmals beschrieben wurden.

Mittelostalpin

Die Tratenkogel Deckscholle setzt sich aus feinblättrigen Phylliten und schuppigen Muskovitschiefern zusammen. Innerhalb dieser altkristallinen Einheit auftretende Pegmatite und Amphibolite stellen diese Scholle eher in das mittelostalpine als in das unterostalpine Deckenstockwerk. Die permomesozoischen Tattermannschiefer sind bläuliche bis lilagraue, feinschiefrige Phyllite mit Serizit, Quarz und Albit. Darüber folgt Quarzit. Die anisischen Thörl Kalke sind vorwiegend blauschwarze, aber auch rötliche dünnsschichtige Kalke mit weißen Kalzitadern.

Das Oberostalpin und seine Schichtfolge

Der Gesteinsinhalt der Veitscher Decke besteht aus Graphitphylliten, Sandsteinen und Metaquarkonglomeraten. Die klastischen Komponenten der Sandsteine sind Quarz,

Hellglimmer und Feldspat. Die Konglomerate bilden Bänke von einigen Metern Mächtigkeit innerhalb der Phyllite. Die Quarzgerölle sind gut gerundet, 1-3cm im Durchmesser, die Matrix besteht ebenfalls aus Quarzkomponenten mit eher dunkler Farbe. Die Silbersbergserie, welche auch die gleichnamige Silbersberg Decke aufbaut, besteht aus stumpfen, graugrünen phyllitischen Schiefen, Quarziten und Konglomeratlagen. Typisch ist das Auftreten von E-W streichenden Grünschieferrippen. Die Schichtfolge der Norischen Decke setzt im hangenden der Silbersberg Decke mit dem Blasseneckporphyroid ein.

Die kinematische Analyse des Semmeringgebietes

Deformationsphase D1 „Extensionsspalten“

Die älteste nachzuweisende Deformation sind kalzitgefüllte Extensionsspalten (extension fissures) im Gutensteiner bzw. Thörlener Kalk, die wahrscheinlich auf eine Zerrung des Sedimentationsbeckens im unteren Anis zurückzuführen sind. Die Extensionsspalten stehen senkrecht zur Bankung. Die Extension in den Thörlener Kalken beträgt ca. 20%.

Deformationsphase D2: „NE streichende b-Achsen“

Hinweise auf eine frühere, NW gerichtete Kompressionsrichtung geben subhorizontale, ENE-WSW streichende b-Achsen im Liegenden der Tratenkogel Deckscholle und in den nördlicheren Anisbändermarmoren. Vermutlich wurden während dieser Deformation die Hangendschenkel der schon erwähnten Großfalten abgeschert.

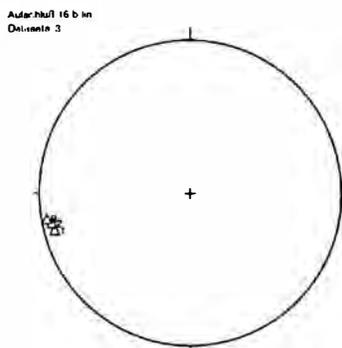


Abbildung 2: Die Lagekugeldarstellung zeigt ENE-WSW streichende b-Achsen, die nur in den unterostalpinen Bändermarmoren und im Liegenden des Kristallins der Tratenkogel Deckscholle gemessen wurden.

Deformationsphase D3: „dextral NW-SE streichende Blattverschiebungen“

Die Anlage dieses als dextrale Blattverschiebung (pure dextral strike-slip) ausgebildeten Störungssystems erfolgte nach dem Abscheren der Hangendschenkel als Resultat einer N-S Kompression.

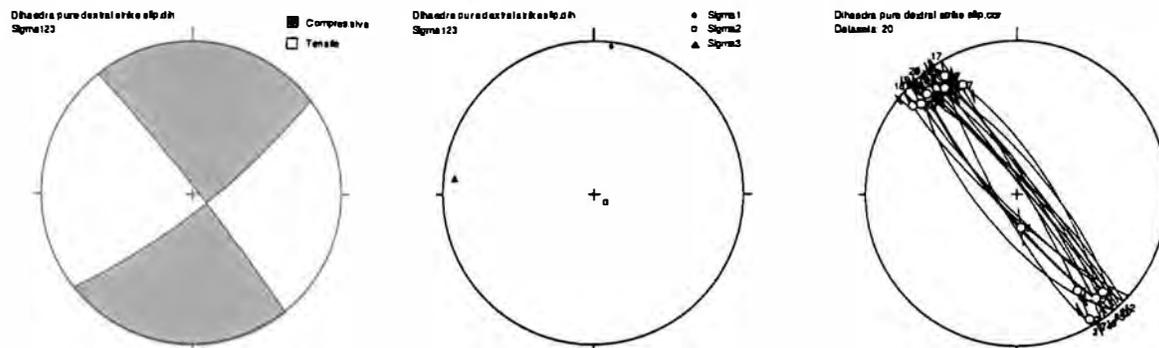


Abbildung 3: Für die Dihedra-Methode werden nach der Separation der Datensätze nur dextrale Blattverschiebungen verwendet. Diese und der stress/strain Achsenplot zeigen ein N-S kompressives Ereignis. Die dazu konjugierten sinistralen Blattverschiebungen (pure sinistral strike slips) findet man als sinistrale Schrägabschiebungen (normal sinistral oblique slips) reaktiviert durch Deformationsphase D4.

Da diese Störungen konjugiert auftreten, die Bewegung aber immer nur an einer Störungsrichtung stattfindet, es kommt ja sonst zu Platzproblemen, wurde in dieser N-S Kompression in erster Linie die NW-SE streichende Mohr-Coulombsche Bruchfläche bewegt. Die erste Striemung der $> 85^\circ$ einfallenden Harnische verläuft subhorizontal, die Reaktivierung erfolgte unter einen pitch-Winkel von $30-40^\circ$.

Deformationsphase D4: „sinistrale Blattverschiebung der Talhofstörung“

Das mächtigste Element im Gebiet des Semmerings ist die sinistral E-W streichende Blattverschiebung der Talhofstörung (pure sinistral strike slip). Die Harnischflächenanalysen zeigen teilweise ein subhorizontales Linear. Überschneidungen von jüngeren Linearen konnten nicht festgestellt werden, eine Reaktivierung in einem anders orientierten Spannungssystem ist aber durchaus möglich.

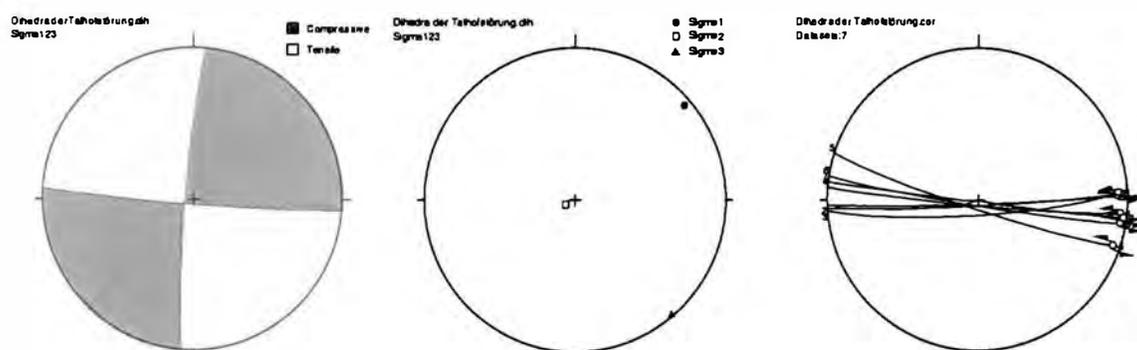


Abbildung 4: Für die Berechnung der P/T-Achsen wurden nur die sinistralen Blattverschiebungen (pure sinistral strike-slip) verwendet. Die Dihedradarstellung zeigt eine NE-SW Kompression.

Von der Talhofstörung selbst zweigen immer wieder Störungen in das Kristallin ab, die aufgrund des niedrigen Winkels als synthetische Riedel zu deuten sind. Belegt werden diese Riedelstrukturen durch das Vorkommen von Quarzitkataklasiten. Eindrucksvoll sind die steilstehenden Störungsflächen der Pfeffer,- Weinzettel- und Polleroswand, die von der Südbahn durchörtert werden und die Fortsetzung der Störung in das südliche Wiener Becken anzeigen.

Deformationsphase D5: „sinistral abschiebendes Störungssystem“ (Duplexsystem)

Dieses sinistral NNE-SSW streichende Störungssystem bildet die am häufigsten auftretenden Strukturen im Kartierungsgebiet. Es handelt sich hierbei um ein sinistral abschiebendes (normal sinistral oblique slip) System, welches einem Extensionsduplex (N. WOODCOCK, M. FISCHER, 1986) mit negativer flower-structure entspricht.

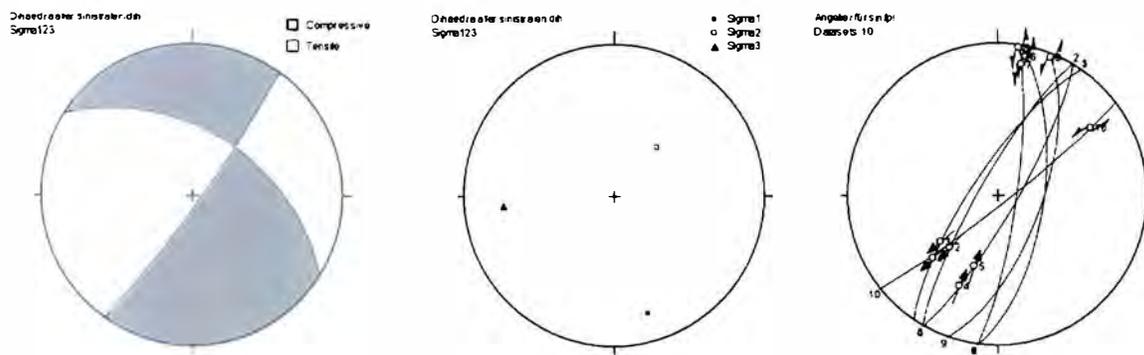


Abbildung 5: Für die P/T-Achsenberechnung wurden sinistrale Schrägabschiebungen verwendet. Der P/T Achsenplot zeigt eine NNW-SSE Kompression mit einem schräg nach NNW abtauchenden σ_1 . Die primäre Anlage dieser Störungsrichtung erfolgte als reine sinistrale Blattverschiebung (pure sinistral strike-slip) während Deformationsphase D3. Die Reaktivierung dieser konjugierten Störungen erfolgte unter D5. Die Harnischflächen zeigen durchgehend 2 verschieden orientierte Bewegungslineare. Ein älteres, subhorizontales Linear wird von einem jüngeren, schrägabschiebenden überprägt.



Abbildung 6: Blick auf einzelne Störungsäste der negativen flower-structure des Extensionsduplexs. Die Störungsflächen der negative flower-structure fallen zur Tiefe hin flacher ein und münden schließlich in die Hauptstörung

Von der Hollsteingrabenstörung und Gießgrabenstörung zweigen jeweils parallel zueinander stehende Äste ab, die den „leading“ und „tailing extensional imbricate fan“ darstellen (R. TWISS & E. MOORES, 1992; S.71). Auch diese Struktur besitzt einen abschiebenden Charakter.

Deformationsphase D6: „dextral und sinistral schrägaufschiebende Reaktivierung“

Hierbei handelt es sich um eine Reaktivierung von D3 und D5 als dextrale, bzw. sinistrale Schrägaufschiebung (reverse dextral und reverse sinistral oblique-slip). Dieses Ereignis findet man lokal in wenigen Aufschlüssen, wo D3 (pure dextral strike-slip) als dextrale Schrägaufschiebung (reverse dextral oblique-slip) reaktiviert wurde.

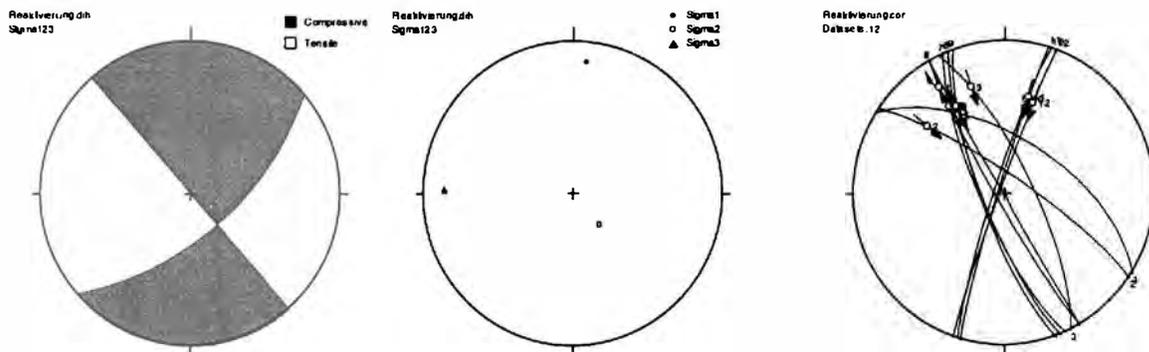


Abbildung 7: Das NW streichende Störungssystem zeigt auf seinen Harnischflächen, genauso wie das NNE streichende, ein schrägaufschiebendes Linear. In der Dihedra Darstellung zeigt sich eine N-S Kompression.

Deformationsphase D7: „NE-SW streichende Abschiebungen“

Dieses Ereignis ist das Resultat des Wechsels von σ_1 horizontal zu σ_1 vertikal. Die daraus resultierenden Abschiebungen streichen NE-SW. Dieses Störungsmuster tritt im Vergleich zu den schon erwähnten Systemen in seinem Auftreten eher in den Hintergrund. Nach Gesprächen mit Dr. Kurt Decker (Geo-Zentrum Wien) kommt dieses Störungssystem auch im Wiener Becken vor.

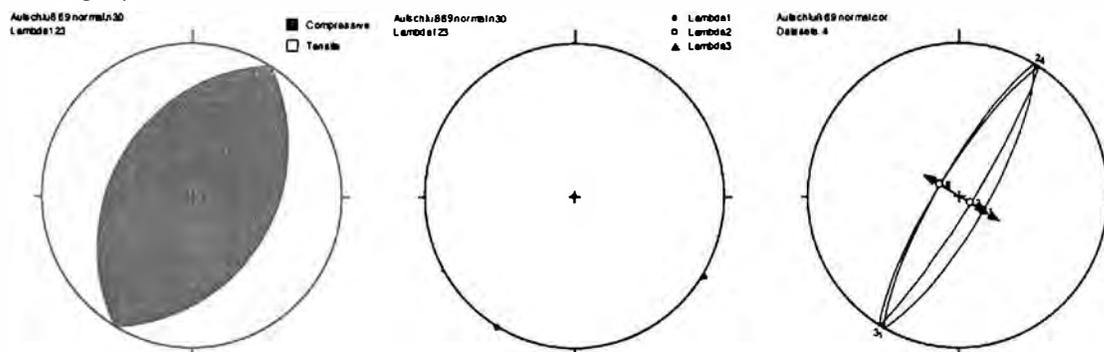


Abbildung 8: Das Bewegungslinear steht subvertikal zum Streichen der Harnischflächen. Ein zweites, schräg abschiebendes Linear überprägt die primär angelegten Abschiebungen (normal dip-slip Deformation). Ob es hier zu einer erneuten Reaktivierung von D3 bzw. D5 kam, konnte nicht festgestellt werden. Die Dihedradarstellung zeigt eine SE-NW Extension.

Deformationsphase D8: "NW-SE streichende Abschiebungen"

Untergeordnet findet man gegen NE fallende sinistrale Schrägabschiebungen. Die Harnischflächen weisen teilweise verschieden orientierte Lineare auf, wobei ein schräges ein älteres, vertikal orientiertes Linear überprägt. Die primäre Anlage erfolgte also als Abschiebung, welche in jüngeren Ereignissen von sinistralen Schrägabschiebungen überprägt wurde.

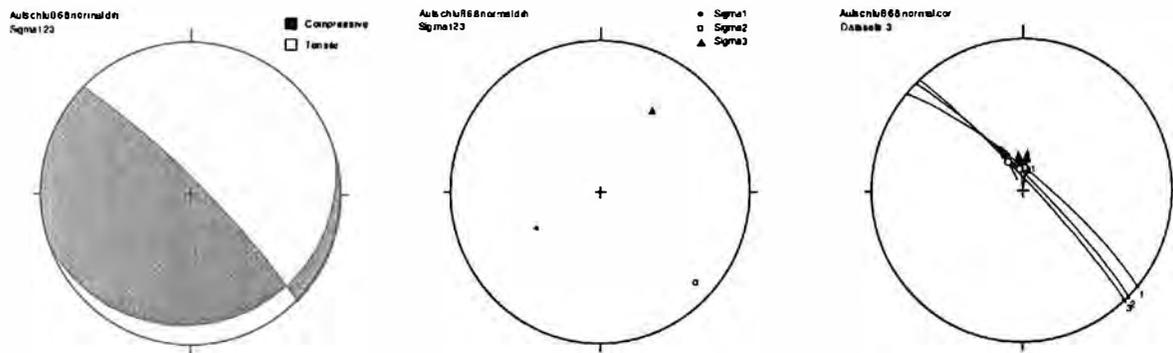


Abbildung 9: Primär als Abschiebungen ausgebildete Harnischflächen werden in einer Änderung des Spannungsfelds schrägabschiebend reaktiviert.

Deformationsphase D9: „N-S streichende Abschiebungen“

Untergeordnet treten auch E-W gerichtete, konjugierte Abschiebungen auf, die auf eine E-W Extension zurückzuführen sind. σ_1 ist dabei vertikal orientiert, σ_3 liegt horizontal. Das Bewegungslinear steht subvertikal zum Streichen der Harnischflächen.

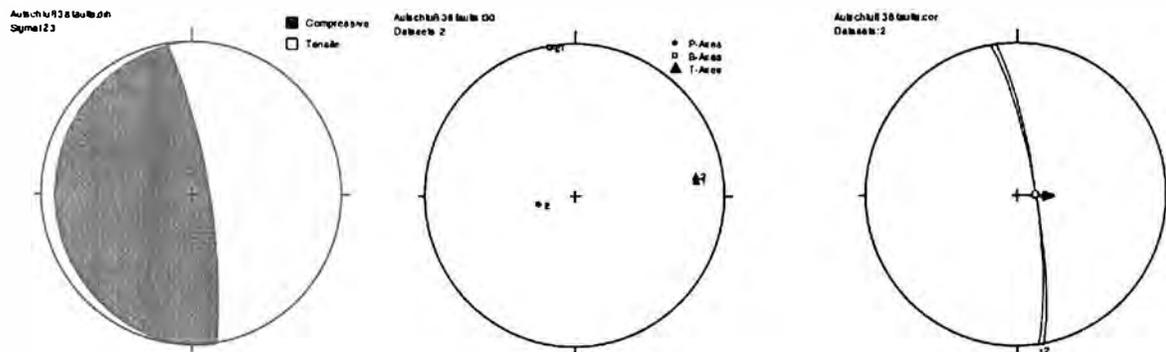


Abbildung 10: Der P-Achsenplot zeigt ein vertikal stehendes σ_1 . Ein zu dieser Abfolge relativ junges Ereignis im Semmeringgebiet stellt somit N-S streichende Abschiebungen dar.

Eingliederung der Strukturen in das Deformationsschema der östlichen Kalkalpen

Die tertiäre tektonische Entwicklung der Ostalpen wird durch die kontinuierliche N-S Kompression der Ostalpen in Folge des Norddrängens des adriatischen Indenters geprägt.

stress direct.	T1. NW-SE compression	T2. N-S compression	T3. NE-SW compression	T4. E-W extension	T5. E-W compression	T6. N-S extension
new faults	WNW-ESE: dex N-S: sin NE-SW: rev	NW-SE: dex NE-SW: sin E-W: rev	NW-SE: rev N-S: dex ENE-WSW: sin	N-S: nor	ENE-WSW: dex WNW-ESE: sin	E-W: nor
reactivated faults	older Cretaceous faults	WNW-ESE (T1): dex *N-S (T1): nor	WNW-ESE (T1): rev NW-SE (T2): dex / rev N-S (T1): dex *NE-SW (T1, T2): nor	all older directions with oblique-normal slip	WNW-ESE (T1): sin NW-SE (T2): sin *N-S (T1, T2, T3): rev NE-SW (T2): dex ENE-WSW (T3): dex	all older directions with oblique-normal slip
fault pattern scheme						
age	Late Eocene - 7Oligocene	7Oligocene- Early/ Middle Miocene	Middle Miocene	Middle Miocene	Late Miocene (Pannonian)	Late- to post-Miocene

Abbildung 11: H. PERESSON und K. DECKER (1997) erklärten das Störungsmuster in den Nördlichen Kalkalpen als Resultat von sechs verschiedenen orientierten Paläostresssensoren:

Vergleicht man die Strukturen der Nördlichen Kalkalpen mit denen des Semmeringgebietes, so erkennt man eine deutliche Analogie der Paläostressrichtungen. Die dextrale, NW-SE streichende „strike-slip Deformation“ (D3) ist somit der Tensorgruppe T2 zuzuordnen. Die sinistral E-W streichende Blattverschiebung der Talhofstörung und die NNE-SSW streichenden Blattverschiebungen des Extensionsduplexes (D4 und D5) gehören zur Tensorgruppe T3. Die konjugierten, NE-SW streichenden Abschiebungen (D7) sind Richtungen, die laut Dr. K. Decker (Geo-Zentrum Wien) auch im Wiener Becken gefunden werden. Die Entstehung dieser Bewegung ist noch nicht eindeutig geklärt. Die N-S streichenden Abschiebungen (D9) können Tensor 4 zugeordnet werden.

Die Hauptlineamente

Aus der Satellitenbildanalyse, dem digitalen Höhenmodell und der Geländearbeit konnten 4 Hauptstörungsrichtungen festgestellt werden:

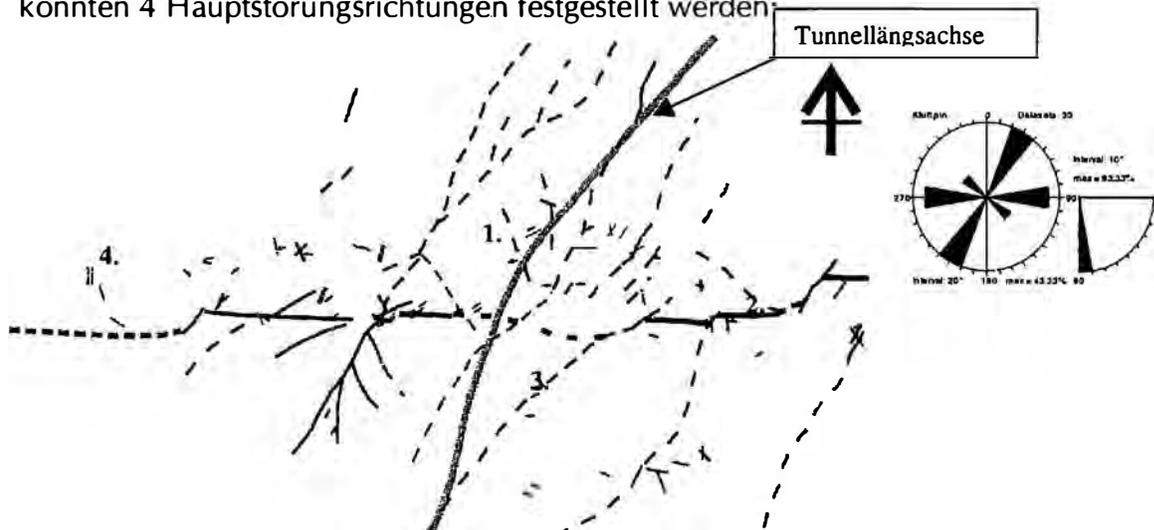


Abbildung 12: Man erkennt eine Dominanz der Blattverschiebungstektonik (strike-slip). Die Richtungsrose der Lineamente zeigt ein deutliches Maximum der NNE-SSW streichenden Strukturen. 1:

dextrale, NW-SE streichende strike-slips; 2: sinistral E-W streichende strike-slips (Talhofstörung); 3: NNE-SSW streichende strike-slips (Duplexgeometrie); 4: NW-SE und N-S streichende normal faults.

Ausbildung und Tiefenwirkung der Talhofstörung

Die Breite der Störungszone liegt zwischen 20-200m im Südhang des Talhofes. Die Streichrichtung ist durchwegs E-W orientiert. Die Striemung der auf den $> 85^\circ$ einfallenden Harnischflächen ist horizontal orientiert und zeigt keine Reaktivierung. Die Harnischflächen sind jedoch sehr stark verwittert, eine Reaktivierung durch jüngere Deformationsrichtungen ist durchaus möglich. Es ist ersichtlich, daß die Harnischflächen in der Störungszone vertikal einfallen. Dabei verteilen sich die Einfallsrichtungen gleichmäßig nach Süden. Die Fortsetzung in die Tiefe ist daher als steil bis senkrecht anzunehmen. Ein weiterer Hinweis dafür ist auch der über die ganze Länge der Störung anhaltende geradlinige Verlauf.



Abbildung 13: Der Verlauf der Talhofstörung gegen das Wiener Becken zeigt sich in den hohen Wandfluchten der Polleros und Weinzettelwand.

Diskussion

Deformation D1 wurde als Extension in den unteranisichen Gutensteiner bzw Thörler Kalken identifiziert. Die Streckung im Thörler Kalk wurde mit 20%, bezogen auf einen Meter Länge, bestimmt. Kalzitgefüllte Extensionsspalten konnten nur in diesen beiden Formationen gefunden werden. Dieses spröde-duktilere Ereignis beschränkt sich also nur auf das Unteranis. Unklar ist aber das Vorkommen des mittelostalpinen Thörler Kalkes im Norden des Kaltenberges im Hangenden des unterostalpinen Dolomitmarmors.

Deformation D2 wurde als NW gerichtete Überschiebung der aufrechten Karbonatabfolge der Mürz-Tachenberg Faltendecke durch das mittelostalpine Altkristallin der Tratenkogel Deckscholle bestimmt. Dieses mittelostalpine Kristallin mit unterlagernden Quarzit liegt als inverse Schichtfolge vor. Für die inverse Lagerung sprechen rote Quarzitzerölle, die im Quarzitfenster zwischen Windmantel und Wanzenbühel gefunden worden sind und in der Literatur (H. P. CORNELIUS, 1952b) zur Basis des Quarzites gestellt werden. Das mittelostalpine Kristallin könnte somit einen Faltenkern darstellen, dessen Liegendschenkel der Quarzit bildet. Aus Bohrung 408, welche im Rahmen der Erkundung für den Semmeringbasistunnel abgeteuft wurde, konnte festgestellt werden, daß unter dem Kristallin sofort der Quarzit anschließt. Daraus resultiert natürlich die Frage, wo befindet sich der sonst zwischengeschaltete

Alpine Veruccano in Form des Tattermannschiefers? Tattermannschiefer kommen im Hangenden der unterostalpinen Karbonate vor. Stellen diese Tattermannschiefer, die in Quarzit (Haakogel) und Thörl Kalk übergehen, den abgesicherten Hangendschenkel dieser mittelostalpinen Falte dar? Eine weitere Möglichkeit wäre, daß der Quarzit ein eigenständiges Element darstellt und mit dem Kristallin in keinerlei stratigraphischer Verbindung steht. Weitere Hinweise für einen NW gerichteten Übersub der Tratenkogel Deckscholle findet man im SE Einfallen des Quarzitvorkommens beim Windmantel und als ENE-WSW streichende b-Achsen in den unterostalpinen Bändermarmoren im Liegenden des Altkristallins.

Deformation D3 ist primär ein als reine dextrale Blattverschiebung angelegtes, NW-SE streichendes Störungssystem, welches in einer jüngeren Deformationsphase (D6) als dextrale Schrägaufschubung reaktiviert wurde. Die kinematische Auswertung der Harnischflächen zeigt ein N-S kompressives Spannungsfeld, welches zur Anlage dieses Systems führte. Das dextrale System ist nur mehr reliktsch aufgeschlossen, es wurde von den jüngeren Störungen versetzt. Auch die Versatzweite ist unbekannt, sie ist aber, da es keine großen lithologischen Unterschiede im Bereich der Störungen gibt, nicht sehr groß.

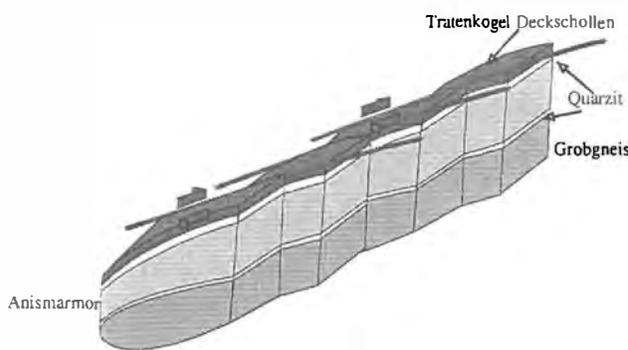


Abbildung 14 veranschaulicht Deformationsphase D3 der Mürz-Tachenberg Decke. Der linke Block wird relativ zum rechten dextral nach vorne bewegt. Die Versatzweite ist unbekannt, dürfte aber, da es keine lithologischen Unterschiede im Kontaktbereich der Blöcke gibt, nicht sehr groß sein.

Zu diesem NW-SE streichende System findet man ein konjugiert ausgebildetes NE-SW streichendes System. An den Harnischflächen sind subhorizontale Lineare, die von einem jüngeren, schrägabschiebenden Linear überprägt wurden (siehe D5). Da die Bewegung immer nur an einer Störungsrichtung stattfinden kann, wurden hier abwechselnd das dextrale NW-SE bzw. das sinistrale NE-SW streichende System als reine Scherung aktiviert. Das NW-SE streichende System ist markant ausgebildet im Gebiet NE von Spittal/Semmering. Hier findet man mächtige Störungsflächen, deren Bewegungslineation eine pure dextral strike-slip Deformation zeigen. Diese N-S Kompression führte zum Abscheren der Hangendschenkel der unterostalpinen Faltendecken und zum Zusammenstauchen dieser am Südrand der Kalkalpen. Diese Hangendschenkel mit aufrechter Schichtfolge liegen in Form von einzelnen Schuppen vor.

Deformation D4 stellt die Anlage der E-W sinistral streichenden Talhofstörung dar. Die Anlage dieser pure sinistral strike-slip Deformation gehört zu jenem NE-SE kompressiven Ereignis, zu dem auch die Bildung der SEMP und Mur-Mürztallinie zuzuschreiben ist. Das Alter ist daher mit Mittel Miozän anzusetzen. Die Talhofstörung trennt somit das sich im Süden befindende mittelostalpine Altkristallin von den nördlichen unterostalpinen Karbonateinheiten.

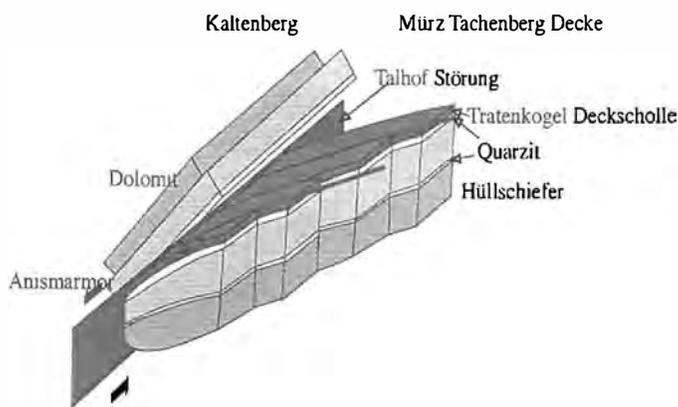


Abbildung 15. Die Talhofstörung bewegt den Karbonatblock des Kaltenberges sinistral zur südlichen Mürz Tachenberg Decke. Die Breite der Störungsfläche liegt zwischen 20 und 200m. Das dextrale Störungssystem wird versetzt. Der linksseitige Versatz wird mit 16-20 km angenommen.

Es gibt einige Gebiete im Kartierungsgebiet, in denen der genaue Verlauf ungewiß ist. So einen Bereich stellt der Kaltenberg dar. Hier wird die Störung am Kontakt mittelostalpinen Altkristallin zu Semmeringquarzit vermutet. Grund für diese Annahme ist eine Karstdoline SE des Talhofes, in welcher der Überlauf eines Fischteichs verschwindet. Der Kaltenberg selbst wird als Fortsetzung der Adlitzschuppe mit aufrechter Schichtfolge gedeutet. Hinweise dafür gibt es in mehreren Aufschlüssen im SE des Berges. Folgt man dem Kammereich des Kaltenberges Richtung Westen, so findet man Aufschlüsse, die auf Existenz einer E-W streichenden, steilstehende Falte mit fast vertikal stehender Faltenebene hinweisen. Die Annahme einer solchen Isoklinalfalte verkompliziert die Tektonik aber ungemein. Semmeringquarzit und Rauhwacke würden somit invers auf dem gegen S einfallenden Faltenschenkel liegen. Interpretiert man aber den Kaltenberg als Fortsetzung der östlichen Adlitzschuppe, so ergibt sich hier ein einfacheres tektonisches Gesamtbild. Man erkennt im digitalen Höhenmodell (Abb. 17), daß die fast senkrecht stehenden Störungsflächen der Adlitzschuppe durch ein jüngeres Störungssystem versetzt wurden. Es wird jeweils der westliche Block sinistral zum östlichen versetzt. Die Versatzweite dieses Systems beträgt vermutlich 16-20 km. Grund für diese Annahme ist das komplette Fehlen permomesozoischer Bedeckung der Hüllschiefer im SE von Gloggnitz. Diese Serien könnten gegen N gerichtet abgeschert worden sein und durch die sinistrale Blattverschiebungsdeformation nun in der heutigen Position vorliegen.

Deformation D5 zeigt durch seine sinistralen Schrägabschiebungen die Geometrie eines Extensionsduplexes. Bemerkenswert ist das kontinuierliche, in Abständen von oft weniger als 100m zueinander parallele Auftreten dieser Strukturen. Die nördliche Fortsetzung geht weit in die Kalkalpensüdfront hinein. Die Anlage erfolgte an dem durch D3 entstandenen NE-SW streichenden Störungssystem. Aus dem Satellitenbild erkennt man ein sigmoidales Einlenken dieser Struktur in die Mur-Mürz Linie.

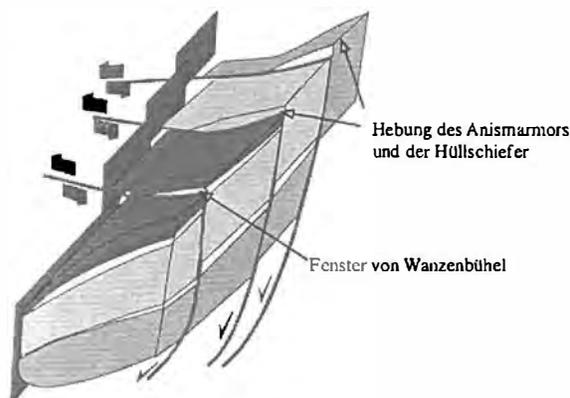


Abbildung 16: Durch die schrägabschiebende Bewegung an den listrischen Duplexflächen kommt es zur relativen Hebung der jeweils östlichen Bereiche des Gebietes (siehe Abb. 17). Die Talhofstörung bzw. das dextrale Störungssystem werden versetzt.

Die nördliche Fortsetzung erfolgt weit in die Kalkalpenfront hinein. Die Entstehung dieser Geometrie erfolgte vermutlich über synthetische Riedel der zwei sinistralen Großstörungen SEMP und der sich im Süden befindenden Mur-Mürztal Linie. Die Talhofstörung und die Duplexgeometrie resultieren somit aus einer NE-SW Kompression. Der Vergleich mit den Paläostressrichtungen der Nördlichen Kalkalpen zeigt eine Übereinstimmung mit dem Ereignis T3. Aufgrund der Analogien zum Wiener Becken, welches die gleiche Genese unter demselben Paläostresszustand aufweist, wird das gleiche Alter, nämlich mittleres Miozän, determiniert. Die abschiebende Bewegung an den sinistralen Störungen bewirkt im südlichen Gebiet ein Nebeneinanderliegen von altkristalliner Tratenkogel Deckscholle, der karnischen Rauhwacke und der altkristallinen unterostalpinen Hülschiefer. Weiters kommt es zur Hebung des Quarzitzuges im Liegenden des mittelostalpinen Altkristallin, welcher nun fensterartig zwischen Wanzenbühel und Windmantel liegt (siehe Abb.16). Die Fortsetzung in die Tiefe erfolgt über die Geometrie einer negativen flower-structure. Das bedeutet, daß die listrische Ausbildung der Störungsflächen in die Tiefe flacher wird und schließlich in eine Hauptstörung einmündet. Der Gesamtversatz an diesen \pm parallel zueinander streichenden Störungen beträgt 450-500m. Dieser Betrag konnte aus der Verstellung der Harnischwände östlich des Ebenen Waldes, aus dem Versatz der Thörl Kalke am Haakogel und der Dolomite nördlich der Stiegerinhütte errechnet werden.

Deformation D6 reaktiviert das NE streichende Störungssystem als dextrale Schrägaufschubung (reverse sinistral oblique-slip). Die Überschneidung des subhorizontalen Linears durch das schrägaufschubende zeigt, daß diese Deformation jünger als D3 ist. Weiters findet man Störungsflächen eines NW streichenden Systems, die sinistrale Schrägaufschubungen zeigen. Beide Systeme sind konjugiert ausgebildet. Sie zeigen im P/T -Achsenplot eine N-S Kompression. Es wurde aber auf keiner der gemessenen Duplexstörungsflächen, welche ja sinistrale Schrägabschiebungen zeigen, ein jüngerer schrägaufschubendes Linear aufgefunden. Es stellt sich hier nun die Frage, wieso es zu keiner Reaktivierung der Duplexgeometrie kam.

Deformation D7 sind SE bzw. NW gerichtete reine Schrägabschiebungen. Das Bewegungslinear ist subvertikal zum Streichen der Störungsfläche orientiert. Die Störungsflächen sind konjugiert ausgebildet. Diese Deformation resultiert aus der Umstellung von σ_1 horizontal zu σ_1 vertikal und führt somit zu einer SE bzw. NW Extension.

Deformation D8 sind NW-SE streichende, sinistrale Schrägabschiebungen. Die Harnischflächen dieser Deformationsphase zeigen subvertikale Bewegungslineare, die von jüngeren, sinistral schrägabschiebenden überprägt werden. Die Abschiebungen resultieren somit aus einer NE-SW Streckung. Die Reaktivierung als sinistrale Schrägabschiebung kann einer beliebigen Deformationsphase angehören. Betrachtet man Abb. 11, so erkennt man, daß ab T4 alle älteren Richtungen als oblique-slip Deformation reaktiviert werden.

Deformation D9 bildet N-S streichende konjugierte Abschiebungen. Vergleicht man die errechneten Paläospannungstensoren mit denen der nördlichen Kalkalpen (Abb. 11-4), so ist dieses Ereignis einer mittelmiozänen E-W Extension zuzuschreiben. Diese laterale Extrusion wird auf eine Kombination von N-S Verkürzung und gravitativem Kollaps der

verdickten Kruste zurückgeführt (RATSCHBACHER et al., 1991b). Verantwortlich dafür ist die mittelmiozäne plattentektonische Entwicklung im pannonischen bzw. im Karpatenraum.

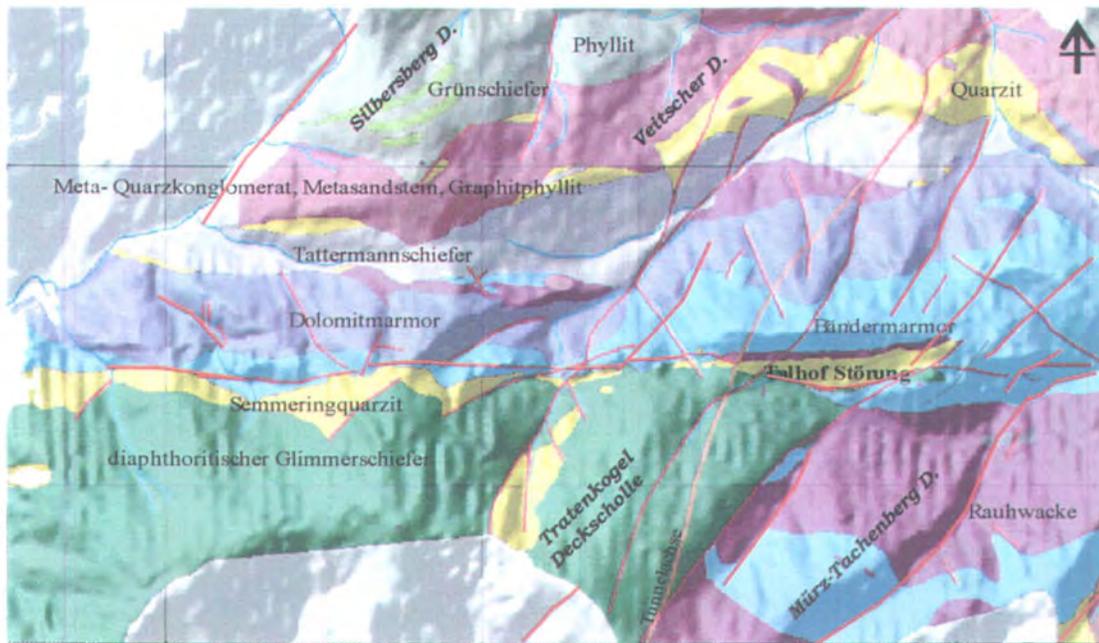


Abbildung 17: Das digitale Höhenmodell zeigt deutlich den E-W streichenden Verlauf der Talhofstörung (D4) und die NE-SW streichende Geometrie des Duplexes (D5). Die Talhofstörung trennt den nördlichen Karbonatblock (blau) vom südlichen Kristallin der Tratenkogel Deckscholle (grün), die am Unterostalpin aufliegt. DEM: Amt d. LR Steiermark; Kartierung: Gmeindl Markus.

Literatur

- ANGELIER, J.: Fault slip analyses and palaeostress reconstruction.- in: PAUL HANCOCK: Continental Deformation, Pergamon press, 1994.
- ANGELIER, J. & MECHLER, P.: Sur une methode graphique de recherche des contraintes principales egalement utilisable en tectonique et enseismologie: la methode des diedres droits.- Bull. Soc. Geol. France, 7, 19: 1309-1318; Paris, 1969.
- BARNIK, H.: Die Kapellener Schiefer im unterostalpinen Mesozoikum.- Mitt. Geol. Ges. Wien, 59, Heft 2, S. 121-138, Wien 1966.
- CORNELIUS, H. P.: Die Geologie des Mürztalgebietes.- Jb. geol. B.-A., Sdb. 4, 94 S., Wien 1952a.
- CORNELIUS, H. P.: Gesteine und Tektonik im Ostabschnitt der nordalpinen Grauwackenzone, vom Alpen-Ostrand bis zum Aflenzer Becken.- Mitt. Geol. Ges. Wien, 42-43, Wien 1952b.
- MOHR, H.: Versuch einer tektonischen Auflösung des Nordsporns der Zentralalpen.- Denkschr. Akad. Wiss. Wien, math.-natw. Kl., 88, 1 Kt., Wien 1912.
- NEUBAUER, F., HANDLER, R., HERMANN, S., PAULUS, G.: Revised Lithostratigraphy and Structure of the Eastern Graywacke Zone.- Mitt. Österr. Geol. Ges., 86, S.61-74, Wien 1994.

- PERESSON, H., DECKER, K.: The tertiary dynamics of the northern Eastern Alps: changing palaeostresses in a collisional plate boundary.- *Tectonophysics* 272 (1997), 125 - 157.
- PETIT, J. P. : Criteria for the sense of movement on fault surface in brittle rocks.- in: PAUL HANCOCK: *Continental Deformation*, Pergamon press, 1994.
- RATSCHBACHER, L., FRISCH, W., LINZER, H., MERLE, O.: Lateral extrusion in the Eastern Alps, part II. Structural analyses.- *Tectonics*, 10(2): 257-271, 1991b.
- RIEDMÜLLER, G.: *Genese und Charakteristik der Rauhacken im Pittental (Niederösterreich)*.- *Geol. Rundschau*, 65, 290-332, Stuttgart, 1976.
- TOULA, F.: *Petrefaktenkunde im Wechsel-Semmeringgebiet*.- *Verh. geol. R.-A.*, 1877, 195-197, Wien 1877a.
- TOLLMANN, A.: *Geologie von Österreich*. - Bd. 1, Wien, 1977.
- TURNER, F. J.: Nature and dynamic interpretation of deformation lamellae in calcite of three marbles.- *Am. J. Sci.*, 251, 276-298, San Francisco, 1953.
- TWISS, R. & MOORES, E.: *Structural Geology*, 1992.
- WOODCOCK, N., FISCHER, M.: Strike-slip duplexes.- *Journal of structure geologie*, Vol.8, No.7, pp.725-735, Great Britain, 1986.

Autor:

Vertrags-Ass. Mag. Markus GMEINDL
Institut für Angewandte Geologie
A-1190 Wien, Peter Jordan-Straße 70
gmeindl@edv1.boku.ac.at