

# Photogeologie und Bruchtektonik des Totengebirgsplateaus

von

R. SCHWINGENSCHLÖGL

mit

13 Abb., 2 Beil., 1 Karte

Schlüsselwörter:

Nördliche Kalkalpen

Totes Gebirge

Photogeologie

Bruchtektonik

Kluftstatistik

Spannungszustand

Anschrift des Verfassers:

Univ.-Oberass. Ing. Dr. Rudolf Schwingenschlögl

Universität für Bodenkultur

Institut für Bodenforschung und Baugeologie

Lehrkanzel für Baugeologie

Gregor Mendel-Straße 33

A-1180 Wien

Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.	32	S. 79–103	Wien, 1986
---------------------------------------	----	-----------	------------

## Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung . . . . .	80
Summary . . . . .	81
2. Vorwort . . . . .	81
3. Einleitung und Problemstellung . . . . .	82
4. Geographische und geologische Position . . . . .	82
5. Forschungstätigkeit seit dem Jahre 1884 . . . . .	82
6. Lithologie des Aufnahmegebietes . . . . .	83
7. Bruchtektonik . . . . .	83
7.1. Methodik . . . . .	83
7.2. Kluftstatistik und Spannungszustand . . . . .	84
7.3. Großstörungen im einzelnen . . . . .	86
7.3.1. Wildensee-Lineament . . . . .	86
7.3.2. Lahngangsee/Elmsee-Lineament . . . . .	88
7.3.3. Rotkogel-Lineament . . . . .	88
7.3.4. Klinserscharte-Lineament . . . . .	89
7.3.5. Toplitzsee-Lineament . . . . .	89
7.3.6. Sidelkogel-Lineament . . . . .	89
7.3.7. Tauplitzalm-Lineament . . . . .	90
7.3.8. Salzsteigjoch-Lineament . . . . .	90
7.4. Liasspalten im Gesamtsystem . . . . .	91
8. Photolineamente und ihre Bedeutung für die Geologie . . . . .	93
9. Höhlen- und Talbildung . . . . .	94
9.1. Raucherkarhöhlsystem . . . . .	95
9.2. Almberg-Höhle . . . . .	95
9.3. Hüttstatt-Höhle . . . . .	95
9.4. Salzofen-Höhle . . . . .	98
9.5. Elmhöhlsystem . . . . .	99
10. Totes Gebirge – Dachstein . . . . .	99
11. Literatur . . . . .	101

## 1. Zusammenfassung

Die photogeologische Analyse des Hochplateaus der Totengebirgs-Decke, die Erfassung des Störungsmusters, die Anlage und Richtungsverteilung von Liasspalten sowie die Ermittlung des Spannungszustandes im Tertiär (s. G. REIK, 1985, S. 101 ff.), waren die Hauptfragen in diesem Gebirgsabschnitt der Nördlichen Kalkalpen.

Es wird versucht, an einigen bedeutenden Störungen anhand der Begleitbruchanordnung Hinweise auf den Relativverschiebungssinn zu erhalten.

Aufschlußreich war die Tatsache, daß ähnlich wie im Dachsteinmassiv, auch im Toten Gebirge das gekreuzte Scherflächensystem nahezu identisch mit der liassischen Spaltenanordnung ist.

Einige Satellitenbildlineamente wurden mit Hilfe der Luftbildgeologie und Geländebegehungen kritisch überprüft.

Eine interessante Erkenntnis war, daß die Höhlensysteme fast durchwegs eine gute Übereinstimmung mit der lokalen Bruchtektonik aufweisen.

In der Gegenüberstellung: Totes Gebirge und Dachstein, werden die mutmaßlichen Gründe für die abweichende Ausbildung von Liasspaltenrichtungen und tertiärem Scherflächensystem in beiden Gebirgsstöcken angegeben.

### Summary

The analysis of photogeological lineations of the plateau surface at the Totengebirge nappe was the important question furthermore the recognizing and mapping of the linear fractures and their patterns. The determination of the stress condition (after G. REIK, 1985, p. 101–106) laid on in the Tertiary in this segment of the Northern Calcareous Alps was also investigated.

It will be try to get some informations of the displacement direction at some significant faults.

In fact, it is instructive the conjugate sets of intersecting diagonal joints are identical nearly with the pattern of Liassic infilled fissures.

A few of satellite lineations were revised critical by means of the photogeology and reconnaissance studies.

It was an interesting acknowledgement to see the good conformity between the cave systems and the local fracture tectonics.

In an opposition: Totes Gebirge and Dachstein, both in the middle part of the Northern Calcareous Alps is given to explain the probable reasons at the divergent development between the directions of Liassic fissures and the tertiary pair of shear planes.

## 2. Vorwort

Der vorliegenden Arbeit geht eine in den Jahren 1980 und 1981 durchgeführte Geländetätigkeit voraus, welche durch die schwierigen topographischen Verhältnisse und das oftmals sehr launenhafte Wetter geprägt war.

Grundlage für diese Arbeit bilden die AV-Karten 1 : 25.000, Totes Gebirge: 15/1 und 15/2. Durch die ausgezeichnete Felsdarstellung und Karstoberflächenzeichnung wurden diese Karten als Unterlage für die Luftbildkartierung verwendet. Für die Genehmigung zur Veröffentlichung danke ich dem Österreichischen Alpenverein.

Die dazu notwendigen Luftbilder, der Bildstreifen: 79/2457–2462, 79/2439–2446, 68/4986–4989, 68/5080–5083, 74/1384–1388, 74/1390–1394, 68/1246–1253, 79/2467–2473, 68/1297–1301, 74/1272–1276, 74/1317–1321, 79/2488–2482 und 79/2497–2501, vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme), wurden mir von der ÖMV-Aktiengesellschaft, Ressort Geologie, in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt.

Bei meiner Frau bedanke ich mich recht herzlich, daß sie in schwierigem, unwegsamem Gebiet wacker mitgehalten hat und so die Datenermittlung im Gelände beschleunigte. Meinem Vater, Herrn Rudolf Schwingenschlögl, danke ich für so manche mühsame Begehung und die Anfertigung der zahlreichen Farbfotos sowie seinem Verständnis, diese Aufnahmen auch bei Regen und Schneefall fortzuführen – ihm sei diese Arbeit gewidmet!

### 3. Einleitung und Problemstellung

Das Tote Gebirge im Mittelabschnitt der Nördlichen Kalkalpen mit seinen beiden verschiedenen hohen Plateauflächen bildet den Rahmen für diese tektonisch-strukturelle Arbeit.

Die Erfassung des Störungsmusters und der Hauptstörungen waren die primären Fragen der photogeologischen Interpretation. Weiters wurde das Liasspaltensystem um den Rotkogelsattel genauer untersucht, um seine Anlage und Richtungsverteilung im Vergleich zu den übrigen bruchtektonischen Mustern zu beleuchten.

Weitere Fragen waren die Haupteinengungsrichtung, die auffälligen Talungen am Rande der westlichen und östlichen Hochfläche sowie ihre genetische Beziehung zu den im Toten Gebirge so zahlreich auftretenden Höhlensystemen.

### 4. Geographische und geologische Position

Der untersuchte Bereich liegt in den zentralen Kalkhochalpen und wird vom Meridian des Altausseer-Sees im Westen und dem des Salzsteigjoches im Osten begrenzt. Die markanten Nordabstürze und das Seengebiet des Grundlises, bzw. die Tauplitzalmen im Süden, vervollständigen diesen Rahmen (s. Beilage 4).

Der zentrale Plateaubereich ist in sich stark gegliedert, großflächig ohne nennenswerte Vegetationsbedeckung sowie überaus stark mit Dolinen, Schwinden, Schlucklöchern und tümpelartigen, im Hochsommer fast immer ausgetrockneten, kleinen Lacken übersät.

Geologisch gesehen liegt diese Hochfläche ganz im Tirolikum der Totengebirgsdecke. Teile der Hallstätter Zone und Warscheneckdecke bilden eine deutliche, morphologische Grenze im Abschnitt der Tauplitz- bzw. Steirer Seen.

### 5. Forschungstätigkeit seit dem Jahre 1884

Über das Tote Gebirge ist geologisch in jüngster Zeit eigentlich weniger geforscht worden als um die Jahrhundertwende und kurz danach.

Der wohl beste Kenner und eifrigste kartierende Geologe war G. GEYER. Von 1884 bis 1916 betrieb er unermüdlich seine Studien in diesem stark verkarsteten, sehr reizvollen Gebirgsabschnitt.

L. WAAGEN publizierte 1924 einen Beitrag zur Stratigraphie und Tektonik. E. SPENGLER befaßte sich im gleichen Jahr mit der Entstehung des „Almfensters“ in den Grünauer Voralpen.

Der lokale Deckenbau und dessen besondere Eigenheiten im westlichen Toten Gebirge wurde von O. GANSS (1937) eingehend studiert.

Umfangreiche Erkenntnisse gewannen verschiedene geographisch ausgerichtete Bearbeiter. So hat J. LECHNER 1945 bis 1950 mehrere höhlenkundliche, geographische und karsthydrogeologische Artikel über das gesamte Plateau verfaßt.

K. EHRENBERG (1954) und H. TRIMMEL (1950) brachten wichtige Beiträge zur Späleogenese verschiedener Höhlen im Toten Gebirge.

Die Tektonik im Südostteil des Toten Gebirges versuchte K. MURBAN (1953) zu entschlüsseln.

Eine Neubearbeitung der Juramulde vom Grünberg in der nordwestlichen Hochfläche lieferte W. PILLER (1972). Zur Frage der Karstentwässerung wurden einige groß angelegte Färbeversuche von V. MAURIN und H. ZÖTL (1964) und T. DINCER et al. (1972) vom zentralen Plateau (Elmsee) aus durchgeführt.

W. SCHÖLLNBERGER legte 1973 eine Arbeit vor, welche die Schichtfolge, die Faziesanordnung und die Tektonik am Toten-Gebirgssüdrand (Bereich Salzatal) behandelte.

## 6. Lithologie des Aufnahmegebietes

Der geschichtete, überaus megalodontenreiche Dachsteinkalk stellt den Hauptgesteinsanteil der gebirgsaufbauenden Elemente. Ungeschichteter Dachsteinriffkalk wird am Elm (2129 m, ca. 1,5 km S' der Pühringer Hütte), weiters W' und S' der Tragln sowie im Bereich des Traweng-Klotzes bis zum Steirersee angetroffen. Krinoidenreicher Hierlatzkalk tritt südlich der Lokalität „Die Zageln“ bis zum Rotkogelsattel als Spaltenfüllung, oft auch in flächenhaften, dünnen, blaßrosa bis hellgrauen, ja oft weißen Überzügen auf dem Dachsteinkalk liegend auf. Liassischen Spatkalk findet man außerdem, mit Ausnahme an den von G. GEYER (1916) angegebenen Stellen, am Weg zum Rotgschirr (2246 m) und zwischen Weitgrubenkopf (2256 m) und Spitzmauer (2442 m) Mächtige Juraauflagerungen im Abschnitt südlich der Linie A. Appel-Haus/Wildgössl (Salzofen) treten in dünn-schichtiger Fazies zuerst als Radiolarite und dann als Oberalmer Schichten auf. Der Tressenstein- und Plassenkalktypus im Gebiet des Tressensteins selbst, dehnt sich nach Nordosten hin aus und liegt in massiger Form vor.

## 7. Bruchtektonik

### 7.1. Methodik

Nach dem Studium der ersten ausführlichen photogeologischen Arbeit von H. HOLZER (1964) im Mittelabschnitt der Nördlichen Kalkalpen (Dachsteinplateau), war es reizvoll für das etwas größere West- und Ostplateau des Totengebirgsstockes eine Luftbildinterpretation durchzuführen. Während H. HOLZER seine ermittelten Klüfte, Kluftgassen, Störungen u.ä.m. noch auf eine Karte ohne Isohypsen übertragen hatte, habe ich alle erkennbaren Fotolineamente in die topographische Grundlage der AV-Karte, 1 : 25.000, eingezeichnet.

Nach Reinzeichnung dieser Strukturdaten, wie: Störungen (s. Karte), Dolinengassen, Verwerfungen, Schichtköpfe (wenn möglich mit Fallrichtung und -winkel), weiters rezente Almböden, Schuttfächer, Bergsturzmaterial, rezente Rutschgebiete, auffälliger Gesteinswechsel (geschichtet oder massig) und Bergzerreißungserscheinungen, wurden diese Daten zunächst mit den Methoden der niederen Geodäsie, wie auch mittels der Morphologie, von Hand aus in die AV-Karte übertragen.

Die Kontrolle dieser manuell eingetragenen Strukturdaten aus dem Luftbild, bzw. von der Folie auf die 1 : 25.000 Karte, erfolgte mittels eines „Stereo ZOOM TRANSFER SCOPE“ von Bausch & Lomb. Das Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität Wien (Vorstand: Univ.-Prof. Dr. H. Friesinger) ermöglichte mir die Benützung

dieses beinahe universell einsetzbaren Gerätes, wofür ich mich herzlich bedanke.

Sämtliche Luftbildlineamente und tektonischen Strukturen wurden so auf ihre Lagegenauigkeit überprüft, da bei diesem Gerät der entsprechende Ausschnitt der AV-Karte und das rechte oder linke Luftbild, aber auch beide gleichzeitig, bei noch stufenlos einstellbarer Beleuchtung, betrachtet werden können. Auch die Datenübertragung von Karte zu Karte oder von Luftbild zu Karte in verschiedenen Maßstäben, ist mit diesem TRANSFER SCOPE möglich.

Es steht nun eine photogeologische Karte mit einer genauen topographischen Unterlage zur Verfügung, was für praktische Fragestellungen von unschätzbarem Wert ist. Verschiedene Aspekte und Probleme der Karsthydrogeologie wie auch der Speläologie können somit sehr einfach im Gelände studiert und wiedergefunden werden.

Da bei einer Interpretation der vorgefundenen, aus dem Luftbild ausgewerteten Strukturen, eine Analyse des Bruchtektonikmusters folgen soll, ist die terrestrische, abschnittsweise Kontrolle unerlässlich. Zu diesem Zweck wurde die Totengebirgs-Hochfläche mit Ausnahme des Westens, von allen Himmelsrichtungen aus begangen, überquert und der östliche Plateauteil jeweils von Süden und von Norden etwa bis zur Mitte hin bewandert. Dabei wurden möglichst viele Strukturdaten (ss und K) eingemessen, um diese mit den Luftbildergebnissen vergleichen zu können. Außerdem mußten die großen Störungssysteme (s. Abb. 1 und 2), soweit diese zugänglich waren, auf ihre morphologische Wirksamkeit und ihr kleintektonisches Gefüge untersucht werden. Obwohl mir bewußt ist, daß man bei der Geländebegehung in einer Störungszone zu nahe am Objekt ist, muß der örtlichen Morphologie sowie verschiedenen Harnisch- oder Stylolithenrichtungen eine entscheidende Rolle zuerkannt werden.

## 7.2. Kluffstatistik und Spannungszustand

Die aus dem Luftbild erhaltenen Störungen und Großklüfte, ergänzt durch die Geländedaten, wurden in Form von Kluffrosen statistisch dargestellt.

Am Institut für Bodenforschung und Baugeologie der Universität für Bodenkultur sind hierfür Computerprogramme entwickelt worden, die es mittels eines Plottergerätes von Hewlett Packard gestatten, die Häufigkeit der Störungen im  $10^\circ$ -Intervall einzuzeichnen. Je nach Keillänge und -dicke kann die Anzahl der Störungen abgeschätzt werden. Erfasst wurden Diskontinuitäten des gesamten Plateaus und getrennt in West- und Osthochfläche ausgewertet.

Die lokale nordwestvergente Juraeinmuldung (nordöstlich des Elmsees) und das Lahngangsee-Elmseelement bilden durch diese auffällige Furche eine deutliche Separation. Der markante Höhenunterschied zwischen der westlichen und östlichen Hochfläche, nach G. GEYER (1886, S. 245 ff.) tektonisch bedingt, wird durch eine flexurartige Einbiegung des Dachsteinkalkes in den NW-gerichteten Rotgschirrwänden eingeleitet und setzt sich nach SW hin in der Elmlinie fort.

Die Schwierigkeiten, eine Störung in einer schuttüberfüllten und wild verwachsenen Rinne hinsichtlich ihrer kleintektonischen Natur zu untersuchen hat H. HOLZER bereits (1964, S. 1 ff.) klar aufgezeigt.

Betrachtet man die Kluffrose der Störungen in Abb. 1, so sieht man, daß auf der westlichen, tieferen Hochfläche das gekreuzte Scherkluffsystem nicht ausgeprägt vorliegt.

Abb. 1 Totes Gebirge  
Stoerungen

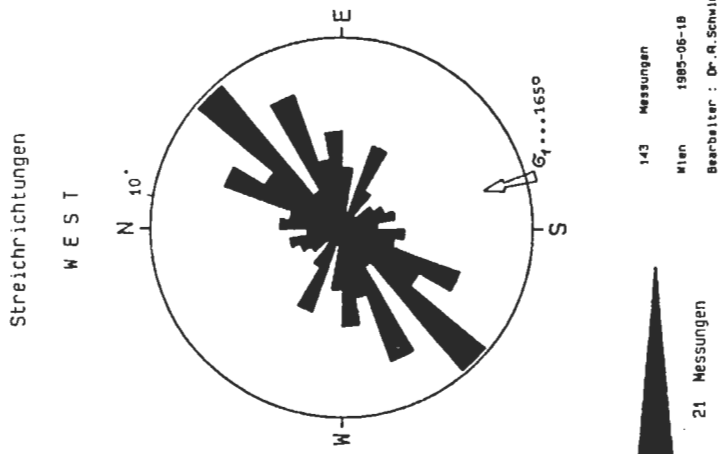
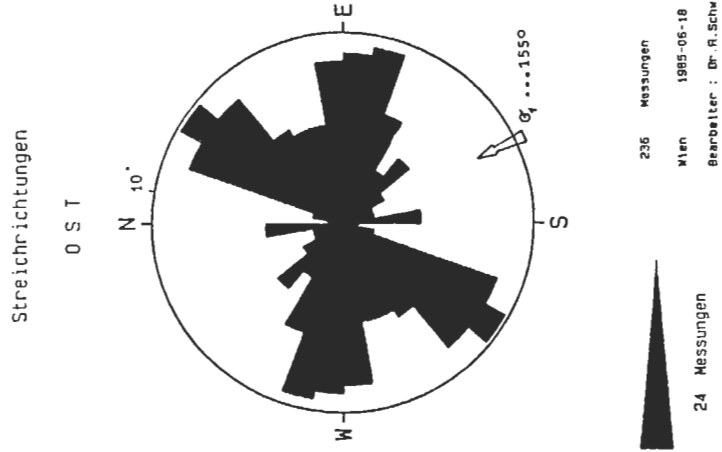


Abb. 2 Totes Gebirge  
Stoerungen



Der NE–SW-Ast ist deutlich ausgebildet, das konjugierte Flächensystem ist ca. WNW–ESE gerichtet und eher von lockerer Regelung. Ermittelt man die Winkelhalbierende für diesen Abschnitt, so stimmt die Richtung der größten Horizontalspannung ( $165^\circ$ ) überaus gut mit der von A. R. RITSEMA (1974) konstruierten überein, der für das seismotektonische Spannungsfeld im Ostalpenraum die vorherrschende Druckspannungsrichtung mit  $15^\circ$  Abweichung von S nach E angibt. Die kleinste Hauptspannung, die Zugspannungskomponente, würde daher in Richtung ENE–WSW zeigen.

Die Kluftröse für den östlichen Hochflächenanteil, also das eigentliche Hochkarstgebiet, zeigt beide Scherflächensysteme **deutlich geregelt**. Die NE–SW-Komponente und die W–E-Verteilung ergeben bei Winkelhalbierung des größeren Bruchflächenwinkels die Richtung größter Druckspannung, von SSE nach NNW ( $155^\circ$ ). Die mehr oder weniger gute Koizidenz mit A. R. RITSEMA (1974) ist auch hier noch gut erkennbar.

Die NE–SW-Äste treten in beiden Kluftrösen bzw. Hochflächenteilen auf, die konjugierten Flächen weisen aber hinsichtlich ihres Regelungsgrades eine prägnante Verschiedenheit auf.

Statistisch gesehen ist klar, warum bei der Kluftröse „Störungen-West“ (Abb. 1) ein Maximum in NE–SW-Richtung vorherrscht. Tragen doch die in Richtung der Wildensee- und Lahngang/Elmsee-Furche auftretenden vielen kleinen Klüfte und Störungen zu dieser Häufigkeit bei. Tektonisch gesehen sind hingegen auf der östlichen Plateaufläche keine so ausgeprägten „Furchen“ zu beobachten. Offenbar sind die Bruchflächensysteme in der westlichen Hochfläche durch eine „eigene“ Tektonik, man beachte nur das deutliche Richtungsmaximum der großen Hauptbrüche nach NNE bzw. NE, entstanden. Denkbar ist, daß durch das Vorhandensein von einigen bedeutenden, „alten“ Diskontinuitäten in dieser Richtung, beim stetig nach Norden drängenden Teil der Kalkalpen auf ihrer Unterlage, sich der Hauptteil der Druckspannung in die vorhin genannten Richtungen NNE bis NE abgebaut hat und so für die Ausbildung des zugehörigen Scherflächenastes nur mehr die Restkräfte zur Verfügung standen. Im Ostteil hingegen ist der einheitlich aufgebaute Block des Toten Gebirges und seine angreifende Kraft aus Süden in zwei gleichwertige Komponenten zerlegt worden (siehe Abb. 2) und hat ein deutliches Scherbruchflächensystem hinterlassen.

### 7.3. Großstörungen im einzelnen

Auf dem gesamten Hochplateau des Toten Gebirges ließen sich nach der photo-geologischen Durchmusterung **acht** ausgeprägte, lang hinziehende Störungen auskartieren.

#### 7.3.1. Wildensee-Lineament

Schon G. GEYER hat 1886 diese Diskontinuität als Bruchspalte beschrieben, die sich mit zwei deutlichen Richtungsänderungen, vom Altausseer See bis zum Offensee erstreckt.

In der tektonischen Darstellung über die Nördlichen Kalkalpen wurde von A. TOLL-



MANN (1976, S. 262 ff.) der Nordteil dieser Störung als „Wildensee-Querfalte“ bezeichnet.

Wie ein Blick auf die geologische Karte von G. GEYER (1916), die Vorarbeit von W. PILLER (1972) zeigt und die eigenen Begehungen dies bestätigen, handelt es sich hier bloß um einen halbfensterartigen Aufbruch des unter dem Dachsteinkalk liegenden Hauptdolomites und nicht um eine Querfalte!

Die Fallzeichen weisen allesamt in nördliche bzw. südliche Richtung, sind somit typisch für die bekannte Stirneinrollung an Deckengrenzen und zeigen nicht in WE-Richtung, wie es bei einer „Querfalte“ sein sollte. Diese „Rinnerboden-Störung“ (s. Beilage 4), wie ich sie nenne, war einzig allein der Grund dafür, daß nach Erosion des deckenden Dachsteinkalkes heute der Hauptdolomit zum Vorschein kommt. Eine Ost–West-Bewegung hat nicht hier stattgefunden, sondern höchstens in der nordwestlich benachbarten Grünbergmulde.

Der Südteil dieser Störungszone wird durch das nach NE gerichtete, mit Felschutt überfüllte Tal gebildet, welches vom Altausseer-See bis zum Hochklapfsattel reicht. Der Mittelteil dieser Ausräumungszone, ca. 6 km lang, reicht vom vorhin genannten Sattel bis zum Wildensee. Die streng nach NNE–SSW-streichende Störung besitzt mehrere parallele bis subparallele Brüche und wird knapp südlich des Wildensees von einer 3 km langen, WSW-streichenden Tochterstörung begleitet. Auffallend ist, daß nur an der Westseite der Verwerfung Begleitstörungen im spitzen bis rechten Winkel auftreten. Durch die intensive Schuttauffüllung und den reichlichen Latschenbewuchs war es nicht möglich, kleintektonische Merkmale aufzufinden, und mit deren Hilfe den Bewegungssinn zu rekonstruieren.

Auch war kein Versatz in dem von Osten her angrenzenden Juragebirge zu bemerken, reicht doch dieser Gesteinsbereich gerade nur bis an die Störung heran. Nach dem Verlauf und der Art wie diese Oberjuragesteine an den Dachsteinkalk stoßen, kann auch ein gewisser Verwerfungsbetrag in lotrechter Richtung angenommen werden.

Da man sich bei der Luftbildinterpretation von Störungssystemen ständig zu fragen hat, wie man den Relativ-Verschiebungssinn ermitteln könnte, möchte ich hier versuchen nach den Arbeiten von W. RIEDEL (1929, S. 365) und A. W. SKEMPTON (1966) einmal den umgekehrten Weg zu gehen. Aus dem Bruchverlauf und der Lage der Begleitstörungen schließe ich auf den Versatzsinn des Hauptblattes.

Um nicht mechanisch ungleichwertige geologische Körper miteinander in Beziehung zu setzen, sind für diese Analyse gleiches Gestein und gleiche Beanspruchungsart die wichtigsten Voraussetzungen.

Obleich dieses Lineament Begleitstörungen aufweist, G. MANDL et al. (1977) und A. W. SKEMPTON (1966) auf das Zuerstauftreten von Adventivverschiebungen hinweisen, ließen sich keine sicheren Merkmale zur Bestimmung des Relativverschiebungssinnes aus dem Bruchmuster feststellen. Streng mechanisch gesehen werden diese Tochtterscherflächen als Coulomb-Gleitflächen bezeichnet, da sich in der Regel das  $\tau_{\max}$  mit  $\sim 45^\circ$  zum Hauptbruch einstellt. Es muß die Hauptspannungsrichtung  $\sigma_1$  horizontal werden, sich drehen und einen Winkel von  $45^\circ$  zur Hauptscherfläche einnehmen (siehe auch P. BANKWITZ 1980, S. 249, Abb. 2), damit Coulomb-Flächen entstehen können. Sie nimmt also die Richtung der maximalen Schub- oder Scherspannung an.

Die Wildensee-Furche ist eine etwa 100 bis 500 m breite Erosionszone. Die Breite von Scherzonenstreifen kann übrigens nach G. MANDL (1980) auch als Folge von

großen Drücken etwa senkrecht zur Hauptbruchfläche angesehen werden. In der Grünbergmulde (Stauffen–Höllengebirgs-Decke) hat man eine NW-vergente Falte vorliegen, die eine Druckrichtung aus ungefähr ESE erwarten läßt – das ist aber auch gerade jene Richtung, welche auf das Wildensee-Lineament senkrecht auftrifft.

Wenn man die von Westen, unter den Winkeln von  $40\text{--}60^\circ$  an die Hauptstörung anlaufenden Brüche als „Riedelflächen“ (W. RIEDEL, 1929) ansieht, so kann man annehmen, daß der Westteil dieses Lineaments nach NE und der Ostteil nach SW versetzt wurden – sodaß also eine rechtssinnige Blattverschiebung vorliegt.

### 7.3.2. Lahngangsee/Elmsee-Lineament

Auch diese Großstörung ist schon lange bekannt. Sie wird von G. GEYER (1886) als „Elmlinie“ bezeichnet und reicht vom Drausengatterl, am Wanderweg von Gößl (Grundlsee) zur Pühringer Hütte liegend, über beide Lahngangseen und den Elmsee bis zum Röllsattel (1755 m). Ein mehrfach gewundener Verlauf charakterisiert diese Störung. Am Südosthang des Hochkogels liegen mehrere Begleitbrüche. Morphologisch tritt dieses Lineament deutlich durch den Tümpel „die Zageln“, die Elmwände und den Talabschnitt zwischen Salzofen und Neustein, hervor.

Über den Relativverschiebungssinn in horizontaler Richtung läßt sich hier nichts aussagen, hingegen kann eine lotrechte Verwerfung gut belegt werden. G. GEYER zeigt (1886, S. 352 ff., Abb. 7 und 8) in eindrucksvoller Weise die schöne, staffelbruchartige Abtreppe nordwestlich des Neustein (1807 m), begründet durch die verschieden hohe Position des Hierlatzkalkes. Aber auch der Blick vom Wanderweg am Drausengatterl Richtung Rotgschirr, zeigt deutlich die gleiche Seehöhe von Oberalmer Schichten im NW und Dachsteinkalk im SE. So ist zumindest im SW-Abschnitt dieser Störung der Charakter des senkrechten Versatzes dokumentiert, und zwar in einer relativen Hebung der Südostscholle gegenüber der Nordwestscholle. Der NE-Teil scheint aber im Bereich westlich des Rotgschirrs, in die schon vorhin genannte Flexur vom Elmsee (siehe G. GEYER, 1886, S. 250 f.) zu verschmelzen.

### 7.3.3. Rotkogel-Lineament

Dieses Lineament besteht aus einer 5 km langen, NE–SW-verlaufenden Hauptstörung, mit einer 400 m westlich davon liegenden, subparallelen Begleitstörung.

Im Luftbild ist dieses Lineament-Paar durch sein überaus scharfes und tief eingekerbttes Landschaftsbild hervorgetreten. Beide Brüche liegen zur Gänze im Dachsteinkalk und werden durch die Querstörung an der Rotgschirr-Scharte offenbar nicht versetzt. Sie beginnen etwa im Bereich des Rotkogelsattels und enden an den Nordabstürzen des Totengebirgsplateaus im bankigen Dachsteinkalk. Im Gesamtbild dieses Gebirgsabschnittes fällt auf, daß das Lahngangsee/Elmsee-Lineament und das Rotkogel-Lineament zu einem einzigen morphologisch wirksamen System zu gehören scheinen, da der Grat vom Röllsattel bis zum Rotgschirr und die Richtung des Feuertalbergrückens fast bis zum Temelberg hin ungefähr die gleiche parallele Anlage besitzen. Ein Relativverschiebungssinn dieser Großstörungen kann hier nicht angegeben werden.

#### 7.3.4. Klinserscharte-Lineament

Eine nahezu 4 km lange, sehr gut kartierbare Großstörung streicht etwa E–W-verlaufend, von der eigentlichen Klinserschlucht bis nahe an das Rotkogel-Lineament heran. Die Verwerfungszone liegt ausschließlich im Dachsteinkalk, der durch eine leichte Einmündung im Abschnitt des Temelbergsattels gekennzeichnet ist. Zwischen dem Weitgrubenkopf (2256 m) und dem Brotfall (2380 m) liegt in der Klinserschlucht, als auffälliger Querriegel von gut 20 bis 25 m Höhe, der Rest einer kleinen Endmoräne. Was den Verschiebungssinn dieser Störung betrifft, so mag das Auftreten von steilen, unter  $60\text{--}70^\circ$  zum Hauptblatt ankommenden „Riedel-Flächen“ ein Hinweis dafür sein, daß der Nordteil dieser Störung nach West und der Südteil relativ dazu nach Ost bewegt wurden. Hier läge demnach eine linksdrehende Verwerfung vor. An dieser Zone wurde zur Photointerpretation vorwiegend der Geländeeindruck, die Art der Begleitbrüche und weniger die Kleintektonik herangezogen. Die Begehung der Klinserscharte erbrachte zwar einige, in Streichrichtung des Lineaments beobachtete Kleinklüfte, aber sonst nur die übliche, starke Schuttverhüllung an beiden Einhängen.

#### 7.3.5. Toplitzsee-Lineament

Auf dem Luftbild nur 1,5 km lang, wurde diese Störung deswegen in die Besprechung mit einbezogen, da die Anlage des Toplitzsees und des Grundlases sicher auf diese Großverwerfung zurückgehen. So hat diese dann bereits die beträchtliche Gesamtlänge von vielleicht 10–11 km.

Es besteht aber auf Grund der Luftbilddauswertung kein Anlaß, diese Störung quer (WSW–ENE) durch das östliche Hochplateau beinahe bis Windischgarsten fortzusetzen. Nach dem Kammerboden bis in das Kammertrett (ein Talschluß), wäre eine Fortsetzung möglich. Aber danach ist bis zu den Ostabstürzen, zwischen den beiden Hochkastengipfeln, kein morphologisch zwingender Grund dieses Lineament weiter zu ziehen. Obwohl ich diesen speziellen Abschnitt A. TOLLMANNs (1977, S. 10 und Tafel 1) langer „Toplitzstörung“ nicht begangen habe – man kann einfach im Hochkarst nur die wenigsten Einöden in kürzerer Zeit begehen – hatte ich von der Weißen Wand (2200 m) einen ausgezeichneten Überblick über den nördlichen Teil der Osthochfläche und konnte die schon aus dem Luftbild gewonnenen Daten und Geländeeindrücke hier voll bestätigt wieder erkennen. Im Bereich des zentralen Ostteiles des Toten Gebirges ist demnach die Toplitzstörung nicht vorzufinden.

#### 7.3.6. Sidelkogel-Lineament

Das wohl auffälligste Großstörungssystem der östlichen Hochfläche liegt westlich der Tragl, Planka-Mira und der Weißen Wand. Der Hauptast streicht in etwas abgewinkelter Form, von beinahe Nord über NNW bis NW; ist 4,5 km lang und besitzt zwei ausgeprägte Nebenstörungen. Die erste, 400 m südlich der Planka-Mira, verläuft mit 2,3 km Länge in WNW–ESE-Richtung. Die zweite Begleitstörung beginnt beim Blotschkar, ist 1,5 km lang und richtet sich vom Hauptast gesehen, leicht gebogen nach NNE. Auch bei dieser Störung beobachtete ich am östlichen Bruchufer zahlreiche Begleitbrüche, während westlich nur fünf kleine Störungen aufscheinen. Die leicht

gekrümmte Tochterstörung durch den Niederen Brieglersberg ist als südliche Fortsetzung der Hauptdiskontinuität anzusehen und hat eine 2 km lange Erstreckung. Von Interesse dabei ist, daß G. GEYER bereits (1878, S. 159 ff.) die gesamte Hochfläche mit steirischen Bergführern begangen und auch die Weiße Wand von Westen kommend bestiegen hat – die Sidelkogel-Störung aber nicht erwähnt!

Der bereits zu Beginn der Geländearbeit unternommene Versuch, den Verschiebungssinn aus den Begleitstörungen zu ermitteln, ist hier nicht möglich, da die Adventivbrüche, obwohl im entsprechenden Winkel an das Hauptblatt auftreffend, durchaus als „Riedel-shears“ anzusprechen, vielfach die Richtung wechseln.

Am ehesten läßt sich eine Relativbewegung aus der Versetzung des ungeschichteten Dachsteinkalkes ableiten. Es müßte somit der Ostteil nach S und der Westteil nach N geschoben worden sein. Bewertet man aber nun die echten Riedel-Klüfte dazwischen und betrachtet die nicht zu diesem Bauakt gehörigen Klüfte als jeweils später aufgetretene Brüche, so wäre allerdings aus der vorhin konstruierten rechtsdrehenden eine linksdrehende Seitenverschiebung anzunehmen.

Die Natur des Versetzungscharakters im Gelände durch eine Begehung der Störung in der gesamten Länge zu eruieren, würde allerdings bei der Größe des Aufnahmegebietes von nahezu 300 km<sup>2</sup>, den Umfang dieser Arbeit bereits bei weitem überschreiten, zumal die Kartierung des Abschnittes Weiße Wand, mir den morphologischen Eindruck aus dem Luftbild bestätigte, und die Störung sich als eine mit Blockwerk getarnte, überaus schwer begehbare Rinne im Dachsteinkalk präsentierte.

### 7.3.7. Tauplitzalm-Lineament

6,5 km lang ist diese, zweimal leicht nach Norden abgewinkelte Störung. Im Luftbild deutlich durch eine Einkerbung der Geländestrecken zwischen den Seen zu erkennen. Ob nun der schon aus der Photointerpretation erkennbare Gesteinswechsel durch eine Deckengrenze oder durch dieses Lineament bewirkt wird, läßt sich nicht einwandfrei feststellen, denn die Deckengrenze zwischen Toten Gebirgs- und Warscheneck-Decke liegt etwas nördlicher als der Störungsverlauf. Kleintektonische Merkmale waren im gesamten Verlauf der Störungszone nicht kartierbar. Es war auch hier allein nur die Morphologie entscheidend. Da es keinerlei Begleitbrüche gibt und die Vegetationsverhüllung den Einblick auf das intakte Gestein verwehrt, ist über eine Bewegungsbestimmung nichts zu vermelden.

### 7.3.8. Salzsteigjoch-Lineament

Trotz ihrer geringen Länge von bloß 800 m wird die Störung in die Reihe der Lineamente miteinbezogen, stellt sie doch die morphologische Ostgrenze des Toten Gebirges wie auch gleichzeitig geologisch die Deckengrenze zwischen Toten Gebirgs- und Warscheneck-Decke dar. Von der Leistalm nach Nord fortschreitend sieht man einen deutlichen Geländeeinschnitt, der durch den Gamsspitz im Westen (2061 m) und den Gamsstein im Osten (1996 m) geprägt ist. Die Begehung dieses kulturhistorisch uralten Überganges von Tauplitz in das Stodertal ergab einen möglichen Versatzsinn in senkrechter Richtung. Während die dickbankigen, manchmal bis zu 4 m mächtigen

Dachsteinkalke steil nach Osten einfallen, neigt sich der Wettersteindolomit des Gamssteins flach gegen Westen (s. auch Abb. 3). Daß die Salzsteigstörung bei A. TOLLMANN (1976, S. 59, Abb. 18) nach NE streicht, ist nicht korrekt, ergeben doch die Luftbildauswertung und die Begehung einen eindeutigen N–S-Verlauf.

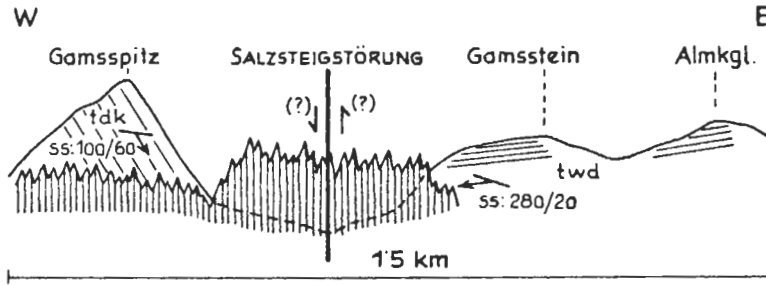


Abb. 3: Situation an der Salzsteigstörung, Blickrichtung N; tdk – Dachsteinkalk, twd – Wettersteindolomit.

#### 7.4. Liasspalten im Gesamtsystem

Ordnet man den Hieratzkalkspalten auf der geologischen Karte von Liezen (G. GEYER, 1916) Streichrichtungen zu, so sind das etwa 15 NE–SW-verlaufende, 6 N–S und 8 W–E gerichtete Spalten. Diese so gewonnenen Richtungen wurden in die Statistik deshalb nicht aufgenommen, da bei dem Kartenmaßstab von 1 : 75 000 eine Streichrichtungsermittlung sehr fehlerhaft wäre.

Nur die im Gelände einmeßbaren Liasspalten wurden in die Kluftrösendarstellung aufgenommen (Anm.: Wegen der Kleinheit mancher Spalten wurden nicht alle in die photogeologische Karte eingetragen!). Da diese Spalten nur in der Osthochfläche gehäuft auftreten, wurde nur dieser Teil statistisch behandelt. Die „GEYER-Spalten“ bewirkten, daß sich in der Kluftröse „Liasspalten-Ost“ (Abb. 4) die NE–SW-Richtung verstärkt, während die etwa 14 orthogonal angeordneten die bestehenden Verläufe unterstreichen. Bezeichnenderweise liegt nun auch hier ein gekreuztes Flächensystem vor – nur das Kräftespiel zur Erzeugung von Spalten ist vielleicht etwas komplexer. Wenn A. TOLLMANN (1970, S. 11 ff.) schreibt, daß das präliassische Spaltensystem mit dem Hauptsystem der Störungen und Brüche, am Beispiel des Dachsteinplateaus, übereinstimmt, untermauert durch H. HOLZER (1964) – so hat er völlig recht – dies trifft auch für die östliche Karsthochfläche des Toten Gebirges zu. Beide Äste sind in der Störungs- wie auch Liasspaltenkluftröse nahezu identisch angelegt. Es waren wohl die gleichen Einengungskräfte, welche die Liasspalten und das Scherflächensystem entstehen ließen. Nur möchte ich die von O. GANSS (1938) vertretene Ansicht der Zerrungs- oder Dehnungsform nicht ganz in Frage stellen, sondern vielmehr unterstützen.

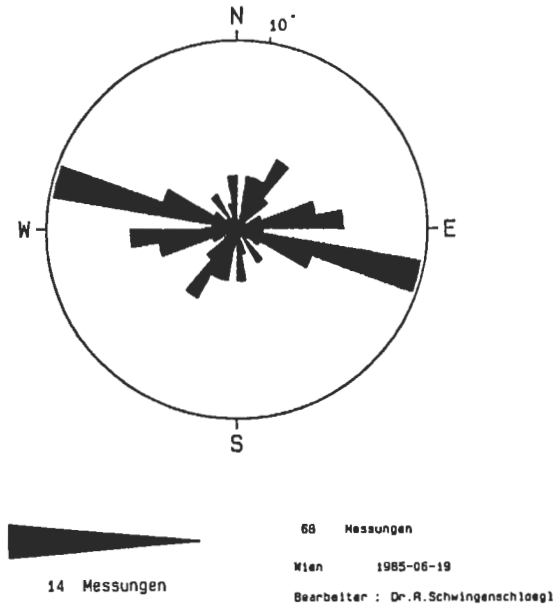
Eine nach der Primärkluftbildung einsetzende Aufwölbung eines Gebirges bringt allemal eine Zerrung, also Zugspannung mit sich. Sie durch flache Faltung zu deuten

Abb. 4

## Totes Gebirge Liasspalten

O S T

Streichrichtungen



ist eine Möglichkeit, sie durch Zugkräfte besonderer Anlage, ist eine andere. Dehnungsspalten können nämlich auch als Ergebnis von Druckkräften in Spaltenrichtung angesehen werden, wo senkrecht dazu eine Art von Spaltzugkräften zur Öffnung dieser Fugen führen kann. Die Aufnahmen von G. GEYER (1916) und meine eigenen zeigen, daß die Liasspalten meist in spitzer, „linsenförmiger“, langgestreckter Ausbildung vorliegen.

Daß die Anlage der Spaltenrichtungen einem Diagonalscherflächensystem zuzurechnen ist, bleibt unwidersprochen, was allerdings die Form der Spalten betrifft, so erinnert diese an ein Auseinanderklaffen von unter hoher Druckspannung stehenden Schwächezonen. Die Öffnung der Bruchfugen durch lokale Faltung zu deuten ist durchaus möglich, zeigt doch gerade die Osthochfläche bereichsweise einen eher weitspannigen Mulden- und Sattelbau. Trotzdem meine ich, daß örtliche Verbiegung des Dachsteinkalks zur Bildung von Druck- bzw. Zugkräften in mehreren Richtungen geführt hat und diese durch Druck in der Kluftrichtung mit seitlicher Zerrung letztlich zur Spalte geführt haben.

Wieso im Westteil des Toten Gebirges nahezu keine Liasspalten zu finden sind und im betrachteten Ostteil nur etwa 100 Rotkalkspalten beobachtet wurden, ge-

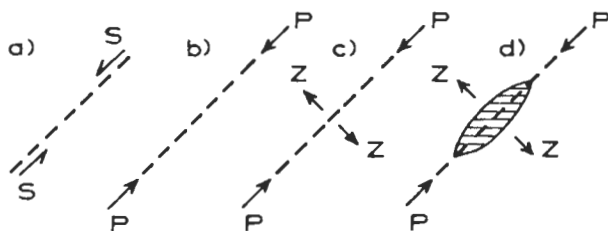


Abb. 5: Anlage und Ausbildung von Spalten. a) Anlage einer Scherfläche; b) nachfolgende Beanspruchung genau in Scherflächenebene; c) Bildung von Zerrungszonen normal zur Fläche; d) Erweiterung bis zur Spalte.

hört zu den vielen offenen Fragen in jenem Abschnitt der Nördlichen Kalkalpen.

Zum Vergleich: Im Dachsteinstock konnte ich immerhin 215 Liasspalten aus der Karte von O. GANSS et al. (1954) aussondern. Die morphologische Teilung des Totengebirgsplateaus hat ihre Gründe in einer eigenen, speziellen tektonischen Geschichte und damit verbunden ist auch jene eigenartige ungleichmäßige Verteilung der Liasspalten. Vielleicht hängt die Anlage dieser Spalten, so wie früher F. JASKOLLA (1978, S. 112 ff.) es darlegte, mit einer Drehung des lokalen/regionalen Stressfeldes zusammen.

## 8. Photolineamente und ihre Bedeutung für die Geologie

Bei Betrachten der tektonischen Karte der Nördlichen Kalkalpen von A. TOLLMANN (1976) fällt auf, daß das Tote Gebirge, besonders im Osten von drei langen Satellitenbildlineamenten, der Toplitz-Störung, der Mitterndorfer Störung und der Heilbrunner Linie gequert werden. Die Salzsteigstörung hingegen stößt im spitzen Winkel von SW kommend an die Toplitz-Störung.

Die photogeologische Interpretation von Luftbildern bot nun hier eine gute Möglichkeit, diese Lineamente aus einem geringeren Abstand als etwa 900 km Höhe, nämlich aus 2,5 – 3 km von der Erdoberfläche, zu durchmustern.

In der bis heute wichtigsten Arbeit über Satellitenbildinterpretation schreibt P. KRONBERG (1977, S. 10 ff.), daß sich eine Lineamentkartierung auf lineare Talabschnitte oder ebensolche Flußläufe beschränken muß, und zwar gilt das besonders für Gebiete mit starkem Relief.

Da dies für das Tote Gebirge zutrifft, habe ich die von TOLLMANN (1976) angegebenen Störungen in die AV-Karten 1 : 25 000 übertragen und sie auf ihre „morphologische Wirksamkeit“ näher untersucht. Bei allen Störungen konnte ich jeweils nur kurze Stücke mit einer entsprechend korrelierten Geländeform feststellen. Der größte Teil dieser oft mehr als 15 km langen Störungen ist morphologisch im Luftbild und im Gelände nicht beobachtbar gewesen.

So müßte die Heilbrunner Störung durch die westlichen Rücken der Weißen Wand verlaufen, was aber auch im Luftbild bestimmte Bruchmuster zur Folge hätte. Das gleiche gilt für die Mitterndorfer Störung, die nur eine ganz kurze störungsgerechte Morphologie an ihrem südlichen Ende aufweist.

Allerdings ist aus 900 km Höhe auch ein Verschmelzen des von mir benannten Rotkogel-Lineamentes mit Teilen der Mitterndorfer Störung und gewissen Hochtal-

verlaufen nicht auszuschließen. Was die Toplitzseestörung betrifft, so endet diese meiner Meinung nach im östlichen „s'Kammertret“ (SH. ca. 1600 m). Auch bis zu den Ostabstürzen zwischen Großen und Kleinen Hochkasten sind die Schichtköpfe des Dachsteinkalkes ungefähr in Streichrichtung der „Toplitzseestörung“ angeordnet.

Wohl ist die Nachzeichnung tieferer Schwächezonen aus Landsat-Bildern (P. KRONBERG, 1977, S. 15 ff.) an der Geländeoberfläche möglich, doch muß ein im Satellitenbild kartiertes Lineament trotzdem immer mit der lokalen und regionalen Bruchtektonik abgeklärt werden.

In diesem Zusammenhang halte ich es für nötig, folgende Schritte unbedingt einzuhalten:

1. Satellitenbildauswertung (möglichst stereoskopisch)
2. Luftbildauswertung
3. Geländetätigkeit bzw. Kontrollbegehungen
4. Auswertung der Daten und Interpretation

Für praktische, kleinräumige Fragestellungen mögen die Schritte 2 bis 4 genügen, hingegen sind selbst für theoretische Fragen die Schritte 1 und 4, unter Weglassen von 2 und 3, zu spekulativ!

Von F. JASKOLLA stammt aus den westlichen Kalkalpen eine ausführliche Bearbeitung, die er 1978 an einigen Satellitenbildlineamenten gemacht hatte. Um ein Lineament in seiner Gesamtaussage beurteilen zu können, werden bei ihm die terrestrische Photogrammetrie und das gesamte kleintektonische Inventar, bei Begehungen jeweils senkrecht zum Störungsverlauf, herangezogen.

Bei A. TOLLMANN (1977), in seiner Satellitenbildkarte noch nicht eingetragen, hat W. BUCHROITHNER (1984) das Sidelkogel-Lineament bereits erfaßt, was wohl auf die verbesserten Auswertungsmethoden zurückzuführen ist.

Man sieht sehr gut den Interpretationsfortschritt von A. TOLLMANN (1977) zu W. BUCHROITHNER (1984), wenn man beide Auswertungen des betreffenden Totengebirgsabschnittes am Lichttisch miteinander vergleicht. Obwohl W. BUCHROITHNER meiner Ansicht nach etwas übertrieben und auf der Österreich-Karte „sämtliche und alle“ Lineamente eingetragen hat, ist die Lineamentanzahl mit dem Ansteigen der Bild- und Auswertequalität angewachsen.

In dem von mir bearbeiteten Kalkalpenbereich konnte ich etwa die Hälfte von W. BUCHROITHNERs Lineamenten bestätigen, das Vorhandensein der restlichen Lineamente kann von mir auf Grund lokaler Kenntnis nicht festgestellt werden.

## 9. Höhlen- und Talbildung

Um die Anlage der folgenden fünf Höhlensysteme: Rauchkar-, Almberg-, Hüttstatt-, Salzofen- und Elmhöhle mit den obertags auskartierten Störungen korrelieren zu können, mußten den einzelnen Höhlenabschnitten (Gängen) Kluftrichtungen bzw. Störungen zugeordnet werden. Ich habe in den genannten Höhlen, deren Pläne mir vom Institut für Speläologie (jetzt Bundesanstalt für Wasserhaushalt in Karstgebieten) freundlicherweise zur Verfügung gestellt wurden, richtungsrelevante Verläufe als Störungen betrachtet und diese in einer Kluftröse dargestellt.

Obwohl ich die Totengebirgshöhlen selbst nicht befahren konnte, gestatteten vergleichende Begehungen im Höhlensystem der Dachsteinhöhlen wie auch das Literaturstudium die Annahme, aus der Grundrißzeichnung Diskontinuitäten zu ermitteln.



Diese vielleicht etwas gewagte Methode hat auch schon H. HOLZER (1964, S. 6) in ähnlicher Form praktiziert.

Darüber hinaus läßt sich zudem die Beziehung von tektonischen Trennflächen für die Anlage von Höhlen- bzw. Karsthohlräumen nach H. FINK (1967, S. 85 ff.) relativ leicht herstellen.

### 9.1. Raucherkarhöhlensystem (Höhlenkatasternummer 1626/55 a–d)

Es wird hier keineswegs beabsichtigt, alleine aus dem Oberflächenbild der Störungen und dem Höhlenplan eine Deutung des gekreuzten Scherflächensystems unter Tage zu geben, sondern es ist lediglich ein Versuch, die Tendenz der Kluft- und Störungsmuster hinsichtlich ihrer Aussagekraft für die Höhlengenese etwas näher zu beleuchten und jene fünf Höhlen untereinander, sowie auch mit dem Gesamtsystem des Scherflächenpaares zu vergleichen.

Die Raucherkarhöhle liegt im Westen des Aufnahmegebietes (ca. 2 km WSW' des Schönberg, 2093 m). Sie ist oft das Ziel vieler Höhlenforscher. Vergleicht man die Kluftanlage (s. Abb. 6) mit dem Gesamtsystem der Streichrichtungen, „Störungen West“ (s. Abb. 1), so läßt sich eine sehr gute Übereinstimmung der NE–SW-Achse (siehe auch H. TRIMMEL, 1969, S. 9 ff.) beobachten, hingegen entspricht der zweite, etwa NNW–SSE-gerichtete Ast nicht dem obertätigen Trennflächenbild. Halbiert man den Winkel zwischen den Hauptrichtungen NNW und NE, so zeigt die maßgebliche Hauptspannung etwa in NNE-Richtung. Der auffällige Unterschied in der Einengung hat hier offenbar in einer Drehung der Beanspruchungsrichtung seine Ursache, oder lokale Gebirgsanisotropie größeren Ausmaßes trug hier zu dieser Richtungsänderung bei. Auch zu den im lokalen Bereich kartierten Störungen ist bloß zum NE–SW-Verlauf eine direkte Beziehung herzustellen. Der Höhlengrundriß von 1965 läßt auch sehr gut die Dominanz der NE' gestreckten Kluftanlage erkennen. H. TRIMMEL verweist (1969, S. 9 ff.) in seiner Charakteristik über diese Höhle deutlich auf die kluftbedingte Entstehung.

### 9.2. Almberg-Höhle (Höhlenkatasternummer 1624/18)

Die Höhle liegt 1 km W' des Backenstein (1772 m) in den Südabstürzen des Toten Gebirges. Die lokal strenge Nordrichtung des Hauptastes ist sehr schön mit der N–S-Störung zu parallelisieren, welche am Wanderweg zum A. Appel-Haus verläuft. Die schwache W–E-Komponente könnte man ebenso mit dem örtlichen Bruchmuster verknüpfen. Auch hier wieder eine gänzlich andere Einengungsrichtung, als in der Kluftrose „Oberflächenorientierung-West“ zum Ausdruck kommt (s. Abb. 7).

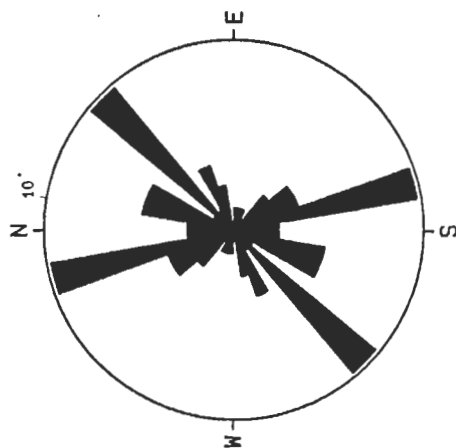
### 9.3. Hüttstatt-Höhle (Höhlenkatasternummer 1624/28)

Unweit des Wanderweges vom A. Appel-Haus zur Pühringer Hütte zwischen Widerkar-Kogel (1952 m) und Ht. Bruder-Kogel (2033 m) im Osten, befindet sich dieses Höhlensystem.

Abb. 6 Totes Gebirge - West  
Kluefte

Raucherkarhoehliensystem

Streichrichtungen



45 Messungen  
 Wien 1985-06-18  
 Bearbeiter : Dr. R. Schwingenschlögl

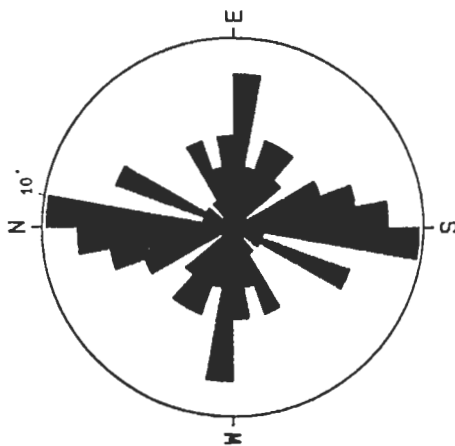
8 Messungen

Abb. 7

Totes Gebirge - West  
Kluefte

Almberg-Hoehle

Streichrichtungen

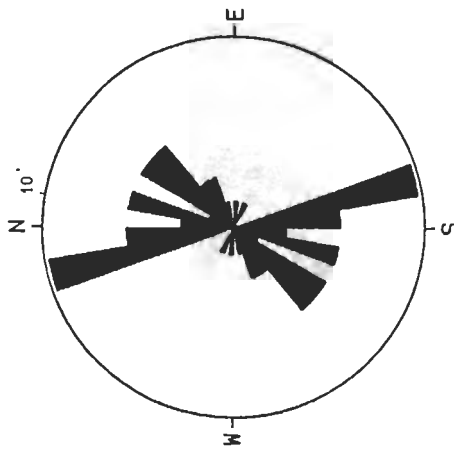


48 Messungen  
 Wien 1985-06-18  
 Bearbeiter : Dr. R. Schwingenschlögl

6 Messungen

Abb. 8 Totes Gebirge - West  
Kluefte

Huetstatt-Hoehle  
Streichrichtungen

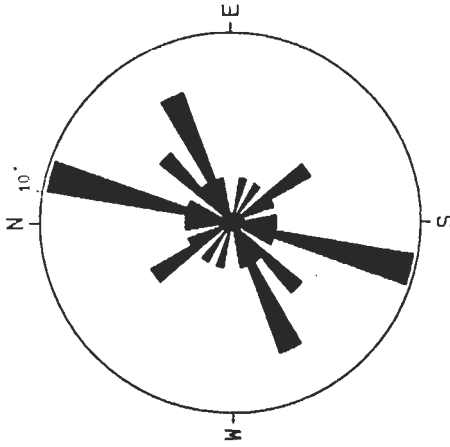


33 Messungen  
Wien 1985-06-18  
Bearbeiter: Dr. R. Schwingenschloegl

7 Messungen

Abb. 9 Totes Gebirge - West  
Kluefte

Salzofenhoehle  
Streichrichtungen



19 Messungen  
Wien 1985-06-18  
Bearbeiter: Dr. R. Schwingenschloegl

4 Messungen

Hier entspricht der Kluftverlauf (s. Abb. 8) der lokalen Bruchtektonik und stellt ein getreues, nur etwas tiefer liegendes, Abbild des Störungsmusters an der Erdoberfläche dar. Der Haupthöhlenbildner war wohl die etwas gewundene Störung an der westlichen Talseite des Widerkars.

#### 9.4. Salzofen-Höhle (Höhlenkatasternummer 1624/31)

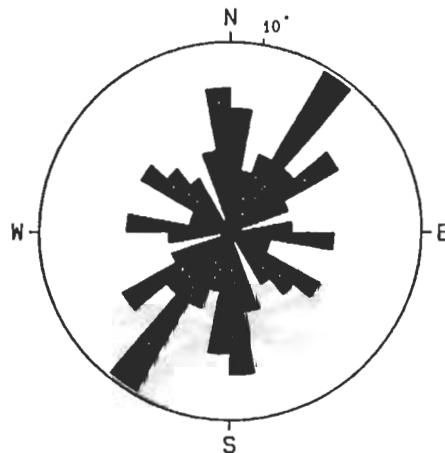
Diese sehr gut bekannte Höhle im Toten Gebirge liegt 200 m WSW' des Salzofen (2072 m). Die Streichrichtungen dieses natürlichen Hohlraumes (s. Abb. 9), besonders des Südwestteiles, haben eine ausgeprägte NNE-SSW-Achse und korrelieren gut mit den örtlichen Störungen im Luftbild. Die Störung vom Scheibling Kogel (2054 m) in Richtung SSW wird in direkte Beziehung zur Höhlengenesse gebracht. Der Höhlenplan zeigt weiters eine überaus dominierende ENE-Richtung, die meines Erachtens ihre Begründung in der nahen Lahngangsee/Elmsee-Linie hat. Der schwache NW-SE-Ast ist s. l. mit der Störung von der „Elmgrube“ zum „Am Ablaser“, 500 m E' des Salzofen verlaufend, in Beziehung zu bringen.

Abb. 10

### Totes Gebirge - West Kluefte

Elmhöhlensystem

Streichrichtungen



70 Messungen

Mien 1985-06-10

Bearbeiter : Dr. R. Schwingenschlögl

### 9.5. Elmhöhhlensystem (Höhlenkatasternummer 1624/38 a + b)

Nach der Auswertung des bruchtektonischen Musters ist eine starke NE–SW-Orientierung der Gänge bzw. deren Abschnitte zu erwarten gewesen. Tatsächlich hat dieses System im Höhlenplan eine Z-Form mit N–S-Ausrichtung des Mittelstriches. In der Streichrichtungsrose (s. Abb. 10) stechen auch sofort die N und N–E-Richtung hervor. Eine locker um die E–W-Achse geregelte Kluftschar bewirkt die stark nach Westen und Osten verlaufenden Gangspalten.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Anlage der Höhlen größtenteils mit dem obertägigen lokalen Bruchverlauf konform geht.

Die NE–SW-Orientierung ist bloß in der Raucherkar-, Salzofen- und Elmhöhle übereinstimmend ausgebildet. Mit den Bruchsystemen der Ost- oder Westhochfläche ist allerdings, mit Ausnahme des NE-Astes in fast allen, und einzig in der Almberghöhle die E–W-Richtung, keine weitere plausible Übereinstimmung zu erzielen.

Auf dem Westrand des Bearbeitungsgebietes kann die Talbildung bzw. deren Ausrichtung klar aus dem Verlauf der NE–SW-Brüche erkannt werden. Vom Altausseersee-Hochklapsattel-Tal folgt nach NW fortschreitend, in Abständen von 1 bis 2 km jeweils ein Tal bis zur Nestlergrube, welches sich ca. 2,5 km NW' des Schönberg (Wildenkogel, 2093 m) befindet. A. E. SCHEIDEGGER hat (1979, S. 187 ff.) die Orientationsstruktur von Talanlagen mit Kluftstellungen verglichen und kommt zu dem Schluß, daß im Raume Wörschach, der für meine Betrachtungen unter Umständen gelten kann, die Hauptdruckspannung von ESE–WNW und die Hauptzugspannung von ca. SSW–NNE angeordnet ist. Dies läßt sich generell mit den von mir ermittelten Krafrichtungen nicht zur Deckung bringen. Die Abweichung meiner Daten von den Ergebnissen A. E. SCHEIDEGGERS beträgt im Mittel ungefähr 40° im Uhrzeigersinn. Ob hier die Nähe zur südlich unterlagernden Grauwackenzone oder eine spezielle Diapirtektonik im Untergrund der Hallstätterzone für die vorhin genannten Vorgänge verantwortlich zeichnen, sollte Gegenstand weiterführender Untersuchungen sein.

Auch an den Ostabstürzen im **Toten Gebirge**, gegen das Stodertal hin, haben sich die Talverläufe vom Sigistal im Süden bis zur Arzloch-Scharte im Norden, diese liegt 1 km östlich der Welser Hütte, dem ausgeprägten E–W-Verlauf des Störungsmusters in eindrucksvoller Weise angepaßt. Für die Talanlagen am Nord- bzw. Südrand konnten aus den Luftbildern keine Erkenntnisse gewonnen werden.

## 10. Totes Gebirge – Dachstein

Trotzdem diese beiden verschiedenen tektonischen Einheiten ihre eigene Entstehungsgeschichte haben und jeweils einem anderen Stockwerk im kalkalpinen Deckensystem angehören, möchte ich doch einige Bemerkungen zum Bau und zur Analge des präliassischen Bruchmusters der Liasspalten machen.

Im Dachsteingebiet findet man nach H. HLAUSCHEK (1922, S. 119), O. GANSS (1938, S. 588 ff.) und H. HOLZER (1964, S. 4 ff.) folgendes gekreuztes Scherflächensystem.

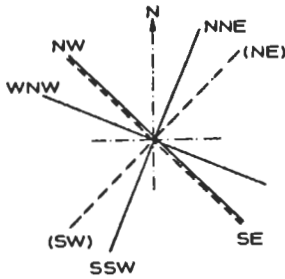


Abb. 11: Dachsteinplateau  
Scherflächen  
Liasspalten  
(s. auch Abb. 13)

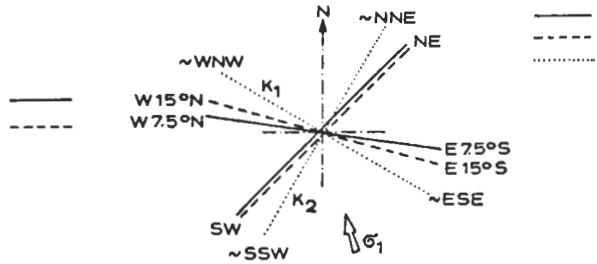
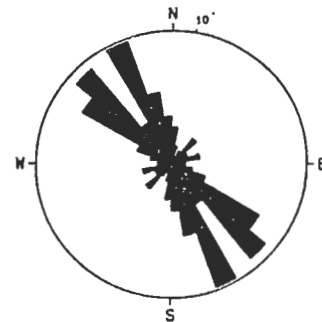


Abb. 12: Totes Gebirge  
Scherflächen  
Liasspalten  
Kluftscharen

Abb. 13

Dachsteinplateau  
Liasspalten

Streichrichtungen



215 Messungen  
Wien 1905-06-18  
Bearbeiter: Dr. R. Schwingenschlögl

Nach meinen luftbildgeologischen Auswertungen ist für das Tote Gebirge die Verteilung aus Abb. 12 charakteristisch.

Auffällig ist, daß jeweils nur ein Ast der Liasspaltenrichtungen mit dem Hauptsystem zusammenfällt, der zweite hingegen mit etwa  $10-15^\circ$  von der zugehörigen Scherflächenschar abweicht.

Obwohl beide Liasspaltenysteme zur gleichen Zeit entstanden, ist es schwer zu verstehen wieso im Toten Gebirge ein NE-SW bzw. WNW-ESE-Verlauf (s. Abb. 12) und im Dachsteingebiet eine NW-SE bzw. NE-SW-Richtung (s. Abb. 11) dominiert. Es scheint sogar, als wäre wechselweise einmal die NE-SW-Richtung (Totes Gebirge) und ein anderes Mal die NW-SE bzw. WNW-ESE-Orientierung (Dachsteinmassiv) verstärkt zur Ausbildung gelangt.

Die Richtungsdominanz der Liasspalten im Dachsteingebiet ist in der Kluftröse (s. Abb. 13), aber auch schon auf der Dachsteinkarte von O. GANSS et al. (1954) sofort zu erkennen.

Die Gründe für die abweichende Ausbildung der Liasspaltenysteme und der Scherflächenscharen im Toten Gebirge und im Dachsteinmassiv, liegen vermutlich in einer unterschiedlichen Reaktion dieser Deckenkörper während des Nordtransportes.

Durch lokale Hindernisse an der Basis ist es offenbar bereits im Frühstadium der Deckenbildung zu Verdrehung beider Gebirgsstöcke und damit verbunden zu der Diskrepanz in den Strukturorientierungen gekommen.

## 11. Literaturverzeichnis

- BANKWITZ, P.: Zu einigen Parametern der Bruchbildung. — Z. geol. Wiss., 8 (1980), 245–264, 10 Abb., Berlin, 1980.
- BUCHROITHNER, W.: Karte der LANDSAT-Bildlineamente von Österreich 1 : 500 000 und Erläuterungen. — 16 S., 1 Abb., 1 Taf., Wien (Geol. B.-A.), 1984.
- DINCER, T. et al.: Das Tote Gebirge als Entwässerungstypus der Karstmassive der nordöstlichen Kalkhochalpen (Ergebnisse von Isotopenmessungen). — Steir. Beitr. Hydrogeol., 24, 71–109, 19 Abb., 1 Taf., Graz, 1972.
- EHRENBERG, K.: Die Salzofenhöhle im Lichte der letzten Forschungen. — 5 S., Sddr. Heimatmuseum „Aussee“, Bad Aussee.
- FINK, M. H.: Tektonik und Höhlenbildung in den niederösterreichischen Kalkalpen. — Wiss. Beiheft z. Z. „Die Höhle“, 11, 128 S., 35 Abb., 1 Planbeil., Wien, 1967.
- GANSS, O.: Zur Geologie des westlichen Toten Gebirges. — Jb. Geol. B.-A., 87, 331–375, Taf. 11–16, Wien, 1937.
- Zugspalten im Dachsteingebiete. — Geol. Rundschau, 29 (1938), 584–593, 5 Abb., Stuttgart, 1938.
- et al.: Erläuterungen zur geologischen Karte der Dachsteinbruppe. — Wiss. Alpenvereinsh., 15, 82 S., 3 Abb., 6 Taf., 1 geol. Kt. 1 : 25 000, Innsbruck (WAGNER) 1954.
- GEYER, G.: Das Tote Gebirge. Eine monographische Abhandlung. — Jb. Oesterr. Touristen-Club, 1878, 198 S., 2 Beil., Wien (Hölder), 1878.
- Über jurassische Ablagerungen auf dem Hochplateau des Todten Gebirges in Steiermark. — Jb. k. k. geol. R.-A., 34 (2), 335–366, 9 Abb., Wien, 1884.

- Über die Lagerungsverhältnisse der Hierlatzschichten in der südlichen Zone der Nordalpen vom Paß Pyhrn bis zum Achensee. – Jb. k. k. geol. R.-A., 36 (1886), 245–254, Wien, 1886.
- Aus den Umgebungen von Mitterndorf und Grundlsee im steirischen Salzkammergut. – Jb. k. k. geol. R.-A., 65 (1915), 177–238, 2 Abb., 2 Taf., Wien, 1916 a.
- [In]: M. VACEK & G. GEYER: Geol. Kt. der österr.-ungarischen Monarchie 1 : 75 000, Blatt Liezen und Erläuterungen zur Geologischen Karte Liezen. – 58 S., Wien (Geol. R.-A.), 1916 b.
- HOLZER, H.: Geologische Luftbildinterpretation: Zur photogeologischen Karte des Dachsteinplateaus. – Jb. Geol. B.-A., 107, 1–9, 1 Abb., 1 Taf., Wien, 1964.
- JASKOLLA, F.: Geologisch-tektonische Untersuchungen an Satellitenbildlineamenten in den Nördlichen Kalkalpen. – Diss. Fachber. Geowiss. Univ. München, 127 S., 22 Diagr., München (Photodruck), 1978.
- KRONBERG, P.: Die regionale und überregionale Bruchtektonik Mitteleuropas. Bestandsaufnahme und Interpretationen. – Geotekt. Forsch., 53, 7–41, 21 Abb., 2 Beil., Stuttgart.
- LECHNER, J.: Quellengeologische Beobachtungen aus dem Südrand des Toten Gebirges. – Verh. Geol. B.-A., 1945, 77–83, Wien, 1947 a.
- Höhlenkundliche Beobachtungen aus dem Südrand des Toten Gebirges. – Verh. geol. B.-A., 1945, 117–122, Wien, 1947 b.
- Tertiäre Sedimente im Toten Gebirge. – Verh. Geol. B.-A., 1948, 131–136, 1 Kt., Wien, 1948.
- LEHMANN, O.: Das Tote Gebirge als Hochkarst. – Mitt. Geogr. Ges. Wien, 70 (7–9), Wien, 1927.
- MANDL, G. et al.: Shear zones in granular material. An Experimental Study of Their Structure and Mechanical Genesis. – Rock Mechanics, 9 (2–3), 95–144, 33 figs., Wien, 1977.
- Bruchtektonik-Einführung in Mechanik und Modelle. – Schriftl. Unterlagen und Arbeitsblätter zu einem Blockkurs in Salzburg, 1980.
- MAURIN, V. & ZÖTL, H.: Karsthydrologische Untersuchungen im Toten Gebirge. – Österr. Wasserwirtschaft, 16 (5/6), 112–123, 7 Abb., Wien, 1964.
- MOJSISOVICS, E. v.: Erläuterungen zur Geologischen Karte, Blatt Ischl und Hallstatt mit geol. Kt. 1 : 75 000. – 60 S., Wien (Geol. R.-A.), 1905.
- MURBAN, K.: Geologische Bemerkungen zum Bau des Südostteiles des Toten Gebirges. – Mitt. Mus. Bergbau Geol. u. Techn. am Landesmuseum „Joanneum“, 9, 3–7, 6 Abb., Graz.
- PILLER, W.: Die Juramulde vom Grünberg. – Unveröff. Vorarbeit am Geol. Inst. Univ. Wien, 25 S., 11 Abb., 6 Taf., 1 Kt., Wien, 1972.
- REIK, G.: Primärspannung und Gebirgsdruck. – Felsbau, 3 (1985, 2), 101–106, 13 Bilder, Essen, 1985.
- RIEDEL, W.: Zur Mechanik geologischer Brucherscheinungen. – Cbl. Min. Geol. Paläont., B1929, 354–368, 12 Abb., Stuttgart, 1929.
- RITSEMA, A. R.: The Earthquake Mechanisms of the Balkan Region. – UNESCO Survey of the Seismicity of the Balkan Region: UNDP Projekt REM/70/172, De Bilt, 1974.
- SCHEIDEGGER, A. E.: Beziehungen zwischen Orientationsstruktur der Talanlagen und der Klüftstellungen in Österreich. – Mitt. Österr. Geogr. Ges., 121(II), 187–195, 8 Abb., Wien, 1979.

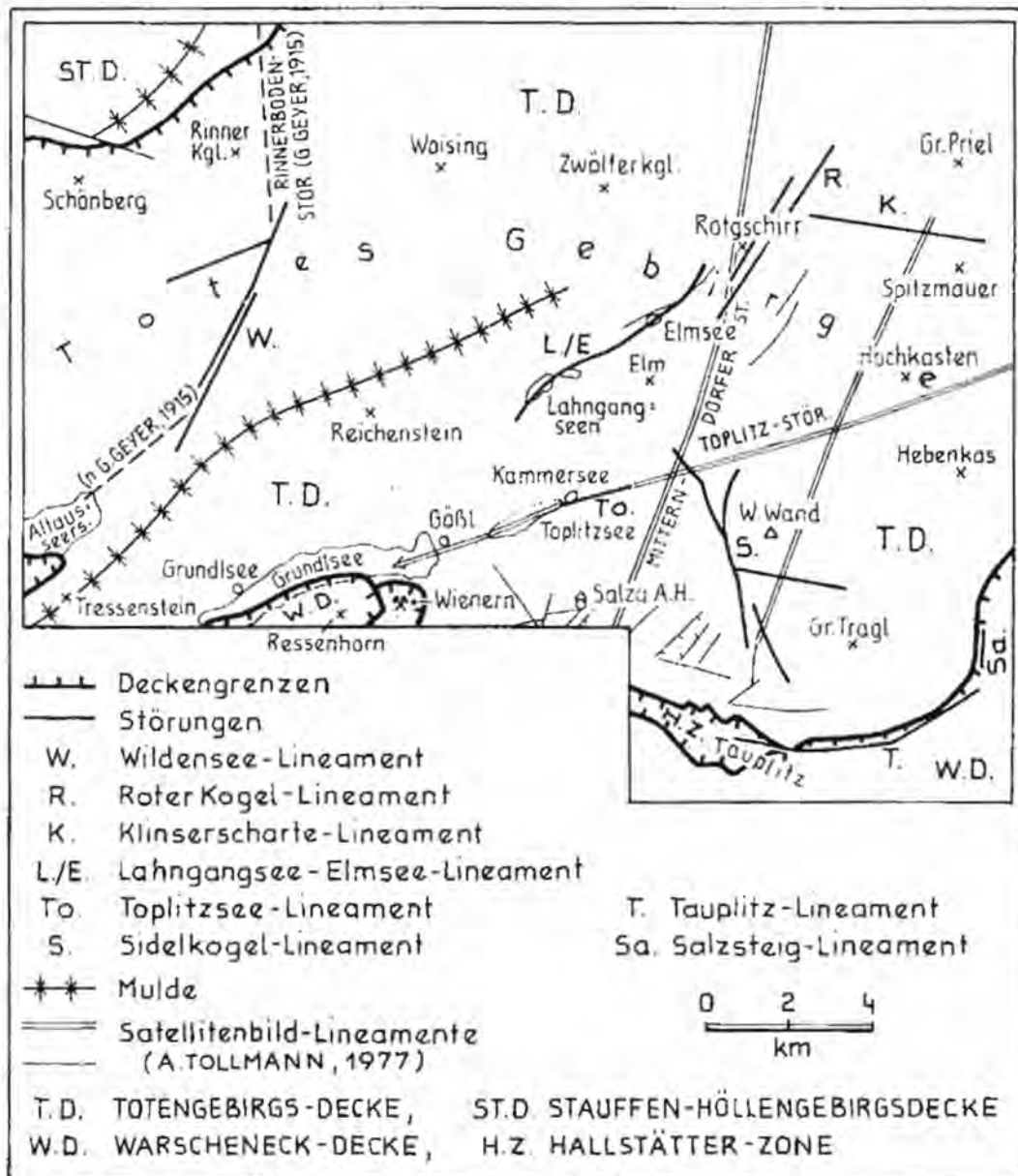


- SCHÖLLNBERGER, W.: Zur Verzahnung von Dachsteinkalk-Fazies und Hallstätter Fazies am Südrand des Toten Gebirges (Nördliche Kalkalpen, Österreich). – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 22, 95–153, 9 Abb., 4 Taf., Wien, 1973.
- SKEMPTON, A. W.: Some observations on tectonic shear zones. – Proceedings First Congr. Intern. Soc. Rock Mechanics, 329–335, 7 figs., Lissabon, 1966.
- SPENGLER, E.: Zur Frage des „Almfensters“ in den Grünauer Voralpen. – Verh. Geol. B.-A., 1924 (9), 157–164, 3 Abb., Wien, 1924.
- Über den Zusammenhang zwischen Dachstein und Totem Gebirge. – Verh. Geol. B.-A., 1934 (6–9), 80–86, 1 Abb., Wien, 1934.
- TOLLMANN, A.: Ostalpen-Tektonik I. Die bruchtektonische Zyklenordnung im Orogen am Beispiel der Ostalpen. – Geotekt. Forsch., 34, 90 S., 21 Abb., 1 Tab., 1 Taf., Stuttgart, 1970.
- Der Bau der Nördlichen Kalkalpen. Orogene Stellung und regionale Tektonik. – IX + 449 S., 130 Abb., 7 Taf., Wien (Deuticke) 1976.
- Die Bruchtektonik Österreichs im Satellitenbild. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 153 (1), 1–27, 1 Taf., Stuttgart, 1977.
- TRIMMEL, H.: Die Salzofenhöhle im Toten Gebirge. Ein Beitrag zur Frage der Entstehung und Entwicklung alpiner Karsthöhlen. – Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, 96 S., 2 Taf., Wien, 1950.
- Allgemeine Charakteristik und wissenschaftliche Bedeutung der Raucherkarhöhle. – Wiss. Beiheft z. Z. „Die Höhle“, 21, 9–16, 4 Abb., Wörgl (Aufstieg-Werbung, E. Sengthaler), 1969.
- VERBAND ÖSTERR. HÖHLENFORSCHER [Hrsg.]: Die Raucherkarhöhle im Toten Gebirge. – Wiss. Beiheft z. Z. „Die Höhle“, 21, 52 S., 3 Taf., 1 Grundrißplan, Wörgl (Aufstieg-Werbung, E. Sengthaler), 1969.
- WAAGEN, L.: Zur Stratigraphie und Tektonik des Toten Gebirges. – Verh. Geol. B.-A., 1924 (2, 3), 51–70, 1 Abb., Wien, 1924.

Manuskript eingelangt am 17. 11. 1985

Manuskript angenommen am 5. 12. 1985

# Beilage 4







PHOTOGEOLOGISCHE KARTE DES TOTENGEIRGS-PLATEAUS R. SCHWINGENSCHLÖGL 1980 1981

- |   |   |  |                                |
|---|---|--|--------------------------------|
| <b>ra</b> rezentes Alluvium                                   | <b>ihst</b> Jura-Hornsteinkalk                  | b-Achsen, geneigt                                  | Profillinien                   |
| Schuttfelder bzw. -fächer                                     | Spaltenfüllung im tdk, meist Lias-Crinoidenkalk | b-Achsen, horizontal                               |                                |
| grober Blockschutt, Bergsturzmaterial                         | <b>tdk</b> Dachsteinkalk                        | Störungen, Großklüfte sicher                       | Störungen, Großklüfte vermutet |
| Schutt- und Bodenbildung, Almböden                            | <b>td</b> Hauptdolomit                          | steil einfallend                                   |                                |
| Rutschmassen  | <b>tmd</b> Mitteltrias-Dolomit                  | Zerrklüfte bzw. -störungen im geschichteten tdk    |                                |
| Schwinden, Schlucklöcher und Dolinen                          | Rauhwackenbildung                               | Grenze zwischen Riffazies und Lagunenfazies im tdk |                                |
| Aptychenschichten, Oberalmer Schichten                        | Schichtköpfe bzw. Schichtstufen                 | Augensteinschotter NNE der Planka Mira             |                                |
| <b>ia<sub>io</sub></b> Aptychenschichten, Oberalmer Schichten | Fallrichtung, Fallwinkel: -> bis 30°, -> > 30°  | Höhle (Höhlenportal)                               |                                |
| <b>itr</b> Tressensteinkalk                                   | Fallwert im geschichteten Dachsteinkalk (= tdk) | Bildmittelpunkt des jeweiligen Luftbildes          |                                |
| <b>ir</b> Radiolarit  |   |  |                                |

