

# Die Tektonik des Südrandes der Klostertaler Alpen (Vorarlberg)

Von Dietrich HELMCKE und Jens THIERBACH \*

Mit 1 Tafel (Beilage 5) und 13 Textabbildungen

*Schlüsselswörter*  
Nördliche Kalkalpen  
Vorarlberg  
Südrand Kalkalpen  
Überkippungs-Erscheinungen  
Steile Achsen  
Photointerpretation

## Inhalt

|  |     |
|--|-----|
| Zusammenfassung, Summary .....         | 187 |
| Einleitung .....                       | 188 |
| Lage des bearbeiteten Gebietes .....   | 188 |
| Arbeitsmethode .....                   | 189 |
| Überblick über die Stratigraphie ..... | 189 |
| Der tektonische Bau .....              | 190 |
| Schlußbemerkungen .....                | 202 |
| Literaturverzeichnis .....             | 202 |

## Zusammenfassung

Die Neuaufnahme des Südrandes der Klostertaler Alpen ergab, daß sich in diesem Gebiet tektonische Formen des Rätikon und der Zentralen Lechtaler Alpen ablösen bzw. überlagern. Mehrere streichende bis diagonal verlaufende tiefgründige Störungszonen durchschneiden die Faltenstrukturen, deren Achsen stark verbogen sind. So ergibt sich nicht mehr das Bild einer sehr einheitlich durchstreichenden Sattelstruktur („Klostertaler Sattel“). Verfaltungen um steil bis senkrecht stehende Achsen komplizieren den Bau. Wie im Rätikon ließen sich auch hier „Überkippungs-Erscheinungen“ am Kalkalpen-Südrand nachweisen. Für die Ausbildung dieses tektonischen Baustils sind mehrere inkompetente Schichtglieder, die eine weitgehende Trennung der Schichtfolge in einzelne „Stockwerke“ bewirken können, von großer Bedeutung.

## Summary

The southern parts of the Klostertal Alps (Vorarlberg, Austria) have been mapped geologically. It could be shown that the tectonic forms of the Rätikon and the central Lechtal Alps replace respectively overlie each other. Longitudinal to diagonal faults are cutting the fold structures which show intensely deformed axes. Therefore the model of a uniformly striking saddle structure has to be abandoned. Folds with steep or vertical axes complicate the recognition of the tectonics. Inverted folds could be proved in this southern part of the Limestone Alps as well as in the Rätikon. Several incompetent layers which may cause a division of the series of strata into complexes of different structural character are very important for these tectonics.

\*) Anschrift der Verfasser: Dr. Dietrich HELMCKE und Dipl.-Geol. Jens THIERBACH, Institut für Angewandte Geologie der Freien Universität Berlin, D-1000 Berlin 33, Wichernstr. 16.

## Einleitung

Das einzige Verbindungsglied (vgl. M. RICHTER 1969) zwischen den tektonisch grundsätzlich unterschiedlich gebauten Gebirgsabschnitten des Rätikon im Westen und der Zentralen Lechtaler Alpen im Osten ist der schmale aus jungpaläozoischen bis mitteltriadischen kalkalpinen Gesteinen aufgebaute Gebirgsstreifen im Norden des Kloostertales. Nach Norden schließt an ihn die weite vorwiegend E—W streichende Spuller-See-Mulde (= Westabschnitt der Lechtaler Kreidemulde) an und im Süden stößt er an einer großen Störungsbahn gegen das Kristallin der Ferwall-Gruppe.

Während weite Teile des Westabschnittes der Nördlichen Kalkalpen in den letzten Jahren neu aufgenommen wurden und somit eine wichtige Voraussetzung für eine kritische Überprüfung des Gebirgsbaues gegeben ist, fehlte für diesen verbindenden Gebirgsabschnitt eine moderne Überarbeitung der Kartenaufnahmen AMPFERERS (1925, 1932). Die vorliegende Darstellung des tektonischen Baues dieses Gebietes soll deshalb auch dazu beitragen, die regionalgeologischen Zusammenhänge zwischen Rätikon und Zentralen Lechtaler Alpen weiter aufzuklären.

## Lage des bearbeiteten Gebietes

Das im folgenden näher beschriebene Gebiet (Abb. 1) umfaßt die Hänge und Berge im Norden des Kloostertales vom Flexen Paß im Osten bis in den Raum von Dalaas im Westen. Nach Norden grenzt es fast auf der gesamten Strecke an die geologische Neuaufnahme der Spuller-See-Mulde (HELMCKE 1969); die Süd-Grenze des Aufnahmegebietes verläuft im Kloostertal, d. h. meist entlang der Störungszone zwischen Kalkalpin und Kristallin. Nur im Westabschnitt wurde sie abweichend davon etwas nördlicher gezogen.

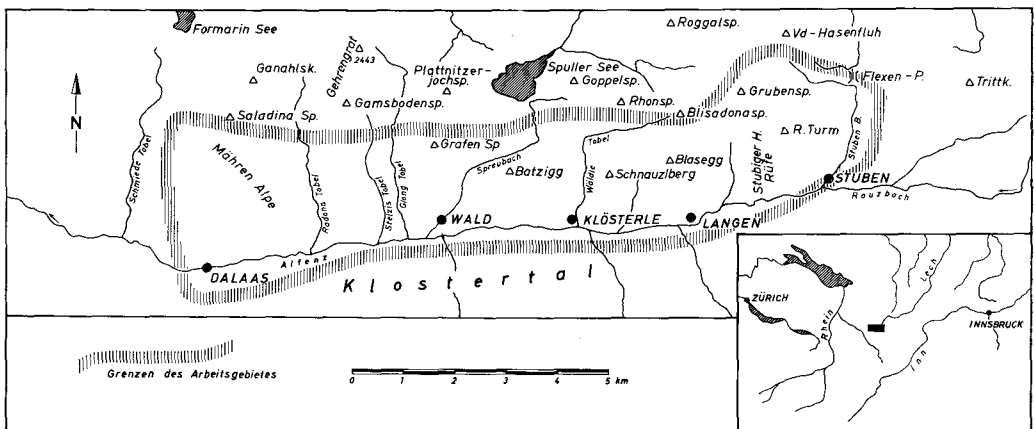


Abb. 1: Lage des Arbeitsgebietes.

Das Teilgebiet vom Flexen Paß bis zum Stelzis Tobel bei Wald a. A. wurde von D. HELMCKE, der westlich anschließende Teil von J. THIERBACH aufgenommen. Für stete kritische Anteilnahme sind wir den Herren Professor Dr. V. JACOBSHAGEN (Berlin), Professor Dr. F. K. LIST (z. Zt. La Paz, Bolivien), Professor Dr. H.-J. SCHNEIDER (Berlin) und Dipl.-Geol. U. DOERT (Erlangen) aufrichtig dankbar. Herr Dr. R. OBERHAUSER (Wien) förderte die Arbeit durch wertvolle Hinweise. Einen großen Teil der Textabbildungen stellte wiederum Frau R. TRIMM her, die geologische Karte Frau R. ZYLKA, wofür wir an dieser Stelle danken möchten. Der Deutsche Alpenverein, München, unterstützte dankenswerterweise die Geländearbeiten von D. HELMCKE finanziell.

### Arbeitsmethode

Da sich bereits bei der geologischen Aufnahme der nördlich an dieses Gebiet anschließenden Teile der Klostertaler Alpen (HELMCKE 1969, 1970) zeigte, daß wenigstens unter den hier gegebenen Bedingungen dem Einsatz von Luftbildern als Grundlage der geologischen Kartenaufnahme aus verschiedenen Gründen der Vorzug vor einer Kartierung auf genauen großmaßstäbigen topographischen Karten zu geben ist, wurde diese Neuaufnahme konsequent auf Luftbildern durchgeführt. Verwendet wurden Kontaktkopien von Aufnahmen aus dem Flug „Staatskarte Vorarlberg/1951“ (WILD-Normalwinkel, Brennweite 210 mm, Bildformat 18 × 18 cm), die vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien bezogen wurden.

Der teilweise relativ ungünstige Maßstab dieser Luftbilder (zwischen max. zirka 1 : 14.200 und zirka 1 : 25.000) mag für eine geologische Detailaufnahme auf den ersten Blick nur als bedingt ausreichend erscheinen. Diesem Umstand entsprechend wurde Wert auf eine sorgfältige und in keinem Fall generalisierende Geländeaufnahme gelegt, was bei qualitativ guten Luftbildern bekannterweise leicht durchführbar ist. Darüber hinaus muß noch in Betracht gezogen werden, daß auf den Bildern der überwiegend verwendeten Bildstreifen die relativ steilen Hänge und Berge im Norden des Klostertales mit ihren beachtlichen Höhenunterschieden unter einem sehr günstigen Winkel abgebildet sind, da der Bildflug auf für unsere Zwecke idealen Fluglinien durchgeführt wurde (Fluglinien etwas südlich der nach Süden exponierten Hänge).

Gleichzeitig mit der Geländeaufnahme wurde eine Interpretation der Luftbilder mit Hilfe von Spiegelstereoskopen durchgeführt. Diese Kombination erlaubte eine Ergänzung und größtenteils eine gegenseitige Kontrolle der Ergebnisse beider Arbeitsmethoden. Daß besonders in gut aufgeschlossenen Regionen, wie z. B. dem Hochgebirge, die Luftbildinterpretation wertvolle Aussagen liefern kann, die sonst oft nur schwer durch reine Geländearbeit gewonnen werden können, wurde von verschiedenen Autoren belegt (z. B. HAGEN 1952, BODECHTEL & SCHERREIKS 1968, LIST 1968, HELMCKE 1970).

Die Überführung der Geländeaufnahmen und der durch die Luftbildinterpretation gewonnenen Daten in eine Orthogonalprojektion im Maßstab 1 : 25.000 wurde mit einem ZEISS-Stereotop durchgeführt. Da die benutzten Luftbilder Grundlage der österreichischen Karte 1 : 50.000 (Blätter 143. „St. Anton a. A.“ und 142. „Schruns“) und der verwendeten Rohkarten 1 : 25.000 dieser beiden Blätter sind, waren ausreichend viele Paßpunkte für die Einpassung und Orientierung der Luftbilder am Stereotop bekannt.

Für die Darstellung (Taf. 1) mußte die Originalaufnahme z. T. abgedeckt und generalisiert werden, da nur so eine ausreichende Überschaubarkeit gewährleistet werden konnte.

### Überblick über die Stratigraphie

Am Aufbau des betrachteten Gebietes ist die Schichtfolge vom ? Karbon bis in die mittlere Trias beteiligt. Da über die meisten Schichtglieder dieser Folge bereits moderne Bearbeitungen vorliegen (CZURDA 1970, CZURDA & NICKLAS 1970, HARSCH 1968, HIRSCH 1966, KOBEL 1969), soll an dieser Stelle keine eingehende Beschreibung der Gesteinsserie gegeben werden.

Das älteste Schichtglied ist eine Wechsellagerung von Konglomeraten, Sandsteinen und sandigen Schiefen. Es zeigt ausschließlich dunkle Farben und ist nicht stark verfestigt. Derartige Gesteine werden in den Ostalpen i. a. dem Oberkarbon zugeordnet. Auf der geologischen Karte (vgl. Taf. 1) sind die kleinen Vorkommen dieser Serie südöstlich und südlich Dalaas nicht mehr dargestellt, da sie bereits außerhalb des engeren Arbeitsgebietes liegen.

Über dieser Wechsellagerung folgen rote bis violett-rote, fein- bis grobklastische Sedimente, die hier als „Permo-Skyth“ bezeichnet werden. Eine Untergliederung dieser Folge in „alpinen Verrucano“ und „alpinen Buntsandstein“ scheint u. E. in den Klostertaler Alpen nach dem derzeitigen Kenntnisstand nicht möglich; besonders, da diese Gesteine nur in einzelnen, tektonisch isolierten Vorkommen aufgefunden wurden.

Vom nächstfolgenden „alpinen Muschelkalk“ konnten i. a. nur die mittleren und höheren Abschnitte aufgefunden werden: Es handelt sich um recht unterschiedlich ausgebildete Kalke und Dolomite, die teilweise eine starke Hornsteinführung aufweisen. Für die Klärung des tektonischen Baues sind besonders die „Pietra-verde“-Lagen im höheren Abschnitt des Muschelkalks, deren Bearbeitung durch LIST abgeschlossen ist, von Bedeutung.

Darüber folgen die sehr charakteristischen Partnach Schichten (dunkle Schiefer mit Kalklinsen und einzelnen Kalkbänken), die Arlberg Schichten (zum überwiegenden Teil gut gebankte dunkelgraue Kalke und Dolomite) und die Raibler Schichten mit den sehr auffälligen Einschaltungen dunkler Klastika.

Den Abschluß der hier vorwiegend betrachteten Schichtfolge bildet das mächtige, äußerlich recht monotone Paket des Hauptdolomit und Plattenkalk, das seinerseits von der Jungschichtenfolge (Kössener Schichten bis Lechtaler Kreideschiefer) der Spuller-See-Mulde (HELMCKE 1969) überlagert wird.

Von besonderer Bedeutung für die tektonische Prägung dieses Gebietes sind die inkompetenten Abschnitte dieser Schichtfolge (der tiefere Teil des Muschelkalk, die Raibler Schichten, die Kössener Schichten und in abgeschwächtem Maße auch die Partnach Schichten), da in ihnen oft bedeutende Störungszonen angelegt wurden, die die sonst kompetente Schichtfolge in mehrere „Stockwerke“ untergliedern. Diese Trennung kann lokal so weitgehend sein, daß die tektonische Beanspruchung den einzelnen Schichtkomplexen recht unterschiedliche Deformationsbilder aufprägte.

Für die geologische Photointerpretation ist die beschriebene Schichtfolge gut geeignet, da sie mehrere Schichtglieder enthält, die sich auf Grund ihrer lithologischen Ausbildung auch in ihrer photographischen Wiedergabe (Grauton, Textur) deutlich von den angrenzenden Schichten abheben. Hingewiesen sei hier z. B. auf die einzelnen Kalkbänke in den Partnach Schichten und die klastischen Horizonte der Raibler Schichten.

### Der tektonische Bau

Mit dem tektonischen Bau der südlichen Klostertaler Alpen beschäftigten sich vor allem RICHTHOFEN (1859, 1861) und AMPFERER (u. a. 1932, 1934 und in AMPFERER & ASCHER 1925), von dem auch die einzigen kompletten großmaßstäbigen geologischen Kartendarstellungen dieses Gebietes stammen (1925, 1932). Die Aufnahme GUBLERS (1927) überdeckt bei Dalaas noch den westlichen Abschnitt dieser Neuaufnahme.

Die Karten- und Profildarstellungen AMPFERERS (1925, 1932) vermitteln den Eindruck, daß in diesem Teilbereich die Nördlichen Kalkalpen an ihrem Südrand einen i. a. recht einfachen, übersichtlichen und ungestörten Baustil aufweisen: Sie sind recht eng zu einer großen Antiklinale („Klostertaler Sattel“) zusammengefaltet. Die Sattelachse ist verbogen und der Südflügel des Sattels ist über weite Strecken tektonisch unterdrückt. M. RICHTER (1956) erwähnte, daß hier noch — wie in den südlichen Lechtaler Alpen — gebietsweise Fächerstrukturen und Südvergenzen auftreten.

Die geologische Neuaufnahme bestätigte zum großen Teil AMPFERERS (1925, 1932) Deutung der Tektonik, sie zeigte aber gleichzeitig, daß hier doch abwechslungs-

reichere und kompliziertere tektonische Formen auftreten, als bisher angenommen wurde. Man erhält nicht mehr das Bild einer so einheitlich durchstreichenden Sattelstruktur.

Im folgenden sei der tektonische Bau dieses Gebietes von Osten nach Westen fortschreitend beschrieben.

Im Querschnitt des Flexen Passes ist der Klostertaler Sattel sehr schön und komplett aufgeschlossen: Der Sattelkern wird aus Rauhwacken des Unteren Muschelkalk aufgebaut; die beiden Sattelflügel fallen steil ein und sind nur geringfügig gestört. Im S-Flügel des Sattels treten erst östlich der Ortschaft Stuben (bei „Leerle“) einige Komplikationen auf (vgl. HIRSCH 1966, Abb. auf S. 41). Der N-Flügel ist bis in das Niveau der tiefsten Raibler Schichten, die wenig nördlich der Galerien der Flexen Paßstraße aufgeschlossen sind, ungestört. Von hier nach N wird dieser Sattelflügel dann aber durch mehrere bedeutende steilstehende  $\pm$  E—W streichende Störungen geschnitten, die eine ausgeprägte Reduktion der Schichtfolge (Raibler Schichten—Lechtaler Kreideschiefer) bewirken. Diese Störungen sind bisher weitgehend der Beobachtung entgangen, so daß z. B. M. RICHTER (1969) davon sprach, daß hier die Lechtaler Kreideschiefer bis auf den Hauptdolomit herab transgredieren (vgl. HELMCKE & PFLAUMANN 1971). Eine dieser Störungsbahnen (Abb. 2) trennt die Raibler Schichten und den Hauptdolomit; sie streicht von hier nach W in das Gebiet der „Stubiger Hohe Rufe“ — auf ihre Bedeutung wird weiter unten näher eingegangen.

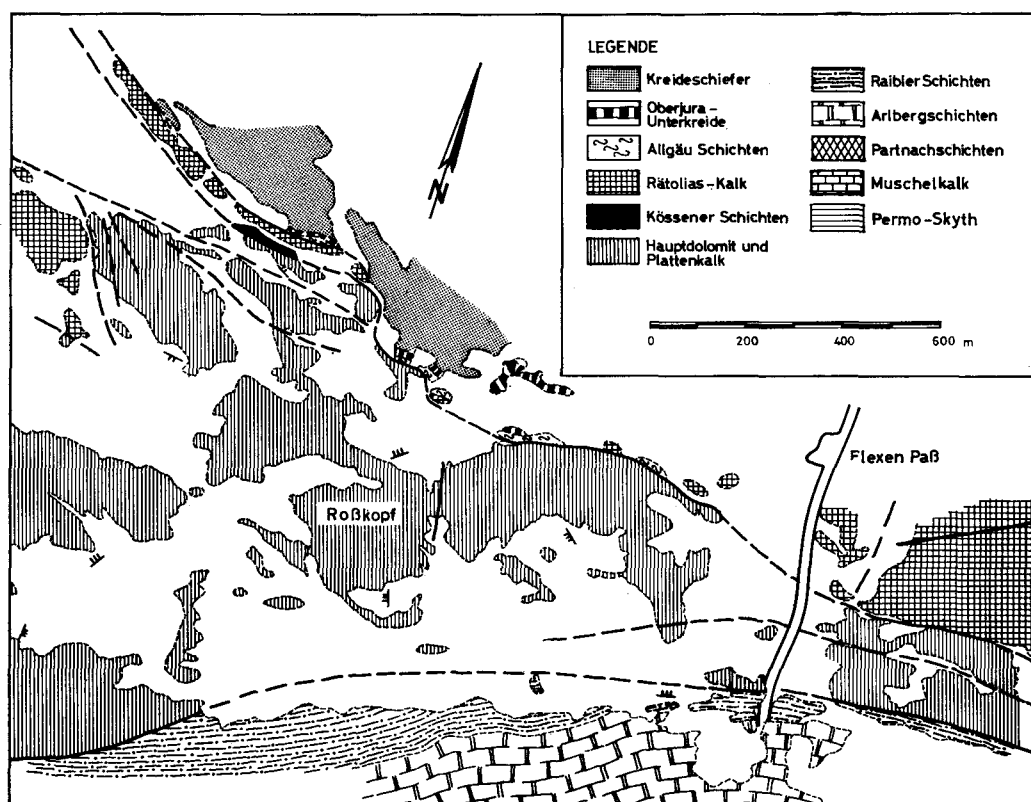


Abb. 2: Skizze der geologischen Verhältnisse westlich und südwestlich der Paßhöhe des Flexen Passes (Zentralprojektion).

Die bedeutendste dieser Störungen folgt vom Flexen Paß dem Stuben Bach nach W und biegt dann in SE—NW Streichen um. Sie läßt sich weiter über das Mahdloch Joch bis in das Gebiet des „Spuller Gümple“ verfolgen und begrenzt die Sattelstruktur der Wildgruben—Roggalspitz-Gruppe gegen NE.

Auf der gesamten Strecke vom Flexen Paß bis zum Mahdloch Joch finden sich entlang dieser oft in einzelne Bahnen aufgefächerten Störungszone tektonisch stark beanspruchte und reduzierte Jungschichten (Kössener Schichten bis Aptychenkalk). Nach N bzw. NE schließt dann sofort die weite Kreideschiefer-Mulde an, in deren „Zentrum“ die freischwimmende Klippe (bzw. möglicherweise Doppelklippe — vgl. AMPFERER 1932) der Hasenfluh aufragt.

Diese sehr komplex gebaute Störungszone könnte durchaus als „Wurzelzone“ dieser Klippe angesehen werden — entsprechend der Darstellung bei ENGELS (1960, Abb. 7). Der in dieser Abbildung angegebene weitere Verlauf dieser Überschiebungsbahn nach S kann aber durch unsere Aufnahmen nicht bestätigt werden (siehe unten). An der Deutung dieser Störung als „Wurzel“ der Hasenfluh stört der Nachweis von Raibler Schichten im Bergstock der Hasenfluh (STENGEL-RUTKOWSKI 1958). Recht zwanglos könnten jedoch die Jungschichten auf dem Gipfelplateau der Hasenfluh aus dieser Störungszone abgeleitet werden; es muß aber fraglich bleiben, ob auch der Hauptdolomit-Sockel der Hasenfluh (mit den Raibler Schichten) dieser Zone entstammen könnte. Als Modell wäre denkbar, daß der Hauptdolomit-Sockel der Hasenfluh einer etwas weiter südlich gelegenen Störungsbahn (siehe oben) entstammt, die Jungschichten des Gipfelplateaus dagegen dieser Störung. Dieses Modell würde allerdings einen komplexen, mehrphasigen Ablauf der tektonischen Ausprägung voraussetzen. Da zudem Geländebeobachtungen an der Hasenfluh zeigten, daß der tektonische Bau dieser Klippe komplizierter ist, als die vorliegenden Bearbeitungen (STENGEL-RUTKOWSKI 1958, ENGELS 1960) zeigen, kann derzeit dieser Fragenkomplex noch nicht befriedigend beantwortet werden. Die hier skizzierte Annahme würde jedoch auch verständlicher machen, warum gerade im Querschnitt des Flexen Passes der Hauptdolomit im N-Flügel des Klostertaler Sattels tektonisch so stark reduziert ist.

Im Gebiet westlich des Flexen Passes (Gebiet des Roßkopfes) zeigt dieser auf wenige hundert Meter Ausstrichbreite reduzierte steil einfallende Hauptdolomit bereits oft stark aus E—W Richtung abgelenktes Streichen; hier deutet sich bereits eine intensive Verfaltung des Hauptdolomits um steilstehende Achsen an (vgl. HELMCKE 1970), die dann weiter im W auffällig hervortritt (siehe S. 193).

Eine etwa im Querschnitt des Flexen Passes verlaufende große N—S streichende Störung, wie sie von HIRSCH (1966, Abb. auf S. 41) dargestellt wurde, kann nicht nachgewiesen werden: Die erwähnten großen Störungsbahnen können auf beiden Seiten des Flexen Passes beobachtet werden und auch die Schichtfolge des Sattel-Nordflügels (Partnach Schichten bis Raibler Schichten) streicht vollkommen ungestört über den tiefen morphologischen Einschnitt des Stuben Baches nach Westen durch und baut dort die Hänge nördlich Stuben auf.

Einzig im Bereich der Flur „Arlefall“ NW Stuben ist dieser ungestört durchstreichende Sattelflügel auf einige hundert Meter durch Talzusub verdeckt. Der ursprüngliche Gesteinsverband (vorwiegend Arlberg Schichten) ist innerhalb dieser verrutschten Scholle weitgehend gewahrt. Die Mißdeutung von HIRSCH (1966) ist wohl durch dieses morphologisch stark in den Vordergrund tretende Element zu erklären.

Zwischen Stuben und Langen ist nördlich der „Stubiger Hohe Rufe“ in dem steil bis saiger einfallenden Hauptdolomit/Plattenkalk-Paket des Sattel-Nordflügels eine große Querstruktur entwickelt, deren Faltenachsen steil stehen. Sie tritt besonders auffällig im Luftbild (HELMCKE 1970, Abb. 3) durch den sigmoidalen Verlauf der Aus-

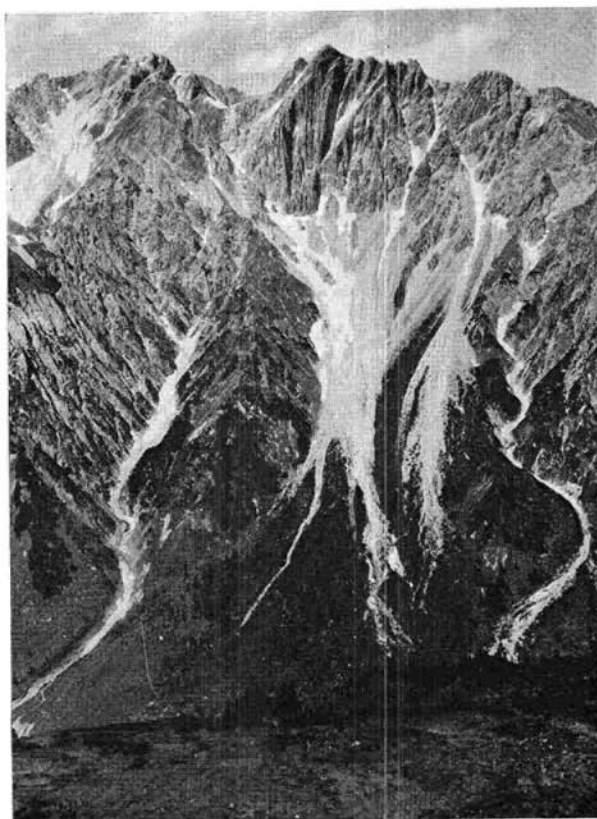


Abb. 3: Ansicht der Gruben Spitze von Süden. Der steilstehende N—S streichende Hauptdolomit ist deutlich zu erkennen.

strichlinien hervor: vom Gebiet der Kl. Gruben Spitze, in dem noch E—W Streichen herrscht, biegt das Hauptdolomit/Plattenkalk-Paket über NE—SW Streichen nahezu in N—S Streichen ein, um dann wiederum in das ursprüngliche E—W Streichen zurückzuschwenken. Abb. 3 zeigt diese große Struktur von Süden, das N—S Streichen des Hauptdolomits ist deutlich zu erkennen. Gegen die älteren Schichtglieder, die offensichtlich ohne starke Änderung ihrer Streichrichtung von E nach W durchziehen, ist diese Querstruktur östlich der „Stubiger Hohe Rufe“ durch die tiefgreifende Störungsbahn zwischen Hauptdolomit und Raibler Schichten, die vom Flexen Paß herüberstreicht (siehe S. 191) getrennt. An dieser Störungsbahn konnten bei einer Beanspruchung in E—W Richtung die bereits steilgestellten Schichten auseinandergleiten und in dem Hauptdolomit/Plattenkalk-Paket des Sattel-Nordflügels bildeten sich neue Achsen aus, deren steile Achsenlage primär ist (HELMCKE 1970, S. 540). Westlich der Stubiger Hohe Rufe ist dagegen die gesamte Schichtfolge mehr oder weniger ungestört.

Gegen die nach Norden anschließende Jungschichtenfolge der Spuller-See-Mulde ist diese große Querstruktur ebenfalls auf weite Strecken durch streichende Störungen, die vor allem im Niveau der Kössener Schichten ausgebildet sind, getrennt. Auch diese Jungschichten zeigen hier eine intensive Verfaltung um steilstehende Faltenachsen (HELMCKE 1970). Als Beispiel sei hier auf das östlich des Spullersalpkopfes gelegene Gebiet nördlich der Gruben Spitze hingewiesen: Während die Gr. Gruben Spitze noch Teil der steilachsigen Querstruktur des Klostertaler Sattels ist, wird ihr

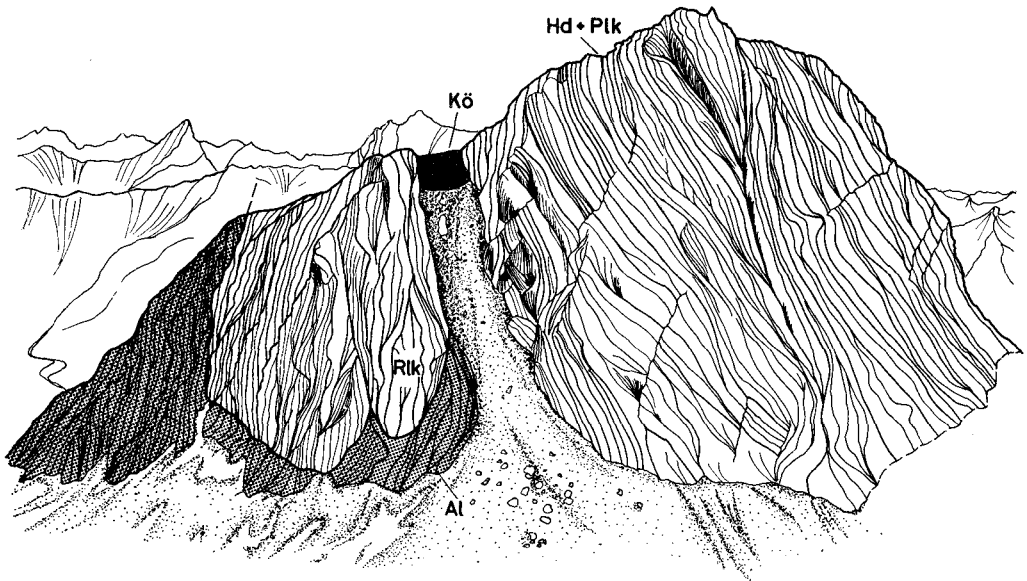


Abb. 4: Ansichtsskizze der Gruben Spitze und ihres nördlichen Vorgipfels von Westen.

nördlicher Vorgipfel (Abb. 4) aus Kössener Schichten, Rätolias-Kalk und Allgäu-Schichten aufgebaut. Bedingt durch die großen Kompetenzunterschiede bildet dabei der Rätolias-Kalk einen scheinbar ungefalteten und etwas zerrissenen Block, um den sich die tektonisch stark ausgedünnten Kössener Schichten und die intensiv verfalteten Allgäu-Schichten schmiegen; die in ihnen ausgebildeten Kleinachsen tauchen alle steil bis senkrecht ein. Daraus ergibt sich eine zerrissene steilachsige Sattelstruktur mit Rätolias-Kalk im Kern — die Kössener Schichten bilden den Trennhorizont zwischen dieser kleinen Sattelstruktur und der steilachsigen Verfaltung im Nord-Flügel des Klostertaler Sattel. Abb. 5 zeigt eine schematische Darstellung dieser Struktur.

Von den geologischen Verhältnissen des Rätikons ausgehend, unternahm OBERHAUSER (1970) den interessanten Versuch, die komplizierten tektonischen Formen am Kalkalpen-Südrand im Bereich des Arlberg- und Flexen Passes analog zu denen im Rätikon (OBERHAUSER 1970) durch „Überkippungs-Erscheinungen“ des Kalkalpen-Südrandes zu erklären. Nachdem für die Wildgruben—Roggalspitz-Gruppe und die daran nach Süden anschließenden Berggruppen nachgewiesen werden konnte, daß Verfaltungen mit steilen Achsenlagen für den tektonischen Baustil dieses Bereiches charakteristisch sind (HELMCKE 1969, 1970), kann u. E. die Vorstellung von derartig großräumigen Überkippungs-Erscheinungen für diesen kleinen Ausschnitt des Kalkalpen-Südrandes nicht mehr ohne Modifizierungen aufrecht erhalten bleiben (vgl. OBERHAUSER 1970, Profil 5). Etwas westlich dieses Bereiches finden sich aber Strukturen, die durchaus im Sinne von OBERHAUSER (1970) gedeutet werden können (siehe S. 195).

Bei den von AMPFERER (1932) südlich der Stubiger Hohe Rüfe auskartierten Dolomitreccien, die er als Ablagerungen der Gosau ansprach, kann es sich u. E. schon allein aus morphologischen Gründen nicht um Gosau handeln. Das Vorkommen liegt etwas südlich des dargestellten Kartenausschnittes.

Nördlich Langen entwickelt sich aus der tektonisch zwar stark amputierten bisher jedoch einfachen stehenden Antiklinale des „Klostertaler Sattels“ eine tauchende Antiklinale, die dann NE Klösterle im Grat nördlich des „Schnauziberger“ am schönsten



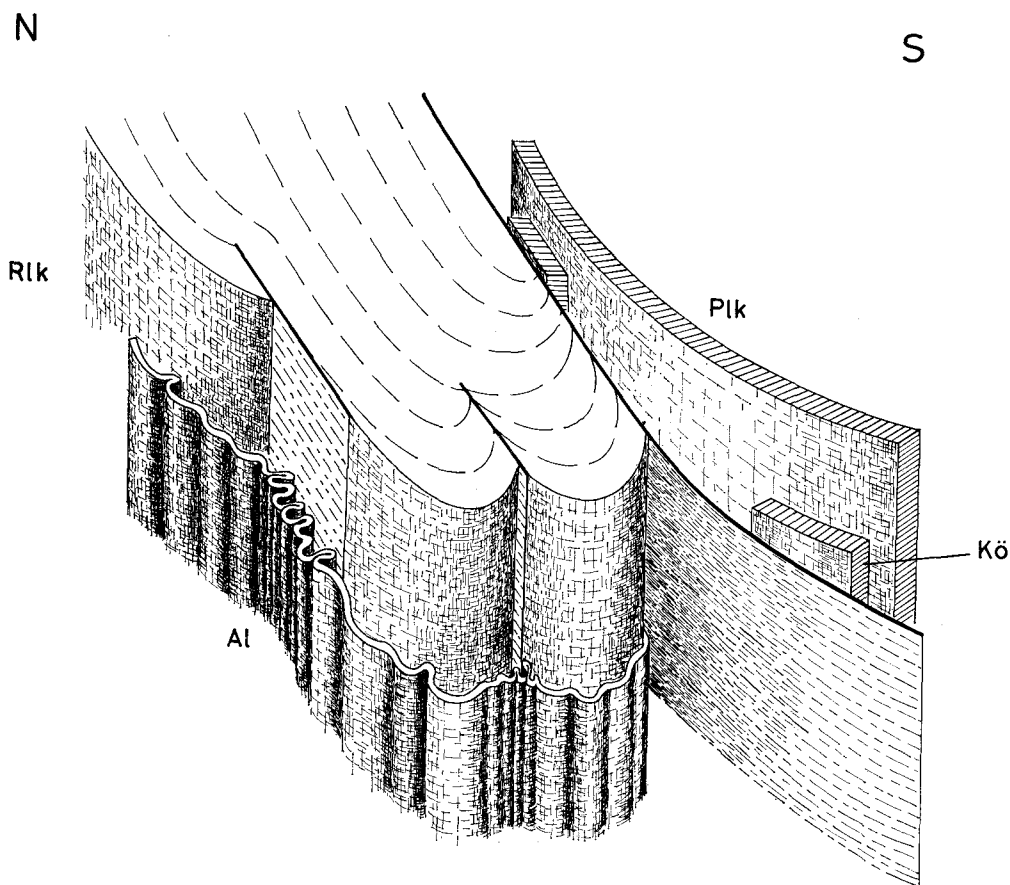


Abb. 5: Schematisches Modell des geologischen Baues des nördlichen Vorgipfels der Gruben Spitze.

ausgebildet und aufgeschlossen ist. Hier ist also am Kalkalpen-Südrand auch im Bereich der Kloostertaler Alpen eine Struktur ausgebildet, die im Sinne von OBERHAUSER (1970) als eine Überkippungs-Erscheinung des Kalkalpen-Südrandes gedeutet werden könnte und die von ihm aus dem Rätikon beschrieben und auch für das Gebiet des Arlberg- und Flexen Passes angenommen wurde.

Besonders für diesen Teil des Arbeitsgebietes vermittelt AMPFERERS (1932) Kartendarstellung einen irreführenden Eindruck vom tektonischen Bau, da an mehreren Stellen die einzelnen Schichtglieder verwechselt wurden. So streicht der Muschelkalk vom Blasegg nicht in den Grat nördlich des Schnauzberges weiter, sondern er streicht — einen großen Kreisbogen beschreibend — in den südlichen Teil des Großtobels, wo er unter die ummantelnden Partnach Schiefer nach W abtaucht (Abb. 6).

Bereits im Gebiet des „Blasegg“ nördlich Langen ist der „Kloostertaler Sattel“ als liegende Antiklinale entwickelt: SE des Gipfels des Blasegg zeigen Muschelkalk und Partnach Schiefer inverse Lagerungsverhältnisse (auf der geologischen Karte konnten die kleinräumig komplizierten Verhältnisse dieses Gebietes nicht dargestellt werden). Aus dieser liegenden Antiklinale entwickelt sich die Tauchfalte des Schnauzberges. Da die Faltenachsen in diesem Teilgebiet dabei recht stark ( $>20^\circ$ ) nach E (Tauch-Antikline aus Partnach Schichten und Tauch-Synkline aus Arlberg Schichten) bzw. W (Muschelkalk-Sattelkern) abtauchen, erscheint das Gesamtbild zuerst recht unübersichtlich.

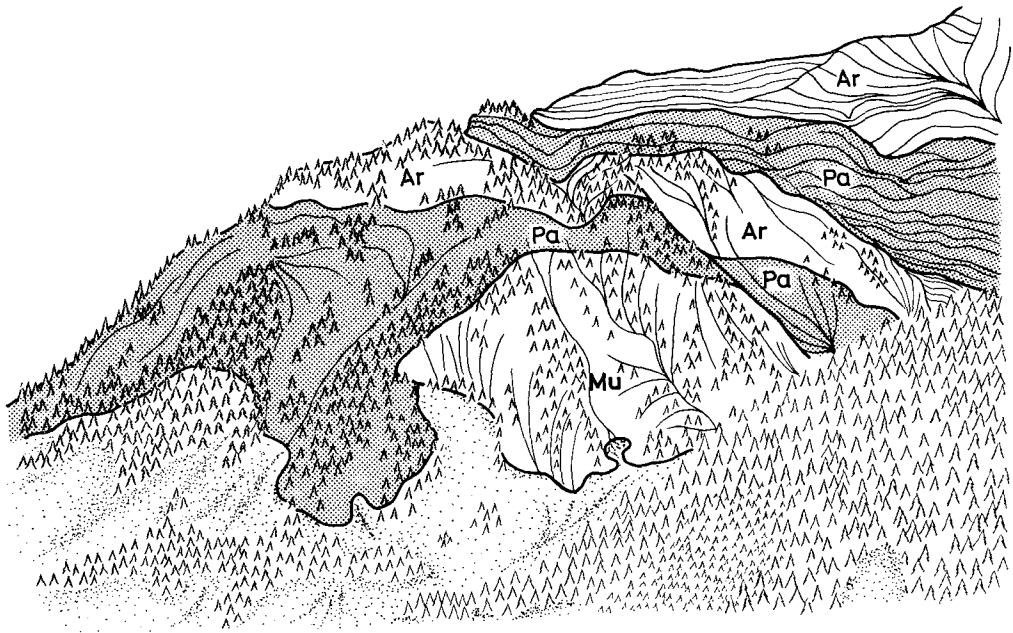


Abb. 6: Ansichtsskizze des Schnauzberges von Südosten.

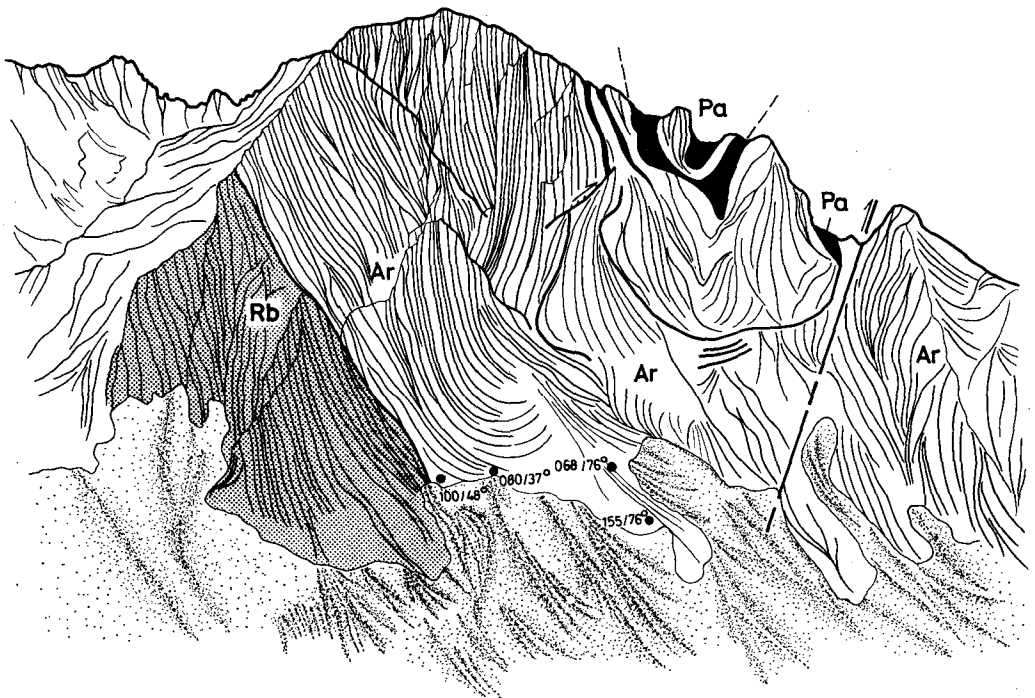


Abb. 7: Ansichtsskizze des Schnauzberges von Westen. Fallrichtung und Fallen einiger Schichten ist angegeben.

In dem steilen Abfall des Schnauzberges und des daran nach Norden anschließenden Grates gegen den Wäldle Tobel wird die Tauch-Antikline besonders durch die Partnach Schiefer betont (vgl. Abb. 7): deutlich zeichnen die in die höheren Partnach Schiefer eingeschalteten Kalkbänke diese Struktur nach. Die nach Süden anschließende Tauch-Syncline aus Arlberg Schichten ist im Querschnitt dieser Wand südvergent verschuppt; im Querschnitt des Großtobels östlich dieser Berggruppe kann diese Schuppung nicht mehr nachgewiesen werden. Am Fuß der W-Wand des Schnauzberges fanden sich im Bereich dieser Störungszone kleine Reste von Raibler Schichten, so daß auch hier die Raibler Schichten als Trennhorizont wirkten. Eine schematische Darstellung der Faltenstrukturen dieses Gebietes zeigt Abb. 8.

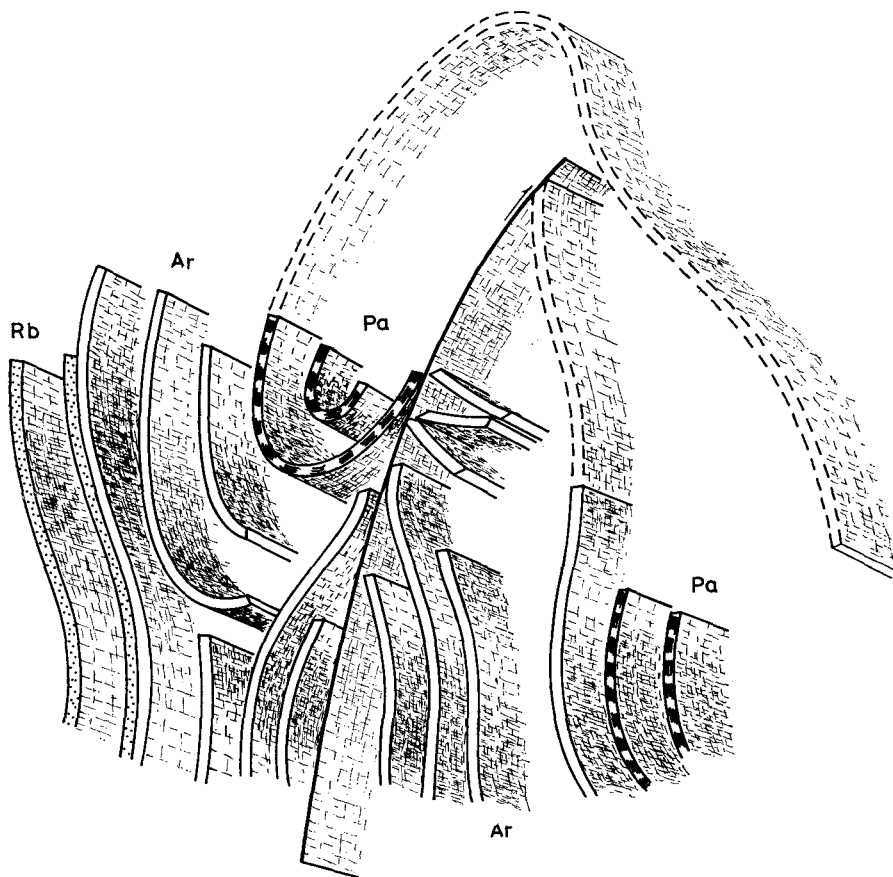


Abb. 8: Schematisches Modell des tektonischen Baues des Schnauzberges (Blickrichtung nach Nordosten).

Westlich des Wäldle Tobels kann diese Tauchfalte nicht mehr nachgewiesen werden, da sie auf Grund des Achsensteigens weit über der heutigen Gipfelflur liegt. Dies erklärt auch den scheinbar so unterschiedlichen Bau des „Klostertaler Sattels“ auf den beiden Seiten des Wäldle Tobels.

NE Klösterle setzt wenig östlich des Wäldle Tobels eine zirka ESE—WNW streichende große Störungszone ein, die die Schichtfolge des Sattel-Nordflügels nahezu streichend schneidet und eine Verdoppelung dieses Sattelflügels (Muschelkalk — Arlberg Schichten) verursacht. In der südlicheren Schuppe fallen die meist stark aus E—W Richtung abgelenkten Streichrichtungen auf. Für das neu aufgefundene Vor-

kommen von Muschelkalk am SW-Fuß des Batzigg läßt sich wahrscheinlich machen, daß die Sedimentserie hier wenigstens lokal um eine steil eintauchende Achse verfaltet ist.

Im Bereich des Dürrenberg Waldes ist der „Klostertaler Sattel“ auf mehrere hundert Meter durch mächtiges Lockermaterial verdeckt, so daß die Verbindung der einzelnen Elemente nicht mehr mit der nötigen Sicherheit durchgeführt werden kann. AMPFERER (1925, 1932) sprach dieses Lockermaterial als Ablagerung der Schlußeiszeit an; u. E. handelt es sich aber wahrscheinlich um einen großen Hauptdolomit-Hangschuttkegel. Auf der E-Seite dieser großen Aufschlußlücke kann als beherrschendes tektonisches Element noch die bei Klösterle einsetzende streichende Störungsbahn nachgewiesen werden. Nach W wird sie wohl in das Niveau der Raibler Schichten einstreichen und deren starke tektonische Reduktion mitverursachen.

Die Mitteilung BERTLES (1970), daß die südlichen Klostertaler Alpen im Tal des Spreubaches durch eine junge weitdurchstreichende zirka NNE—SSW verlaufende Störungszone, die hier als eine rechtssinnige Blattverschiebung ausgebildet sein soll, geschnitten werden, kann nach der vorliegenden Aufnahme und auch nach den Ergebnissen der Untersuchungen im Bereich der Spuller-See-Mulde (HELMCKE 1969) nicht vorbehaltlos übernommen werden. Zwar ist auffällig, daß in dem Bereich Spuller See (Südsperr) — „Stierloch Joch“ Störungen, die etwa dieser Richtung folgen, gehäuft auftreten. Es handelt sich dabei aber um verschiedene Störungstypen: Am Stierloch Joch ist die Querstruktur der Wildgruben—Roggalspitz-Gruppe auf den Plattenkalk des Nordflügels der Spuller-See-Mulde aufgeschoben. Diese Aufschubung läßt sich nach WSW in die S-Hänge des Schafberges verfolgen. Im Bereich der Südsperr des Spuller Sees kann ein Bündel von Blattverschiebungen, die teils rechts- teils linkssinnig ausgebildet sind (Abb. 9 — in HELMCKE 1969, Abb. 20 wurde die Be-

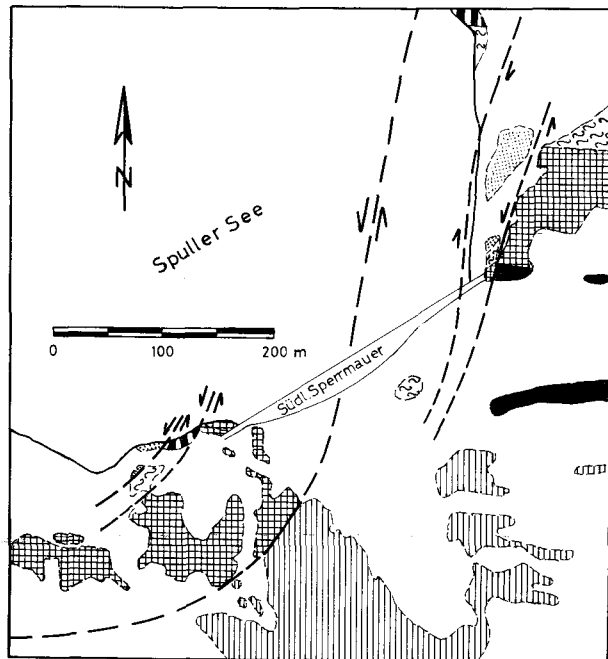


Abb. 9: Die geologischen Verhältnisse im Bereich der südlichen Sperrmauer des Spuller Sees (Zentralprojektion; Legende s. Abb. 2).

wegungsrichtung zweier dieser Blattverschiebungen falsch angegeben) nachgewiesen werden. In dem Hauptdolomit-Gebiet SW des Spuller Sees sind zwar einige zirka NNE—SSW verlaufende Störungsbahnen erkennbar, sie scheinen aber keine große Bedeutung zu haben. Im Bereich des „Klostertaler Sattels“ zwischen Batzig und Dürrenberg Wald fanden sich keine eindeutigen und überzeugenden Hinweise auf eine Blattverschiebung mit mehreren hundert Metern Versetzungsbetrag, wie BERTLE (1970) annahm. Möglich bliebe noch, daß im Bereich des Dürrenberg Waldes unter der mächtigen Bedeckung durch Lockermaterial eine Blattverschiebung durchzieht. Das Argument BERTLES (1970), daß südlich des Batzig — also östlich der postulierten Blattverschiebung — das Kristallin der Ferwall-Gruppe weiter nach Norden reicht als weiter talauswärts, läßt sich zwanglos durch die Annahme ersetzen, daß die Störung (bzw. das Störungsbündel), die Kalkalpin und Kristallin trennt, nicht streng E—W verläuft, sondern in sich leicht verbogen ist. Darauf deutet auch das kleine Vorkommen von Permo-Skyth östlich Innerwald hin. Mit diesen Anmerkungen soll aber nur zu dem Teil der von BERTLE (1970) bekanntgemachten jungen Störungszone Stellung bezogen werden, der im Kalkalpin liegt.

Die vereinzelt Vorkommen von Permo-Skyth in der Talebene des Klostertales östlich und südlich Innerwald lassen sich am besten in den tektonischen Bau eingliedern, wenn man annimmt, daß sie ihrerseits wiederum durch eine weitdurchstreichende zirka E—W verlaufende Störungsbahn von den Strukturen in den Nordhängen des Klostertales getrennt sind. Daraus folgt, daß wenigstens gebietsweise im Klostertal nicht nur eine bedeutende Störung (zwischen Kristallin und Kalkalpin), sondern mindestens zwei verlaufen. Darauf deutet auch das Vorkommen von Muschelkalk im „Schloßbühl“ östlich des Radona Tobels — auf AMPFERERS (1932) Karte sicher durch ein Versehen als Muskovitgranitgneis ausgeschieden — hin, da bereits wenig nördlich dieses Vorkommens an der Eisenbahntrasse Raibler Schichten aufgeschlossen sind. Es deutet sich also auch im Klostertal an, daß am unmittelbaren Südrand der Nördlichen Kalkalpen eine intensive Schuppung vorherrschen kann (vgl. WESTRUP 1970).

Im Gebiet westlich der Aufschlußlücke des Dürrenberg Waldes fand sich zwischen Glong- und Stelzis Tobel in mehreren kleinen Aufschlüssen (Abb. 10) Permo-Skyth. Die restliche Schichtfolge (Muschelkalk — Raibler Schichten) ist in diesem recht schlecht

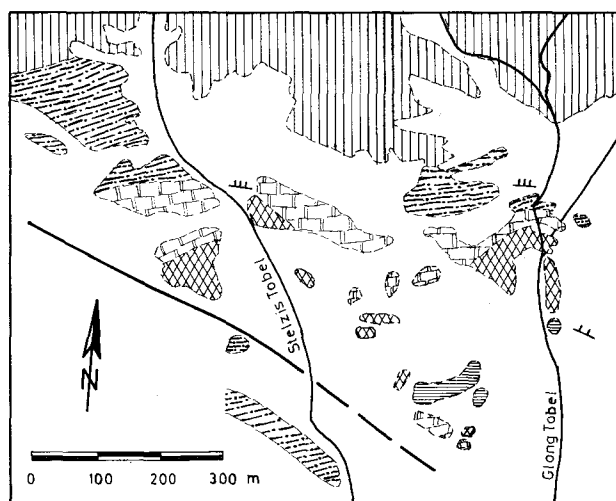


Abb. 10: Geologische Skizze des Gebietes zwischen Glong- und Stelzis Tobel (Zentralprojektion; Legende s. Abb. 2).

aufgeschlossenen Gebiet offensichtlich tektonisch äußerst stark reduziert. Diese neu aufgefundenen Vorkommen von Permo-Skyth belegen eine bedeutende Achsenkulmination des „Klostertaler Sattels“ für diesen Raum.

Diese Kulmination wird nach Westen durch eine große etwa SE—NW streichende Störung abgeschnitten. Auch diese Störung scheint nach NW in die Raibler Schichten einzulenken und in ihnen auszuklingen. Im Querschnitt des Radona Tobels kann sie nicht mehr nachgewiesen werden. Das Gebiet westlich dieser Diagonalstörung wird von einer großen weitgespannten Antiklinale aufgebaut, die im wesentlichen sehr einfach gebaut ist. Östlich des steilen Tobels zwischen Stelzis- und Radona Tobel zeigt aber auch dieser Sattel wieder eine ausgeprägte südvergente Überschiebung, die vom Sattelkern ausgehend den Sattel-Südflügel zerscherte (Abb. 11). Fast bis an den Radona Tobel heran stehen in diesem Gebiet nur Raibler Schichten an. Daraus läßt sich ableiten, daß die Sattelachse zuerst flach liegt und erst wenig östlich des Radona Tobels nach WNW anzusteigen beginnt. Im tiefen Einschnitt des Radona Tobels ist dieses Gewölbe prächtig aufgeschlossen; mehrere kleine nordvergente Überschiebungen durchsetzen den Sattelkern.

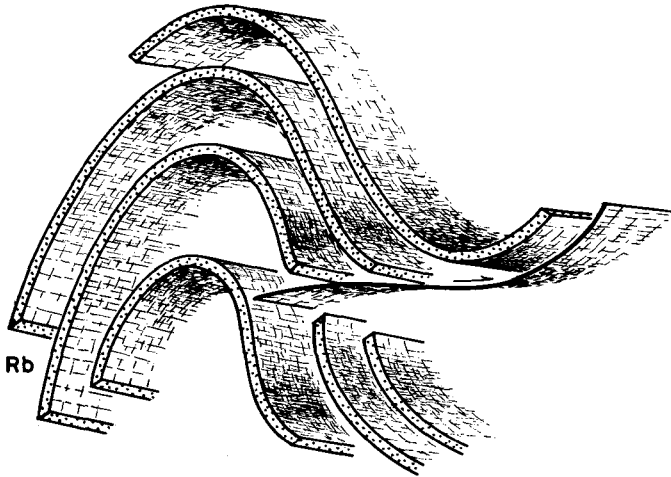


Abb. 11: Schematisches Modell des „Klostertaler Sattels“ zwischen Stelzis- und Radona Tobel (Blickrichtung nach Nordosten).

Die große Ausstreichbreite der Arlberg Schichten im Profil des Radona Tobels ist darauf zurückzuführen, daß sich nach S an den oben erwähnten Sattel noch eine Muldenstruktur anschließt, deren Achse ebenfalls recht steil in westlicher Richtung ansteigt. Die Abb. 12 zeigt Flächenpol-Diagramme dieser Strukturen. Dieser einfache weitgespannte Faltenbau wird im Süden von einer steilstehenden Störung begrenzt (wenig nördlich der Bahntrasse). Sie zieht weiter nach W durch und trennt auch hier immer Arlberg Schichten, die z. T. recht stark aus E—W Richtung abweichend streichen, von oft tektonisch überprägten Raibler Schichten. Der weitere Verlauf dieser Störung nach Westen muß vorerst noch offen bleiben, da die schlechten Aufschlußverhältnisse keine sicheren Aussagen erlauben. Möglicherweise biegt sie, wie auf der geologischen Karte angedeutet wurde, nach S um.

Das von AMPFERER (1936) beschriebene und als Fenster der Arosa-Zone gedeutete kleine Vorkommen von Grüngesteinen findet sich wenig südlich der erwähnten Störung im östlichen Gipsbruch bei Dalaas. Es ließen sich aber keine eindeutigen Hinweise dafür finden, daß es sich bei diesem Vorkommen tatsächlich um ein Fenster der Arosa-Zone handelt. Vielmehr konnte nur Lockermaterial (Moränenmaterial?) bei der Auf-

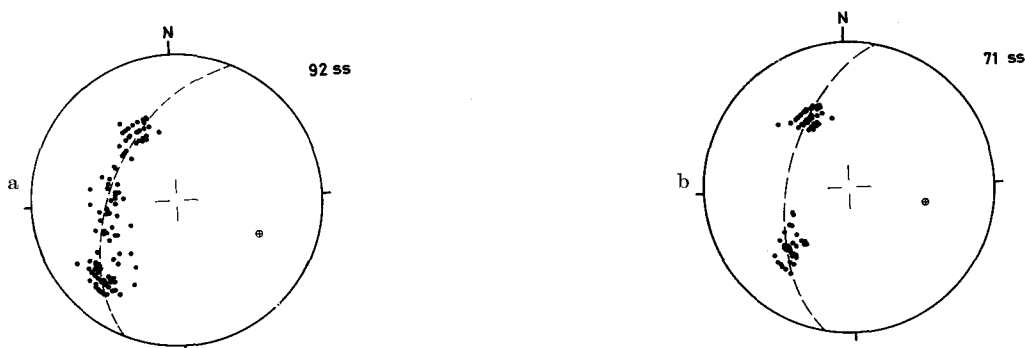


Abb. 12 a—b: Flächenpol-Diagramme nach Schichtflächen-Messungen in Raibler- und Arlberg Schichten des Radona Tobel (a: „Klostertaler Sattel“, b: Mulde südlich des Sattels).

nahme nachgewiesen werden. Auch der Vergleich mit sicheren Arosa-Zonen Gesteinen aus dem Klesenza-Fenster (OTTE 1969) verstärkt die Zweifel an der Zuordnung dieses Vorkommens zur Arosa-Zone (vgl. D. RICHTER 1957, TOLLMANN 1969).

Im Bereich des Höll- und Mutten Tobels NE Dalaas ist durch das starke Achsensteigen und durch den tiefen morphologischen Anschnitt bedingt, wiederum das Permo-Skyth des Sattelkerns aufgeschlossen. Die Kartierung ergab für diesen Bereich ein recht stark von AMPFERERS (1932) Darstellung abweichendes Bild; so ummantelt der Muschelkalk als teilweise stark ausgedünntes Band den gesamten Sattelkern.

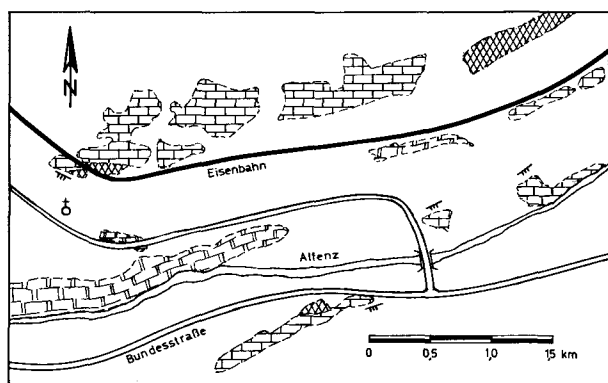


Abb. 13: Lageskizze der Aufschlüsse im Bereich der Ortschaft Dalaas (Zentralprojektion; Legende s. Abb. 2).

Wichtig erscheint uns der Nachweis einer bisher nicht bekannten Muldenstruktur südlich dieses Sattels im Bereich der Ortschaft Dalaas (Abb. 13). Ihr Kern wird aus Arlberg Schichten gebildet, die nördlich der Alfenz anstehen. Ohne bereits ausreichende Belege vorlegen zu können, besteht Grund zu der Annahme, daß sich aus dieser Synklinale nach W die Davenna-Schuppe entwickelt. Darin kann man einen Hinweis sehen, daß die Davenna-Schuppe — wenn auch gestört — letztlich im Faltenverband mit dem „Klostertaler Sattel“ steht. So ergibt sich für dieses Gebiet ein ähnlicher Baustil wie für das Gebiet, das die „Formarin-Störung“ (HUCKRIEDE 1958, HELMCKE 1969, OTTE 1969) schneidet: zwischen relativ ungestörten breiten Sätteln und Mulden treten eng zusammengefaltete und oft durch Aufschiebungen zerrissene Faltenstrukturen auf, die auf den ersten Blick rein germanotype Störungen (vgl. M. RICHTER 1956) vorspiegeln können.

## Schlußbemerkungen

Mit dieser Bearbeitung liegt von einem weiteren Teilgebiet am Südrand der Tiroler und Vorarlberger Kalkalpen eine geologische Neuaufnahme vor, so daß dieser Streifen nun nahezu komplett von modernen Kartierungen erfaßt ist (u. a. DOERT 1970, FELLNER 1966, HEISSEL et al. 1965, HUCKRIEDE 1959, WESTRUP 1970).

Dennoch soll hier auf die Deutung der regionalgeologischen Zusammenhänge vorerst verzichtet werden, da gerade die an das bearbeitete Gebiet nach Westen und Osten anschließenden Gebirgsabschnitte entweder noch nicht neu aufgenommen wurden (Gebiet der östlichen Davenna-Gruppe) bzw. der Veröffentlichung der Ergebnisse (Gebiet östlich des Flexen Passes — DOERT, unveröffentl. Dipl.-Arbeit, Erlangen 1970) nicht vorgegriffen werden soll.

Die Neuaufnahme zeigte deutlich, daß in diesem Gebiet die Faltenachsen recht stark in sich gebogen sind und daß mehrere streichende bis diagonale Störungen den Faltenbau zerschneiden. So ergibt sich nicht mehr das Bild eines einheitlich durchstreichenden „Klostertaler Sattels“. Gebietsweise wird der Bau noch durch Verfaltungen um steilstehende Achsen kompliziert. Für die Ausprägung dieses tektonischen Baustils besitzen die inkompetenten Glieder der Schichtfolge besondere Bedeutung.

Im Vergleich zu den östlich anschließenden Gebirgsgruppen scheinen die Nördlichen Kalkalpen an ihrem Südrand hier nicht so extrem in einen Schuppenbau aufgelöst zu sein, wie z. B. im Raum von Landeck (WESTRUP 1970). Dazu zeigen die nachgewiesenen „Überkipplings-Erscheinungen“ — wie sie von OBERHAUSER (1970) aus dem Rätikon bekannt gemacht und auch für dieses Gebiet angenommen wurden — und die steilachsigen Faltenstrukturen, die ebenfalls aus dem Rätikon bekannt sind (SCHMIDEGG 1955), daß sich in diesem Raum tektonische Formen des Rätikon und der Lechtaler Alpen ablösen bzw. überlagern.

## Literaturverzeichnis

- AMPFERER, O.: Geologische Karte der Lechtaler Alpen 1:25.000: Klostertaler Alpen. — Wien (Geol. B. A.) 1932.
- : Erläuterungen zu den geologischen Karten der Lechtaler Alpen i. M. 1:25.000. — 125 S., Wien (Geol. B. A.) 1932.
- : Über das Westende der Inntal- und Krabachjochdecke in den Lechtaler Alpen. — Jb. Geol. B. A., 34, 41—54, Wien 1934.
- : Über die Auffindung von Arosazone im Klostertale. — Sitzungsber. Akad. d. Wissensch. Wien, Mathem.-naturw. Klasse, Abt. I, 145, H. 1 u. 2, 1—8, Wien 1936.
- AMPFERER, O. & ASCHER, H.: Über geologisch-technische Erfahrungen beim Bau des Spullerseewerkes. — Jb. Geol. B. A., 75, 365—422, Wien 1925.
- BERTLE, H.: Kurze Mitteilung über ein NNE—SSW-streichendes Lineament zwischen Lechtal und Klosters. — Verh. Geol. B. A., 1970, H. 3, 486—490, Wien 1970.
- BODECHTEL, J. & SCHERREIKS, R.: The tectonical aerial interpretation of the Lorea-Group in the eastern Lechtaler Alps, Austria. — ITC Publ., B 49, 30 S., Delft 1968.
- CZURDA, K.: Mikrofazielle Untersuchungen im Hauptdolomit und Plattenkalk-Niveau der Klostertaler Alpen (Nördliche Kalkalpen, Vorarlberg). — Diss. Univ. Innsbruck, 1970.
- CZURDA, K. & NICKLAS, L.: Zur Mikrofazies und Mikrostratigraphie des Hauptdolomits und Plattenkalk-Niveaus der Klostertaler Alpen und des Rhätikon (Nördliche Kalkalpen, Vorarlberg). — Festband Geol. Inst. 300-Jahr-Feier Univ. Innsbruck, 165—255, Innsbruck 1970.
- DOERT, U.: Zur Geologie der westlichen Lechtaler Alpen im Raume der Valluga (Vorarlberg/Tirol). — Unveröff. Dipl.-Arbeit, Univ. Erlangen 1970, 200 S., Erlangen 1970.
- ENGELS, B.: Ergebnisse kleintektonischer Untersuchungen in den nördlichen Kalkalpen. I. Hasenfluh- und Hornbachgebiet (Lechtaler- bzw. SE-Allgäuer-Alpen). — Ztschr. deutsch. Geol. Ges., 112, 334—357, Hannover 1960.



- FELLERER, R.: Zur Geologie des Südrandes der nördlichen Kalkalpen zwischen Schwann und Arlberg (Lechtaler Alpen). — *Ztschr. deutsch. Geol. Ges.*, *116*, 832—858, Hannover 1967.
- GUBLER, J.: Etudes géologiques dans le Vorarlberg central. — Diss. Univ. Paris, 155 S., 1 geologische Karte 1: 50 000, Vincennes 1927.
- HAGEN, T.: Das westliche Säntisgebirge, photogeologisch gesehen und bearbeitet. — *Mitt. geodät. Inst. ETH Zürich*, *6*, 48 S., Zürich 1952.
- HARSCH, W.: Lithofazielle, sedimentologische und paläogeographische Untersuchungen in den Raibler Schichten der nördlichen Kalkalpen zwischen Fernpaß und Rhein sowie verschiedener Vorkommen in Graubünden. — Diss. T. H. München (Auszug), 37 S., München 1968.
- HEISSEL, W. et al.: Geologische Karte des Rätikon (Vorarlberg). 1: 25.000. — Wien (Geol. B. A.) 1965.
- HELMCKE, D.: Die Geologie der Spuller-See-Mulde zwischen Wildgruben—Roggal-Spitz-Gruppe und Formarin-See in den Vorarlberger Kalkalpen. — Diss. Univ. Marburg, 220 S., Marburg/Lahn 1969.
- : Erfassung steilachsiger Faltenstrukturen aus dem Luftbild am Beispiel der östlichen Klosters-taler Alpen (Vorarlberg). — *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 1970, H. 9, 527—542, Stuttgart 1970.
- HELMCKE, D. & PFLAUMANN, U.: Zur „Transgression“ der mittleren Kreide im Westabschnitt der Nördlichen Kalkalpen (Vorarlberg, Österreich). — *Geologica et Palaeontologica*, *5*, 149—163, Marburg 1971.
- HIRSCH, F.: Etudes stratigraphiques du Trias moyen de la région de l'Arlberg (Alpes du Lechtal, Autriche). — *Mitt. geol. Inst. E. T. H. Univ. Zürich N. F.* *80*: 84 S., Zürich 1966.
- HUCKRIEDE, R.: Das sogenannte Klesenzafenster in den Vorarlberger Kalkalpen. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, *87*, 227—238, Wiesbaden 1958.
- : Die Eisenspitze am Kalkalpensüdrand (Lechtaler Alpen, Tirol). — *Ztschr. deutsch. geol. Ges.*, *111*, 410—433, Hannover 1959.
- KOBEL, M.: Lithostratigraphische und sedimentologische Untersuchungen in der kalkalpinen Mitteltrias (Anisian und Ladinian) des Rätikon (Österreich und Fürstentum Liechtenstein). — *Mitt. geol. Inst. E. T. H. Univ. Zürich N. F.* *113*, 151 S., Zürich 1969.
- LIST, F. K.: Zur Technik der photogeologischen Auswertung im kalkalpinen Bereich (Heiterwand-Gebiet, östliche Lechtaler Alpen, Tirol). — *Geol. Rundsch.*, *58*, H. 1, 196—219, Stuttgart 1968.
- OBERHAUSER, R.: Die Überkipplungs-Erscheinungen des Kalkalpen-Südrandes im Rätikon und im Arlberggebiet. — *Verh. Geol. B. A.*, 1970, H. 3, 477—485, Wien 1970.
- OTTE, O.: Der Bau der Vorarlberger Kalkalpen zwischen dem Formarin-See und dem Großen Walsertal. — Unveröff. Dipl.-Arbeit, Univ. Marburg 1969, 61 S., Marburg 1969.
- RICHTER, D.: Beiträge zur Geologie der Arosa-Zone zwischen Mittelbünden und dem Allgäu. — *N. Jb. Geol. Paläont.*, *Abh.* *105*, 285—372, Stuttgart 1957.
- RICHTER, M.: Über den Bau der Vorarlberger Alpen zwischen Oberem Lech, Flexenpaß und Ill. — *Geotekton. Sympos. H. STILLE*, 190—204, Stuttgart 1956.
- : Vorarlberger Alpen (Sammlung geologischer Führer) Bd. 49, 169 S., 1 geologische Karte zirka 1: 150.000, Gebr. Borntraeger, Berlin—Stuttgart, 1969.
- RICHTHOFEN, v. F.: Die Kalkalpen von Vorarlberg u. Nord-Tirol. I. — *Jb. k. k. Geol. R. A.*, *10*, 72—137, Wien 1859.
- : Die Kalkalpen von Vorarlberg und Nord-Tirol II. — *Jb. k. k. Geol. R. A.*, *12*, 87—206, Wien 1861.
- SCHMIDEGG, O.: Zum tektonischen Gefüge des Rätikons I. — *Jb. Geol. B. A.*, *98*, 145—172, Wien 1955.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Zur Geologie der Hasenfluh bei Zürs am Arlberg (Lechtaler Alpen). — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, *87*, 192—201, Wiesbaden 1958.
- TOLLMANN, A.: Tektonische Karte der Nördlichen Kalkalpen, 3. Teil: Der Westabschnitt. — *Mitt. Geol. Ges. Wien*, *62*, 78—170, Wien 1969.
- WESTRUP, J.: Geologie der südlichen Lechtaler Alpen zwischen Schnann und Imsterau (Tirol). — Diss. Univ. Marburg, 152 S., Marburg/Lahn 1970.

# GEOLOGISCHE KARTE DES SÜDRANDES DER KLOSTERTALER ALPEN

Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 115. Band, 1972 — Beilage 5  
D. HELMCKE & J. THIERBACH — Tafel 1

