

## Neuere Daten zur Geologie des Unterengadiner Fensters (unter besonderer Berücksichtigung der Schwermineralanalysen)

Von I. Thum \*)

Mit 2 Tafeln und 1 Tabelle

<b>Inhaltsverzeichnis:</b>		Seite
Zusammenfassung . . . . .		55
Vorwort . . . . .		56
Geologisch-tektonische Übersicht . . . . .		57
Die Schwermineralanalyse . . . . .		67
Bau und Lagerungsverhältnisse . . . . .		74

### Zusammenfassung

Es wird versucht, die Schieferserien des seit 1923 nicht mehr neu bearbeiteten Teils des Unterengadiner Fensters aufzugliedern. Es handelt sich um das Gebiet zwischen der österreichisch-schweizerischen Landesgrenze und der Linie Gmeier, Kreuzjoch, Saderer Joch. Als Vorlage dient das tektonische Konzept, das von R. STAUB & J. CADISCH (1921) im Raume von Ardez erarbeitet wurde. In den Bündnerschiefern liegen mindestens zwei, möglicherweise aber noch mehrere penninische Stockwerke vor. Die Rahmenzone wird von der Tasna-Decke gebildet. Eine Unterteilung in Tasna- und „Prutzer-Serie“ (W. MEDWENITSCH 1954) besteht nur für die paläozoisch-triadischen Schichtglieder zu Recht. Die höheren Schiefer der „Prutzer-Serie“ (? Neokom nach W. MEDWENITSCH) können mit dem Tasnaflysch identifiziert werden.

Mit Hilfe der Schwermineralanalyse lassen sich auf Grund der Zirkonausbildung die „Grauen Bündnerschiefer“ von „Bunten Bündnerschiefern“ und Tasnaflysch unterscheiden. Beim Spektrum sämtlicher bearbeiteter Serien handelt es sich um eine Zirkon-, Turmalin-, Rutil-, Apatitkombination, der Granat, Hornblende, Epidot usw. nur selten und akzessorisch beigefügt sind; es stimmt mit den übrigen bisher bekannten Bündnerschieferspektren der Adula-Decke (Schams H. JÄCKLI 1941, Prättigau G. WOLETZ 1967) sowie mit Analyseergebnissen des Niesen- und Vaduzerflysches (U. GASSER 1967) gut überein. Sowohl nach dem lithologischen Inhalt als auch nach der Schwermineralführung ist — mit J. CADISCH — am ehesten daran zu denken, die Grauen Bündnerschiefer, wenigstens tektonisch, mit den Bündnerschiefern der Adula-Decke zu parallelisieren. Die Bunten Bündnerschiefer stellen entweder den normalstratigraphisch auflagernden Flysch (W. MEDWENITSCH 1962) dar oder sind als Teile einer höheren, aufgeschobenen penninischen Decke zu betrachten.

\*) Anschrift des Verfassers: Dr. Ingomar Thum, Geologisches Institut der Universität Bern, Sahlistraße 6, CH 3000 Bern/Schweiz.

Der Tasnaflysch läßt sich, bei sehr ähnlicher Schwermineralführung wie die Bündnerschiefer, nach den bisherigen Untersuchungen (G. WOLETZ 1967) am ehesten mit tertiären Bildungen der Falknis-Decke vergleichen. In der Frage nach der Heimweisung und regionalen Parallelisierung der Tasna-Decke wurden keine neuen Ergebnisse erzielt. Hier scheint die Deutung von J. CADISCH (zuletzt 1968), in der der Tasna-Decke vermittelnde Stellung zwischen Err- und Bernina-Decke und Falknis-Sulzfluh-Decke zugewiesen wird, die wahrscheinlichste.

Auf der Suche nach potentiellen Liefergebieten für die Sedimentationströge der Bündnerschiefer und des Tasnaflysches sind Komplexe kristalliner Schiefer mit großer Wahrscheinlichkeit auszuschließen. Die Belieferung erfolgte am ehesten aus einem Gebiet, in dem alte Sedimente und granitische Gesteine erodiert wurden.

### Vorwort

Die hier vorliegende Arbeit geht im wesentlichen von den Ergebnissen meiner Dissertation aus, die im Jahre 1966 am Geologischen Institut der Universität Wien, unter der Leitung von Prof. Dr. E. CLAR und Prof. Dr. W. MEDWENITSCH, abgeschlossen wurde \*). Darüber hinaus wurde durch Begehungen und Exkursionen gemeinsam mit W. MEDWENITSCH und meinem Studienkollegen und Gebietsnachbarn F. H. UCIK, während der Arbeit an der Dissertation und in den darauffolgenden Jahren versucht, einen erweiterten Überblick über den gesamten österreichischen Anteil des Unterengadiner Fensters zu gewinnen.

Da eine detaillierte Darstellung des österreichischen Fensteranteiles von W. MEDWENITSCH, I. THUM und F. H. UCIK in nächster Zeit geplant ist, trägt diese Arbeit bewußt zusammenfassenden Charakter.

In meiner Dissertation hatte ich zunächst die Aufgabe, das mir zugeteilte Gebiet im Maßstab 1 : 10.000 zu kartieren. Die Gebietsumgrenzung war folgende: Grübelekopf — Gmeirer — Kreuzjoch — Kajetansbrücke — Schmalzkopf — Piengtal — Dreiländerecke; die S- und SW-Grenze bildete die Staatsgrenze zwischen Österreich und der Schweiz. Weiters sollte versucht werden, die mächtigen und zum Teil recht monotonen Serien stratigraphisch zu gliedern; daraus sollte eine geologisch-tektonische Gliederung des Fensterinhaltes und seiner Rahmenzone resultieren.

In petrographisch-lithologischer Hinsicht hatte ich in der Karte von W. HAMMER (1923) eine ausgezeichnete Grundlage. Das tektonische Konzept war durch die Arbeiten von R. STAUB und J. CADISCH mit seinen Schülern im Schweizer Anteil sowie durch die Arbeiten von W. MEDWENITSCH (1954) im NE des Unterengadiner Fensters vorgegeben. Die Gültigkeit dieser Vorstellungen sollte auch für mein Gebiet überprüft werden.

\*) Auf Fürsprache von Herrn Prof. Dr. J. Ladurner erhielt ich vom Österreichischen Alpenverein eine namhafte finanzielle Unterstützung, für die ich hier herzlich danken möchte.

Schließlich wurden die Bündnerschiefer und die klastischen Serien der Rahmenzone auf ihren Schwermineralgehalt untersucht. Zu diesem Zweck wurden die Proben nach der üblichen Methode gemörsert, die gewünschte Fraktion ausgesiebt und die Schwerminerale mittels einer Schwereflüssigkeit angereichert. Die Auszählung erfolgte im Streupräparat. Die Arbeiten in dieser Richtung sind zur Zeit in keiner Weise als abgeschlossen zu betrachten; es handelt sich um vorläufige Ergebnisse.

### Geologisch-tektonischer Überblick

Die Arbeit bestätigte grundsätzlich die Ansicht von J. CADISCH, R. STAUB und W. MEDWENITSCH: Das Unterengadiner Fenster ist ein tektonisches Fenster im Sinne der klassischen Deckenlehre, kein Scherenfenster (B. SANDER), kein überschobenes Senkungsfeld (W. HAMMER). Die in ihm enthaltenen Serien lassen sich in folgender Weise gliedern:

#### 1. Die penninischen Bündnerschiefer

Die Bündnerschiefer, die flächenmäßig den Hauptanteil am Aufbau des Unterengadiner Fensters einnehmen, lassen sich wiederum in zwei tektonische Einheiten teilen. Sowohl J. CADISCH (1948) als auch W. MEDWENITSCH (1954) führten in den von ihnen bearbeiteten Gebieten diese Trennung in Basale Bündnerschiefer und Serie von Champatsch bzw. Tiefpenninikum und Hochpenninikum durch. F. H. UCIK und ich versahen die beiden analogen Serien in unseren Aufnahmegebieten wegen der Unkenntnis des stratigraphischen Umfangs und zur Vermeidung falscher tektonischer Vorstellungen mit Lokalnamen. So nannten wir die tiefere Serie Pfundser-Serie (nach dem Dorfe Pfunds), die höhere aber nach dem Berg Pezid (6 km NW Pfunds), im Kartierungsgebiet von F. H. UCIK, wo diese Serie relativ vollständig entwickelt ist, Pezid-Serie (vergl. Tafel I).

Während die Pfundser-Serie nur Bündnerschiefer beinhaltet, führt die höhere, die Pezid-Serie, an der Basis reduzierte Schichtfolgen triadischer Gesteine, mit deren Hilfe die beiden Bündnerschiefer-Serien voneinander getrennt werden können.

Auf eine generelle Zweiteilung von W. HAMMER (1914) zurückgreifend, kann man in beiden Serien zwei lithologische Komplexe innerhalb der Bündnerschiefer unterscheiden: Die Grauen und die Bunten Bündnerschiefer. Während W. HAMMER die Bunten Bündnerschiefer noch als die ältere Bildung ansah, konnte W. MEDWENITSCH (1954) sehr deutlich zeigen, daß die Grauen Bündnerschiefer die älteren Sedimente der penninischen Serien sind, die Bunten Bündnerschiefer aber aller Wahrscheinlichkeit nach, heute metamorphen, kretazischen Flysch darstellen.

### Die Pfundser-Serie

Wie oben bereits erwähnt wurde, besteht diese ausschließlich aus Bündnerschiefern, welche durch intensive Verfaltung zu einer tektonischen Mächtigkeit von etwa 2500 m—3000 m angereichert wurden. Sie beinhaltet:

a) **Graue Bündnerschiefer**: Diese wurden in Anlehnung an W. HAMMER (1922, 1923) in Zonen verschiedener Ausbildung unterteilt. Es sind dies: Eine tiefste Zone quarzitischer Grauer Bündnerschiefer. Darüber folgen Kalkglimmerschiefer. Diese sind als stärker metamorphe, kalkige Graue Bündnerschiefer anzusehen. Sie wurden auch in Tafel I mit Übersignaturen aufgenommen, da sie deutlich den Verlauf der zentralen Fensteraufwölbung markieren. Weiters kann nach W. HAMMER eine Zone sogenannter quarzreicher Breccien, eine Zone mit Tüpfelschiefern und eine tonschieferreiche Zone ausgeschieden werden. Letztere findet sich bevorzugt als hangende Bildung der Grauen Bündnerschiefer in der Pfundser-Serie, doch können tonschieferreiche Einlagerungen auch in tieferen Teilen der Serie gelegentlich beobachtet werden. Aus darstellungstechnischen Gründen mußte auf die Eintragung dieser übrigen Zonen in Tafel I verzichtet werden.

b) **Ophiolithe**: Ophiolithe sind den Grauen Bündnerschiefern in verschiedenen Niveaus eingelagert. In den meisten Fällen handelt es sich wohl um primäre Einschaltungen. Der mächtige Ophiolithzug im Hangenden der Pfundser-Serie im Gebiet um Nauders könnte aber auch tektonisch in diese Position gelangt sein.

c) **Die Saderer Joch-Serie**: Eine charakteristische Vergesellschaftung von fein- bis mittelkörnigen Quarziten, quarzitischen Schiefern, Tonschiefern und Phylliten mit einer immer wieder in Lagen auftretenden Feinbreccie, die als typische Komponenten reichlich detritischen Quarz und Echinodermenbruchstücke führt, kennzeichnet diese Serie recht gut und gestattet einigermaßen, sie von den übrigen Bündnerschiefern der Pfundser-Serie abzutrennen. In einigen der angefertigten Schriffe fand R. OBERHAUSER Lithothamnen, Bryozoen, Seeigelstacheln und massenhaft Krinoidenreste. Ohne daraus eine klare Altersangabe geben zu können, vermutete R. OBERHAUSER in der vorliegenden Breccie ein junges, möglicherweise oberkretazisches bis alttertiäres Sediment. Für seine Bemühungen danke ich Herrn Dr. OBERHAUSER hier nochmals herzlich.

Nach ihrer mächtigsten Verbreitung am Saderer Joch wurde die Gesteinsfolge von uns **Saderer Joch-Serie** bezeichnet. Sie wird nur im SE-Flügel des Unterengadiner Fensters angetroffen und läßt sich von der Schweizer Grenze bis in die Gegend des Serneskopfes verfolgen (vgl. Tafel I). Eine Eigenheit der Serie ist auch der Umstand, daß es sich, zumindest in ihrem höheren Anteil, um leicht metamorphen Flysch zu handeln scheint. So konnte ich, trotz der schon deutlich entwickelten

Schieferung, an einer Stelle gut erhaltene Fließmarken und einige Male Gradierung der Feinbreccien und Sandsteine beobachten. Letztlich spricht auch der gesamte lithologische Inhalt der Serie, mit seinem ständigen Wechsel von Feinbreccien oder Grobsandsteinen, über mittel- bis feinkörnige Quarzite und quarzitischer Schiefer, zu Tonschiefern und Phylliten deutlich dafür, daß wir eine Serie vor uns haben, in der Turbidite zur Ablagerung kamen. Der Turbiditmechanismus ist aber gerade die typische Sedimentationsart der Flyschtröge (Ph. H. KUENEN & C. I. MIGLIORINI 1950).

Nach eingehendem Studium der Lagerungsverhältnisse und zahlreichen Dünnschliffuntersuchungen kam ich zu der Ansicht, daß die eben beschriebene Serie etwa die streichende Fortsetzung der „Bündnerschieferkreide von Raschvella“ (J. CADISCH 1968) darstellt, in der G. TORICELLI (1956) gemeinsam mit F. ALLEMANN Campan-Maastricht-Alter nachwies. (Bekanntlich fanden sie neben den auch in unseren Breccien enthaltenen Fossilresten, *Orbitoides media* D'ARCH., *Siderolites calcitrapoides* LAM. und *Siderolites aff. vidali* DOUV., nachdem schon W. SCHILLER 1906 aus den gleichen Gesteinen Lithothamnen beschrieben.) Daß sich die Bündnerschieferkreide von Raschvella in unsere Saderer Joch-Serie fortsetzt, kann man im Gelände beobachten. Von der lithologischen Identität charakteristischer Gesteinstypen überzeugten wir uns auf mehreren Exkursionen und an Hand einiger Dünnschliffe aus der Belegsammlung G. TORICELLI's, die uns vom Berner Geologischen Institut in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellt wurden, wofür Herrn Prof. Dr. W. NABHOLZ hier nochmals gedankt sei.

Unbeantwortet bleibt freilich die Frage, ob dieser Zug oberkretazischer Gesteine der Pfundser Serie normalstratigraphisch auflagert, ob hier, am SE-Rand des Unterengadiner Fensters, einfach speziell entwickelte Graue Bündnerschiefer der tektonisch tieferen, penninischen Einheit vorliegen oder ob es sich bei diesem Oberkreidezug um ein tektonisch eigenständiges, eingeschupptes Element handelt. Das gleiche Problem wirft J. CADISCH (1968) auf, indem er eine direkte Zugehörigkeit der Oberkreide von Raschvella zu den liegenden Bündnerschiefern, „... obschon ein Übergang in die liegenden Kalkschiefer vorzuliegen scheint...“, nicht sicher annimmt.

Wir haben damit — die Richtigkeit der Parallelisierung beider Serien vorausgesetzt — auch für den SE des österreichischen Anteils am Unterengadiner Fenster den Hinweis für das Vorhandensein von Oberkreide in den Grauen Bündnerschiefern, wobei wir allerdings eine tektonische Einlagerung nicht ausschließen wollen.

d) Die Bunten Bündnerschiefer: Im NW-Flügel folgen über den Grauen Bündnerschiefern die Bunten Bündnerschiefer (W. HAMMER 1914). Da sie in beiden penninischen Serien meines Arbeitsgebietes nur relativ geringmächtig entwickelt sind und außerdem von W. HAMMER

und W. MEDWENITSCH eingehend beschrieben wurden, beschränke ich mich auf folgende Hinweise: Bei dieser relativ farbfrohen Varietät der Bündnerschiefer mit gelben, braunen und grünlichen Farbtönen handelt es sich zweifellos um metamorphen, penninischen Flysch. Das betonte W. MEDWENITSCH 1962. Nach ihm spricht auch das stete Auftreten im Hangenden der penninischen Serien dafür, daß die Bunten Bündnerschiefer die jüngsten Sedimente der gesamten Abfolge darstellen. Sie liegen den Grauen Bündnerschiefern entweder normal auf oder sind mit diesen verschuppt. In einem Profil, nördlich der Blauwand, fand ich an ihrer Basis, über den Grauen Bündnerschiefern, einen geringmächtigen, grünen Quarzitzug. W. MEDWENITSCH verglich die Bunten Bündnerschiefer des Engadiner Fensters 1954 mit der Pfävisgrat-, der Fadura- und der Gyrenspitz-Serie des Prättigaus und erachtete die beiden Gesteinskomplexe als weitgehend gleich. Untersuchungen, die Prof. Dr. W. NABHOLZ und ich zur Zeit im Prättigau, der Lenzerheide, im Domleschg und Oberhalbstein durchführen, zeigen aber recht deutlich, daß eine derartige Parallelisierung nicht vorbehaltlos durchgeführt werden darf. Lithologische und lithofaziale Unterschiedlichkeiten stehen einer derartigen Verbindung im Wege. Die lithologischen Äquivalente unserer Bunten Bündnerschiefer findet man hingegen im Oberhalbstein. Es sind die Flyschgesteine des Mutterhorns, die den eigentlichen „Ruchbergsandstein“ unterlagern. Diese Gesteine erachtete W. ZIEGLER (1956), vor allem wohl auf Grund ihrer Position unter dem Ruchbergsandstein, als oberste Kreidebildungen und verglich sie mit der Eggberg-Serie des Prättigaus. Obwohl dem Vergleich sinngemäß sicher nichts entgegenzuhalten ist, ist auch hier die lithologische Übereinstimmung der beiden verglichenen Komplexe nicht gerade beeindruckend. Neben der Ansicht, die W. MEDWENITSCH zuletzt 1962 vertrat, daß die Bunten Bündnerschiefer den Grauen normalstratigraphisch auflagern, sollte man daher nicht ausschließen, daß in den Bunten Bündnerschiefern des Engadiner Fensters tektonisch noch höhere Elemente vor uns liegen; es wäre denkbar, daß sie im nördlichen Teil des Unterengadiner Fensters auf die Grauen Bündnerschiefer aufgeschoben sind. Rein lithologisch, vielleicht aber auch stratigraphisch, wären sie vergleichbar mit den Flyschbildungen des Oberhalbsteins.

### Die Pezid-Serie

Die Pezid-Serie ist nur im NW-Flügel des Unterengadiner Fensters vorhanden und liegt über der Pfundser-Serie (vgl. Tafel I). Neben einer analogen Bündnerschieferfolge führt sie, zum Unterschied von der Pfundser-Serie, an der Basis triadische Gesteine, mit deren Hilfe sie auch von der tieferen Serie abgetrennt werden kann. Die Pezid-Serie ist eine Schuppenzone, woraus sich ihre stark wechselnde Mächtigkeit erklärt. Demzufolge ist auch ihre Trias-Basis starken Mächtigkeitsschwankungen unterworfen. Gebietsweise ist sie nur auf schollenartige Vorkommen beschränkt oder fehlt schließlich gänzlich auf weitere Strecken.

Ein gutes und wahrscheinlich vollständiges Profil durch die basale Trias gibt der Frudiger-Kamm (P. 2749), 5 km NNE Spiss. Man trifft folgende Schichtglieder an:

a) Grünlicher, weißer, grauer oder auch rötlicher Quarzit, meist massig, verschiefert, selten körnig, mit noch erkennbaren Komponenten. Die Mächtigkeit beträgt nur wenige Meter. Obwohl der Quarzit am P. 2749 nicht an der Basis der Triasfolge angetroffen wird, sondern zwischen den Kalken und Dolomiten eingespießt ist, erscheint wegen seiner vorzüglichen Analogie zum Ladiser Quarzit (W. MEDWENITSCH 1954) und anderen unterostalpinen Quarziten ein permo-skytisches Alter wahrscheinlich.

b) Kristalliner Kalk, im Liegenden schwach gebändert, von weißer, hellgrauer und blaß rosa Färbung. Gesamtmächtigkeit 20—30 m. Dem Kalk ist ein 1—2 m mächtiges Band eines gelblichgrünen bis olivgrünen tuffitischen Gesteins eingelagert. Anis (?) — Ladin (?)

c) Mergelig-toniger Schiefer, gelblich, ockerfarbig verwitternd, in frischem Zustand dunkel, manchmal metallisch glänzend. Mächtigkeit etwa 10 m. Karn (?)

d) Dunkler Dolomit, schwach kalkig. Er führt in einzelnen, von der Umkristallisation weitgehend verschonten Teilen zahlreiche Foraminiferen der Gattungen: *Archeodiscus*, *Permodiscus* sowie *Glomospira*-artige Formen. Aus dieser Vergesellschaftung schloß R. OBERHAUSER auf mittel- bis obertriadisches Alter. Einige Exemplare von *Glomospirella friedli* KRISTAN sprechen nach E. KRISTAN-TOLLMANN (1962) ebenfalls für obere Trias. Gesamtmächtigkeit etwa 10 m—15 m.

e) Grauer, plattiger Dolomit, 2 m—3 m mächtig. Nor (?) — Rhät (?)

Die triadische Natur der Abfolge erkannte schon W. HAMMER (1914), der vereinzelte Funde von Diploporen, Baktryllien und Krinoidenstiellgliedern meldete und vor allem auf Grund lithologischer Vergleiche mit den oberostalpinen Kalkalpen die altersmäßige Einstufung vornahm. Durch die oben beschriebenen Foraminiferenfunde konnte das Triasalter — zumindest für den Dolomit — weiter untermauert werden. Die restlichen Schichtglieder können sicherlich, in Anlehnung an W. HAMMER, in der oben durchgeführten Art eingestuft werden.

Über der Trias folgen in dem oben besprochenen Profil die Bündnerschiefer. Das Einsetzen ihrer Sedimentation ist altersmäßig nicht erfaßbar. W. NABHOLZ (1945) konnte im Gebiet zwischen dem Safien- und dem Valsertal in einigen, der Misoxer-Zone (Rücken der Adula-Decke) zugehörigen Serien mit gut erhaltenen Gryphaeen unteren bis mittleren Lias nachweisen. Die nächsthöheren, stratigraphisch verwertbaren Fossilfunde

aus Bündnerschiefern liegen bereits in der unteren Oberkreide, nämlich in der turonen Pfävigrat-Serie des Prättigaus (P. NÄNNY 1946, 1948). Zwischen diesen beiden zeitlichen Fixpunkten muß man auch im Unterengadiner Fenster das Einsetzen der Bündnerschieferablagerung annehmen, ohne es zeitlich festlegen zu können, solange nicht weitere Fossilfunde in Bündnerschiefern glücken. Die tektonische Reduktion beschränkt die Pezid-Serie in unserem Profil auf etwa 100 m Grauer Bündnerschiefer; Bunte Bündnerschiefer fehlen. In der streichenden Fortsetzung gegen NE erreicht sie verschiedentlich größere Mächtigkeiten, behält aber den Charakter einer Schuppenzone bei. Auch gegen SE, auf Schweizer Boden, wo sie sich allem Anschein nach in der Zone von Champatsch (J. CADISCH 1921, 1948, 1950) bzw. in der Roz-Serie (L. KLÄY 1957) fortsetzt, kann sie als durchgehende Zone verfolgt werden.

Über die tektonische Stellung der triadischen Schollen an der Basis der Zone von Champatsch gehen die Ansichten der verschiedenen Bearbeiter weit auseinander. J. CADISCH neigt 1921 und 1950 dazu, sie dem Penninikum zuzuordnen. Man muß sie demnach als mitgeschleppte Schürflinge aus dem Untergrund des südlicheren penninischen Bündnerschiefertrögs ansehen. Die von W. PAULKE (1912) geforderte Verbindung der Triasschollen von Chè d'Mott — Munt da Cherns (Samnaun), also an der Basis der Zone von Champatsch, mit der Klippe der Stammerspitze negiert J. CADISCH (1950) auf Grund eigener Aufnahmen. L. KLÄY verbindet beide Zonen jedoch 1957 erneut. Nach eingehenden faziellen Studien in den obertriadischen bis oberjurassischen Gesteinen der Stammerspitze vergleicht er deren Abfolge mit gleichalten Schichten verschiedener penninischer, unter- und oberostalpiner Decken und stellt engste fazielle Beziehungen zur „mittelostalpinen“ (R. STAUB 1924) Ortlerdecke fest. Obwohl ich die Gesteine der Stammerspitze nicht aus eigener Anschauung kenne und mich von einem Bestehen oder Nichtbestehen eines Zusammenhanges mit den basalen Triasschollen der Zone von Champatsch niemals selbst überzeugen konnte, stimme ich aus folgenden Gründen lieber der Vorstellung von J. CADISCH (1950) bei: Ich halte eine Zuordnung der triadischen Schollen an der Basis der Pezid-Serie, wie ich sie beispielsweise vom P. 2749 beschrieben habe, zum Penninikum für durchaus möglich. Ich glaube auch in dieser Triasentwicklung am ehesten Faziesanklänge zur Trias der „unterostalpinen“ „Prutzer-Serie“ von W. MEDWENITSCH (1954) zu erkennen. L. KLÄY (1957 p. 435 ff.) war andererseits von der Vergleichbarkeit derartiger Triasschollen mit den Gesteinen der Stammerspitze, bei der Weiterverfolgung seiner „Stammer-Decke“ nach NE keineswegs restlos überzeugt. Die Frage liegt daher nahe, ob es richtig ist, auf Grund unsicherer lithologischer Vergleiche eine derart gewaltige und schwer vorstellbare Einwicklung der Stammer-Decke unter die Bündnerschiefer anzunehmen, wie sie eine Deutung der Verhältnisse im Sinne L. KLÄY's unbedingt erfordert.

## 2. Die randlichen Schuppenzonen

Zwischen den penninischen Bündnerschiefern und dem ostalpinen Kristallinrahmen ist randlich eine Schuppenzone tektonisch eingeschaltet, in der nach der Arbeit von W. MEDWENITSCH (1954) eine weitere Aufteilung in zwei verschiedene Serien vorgeschlagen wird.

Während im SW des Fensters seit der Arbeit von R. STAUB & J. CADISCH (1921) eine Schichtfolge von Kristallin bis Kreide — später dann bis Tertiär (?) (J. CADISCH 1932) — erkannt und als Tasna-Serie benannt wurde, schied W. MEDWENITSCH (1954) im N des Fensters eine Serie mit einem Schichtumfang von Jungpaläozoikum bis höchstens Neokom (?) aus und bedachte sie mit dem Namen Prutzer-Serie. R. STAUB, J. CADISCH und W. MEDWENITSCH betrachteten diese Serien stets als unterostalpine Elemente. W. MEDWENITSCH verglich die Tasna- mit der „Prutzer-Serie“ erneut 1962, erkannte beide als einander zwar ähnlich, nicht aber analog und forderte für die „Prutzer-Serie“ eine tektonisch höhere Stellung, also eine Einreihung über der Tasna-Serie. Wird von J. CADISCH bis in jüngste Zeit (1968) für die Tasna-Serie eine vermittelnde Stellung zwischen der Falknis-Sulzfluh-Decke und der Err- und Bernina-Decke angenommen, so sah W. MEDWENITSCH schon 1954 und erneut 1962 in der „Prutzer-Serie“ am ehesten ein Äquivalent der Aroserezone, die J. CADISCH (1953) allerdings allein auf Mittelbünden und das Rhätikon beschränken will.

Auf jeden Fall war nach den Arbeiten beider Autoren die Grenze der beiden Serien in dem von mir bearbeiteten Gebiet zu erwarten. Die Lösung des Problems der gegenseitigen Beziehung beider Serien wird durch folgenden Umstand erschwert: Der Bezeichnung Schuppenzonen entsprechend verhalten sich die einzelnen Schichtglieder der Serien weitgehend selbständig. Am besten charakterisierte L. KLÄY (1957 p. 386) dieses Verhalten, als er schrieb: „Nur in Form größerer Schollen und Faltenzylinder (z. B. Lias-Rollfalten nordwestlich der Heidelbergerhütte), eingeknetet in den Flyschgürtel, setzt sich die Ardezer Schichtreihe gegen NE in die Samnauner Alpen fort.“ W. MEDWENITSCH (1954) erkannte im NE eine generelle tektonische Zweiteilung der „Prutzer-Serie“ und sprach von einer „unteren und einer oberen Triassschollenreihe“. Während also in der SW-Ecke des Unterengadiner Fensters, im Raume von Ardez, noch ein geschlossenes Profil von Kristallin bis Flysch vorliegt, verkompliziert sich die Tektonik gegen N immer mehr, die Schichtfolge löst sich in einzelne Schichtpakete auf, die in den Flysch, der größte tektonische Selbständigkeit erreicht, eingeschuppt sind.

Ganz ähnliche Verhältnisse treffen wir nun auch im Gebiet der oberen Fliesser-Alm an. Meine Beobachtungen konzentrierten sich entsprechend den Aufschlußverhältnissen auf drei Hauptprofile. Es waren das drei Grate, die vom Kristallinrand gegen SSE herunterziehen und alle tek-

tonischen Zonen gut aufschließen. Das südwestliche ist der Kamm Malfrag — Grübelekopf, das mittlere ist der vom Martinskopf herabziehende Grat, und das nordöstliche Profil wird durch den Grat Gmeirer — Frudiger gebildet. Über den Bündnerschiefern der Pezid-Serie folgen in allen drei Profilen triadische Kalke und Dolomite. Zum Teil sind diese, besonders im nordöstlichen Profil, sehr mächtig. Ladiser Quarzit (W. MEDWENITSCH 1954) erscheint nur in geringem Umfang oder fehlt vollkommen. Entspricht letztere Tatsache gut den Verhältnissen bei Ardez, so ist die mächtige Triasentwicklung typisch für „Prutzer-Serie“, wie das Kalkofenprofil von Fiss (W. MEDWENITSCH) zeigt. Darüber folgt — wieder in allen drei Profilen — eine Folge klastischer Gesteine mit einigen grobdetritischen Einlagerungen, mit Phylliten und Tonschiefern. Gradierung und großteils biogene Unterflächenmarken wurden darin beobachtet. Schon W. HAMMER schied sie als „Fuccoideschiefer“ aus, stellte sie aber noch zu den Bündnerschiefern. Wir erkennen in dieser Entwicklung eine untere Abspaltung von Tasnaflysch. Im südwestlichen und mittleren Profil lagern dem Flysch Lias in Steinsberger Fazies, Neokomschiefer und nochmals Flysch, in lithologischer Identität mit dem Flysch unter dem Lias, auf. Im Liaskalk wurden in einer Lage Brachiopoden gefunden, die D. PEARSON (London) freundlicherweise bestimmte. Die Bestimmung ergab:

*Cuneirhynchia cf. persinuata* (RAU)  
*Lobothyris punktata* (SOWERBY)  
*Cirpa pronto* (QUENSTEDT)  
*Priorhynchia* sp.  
*Spiriferina pinquis* ZIETEN  
*Zeilleria subdigona* (OPPEL)

D. PEARSON schloß daraus auf Lias  $\gamma$ - $\delta$ , die Vergesellschaftung hielt er für typisch „germanisch“.

Einige schlecht erhaltene Ammoniten, Belemniten und Krinoidenstielglieder, die in einer knapp darunter befindlichen Lage aufgesammelt wurden, bestimmte F. HÖLDER (Münster) als:

*Arnioceras*  
*cf. Epophioceras*  
*Belemnites cf. acutus* MILL.

und einen Krinoidenstielrest, *Apocrinus*.

Herr Prof. Dr. F. HÖLDER, dem ich nochmals danken möchte, hielt Sinemurien für wahrscheinlich.

Auch die den Lias überlagernden Neokomschiefer, die von J. CADISCH im Raume Ardez nur nach ihrer Stellung zwischen Malm und Tristelschichten eingereiht werden konnten, lieferten gut bestimm- und einstu-

bare Fossilien, und zwar vor allem Tintinniden. E. KRISTAN-TOLLMANN und R. OBERHAUSER bestimmten aus einer Mikrobrecchie in dankenswerter Weise folgenden Fossilinhalt:

- Calpionella cf. alpina* LORENZ  
*Tintinnopsella carpathica* (MURGEANU & FILIPESCU)  
*Calpionella elliptica* CADISCH  
*Crassicollaria massutiniana* (COLOM)  
*Globochaete alpina* LOMBARD  
*Patelloides juvavica* LEISCHNER  
 Krinoidenstielglieder, Seeigelstacheln.

Da die Tintinniden und *Globochaete alpina* nach E. KRISTAN-TOLLMANN ins Ober-Tithon einzustufen sind, ihr Vorkommen aber auf feinschlammige, unscharf begrenzte intraklastenartige Komponenten beschränkt ist, kann auf posttithones, also neokomes Alter geschlossen werden.

Steinsberger Lias und Neokomschiefer — Tristelbreccien, Gault-Quarzite und Couches rouges konnten nirgends sicher nachgewiesen werden — lassen sich also aus dem Samnaun, in Form einer mächtigen Faltenwalze dem Tasnaflysch eingelagert, unter langsamer Auflösung in Einzelschollen und rascher Mächtigkeitsabnahme (von ursprünglich zirka 150 m auf wenige Meter) bis knapp vor Erreichen des nordöstlichen Profilgrates stets zwischen oberer und unterer Flyschschuppe verfolgen. Von hier an gegen NE tritt Steinsberger Lias überhaupt nicht mehr auf (W. MEDWENITSCH 1954 und F. H. UCIK 1966). Statt dessen setzt aber, schon in unserem Gebiet beginnend, die mächtige Triasentwicklung in Prutzer Fazies ein.

Der für die Prutzer Entwicklung typische Quarzit fehlt zwar in unserem Gebiet nahezu, wird aber weiter südwestlich (!) im Samnaun wieder gefunden. Dort ist er zusammen mit Steinsberger Lias, Tristel-schichten usw. in den Flysch eingeschuppt (L. KLÄY 1957).

An Stelle von Steinsberger Lias steckt am nordöstlichen Profilgrat eine kleine Schuppe mit basalem Grünschiefer, darüber Ladiser Quarzit, Gips und kalkigem Dolomit, zusammen nur zirka 10 m mächtig. Zwischen dieser Triasscholle und dem Kristallin stecken noch zirka 30 m feinklastischer Schiefer und Phyllite. Dieser Feldbefund bewog mich 1966 zu der Annahme, daß an diesem Aufschluß die tektonische Überlagerung des Tasnaflysches durch die „Prutzer-Serie“ zu beobachten wäre.

Bei einer später erfolgten Begehung im Gebiet der Ochsenberg-Alm zeigte sich aber ganz deutlich, daß sich sowohl die untere wie auch die obere Flyschschuppe der Tasna-Serie, ohne Unterbrechung in die höheren Schiefer der „Prutzer-Serie“ fortsetzen; die „Prutzer-Serie“ ist hier ebenfalls tektonisch zweigeteilt. In jedem anderen Fall muß eine senkrecht zum Streichen der Serien verlaufende, tektonische Grenze unter der mächtigen Schutt- und Moränenbedeckung der Ochsenberg-Alm angenommen werden.

Ich glaube daher heute, daß in der „Prutzer-Serie“ ein tektonisches Äquivalent der Tasna-Serie mit faziell eigenständiger Entwicklung bis zum Lias vorliegt. Aus der Tatsache, daß in dem von mir kartierten Gebiet die Triasschichtfolge der Schuppenzone, trotz Fehlens des charakteristischen Ladiser Quarzits, eindeutig in der Fazies der „Prutzer-Serie“, der Lias aber noch deutlich in der Steinsberger Fazies der Tasna-Serie entwickelt ist, schließe ich auf eine fazielle, seitliche Verzahnung beider Entwicklungen. Die Verzahnung liegt im Gebiet zwischen dem Samnaun, wo Ladiser Quarzit zusammen mit Lias, Tristelschichten usw. in den Tasnaflysch eingeschuppt sind (L. KLÄY 1957), und der östlichen Fliesser-Alm, wo das nordöstlichste Vorkommen von Lias in Steinsberger Fazies gefunden wurde. Die höheren Schichtglieder beider Serien aber halte ich für unmittelbar ident. So konnte F. H. UČEK den von mir ausgeschiedenen Zug Neokomschiefer in der gleichen Position bis an seine nördliche Gebietsgrenze durchverfolgen. Auch steckt in einem Teil der Kalkphyllite „hellerer“ und „dunklerer“ Typus (W. MEDWENITSCH 1954) sicherer Tasnaflysch, wie ich mich im Sommer 1969 überzeugen konnte. Vom Tasnaflysch weiter im Süden unterscheidet sich das Vorkommen des „Lazid-Profiles“ lediglich durch etwas stärkere metamorphe Beanspruchung. Neben lithologischer Identität fand ich sogar einzelne, allerdings schon stark gelängte und nur mehr schwer erkennbare Unterflächenmarken, wie ich sie aus dem Tasnaflysch meines Gebietes kenne. Auch die von W. MEDWENITSCH aus den höheren Phylliten („hellerer Typus“) beschriebene Vergesellschaftung von Grünschiefern und Radiolariten besitzen ein Analogon in den Radiolariten und Spilliten, die dem Tasnaflysch normalstratigraphisch eingelagert sind (L. KLÄY 1957 p. 379 f). Letztlich erlaubten uns auch die durchgeführten Schwermineralanalysen nicht, den Tasnaflysch und die höheren Schiefer der „Prutzer-Serie“ voneinander zu trennen (vgl. Tafel II). Ich sehe daher in der „Prutzer-Serie“ den nördlichen Teil der Tasna-Decke, mit faziell eigenständiger Entwicklung der präneokomen Schichtglieder und keine selbständige tektonische Einheit.

Die Frage nach der regionalen Stellung der Tasna-Decke wurde von J. CADISCH in allen seinen das Unterengadiner Fenster betreffenden Arbeiten aufgeworfen. Auf Grund von Faziesvergleichen glaubte J. CADISCH stets (zuletzt 1968), daß in der Tasna-Decke ein Element vorliege, das zwischen der Falknis-Sulzfluh-Decke im Norden und der Err- und Bernina-Decke im Süden vermittele. Offensichtlich zeigt sich hier im Osten die Tendenz zur Vereinheitlichung der stark differenzierten Sedimentationströge Graubündens. Nach J. CADISCH (1953, 1968) fehlen im Unterengadiner Fenster auch Vertreter der Arosler-Zone und der Platta-Decke. Seitdem von G. WOLETZ (1967) und R. OBERHAUSER (1968) auch im Bündner Querschnitt mit dem Chromit ein Indexmineral (?) ostalpiner Ablagerungen (bis Untercampan) gefunden wurde, sollte gerade bei Paral-

lelisierungs- und Einordnungsversuchen tektonischer Einheiten im unterostalpinen/penninen Grenzgebiet nicht mehr ohne Anwendung der Schwermineralanalyse gearbeitet werden.

Auf Grund der oben angeführten Parallelisierung der Tasna- mit der Falknis-Sulzfluh-Decke bestehen heute prinzipiell verschiedene Möglichkeiten, die Tasna-Decke in ein regionales Deckenschema einzuordnen: Zunächst kann sie als Unterostalpin im Sinne von R. STAUB & J. CADISCH (1921) angesehen werden. Nimmt man jedoch mit R. TRÜMPY (1960) und V. STREIFF (1962) eine Verbindung der Falknis-Sulzfluh-Decke mit den Schamser-Decken an, so käme der Falknis-Sulzfluh-Decke und damit der Tasna-Decke hochpenninische, mit V. STREIFF aber mittelpenninische Position zu. Während eine hochpenninische Position für die Tasna-Decke des Unterengadiner Fensters ohne weiteres denkbar wäre — einen Hinweis erhalten wir durch die gleichen Schwermineralspektren (vgl. nächsten Abschnitt) der Bunten Bündnerschiefer und des Tasnaflysches —, ist die V. STREIFF'sche Hypothese auch im Unterengadiner Fenster nur mit einer Einwicklung größeren Ausmaßes zu realisieren.

### Die Schwermineralanalyse

Angeregt durch die Arbeiten von G. WOLETZ (1950, 1963) in den verschiedensten Flysch- und Gosauablagerungen der Ostalpen und auch durch die Tatsache, daß seit H. JÄCKLI (1941) kaum mehr systematische Schwermineraluntersuchungen in Bündnerschiefern durchgeführt wurden, begann ich 1964 mit ersten Analysen der Schwermineralführung der klastischen Gesteine aller im Unterengadiner Fenster vorhandenen Serien. Die Untersuchungen wurden schon von Anfang an über die Grenzen meines Kartierungsgebietes ausgedehnt. Die Probeentnahmestellen können der Tafel I entnommen werden. Ich schicke voraus, daß die Untersuchungen noch nicht abgeschlossen sind. Gerade die letzten Arbeiten von R. OBERHAUSER (1968), S. PREY (1968) und G. WOLETZ (1967) sowie eigene, laufende Untersuchungen in Graubünden (W. NÄBHOLZ & I. THUM) stellen neue Impulse für weitere Arbeiten in dieser Richtung dar.

### Methodik

Zur Herstellung der Schwermineralstreupräparate für meine Dissertation hielt ich mich im wesentlichen an die Methode von G. WOLETZ (1950). Aus den zerdrückten Gesteinsproben wurde die Kornfraktion  $< 0,15$  mm abgeschlämmt, die darin enthaltenen Schwerminerale wurden mit Azethylentetraubromid isoliert und in Kanadabalsam auf Objektträgern eingebettet. In neuerer Zeit werden die Proben allerdings nach der am Berner Geologischen Institut üblichen Weise hergestellt, die am besten von A. MATTER (1964), in Anlehnung an die Methode von H. FÜCHTBAUER (1954), beschrieben wurde. Der hauptsächlichste Unterschied zur Methode von G. WOLETZ ist die Verwendung eines erweiterten Korngrößenbereiches, nämlich von 0,4 mm—0,06 mm.

Tabelle 1: Zusammenstellung der Resultate der Schwermineralanalysen

Abkürzungen: Schf = Schiefer, Fbr = Feinbreccie, Sdst = Sandstein, k = karbonatisch, g = grobkörnig, m = mittelkörnig, f = feinkörnig, gsdg = grobsandig, sdg = sandig, fsdg = feinsandig, vsf = verschiefert, lvsf = leichtverschiefert, Ep = Epidot, Mo = Monazit, Ti = Titanit.

Pr. Nr.	Fundort	Höhe in Meter	makr. Bezeichnung	Schwerminerale in %								
				Zirkon idiomorph	Zirkon gerundet	Turmalin	TiO <sub>2</sub> -Gruppe	Apatit	Chromspinel	Granat	Hornblende	akzessorische SM
Tasna-Decke: Tasnaflysch												
SH/A	Matschibellersattel	2500	m Sdst	42	35	16	5	2	—	+	—	—
S 52	Unt. Malfrag S-Grat	2550	k Fbr	52	21	12	9	6	—	—	—	—
S 56	Unt. Malfrag	2650	k Schf fsdg	17	19	4	1	—	59	—	—	—
S 58	n. Unt. Malfrag	2650	k m Sdst	31	13	10	1	45	—	—	—	—
S 61	n. E Fliesserberg	2450	k m Sdst	41	14	24	1	20	—	+	—	—
H/289	Gmeirer S-Grat	2850	f Sdst	19	50	18	10	2	—	—	—	—
H/289a	Gmeirer S-Grat	2850	g Sdst	52	24	17	2	5	—	—	—	—
T 198	Matschibellersattel	2500	g Sdst vsf	10	16	17	9	48	—	—	—	—
T 199	Unt. Malfrag S-Grat	2520	g Sdst	26	10	38	3	23	—	—	—	—
T 200	Unt. Malfrag S-Grat	2520	g Sdst	18	10	41	3	28	—	—	—	—
T 202	Unt. Malfrag S-Grat	2550	m Sdst	25	11	34	2	27	1	—	—	—
T 203	Unt. Malfrag S-Grat	2570	m Sdst	12	2	53	9	23	—	1	—	—
T 204	Unt. Malfrag S-Grat	2600	m Sdst vsf	3	2	48	8	39	—	—	—	—
Tasna-Decke: Höhere Schf d. „Prutzer-Serie“												
137	Ochsenberg-Alm	2640	f Sdst vsf	44	17	27	3	9	—	—	—	—
36	Masner-Kopf W-Grat	2700	Fbr vsf	46	7	31	5	11	—	—	—	—
31	Masner-Kopf S-Grat	2750	k Schf fsdg	58	22	10	4	6	—	—	—	—
32	Masner-Kopf	2828	m Sdst	61	10	22	3	4	—	—	—	—
56	Masner-Kopf	2828	f Sdst vsf	51	22	17	7	3	—	—	—	—
149	Masner-Kopf N-Seite	2720	m Sdst vsf	55	29	14	1	1	—	—	—	—
47	Hexensee	2500	f Sdst vsf	55	29	8	6	2	—	—	—	—
26	Hexensee	2500	m Sdst vsf	47	17	32	4	—	—	—	—	—
S VIII	Arrezjoch	2630	Fbr	14	5	11	—	70	+	—	—	—
T 216	Furgler SE-Seite	2530	m Sdst vsf	17	20	27	5	31	—	—	—	—
T 217	Furgler SE-Seite	2530	m Sdst vsf	24	9	30	9	29	—	—	—	—
Penninikum: Bunte Bündnerschiefer												
S 12	W. Fliessergeb. S-Grat	2150	k Schf sdg	34	50	9	3	4	—	—	—	—
S 14	300 m WSW P 2749	2600	k g Sdst	56	27	11	2	4	—	—	—	—
H/166	250 m n. Blauwand	2600	Fbr	11	7	7	2	73	—	—	—	—
H/164	500 m SW P 2749	2550	Fbr	38	16	25	9	12	—	—	—	—
10a	Gess-Schneid	2600	Schf fsdg	53	14	26	5	2	—	—	—	—
S I	n. Schafberg	2530	k m Sdst	43	31	5	3	18	—	—	—	—
83 Hp	E-Hang Schafbergkamm	—	Schf gsdg	48	15	31	5	1	—	—	—	—
S III	Gatratsch	2600	Schf sdg	53	23	20	—	4	—	—	—	—
S IV	Pezidkopf	2750	Schf sdg	52	32	8	5	2	1	—	—	—
T 211	Lazid E-Kamm	2150	k m Sdst	18	17	31	3	31	—	+	—	Ep
T 212	Lazid E-Kamm	2150	k m Sdst	25	7	25	5	32	1	5	—	—
T 213	Lazid E-Kamm	2150	k m Sdst	23	16	19	10	31	—	1	—	—
T 214	Lazid E-Kamm	2150	k m Sdst	20	23	21	4	32	—	—	—	—
H/332	Straße n. Serfaus	1300	k Schf sdg	7	4	44	4	41	—	—	—	—

Tabelle 1: Zusammenstellung der Resultate der Schwermineralanalysen (Fortsetzung)

Pr. Nr.	Fundort	Höhe in Meter	makr. Bezeichnung	Schwerminerale in %								
				Zirkon idionorph	Zirkon gerundet	Turmalin	TiO <sub>2</sub> - Gruppe	Apatit	Chromspinell	Granat	Hornblende	akzessorische SM
Penninikum: Bündnerschieferkreide von Raschvella												
T 191	P. 1111, SW Raschvella		g Sdst	9	23	16	6	46	—	—	—	—
T 192	P. 1111, SW Raschvella		g Sdst	5	20	48	4	23	—	—	—	—
T 194	P. 1111, SW Raschvella		Fbr	9	34	35	9	9	—	+	3	Ep
E 6	250 m NW Raschvella	1120	m Sdst	14	43	36	5	2	—	—	—	Ep Mo
Penninikum: Saderer Joch-Serie												
T 2d	Straße Nauders—Martina		m Sdst	13	39	35	11	1	—	—	—	Ti
H/331	Str. Nauders—Norbertshöhe		f Sdst lvsf	16	63	16	—	5	—	—	—	—
H/279a	500 m N Nauders	1520	f Sdst lvsf	8	46	43	3	—	—	—	—	—
H/263	300 m S P. 1776	1940	k Schf sdg	12	62	21	4	1	—	—	—	—
H/264	300 m S P. 1776	1980	m Sdst	10	59	30	1	—	—	—	—	—
H/249	500 m ENE Labaun-Alm	2330	f Sdst lvsf	9	74	12	5	—	—	—	—	—
H/328	500 m ENE Labaun-Alm	2330	f Sdst lvsf	9	60	27	—	4	—	—	+	—
H/251a	500 m ENE Labaun-Alm	2350	k Fbr	14	79	3	4	—	—	—	—	—
H/258	500 m WSW Labaun-Alm	2260	Fbr	13	67	17	3	—	—	—	—	—
167	Schmalzkopf	2700	Schf fsdg	10	44	41	3	2	—	—	—	—
170	Schmalzkopf	2650	Schf fsdg	25	46	26	3	—	—	—	—	—
XVI	W Rauchkopf		f Sdst lvsf	15	70	12	3	—	—	—	—	—
XV	W Rauchkopf		Fbr	7	62	19	12	—	—	—	—	—
TPE 6	S Rauchkopf		Schf sdg	14	78	6	2	—	—	—	—	—
XII	Lahnkopf		f Sdst lvsf	11	74	13	2	—	—	—	—	—
XIII	Lahnkopf		Schf sdg	20	50	28	2	—	—	—	—	—
XIV	Lahnkopf		Fbr	12	72	13	3	—	—	—	—	—
288TPE	Unt. Gschneierhtt.		Fbr	20	52	26	2	—	—	—	—	—
XVII	Unt. Gschneierhtt.		f Sdst lvsf	22	64	10	—	4	—	—	—	—
XVIII	Unt. Gschneierhtt.		Fbr	7	76	8	—	9	—	—	—	—
Penninikum: Graue Bündnerschiefer												
H 310	Rauhes Eck	1650	Schf fsdg	14	36	47	2	1	—	—	—	—
S 1	Rauhes Eck	2000	Schf fsdg	15	62	17	4	2	—	—	—	—
H/308	Kreuzjoch S-Grat	2200	Fbr	2	6	33	3	56	—	—	—	—
H/144	Mutter-Kopf S-Grat	1930	Fbr	3	2	33	9	53	—	—	—	—
S 5	Mutter-Kopf S-Grat	1930	Fbr	—	8	58	3	31	—	—	—	—
S 25	Kappler-Kogel	2330	Schf sdg	44	36	15	3	2	—	—	—	—
10b	Stubnertal		Schf sdg	21	29	48	2	—	—	—	—	—
120	Hahntennenberg	2250	k Schf	5	4	53	5	33	—	—	—	—
10c	Hahntennenberg	2250	Fbr	14	12	37	15	22	—	—	—	—
145	Ochsenberg-Alm		k Schf sdg	9	54	34	3	—	—	—	—	—
295TPE	Frudigerjoch	2020	Fbr	17	64	16	2	1	—	—	—	—
T 215	Böderköpfe	2340	k Sdst vsf	10	40	43	5	2	—	—	—	—

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte graphisch auf Tafel II; zahlenmäßig wurden die Resultate auf Tabelle 1 festgehalten. Es wurde ein von W. FLÜCK (Geologisches Institut Bern) entwickeltes Verfahren verwendet,

das eine recht übersichtliche Gegenüberstellung der einzelnen, am Aufbau des Spektrums beteiligten Mineralien erlaubt. Die Anordnung der Proben erfolgte im allgemeinen entsprechend der geographischen Lage ihrer Entnahmestellen innerhalb der einzelnen Serien von SW nach NE.

### Gefundene Schwerminerale

Mit einer einzigen Ausnahme (Probe S 56) zeigen alle untersuchten Proben ein Schwermineralspektrum, das aus einer Zirkon-, Turmalin-, Rutil-, Apatitkombination besteht. Alle anderen auftretenden Mineralien sind nur akzessorisch am Spektrum beteiligt.

Zirkon tritt als häufigstes Mineral auf. Er ist in verschiedenster Form ausgebildet. Obwohl keine genaue Unterscheidung der Zirkone nach ihrer Kristalltracht durchgeführt wurde, wie das beispielsweise nach G. FRASL (1963), G. NIEDERMAYR (1966), G. HOPPE (1963) und A. POLDERVAAT (1955) möglich ist, wurde bei der Auszählung der Schwermineralpräparate zwischen kantengerundeten bis vollkommen verrundeten, meist trüben Exemplaren mit matter Oberfläche und idiomorphen, klaren Zirkonen mit gut entwickelten Kristallflächen grob unterschieden. Das Ergebnis dieser groben Unterscheidung zeigt die Tafel II: Man ersieht aus ihr, daß in den Grauen Bündnerschiefern und besonders in der speziell entwickelten Saderer Joch-Serie die gerundeten Zirkone — oberes, durch gestrichelte Linien abgetrenntes Feld der Zirkonkurve — deutlich über die idiomorphen vorherrschen. Bei den Bunten Bündnerschiefern und dem Tasnaflysch dreht sich das Verhältnis zugunsten der idiomorphen Zirkone um.

Turmalin liegt meist in großen, braunen, grünen oder olivfarbenen, selten blauen Bruchstücken vor. In stärker metamorphen (?) Gesteinstypen sieht man auch häufig Anwachserscheinungen um die Turmalinkörner, wie sie von H. JÄCKLI (1941 p. 96) beobachtet wurden.

TiO<sub>2</sub>-Gruppe: In dieser Gruppe wurden die Mineralien Rutil, Anatas und Brookit zusammengefaßt. Das hauptsächlichste Mineral ist der Rutil. Die TiO<sub>2</sub>-Gruppe ist zwar stets nur in kleinen Mengen (maximal 15 Prozent) vorhanden, weist sich dafür aber durch große Konstanz aus.

Apatit, der in sehr unterschiedlicher Größe vorkommt, ist in den bearbeiteten Proben stets farblos, manchmal aber durch zahlreiche Einschlüsse getrübt. Er beteiligt sich an den Spektren in recht unterschiedlichen Prozentsätzen; sein absolutes Minimum erreicht er in der Saderer Joch-Serie, wo er in mehreren Proben überhaupt fehlt.

Chromspinnell wurde nur in einer Probe in großer Menge gefunden. Es handelt sich dabei vermutlich um das gleiche dunkel rotbraune, isotrope, hoch lichtbrechende (n 1,85) Mineral der Spinnellgruppe,

das von G. WOLETZ als Chromit, von L. KLÄY (1957) als Picotit und von A. MATTER (1964) und U. GASSER (1966) als Spinell bezeichnet wird. Sonst tritt Chromspinell nur akzessorisch auf.

Ebenfalls akzessorisch findet man außerdem: Granat, blaugrüne Hornblende, Epidot, Monazit und Titanit.

### Verteilung der Mineralien und Interpretation der Spektren

Da die vorgefundenen Spektren fast ausschließlich Kombinationen von Zirkon, Turmalin, Apatit und Mineralien der  $TiO_2$ -Gruppe darstellen, wobei das Auftreten der einzelnen Mineralien oft starken Schwankungen unterliegt, gilt es zunächst, die möglichen Fehlerquellen, die zu einer falschen Interpretation führen können, auszuschließen. Neben den von H. J. BLANKENBURG & K. H. JAGUSCH (1964) aufgezeigten Fehlern, die der Schwermineralanalyse schon von der Präparatherstellung und der Auszählung anhaften, scheint mir vor allem der Einfluß des Korngrößeneffekts aus der Tafel II erkennbar. Man muß mit dem Auftreten des Korngrößeneffekts in zweifacher Weise rechnen. Erstens tritt er in Form eines, ich möchte sagen, natürlichen Effekts auf, der besonders durch schnelle Wechsel der Korngrößen in den Gesteinen der Flysch- und flyschartigen Serien begründet ist. Neben anderen Autoren wiesen H. BOUMA (1962), H. JÄCKLI (1941), U. GASSER (1966), A. MATTER (1964) und G. NIEDERMAYR (1966) ausdrücklich darauf hin, daß beispielsweise der Granat, der Turmalin und der Epidot deutliche Tendenz zur maximalen Anreicherung in den Korngrößen  $> 0,1$  mm zeigen. G. NIEDERMAYR konnte darüber hinaus sehr eindrücklich zeigen, daß in gradierten Schichten (Turbiditen) des Greifensteiner Flysches der Granat in den basalen Partien der Turbidite dominiert, der Zirkon mit seiner Tendenz zur Anreicherung in den feineren Kornklassen aber stets in den oberen Abschnitten der Sedimentationszyklen überwiegt. Analoge Beobachtungen können der Tafel II entnommen werden. Die Proben H/289 und H/289 a stammen aus einem gradierten Sandstein des Tasnaflysches. H/289 ist von der Oberkante, also aus dem feinkörnigen Bereich entnommen. Das Schwermineralspektrum enthält 70 Prozent Zirkon und 18 Prozent Turmalin. H/289 a, der Unterseite der Bank entnommen, führt 50 Prozent Turmalin und nur 35 Prozent Zirkon.

Weiters erklärt sich der niedrige Zirkongehalt und die Turmalinvormacht der Proben H/308, H/144, 120 und 10 c durch den Korngrößeneffekt. Alle vier Proben sind einem Zug „quarzreicher Breccien der Grauen Bündnerschiefer“ (W. HAMMER 1922, 1923) entnommen. Wir beprobten also Gesteine, die allein auf Grund ihrer Kornverteilung (hoher Grobsandanteil) große Turmalingehalte erwarten ließen. In den Proben der Saderer Joch-Serie erkennen wir in der Zick-Zack-Linie des Zirkons und der gegenläufig entwickelten Turmalinlinie keinen rhythmischen Wechsel in der Schwermineralführung des gelieferten Sedimentmaterials, sondern

das Vorhandensein von Turbiditen, wofür auch die Feldbeobachtungen sprechen. Daß die Saderer Joch-Serie darüber hinaus eine auffallend gleichbleibende Schwermineralverteilung besitzt, begründet sich darauf, daß wir in dieser Serie einen relativ engbegrenzten Schichtkomplex konstanter Ausbildung in seinem Streichen verfolgten und beprobt haben. Umgekehrt scheint daraus deutlich zu werden, daß in der Saderer Joch-Serie tatsächlich ein lithologisch einheitlicher Komplex vorliegt, der eine eigene Abtrennung rechtfertigt.

Eine zweite, letztlich ebenfalls auf den Korngrößeneffekt zurückführbare Beeinflussung der Spektren wurde ungewollt erzielt. Sie geschah durch die Erweiterung der untersuchten Korngrößen von  $< 0,15$  mm auf  $0,4$  mm— $0,06$  mm während der Arbeit.

Betrachtet man das Diagramm von F. J. PETTIJOHN (1957 p. 563), so sieht man, daß die verschiedenen Schwerminerale, die in einem Flußsand (Rio Grande) enthalten sind, ihre maximale Anreicherung in verschiedenen Korngrößengebieten erfahren. Beispielsweise ist die Hornblende zu 80 Prozent (Gewichtsprozent) in der Kornfraktion  $0,1$  mm— $0,2$  mm enthalten, der Zirkon in der Fraktion  $0,05$  mm— $0,1$  mm. Man sieht unschwer, daß bei der Auszählung von Schwermineralproben, deren Fraktion unter  $0,1$  mm liegt, allein durch die Wahl dieser zu niedrig liegenden Korngrößengrenze theoretisch 80 Prozent aller, im Sediment vorhandenen Hornblenden a priori nicht erfaßt werden. Daß sinngemäß gleiches für den Turmalin gilt, sehen wir auf Tafel II: Proben, bei denen nur Körner  $< 0,15$  mm ausgezählt wurden — es sind das alle Proben ohne vorangestelltes T —, haben bis auf wenige Ausnahmen (grobkörnige Gesteinstypen) Zirkongehalte, die weit über den Turmalin- und Apatitanteil überwiegen. Bei den Proben der Kornfraktion  $0,4$  mm— $0,06$  mm — T der Probennummer vorangestellt — schwächt sich die Vormacht des Zirkons stark ab oder wird von einer Turmalinvormacht abgelöst. Wurden im ersten Fall die Zirkone relativ angereichert, erhalten wir im zweiten Fall das vollständigere Spektrum. Nach alledem glaube ich, daß Zirkon und Turmalin in annähernd gleichen Mengen geliefert wurden, und daß erstere in den feineren, letztere in den gröberen Sandsteinen angereichert wurden.

In begrenztem Umfang scheint auch das Auftreten des Apatits korngrößenabhängig zu sein. In einigen der untersuchten Proben (T 200, T 202, T 204, XV, H/308, H/144 usw.) steigt er zusammen mit dem Turmalin, bei gleichzeitiger Abnahme des Zirkons, an. In anderen Proben aber (z. B. T 198, S 58, SV III, H/166) erreicht er bei niedrigen Turmalin- und noch relativ hohen Zirkonwerten auffallende Spitzen. In diesem Fall liegen offensichtlich echte Apatitmaxima vor, die durch vermehrte Apatitlieferung zustande kamen. Auffällig ist, daß diese echten Apatitmaxima in den Bunten Bündnerschiefern und dem Tasnaflysch, nicht aber in den Grauen Bündnerschiefern auftreten.

Ungeklärt bleibt vorderhand noch die Frage, warum in einer einzigen Probe (S 56) ein Chromspinellmaximum mit 60 Prozent auftritt, das, obwohl es vereinzelt dasteht, nicht übersehen werden darf. Möglicherweise wurde bei der Probeentnahme lediglich Chromspinell-reiches Material eines in den Flysch der Tasna-Decke eingeglittenen Olistholithen aufgesammelt, der ursprünglich in einem anderen Sedimenttrog abgelagert wurde (freundlicher Hinweis von W. FLÜCK). Ich möchte aber darauf hinweisen, daß Chromspinell in größeren Mengen von G. WOLETZ nicht nur in kretazischen, klastischen Sedimenten der oberostalpinen Kalkalpen (Cenoman — unt. Campan) gefunden wurde, sondern auch in der Arosler-Zone des Rhätikon, und zwar im Gault (?) und Cenoman. Es ist daher dringend nötig, die gleichaltrigen Schichten der Tasna-Decke vor einer Stellungnahme zu diesem vereinzelt Chromspinellmaximum zu untersuchen. Zur Vorsicht und Aufmerksamkeit veranlaßt L. KLÄY (1957), der aus einer Probe einer „bunten Feinbreccie“ den Fund von Picotiten meldet. Leider gibt L. KLÄY nicht an, in welchem Schichtglied der Tasna-Decke diese Breccie gefunden wurde. Nach L. KLÄY's Ansicht stammt der Picotit aus aufgearbeitetem Serpentinmaterial. Serpentin findet man im Unterengadiner Fenster manchmal an basalen Schubflächen von Teilen der Tasna-Decke.

Welche Aussagen können wir nun aus den durchgeführten Schwermineralanalysen machen? Betrachten wir zunächst die Bündnerschiefer: Wie man auch auf Tafel II sieht, können die Grauen Bündnerschiefer von den Bunten durch das Vorherrschen der gerundeten über die idiomorphen Zirkone unterschieden werden. Besonders deutlich fällt das auf, wenn man die Saderer Joch-Serie zum Vergleich heranzieht. Weiters lassen auch die wenigen Proben aus der Bündnerschieferkreide von Raschvella — sie stammen übrigens vom Steinbruch P. 1111 SW Raschvella und vom Fossilfundpunkt G. TORICELLI's — ein ganz ähnliches Verhältnis von gerundeten zu idiomorphen Zirkonen erkennen. Man sieht, daß auch hier ein Kriterium für die Verbindung der Saderer Joch-Serie mit dem Bündnerschieferkreidezug von Raschvella gewonnen wurde.

Da Minerale der Kristallinen Schiefer im Schwermineralspektrum praktisch fehlen, glaube ich annehmen zu können, daß die Sedimentationsbecken der Bündnerschiefer auch nicht von metamorphen Komplexen beliefert wurden. Es sei denn, man will glauben, daß diese Minerale einer sehr selektiven Vernichtung während des Transportes oder syndiagenetisch der „intrastratal solution“ zum Opfer fielen. Nach meinem Dafürhalten kann man über das Liefergebiet vorderhand nicht mehr aussagen, als daß dort wahrscheinlich zum größten Teil Sedimente und möglicherweise auch, vor allem in jüngeren Sedimentationsphasen, granitische Gesteine erodiert wurden (idiomorphe, klare Zirkone in den jüngeren Sedimenten). Für Horizontierungen innerhalb der Bündnerschiefer reichen die Proben zahlenmäßig bei weitem nicht. Ich glaube auch, daß die einstweilige Unkenntnis der Stratigraphie für solche Arbeiten keineswegs anregend ist.

Die vorgefundenen Spektren lassen sich ausgezeichnet mit allen anderen bisher aus Bündnerschiefern gewonnenen Spektren vergleichen. H. JÄCKLI beschrieb 1941 analoge Schwermineralvergesellschaftungen aus Bündnerschiefern der Adula-Decke im Schams. W. ZIEGLER (1956) fand im Oberhalbstein stets Zirkon als Hauptschwermineral. G. WOLETZ konstatierte 1967 Zirkon-reiche Spektren im Prättigau. Die Untersuchungen von U. GASSER (1967) ergaben ganz ähnliche Zirkon-, Turmalin-, Rutil-, Apatitspektren mit hohen Apatingehalten im Niesen- und Vaduzerflysch. Granat war bei allen genannten Autoren stets nur in kleinen Mengen vorhanden oder fehlte überhaupt. Wegen der Granatarmut scheint es auch schwer möglich, den Vorarlberger Flysch (granatreich nach R. OBERHAUSER und S. PREY beide 1968 und G. WOLETZ 1967) in diesem Bereich des Penninikums zu beheimaten — seine penninische Stellung wird von R. OBERHAUSER und S. PREY 1968 erneut hervorgehoben —, auch nicht in der Zone von Champatsch, wie dies R. TRÜMPY (1965) vorschlug.

Aus den Resultaten der Schwermineralanalyse der Tasna- und der „Prutzer-Serie“ läßt sich erkennen, daß sich Tasnaflysch und höhere Schiefer der „Prutzer-Serie“ schwermineralogisch nicht unterscheiden und einer Zusammenziehung beider von dieser Seite nichts im Wege steht. Für das Liefergebiet muß gleiches angenommen werden wie bei den Bündnerschiefern.

Leider sind oberkretazische und tertiäre Bildungen der Decken, mit denen die Tasna-Decke bisher immer wieder verglichen wurde, schwermineralogisch noch ungenügend oder gar nicht untersucht. Alttertiär der Falknis-Decke zeigt nach G. WOLETZ (1967) Zirkonvormacht im Schwermineralspektrum. Da uns nähere Angaben über diese Untersuchungen aber fehlen, dürfen wir daraus keine voreiligen Schlüsse ziehen. So helfen unsere Schwermineraluntersuchungen im Tasnaflysch vorläufig auch bei regionalen Einordnungsversuchen der Tasna-Decke noch nicht weiter, obwohl die Methode geeignet scheint, gerade im Grenzraum zwischen Penninikum und Unterostalpin wertvolle Hinweise zu liefern.

### **Bau und Lagerungsverhältnisse**

#### **Der Bau**

Das Unterengadiner Fenster verrät seinen Bauplan in großen Zügen schon durch das Kartenbild. Demgemäß handelt es sich um eine Aufwölbung, eine mächtige Antiklinale mit einer NE—SW streichenden Gewölbeachse. Dies beschrieb W. HAMMER (1914) und beobachtete ein beiderseitiges, im großen und ganzen regelmäßiges Schichtfallen zu den Rändern hinab. Der Bau des Fensters ist insofern asymmetrisch (zuletzt W. MEDWENITSCH 1962), als am E-Rand Ötztalkristallin auf weite Strecken direkt der tieferen penninischen Einheit aufliegt, während die höheren tektonischen Einheiten im SE und auf der gesamten W- und NW-Seite des Fensters tektonisch eingeschuppt wurden. Die Verbreitung der Serien kann am besten der Tafel I entnommen werden. Sie wurde nach

Abschluß der Dissertationsarbeiten von F. H. UCIK und I. THUM (1966), unter Einbeziehung der von W. MEDWENITSCH (1954) und G. MÜLLER (1953) aufgenommenen Gebiete, angefertigt.

### Die Lagerungsverhältnisse

Die folgenden Ausführungen gelten streng genommen nur für die Pfundser-Serie, also die tieferen penninischen Bündnerschiefer. Da die darüberliegenden Serien aber praktisch dieselben Lagerungsverhältnisse aufweisen, kann man die Gefügedaten der Pfundser-Serie als für den gesamten Fensterinhalt gültig ansehen.

Die gemessenen Gefügedaten ergaben nach ihrer statistischen Auswertung auf der Lagenkugel folgendes Bild: Im meßbaren Kleinbereich erhält man zwei deutliche Maxima von Faltenachsenrichtungen. Die erste schart um die E—W-Richtung und fällt durchschnittlich unter  $5^{\circ}$ — $10^{\circ}$  nach beiden Richtungen ein. Die maximalen Einfallswinkel erreichen aber Werte bis gegen  $50^{\circ}$ . Die zweite Richtung verläuft SE—NW, mit einem Streuwert  $\pm 10^{\circ}$  und einem durchschnittlichen Einfallen der Achsen zwischen  $30^{\circ}$ — $60^{\circ}$ , ebenfalls nach beiden Seiten. Diese Richtung tritt im Gelände häufig als Lineation auf den Schichtflächen auf.

Nach der Lage der Schichtflächen zu schließen, die relativ konstant nach NW bzw. SE einfallen, wäre die theoretisch zu erwartende Achsenhaupttrichtung allerdings SW—NE und damit mit der Gewölbeachse ident. Tatsächlich findet man diese Richtung im Gelände nur selten, ein Umstand, der schon H. P. CORNELIUS (1942) aufgefallen war und von O. SCHMIDEGG (1964) bestätigt wurde. Außerdem streut diese Achsenrichtung bei durchwegs flachem Einfallen stark um die SW-NE-Streichrichtung. Sie verhält sich dadurch genau gegensätzlich zu den beiden anderen Achsenrichtungen, die bei relativ konstantem Streichen große Unterschiede ihrer Einfallswerte erkennen lassen. Es resultiert daraus mit einiger Wahrscheinlichkeit ein älterer E-W- bzw. NW-SE-Achsenplan, der durch die Aufwölbung des Fensters um eine NE-SW streichende Gewölbeachse verschiedentlich steil gestellt wurde. Es kann daraus geschlossen werden, daß die erste noch ersichtliche Hauptbewegung eine S→N Beanspruchung war, wahrscheinlich eine intensive Durchfaltung im Sinne einer S→N gerichteten Überschiebungsverformung, deren Mechanismus sich in den E-W Achsen deutlich bis in den kleintektonischen Bereich abbildete. Ob die NW-SE streichende zweite Haupttrichtung eine etwas verdrehte  $B' \perp B$  Beanspruchung zum E-W Achsenplan darstellt oder von diesem unabhängig ist, kann ich nicht entscheiden. Sicher erscheint dagegen, daß die Fensteraufwölbung selbst ein relativ „ruhiger“ Vorgang war, der zu einem Zeitpunkt stattfand, als das Oberostalpin schon über das Pennin gefahren war und das Fenster möglicherweise schon wieder in einer Schwächezone freilag (Erosionsfenster). Es wäre so am leichtesten erklärbar, warum diese zweifellos jüngste Achsenrichtung nicht im Kleinbereich abgebildet wurde.

Damit komme ich zu prinzipiell ähnlichen Resultaten wie W. NABHOLZ & G. VOLL (1963), die vom gotthardmassivischen Mesozoikum her kommend in der Umgebung von Nauders vergleichende tektonische Studien durchführten. Mit Hilfe verschiedener Schieferungen und Streckungen unterschieden sich mehrere Faltungsphasen, wobei aber als letztes Ereignis ebenfalls eine Faltung um flache NE streichende Achsen stattgefunden haben soll.

#### Verzeichnis der zitierten Literatur:

- Blankenburg, H. I. & Jagusch, K. H. (1964): Mögliche Fehler bei Schwermineraluntersuchungen. Ztschr. angew. Geol. 10/12, 640—650.
- Bouma, H. (1962): Sedimentology of some Flysch Deposits. Elsevier Publ. Co., Amsterdam.
- Cadisch, J. (1932): Die Schichtreihe von Ardez (Steinsberg) im Unterengadiner Fenster. *Eclogae geol. Helv.* 25/1, 17—22.
- (1948): Unterengadin — Samnaun. Schweizer Alpenposten. PTT, Bern.
- (1950): Prätigauer Halbfenster und Unterengadiner Fenster, ein Vergleich. *Eclogae geol. Helv.* 43/2, 172—180.
- (1953): Geologie der Schweizer Alpen. Zweite Auflage, Wepf & Co., Basel.
- Cadisch, J., Eugster, H. & Wenk, E. (1968): Erläuterungen zu Blatt Scuol-Schuls — Tarasp. *Geol. Atl. Schweiz* 1 : 25.000.
- Cornelius, H. P., (1942): Zur Kleintektonik im Unterengadiner Fenster (Ostalpen). *Berichte des Reichsamtes für Bodenforschung*, 1—3.
- Frasl, G., (1963): Die mikroskopische Untersuchung der akzessorischen Zirkone als eine Routinearbeit des Kristallingeologen. *Jb. G. B. A. Wien* 106, 405 bis 428.
- Füchtbauer, H., (1954): Transport und Sedimentation der westlichen Alpenvorlandmolasse. *Heidelb. Beitr. Min. Petr.* 4/1, 26—53.
- Gasser, U., (1966): Sedimentologische Untersuchungen in der äußeren Zone der subalpinen Molasse des Entlebuch (Kt. Luzern). *Eclogae geol. Helv.* 59/2, 723—772.
- (1967): Erste Resultate über die Verteilung von Schwermineralien in verschiedenen Flyschkomplexen der Schweiz. *Geol. Rdsch.* 56/1, 300—308.
- Hammer, W., (1914): Das Gebiet der Bündnerschiefer im tirolischen Oberinntal. *Jb. G. R. A. Wien*, 64, 441—566.
- (1922, 1923): Geologische Spezialkarte der Republik Österreich, Blatt Landeck und Nauders, mit Erläuterungen. G. B. A. Wien.
- Hoppe, G., (1963): Die Verwendbarkeit morphologischer Erscheinungen an akzessorischen Zirkonen für petrogenetische Auswertungen. *Abh. d. Deutschen Ak. Wiss. Berlin, Kl. Bergb., Httw. u. Mont. Geol.*, Nr. 1.
- Jäckli, H., (1941): Geologische Untersuchungen im nördlichen Westschams (Graubünden). *Eclogae geol. Helv.* 34/1, 17—105.
- Klätly, L., (1957): Geologie der Stammerspitze: Untersuchungen im Gebiete zwischen Val Sinestra, Val Fenga und Samnaun (Unterengadin). *Eclogae geol. Helv.*, 50/2, 323—467.
- Kristan-Tollmann, E., (1962): Stratigraphisch wertvolle Foraminiferen aus Obertrias- und Liaskalken der voralpinen Fazies bei Wien. *Erdölzeitschrift*, 78. Jg., April.
- Kuenen, Ph. H. & Migliorini, C. I., (1950): Turbidity currents as a cause of graded bedding. *J. Geol.* 58, 91—127.
- Matter, A., (1964): Sedimentologische Untersuchungen im östlichen Napfgebiet. *Eclogae geol. Helv.* 57/2, 315—428.
- Medwentsch, W., (1954): Das Unterengadiner Fenster und sein Rahmen. Unveröff. Habilitationsschrift. Univ. Wien.
- (1962): Zur Geologie des Unterengadiner Fensters (österreichischer Anteil). *Eclogae geol. Helv.* 55/2, 460—468.

- Müller, G., (1953): Beiträge zur Tektonik der Ötztaler Alpen. Unveröff. Diss. Univ. Wien.
- Nabholz, W., (1945): Geologie der Bündnerschiefergebirge zwischen Rheinwald, Valsler- und Safiental. *Eclogae geol. Helv.* 38/1, 1—120.
- Nabholz, W. & Völl, G., (1963): Bau und Bewegung im gotthardmassivischen Mesozoikum bei Ilanz (Graubünden). *Eclogae geol. Helv.* 56/2, 755—808.
- Nänny, P., (1946): Neuere Untersuchungen im Prätigauflysch. *Eclogae geol. Helv.* 39/2, 115—132.
- (1948): Zur Geologie der Prätigauschiefer zwischen Rhätikon und Plessur. Diss., Univ. Zürich.
- Niedermayr, G., (1966): Beiträge zur Sedimentpetrographie des Wienerwald-Flysches. *Verh. G. B. A. Wien*, 1/2, 106—141.
- (1967): Die akzessorischen Gemengteile von Gföhler Gneis, Granitgneis und Granulit im niederösterreichischen Waldviertel. *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, 70, 19—27.
- Oberhauser, R., (1968): Beiträge zur Kenntnis der Tektonik und der Paläogeographie während der Oberkreide und dem Paläogen im Ostalpenraum. *Jb. G. B. A. Wien*, 111, 115—145.
- Paulcke, W., (1912): Führer zu geologischen Exkursionen in Graubünden und in den Tauern, III Unterengadin. *Geol. Rdsch.* 3/5—6, 438—449.
- Pettijohn, F. J., (1957): *Sedimentary Rocks* (2nd ed.). Harper, New York.
- Poldervaart, A., (1955): Zirkons in Rocks. I. *Sedimentary Rocks. Am. J. Sci.* 253, 433—461.
- Prey, S., (1968) Probleme im Flysch der Ostalpen. *Jb. G. B. A. Wien*, 111, 147 bis 174.
- Schmidegg, O., (1964): Geologische Verhältnisse im Bereich des Kaunertalkraftwerkes der TIWAG. *Geol. Führer zur Exkursion durch die Ostalpen. Mitt. Geol. Ges.* 57/1, 114—116.
- Staub, R. & Cadisch, J., (1921): Zur Tektonik des Unterengadiner Fensters. *Eclogae geol. Helv.* 16, 223—258.
- Staub, R., (1924): Der Bau der Alpen. Versuch einer Synthese. *Beitr. geol. Karte Schweiz. (NF)* 52.
- Streiff, V., (1962): Zur östlichen Beheimatung der Klippendecken. *Eclogae geol. Helv.* 55/1, 77—134.
- Thum, I., (1966): Zur Geologie des Unterengadiner Fensters (im Raume Spiss—Nauders/Oberinntal). Unveröff. Diss. Univ. Wien.
- Torricelli, G., (1956): Geologie der Piz Lad — Piz Ajüz — Gruppe Unterengadin. *Jb. Naturf. Ges. Graubündens*, 85.
- Trümpy, R., (1960): Paleotectonic Evolution of the Central and Western Alps. *Bull. geol. Soc. Am.* 71/6, 43—908.
- (1965): Zur Einordnung der Vorarlberger und Allgäuer Flyscheinheiten in der alpinen Geosynklinale. Unveröff. Vortragsmanuskript zum 65. Geb. Max Richter, Freie Univ. Berlin.
- Ucik, F. H., (1966): Zur Geologie der nördlichen und östlichen Umgebung von Pfunds im Ob. Inntal/Tirol (Unterengadiner Fenster). Unveröff. Diss. Univ. Wien.
- Woletz, G., (1950): Schwermineralanalysen von klastischen Gesteinen aus dem Bereich des Wienerwaldes. *Jb. G. B. A. Wien*, 94, 167—194.
- (1963): Charakteristische Abfolgen der Schwermineralgehalte in Kreide- und Alttertiär-Schichten der nördlichen Ostalpen. *Jb. G. B. A. Wien*, 106, 89 bis 119.
- (1967): Schwermineralvergesellschaftungen aus ostalpinen Sedimentationsbecken der Kreidezeit. *Geol. Rdsch.* 56, 308—320.
- Ziegler, W., (1956): Geologische Studien in den Flyschgebieten des Oberhalbsteins (Graubünden). *Eclogae geol. Helv.* 49/1, 1—78.

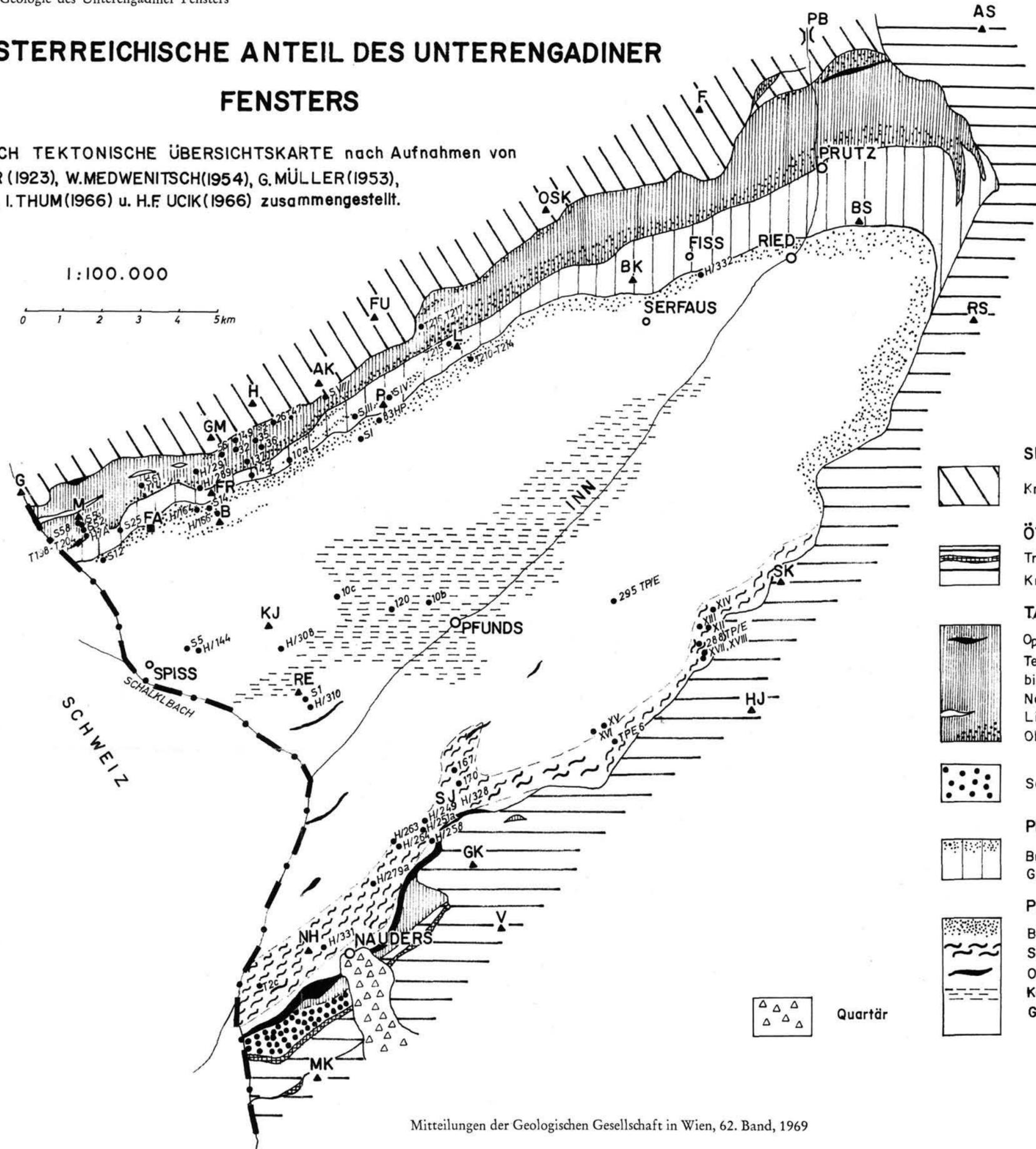
# DER ÖSTERREICHISCHE ANTEIL DES UNTERENGADINER FENSTERS

GEOLOGISCH TEKTONISCHE ÜBERSICHTSKARTE nach Aufnahmen von W. HAMMER (1923), W. MEDWENITSCH (1954), G. MÜLLER (1953), G. ORTNER, I. THUM (1966) u. H.F. UCIK (1966) zusammengestellt.

1:100.000



- AK Arrezkopf
- AS Aifenspitze
- B Blauwand
- BK Beutelkopf
- BS Burgschrofen
- F Frommes
- FA Fliesser Alp
- FR Frudiger
- FU Furgler
- G Grübelekar
- GK Geisspleiskopf
- GM Gmeirer
- H Hexenkopf
- HJ Hochjoch
- KJ Kreuzjoch
- L Lazid
- M Malfrag
- M Mutzkopf
- NH Norbertshöhe
- OSK Ob. Sattelkopf
- P Pezid
- PB Pontlatzer Brücke
- RE Rauhes Eck
- RS Roter Schrofen
- SJ Saderer Joch
- SK Serneskopf
- V Valdafürkopf
- Staatsgrenze



- SILVRETTA-DECKE**  
Kristallin
- ÖTZTAL-DECKE**  
Trias  
Kristallin
- TASNA-DECKE**  
Ophiolitzüge  
Tertiär  
bis  
Neokom  
Lias in Steinsberger Fazies  
Ob. Karbon-Lias : Prutzer Entwicklung
- Serpentin fraglicher text. Stellung
- PEZID-SERIE (=ZONE v. CHAMPATSCH, penninisch)**  
Bunte Bündnerschiefer  
Graue Bündnerschiefer
- PFUNDSEER-SERIE (penninisch)**  
Bunte Bündnerschiefer  
Saderer Joch-Serie  
Ophiolithe  
Kalkglimmerschiefer  
Graue Bündnerschiefer i.a.
- Quartär

Graphische Darstellung der Ergebnisse der Schwermineralanalysen.

TASNA-DECKE

PENNINIKUM

Tasnaflysch

höhere Schiefer der "PRUTZER SERIE"

Bunte Bündnerschiefer

Bündnerschf. Kreide  
v. RASCHVELLA

Saderer Joch-Serie

Graue Bündnerschiefer

