

Zur Stratigraphie und Tektonik der Schieferhülle der westlichen Hohen Tauern

Zwischenbericht und Diskussion über Arbeiten auf Blatt Lanersbach, Tirol

VON OTTO THIELE

Mit 1 Abbildung

Inhalt

Abstract

Zusammenfassung

Vorwort

- I. Unstimmigkeiten in den stratigraphischen und tektonischen Auffassungen.
- II. Behandlung der strittigen Probleme.
 1. Das Alter des Höllenstein-Gneises.
 2. Die Stratigraphie der parautochthonen jungen Schieferhülle.
 3. Die Stratigraphie der Porphyrmaterialschiefer-Schuppe.
 4. Parautochthone Schieferhülle penninisch?
 5. Grüne Metaarkosen vom Typ Kaiserbründl-Permoskyth?
 6. Die tektonische Stellung der Sauwand und Gschößwand.
 7. Zur tektonischen Gliederung der Tauernschieferhülle.

Literatur

Abstract

The author points out some stratigraphic and tectonic problems of the western Hohen Tauern and explains the following opinion: The Mesozoic series of the western Hohen Tauern can be divided into two facies units. First, the Hochstegen Fazies which is characterized by only sporadic development of Triassic and Lower Jurassic meta-sediments, thick series of Upper Jurassic dolomitic limestone marbles (Hochstegenkalk), thereupon a sequence of metaarkoses, breccias, quartzites, and phyllites (Kaserer Serie). This facies development is somewhat similar to the Helvetian Facies of the Swiss Alps. It is restricted to the par-autochthonous series of the Schieferhülle and the Porphyrmaterialschiefer-Schuppe. Second the Bündnerschiefer Fazies with (?) Lower Triassic quartzite, (?) Middle Triassic dolomite and limestone marbles, thick series of metaarkoses (? Upper Triassic?), and the Bündnerschiefer-Serie which consist of dark phyllites, calcareous shists, -phyllites, -quartzites, and intercalations of green-shists (Lower Jurassic to Lower Cretaceous?). This facies is a true Penninic one

and is developed within the allochthonous series of the Schieferhüllnappe system.

The Triassic series of the Sauwand and Gschößwand which have been taken for Unter-Ostalpin by other authors are considered to belong to the Penninic nappe system.

Zusammenfassung

Einander widersprechende Ansichten zur Stratigraphie und Tektonik der westlichen Hohen Tauern werden gegenübergestellt und diskutiert. Dazu die Meinung des Autors: Bei der mesozoischen Schieferhülle der westlichen Hohen Tauern lassen sich zwei Faziesbereiche unterscheiden. 1. Die Hochstegenfazies, die gekennzeichnet ist durch nur sporadisches Auftreten triassischer bis tiefjurassischer Sedimente, aber durch mächtige, zum Teil dolomitische Kalke des Oberjuras (Hochstegenkalk) und eine darüberfolgende (jüngere) grobklastische Serie mit Metaarkosen, Breccien, Chlorit-, Serizit- und Schwarzphylliten und Quarziten (Kaserer Serie). Diese Fazies weist Anklänge an den helvetischen Faziesbereich auf und umfaßt die paraautochthone Schieferhülle und Porphyrmaterialschiefer-Schuppe. 2. Die Bündnerschiefer-Fazies mit hellem (?) Skythquarzit, Dolomiten und Kalken der (?) Mitteltrias, mitunter mächtig werdende grüne (z. T. auch graue) Metaarkosen fraglichen Alters (Obertrias??) und der Bündnerschiefer-Serie mit Schwarzphylliten, Kalkglimmerschiefern, Karbonatquarziten und Kalkphylliten mit Einschaltungen von Prasiniten und Grünschiefern, stellenweise auch Quarziten (Lias bis Unterkreide?). Diese Fazies ist eine echt penninische und umfaßt den Bereich der fernüberschobenen Schieferhülle (Schieferhüll-Decke).

Die Triasfolgen der Sauwand und Gschößwand, von anderen Autoren als Unterostalpin angesprochen, werden der penninischen Schieferhülle zugeordnet. Die Existenz einer „Decke der Unteren Schieferhülle“ wird bezweifelt und auf Schwierigkeiten bei tektonischen Vergleichen mit den mittleren Hohen Tauern hingewiesen.

Vorwort

Im Rahmen der Geologischen Bundesanstalt bin ich seit Jahren mit geologischen Aufnahmen auf Blatt Lanersbach beschäftigt, wobei vorerst der Schwerpunkt der Kartierung auf die Schieferhüllanteile dieses Abschnittes der westlichen Hohen Tauern gelegen ist. Die Arbeiten schritten bisher infolge der Kürze der jährlich zur Verfügung stehenden Zeit nur langsam voran und gestatten zur Zeit noch keine detaillierte und abschließende Darstellung, doch haben sich im Laufe der Arbeiten einige wesentliche neue, von den bisherigen stratigraphischen und tektonischen Auffassungen oft stark abweichende Gesichtspunkte ergeben (siehe Aufnahmsberichte, THIELE, 1963, 1967, 1969).

Inzwischen sind aus dem Geologischen Institut der Universität Wien unter Anleitung von Herrn Professor Dr. CH. EXNER zwei Dissertationen mit Detailkartierungen aus dem auch durch mich in Bearbeitung stehenden Gebiet erschienen (W. FRISCH, 1968 und 1969, V. HÖCK, 1969). Zusammen mit der Kartierung von

E. KRISTAN-TOLLMANN (1962) liegen damit drei neue, in sich geschlossene Arbeiten vor, die die Kenntnis der Schieferhülle der westlichen Hohen Tauern gegenüber der letzten übersichtlichen Gesamtdarstellung (B. SANDER, 1920) wesentlich bereichern *).

Jeweils für sich allein betrachtet ist jede dieser drei obengenannten Arbeiten gute Kartierungsarbeit mit durchdachter stratigraphischer und tektonischer Interpretation. Trotzdem lassen sie sich — auch wenn man die Lücken, die zwischen den drei Kartierungsbereichen offengeblieben sind, auskartiert — nur schwerlich zu einem einheitlichen geologischen Gesamtbild zusammenfügen, es sei denn, man nimmt einige wesentliche Uminterpretationen vor. Es soll daher versucht werden, auf Grund der Kartierungserfahrung aus dem Gesamtbereich des Kartenblattes Lanersbach zu einer großräumigeren Schieferhüllen-Gliederung zu kommen. Betont muß aber nochmals werden, daß die geologische Bearbeitung des Kartenblattes Lanersbach noch im Fluß ist. Die weitere Bearbeitung mag manches heute noch offene Problem klären. Trotzdem erscheint mir diese „Teilbilanz“ notwendig, weil sich gerade in der letzten Zeit die Geologie der westlichen Hohen Tauern zunehmender Beliebtheit erfreut. Geologen und Petrographen von gut einem Dutzend in- und ausländischer Institute und Institutionen arbeiteten im heurigen Sommer im Kartenblattbereich Lanersbach!

I. Unstimmigkeiten in den stratigraphischen und tektonischen Auffassungen

Zuerst soll auf die Unstimmigkeiten, die sich aus dem Vergleich der Meinungen der vier Autoren FRISCH, HÖCK, KRISTAN-TOLLMANN und THIELE ergeben, hingewiesen werden. Damit werden zugleich die in dieser Arbeit zur Behandlung kommenden Probleme aufgezeigt.

Übereinstimmung besteht bezüglich der Beurteilung der Orthozentralgneise des Tuxer Hauptkammes, welche an vielen Stellen die Unterlage der parautochthonen mesozoischen Serien bilden. Sie werden von FRISCH wie THIELE als voralpine, höchstwahrscheinlich variszische Intrusivgesteine aufgefaßt. Auch HÖCK nimmt offenbar das voralpidische Alter der Orthozentralgneise als gesichert an, da er in diesem Zusammenhang sogar die Bezeichnung „Altkristallin“ verwendet. Meinungsverschiedenheiten gibt es jedoch in der Deutung des Höllensteingneises, eines kleinen, tauchfaltenartig nach Norden vorgewanderten Teils des voralpinen Untergrundes. Während FRISCH die Knollengneise des Höllensteins mit den weiter südlich anstehenden Geröllgneisen in Verbindung bringt, diese aber wegen der von ihm beobachteten Intrusivkontakte mit Orthozentralgneis und lithologischer Argumente als altpaläozoisch anspricht, vergleicht HÖCK die westliche Fortsetzung der Höllensteingneise mit der Wustkogelserie G. FRASLS (1958) und sieht sie permoskythisch an. THIELE nahm bisher zur Altersfrage dieser Gesteine keine Stellung.

*) Auf die Arbeit von H. WENGER, der 1964 unter anderem eine geologisch-tektonische Übersichtsskizze der Umgebung der Tuxer Lagerstätte bringt, soll im Folgenden nicht näher eingegangen werden; ihr Schwerpunkt liegt auf mineralogisch-lagerstättenkundlichem Gebiet.

Differenzen von größerer Tragweite bestehen in der Alterseinstufung der Karbonatgesteine der parautochthonen Schieferhülle. FRISCH verwendet für die Kalkmarmore der „Hochstegenlage“ B. SANDERS (1920) ebenso wie für die des nördlichen Höllensteins und des Schmittenberges den alteingeführten Namen Hochstegenkalk, bezeichnet ihre dolomitischen Anteile Hochstegendolomit und stuft beides zusammen, dem Fossilfund bei Hochstegen entsprechend (R. v. KLEBELSBERG, 1940, G. MUTSCHLECHNER, 1956) oberjurassisch ein. Die quarzitischen Bildungen an der Basis des Hochstegenkalkes deutet er als Lias. HÖCK hingegen belegt die unmittelbare Fortsetzung der Schmittenberg-Marmore mit dem neutralen Namen „Karbonatgesteinsserie des Zuges Schmittenberg—Lärmstange—Kleiner Kaserer“, spricht sich aber für ein untermitteltriadisches Alter der Kalkmarmore der Lärmstange aus. Über den — wie er meint — untermitteltriadischen Kalkmarmoren scheidet HÖCK eine schwächige Serie von Chloritphylliten, Quarzphylliten, Quarzitschiefern und Dolomit aus, die er, auf Grund lithologischer Vergleiche mit entsprechenden Abfolgen in der Glocknergruppe und in den Schweizer Alpen als Obertrias anspricht. Darüberfolgende Metaarkosen, Schwarzphyllite, Quarzite und Dolomitbreccien — ein Teil der „Tuxergrauwacken“ B. SANDERS (1911, 1920) — deutet er jurassisch. THIELE aber hält auch die Kalkmarmore der Lärmstange, der Frauenwand, des Kleinen Kaserers usw. für oberjurassischen Hochstegenkalk, die darüberfolgenden Metaarkosen, Phyllite, Breccien usw. („Kaserer Serie“ HÖCKs) für (höchst- bis) nachjurassisch. In gleicher Weise gliedert THIELE (1967) auch seine Porphyrmaterialschiefer-Schuppe, ein tektonisches Element über der \pm autochthonen Schieferhülle, das sich aus der Gerlos herüber bis zur Wechselscharte nördlich des Höllensteins verfolgen läßt: Porphyrmaterialschiefer (etwa ein Äquivalent des Höllensteingneises), darauf relativ schwächig Hochstegenkalk und darüber eine Phyllit-Arkose-Breccienserie, die stratigraphisch der Kaserer Serie entspräche, also (höchst- bis) nachjurassisch wäre. In diesen Punkten kommt THIELE jedoch in Widerspruch zu FRISCH, der sich dagegen wehrt, in den Marmoren auf dem Porphyrmaterialschiefer Hochstegenkalk zu sehen, wohl deshalb, weil er die darüberfolgende Schiefer-Breccienserie, seine „Unteren Bündner Schiefer“, in den unteren Jura stellt. — THIELE verfolgte den Porphyrmaterialschiefer samt seiner Hochstegenkalkbedeckung und den darüberfolgenden Schiefen und Breccien weiter ins Profil von Astegg. Hier kommt er aber in Konflikt mit der Meinung von KRISTAN-TOLLMANN, die wohl den Marmor über dem Porphyrmaterialschiefer als oberjurassischen Hochstegenkalk ansieht, die darüberfolgenden Schiefer, Arkosen und Breccien jedoch tektonisch von ihrer Marmor-Unterlage trennt und, wie FRISCH im Tuxertal, als vorwiegend unterjurassische Bündner Schiefer anspricht.

Ein weiteres wichtiges Problem bildet die Einstufung der grünen Arkosegneise vom Zug Kaiserbrünnl—Tettensjoch. FRISCH und HÖCK sprechen diesen Gesteinszug einhellig als Wustkogelserie, also als Perm bis Untertrias an. Auch THIELE nahm bis 1967 dasselbe Alter an, doch kamen ihm seither Bedenken. — Wichtiger als die stratigraphische Einstufung ist bei diesem Zug jedoch ein tektonischer Aspekt. FRISCH, HÖCK und THIELE sind sich sicher, daß dieser Gesteinszug ein penninisches Schichtglied, ein Schichtglied der fernüberschobenen

Schieferhülle darstellt. Nach meinen Kartierungen ist es jedoch ebenso sicher, daß, wie schon B. SANDER (1920), H. DIETIKER (1938), F. ANGEL und P. WEISZ (1953) und H. WENGER (1964) zum Ausdruck brachten, die Arkosegneise vom Kaiserbrünnl—Tettensjoch sich nach Osten hin in die grünen Arkosegneise von der Rieserdristen, vom Astegger Wald usw. fortsetzen, wo sie von KRISTAN-TOLLMANN als alpiner Verrucano sowie Quarzit und Quarzitschiefer kartiert und zum Unterostalpin gestellt wurden. — Das gleiche wie für die grünen Arkosegneise gilt für die triadischen Dolomite, Kalke und Rauhwacken, die sie begleiten. Die nach KRISTAN-TOLLMANN sowie A. TOLLMANN (1961, 1963) unterostalpinen Trias-Karbonate der Sauwand und der Gschößwand entsprechen nach meinen Aufnahmen tektonisch den Karbonatgesteinszügen von der Röt wand beziehungsweise Kopfwand, die nach FRISCH und THIELE zum Penninikum gerechnet werden müssen.

II. Behandlung der strittigen Probleme

1. Das Alter des Höllensteingneises

Die erste umstrittene Frage, die stratigraphische Einstufung des Höllensteingneises beziehungsweise seiner westlichen Fortsetzung (Rauheck usw.) möchte ich vorläufig offen lassen. Die Auffassung FRISCHS, daß die Geröllgneise der Real Spitze, die Knollen- und Grauwackengneise des Höllensteins usw., sowie wahrscheinlich auch die „Porphyrmaterialschiefer“ sich ungefähr stratigraphisch entsprechen, teile ich. Hingegen scheint mir das altpaläozoische Alter dieser Gneise noch nicht völlig gesichert. Die Beobachtung FRISCHS von ausgewalzten Flatschen von Porphyrganit-Charakter, die er als ehemalige Granitgänge in den Paragneisen deutet, sind wohl wichtige Anhaltspunkte, doch halte ich sie nicht für so eindeutig, um darauf Alterseinstufungen aufbauen zu können. (Man denke nur an die „Aplite“ im Silbereckmarmor!) — Die Einstufung des Höllensteingneises bzw. seiner westlichen Fortsetzung als Wustkogelserie (Permoskyth) durch Höck scheint mir ein wenig gewagt, denn, auch falls sich diese Paragesteinsserie als jünger als der „Tuxer Porphyrganit“ herausstellen sollte, könnte es sich dabei immer noch um ehemalige Karbongrauwacken handeln.

2. Die Stratigraphie der parautochthonen jungen Schieferhülle

Von großer regionaler und prinzipieller Bedeutung ist die stratigraphische Gliederung der parautochthonen jungen Schieferhülle. Hier ist das zentrale Problem das Alter des Hochstegenkalkes ¹⁾ beziehungsweise die Frage, was man alles als gesicherten Hochstegenkalk ansehen darf. Bekanntlich wurde 1940 in einem Block eines grauen Dolomitmarmors, der nach Zeugnis aller beteiligter Personen aus dem Steinbruch bei Hochstegen stammt, ein erstaunlich gut erhaltenes Exemplar eines Perisphincten gefunden, der die Datierung des Gesteins

¹⁾ Der Name Hochstegenkalk wird hier und im Folgenden vereinfachend für „Hochstegenkalk + Hochstegendolomit“ verwendet.

als unterer Malm gestattet (R. v. KLEBELSBERG, 1940). Anfänglich wurde die Beweiskraft dieses Fossilfundes von Geologen der Wiener Schule (O. THIELE, 1951, E. KUPKA, 1956) mißachtet und der Hochstegenkalk den Ansichten früherer Autoren (P. BLESER, 1934, H. DÜNNER, 1934, H. DIETIKER, 1938) folgend als triadische Ablagerung angesehen. Seit dem Eintreten G. MUTSCHLECHNERS (1956) für die Bedeutung des Perisphinctenfundes, und nachdem sich auch eine Gruppe Wiener Geologen von der petrographischen Identität des Ammoniten-Muttergesteins in der Innsbrucker Sammlung mit dem Gestein des Steinbruchs bei Hochstegen an Ort und Stelle überzeugt haben (A. TOLLMANN, 1963, S. 116), wird das oberjurassische Alter des Hochstegenkalkes vom locus typicus kaum mehr angezweifelt. So verstehen E. KRISTAN-TOLLMANN, W. FRISCH und O. THIELE in ihren Arbeiten auf Blatt Lanersbach unter dem Begriff Hochstegenkalk \pm dolomitische Kalke oberjurassischen Alters.

Eigene Wege geht HÖCK. Er vermeidet für die \pm dolomitischen Kalkmarmore des Zuges Schmittenberg—Lärmstange—Kleiner Kaserer—Kahlwand, die von alters her zum Hochstegenkalk gerechnet werden (B. SANDER, 1911, 1920, P. BLESER, 1934, H. DÜNNER, 1934), den alteingeführten Namen. Er kartiert im Hangenden obiger Kalkmarmore eine „Serie der Chloritphyllite“ (Chlorit-Phyllite, Chlorit-Quarzite, graue Quarzphyllite, Kalkphyllite, verbunden mit hellen Dolomiten oder Kalken, häufig auch Rauhacken) aus. Und die Tatsache, daß diese Gesteinsgesellschaft auffallende Ähnlichkeit mit obertriadisch eingestuftem Gesteinsserien der Glocknergruppe und der Schweizer Alpen („Quartenschiefer“) zeigt, andererseits aber mit den unterlagernden Kalkmarmoren sichtlich in normal-stratigraphischem Verband steht, ist ihm Grund genug, an ein untermitteltriadisches Alter der Kalkmarmore zu denken.

Aus eigener Anschauung kann ich den Bericht Höcks über die auffallende Ähnlichkeit seiner Chloritphyllitserie mit den „Quartenschiefern“ im Glocknergebiet und im Schweizer Ultrahelvetikum bestätigen. Bestätigen kann ich ferner, daß nach Feldbefund ein primärer Sedimentationsverband zwischen den Kalkmarmoren der Lärmstange—Kleiner Kaserer mit Höcks Chloritphyllitserie sowie der Kaserer Serie (Metaarkosen, Phyllite, Breccien) besteht. Bestätigen kann ich die weitgehende Ähnlichkeit dieser Kaserer Serie mit den liassisch eingestuften Metaarkosen, Karbonatquarziten, Schieferen und Breccien der Brennkogelserie im Glocknergebiet sowie mit den früher auch von mir als Lias angesprochenen Breccienserien in der Gerlos. Über diese Punkte habe ich bereits unabhängig und unbeeinflusst von Höcks Arbeit berichtet (1963, 1967). Während jedoch Höck seine Chloritphyllitserie als Leithorizont verwendet und die Stratigraphie der parautochthonen Schieferhülle rein auf lithologische Vergleiche aufbaut, halte ich es für richtiger, den paläontologisch datierten Hochstegenkalk als Angelpunkt für die stratigraphische Gliederung zu nehmen. Es war nämlich schon seit den Aufnahmen von B. SANDER (1920) klar, daß der Hochstegenkalk vom locus typicus zusammenhängend bis zum Griererkar zu verfolgen ist. Die Aufnahmen von FRISCH sowie (für die Lücke zwischen Hochstegen und der FRISCHSchen Kartierung) meine eigenen Feldbeobachtungen bestätigen das. Weiters konnte FRISCH überzeugend darstellen, daß auch der Schmittenbergmarmor, den SANDER (1920) noch als eigene Schmittenberglage von seiner Hochstegenlage abtrennt,

über die Stirn der Höllenstein-Tauchfalte mit dem Hochstegenkalk der „Hochstegenlage“ verbunden ist. Es sollte also jetzt kein Zweifel mehr bestehen, daß der Schmittenbergmarmor echter Hochstegenkalk ist. Und der Schmittenbergmarmor setzt sich, wie HÖCK auch selbst zeichnet, ohne Unterbrechung in die Marmore der Lärmstange, der Frauenwand, des Kleinen Kaserers, der Kahlwand fort.

Ich stimme mit HÖCK überein, daß die Folge Kalk- und Dolomitmarmor (unten) — Chloritphyllit+Kaserer Serie (oben) nur als aufrechte Schichtfolge zu deuten ist, denn die Basisbildungen des Hochstegenkalkes (bzw. der namenlosen Marmore der Lärmstange usw. HÖCKs) sind überall die gleichen. Und im Kartierungsgebiet von FRISCH liegen sie diskordant, in nur relativ leicht gestörtem Transgressionsverband dem Zentralgneis auf (SANDER, 1911, FRISCH, 1968).

Wenn der Hochstegenkalk aber oberer Jura ist, dann kann die darüberfolgende Chloritphyllit- und Kaserer Serie nicht obertriadisch beziehungsweise unterjurassisch, sondern nur höchster Jura oder noch jünger sein — auch wenn sie lithologisch noch so sehr obertriadischen, beziehungsweise unterjurassischen Serien ähneln. — Paläontologische Datierung geht vor lithologischem Vergleich!

3. Die Stratigraphie der Porphyrmaterialschiefer-Schuppe

Bei der stratigraphischen Gliederung der Porphyrmaterialschiefer-Schuppe sind wir jedoch leider mehr auf lithologische Vergleiche angewiesen. Allerdings lassen sich die Vergleichsserien aus nächster Nähe beziehen. Den Porphyrmaterialschiefer, der das unterste Glied dieser Schuppe bildet, möchte ich in stratigraphischer Hinsicht mit dem Höllensteingneis gleichsetzen, ganz gleich, ob dieser nun altpaläozoisch, jungpaläozoisch oder gar permotriassisch wäre. Die den Porphyrmaterialschiefer überlagernden Marmore sehe ich als Hochstegenkalk an. Darin stimme ich mit H. DIETIKER (1938), E. KUPKA (1956) und E. KRISTAN-TOLLMANN (1962) überein, wobei DIETIKER und KUPKA, ebenso wie THIELE, 1951, im Hochstegenkalk allerdings noch Trias sahen. Nur FRISCH glaubt in seinem Gebiet bei diesen Marmoren die Bezeichnung Hochstegenkalk vermeiden zu müssen und belegt sie mit dem nicht sehr glücklichen Namen „Liegendkalk“. Dazu ist zu sagen, daß diese Marmore alle bezeichnenden Merkmale des Hochstegenkalkes tragen. Die grauen, schlecht von den Kalkmarmoren trennbaren dolomitischen Anteile sind wieder da, ebenso die für den Hochstegenkalk überaus typischen hellen Hornsteinschnüre. Überdies zeigt der Marmor der Porphyrmaterialschiefer-Schuppe mit dem unbestrittenen Hochstegenkalk auch analoge Lagerungsverhältnisse. Beide überlagern voralpidisches Kristallin und FRISCH (1968) beschreibt sogar von der Kitzwand eine diskordante Auflagerung seines „Liegendkalkes“ auf dem Porphyrmaterialschiefer, das gleiche also, was wenige Kilometer entfernt zwischen dem ersten Hochstegenkalkzug und dem Orthozentralgneis zu beobachten ist.

Wenn damit außer Zweifel gestellt ist, daß die Marmore über dem Porphyrmaterialschiefer echter, das heißt oberjurassischer Hochstegenkalk sind, ergibt sich zwangsläufig für die darüberfolgende Serie mit Metaarkosen, Karbonatquarziten, Phylliten und Breccien (höchst- bis) nachjurassisches Alter. Diese Serie

(= Untere Bündnerschiefer bei FRISCH = Bündner Schiefer bei KRISTAN-TOLLMANN) ist ein Äquivalent der Kaserer Serie. Sie tektonisch von ihrer Unterlage, dem Hochstegenkalk, abzutrennen, wie es KRISTAN-TOLLMANN und vor ihr schon A. TOLLMANN (1961) gemacht haben, geht nicht an. Das Forscherpaar berücksichtigte dabei nicht die früheren Beobachtungen von H. DIETIKER (1938) und O. THIELE (1951), die damals schon in der Gerlos den Sedimentationsverband zwischen Hochstegenkalk und der Schiefer-Breccienserie (heute Kaserer Serie) erkannten. Auch die späteren Beobachtungen HÖCKs und THIELEs im Bereich Lärmstange—Kleiner Kaserer widersprechen dieser TOLLMANNschen Auffassung und auch FRISCH betont (1968, S. 326): „Der ‚Liegendkalk‘ und die ‚Unteren Bündner Schiefer‘ bilden mit den Porphyrmaterialschiefern eine tektonische Einheit.“ Als einzige Deutungsmöglichkeit, die allen Gegebenheiten Rechnung trägt, verbleibt also für die Porphyrmaterialschiefer-Schuppe eine aufrechte Schichtfolge: voralpines Kristallin, darauf Hochstegenkalk, gefolgt von einer (spät- bis) nachjurassischen Arkose-Schiefer-Breccienserie (Kaserer Serie). Diese Schichtfolge entspricht — wenn auch mit teilweise reduzierten Schichtmächtigkeiten — voll der Ausbildung der parautochthonen Schieferhülle und kann dem Bereich der Hochstegenfazies (A. TOLLMANN, 1961) zugeordnet werden.

4. Parautochthone Schieferhülle penninisch?

Bevor ich mit meinen Ausführungen den Faziesbereich der parautochthonen Schieferhülle verlasse, möchte ich zu diesem Themenkreis, ohne ins Detail oder in die Breite zu gehen, eine grundsätzliche Frage aufwerfen. Die Verhältnisse, die wir in diesem Bereich der westlichen Hohen Tauern antreffen, sind im Vergleich mit „typischem“ Penninikum recht absonderlich: das Auftreten eines voralpidischen Kristallinsockels mit mehr oder minder gut erhaltenen Transgressionsdiskordanzen der mesozoischen Serien, die extrem verkümmerte oder gänzlich fehlende Trias, der stark verkümmerte oder gänzlich fehlende tiefere und mittlere Jura, die relativ mächtigen (\pm dolomitischen) Oberjurakalke, das Fehlen der Prasinite. — Sollten wir diesen Faziesbereich nicht eher an den helvetischen Großraum anschließen?

5. Grüne Metaarkosen vom Typ Kaiserbründl = Permoskyth?

Ein interessantes, wenn auch nicht voll ausgegorenes Problem ist die stratigraphische Einstufung der grünen Metaarkosen vom Kaiserbründl, Tettensjoch usw., welche ein Schichtglied der allochthonen, der fernübershoben Schieferhülle sind. Bisher wurden diese, wenn überhaupt, einhellig als permotriadisch eingestuft. FRISCH und HÖCK verwendeten für sie sogar den im Großglocknergebiet eingeführten Namen Wustkogelserie (G. FRASL, 1958, G. FRASL und W. FRANK, 1964 usw.). Auch THIELE nahm noch 1967 ein permotriadisches Alter an. Seither begann ich an dieser Einstufung immer mehr zu zweifeln. Die grünen Metaarkosen treten nämlich mit Vorliebe dort auf, wo sie, falls sie permotriadisch wären, ihrer stratigraphischen Stellung nach nicht hingehörten. Meist sind sie nämlich nicht unterhalb der triadischen *²) Kalke und Dolomite anzutreffen, sondern

darüber, und mit auffallender Konstanz schalten sie sich zwischen den Triaskarbonaten und der wohl hauptsächlich jurassischen Bündnerschieferserie ein.

Dazu einige Beispiele: Im Profil von Astegg finden sich die grünen Metaarkosen im Hangenden der Sauwandtrias* und im Hangenden der Gschößwandtrias*, darüber folgen vermutlich unterostalpine Quarzite (überschoben). Im Profil Röt wand—Enterwald finden sie sich im Hangenden der Röt wandtrias* sowie im Hangenden der Kopfwand und bilden dort die Unterlage der Bündnerschieferserie. Auch nordwestlich von Madseit bilden sie die Unterlage der Bündnerschieferserie und scheinen — über feinkörnige graue Quarzite und einer Quarzit/Glimmermarmor-Wechselagerung — sedimentär in diese überzugehen. Im Profil über das Tuxer Joch Haus sind die Verhältnisse komplizierter, doch gehen die grünen Metaarkosen auch dort mit der Bündnerschieferserie zusammen, während die Hauptmasse der Trias* weiter im Süden anzutreffen ist (Weiße Wand usw.). Auch am Riepenkopf schalten sie sich im Hangenden der Trias* beziehungsweise im Liegenden der Bündnerschieferserie ein. Im Profil Kalte Herberge—Hoher Nopf schließlich sind die grünen Metaarkosen noch einmal im Hangenden der dort achsial nach Westen abtauchenden Trias* anzutreffen und ummanteln diese gegen die darüberfolgende Bündnerschieferserie.

Wenn man die grüne Arkoseserie weiterhin als permoskythisch ansehen wollte, müßte man sie stets von der darüberfolgenden Bündnerserie tektonisch abtrennen und in den meisten Triasabfolgen unseres Gebietes verkehrte Lagerung annehmen (V. HÖCK, 1969; F. KARL und O. SCHMIDEGG, 1964, Gerlostal). Für das erstere fehlen sichtbare tektonische Scherhorizonte und auch zum zweiten möchte ich mich nicht entschließen, da vielerorts (Riepenkopf, Schöberspitzen, Gschößwand, Sauwand usw.) heller, meist weißer Quarzit an der Basis der karbonatischen Trias sich als Skythquarzit anbietet.

Da nach den neueren Bearbeitungen (G. FRASL, 1958, E. KRISTAN-TOLLMANN, 1962³⁾, G. FRASL und W. FRANK, 1964, W. FRISCH, 1968) die Dolomite und Kalke der penninischen Trias in den Hohen Tauern größtenteils als Mitteltrias angesprochen werden können, würden die Lagerungsverhältnisse der grünen Metaarkosen vom Typus Kaiserbründl zwischen karbonatischer Trias und Bündnerschieferserie auf ein obertriadisches Alter hinweisen.

Mir ist bewußt, welche Schwierigkeiten sich bei Annahme eines obertriadischen Alters der grünen Arkoseserie ergeben. Zuerst einmal ist die Mächtigkeit, die diese Serie mitunter erreicht, für Keuperablagerungen ungewöhnlich. Weiters ließen die petrographischen Bearbeitungen dieser Serie (B. SANDER, 1947, F. KARL, 1951, W. FRISCH, 1968) Anteile von ehemaligen Quarzporphyren oder Quarzporphyrtuffen vermuten, die in die Obertrias nicht recht hineinpassen würden. Nach F. KARL kann jedoch nicht mit Sicherheit entschieden werden, ob es dabei um echte Porphyroide oder Metatuffite, oder aber um ein Sediment gehandelt

²⁾ Trias* steht hier und im Folgenden als Kurzform für „(?) Mitteltrias in dolomitisch-kalkiger Entwicklung“.

³⁾ Bezüglich der Arbeit von E. KRISTAN-TOLLMANN greife ich meiner Argumentation im folgenden Kapitel voraus.

hat, das aus einem Quarzporphyrareal Schüttung erhielt. Letzteres könnte man für ein Keupersediment ohneweiteres annehmen.

Ohne mich auf die Meinung festlegen zu wollen, stelle ich also hiemit das obertriadische Alter für die grüne Arkoseserie (Typ Kaiserbründl) zur Diskussion.

6. Die tektonische Stellung der Sauwand und Gschößwand

Was immer auch das Alter der obenbehandelten Metaarkosen sein sollte, so ist diese Serie sicher ein Bestandteil der penninischen Schieferhülle, da sie die Unterlage der mächtigen Bündnerschiefererien des Tuxer- und Schmirnertales bildet. Und ihr weithinanhaltender Gesteinscharakter ist eine große Hilfe für die Klärung der tektonischen Verhältnisse in den westlichen Hohen Tauern. Die Serie der grünen Metaarkosen läßt sich, wie schon H. DIETIKER (1938) schreibt, vom Tuxer Joch zusammenhängend über den Astegger Wald bis weit in die Gerlos hinein verfolgen. Der „alpine Verrucano“ sowie der „Quarzit und Quarzitschiefer“ E. KRISTAN-TOLLMANNs im Bereich von Rieserdristen, Astegger Wald, Lahner (S Penkenberg), sowie des Gschößberg-Fußes sind zur Hauptsache grüne Metaarkosen mit allen typischen Merkmalen des Zuges Kaiserbründl—Tettensjoch. KRISTAN-TOLLMANN stellt diese Metaarkosen aber zum Unterostalpin und zeigt an Hand einer Kartenskizze von A. TOLLMANN⁴⁾ (1960/61), wie dieses gegenüber den penninischen Serien abzugrenzen wäre. Für eine Trennbarkeit der grünen Arkoseserie vom Astegger Wald usw. von jener des Tettensjochs usw. läßt sich jedoch im Felde nicht der geringste Hinweis finden.

Bei der Mündung des Tuxeckbaches reichen die grünen Metaarkosen vom Westen her bis in den Talgrund des Tuxerbaches, wo das Anstehende unter einer mächtigen Bergrutschmasse verschwindet. Ostseitig des Bergrutschgebietes treten sie jedoch oberhalb von Freithof und a. a. O. in gleicher lithologischer Ausbildung und, wo nicht durch Sackung gestört, in gleichem Fallen und Streichen wieder hervor. Auch der geologische Verband ist beiderseits des Bergrutschgebietes analog:

auf der einen Seite (W) Profil Rötwand-Enterwald	auf der anderen Seite (E) Profil nördlich Freithof	Profil über Altenstall zum Penkenberg
Bündenerschieferserie	Bündenerschieferserie	Penken-Quarzit und mylonitische Schiefer
grüne Metaarkosen	grüne Metaarkosen
Triaskarbonate	Triaskarbonate
grüne Metaarkosen	grüne Metaarkosen	grüne Metaarkosen
Triaskarbonate	Triaskarbonate	Triaskarbonate
tektonische Reibungsbreccie	weißer Quarzit	
<hr/> Kaserer Serie der Porphyrmaterialschiefer-Schuppe	<hr/> Kaserer Serie der Porphyrmaterialschiefer-Schuppe	<hr/> Kaserer Serie der Porphyrmaterialschiefer-Schuppe

⁴⁾ An der mißglückten Grenzziehung zwischen Penninikum und Unterostalpin durch TOLLMANN bin ich insofern mitschuldig, als sich TOLLMANN dabei, von Osten kommend, unter anderem auf meine, nach dem heutigen Kenntnisstand revisionsbedürftige Dissertationsarbeit im Gerlostal (1951) stützt, bei welcher ich — ebenso wie E. KUPKA, 1954 — die Unterostalpin-Grenze viel zu weit südlich gezogen habe.

Im Profil vom Freithof schaltet sich also lediglich an der Basis der Trias der weiße (?Skyth-)Quarzit ein, der an der Röt wand tektonisch unterdrückt sein dürfte. Die Gesteine der Bündnerschiefer serie sind hier vor allem in Form von Sackungsmassen anzutreffen, erst in den höheren Almböden südwestlich des Penkenberges sind sie sicher anstehend zu finden. Die durch Einschaltung von Triaskarbonaten bedingte Zweiteilung der grünen Arkoseserie kann im Freithofer Profil mangels Aufschlüsse nicht nachgewiesen werden, tritt aber im Profil über den Altenstall zum Penkenberg wieder auf und ist bis zum östlichen Kartenrand des Blattes Lanersbach zu beobachten.

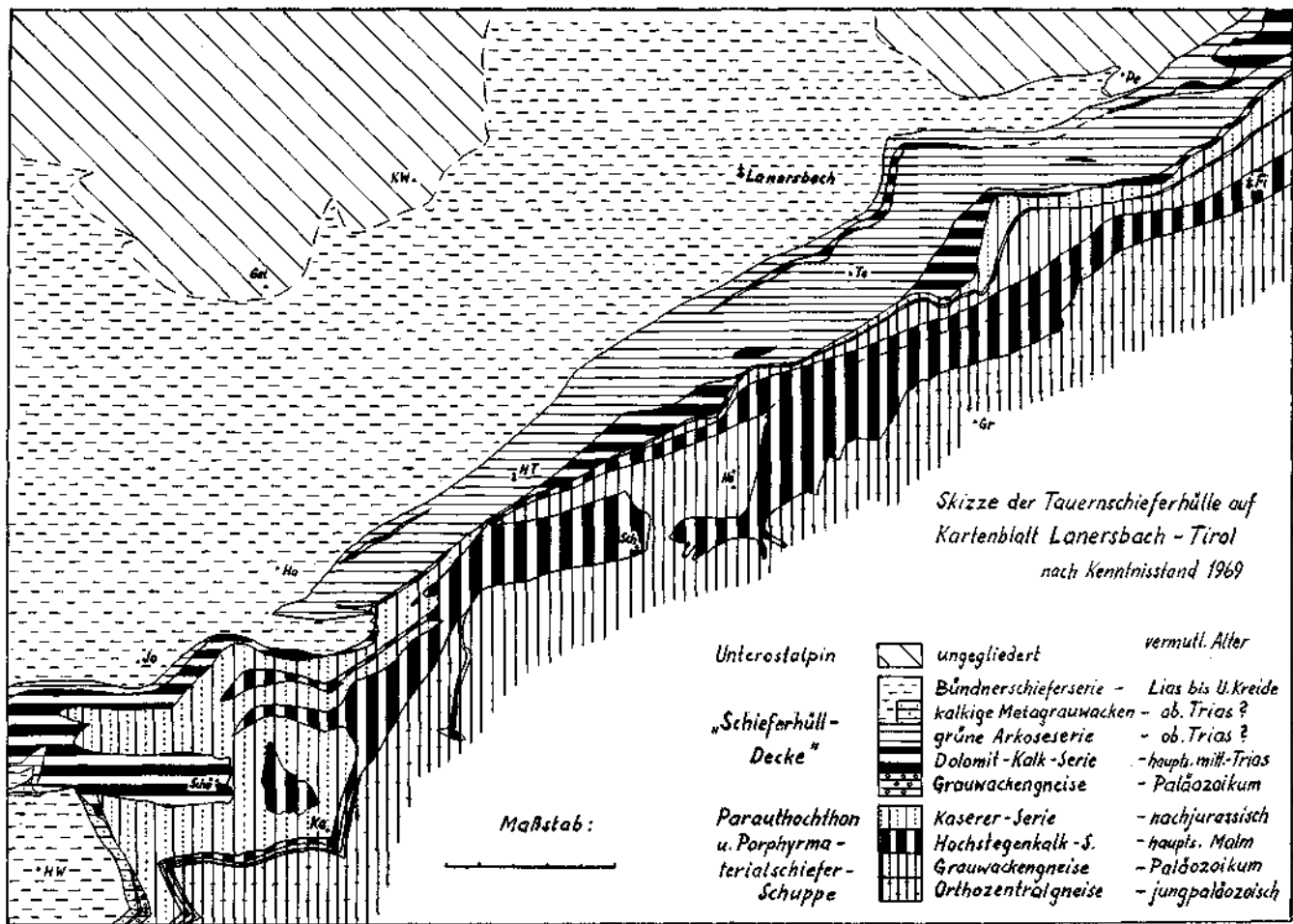
Im streichenden Zusammenhang betrachtet, verbindet sich der Trias*-Zug der Röt wand über die nördlich Freithof aufgeschlossene Trias* und dem Trias*-Zug vom Altenstall und Astegger Wald in die Sauwand. Die grünen Metaarkosen vom Tettensjoch streichen über Gfahl, Rieserdristen, Astegger Wald zwischen Sauwand und Gschößwand hinein. Der Trias*-Lamelle von der Kopfwand entspricht eine Trias*-Schollenkette, die im Südhang des Penkenberges über die Mösing Alm hinüber zur Gschößwand zieht und dort ihr mächtigstes Glied hat. Darüber folgen noch einmal grüne Metaarkosen am Nordfuß der Kopfwand, am Schilahnnerbarm (N Tettensjoch), am Lahner (S Penkenberg), bei der Krambichlalm und am Fuße des Gschößberges. Dieser Zug trägt westlich des Meridians vom Penkenberg die große Masse der Bündnerschiefer, nach Osten zu spitzt die Bündnerschiefer serie zwischen den grünen Metaarkosen und dem Penken-Quarzit aus.

Aus den obenskizzierten Verhältnissen geht eindeutig hervor, daß die Triasbildungen der Sauwand und Gschößwand dem penninischen Deckensystem der Tauernschieferhülle zugeordnet werden müssen. Von fazieller Seite her besteht hierfür auch gar keine Schwierigkeit, da nach der Bearbeitung durch E. KRISTAN-TOLLMANN (1962) sich die karbonatische Entwicklung bei der Sauwand und

Bemerkungen zur Kartenskizze: Die Zeichengrundlage bildeten die Arbeiten von W. FRISCH (1968), V. HÖCK (1969), E. KRISTAN-TOLLMANN (1962) und eigene Aufnahmen. — Den „Orthozentralgneisen“ wurden auch Migmatitgneise, gefeldspatete Biotitgneise und ähnliches zugeschlagen (dies gilt vor allem für den westlichen Kartenbereich). Die „Grauwackengneise“, sowohl des Parautochthons als auch der „Schieferhüll-Decke“, beinhalten auch Konglomeratgneise mit Kristallingeröllen. Als „Hochstegenkalk-S.(erie)“ wurde der Hochstegenkalk + Dolomit mit den schwächtigen, permotriassischen und/oder unterjurassischen (?) Bildungen an seiner Basis zusammengefaßt. Die Rhätizitschiefer der Höllscharte (S Kl. Kaserer) wurden jedoch mit den „Grauwackengneisen-Paläozoikum“ verbunden, obwohl ihr Alter offen ist. Helle Quarzite an der Basis der Riepenkopf-, Schöberspitzen-Trias etc. wurden der „Kalk-Dolomit-Serie“ zugeschlagen. Die „kalkigen Metagrauwacken“, eine Serie mit zum Teil grobklastischen Metaarkosen, Karbonatquarziten, Quarziten und Schiefen mit schwankendem Kalk-, Sand- und Tongehalt, wurden nur im Westen (Wildlahnertal) gesondert ausgeschieden, wo sie teils zwischen der grünen Arkoseserie und der Bündnerschiefer serie sich einschalten, teils die grünen Metaarkosen (nach Süden und Südwesten hin) positionsmäßig ungefähr vertreten.

Erklärung der topographischen Signaturen: Fi = Finkenberg, Gei = Geier, Gr = Mittlere Grinberg Spitze, Ho = Hornspitze, Hö = Höllenstein, HT = Hintertux, HW = Hohe Warte, Jo = Jochgrubenkopf, Ka = Kleiner Kaserer, KW = Kalkwand, Pe = Penken, Sch = Schmittenberg, Schö = Schöberspitzen, Te = Tettensjoch.

Abb. 1. Maßstab: 1 Teilstrich = 500 m.



Gschößwand allem Anschein nach auf die Mitteltrias beschränkt, was im Einklang mit den Ansichten über andere penninische Triasbildungen der Hohen Tauern steht (Seidelwinkeltrias, G. FRASL, 1958, G. FRASL und W. FRANK, 1964; Röt-wand-Tettensjoch, W. FRISCH, 1968).

7. Zur tektonischen Gliederung der Tauernschieferhülle

Obwohl es, wie wir gesehen haben, in der stratigraphischen Ausdeutung der Schichtfolgen noch zahlreiche Meinungs-differenzen gibt, herrscht bezüglich der großtektonischen Gliederung der westlichen Tauern-Schieferhülle in den neuen Bearbeitungen weitgehende Übereinstimmung. Nach FRISCH, HÖCK und THIELE stellt die Hochstegenlage sowie der Zug vom Schmittenberg über die Lärmstange zur Kahlwand samt der darüberfolgenden Kaserer Serie (HÖCK, THIELE) die parautochthone Sedimentbedeckung des Zentralgneiskomplexes dar, bildet also mit diesem zusammen die tiefste tektonische Einheit. Darüber folgt (FRISCH, THIELE) ein in sich geschlossenes, aber (THIELE) faziell mit der tieferen Einheit weitgehend übereinstimmendes tektonisches Element, die Porphyrmaterialschiefer-Schuppe, die an der Wechselscharte nördlich des Höllensteins einsetzt und über das Profil von Astegg in die Gerlos hinüberzieht. Ich möchte sie als einen von der tieferen Einheit abgeschuppten Span betrachten.

Über der parautochthonen Schieferhülle beziehungsweise der Porphyrmaterial-schiefer-Schuppe folgt die von Süden her fernüberschobene „Schieferhülldecke“ (THIELE, 1967, S. A49), beziehungsweise „die Schöberspitzentrias ... eng verbunden ... mit ... der Oberen Schieferhülle“ (HÖCK, 1969, S. 154), beziehungs-weise „eine höhere Einheit, die aus Sedimenten der Permotrias und Bündner-schiefer in Glocknerfazies besteht“ (FRISCH, 1968, S. 289), was sinn- und inhalts-mäßig jeweils das gleiche ist. Die nächsthöhere tektonische Großeinheit, das Unterostalpin des Tauernrahmens, fällt bereits außerhalb des Themenkreises unserer Betrachtungen. Hier kann auf die Arbeit von M. ENZENBERG (1967) hingewiesen werden.

Die „Schieferhülldecke“ THIELES entspricht sinngemäß etwa der „Decke der Oberen Schieferhülle“ TOLLMANNS (1961, 1963), nicht jedoch ihrer kartenmäßigen Abgrenzung (1963, Taf. 4), die sich auf ältere Arbeiten stützt. Für die Existenz einer „Decke der Unteren Schieferhülle“ (TOLLMANN, 1961, 1963), gegen die sich schon G. FUCHS (1962) vom mittleren Tauernabschnitt her entschieden gewehrt hat, sind auch in unserem Kartierungsbereich keinerlei Hinweise gegeben.

Prinzipielle Übereinstimmungen ergeben sich hingegen mit den tektonischen Auffassungen CH. EXNERS (1957, 1964), der in den östlichen Hohen Tauern ein Deckensystem der Oberen Schieferhülle (= Glocknerdecke) von autochthonen und parautochthonen Serien trennt, ohne daß allerdings über diese große Distanz hinweg eine Parallelisierung im Detail möglich wäre. Bevor dies gelingen kann, müßten erst die offenen Probleme, die sich bei einem Vergleich der westlichen mit den mittleren Hohen Tauern ergeben, abgeklärt werden. Zeigte sich doch nach den neuen Aufnahmen das überraschende Ergebnis, daß die jüngsten Serien der parautochthonen Schieferhülle (HÖCK, THIELE) und der Porphyrmaterial-schiefer-Schuppe (FRISCH, THIELE) in den westlichen Hohen Tauern ganz auf-

fallende lithologische Analogien mit der Brennkogelserie der Glöcknergruppe aufweisen. Während die Brennkogelserie aber dort nach G. FRASL und W. FRANK (1964, 1966) als tieferer Jura aufgefaßt wird und einem Faziesraum südlich der Hochstegenkalkentwicklung entstammen müßte, überlagern im Westen (THIELE, 1967, 1969) die lithologisch vergleichbaren Serien primärsedimentär den (fossilbelegten) oberjurasischen Hochstegenkalk.

Literatur

- ANGEL, F., und P. WEISS (1953): Die Tuxer Magnesitlagerstätten. — Radex-Rundsch., H. 7/8, 1953, S. 335—353 (Radenthein, Kärnten).
- BLESER, P. (1934): Geologische Studien am Westende der Hohen Tauern östlich der Brennerlinie. — Bull. Inst. Gran-Ducal Luxemb., Arch. nouv. ser., Tome XIII, 1934, 89 S.
- DIETIKER, H. (1938): Der Nordrand der Hohen Tauern zwischen Mayrhofen und Krimml (Gerlostal, Tirol). — Zürich, 1938, 131 S.
- DÜNNER, H. (1934): Zur Geologie des Tauernwestendes am Brenner. — Zürich-Winterthur, 1934, 134 S.
- ENZENBERG, M. (1967): Die Geologie der Tarntaler Berge (Wattener Lizum), Tirol. — Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. 17/1966, S. 5—50 (Wien).
- EXNER, CH. (1957): Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung von Gastein. — Geol. B.-A., Wien 1957, 168 S.
- EXNER, CH. (1964): Erläuterungen zur geologischen Karte der Sonnblickgruppe. — Geol. B.-A., Wien 1964, 170 S.
- FRASL, G. (1958): Zur Seriengliederung der Schieferhülle in den mittleren Hohen Tauern. — Jahrb. Geol. B.-A., 101, 1958, S. 323—472.
- FRASL, G., und W. FRANK (1964): Mittlere Hohe Tauern (Exkursionsführer). — Mitt. Geol. Ges. Wien, 57, 1964, H. 1, S. 17—31.
- FRASL, G. und W. FRANK (1966): Einführung in die Geologie und Petrographie des Penninikums im Tauernfenster (mit besonderer Berücksichtigung des Mittelabschnittes im Oberpinzgau, Land Salzburg). — Der Aufschluß, Sonderh. 15, S. 30—58 (Heidelberg).
- FRISCH, W. (1968): Zur Geologie des Gebietes zwischen Tuxbach und Tuxer Hauptkamm bei Lanersbach (Zillertal, Tirol). — Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 18, 1967, S. 287—336 (Wien, 1968).
- FRISCH, W. (1969): Die Petrographie des Porphyrganitgneises am nördlichen Tuxer Hauptkamm (Zentralgneis des Tauernfensters, Tirol). — N. Jb. Miner. Abh., 111, 2, S. 162—183.
- FUCHS, G. (1962): Zur tektonischen Stellung der mittleren Hohen Tauern. — Verh. Geol. B.-A., 1962, S. 80—96.
- HÖCK, V. (1969): Zur Geologie des Gebietes zwischen Tuxer Joch und Ölperer (Zillertal, Tirol). — Jahrb. Geol. B.-A., 112, 1969, S. 153—195.
- KARL, F. (1951): Die Fortsetzung der Tuxer Grauwackenzone im Gerlostal. — Tscherm. Mitt., 3. F., 2, S. 198—246.
- KARL, F., und O. SCHMIDEGG (1964): Hohe Tauern, Großvenedigerbereich, Exkursion I/1. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 57., 1964, H. 1, S. 1—15.
- KLEBELSBERG, R. v. (1940): Ein Ammonit aus dem Hochstegenkalk des Zillertales (Tirol). — Ztschr. deutsch. geol. Ges., 92, S. 582—586.
- KRISTAN-TOLLMANN, E. (1962): Das Unterostalpin des Penken-Gschößwandzuges in Tirol. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 54, 1961, S. 201—228 (1962).
- KUPKA, E. (1956): Zur Geologie der Umgebung von Mayrhofen im Zillertal. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 47, 1954, S. 1—33 (1956).
- MUTSCHLECHNER, G. (1956): Über das Alter des Hochstegenkalkes bei Mayrhofen (Zillertal). — R. v. Klebelsberg Festschr., Mitt. Geol. Ges. Wien, 48, 1955, S. 155—165 (1956).
- SANDER, B. (1911): Geologische Studien am Westende der Hohen Tauern (Erster Bericht). — Denkschr. Akad. d. Wiss. Wien, 82, S. 257—320.

- SANDER, B. (1920): Geologische Studien am Westende der Hohen Tauern (Zweiter Bericht). — *Jahrb. Geol. B.-A.*, 70, 1920, S. 273—296.
- SANDER, B. (1947): Die allothigenen Komponenten der Tuxer Grauwacken. — *Jahrb. Naturwiss. med. Ver., Innsbruck*.
- THIELE, O. (1951): Beobachtungen am Tauernnordrand im Bereich von Gerlos (Tirol). — *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Wien*, 2/II, 1950 (1951).
- THIELE, O. (1963, 1967, 1969): Bericht (1962, 1966 und 1968) über geologische Aufnahmen auf Blatt Lanersbach (149). — *Verh. Geol. B.-A.* 1963 (S. A55—56), 1967 (S. A48—50) und 1969 (S. A73—74).
- TOLLMANN, A. (1961): Vom Bau der Alpen. — *Universum*, 16, Wien 1961, S. 439—445.
- TOLLMANN, A. (1963): Ostalpensynthese. — Wien (Deutike) 1963, 256 S.
- TOLLMANN, A. (1965): Die Fortsetzung des Brianconnais in den Ostalpen. — *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 57, 1964, S. 469—478 (1965).
- WENGER, H. (1964): Die Scheelitlagerstätte Tux. — *Radex Rundsch.*, H. 2, 1964, S. 109—132 (Radenthein, Kärnten).