

Verh. Geol. B.-A.	Sonderheft G	S. 214—245	Wien, Oktober 1965
Z. deutsch. geol. Ges. Jahrgang 1964	Band 116 2. Teil	S. 470—501	Hannover, Oktober 1965

## Leitende Strukturen am Nordostrand der Hohen Tauern<sup>1)</sup>

Von W. Schwan, Erlangen \*)

Mit 26 Abbildungen

### Inhalt

#### Zusammenfassung

- A. Einleitung: Methode und Ziele der Untersuchungen
  - B. Die Sonderstellung der N-Randstörung der Hohen Tauern
  - C. Beobachtbare Hauptstrukturen im Grenzbereich der nordöstlichen Hohen Tauern und der südlichen Radstädter Tauern
    1. Strukturen im nordöstlichen Tauern-Pennin
    2. Gefüge an der Grenze Pennin-Unterostalpin
    3. Strukturen im Unterostalpin der südlichen Radstädter Tauern
  - D. Zur tektonischen Analyse: Die Unterscheidung von Leitstrukturen und Nebenstrukturen
  - E. Rückschluß auf die Großtektonik im NE-Randbereich der Hohen Tauern
  - F. Anhaltspunkte für Deckenbau im NE der Hohen Tauern
  - G. Über Indikatoren orogener Beanspruchungen
    1. Maximales Achsenpendeln bei liegenden Falten
    2. Achsenrichtung und Gestaltungstyp als Anzeiger gebirgsbildender Bewegung
    3. Querfalten
    4. Erklärungswert der Leitstrukturen und Aussage der Nebenformen
  - H. Verschiedene Hauptbautypen der Alpen und des variszischen Gebirges
- Literatur

#### Zusammenfassung

Durch systematische tektonische Strukturaufnahmen im Grenzbereich der nördlichen Hohen Tauern und der südlichen Radstädter Tauern wurde eine problematische Vielfalt tektonischer Formen und Richtungen festgestellt und analysiert. Es ergab sich, daß im Tauern-Pennin wie im umrahmenden, überlagernden Unterostalpin  $\pm$  N-vergente liegende Falten und Schubflächen die Hauptgefüge darstellen, die somit — entsprechend der Einheitlichkeit und Intensität der N-Bewegung und der großräumigen Auflagerung älterer ostalpiner auf jüngeren penninischen Gesteinen — Deckenbau anzeigen. Diese Gefüge haben bei der Erkennung der Großtektonik leitenden Wert im Unterschied zu den abweichend vom Großbaucharakter gestalteten Nebenformen.

Auch auf Grund dieser vorwiegend tektonischen Beobachtungen bestätigt sich das Tauernfenster erneut. Es ist als sehr großer, spät aufgestiegener penninischer Deckensattel anzusehen, der durch starke N-Bewegung in sich in kleinere Decken gliedert und im ganzen durch größere ostalpine Decken überschoben worden ist.

Phänomene und Probleme des Achsenpendelns liegender Falten und der wechselnden Bewegungsrichtungen einzelner Decken werden betrachtet, ferner Fragen der Deckenmechanik erwähnt und Anhaltspunkte für den Deckenbau im NE der Hohen Tauern genannt.

Indikatoren orogener Beanspruchungen sind 1. Achsenrichtungen, sofern steilere Faltenmittelebenen vorliegen, und 2. vor allem verschiedene Gestaltungstypen. Verschiedene Quer-

<sup>1)</sup> Vortrag gehalten auf der 116. Hauptversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft am 17. September 1964 in Wien.

<sup>\*)</sup> Anschrift des Autors: Prof. Dr. WERNER SCHWAN, Geologisches Institut der Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen, Schloßgarten 5.

fallen lassen sich nach Art und Richtung unterscheiden. Der Erklärungswert der Leitstrukturen liegt darin, daß sie die tektonischen Großformen typenmäßig widerspiegeln — da sie dem gleichen Prägungsakt entstammen — und somit auch die Rückschlüsse auf die orogene Hauptbewegung zulassen, während Nebenstrukturen Anzeiger schwächerer Beanspruchungen sind.

Alpen und variszisches Gebirge haben im wesentlichen verschiedene Bauprinzipien. Erstere sind vorwiegend durch Decken und liegende Falten charakterisiert, die z. T. nachträglich autochthon überformt wurden, letzteres durch schiefe Falten und Schuppen.

### A. Einleitung: Methode und Ziele der Untersuchungen

Im folgenden wird kurz über einige Ergebnisse tektonischer Untersuchungen im NE-Randbereich der Hohen Tauern berichtet, die 1954 begonnen, aber leider nur mit größeren Unterbrechungen weitergeführt werden konnten. Die tektonischen Fragen dieses Raumes sollten — unter Mitauswertung anderer geologischer Daten — einmal mit spezifisch tektonischen Mitteln und Methoden untersucht werden, d. h. durch systematische Strukturaufnahme und -analyse, wie sie in ähnlicher Art von CLOOS, LOTZE u. a. in außeralpinen Gebirgsbereichen durchgeführt worden sind. Dabei werden methodisch, wie Verf. (1960, 1964) darlegte, bestimmte im Gelände sichtbare und deutbare kleintektonische Formen ausgewertet, um den Charakter der nicht mehr direkt überschaubaren und daher oft problematischen Großstrukturen festzustellen und dadurch Vorstellungen über die Gebirgsbewegungen zu gewinnen.

Diese Untersuchungen hatten zwei Ziele: 1. Aus dem vorliegenden Strukturinventar sollten Anhaltspunkte über die Art der orogenen Bewegungen in der NE-Randzone der Hohen Tauern ermittelt werden, um zur weiteren Klärung der alten Frage der tektonischen Stellung des Tauern-Pennins zwischen seinen ostalpinen Rahmengesteinen beizutragen, mit anderen Worten, um zu sehen, ob und wie weit sich Deckenbau auch wirklich greifbar in vorhandenen Gefügeformen im Gelände zu erkennen gibt, „auf die man die Hand legen kann“, oder ob er nur mehr theoretisch gedacht ist. 2. Alpine Strukturen sollten mit variszischen verglichen und dabei Analogien oder Unterschiede festgestellt werden.

Hier wird vor allem auf das 1. Ziel eingegangen. Welche Bedeutung die Unterschiede der Auffassungen der Hohen Tauern als muldenartige Nische, als sattelartige Aufkuppelung, als Scherenfenster oder als Großfenster usw. in Verbindung mit Ansichten über die Position der Nordkalkalpen für die Deutung des gesamten Ostalpenbaues und seines Bewegungsbildes haben, ist bekannt und braucht hier nicht weiter ausgeführt zu werden. Wie die Diskussionen selbst innerhalb der letzten 10 Jahre zeigten, gingen die Meinungen darüber immer noch weit auseinander. Bau und Bewegung in der NE-Randzone der Hohen Tauern sind auch gerade wesentlich für eine Stellungnahme zu diesem Problemkreis.

Die Geländearbeit in der NE-Randzone der Hohen Tauern und in den südlichen Radstädter Tauern sind durch Mittel von seiten der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin und der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bad Godesberg, sehr gefördert worden, wofür ich beiden Institutionen meinen besten Dank ausspreche.

### B. Die Sonderstellung der N-Randstörung der Hohen Tauern

Die nördliche Randstörung der Hohen Tauern hat mit ihrem N-Einfallen gegenüber S-fallenden Bewegungsbahnen der N-Alpen von vornherein eine Art Schlüsselstellung für die Frage der Größe der Massenverschiebungen. Denn bei

den nach N ansteigenden Schubflächen — wie sie häufig in den N-Kalkalpen vorliegen — ist nicht immer eindeutig zu entscheiden, ob es sich um einfache Überschiebungen einer Schuppe oder um Deckenbahnen mit größeren Förderlängen handelt, da in beiden Fällen der Schub von S unten kam. Die Schubweite ist dann nicht immer abgrenzbar, und vielfach bleibt offen, ob eine Verankerung der Schubkomplexe zur Tiefe nach S hin besteht oder nicht (Abb. 1, Fig. a). SCHMIDT-THOMÉ (1962, S. 253—254) hat daher ganz mit Recht darauf hingewiesen, daß auf Grund der Verhältnisse in den N-Kalkalpen eine Aussage über deren Gesamtposition und damit über das Ausmaß der Deckenbewegungen in den Ostalpen nicht recht möglich sei.

Wohl aber kann eine nach N einfallende Überschiebungsbahn, an der ältere auf jüngeren Schichten lagern — wie z. B. am N-Rand der Hohen Tauern —, bei Berücksichtigung der Vergenz eine Antwort über die Größenordnung der Ver-

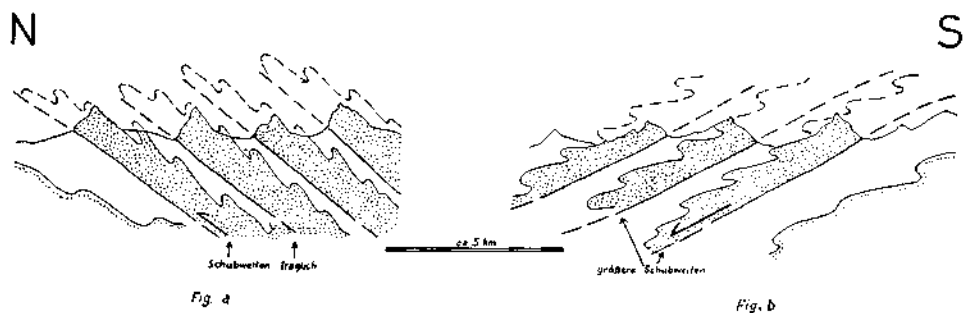


Abb. 1: N-vergente Überschiebungsflächen, die ältere Gesteine über jüngere transportierten, gestatten bei Anstieg nach N (Fig. a) nicht oder nur bedingt den Nachweis größerer Massenverschiebungen, der sich i. a. aber bei Einfallen derartiger Bewegungsbahnen nach N ergibt (Fig. b).

schiebung liefern. Dabei würde der Nachweis von N-Vergenz in den älteren überschobenen Serien deren Bewegung von S oben erkennen lassen, also eine Überwanderung der unterlagernden jüngeren Gesteine auf größere Strecken, und damit wäre Fernschub bestätigt (Abb. 1, Fig. b), im Falle von S-Vergenz aber nicht. So liegen in der Zone der nördlichen Randstörung der Hohen Tauern untersuchungsmethodisch entscheidende Stellen, „Angelpunkte“ im Hinblick auf Deckenfragen.

### C. Beobachtbare Hauptstrukturen im Grenzbereich der nordöstlichen Hohen Tauern und der südlichen Radstädter Tauern

Im Bereich der gesamten nordöstlichen Grenzzone der Hohen Tauern zwischen Zell am See und Lieserhofen bei Spittal können nach Art der tektonischen Gestaltung drei Abschnitte unterschieden werden (Abb. 2, unten rechts): 1. der N-Rand zwischen Zell am See und Draugstein, 2. der NE-Rand (im engeren Sinne) vom Draugstein bis St. Michael und 3. der E-Rand von St. Michael bis Lieserhofen.

Abb. 2: Tektonische Übersicht des Raumes der nordöstlichen Hohen Tauern und der Radstädter Tauern (etwas ungezeichnet nach Kartendarstellungen von TOLLMANN 1963, Tafel 4). Die meisten Lokalitäten der nachfolgend abgebildeten Strukturen sind in dieser Kartenskizze eingetragen.

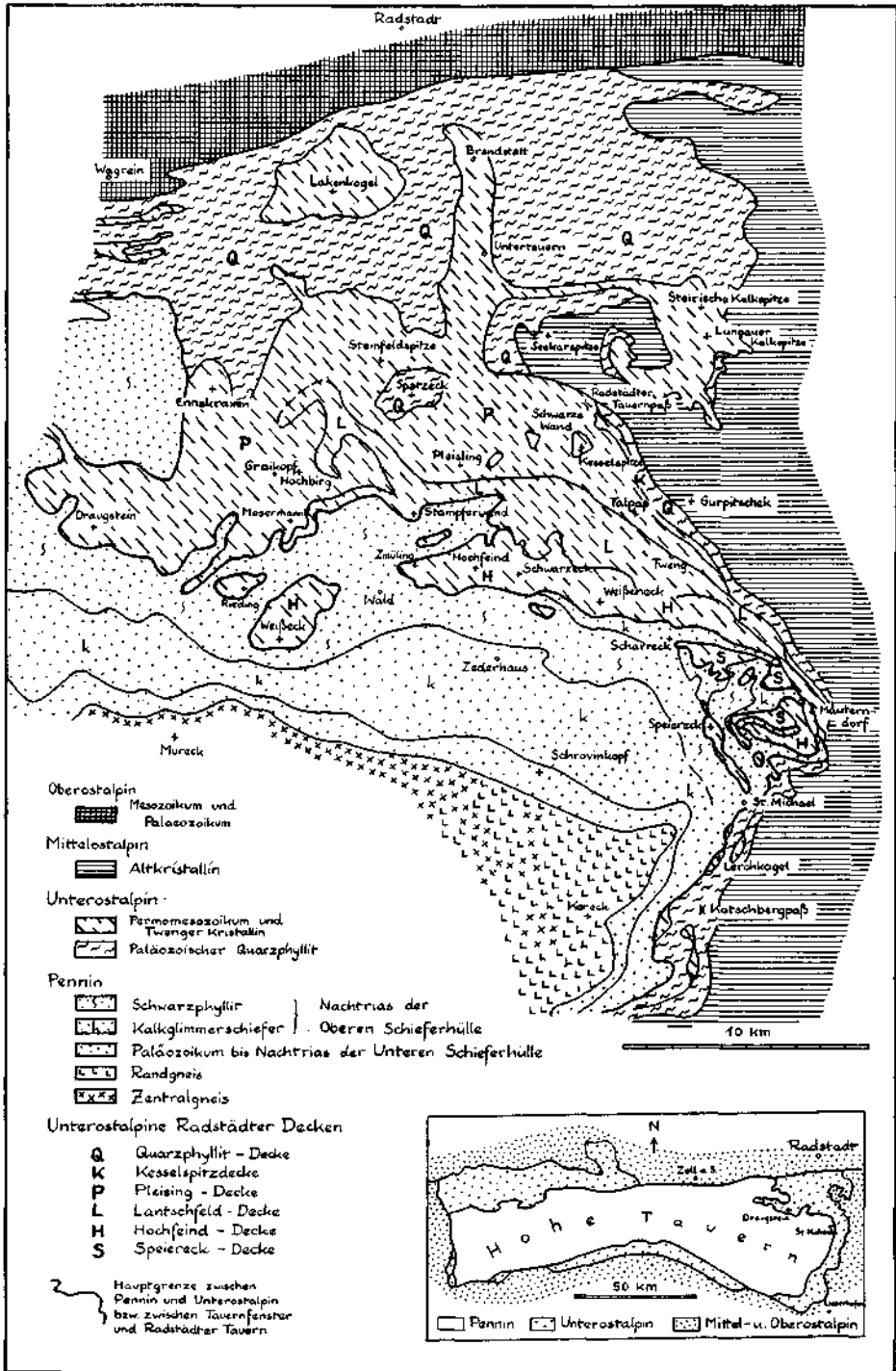


Abb. 2

Innerhalb der gesamten nordöstlichen Grenzzone der Hohen Tauern sind, wie im allgemeinen in den Alpen, die Lagerungs- und Strukturverhältnisse durch mehrere gebirgsbildende Vorgänge gestaltet worden. So wurden u. a. die bei der Hauptorogenese entstandenen einheitlichen Strukturen noch überprägt und kompliziert; es kamen Mischformen zustande. Speziell am N-Rande der Hohen Tauern wurden, offenbar infolge ihres Aufsteigens und starker Pressungen, weithin sekundäre Versteilungen der s-Flächen und steile Auffaltungen hervorgerufen (vgl. Abb. 23), und an ihrem E-Rande bildeten sich kleine W-vertgente Knickfalten mit N—S-Streichen, also eine Quersaltenart (vgl. Abb. 24).

Im Gegensatz dazu ist im Grenzbereich der nordöstlichen Hohen Tauern und der südlichen Radstädter Tauern, zwischen Draugstein und St. Michael (Abb. 2), der durch die austrische Hauptgebirgsbildung an der Wende der Unter- zur Oberkreidezeit geschaffene Baucharakter noch weitgehend in seiner ursprünglichen Form erhalten geblieben, offenbar weil er hier nur relativ geringen nachträglichen Veränderungen unterworfen worden ist. Hier sind größtenteils noch die flachen Positionen der Schichtenlagerung und der Bewegungsbahnen sowie der Schieferungs- und Faltenmittelebenen vorhanden. Insbesondere der Raum der südlichen Radstädter Tauern macht den Eindruck eines „toten Winkels“ für spätere orogene Einflüsse, wo nachträgliche Versteilungen und Verformungen schon bestehender tektonischer Elemente kaum eintraten. So ist dieser Raum für eine Ermittlung des primären Großbau-Charakters am Tauernrand besonders geeignet, da in seinem Strukturinventar vor allem r e i n e T y p e n zu erwarten sind, die Rückschlüsse auf diesen ursprünglichen Baucharakter zulassen, während Mischtypen zurücktreten.

Auch das mehrfache Vorkommen strukturträchtiger Wechsellagerungen und die großartige Aufgeschlossenheit speziell der südlichen Radstädter Tauern begünstigen tektonische Forschungen.

Von dem Grenzgebiet der Hohen und der Radstädter Tauern haben vor allem KOBER, W. SCHMIDT und CLAR die geologischen Grundlagen gegeben, und in letzter Zeit hat hier TOLLMANN mit ausgezeichnetem Gesteinskenntnis und glücklichen Fossilfunden größere Spezialkartierungen durchführen können. Durch eingehende stratigraphisch-fazieskundliche Vergleichsstudien und einige wichtige tektonische Beobachtungen und Profilrekonstruktionen waren diese wertvollen Ergebnisse der früheren Arbeiten erzielt worden. Die ausgesprochene „Not der Beweisführung“, die zuvor in diesem Gebirgsraum durch den Fossilmangel, die dadurch bedingte stratigraphische Unsicherheit, durch die Wiederholungen gleichartiger Fazies (z. B. der „Pyritschiefer“ und der Dolomite) in mehreren stratigraphischen Horizonten und durch die Mannigfaltigkeit der tektonischen Deformationen einschließlich der metamorphen Erscheinungen vorlag, ist durch die genannten Forschungen weitgehend gemildert worden.

Dennoch bestanden für eine Strukturanalyse und eine daraus abzuleitende großtektonische Deutung immer noch ausreichend Schwierigkeiten. Vor allem hatte sich durch die Gefügeaufnahme im Gelände der südlichen Radstädter Tauern zunächst eine Problematik für die Strukturanalyse dadurch gegeben, daß eine Vielfalt der tektonischen Formen und Richtungen sichtbar wurde, die es zu gliedern galt, speziell um die wesentlichen, der Hauptgebirgsbildung entsprechenden Formen von den diese nur modifizierenden oder zusätzlichen, im Großbau also unwesentlichen Prägungen zu unterscheiden.

---

Abb. 3: Fließfalten mit Kalzitlinsen im Kalkglimmerschiefer. Lagerung (hier entsprechend der Parallelschieferung):  $67/23^\circ$  NW; Faltenachse und Striemung:  $134/20^\circ$  NW. Steinbruch 2 km SE Zederhaus-Dorf.

Abb. 4: Fließfalten im Chloritphyllit mit Marmorlagen, der Parallelschieferung und mehrere Striemungsrichtungen zeigt. Lokalität wie bei Abb. 3.

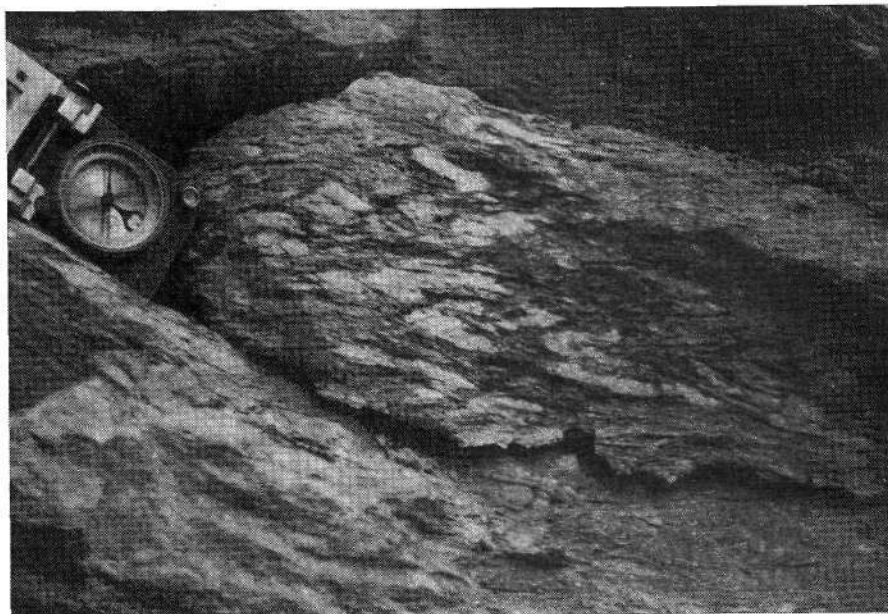


Abb. 3

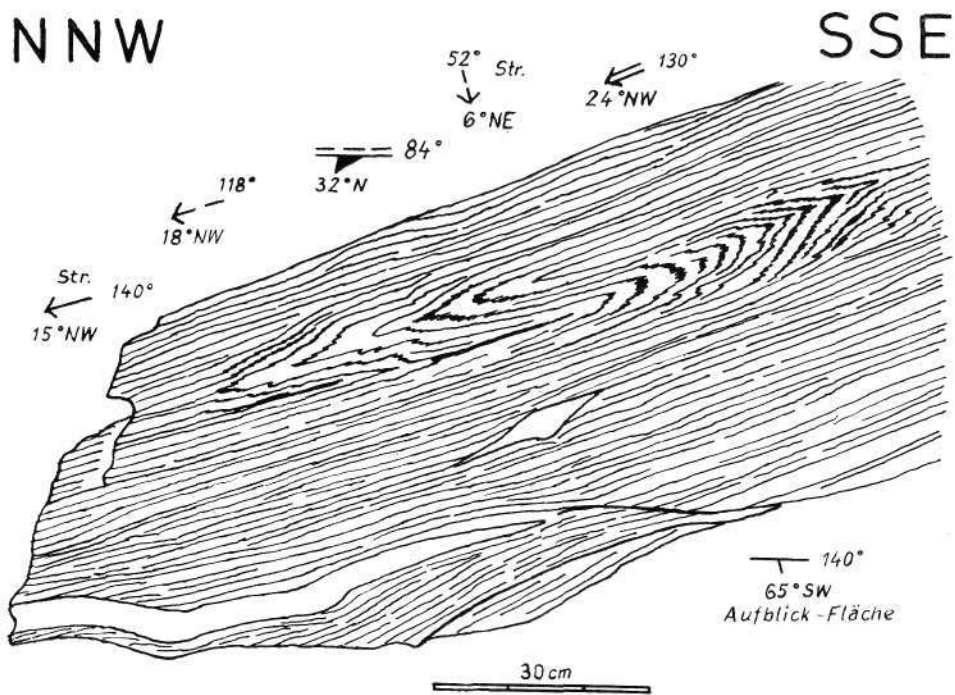


Abb. 4

Welcher Art sind nun die tektonischen Formen im Bereich der nordöstlichen Hohen Tauern und der angrenzenden südlichen Radstädter Tauern, speziell in den Bergen am Rieding- und Zederhaustal und südlichen Taurachtal? Nur wenige, aber wesentlich erscheinende Strukturbilder aus dem Grenzbereich Pennin—Unterostalpin können hier betrachtet werden.

Hierbei sind 1. die Strukturen im Tauern-Pennin, 2. die der Grenze Pennin-Unterostalpin und 3. die Formen im Unterostalpin der südlichen Radstädter Tauern zu unterscheiden. Die dort im Penninbereich auftretenden Serien mit grauen und grünen Phylliten und Kalkglimmerschiefern dürften vorwiegend jurassisches und wohl noch unterkretazisches Alter haben. Die Gesteine des unterostalpinen Rahmenkomplexes umschließen Altkristallin, paläozoischen Quarzphyllit, etwas Perm und vor allem Mesozoikum bis zur Unterkreide einschließlich (CLAR, 1937; TOLLMANN, 1958, 1963).

### 1. Strukturen im nordöstlichen Tauern-Pennin

Die dunkel- und hellgrauen und grünen Phyllite, blaugrauen Kalkglimmerschiefer und hellen Quarzite des Pennins haben im Zederhaustal recht gleichbleibende Lagerung mit  $\pm$  E—W-Streichen und Einfallen um  $45^\circ$  und weniger nach N. Es sind liegende Falten mit Wellenlängen bis zu einigen Metern zu beobachten, ferner vor allem Strömungen und Runzelungen. Die B-achsialen Elemente zeigen im allgemeinen herzynisches (WNW—ESE-)Streichen und vorwiegend nordwestliches Gefälle; jedoch am E-Rand der Hohen Tauern bei St. Michaël und am Katschbergpaß fallen die Achsen flach nach ESE unter das Ostalpin ein. Die oft isoklinalen, liegenden Falten im Pennin haben z. T. den Charakter von Fließfalten, die auf  $\pm$  flache Massenverschiebungen unter größerer Belastung hinweisen (Abb. 3 und 4). Stellenweise sind kurze, nach N überhängende Faltenteile zu beobachten, die zuweilen transversal geschiefert sind, während auf den langen nordwärts einfallenden Faltenflügeln die Schieferung mit der Schichtung geht. Die nach N überhängenden Schichtenbiegungen sprechen für nach N eintauchende Sättel (Abb. 5 und 6). Im allgemeinen ist Parallelschieferung im Pennin kennzeichnend. Neben den typischen liegenden Falten des Pennin finden sich nicht selten  $\pm$  steile Schubklüfte mit Kleinstfalten (ca. 5 bis 10 cm Wellenlänge) gekoppelt, die z. T. nach S vergieren (vgl. Abb. 21 und 22).

Die  $\pm$  flach nach NNE eintauchenden Faltenmittelebenen im Pennin haben im allgemeinen eine Position wie die Grenzfläche gegen das überschobene Unterostalpin, was auf gemeinsame Gestaltung mit dieser großen Bewegungsbahn hinweist.

### 2. Gefüge an der Grenze Pennin—Unterostalpin

Die Grenze Pennin—Unterostalpin ist besonders interessant. Zwischen diesen beiden Groseinheiten finden sich stellenweise tektonische Mischgesteine, wie z. B. die gestreckten Kalk- und Dolomitstücke im Phyllit an der SW-Seite des Zederhauser Weißecks. Andererseits bestehen auch durch scharfe Abgrenzung gekennzeichnete Kontakte zwischen den Phylliten des Pennins und den festeren Marmoren und Dolomiten des Unterostalpins. An der SE-Seite des Weißecks zeigen die Triasmarmore an ihrer N-fallenden Basis über Tauernphylliten nach N absteigende und vergierende kleine Faltensättel (Abb. 7). Auch an der SE-Seite des Hochfeinds ist durch feine Schleppungsgefüge im Phyllit die N-Abwärtsbewegung des überlagernden Triasdolomits angedeutet (Abb. 8).

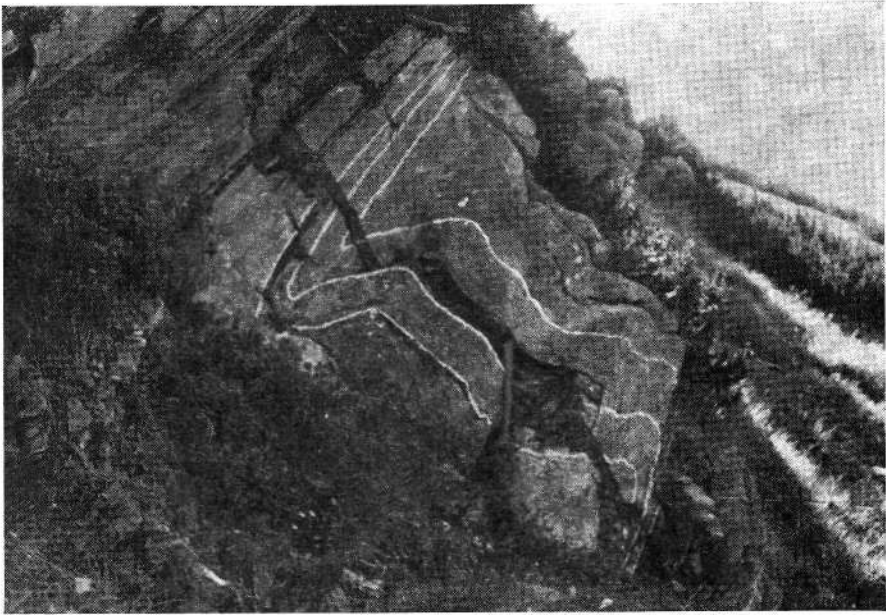


Abb. 5: Tauchsattel in penninischem Marmor (Lagerung im oberen Teil:  $150/61^\circ$  NE, Faltenachsen und Striemung:  $133/15^\circ$  NW). Fels am W-Abhang des Zmüling nordöstlich von Wald.

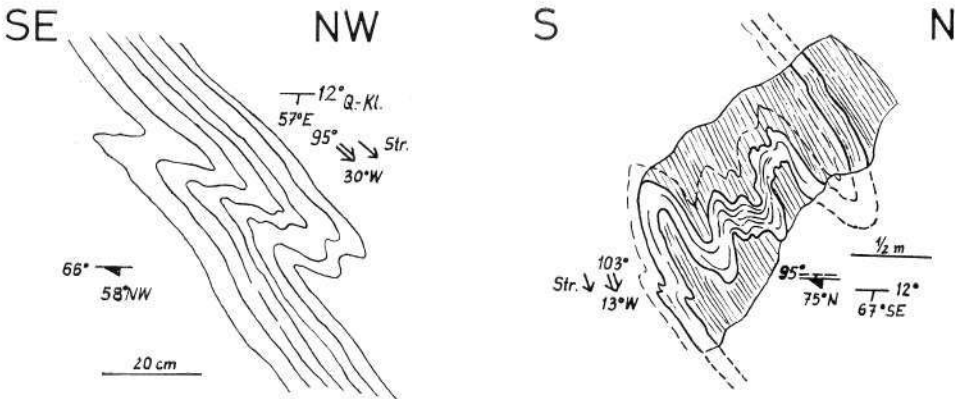


Abb. 6: Nach N tauchende Sättel in Kalkphylliten und Marmorlagen der penninischen Schieferhülle an der S-Seite des Zederhauser Weißecks (Weißkarl).

Abb. 7: Oben: Auflager des Unterostalpins mit Marmor (Anis) und Dolomit (Ladin) auf Pennin mit Grünphyllit. W-Seite der Seewand im S der Hölle, ca. 800 m S östlich Weißeckgipfel. Unten: Nach N gerichtete Kleinfalten an der Grenze Pennin-Unterostalpin (a = Grünphyllit, b = schwarz-gelb gebänderter Marmor, c = schwarzer feingeschichteter Marmor, d = gelbgrauer Triasdolomit).



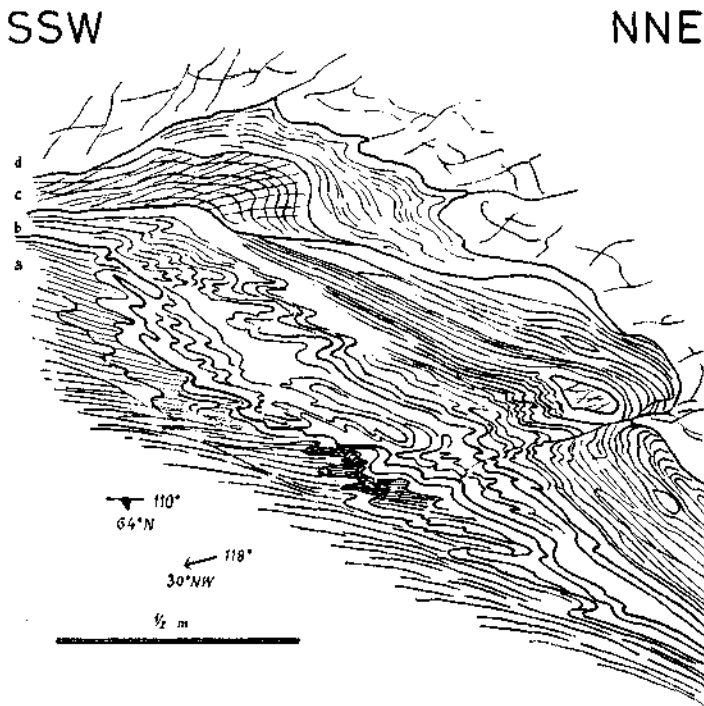
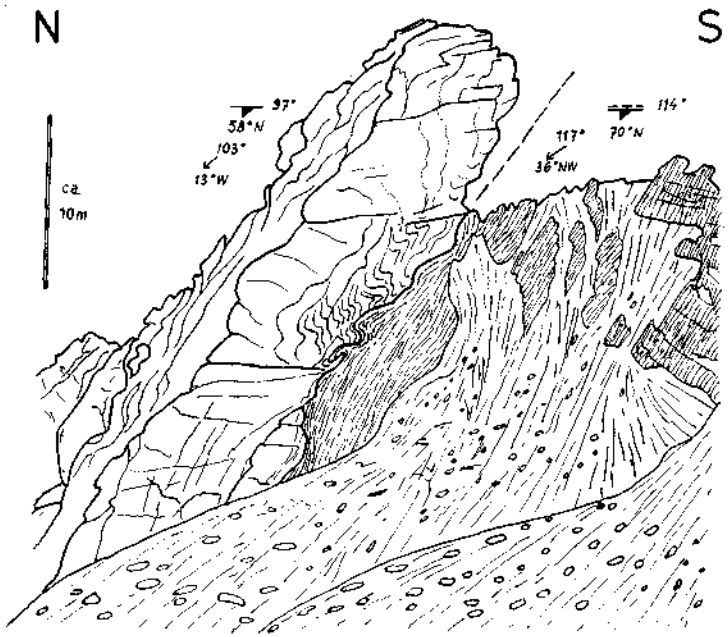


Abb. 7 (Erläuterung auf der vorhergehenden Seite).

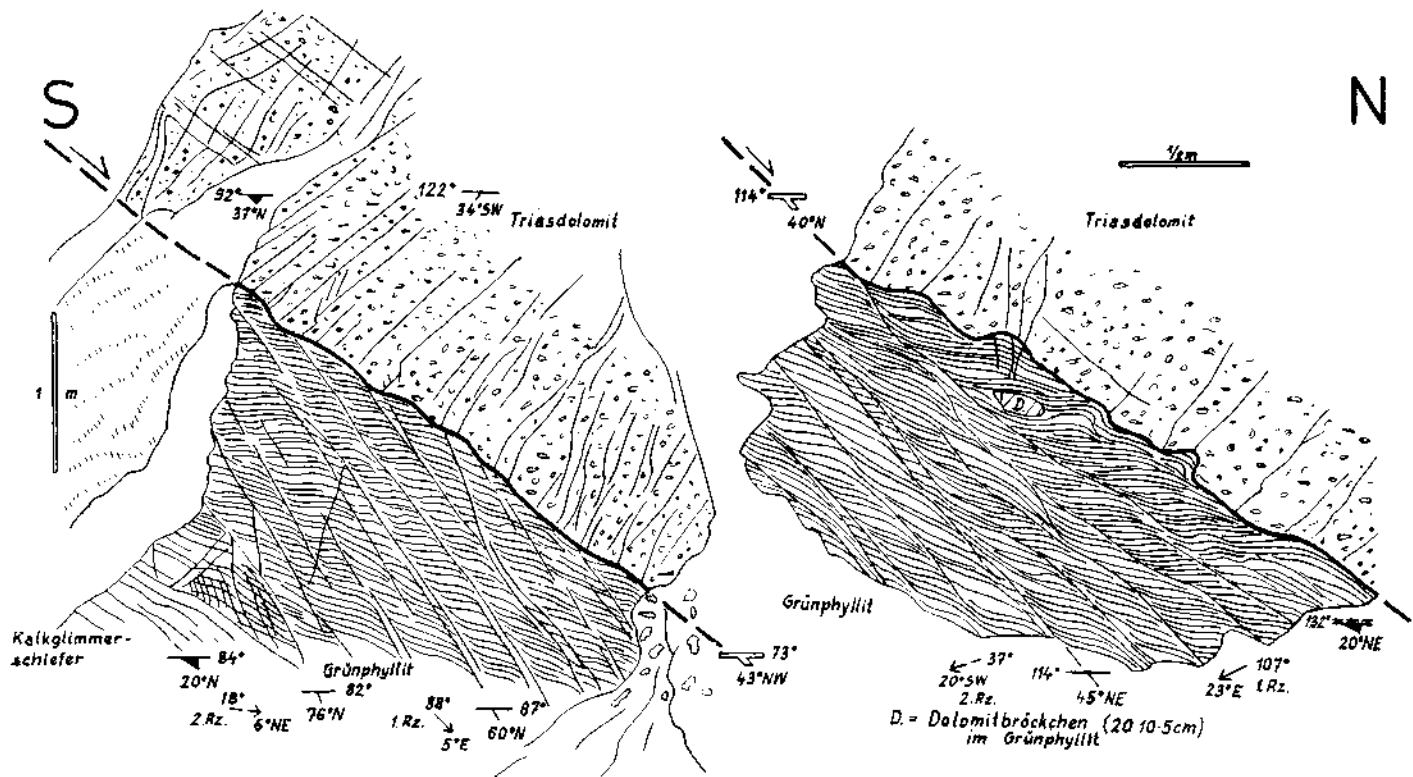


Abb. 8: Schleppungen des Grünphyllits an zahlreichen Schubflächen zeigen Bewegung der höheren Gleitbretter gegenüber den tieferen nach N unten an und damit die gleiche Schubrichtung des auflagernden kompakt erscheinenden, aber in sich brekziös zertrümmerten Triasdolomits. Im Phyllit gibt es zwei Runzelungen. SE-Seite des Hochfeinds (Wastlkarl).

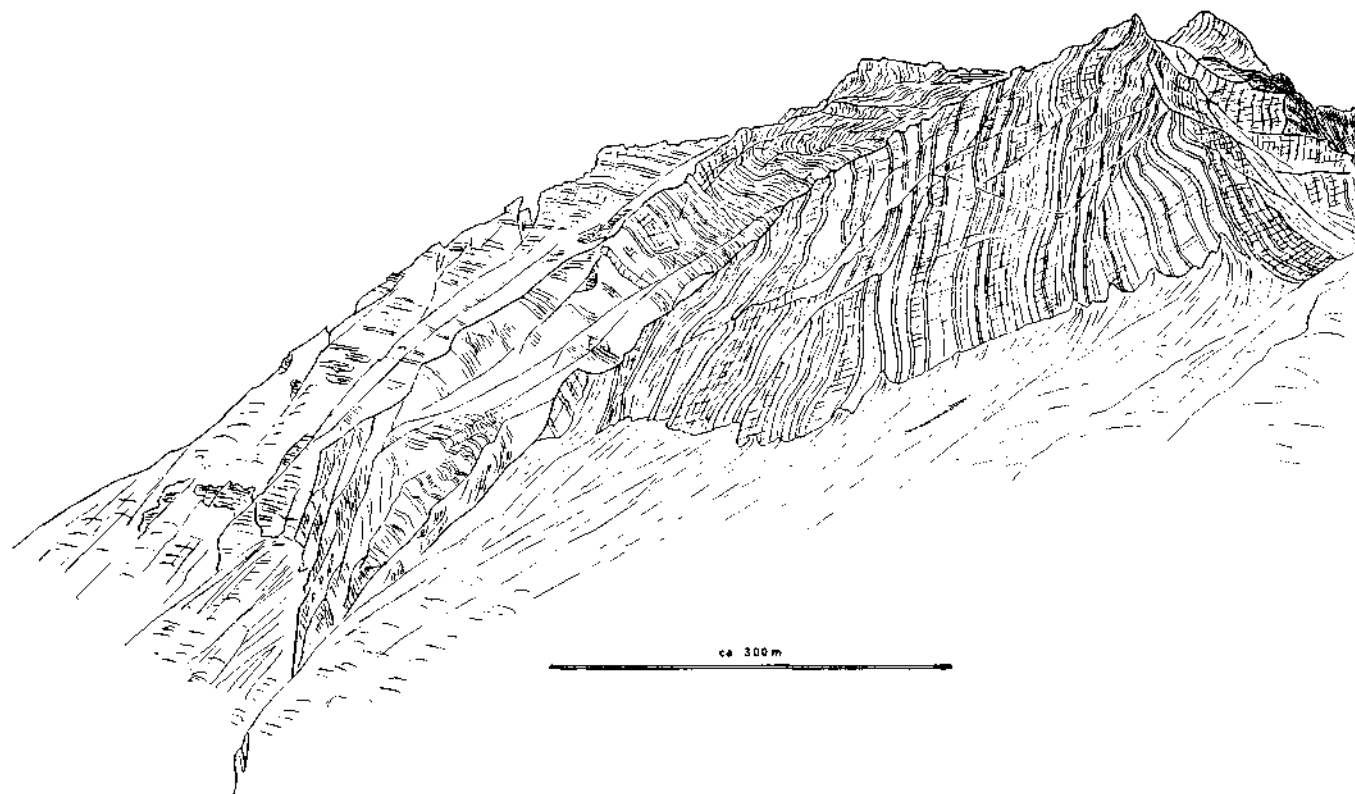


Abb. 9: Ansicht des Hochfeindsattels von E aus dem Gödernierkar. Die flach S fallende Schieferungsklüftung in den steil S fallenden Hauptdolomitlagen des überkippten Sattelflügels ist gut erkennbar.

### 3. Strukturen im Unterostalpin der südlichen Radstädter Tauern

Die Schichtlagerung in diesem Unterostalpin zeigt im Durchschnitt WNW—ESE- oder W—E-Streichen und meist flaches,  $\pm$  nördliches Einfallen, was mit der Auflagerungsfläche auf dem Pennin im wesentlichen harmonisiert. Auch NE—SW- und N—S-Streichen sind zu beobachten. Speziell bei S-Fallen der Schichten im Unterostalpin erscheinen diese jedoch durch ihre N-fallende Basalüberschiebung diskordant abgesichert gegen das unterlagernde Pennin (CLAR, 1937, S. 294—296). Weithin lagern die Schichtfolgen  $\pm$  flach und scheinbar kaum gestört. Sie sind jedoch von bedeutenden flachen Bewegungsbahnen durchzogen und z. T. auch kräftiger gefaltet.

Nach den ersten tektonischen Großgliederungen des Unterostalpins der Radstädter Tauern wurde später von CLAR (1937) und TOLLMANN (1958, 1963) eine detaillierte Gliederung in mehrere Decken gegeben: 1. Speiereck-, 2. Hochfeind-, 3. Lantschfeld-, 4. Pleisling-, 5. Kesselspitz- und 6. Quarzphyllit-Decke (vgl. Abb. 2).

NNW

SSE



Abb. 10: N-vergente Verfaltungen und Verschiebungen im Gipfelbereich des Hochfeinds. Ansicht von W von der Gugl-Spitze.

Die Deckenkörper sind teils aus kompakten faltungsfeindlichen Gesteinskomplexen (z. B. Wettersteindolomit), teils aus faltungsfreundlichen Wechsellagerungen (z. B. dünnbankige Dolomite, Kalke und Tonschiefer verschiedener Stufen) aufgebaut. Erstere bedingen die stabil erscheinende Lagerung, und in letztgenannten sind mehrfach kleine und große schöne Faltungerscheinungen entwickelt. Einige größere Formen waren schon früher bildlich wiedergegeben worden. Von solchen, hauptsächlich den inneren Bau der unterostalpinen Decken charakterisierenden, z. T. großartig ausgeprägten, z. T. kleinen Strukturformen seien im folgenden einige typische abgebildet, wobei von südlichen zu nördlichen Deckeneinheiten vorgegangen wird.

a) Im Hochfeind-Weißeck-Zug sind überkippte bis liegende N-vergente Falten in verschiedenen Dimensionen aufgeschlossen. Im Hochfeind selbst liegt ein großer überkippter Hauptdolomitsattel vor, dessen Scharnier in flache Schuppen

aufgelöst ist, die in Liasschichten vordringen und sie einmulden (Abb. 9 und 10) (vgl. auch CLAR 1937, Fig. 21). Im überkippten Sattelflügel des Hochfeinds ist unten die Muldenumbiegung schon angedeutet, aus der sich im südöstlichen Fortstreichen die große liegende Hauptdolomit-Rhät-Lias-Muldenstruktur des Schwarzecks entwickelt, mit 1 km Länge die größte geschlossen sichtbare tektonische Form dieses Raumes (Abb. 11). Im Typ analoge kleine Formen mit horizontaler oder flach nach N einfallender Schieferung finden sich im NE des Weißeneckgipfels örtlich entwickelt in dort sonst kaum gefalteten Dolomitbänken (Abb. 12).

b) Im Bereich der Lantschfeld-Decke zeigt die Stampferwand in ihren triadischen Schichten einen großen, nach N eintauchenden Sattel und eine im S endende Mulde und beweist damit den nach N eintauchenden, also ultravergenten Faltenbau (Abb. 13). Liegende Falten mit flachen Schieferungsebenen in gut geschichtetem Partnachdolomit sind trefflich und zahlreich im N der Taferlscharte zu beobachten (Abb. 14). Die Faltenachsen streichen hier — ähnlich wie in der Hochfeind-Decke — herzynisch.

c) Innerhalb der im N auflagernden Pleisling-Decke hingegen verlaufen die Faltenachsen, wenigstens in deren W-Teil, vorwiegend erzgebirgisch (NE—SW) bis rheinisch (NNE—SSW) und z. T. sogar N—S. Am Hochbirggipfel sind derartige Falten, die von E nach W bewegt sind, zu sehen (Abb. 15). Diese tektonischen Verhältnisse im Zuge der Hochbirg-Schliererkarmulde wiederholen sich ca. 1 km weiter westlich in der Graikopfmulde. Auch hier sind nach W bewegte liegende Falten am N- und S-Hang des Graikopfes in Partnachschichten vorzüglich aufgeschlossen und mit intensiver Schieferungsklüftung gekoppelt (Abb. 16). Im ca. 1 km westlich liegenden Neukarseegebiet gibt es in Skythquarziten und anisichen Kalken und Dolomiten enggepreßte liegende Falten (Abb. 17). Hier in diesen  $\pm$  NW bewegten Schubformen entdeckte W. SCHMIDT (1924) sein „Neukarsystem“.

Im östlichen Bereich der Pleislingdecke wurden von TOLLMANN (1956) vier große Mulden und drei dazwischenliegende Sättel festgestellt. N-Bewegung ist hier besonders gut in dem klassischen Aufschluß an der Schwarzen Wand südlich vom Radstädter Tauernpaß in ladinischen und karnischen Dolomit- und Tonschiefer-Wechselagerungen zu erkennen (Abb. 18). Ferner finden sich Falten dieses Typs, aber offenbar mit tauchenden Sattelscharnieren, in plattig-bankigen Skythquarziten nordwestlich Tweng (Abb. 19).

Hier im östlichen Bereich der Pleisling-Decke haben die Faltenachsen und Strömungen, ganz im Gegensatz zum W-Teil dieser Decke nördlich vom Mosermannl, hauptsächlich E—W-Verlauf. Das Achsenstreichen der liegenden Falten schwankt innerhalb der Pleisling-Decke also zwischen N—S- und E—W-Richtungen. Trotzdem gehören diese liegenden Falten, wie die der tieferen Decken, dem Hauptfaltentyp dieses Raumes und damit ein und demselben Gestaltungsvorgang an.

d) In den nach NE auflagernd folgenden Kesselspitz- und Quarzphyllit-Decken treten auch wieder NW—SE-streichende Falten auf.

Damit sind einige der wichtigsten Formen im Pennin und Unterostalpin im NE-Randbereich der Hohen Tauern betrachtet, wobei insbesondere die liegenden Falten und die differentielle Durchbewegung des Gesteinsmaterials auf stärkere Belastung (vgl. CLAR 1937, S. 297) durch übergleitende Gesteinsmassen hinweisen.

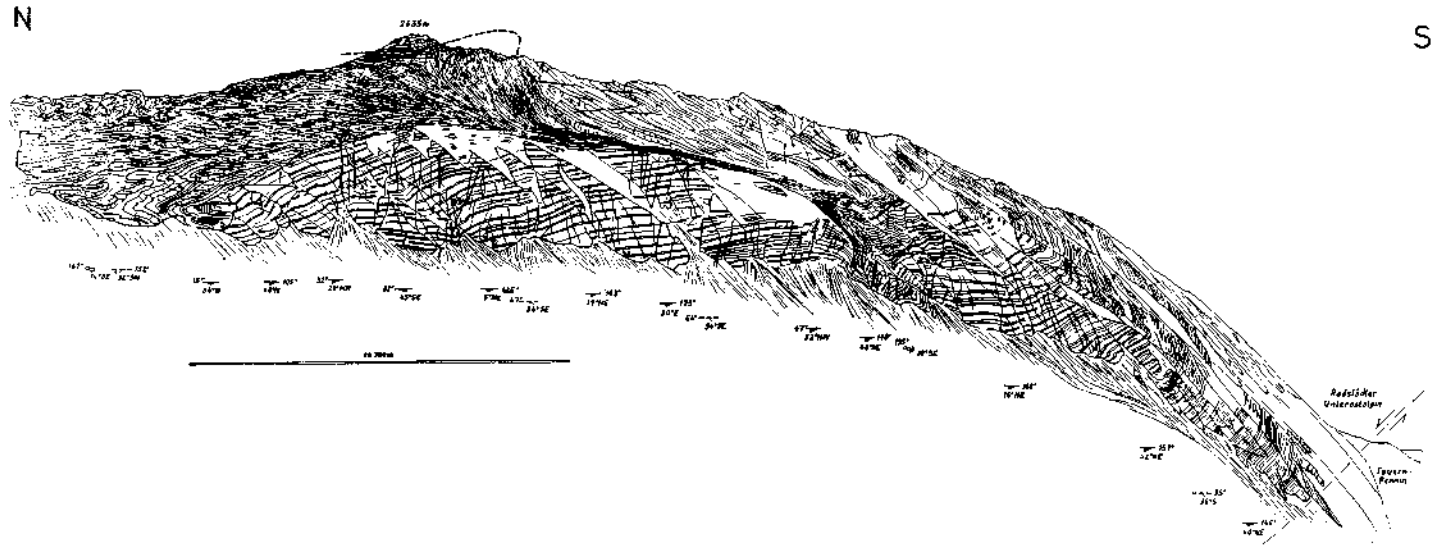


Abb. 11: Schwarzeckmulde von W gesehen. Dunkle Liasschiefer und -brekzien bilden den im S zweispitzig endenden Muldenkern und Hauptdolomitschichten den liegenden und den nach N überschlagenen hangenden Flügel einschließlich der Gipfelpartie. Die tektonischen Merkmale (Lagerung, Schieferung, Faltenachsen) sind an der Fußlinie der Gesamtstruktur aufgenommen. An der S-Seite der Schwarzeckmulde liegt die Hauptüberschiebung des Unterostalpins auf das Tauern-Pennin.

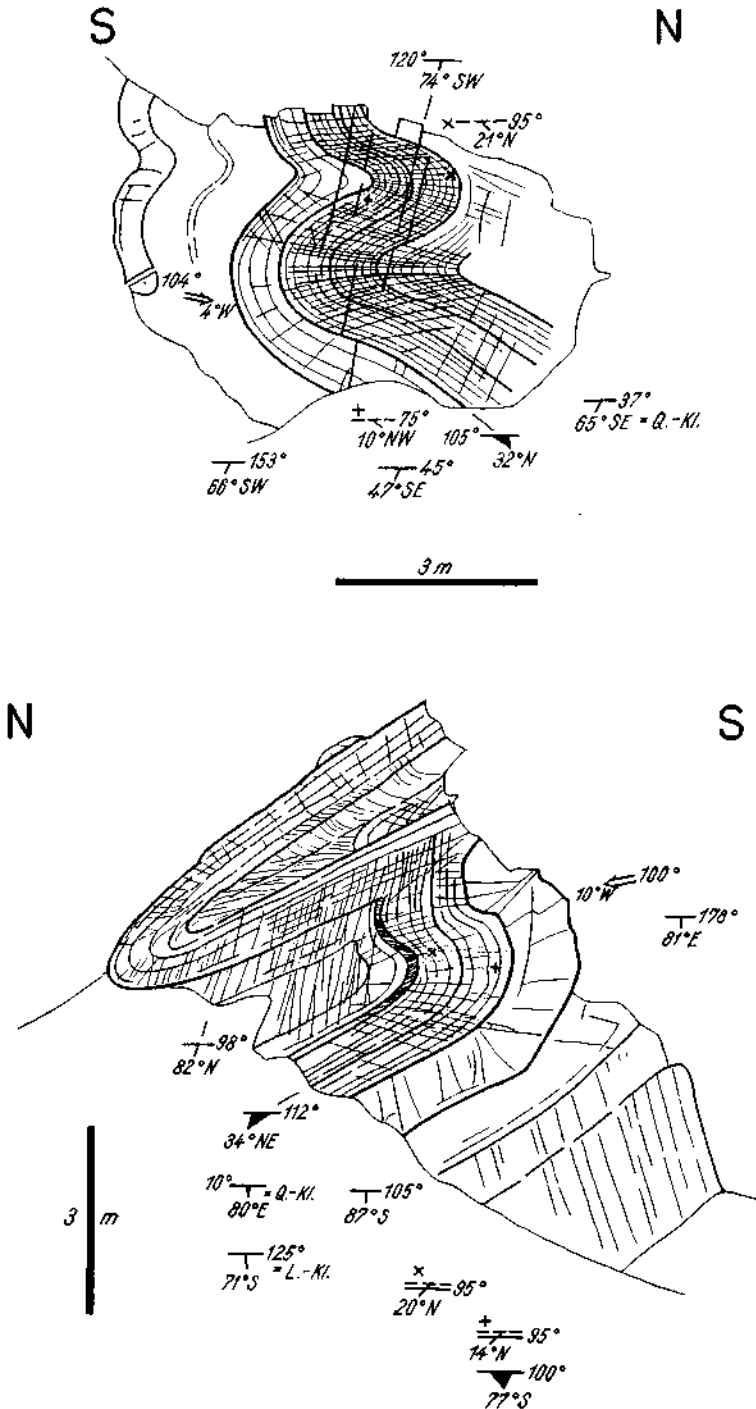


Abb. 12: Flache Faltung und Schieferung und ± steile Klüftungen im Hauptdolomit am NE-Grat des Weißbeks (N-Seite) südwestlich Tweng.

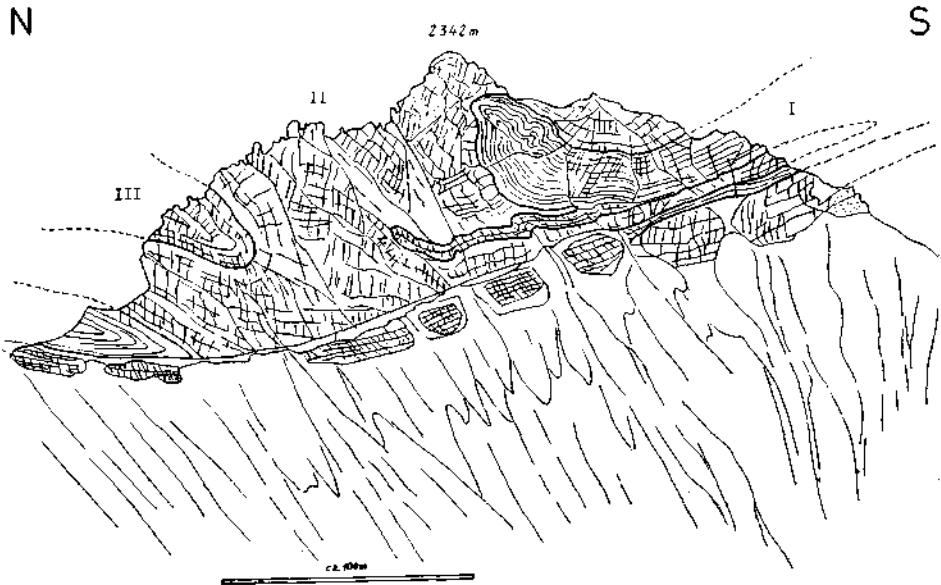


Abb. 13: W-Seite der Stampferwand: I: Sattel aus Gutensteiner Kalk (Anis), II: Hauptmasse des Wettersteinkalkes (Unterladin), III: Mulden aus bankigem Dolomit (Oberladin) (vgl. TOLLMANN 1958, Tafel VIII).

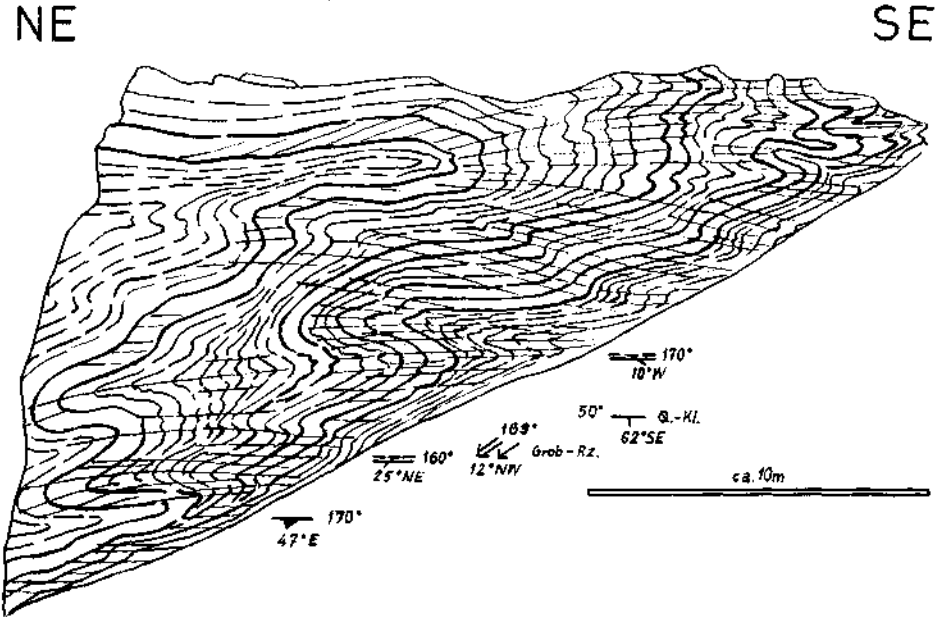


Abb. 14 a

Abb. 14: NE-vergente Faltung in gut gebankten Partnachsichten, ca. 1,25 km NNW der Stampferwand. Fig. a: Liegende Falten und Schieferungsflächen. Fig. b: Sattel mit Schieferungsklüften (NE ist links). Fig. c: Doppelmulde (NE ist rechts); Achse und Striemung: 133°/12° NW.



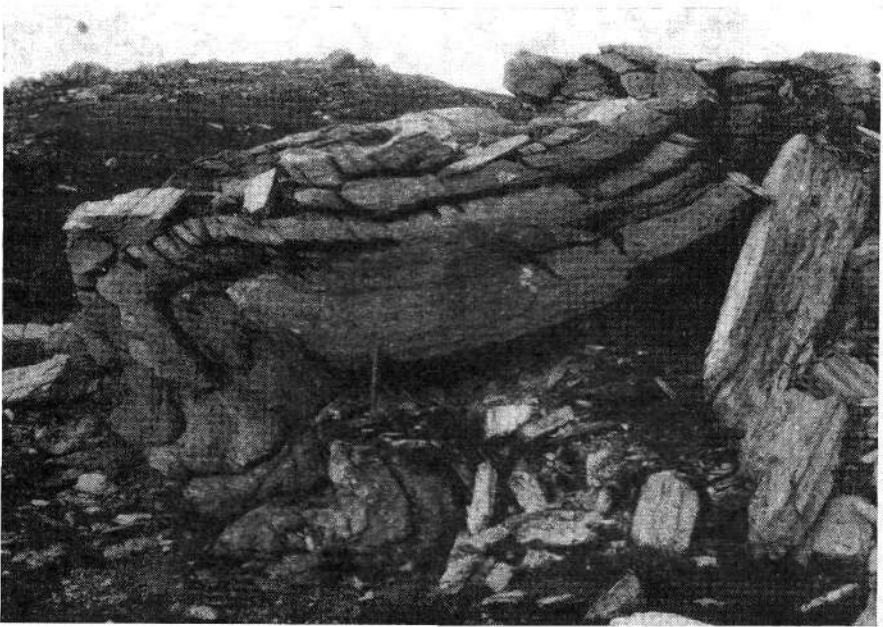


Abb. 14 b

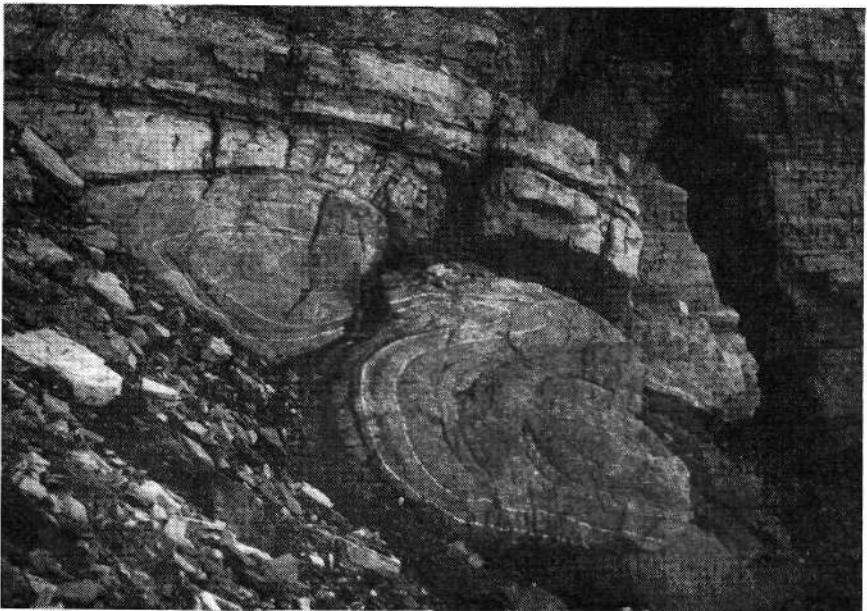
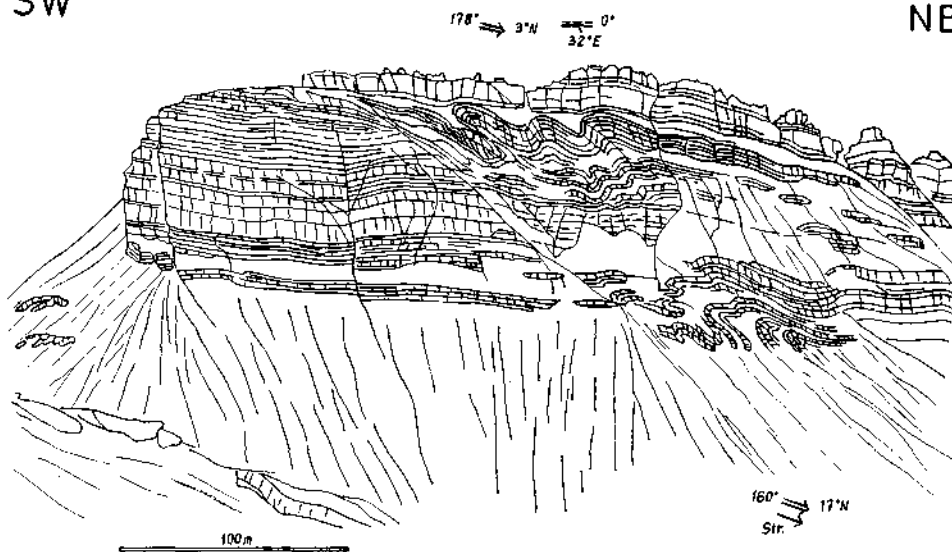


Abb. 14 c

SW

NE



W

E

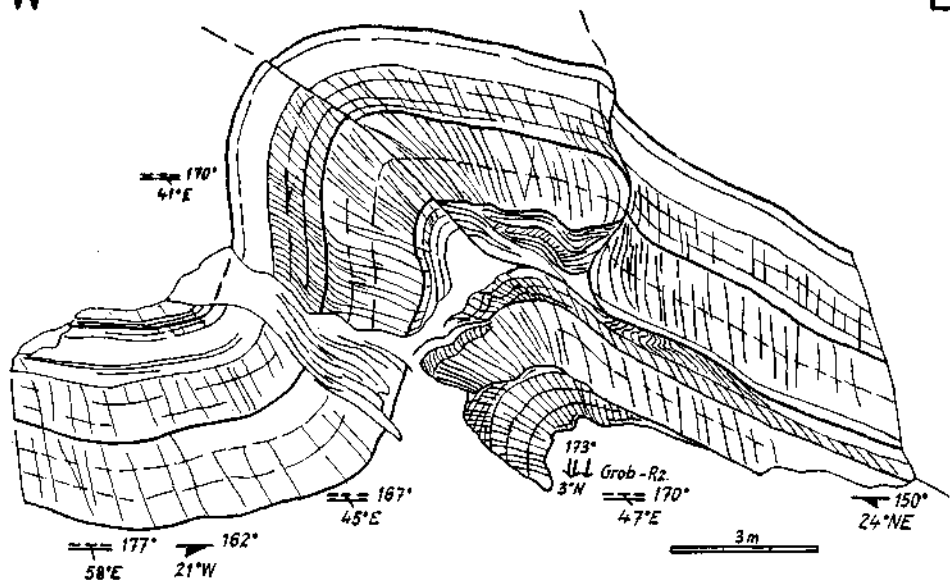


Abb. 15: Oben: Hochbirg (SW- und Zentralteil) von SE gesehen. Oben disharmonische Anschoppung von Falten in karnischem Dolomit unter Tonschieferlager, unten Verfallung von Partnachschichten.

Unten: Nordöstlicher Sattel der drei angeschoppten Sättel im oberen Teil des Hochbirg mit fächerförmiger Schieferungsklüftung und zwei Untervorschiebungen.

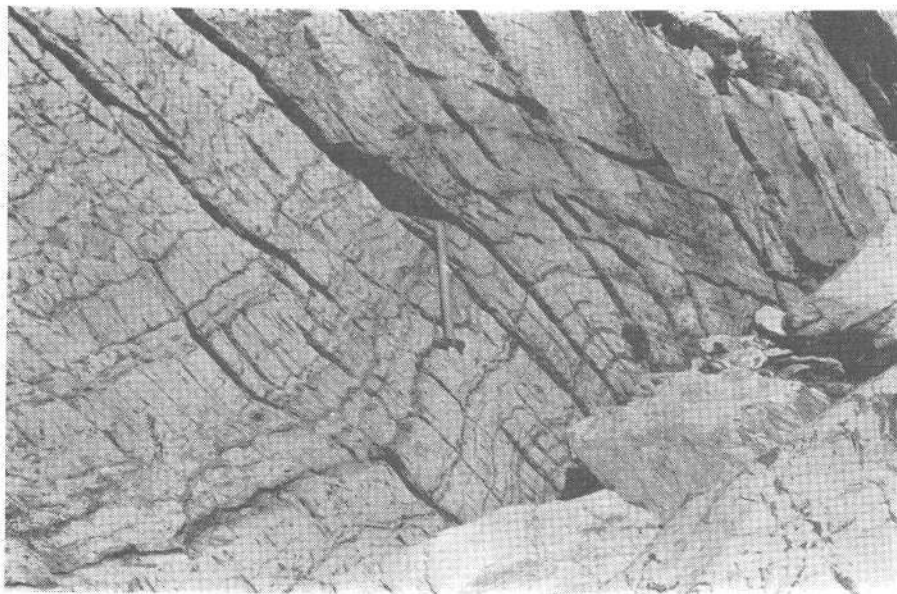
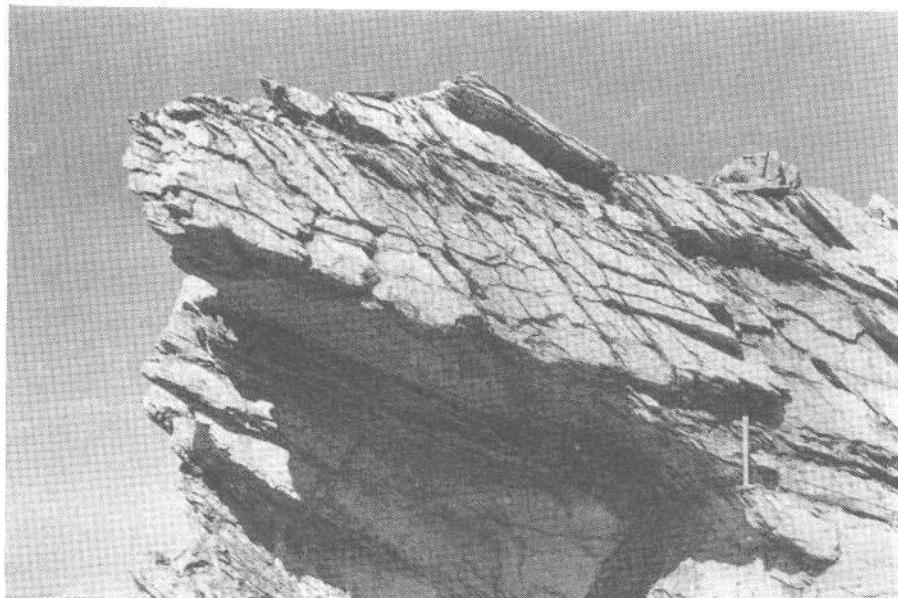


Abb. 16: Oben: Schieferungsklüfte ( $s_1 = 18^\circ/48^\circ \text{ E}$ ) in Partnachsichten ( $ss = 17^\circ/13^\circ \text{ E}$ ) am Graikopfgipfel.  
 Unten: Sattel ( $B = 3^\circ/4^\circ \text{ N}$ ) mit Schieferungsklüftung ( $s_1 \sim 7^\circ/50^\circ \text{ E}$ ) in Partnachsichten der S-Seite des Graikopfes (W links, E rechts).

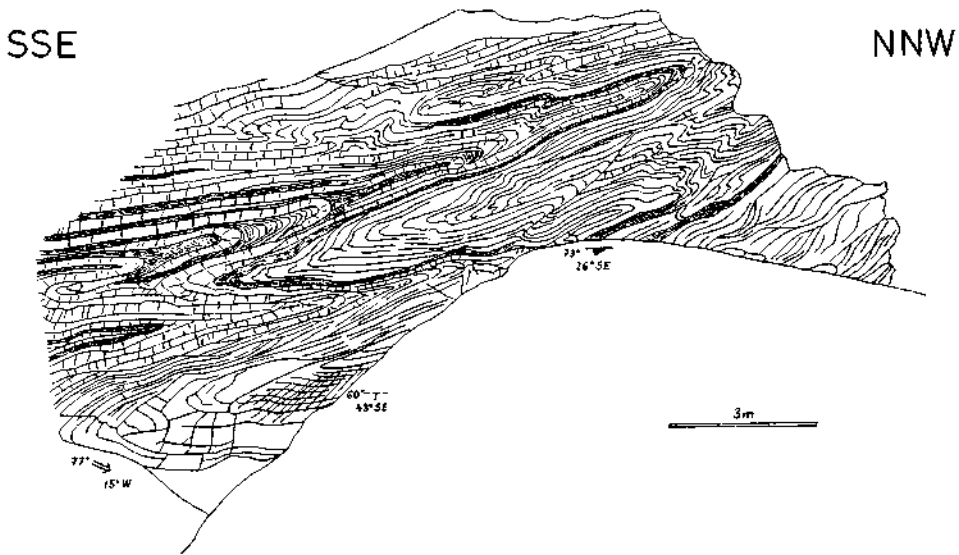


Abb. 17: Liegende Falten in Wechsellagerungen des Oberanis-Dolomits. Fels im SW des Neukarsees.

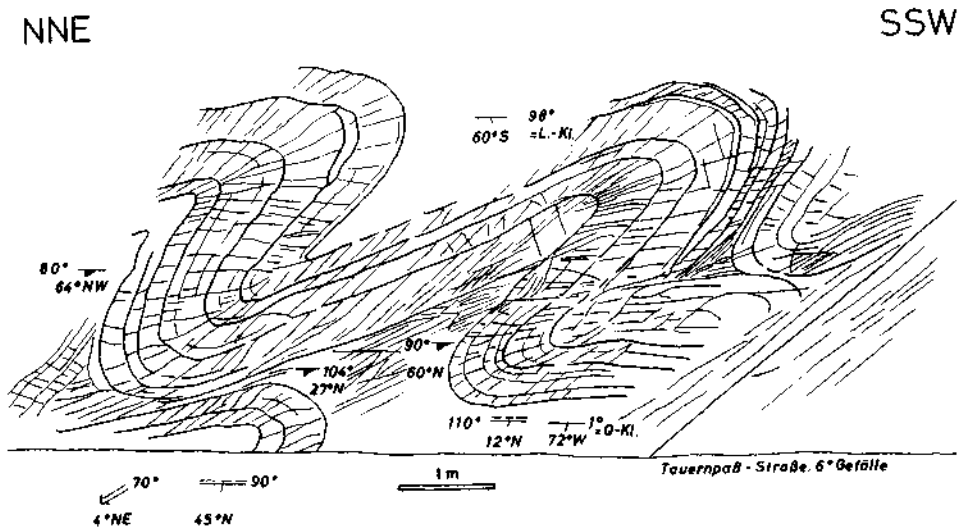


Abb. 19: Falten mit fächerförmiger Schieferungsklüftung im Lantschfeldquarzit (Skyth) nahe der Basis der Pleisling-Decke. Twenger Talpaß (Hohe Brücke), E-Böschung der Straße bei km 26,6.

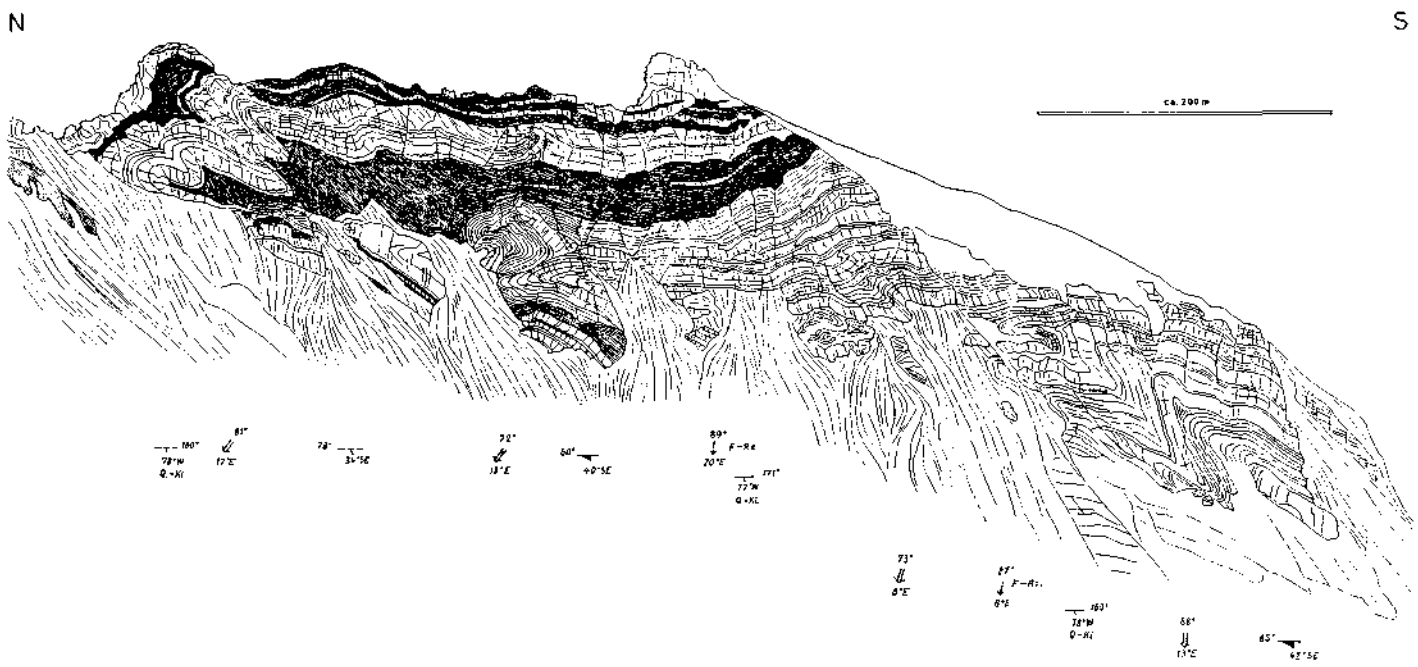


Abb. 18: N-Bewegung in der Schwarzen Wand (südlich vom Radstädter Tauernpaß) mit Wechsellagerungen von Partnachdolomitschichten im Sattelkern und karnischen Dolomiten und Tonschiefern.

## D. Zur tektonischen Analyse: Die Unterscheidung von Leitstrukturen und Nebenstrukturen

Die abgebildeten NE- bis NW-vergenten, überkippten, liegenden oder tauchenden, z. T. von Schieferung begleiteten Falten sowie die  $\pm$  nordwärts einfallenden Schubstörungen gehen nach Position, Verlauf und Gestaltung parallel mit den durch Kartierung ermittelten oder angedeuteten tektonischen Großformen, den ausgedehnten liegenden Falten und Deckenkörpern bzw. -bahnen, entsprechen ihnen also artmäßig, ganz im Gegensatz zu einigen anderen Gefügen des gleichen Raumes (s. u.). Die geometrische Beziehung zwischen diesen beobachteten, relativ kleinen Strukturen und den tektonischen Großformen ergibt sich aus dem genetischen Zusammenhang beider, d. h. sie ist die Folge der gemeinsamen Prägung der Gefüge beider Dimensionen durch die gleiche tektonische Beanspruchung, und zwar durch die orogene Hauptbewegung.

In diesem direkt sichtbaren Kleingefüge spiegelt sich daher der infolge seiner Ausdehnung nicht oder nur unvollkommen übersehbare und dadurch zuweilen problematische Großbau in seinem Verlauf wie in seiner Gestaltungsweise wider. Derartige Kleinstrukturen — und zwar nur solche — ermöglichen somit die Erkennung und Deutung der Großtektonik, d. h. der Großformen und der sie schaffenden Hauptbewegungen, und sie sind in diesem Sinne leitende Strukturen. Sie stellen wie die Großstrukturen Hauptformen der Gebirgsbildung dar. Die leitenden Kleinstrukturen sind daher im allgemeinen auch viel stärker verbreitet und größer und vollkommener entwickelt als die anderen Kleingefüge ihres Gebietes.

Außer den relativ zahlreich anzutreffenden, wohlausgeprägten,  $\pm$  flach nach N gerichteten Falten und Überschiebungen, den Leitformen in den südlichen Radstädter Tauern, finden sich, seltener und kleiner, noch andersartige Strukturtypen, die in dem Großbau ungewöhnlich sind, sich ihm nicht harmonisch einfügen oder sich zu ihm sogar widersinnig verhalten. Solche Gefüge sind z. B. flache S-Überschiebungen (Abb. 20), ferner steile wechselvergente Schubklüfte und Falten (Abb. 21), Untervorschiebungen (vgl. Abb. 15 b), aufrechte (vergenzlose) oder schiefe, im Hauptstreichen oder quer dazu verlaufende Formen (Abb. 22—25), ferner verschiedenartige Bruchflächen und noch andere Strukturen. Alle diese Gefüge — deren spezielle Kinematik hier nicht behandelt werden kann — kommen entsprechend ihrer mehr lokalen Ausbildung und meist geringen Intensität nicht in der großen Dimension zum Ausdruck, d. h. sie spiegeln sich im Großbau selbst nicht wider. Sie verändern ihn nur geringfügig, bedeuten darin also Abweichungen. Da diese Kleinstrukturen ihrer Art nach keine gestaltlichen Übereinstimmungen oder Beziehungen zur Großtektonik zeigen, haben sie geringere Bedeutung und sind als Nebenformen anzusehen.

Bei der Strukturanalyse ist daher methodisch besonderer Wert auf die Ermittlung der Leitstrukturen zu legen; denn sie haben die entscheidende Bedeutung bei der Klärung der Großtektonik (Verf. 1964).

Erst jetzt, nachdem eine gewisse Übersicht über das sehr mannigfaltige Gefügeinventar in den südlichen Radstädter Tauern gewonnen ist, läßt sich auch dort feststellen, was Leitstrukturen und was Nebenformen sind, d. h. welche Gefüge im Hinblick auf die Deutung des Großbaues wesentlich erscheinen und welche nicht.

Die tektonische Analyse der beobachteten Formen und Richtungen führte zu einer Gliederung nach folgenden Gestaltungstypen:

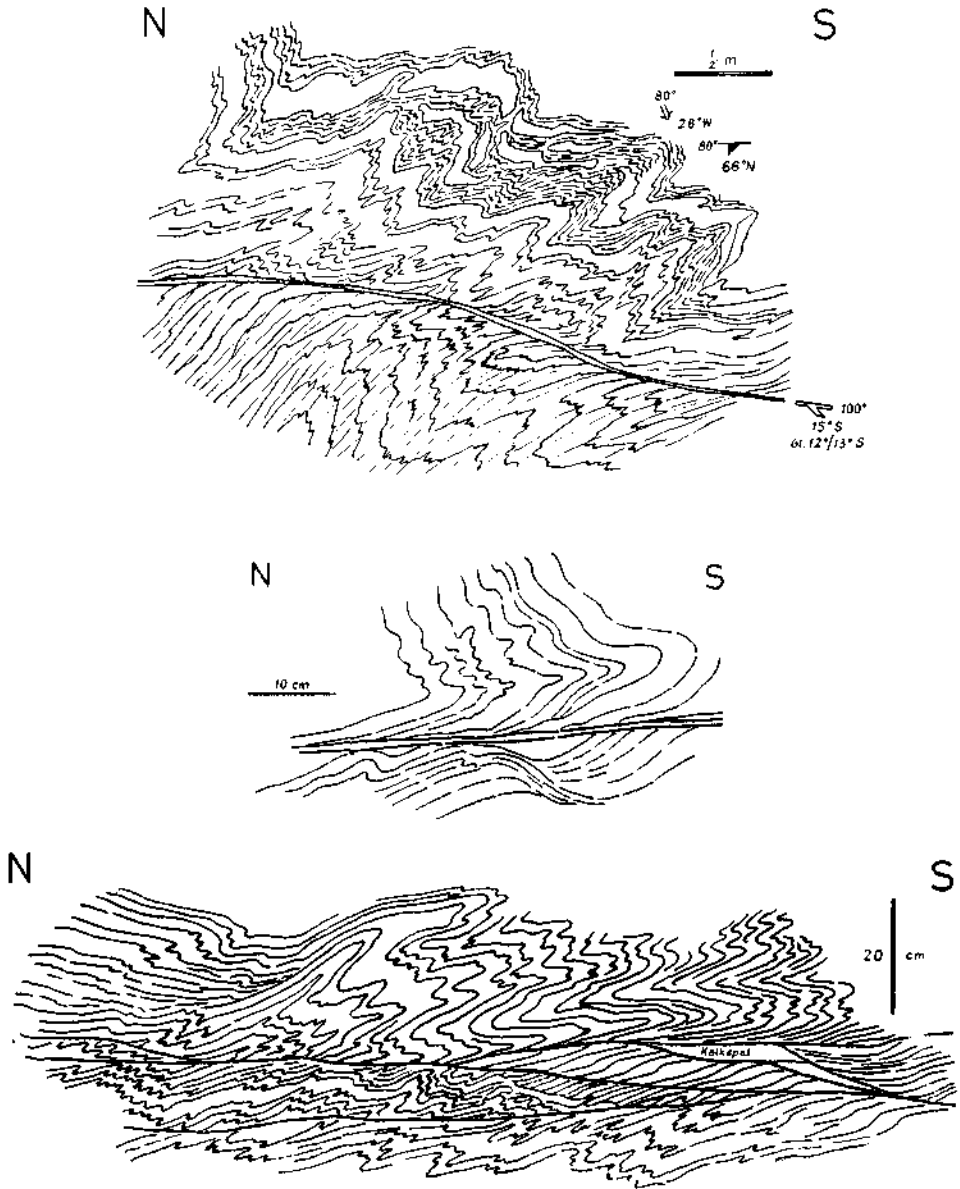


Abb. 20: Flache S-Uberschiebungen im blaugrauen Klammkalkschiefer mit Kalkspatlinsen. E-Wand der Liechtensteinklamm, Klammkalkzone am N-Rand der Hohen Tauern.

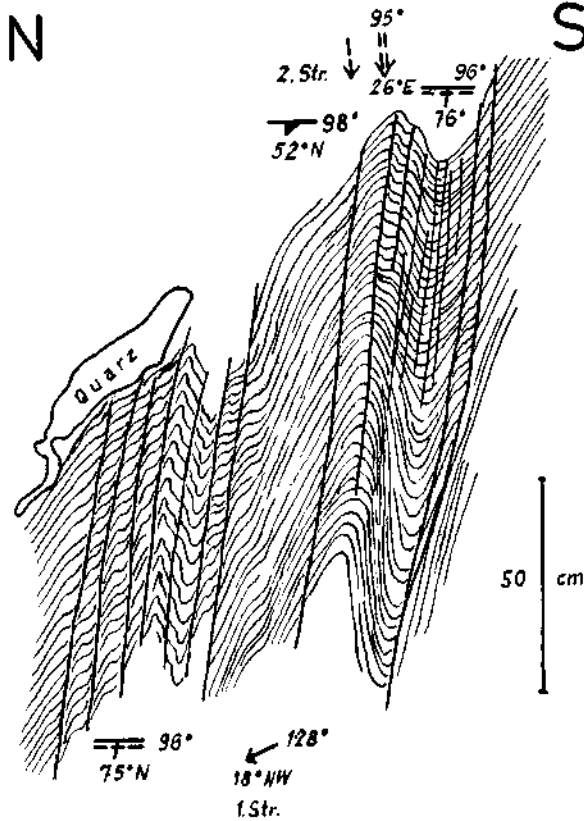


Abb. 21: Grauer Pennin-Phyllit mit Schubklüftung ( $s_2 = 96/76^\circ$  N) und Falten und 2. Striung ( $B_2 = 95/26^\circ$  E) sowie mit verbogener 1. Striung ( $= 128/18^\circ$  NW). Böschung nahe Wegverzweigung 1 km ENE von Wald.

1. Überkippte, liegende oder tauchende Faltensättel mit  $\pm$  nördlichen (NE-, N-, NW-) und W-Vergenzen;
2. flache,  $\pm$  nach N vergierende Bewegungsbahnen;
3. Untervorschiebungen mit W- und NW-Vergenz;
4. aufrechte oder schiefe Biege- oder Knickfalten mit NW- und SE-Vergenzen;
5. schiefe Biegefalten mit N- oder S-Bewegung;
6. steile Schubklüfte und damit verbundene sehr kleine Falten mit N- oder S-Bewegung;
7. flache S-vergente diskonforme Überschiebungen, die scharf das steil einfallende s-Flächengefüge durchschneiden;
8. steilere Bruchflächen verschiedener Richtungen.

Die Leitstrukturen, deren Streichen stärker wechseln kann (vgl. S. 242), sind unter Ziffer 1 und 2 zu suchen. Vom gesamten Gefügeinventar sind also nur diese Formen zum Rückschluß auf den Großbau auswertbar.



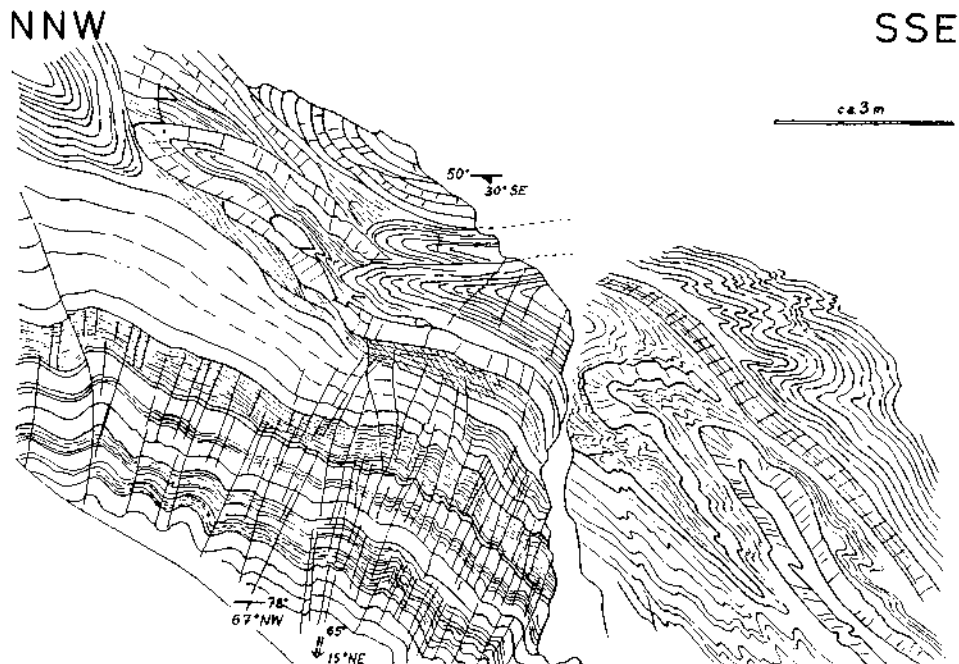


Abb. 22: Strukturen zweier Bewegungsakte („Mischform“) im plattigen Gutensteiner Dolomit und Kalk (Anis) am S-Hang des Kl. Mosermannl: oben größere liegende N-bewegte Falten, unten steil nach S ansteigende Schubklüfte mit kleineren Falten.

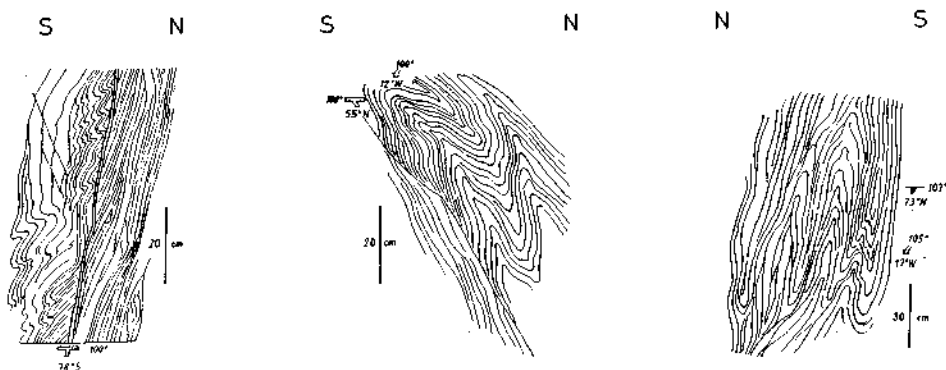


Abb. 23: Steil stehende Strukturen am N-Rand der Hohen Tauern, die sekundär versteilt oder neu gebildet wurden durch Pressungen nach dem Deckenschub. Fig. links: Steile Störung im Phyllit, Straßenböschung am SE-Ausgang von Taxenbach a. d. Salzach, Fig. Mitte und rechts: Falten mit  $\pm$  steilen Achsenebenen in Kalkphylliten und plattigen Kalken (Klammkalkzone) der Kitzlochklamm bei Taxenbach.

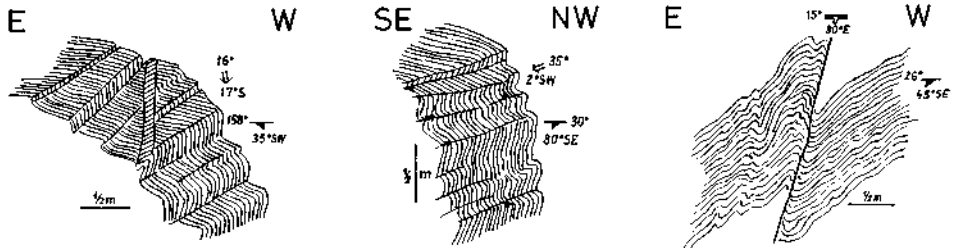


Abb. 24: W-vergente Knickfalten und Schubflächen im Quarzphyllit am E-Rand der Hohen Tauern, Straßenböschung südlich der Katschberghöhe.

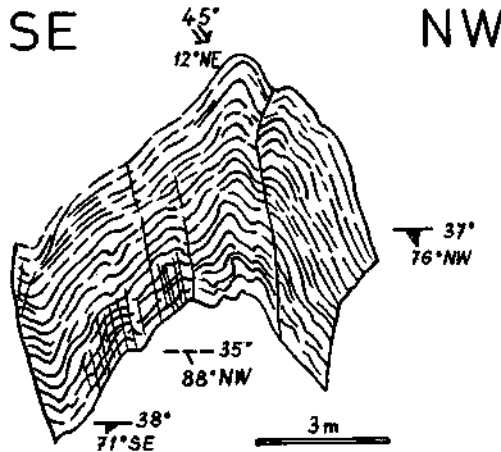


Abb. 25: Quersattel im Skythquarzit an der W-Seite des Twenger Weißenecks unweit der Gruberachscharte.

### E. Rückschluß auf die Großtektonik im NE-Randbereich der Hohen Tauern

Indem hier die im ganzen etwas älteren Unterostalpin-Serien (Altkristallin, Quarzphyllit und Mesozoikum bis Unterkreide) an großer N-fallender Bewegungsbahn über den relativ jüngeren Penningesteinen (vorwiegend metamorphe jurassische bis unterkretazische Bildungen) lagern und in beiden Gesteinskomplexen als Leitstrukturen  $\pm$  nach N überkippte, liegende und tauchende Sättel sowie nordwärts einfallende und vergierende Schubflächen vorhanden sind, kann an einer S—N-Wanderung des Unterostalpins über das Tauern-Pennin, d. h. an einer bedeutenden Deckenüberschiebung (und damit am Tauernfenster), auch nach Aussage dieser Strukturanalyse kaum mehr ein Zweifel bestehen. Vor allem setzen Gefüge der N-Abwärtsbewegungen der Unterostalpin-Gesteine unmittelbar an deren Auflager auf den Pennin-Phylliten ein. Die Annahme einer S-Überschiebung des Unterostalpins am N-Rand des Tauern-Pennins über dieses scheidet also aus; die Hohen Tauern sind nicht von zwei Seiten (S und N) überschoben. Auch das flache Abtauchen der s-Flächen und B-Achsen (Striungung und Falten) des Pennins nach E unter ältere, ihm auflagernde Kristallingesteine des Ostalpins bei St. Michael an der E-Ecke der Hohen Tauern bestätigt deren Fensteratur erneut.

Nach der Strukturanalyse ist der Bau- und Bewegungsstil im Grenzbereich der nordöstlichen Hohen Tauern und der südlichen Radstädter Tauern von folgender Art (Abb. 26):

Innerhalb des Tauern-Pennins tauchen große wie kleine liegende Sättel nach N ein. Und innerhalb des Unterostalpins grenzen mehrere große Bewegungsbahnen einzelne Deckenkörper voneinander ab, die überkippte oder liegende Falten und Schubkomplexe mit N-Bewegung enthalten, wie die stratigraphisch erweisbare Lage der Sattelscharniere mit älteren Gesteinen im N und der Muldenschlüsse mit jüngeren Schichten im S sowie die Schleppungerscheinungen an Schubflächen zeigen.

Der Wechsel des Achsenverlaufs der liegenden Falten von der SE- über die NE- bis zur N-Richtung läßt erkennen, daß die einzelnen Decken oder auch Deckenteile (z. B. bei der Pleisling-Decke) etwas verschiedene Hauptschubrichtungen gehabt haben, und zwar NE- und NW- bis W-Vergenzen, daß sie aber nirgendwo ausgesprochen nach S drängten. Der Bewegungsablauf der einzelnen Decken erfolgte — je nach dem zur Verfügung stehenden freien Weg und der besonderen Schubtendenz — etwas unterschiedlich.

Dieses auf dem speziell tektonischen Wege einer Strukturanalyse gewonnene Resultat ist für viele ostalpine Geologen, insbesondere für die Wiener, nicht verwunderlich. Wird von ihnen doch im Grunde eine ähnliche Auffassung — wenn gleich jetzt vor allem von anderer Basis her, nämlich neueren stratigraphisch-faziellen Ergebnissen und regionalen Gesteinsverteilungen — schon länger vertreten. Anders ist dies für die nicht aus den Alpen kommenden Geologen, die etwa im Variszikum oder Saxonikum tätig sind.

Das liegt an den unterschiedlichen tektonischen Gegebenheiten im Alpin und Außeralpin. Schon z. B. im Variszikum sind normalere tektonische Verhältnisse gegeben, indem dort die Altersfolge der Schichten von unten nach oben zumeist erhalten geblieben ist. Daher liegen im variszischen Gebirge die Sattelscharniere in der Regel oben und die Muldenscharniere unten, und das Ansteigen der Faltenmittelebene bzw. der Schieferungsebene (sowie der Schubfläche) deutet die Vergenz an. In den Alpen können die Sattelscharniere auch eintauchen und die Muldenscharniere höher liegen, und die Vergenz geht dann mit dem Einfallen der Faltenmittel- und Schieferungsebene und der Bewegungsbahn. Diese Strukturverhältnisse in den Alpen sind also umgekehrt wie die im Variszikum oder Saxonikum, und sie hängen vor allem mit der extrem einseitigen Vergenz, den starken, horizontalen Schüben in den Alpen zusammen. Im Außeralpin hingegen haben i. a. keine sehr bedeutenden (wenn gleich z. T. recht komplizierte) Gebirgsbewegungen stattgefunden.

Ein Geologe des Außeralpins muß sich an die andersartigen inneralpinen Gegebenheiten erst gewöhnen und umdenken im alpinen Bau. Z. B. gehen die im Variszikum gewonnenen Erfahrungen von einem anderen Bautypus, einem meist mittelsteilen Falten- und Schuppenbau aus, und ihre schematische Anwendung in den Alpen ist sogar hinderlich.

Auch Verf. muß zugeben, daß das hier vertretene Ergebnis der Strukturanalyse über den Deckenbau an der NE-Seite des Tauernfensters sich für ihn erst auf Grund der wachsenden Beobachtungssammlung allmählich eingestellt hat, und zwar speziell durch die Definitionsmöglichkeit der Leitstrukturen, wonach nur diese den Rückschluß auf die Beschaffenheit und Kinetik der Großformen erlauben.

Indem so die Großtektonik am NE-Rande der Hohen Tauern mit hauptsächlich tektonischen Mitteln untersucht wurde, findet die Auffassung von der Existenz des dortigen Deckenbaues weitere Bestätigung und gewinnt erneut an Überzeugung, unabhängig davon, daß zur Mechanik des zugrunde liegenden Vorganges noch verschiedene offene Fragen bestehen (z. B. das Transportproblem ausgedehnter, relativ dünner Gesteinsmassen bei Fernschub; Entstehung einheitlicher Deckenkörper auch aus heterogen reagierenden Gesteinen; Wurzellokalisierungsfragen; Deckenschubweiten und das Grundproblem der wirkenden Transportkräfte selbst), worauf hier aber nicht eingegangen werden kann.

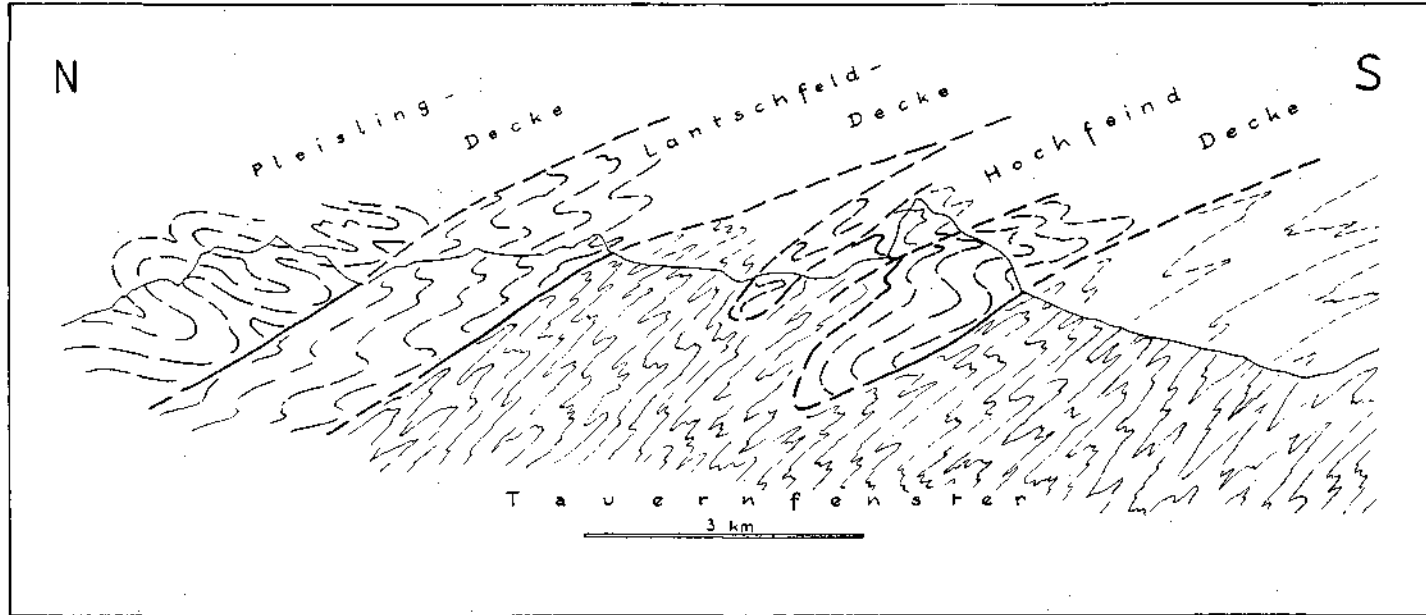


Abb. 26: Hauptbau- und Bewegungsstil im Grenzbereich der nordöstlichen Hohen Tauern und der südlichen Radstädter Tauern zwischen Zederhaustal und nördlichem Taurachtal, rekonstruiert auf Grund der Schichtenverteilung und des beobachteten Strukturinventars (Schema).

## F. Anhaltspunkte für Deckenbau im NE der Hohen Tauern

Für Deckentektonik in diesem Gebiet sprechen heute folgende Gegebenheiten:

1. Die  $\pm$  N-vergente Hauptbewegung der Sättel und Schubflächen, 2. die Flachheit der orogenen Bewegungen, 3. die extreme Einseitigkeit des Hauptschubes, 4. das Auftreten verkehrter Schichtserien, 5. die liegenden Falten und 6. die Metamorphose als Belastungszeugen, 7. Auflager des Unterostalpins auf jüngerem Pennin am E-Rand der Hohen Tauern auf 50 km in süd-nördlicher Hauptbewegungsrichtung, 8. Vorkommen von Deckschollen (Weißeck und Riedingspitz) und Fenstern (Lakenkogel und nördliches Taurachtal), 9. unregelmäßig gestaltete Konturen der Schubkomplexe, 10. häufiges Auftreten älterer Schubmassen auf Berggipfeln und jüngerer Gesteine in Talungen, 11. Einheitlichkeit der kuppelförmigen Gestaltung des östlichen Tauern-Pennins und dessen Einfallen nach  $\pm$  allen Seiten unter älteres Unterostalpin, 12. flaches Abtauchen der B-Achsen des Tauern-Pennins nach E unter das Ostalpin, 13. um die E—W-Linie pendelnde Hauptachsen eines größeren Pressungsplanes, 14. Fehlen einer größeren Fächer- bzw. Scheitelzone, 15. die Mehrphasigkeit der gebirgsbildenden Bewegungen und nicht zuletzt 16. die auf eingehende Kartierungen gegründeten Ergebnisse CLARS, EXNERS und TOLLMANNs. Speziell die Wiederholung orogener Beanspruchungen besagt, daß heute ein ungestörter, einheitlicher alpiner Deckenbau nicht mehr zu erwarten ist, sondern spätere Bewegungen noch neue Verfaltungen sowie Versteilungen und Zerbrechungen hervorriefen. Diese Vorgänge vermögen also auch bodenständige Deformationen im Rahmen eines schon bestehenden Deckenbaues zu erklären, wie solche z. B. in den westlichen N-Kalkalpen wahrscheinlich sind.

## G. Über Indikatoren orogener Beanspruchungen

Die speziellen tektonischen Verhältnisse in den südlichen Radstädter Tauern geben noch einige Fragen auf.

### 1. Maximales Achsenpendeln bei liegenden Falten

Charakteristisch und bemerkenswert ist, daß die zu dem Leitstrukturtyp gehörenden liegenden Falten im Unterostalpin in verschiedenen Richtungen verlaufen: von SE—NW über E—W bis N—S. Der Grund dafür ist m. E. in der flachen Lage der Achsenebenen und der dadurch gegebenen maximalen Ausweichmöglichkeit der Faltenscharniere zu suchen. In diesem Falle kann schon bei geringen Widerständen eine Ablenkung des Faltenschubes aus der Hauptbewegungsrichtung erfolgen, was sich im Achsenpendeln (Achsenstreuen) äußert.

### 2. Achsenrichtung und Gestaltungstyp als Anzeiger gebirgsbildender Bewegung

Bei steilen Achsenebenen ist ein seitliches Ausweichen der Faltenscharniere im allgemeinen ausgeschlossen, so daß die Achsenrichtung in Gebirgen mit aufrechten bis schiefen Falten, wie besonders im Variszikum, eine Rolle als Indikator einer orogenen Beanspruchung spielt.

Im Gegensatz dazu stehen die Verhältnisse in den Alpen, sobald flache Achsenebenen vorliegen wie in den südlichen Radstädter Tauern. Wie dargelegt, haben dort die liegenden Falten, d. h. Formen des gleichen einheitlichen Gestaltungstyps, stark wechselndes Streichen — innerhalb der Pleisling-Decke z. B. zwischen N—S und E—W —, und sie gehen dennoch auf nur eine größere Schubbewegung mit wechselnden Ausweichbedingungen zurück. Das Achsenpendeln bei dieser Strukturart zeigt, daß man für ihre wechselnden Achsenrichtungen nicht viele verschiedene Bewegungsakte annehmen kann. Eine Achsenrichtung kann also hier nicht unbedingt als Kennzeichen eines Bewegungsaktes angesehen werden; unter verschiedenartigen Strukturen mit gleicher Achsenrichtung können sich sogar verschiedene Bewegungsakte verbergen.

Es empfiehlt sich daher auch in den südlichen Radstädter Tauern nicht, gegensätzlich erscheinende Achsenrichtungen — da diese auch einem einheitlichen Gestaltungstyp (wie z. B. bei den liegenden Falten) angehören können — prinzipiell als Ausdruck verschiedener Bewegungsakte oder gar -phasen anzusehen; lediglich bei direkter Durchkreuzung von Achsen verschiedenartiger Gefüge ist ein Altersunterschied zweier Prägungen festzustellen. In einem Gebirge mit flachen Faltenachsenebenen wie hier ist somit weniger das Vorkommen verschiedener Achsenrichtungen als vielmehr das Auftreten verschiedener (aber nicht materialbedingter) Gestaltungstypen wesentlich für den Nachweis mehrerer orogener Beanspruchungen. TOLLMANN (1958, S. 80) hatte selbst die großen liegenden Falten ganz zutreffend als „tektonische Leitformen des Unterostalpins“ bezeichnet und hierbei den Gestaltungstyp eigentlich der Achsenrichtung gegenüber als Indiz orogener Prägung bevorzugt. Als Anzeichen verschiedener Bewegungsakte können u. a. folgende ungleichartige Gestaltungstypen gelten: 1. Flach liegende Falten, Schieferungsflächen und Bewegungsbahnen mit N-Vergenz, 2. Schubklüfte und Fältelungen in  $\pm$  steiler Stellung, 3. ältere Gefüge zerschneidende S-gerichtete Schubflächen, 4. Bruchflächen (Abschiebungen) usw. Die Reihenfolge der Typen dürfte der Altersfolge der Gestaltungen im allgemeinen entsprechen: von der plastischen Deformation über Scherstrukturen bis zur Zerbrechung unter Zerrung oder Blattverschiebung. Eine sichere Zuordnung der Typen zu bestimmten Phasen ist z. Zt. noch nicht möglich. — Auch die

### 3. Querfalten

bieten noch Probleme (vgl. TOLLMANN, 1962). Ostalpine Querfalten sind nicht generell einfach  $\pm$  N—S gerichtete Gefüge zu einem  $\pm$  E—W verlaufenden alpinen Hauptstreichen. Querfalten gehören in der Regel einem anderen Gestaltungstyp und einer andersartigen Beanspruchung an als die Längs- bzw. Hauptfalten und ändern wie diese auch ihr Streichen.

Z. B. in der Hochfeind-Decke am Weißeneck verlaufen die liegenden Längsfalten NW—SE und die aufrechten Querfalten NE—SW, und in der Pleisling-Decke nördlich vom Kleinen Mosermann streichen geradezu umgekehrt die großen liegenden Falten NE—SW und die Querfalten NW—SE. Im ersten Fall sind die Querfalten Biegefalten, im zweiten durch Schubklüftung erzeugte Fältelungen.

So gibt es nach Art und Richtung verschiedene Querfalten. Wie weit die beobachteten Querfalten mit der Hauptbeanspruchung des Deckenschubes zusammenhängen, bedarf noch weiterer Untersuchungen.

### 4. Erklärungswert der Leitstrukturen und Aussage der Nebenformen

Aus der Vielfalt der verschieden geformten und gerichteten Gefüge der südlichen Radstädter Tauern lassen allein die leitenden Strukturen die Prägung der Großtektonik erkennen. Die gemeinsame Entstehung von Leit- und Großformen durch die Hauptbeanspruchung bedingt ihre gestaltliche Harmonie. Darin, daß die Leitgefüge die Großformen widerspiegeln und Rückschlüsse auf deren Kinetik zulassen, liegt ihr Erklärungswert.

Die Existenz der S-Überschiebungen am N-Randbereich der Hohen Tauern und der W-Schübe an ihrem E-Rand sollte anderen Deutungen zuliebe nicht bestritten werden. Wesentlich dabei ist, daß sie nicht großstrukturbildend wirkten, sondern nur relativ geringe Veränderungen im Großbau hervorbrachten. Sie sind

Nebenformen, die quantitativ, nach Größe und Verbreitung, der Haupttektonik gegenüber zurücktreten. So sind Leitstrukturen wie tektonische Großformen Indikatoren der Hauptgebirgsbewegung und Nebenstrukturen Anzeiger geringerer Beanspruchungen.

Besonders die wechselvollen tektonischen Gegebenheiten im Grenzbereich der Hohen Tauern und der Radstädter Tauern haben zu eingehender Aufnahme und Analyse des dortigen Gefügeinventars veranlaßt, um die wesentlichen Strukturen herauszufinden. So haben die komplizierten Bauverhältnisse dieses Raumes zur Feststellung der Beziehungen zwischen leitenden Gefügen und großtektonischen Formen und damit zur Begriffsbildung der Leitstrukturen entscheidend beigetragen.

## H. Verschiedene Hauptbautypen der Alpen und des variszischen Gebirges

Als weiteres Ergebnis der Strukturuntersuchungen in den zentralen Ostalpen resultierte, daß der typische alpine Bau mit dem typischen variszischen Bau nicht identifiziert werden kann, wie mehrfach von verschiedenen Standpunkten aus erwogen worden ist. Im ersten Falle sind Deckenstrukturen und liegende Falten charakteristisch, im zweiten vor allem schiefe Falten und Schuppen, während größere Schubflächen (z. B. Faille du Midi) Ausnahmen bilden. Auch die Alpen enthalten autochthone Bewegungsformen, z. B. Versteilungen und Rückschübe, die aber hauptsächlich in einem schon vorhandenen Deckenbau entstanden sein dürften. Auf den näheren Vergleich der beiden Orogene Alpen und Variszikum und auf die Unterschiede ihrer Hauptbautypen sei bei anderer Gelegenheit eingegangen.

### Literatur

- BLATTMANN, S.: Deformationstypus der Radstädter Tauern. — Jb. Geol. B.-A., 87, 207—233, Wien 1937.
- CLAR, E.: Über Schichtfolge und Bau der südlichen Radstädter Tauern (Hochfeindgebiet). — Sber. Ak. Wiss. Wien, m.-n. Kl. Abt. I, 146, 249—316, Wien 1937.
- CLAR, E.: Vom Baustil der Radstädter Tauern. — Mitt. Alpenld. Ver., 32, Jg. 1939, 125—138, Wien 1940.
- CLAR, E.: Zur Einfügung der Hohen Tauern in den Ostalpenbau. — Verh. Geol. B.-A., Jg. 1953, 93—104, Wien 1953.
- CORNELIUS, H. P.: Zur Auffassung der Ostalpen im Sinne der Deckenlehre. — Z. deutsch. geol. Ges., 92, 271—310, Berlin 1940.
- DEL-NEGRO, W.: Zum Streit über die Tektonik der Ostalpen. — Z. deutsch. geol. Ges., 93, 34—40, Berlin 1941.
- DEL-NEGRO, W.: Geologie von Salzburg. — 348 S., Innsbruck 1950.
- EXNER, CH.: Tauernfenster. — Verh. Geol. B.-A., Sdh. A, 76—88, Wien 1951.
- EXNER, CH.: Die Südostecke des Tauernfensters bei Spittal an der Drau. — Jb. Geol. B.-A., 97, 17—37, Wien 1954.
- KOBER, L.: Das östliche Tauernfenster. — Denkschr. Ak. Wiss. Wien, m.-n. Kl., 98, 201—242, Wien 1922.
- KOBER, L.: Bau und Entstehung der Alpen. — 2. Aufl., 379 S., Wien 1955.
- KOCKEL, C. W.: Der Umbau der nördlichen Ostalpen und seine Schwierigkeiten. — Verh. Geol. B.-A., Jg. 1956, 205—214, Wien 1956.
- KRAUS, E.: Der Abbau der Gebirge. I: Der alpine Bauplan. — 352 S., Berlin 1936.
- KRAUS, E.: Die Baugeschichte der Alpen. — 1. Teil 552 S., 2. Teil 489 S., Berlin 1951.
- RICHTER, M., & SCHÖNENBERG, R.: Über den Bau der Lechtaler Alpen. — Z. deutsch. geol. Ges., 105, 57—79, Hannover 1954.

- SCHAFFER, F. X.: Grauwackenzone und Tauernfenster. — Jb. Geol. St.-A., 71, 101—116, Wien 1921.
- SCHAFFER, F. X.: Geologie von Österreich. — 2. Aufl., 810 S., Wien 1951.
- SCHMIDT, W.: Der Bau der westlichen Radstädter Tauern. — Denkschr. Ak. Wiss. Wien, m.-n. Kl., 99, 309—339, Wien 1924.
- SCHMIDT-THOME, P.: Paläogeographie und tektonische Strukturen im Alpenrandbereich Südbayerns. — Z. deutsch. geol. Ges., 113, 231—260, Hannover 1962.
- SCHWAN, W.: Untervorschiebungen und Aufbruchsfalten. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh. 8/9, 356—376, Stuttgart 1958.
- SCHWAN, W.: Kleintektonische Beobachtungen und Probleme am Nord- und Ostrand der Hohen Tauern. — Z. deutsch. geol. Ges., 110, S. 12, Hannover 1958.
- SCHWAN, W.: Einige Bauprobleme europäischer Gebirge und ihre Untersuchung mit kleintektonischen Arbeitsmethoden. — Int. geol. Congr., XXI. Sess., Norden 1960, Part XVIII, 353—370, Copenhagen 1960.
- SCHWAN, W.: Begriff und Bedeutung der Leitstrukturen. — Geotekt. Forsch., 19, I—II, 1—47, Stuttgart 1964.
- THALMANN, F.: Geologische Neuaufnahme des Kammzuges zwischen Mur- und Zederhaustal (Bereich der peripheren Tauernschieferhülle — Pennin). — Mitt. Ges. Geol. Bergb. Stud., 13, 1962, 121—188, Wien 1963.
- THURNER, A.: Die Baustile in den tektonischen Einheiten der Nördlichen Kalkalpen. — Z. deutsch. geol. Ges., 113, 367—389, Hannover 1962.
- TOLLMANN, A.: Geologie der Pleisling-Gruppe (Radstädter Tauern). — Verh. Geol. B.-A., Jg. 1956, 146—164, Wien 1956.
- TOLLMANN, A.: Geologie der Mosermannl-Gruppe (Radstädter Tauern). — Jb. Geol. B.-A., 101, 79—115, Wien 1958.
- TOLLMANN, A.: Die Rolle des Ost-West-Schubes im Ostalpenbau. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 54, 229—247, Wien 1962.
- TOLLMANN, A.: Ostalpen-Synthese. — 256 S., Wien 1963.
- TRAUTH, F.: Geologie der nördlichen Radstädter Tauern und ihres Vorlandes. 1. und 2. Teil. — Denkschr. Ak. Wiss. Wien, m.-n. Kl., 100, 101—212, Wien 1926 und 101, 29—65, Wien 1928.
- ZACHER, W.: Zur tektonischen Stellung der Vilsener Alpen. — Z. deutsch. geol. Ges., 113, 390—408, Hannover 1962.