

| | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|------------|-----------------------|
| Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck | Band 8 Festschrift W. HEISSEL | S. 227-288 | Innsbruck, Sept. 1978 |
|-----------------------------------|-------------------------------------|------------|-----------------------|

Karwendel - geologischer Bau und Versuch einer tektonischen Rückformung

von G. Heißel⁺)

Zusammenfassung

Gestützt auf die ersten detaillierten Geländeaufnahmen großer Gebiete des Karwendelgebirges (Nördliche Kalkalpen, Oberostalpin; nördlich von Innsbruck, Tirol, Österreich) seit O. AMPFERER (1912, 1950) zeigt sich ein in wesentlichen Punkten vollkommen neues Bild des geologischen Baus dieses Gebirges. Es handelt sich grundsätzlich um eine sehr komplizierte nordvergente Decken- und Schuppentektonik mit Transportbeträgen bis in den Zehnerkilometerbereich, vielleicht vereinzelt auch darüber. Die Argumente anderer Autoren, die für gebundene (autochthone) Tektonik (vor allem der Inntaldecke) sprachen, konnten widerlegt werden. Zwischen Lechtaldecke (tiefere Decke) und Inntaldecke (höhere Decke) befindet sich eine Zone ausgeprägter Schuppung, die sogenannte Karwendelschuppenzone, deren Bau vielerorts erstmals im Detail festgelegt werden konnte. Die Interpretation des Baus der Inntaldecke erfuhr im Zug der Geländearbeiten (1974-1978) ebenfalls bedeutende Veränderungen. Vor allem sei auf die endgültige Festlegung der Umrahmung der Inntaldecke im Karwendel auf die einzigen unbestreitbaren und daher eindeutigen Grenzen verwiesen sowie auf die Interngliederung der Inntaldecke in 12 nordvergente Großfalten (bisher 6). Schließlich wurde erstmals die charakteristische Kleinfaltung am Karwendelsüdrand erkannt, der sekundär teilweise Südvergenz aufgeprägt wurde. Jede festgestellte Südvergenz sowie die teilweise vorhandene Steilstellung von Bewegungsbahnen im Karwendel

⁺) Anschrift des Verfassers: Dr. Gunther Heißel, Institut für Geologie und Paläontologie, Universitätsstraße 4, A-6020 Innsbruck

sind auf eine spätere tektonische Phase (Nachdrängen weiterer ober- bis unterostalpiner Einheiten auf den Decken- und Schuppenbau des Karwendels) zurückzuführen. Es werden kurz auch überregionale tektonische Fragen sowie morphologische und hydrogeologische Fragen etc. erörtert. Weiters wird anhand eines Profils durch das Karwendel der Versuch einer tektonischen Rückformung der einzelnen Einheiten in ihre Position im ehemaligen Geosynklinalmeer unternommen. Es wird auch auf (zukünftige) Projekte wie Bergbau (Blei-Zink, Salz), Stollen- und (Straßen)tunnelbau u.a.m. eingegangen.

Summary

Based on the first detailed mappings of large areas of the Karwendel range (Northern Limestone Alps, Austro-Alpine, north of Innsbruck, Tyrol, Austria) since O. AMPFERER (1912, 1950) the image of the geological structure of this mountain range has proved to be a completely different one in substantial aspects. In principle one encounters most complicated northward verging nappe- and lobe tectonics with transport distances of several tens of km, in some cases maybe even more than that. Arguments of other authors claiming bound (autochthonous) tectonics (mainly of the Inn Valles nappe) could be disproved. Between the Lech Valley nappe (lower nappe) and the Inn Valley nappe (upper nappe) there lies a zone of distinct lobe formation, namely the so-called Karwendel lobe zone, whose structure could in many places be defined in detail for the first time. Due to new aspects which came up in the course of my field work (1974-1978) the already existing interpretation of the Inn Valley nappe had to be changed. First and foremost the final definition of the indisputable and therefore unequivocal boundaries of the frames of the Inn Valley nappe in the Karwendel is to be pointed out, as well as the internal structure of the Inn Valley nappe comprising twelve northward verging large folds (six up to now). Finally the characteristic small folding on the southern edge of the Karwendel has been found out, upon which secondarily a partly southward verge has been impressed. Every southward verge which has been found as well as a steep position of paths of motion which occur in some places in the Karwendel are due to a later tectonic phase (pressure of further Austro-Alpine to Lower Alpine units upon the nappe- and lobe structure of the Karwendel). Moreover tectonic questions reaching beyond the above mentioned region, and morphological as well as hydrogeological aspects etc. are being discussed briefly. Furthermore it has been attempted to re-arrange the individual tectonic units into their original position in the sedimentation region of the former geosynclinal sea. Future projects, such as mining (lead, zinc, salt), tunnel construction for mining and road building etc. are also mentioned.

1. Einleitung

Vermutlich wurde im Karwendel schon in urgeschichtlicher Zeit Bergbau betrieben. Sicher überliefert ist uns jedoch die rege Bergbautätigkeit der frühen Neuzeit, die sich auf das gesamte Karwendelgebirge erstreckte (s.a. K. VOHRZYKA 1968; G. MUTSCH-LECHNER 1974; G. HEISSEL 1977, Dissertation).

Mit dem Niedergang des Bergbaus im Karwendel ging auch das Wissen um die Gesteine und Erzvorkommen fast zur Gänze verloren. Erst im Verlauf des letzten Jahrhunderts begannen Geologen mit der modernen geologischen Erschließung dieses Gebirges. Die Arbeiten von A. ROTHPLETZ (1888 und 1894) und O. AMPFERER & W. HAMMER (1899) sind der Beginn für einen bis heute anhaltenden Verlauf reger geologischer Forschertätigkeit. O. AMPFERER (z.B. 1902, 1903, 1911, 1942 etc.) muß wohl als der bedeutendste Karwendelgeologe bezeichnet werden. Seiner unermüdlichen Forschertätigkeit sind wichtige Errungenschaften zu verdanken. Vor allem sei hier an das Erkennen des Deckenbaus erinnert (1902-1911). Obwohl dieser Deckenbau z.B. durch O. SCHMIDEGG (1951), W. HEISSEL (1950, 1958), E. SPENGLER (1953), E. KRAUTER (1967) u.a.m. bestätigt schien, glaubten vor allem während der letzten zwei Jahrzehnte einige Autoren, mit autochthonistischen Lösungsversuchen der Tektonik die paläogeographischen Verhältnisse des ehemaligen Sedimentationsraums des heutigen Karwendels erklären zu können (z.B. SARNTHEIN 1965-1968, H. JERZ & R. ULRICH 1966, O. GANNS 1975, H. BÖGEL & K. SCHMIDT 1976 u.a.). Jedoch wurde z.B. die Deckentektonik im Sinn von O. AMPFERER im Raum Karwendel und westlich davon in den letzten Jahren auch von T. BECHSTÄDT & MOSTLER (1976) gestützt. Wohl der heute bedeutendste Verfechter der Deckentektonik im Sinn von O. AMPFERER ist A. TOLLMANN, der in zahlreichen Arbeiten (1970-1977) nicht nur im Karwendel, sondern vor allem in den westlichen Nördlichen Kalkalpen die für gebundene Tektonik sprechenden Argumente anderer Autoren (z.B. D. RICHTER 1974, V. JACOBS-HAGEN 1975....) weitgehend bis völlig entkräften konnte.

2. Tektonische Begriffe

Die tektonischen Begriffe werden im Sinn von A. TOLLMANN (1973) gehandhabt. Der Begriff "Stirnschuppe" im Sinn von TOLLMANN ist im Karwendel unzutreffend und wurde daher vom Verfasser (1977, Diss.) neu definiert. Die Definition "Decke" von W. ZEIL (1959) zeigt sich als völlig unbefriedigend, was ebenfalls erläutert wurde (siehe G. HEISSEL, Dissertation, 1977: 46-51).

Stratigraphie (siehe G. HEISSEL, Dissertation, 1977: 22-43).

3. Der geologische Bau des Karwendelgebirges

Gestützt auf eine genaue Kartierung großer Teile des Karwendelgebirges weichen die eigenen Arbeitsergebnisse gegenüber den bisherigen Ansichten zum Teil erheblich ab. Aufgrund der Fülle neuer Erkenntnisse läßt sich im Karwendel eine Dreigliederung der Tektonik durchführen:

- / die tiefste tektonische Einheit ist die Lechtaldecke,
- / darüber folgt eine ausgeprägte Schuppenzone, die "Karwendelschuppenzone" (G. HEISSEL 1977),
- / die höchste tektonische Einheit ist die Inntaldecke, auf die an ihrem Südrand vermutlich weitere kalkalpine Einheiten des Oberostalpins (Martinsbühel,...), Mittel- und Unterostalpin aufgeföhren sind.

3.1. Die Inntaldecke

Aus Gründen, die im folgenden noch erläutert werden, wird im weiteren als Inntaldecke nur jene Einheit bezeichnet, die von A. TOLLMANN (1970, 1976) und G. HEISSEL (1976) "Hauptkörper der Inntaldecke" genannt wurde. Lediglich im Gebiet von Innsbruck-Hötting mußte die Deckengrenze aufgrund der Geländeergebnisse neu gezogen werden. Vom Törl kommend verläuft sie, ständig an Höhe verlierend und stets flach nordfallend, bis zum Höttinger Bild. Hier biegt sie jedoch zuerst nach Süden und im weiteren zurück nach Osten und wird dabei mittelsteil südfallend! So müssen die Gesteinsaufschlüsse am Hohen Weg in Innsbruck (Alpiner Buntsandstein, Reichenhaller Schichten, Alpiner Muschelkalk) zur Inntaldecke gerechnet werden, während die nördlich daran angrenzenden Gesteine zum von der Inntaldecke umrahmten Gramart-Hungerburghalbfenster (Karwendelschuppenzone) gehören.

Die so im Karwendel allseits tektonisch umgrenzte Inntaldecke ist eine Einheit mit beeindruckenden Dimensionen: die größte Nord-Süderstreckung (vom Karwendeltal bei der Angeralm bis zum Inn bei den Steinbrüchen Pilgerschrofen und Meilbründl) beträgt über 18 km. Die größte Ost-Westerstreckung vom Gebiet östlich der Fiechter Spitze bis an den Ostrand der Seefelder Senke beträgt etwa 33 km.

Der maximale Tiefgang der Inntaldecke im Karwendel ist teilweise beträchtlich. Er nimmt von Ost nach West zu. Im Profil 9 (Schönbergspitzen-Hoher Gleirsch-Frau Hitt-Planötzenhof-Inn) muß der maximale Tiefgang etwa bei minus 2000 m SH angenommen werden. Der tiefste Punkt dürfte unter der Gleirsch-Bettelwurfkette liegen. Im Bereich der Seefelder Quereinmündung (= Seefelder Senke) muß die Inntaldecke jedoch noch einen wesentlich größeren Tiefgang besitzen. In diesem Zusammenhang muß auf die Ergebnisse von C. PRODEHL (1964), zitiert bei A. TOLLMANN (1976: 24, 25), eingegangen werden: Danach soll in der Mittelzone der Nördlichen Kalkalpen im Bereich von Garmisch-Partenkirchen der größte Tiefgang zu erwarten sein, wogegen der Tiefgang gegen Süden hin so seicht wird, daß kristalline Schiefer südlich von Innsbruck an der Südseite des Inntals aufzutreten

vermögen. Aufgrund der Geländeergebnisse im Karwendel sind diese Ansichten nicht zu bestätigen. Vor allem sieht man auf Abb. 7 (A. TOLLMANN, 1976: 25; nach C. PRODEHL, 1964) nicht den geringsten Hinweis für die Existenz der wohl allgemein anerkannten Seefelder Quereinmuldung! Die Tiefenlinien müßten doch im Raum Zirl-Seefeld bogenförmig nach Norden umbiegen, was aber nicht der Fall ist. Überträgt man die Tiefenschichtenlinien von A. TOLLMANN (1976: 25, Abb. 7) auf das Profil von A. TOLLMANN (1973: 186, Abb. 16), so beständen die Zunterköpfe nördlich von Hall in Tirol vermutlich bereits aus dem von C. PRODEHL (1964) angenommenen Zentralalpenkristallin. In Wirklichkeit aber tauchen die Nördlichen Kalkalpen gerade im Süden in die Tiefe ab und dürften daher nördlich von Innsbruck einen großen Tiefgang besitzen (siehe die Profile und Abb. 19). Auf das Abtauchen der Nördlichen Kalkalpen soll im folgenden noch eingegangen werden.

Im Zug der Geländeaufnahmen konnte der innere Bau der Inntaldecke wesentlich verfeinert werden. Bis vor wenigen Jahren waren nur sechs nordvergente Großfalten der Inntaldecke bekannt (zuletzt s. A. TOLLMANN, 1976: 187). G. HEISSEL (1976) konnte demgegenüber eine Gliederung in neun nordvergente Großfalten aufstellen und in der Folge diese Zahl noch auf 13 erhöhen (1977, Dissertation; 1978). Im Verlauf der Kartierungen 1978 zeigte sich jedoch, daß der Bereich westlich der Hinterödalm nicht ganz richtig erkannt wurde und zu Unrecht eine Vereinigung der Jagdgrabensynklinale mit der Überschallsynklinale zur Hinterautal-Hinterödalm-Synklinale bei Ausklingen der Gumpenwand-Reps-Hochkanzelerantiklinale gegen Westen angenommen wurde (G. HEISSEL, 1977, Dissertation: 314 etc.; 1978). So müssen also in diesem Punkt die eigenen Ansichten berichtigt werden: Die Inntaldecke gliedert sich in 12 (z.T. ausgeprägt) nordvergente Großfalten. Von Norden nach Süden handelt es sich hierbei um die Pleisenspitz-Birkkarspitzantiklinale, Heißenkopf-Sonnenspitzenantiklinale, Heißenkopf-Sonnenspitzenantiklinale, Hinterautal-Hinterödalm-Jagdgrabensynklinale, Gumpenwand-Reps-Hochkanzelerantiklinale, Überschallsynklinale, Lafatscher Roßkopf-Bettelwurf Nordwand-Antiklinale, Vomper Loch-Synklinale, Gleirschkamm-Bettelwurfantiklinale, Angerhüttl-Stempeljochsynklinale, Solsteinantiklinale und Zirler Mähder-Synklinale (s.a. Abb. 24).

Einige dieser Großfalten gehen lateral gegen Osten in deckeninterne Überschiebungsbahnen über. Der Überschiebungsbetrag nimmt dabei stets gegen Osten hin bis zur Größenordnung von mehreren Kilometern zu (s.a. Abb. 24 sowie die Profile). Es wurden dabei die Großfalten nie in ihrem Kern durchgesichert, sondern sie wurden gegen Osten immer mehr zusammengepreßt, bis sie vollkommen ausgequetscht waren und so an ihre Stelle eine deckeninterne Überschiebungsbahn trat. Dieses Phänomen ist typisch für die Inntaldecke im Karwendel und atypisch für die Lechtaldecke im Karwendel und die Schuppen der Karwendelschuppenzone. Außerhalb der Inntaldecke ist die Entstehung von Bewegungsbahnen aus Falten zwar ebenfalls recht häufig zu beobachten, typischerweise zerscheren in diesen Einheiten jedoch die Falten und deren südliche Teile beginnen die nördlichen zunehmend zu überfahren, was oft zum völligen Auskeilen der nördlichen

Faltenteile führt (siehe die Beispiele Schartkopfantiklinale, Sulzleklammantiklinale, Viererspitz-Torkopf-Totenfalkantiklinale in der Lechtaldecke; Wörnerantiklinale, Raffelspitzantiklinale, Larchetkarsynklinale, Bäralplstörungszone, Bäralplkopf-Kuhkopf-antiform in der Karwendelschuppenzone; Talelespitz-Gamsjoch-Staner Joch-Antiform, Ruederkarspitzantiform in der Karwendelschuppenzone; etc.)

Nur in einem Fall ist die Art der Entstehung einer inntaldecken-internen Bewegungsbahn im Karwendel nicht mehr zu erkennen.+) Diese nordvergente Bewegungsbahn zieht durch die Nordwände der Gleirsch-Bettelwurfkette vom Gebiet der Walder Alm im Osten bis in die Seefelder Senke im Westen. An ihr werden die südlichen Faltsysteme der Inntaldecke (Gleirschkamm-Bettelwurfantiklinale, Angerhüttl-Stempeljochsynklinale, Solsteinantiklinale, Zirler Mähder-Synklinale), die untereinander ohne bedeutende Störungen in relativ engem Zusammenhang stehen, auf die nördlicheren Faltsysteme (Pleisenspitz-Birkkarspitzantiklinale, Heißenkopf-Sonnenspitzsynklinale und -antiklinale, Hinterautal-Hinterödalm-Jagdgrabensynklinale, Gumpenwand-Reps-Hochkanzelantiklinale, Überschallsynklinale, Lafatscher Roßkopf-Bettelwurf Nordwand-Antiklinale, Vomper Loch-Synklinale), die ihrerseits einen ähnlichen, relativ engen Zusammenhang zeigen, überschoben. Das Streichen der Faltenachsen des Nordteils der Inntaldecke beträgt etwa 260° - 265° bei Einfallen gegen Westen, das Streichen der Faltenachsen des Südteils der Inntaldecke beträgt etwa 275° bei Westfallen. Die deckeninterne Überschiebungsbahn, die den Nordteil der Inntaldecke von ihrem Südteil trennt, repräsentiert bedeutende Transportweiten im Kilometerbereich, eventuell auch im Zehnerkilometerbereich. Eine Zunahme der Überschiebungen nach West oder Ost ist nicht abzulesen. Die richtige Einschätzung des Charakters dieser Bewegungsbahn und des unterschiedlichen Streichens der Faltenachsen nördlich und südlich davon legt nach eigenen Überlegungen die Vermutung nahe, daß westlich der Seefelder Senke etwa ab dem Leutascher Tal die nördlichen Faltsysteme (tektonisch und erosiv) fehlen. So würde möglicherweise die Gaistalsynklinale (A. TOLLMANN 1970) im (östlichen) Gaistal als Fortsetzung der Angerhüttl-Stempeljochsynklinale anzusehen sein. Die Gaistalsynklinale würde demnach in diesem Gebiet die westliche Fortsetzung der Karwendelschuppenzone, die sogenannte Vorbergzone, überfahren. Daran schließt gegen Süden im Gebiet der Hohen Munde und westlich davon die Mieminger Antiklinale (A. TOLLMANN 1970, 1976) an, deren Fortsetzung im Karwendel wohl in der Solsteinantiklinale (G. HEISSEL 1977) und nicht in der Gleirschkamm-Bettelwurfantiklinale (A. TOLLMANN 1970, 1976) zu sehen ist. Die Pleisenspitz-Birkkarspitzantiklinale und die Hinterautal-Hinterödalm-Jagdgrabensynklinale müssen so etwa ab dem Gebiet Arnspitzmassiv-Zunteregg-Hoher Strich ihr heutiges Ende finden. Der Tschirgant könnte als Teil der Inntaldecke gewertet werden, der südlicher liegt als die südlichsten Aufschlüsse der Inntaldecke im Karwendel (Zirler Mähder-Synklinale). So wäre auch westlich des Karwendels mit großen Überschiebungen zu rechnen. Die Tatsache, daß die Muschelkalkvorkommen der Mieminger Antiklinale in ihrer tektonischen Position wohl mit den Muschelkalkvorkommen

+) S. Abb. 3, Abb. 24

der Solsteinantiklinale an der Karwendelsüdseite zu vergleichen sind, ist eines der Argumente gegen die autochthonistische Beweisführung von J. FRISCH (1975: 106) (s. dazu auch G. HEISSEL, 1977, Dissertation: 129, 130, 187-190): Es sei hier an dieser Stelle lediglich darauf verwiesen, daß die bei J. FRISCH (1975) bearbeiteten Muschelkalkprofile J und L wohl in den Miemingern nahe der heutigen Inntaldeckennordgrenze liegen, sich die mit ihnen jedoch vergleichbaren Vorkommen am Karwendelsüdrand (nahe dem heutigen Inntaldeckensüde) etwa 12 km (Luftlinie) südlich der heutigen Inntaldeckennordgrenze im Karwendeltal befinden! Beim theoretischen Versuch einer tektonischen Rückformung der Inntaldecke, z.B. anhand des Profils 8 (Karwendel, Tiefkarspitze, Hint. Brandjochspitze-Knappental, Bezugslinie ist die Grenze Alpiner Muschelkalk-Wettersteinkalk, liegen die Muschelkalkvorkommen der Innsbrucker Nordkette (Solsteinantiklinale) bereits etwa 25 km südlich der heutigen Nordgrenze der Inntaldecke im Karwendeltal!

Nicht nur die Großfalten der Inntaldecke besitzen einen ausgeprägten nordvergenten Bau, sondern auch die Kleinfalten. Eine Ausnahme bildet die intensive Kleinfaltung der basalen Gesteine des Südrands der Inntaldecke (Alpiner Buntsandstein, Reichenhaller Schichten, Alpiner Muschelkalk) etwa zwischen der Lokalität Pilgerschrofen (östlich des Martinsbühels) und dem Törl (ca. 16 km Ost-Westerstreckung). Es handelt sich um eine Faltung vom Meterbereich bis in den Hundertmeterbereich (s.a. G. HEISSEL 1977, Dissertation; 1977, 1978). Auffallend ist, daß diese Faltung gegen die Inntaldeckengrenze hin überwiegend südvergent, gegen das Hangende der Einheit überwiegend nordvergent ist. Das Umbiegen aus der Südvergenz in die Nordvergenz ist sehr schön im Gebiet der Frau-Hitt-Falte nördlich der Schäferhütte zu sehen. Die Frau-Hitt-Falte bildet den Faltenkern der Solsteinantiklinale. Es handelt sich bei dieser Kleinfaltung der basalen Gesteine der Inntaldecke um eine potenzierte Faltung. Die ursprünglich zur Gänze nordvergenten Falten wurden, nachdem der Decken- und Schuppenbau des Karwendels gebildet war, in einer späteren Phase durch den Anschub und/oder Aufschub der nachdrängenden ober-, mittel- und unterostalpinen Einheiten aus dem Süden an/auf die Nördlichen Kalkalpen durch Unterschiebungsprozesse sekundär südvergent überprägt. Diese potenzierte Kleinfaltung erklärt auch ohne das Vorhandensein von großen Störungen mit bedeutenden Versetzungsbeträgen die Tatsache vollkommen, daß z.B. im Höttinger Graben in etwa 1000 m SH über der dort flach nordfallenden Inntaldeckengrenze Alpiner Buntsandstein ansteht, der alsbald von Reichenhaller Schichten und Alpinem Muschelkalk abgelöst wird, der eigentlich zu erwartende Wettersteinkalk jedoch erst in mehr als 2000 m SH (manchmal auch erst oberhalb 2100 m SH) ansteht. Man durchwandert also auf über 1000 m Höhendifferenz lediglich die basalen Gesteine der Inntaldecke. Diese in ihren Ausmaßen wohl beeindruckende potenzierte Kleinfaltung wurde erst vom Verfasser in ihrer wahren Bedeutung erkannt (G. HEISSEL 1977, 1978; 1977: Dissertation). (Siehe dazu Profil 8, '23, 9, 12, 10, 25-29). Lediglich O. AMPFERER & W. HAMMER (1899) betonen eine auffällige Faltung im Muschelkalk der Nordkette bei gleichzeitigem Fehlen bedeutender Störungen.

R.v. KLEBELSBERG (1963) löst hingegen dieses Problem mit ca. 850 m ungestörter Mächtigkeit des Alpenen Muschelkalks, während O. AMPFERER (1949: 7, 8, Abb. 1 und 2) den Muschelkalk durch eine einzige tektonische Zäsur auf etwa 1100 bis 1200 m verdoppelt. O. SCHMIDEGG (1974: A99) verweist auf anscheinend vorhandene fazielle Unterschiede im Alpenen Muschelkalk der Inntaldecke beiderseits der Arzler Reise wenn er schreibt, daß östlich der Arzler Reise der Muschelkalk mit 150 m geringmächtig sei, westlich davon er ... "zu beträchtlicher Mächtigkeit bis über 700 Meter anschwillt (nicht tektonisch)" ... Diese Meinung von O. SCHMIDEGG ist allein schon aufgrund fazieller Gesichtspunkte vollkommen zu widerlegen. O. SCHMIDEGG (1975: A86) rechnet gerade im Gebiet des Höttinger Grabens auch mit beachtlichen Versetzungsbrüchen; er schreibt, daß er südlich der Galtalm eine (wegen Moränenbedeckung zwar nicht sichtbare) Störung mit einer Sprunghöhe von über 200 m (!) vorhanden sei, die den talwärtigen Bereich (Achselkopf-Höttinger Bild) nach unten versetzt haben soll. Dies ist aufgrund mehrerer Gesichtspunkte als nicht richtig zu bezeichnen: erstens ist das praktisch ungestörte Abtauchen des Südflügels der Solsteinantiklinale gegen Süden zwischen Achselkopf und Brandjoch durchgehend zu beobachten, was SCHMIDEGG (1975: A85) selbst schreibt; zweitens rechnet SCHMIDEGG (1975: A85, A86) den Alpenen Buntsandstein im unteren Höttinger Graben in etwa 820 m SH zu Unrecht zur Inntaldecke. Hingegen ist sowohl durch Obertageaufschlüsse als auch durch Untertageaufschlüsse eines weitverzweigten Systems alter Bergbaustollen (z.B. Weinstockstollen I) der eindeutige stratigraphische Zusammenhang mit darüberliegenden Reichenhaller Schichten und damit die ebenfalls eindeutige Zuordnung zu einer Schuppe der Karwendelschuppenzone (hier mit einer Schichtfolge von Buntsandstein bis Hauptdolomit bei völliger Vertretung des Wettersteinkalks durch Partnachsichten in der Mitteltrias) erwiesen.

Es muß an dieser Stelle gesagt werden, daß das Muschelkalkprofil "Martinswand" (M. SARNTHEIN 1966) und möglicherweise auch das Muschelkalkprofil "Seegrube West" (M. SARNTHEIN 1965) von der intensiven Kleinfaltung betroffen sind, was SARNTHEIN nicht erwähnt. So sind SARNTHEINs Muschelkalkprofile in dieser Hinsicht überprüfungsbedürftig und bis zu einer eindeutigen Klärung für weitreichende Schlüsse nicht mehr zu verwenden. Jedenfalls hat sich bereits gezeigt, daß das Profil "Martinswand" (SARNTHEIN 1966) in wesentlichen Punkten nicht stimmt. Die hangenden Bereiche dieses Profils wurden bereits von T. BECHSTÄDT & H. MOSTLER (1974) überarbeitet. Aufgrund der intensiven Verfaltung der Gesteine ist im Gegensatz zur Ansicht SARNTHEINs die Liegendgrenze des Alpenen Muschelkalks jedoch nicht aufgeschlossen. Während es also an dieser Stelle keine Reichenhaller Schichten gibt, erreicht man gegen Osten durch Faltung wieder mittlere und obere Muschelkalkpartien ("Steinalmkalke", Reiflinger Knollenkalke, Reiflinger Bankkalke)! Eine in diesem Bereich vermutete bedeutende Störung (G. HEISSEL, Dissertation: 33) hat sich somit nicht bestätigt. Eine Profilaufnahme in diesem Gebiet ist nur bei konsequenter Beachtung und Aufschlüsselung der intensiven Faltung zielführend!

Neben bereits erwähnten Gesichtspunkten ist es gerade auch die charakteristische potenzierte Faltung der basalen Gesteine der Inntaldecke, die eine Zuordnung der Felsaufschlüsse in Innsbruck-Hötting (Hoher Weg, Fallbachgraben) zur Inntaldecke untermauern (Abb. 9, 10). Auch hier sind durch zahlreiche Obertageaufschlüsse und in den alten Bergbaustollen sowie Luftschutzstollen des 2. Weltkriegs die miteinander intensiv verfalteten Gesteine, vorwiegend der Reichenhaller Schichten und des Alpenen Muschelkalks sichtbar. Alpiner Buntsandstein findet sich ebenfalls im Kern einer gestörten Sattelstruktur, genauso wie etwa 400 m östlich des Kerschbuchhofs (sichtbar durch den Einbruch eines alten Bergbaustollens) und auch westlich des Planötzenhofs (s. a. G. HEISSEL, Dissertation 1977: 118 sowie geologische Karte). Von weiteren derartigen Vorkommen berichten O. AMPFERER & W. HAMMER (1899: 365).

Die Inntaldecke zeigt im Karwendel keine typische Faziesgebundenheit der Tektonik, wie beispielsweise A. TOLLMANN (1970: 140) annimmt. Es ist im Karwendel unrichtig, daß die Inntaldecke nirgends Partnachschichten aufgeschlossen habe. O. AMPFERER (1950: geol. Karte), G. MUTSCHLECHNER (1951: 18), K.F. KUCKELKORN (1964) und T. BECHSTÄDT & H. MOSTLER (1976: 272) beschreiben Partnachschichten in der Nordwand der Schafkarspitze und Lamsenspitze (Heißenkopf-Sonnenspitzenantiklinale), die von Wettersteinkalk im Hangenden abgelöst werden. Im Frühjahr 1978 wurde von Kollegen cand. min. P. GSTREIN bei der Lokalität Plattleg am Karwendelsüdrand unweit östlich des Martinsbühels ein weiteres Partnachvorkommen entdeckt, das in der Folge von D.A. DONOFRIO, G. HEISSEL & H. MOSTLER (1978) bearbeitet wurde. Diese Partnachschichten dürfen nicht in direkten Zusammenhang gebracht werden mit denen des Martinsbühels, sind aber ein weiterer Hinweis, daß die Inntaldecke eine Vielfaziesdecke (bezogen auf die Mitteltrias) ist. Es ist dabei noch zu bedenken, daß über weite Gebiete die Einsicht auf die tieferen Gesteine der Inntaldecke verdeckt ist (vgl. die Profile). Es ist daher möglich, daß die Inntaldecke noch mehr Partnachvorkommen besitzt. Weiters wissen wir nicht, wieviele Vorkommen von Partnachschichten im Norden und Süden der Inntaldecke der Erosion bereits zum Opfer gefallen sind. Es ist - wie im folgenden noch erläutert wird - jedenfalls nicht richtig, daß die Faziesentwicklung der Inntaldecke mit ihrem Untergrund übereinstimme (K. BEURLEN 1944, W. ZEIL 1959: 84). Dies jedoch spricht ganz entschieden gegen eine Autochthonie der Inntaldecke!

Alle linearen Gefügeelemente der Inntaldecke tauchen gegen West in die Seefelder Senke ab. So erklärt sich auch das Ausheben der Inntaldecke östlich der Fiechter Spitze. Das Abtauchen der linearen Gefügeelemente gegen Westen ist in den nördlichen Abschnitten der Inntaldecke weniger stark als in den südlichen (vgl. Pleisenspitze-Birkkarspitzeantiklinale mit Solsteinantiklinale). Besonders die südlichen Großfaltenachsen tauchen von Ost nach West zuerst langsam aber stetig ab, weiter im Westen jedoch plötzlich steil (z.B. Solsteinantiklinale ab dem Großen Solstein, Gleirsch-Bettelwurfantiklinale ab dem Hohen Gleirsch, Angerhüttl-Stempeljochsynklinale ab dem Angerhüttl - ca. 1000 m nordöstlich der Kumpfkarspitze).

Vor allem bei der Pleisenspitz-Birkkarspitzantiklinale und der Gleirschkamm-Bettelwurfantiklinale fällt im Karwendel eine leichte Wellenbewegung der annähernd Ost-West verlaufenden Faltenachsen auf (wechselweises Einfallen nach Ost und nach West). Diese Wellenbewegungen der Großfaltenachsen könnten u.U. mit den Querverbiegungen im Wettersteinkalk von O. SCHMIDEGG (1951 etc.) in Zusammenhang stehen und ein Hinweis auf eventuelle schwach wirksame Ost-West-gerichtete tektonische Kräfte sein. Vor allem wichtig ist, daß vermutlich die in der zentralen Inntaldecke an die Gleirschkamm-Bettelwurfantiklinale tektonisch anschließende Lafatscher Roßkopf-Bettelwurf Nordwand-Antiklinale keine wellenartig verbogene Faltenachse besitzt. Schon O. SCHMIDEGG (1951: 174) betont in diesem Raum das Fehlen der Querverbiegungen im Wettersteinkalk, zählt dieses Gebiet jedoch fälschlicherweise zum Nordflügel der Gleirschkamm-Bettelwurfantiklinale. Beim theoretischen Versuch einer tektonischen Rückformung der einzelnen Großfalten der Inntaldecke zeigt sich, daß zwischen die beiden obengenannten Antiklinalen noch mindestens die Vomper Loch-Synklinale einzuordnen ist, von deren Faltenachse bisher ebenfalls keine wellenartigen Verbiegungen bekannt sind. Dies könnte bedeuten, daß die möglichen Ost-West wirkenden Kräfte auf Teile der Inntaldecke zu einer Zeit gewirkt haben, als die Inntaldecke im Karwendel noch nicht durch die große deckeninterne Bewegungsbahn (die durch die Nordwände der Gleirsch-Bettelwurfkette zieht) in zwei weitgehend selbständige Teile (siehe die vorangegangenen Erläuterungen) getrennt war. Im Rahmen der Gesamttektonik spielen Ost-West gerichtete Kräfte jedoch eine recht untergeordnete Rolle. Die Ansichten O. AMPFERERS (1944: 66), der als Hinweis auf kräftige Ost-Westbewegungen die Haselgebirgs- und Buntsandsteinvorkommen des Karwendels nennt, sind vollkommen von der Hand zu weisen. Wie Abb.26 zeigt, befinden sie sich in vollkommen verschiedenen tektonischen Stockwerken und können daher nicht derartig miteinander verglichen werden. Aus demselben Grund können übrigens auch die Argumente C.W. KOCKELS (1956: 208) entkräftet werden.

An ihrem heutigen Südrand zeigt die Inntaldecke ein ausgeprägtes Abtauchen gegen Süden und damit in das Gebiet des Inntals. Somit ist die südliche Inntaldeckengrenze nicht nur oft steil bis mittelsteil oder flach nordfallend (manchmal auch saiger) aufgeschlossen, sondern auch südfallend (Hoher Weg). Sie bildet also einen von der Erosion fast zur Unkenntlichkeit zerstörten Sattel, unter dem Einheiten der Karwendelschuppenzone zum Vorschein kommen (ganz im Westen die Thaurer Schuppe im Gramart-Hungerburghalbfenster). Mit dem Sattel, den die Deckengrenze nördlich von Innsbruck bildet, fällt übrigens die Zirler Mäher-Synklinale zusammen.

Die Deckengrenze der Inntaldecke kann im Norden ebenfalls mehr oder minder saiger sein, auf weite Strecken ist sie jedoch als flach südfallende bis nahezu söhliche Bewegungsbahn aufgeschlossen.

Schürflinge und Schürflingsteppiche (=Schürflingszonen) an der nördlichen und an der südlichen Inntaldeckengrenze sowie mächtige Überschiebungsbreccien im Karwendeltal (s. Abb. 25) sind

deutliche Hinweise auf nordvergenten Ferntransport.

Das Steilstellen einiger Bewegungsbahnen, das Abtauchen der linearen Gefügeelemente der Inntaldecke gegen Westen, das Abtauchen der Inntaldecke gegen Süden sowie die potenzierte Faltung am Inntaldeckensüdrand sind Zeugen einer relativ späten tektonischen Phase (jünger als der Einschub der Inntaldecke in ihre heutige Lage).

3.2. Die Lechtaldecke (s. Abb. 24)

Im folgenden werden als Lechtaldecke nur Gebiete im Nordkarwendel angesehen.

Die Lechtaldecke im Karwendel ist dem Baustil nach der Inntaldecke wesentlich näher als der Karwendelschuppenzone. Vereinfacht gesprochen handelt es sich um einen nordvergenten Großfaltenbau, der nur im Bereich Sulzleklamm-Mittlenwalder Hütte-Kreuzwand etwas komplizierter ist. Bedeutende deckeninterne Bewegungsbahnen fehlen weitgehend.

Westlich des Karwendelgebirges entwickeln sich aus der Schartkopfantiklinale (H. JERZ & R. ULRICH 1966) zwei Antiklinalen, die mit Eintritt ins Karwendelgebirge volle Selbständigkeit erlangen. Es sind dies die Sulzleklammantiklinale (H. JERZ & R. ULRICH 1966) und die Viererspitzen-Torkopf-Totenfalkantiklinale (G. HEISSEL 1977, Dissertation).⁺

Die Entstehung der Sulzleklammantiklinale und der Viererspitzen-Torkopf-Totenfalkantiklinale aus der Schartkopfantiklinale ist recht kompliziert, nicht zuletzt auch, weil die Sulzleklammantiklinale gegen Osten bald unter Einheiten der Karwendelschuppenzone verschwindet. Vor allem aber war die tektonische Stellung des Muschelkalkspans am Viererjoch (Reichenhaller Schichten bei F. TRUSHEIM 1930) lange Zeit ungeklärt. Im Gegensatz zu H. JERZ & R. ULRICH (1966) ist jedoch dieser Muschelkalkspan nicht Teil der Lechtaldecke (G. HEISSEL 1976), sondern das von ihr eingewickelte Westende der Viererjoch-Stuhlkopf-Risser Falk-Roßkopfschuppe (Karwendelschuppenzone). Diese Schuppe wird südwestlich der Viererspitze ausgequetscht und an ihre Stelle tritt eine bedeutende lechtaldeckeninterne nordvergente Bewegungsbahn, die sich nach H. J. SCHNEIDER (1953) südlich der Leutascher Klamm noch bis ins Leutascher Tal fortsetzt, wo sie gegen Westen nicht mehr zu beobachten ist. Während also im Westen in der Schartkopfantiklinale diese Störung noch von geringer Bedeutung ist, wird gegen Osten (Karwendel) die Überschiebung der Sulzleklammantiklinale über die Viererspitzen-Torkopf-Totenfalkantiklinale immer weitreichender und tiefgreifender. Die Sulzleklammantiklinale ist also eine Dachschuppe der Lechtaldecke (Sulzleklammschuppe), die bei ihrem Vordringen nach Norden Teile tektonisch höherer Einheiten (Viererjoch-Stuhlkopf-Risser Falk-Roßkopfschuppe) einwickelt. Die Sulzleklamm-

⁺) Bereits nördlich des Arbeitsgebiets ist die Lechtaldecke in die große Karwendelsynklinale, die Güttenbergsynklinale und die Montscheinantiklinale gegliedert (A. TOLLMANN 1970, 1976).

schuppe taucht in der Folge gegen Westen unter die Arnspitz-Hochwörnerschuppe und die Gamsangerlschuppe der Karwendelschuppenzone. Der östlichste Aufschluß der Sulzleklammuschuppe ist an der Verzweigung Vorderes-Hinteres Dammkar.

Die Viererspitz-Torkopf-Totenfalkantiklinale ist im Karwendel lediglich mit ihrem steilstehenden bis überkippten Nordschenkel aufgeschlossen. Nördlich des Hochwörners erreicht die Karwendelschuppenzone ihren heute nördlichsten Punkt und hat sich bis an den Hauptdolomit der Lechtaldecke herangeschoben. Südlich des Hufachbodens unterhalb des Glaidsteiges wird der Wettersteinkalk der Lechtaldecke wieder sichtbar und gegen Osten zunehmend mächtiger. Zwischen der Torscharte und Steinkarl (westlich des Stuhlkopfs) besitzt die Viererspitz-Torkopf-Totenfalkantiklinale im Liegenden des Wettersteinkalks Partnachschichten (O. AMPFERER 1903, 1912; geologische Karte, 1924, 1928, 1944; G. HEISSEL 1976, 1977). Die Zuordnung dieser Partnachschichten zu Teilen der Inntaldecke durch J. FRISCH (1975: 81, Abb. 1) ist unbegründet.

Die z.T. deutlich südfallende Grenze der Lechtaldecke verläuft östlich des Tortals durch das untere Steinkarl hinauf zu einer charakteristischen Einsattelung nördlich des Stuhlkopfs und von dort gegen Südosten in die untere Steinrinne. Nun überquert sie das Johannestal, zieht knapp südwestlich am Edelweißkopf vorbei und quert in der Folge das Falkenkar. Weiters verläuft die Überschiebungsbahn der Schuppen der Karwendelschuppenzone über die Lechtaldecke knapp südlich des Totenfalken und etwa 250 m nördlich des Turmfalken über den Grat und quert in der Folge das Laliderer Tal. Von da gegen Osten zieht die Lechtaldeckengrenze über den kleinen Sattel zwischen dem Unteren Roßkopf im Norden und der Roßkopfspitze im Süden. Daraufhin erreicht die Deckengrenze das Rißtal und zieht durch den Plumsgraben zum Sulzgraben. Sie führt weiter gegen Osten am Nordfuß der Bettlerkar Spitze und Schneeköpfe südlich des Aschenlahner Grabens zur Lokalität Habichl. Von hier überquert sie das Dristenautal und zieht über die Lokalitäten Fiechter Schlag und Knappenlöcher zum Achensee und von hier weiter zum Schichthals nördlich der Ebner Spitze (s.a. O. AMPFERER 1950). Mit dem Plumsgraben erreicht die Überschiebung der Einheiten der Karwendelschuppenzone erneut und endgültig den Hauptdolomit der Lechtaldecke und die Viererspitz-Torkopf-Totenfalkantiklinale ist gegen Osten nicht mehr weiter verfolgbar. Durch den schwach nordwest-südöstlichen Verlauf ihrer Faltenachsen rückt die Güttenbergsynklinale in der Folge an die Karwendelschuppenzone heran.

3.3. Die Karwendelschuppenzone

Betrachtet man die tektonische Karte (Abb. 24), so fällt die kompliziert gebaute Zone auf, die, vereinfacht gesprochen, im Nordwesten des Karwendelgebirges beginnt und zwischen Lechtaldecke und Inntaldecke gegen Osten bis zur Ebnerspitze jenseits des Achensees zieht, und dort entlang dem Karwendelsüdrand bis in das Gebiet nördlich von Innsbruck am Gebirgsbau beteiligt ist. Verglichen mit dem relativ großzügigen Bau der Inntaldecke und Lechtaldecke handelt es sich bei der Karwendelschuppenzone um ein Gebiet intensivster Schuppung mit einer großen Zahl von

Schürflingen und ganzen Schürflingsteppichen (Abb. 25).

Alle Schuppen der Karwendelschuppenzone besitzen eine geringe Nord-Süderstreckung, viele von ihnen auch eine teilweise sehr geringe Ost-Westerstreckung. Die Karwendelschuppenzone im nord-östlichen Karwendel wurde vom Verfasser nicht bearbeitet, ebenso sind auch Teile der südöstlichen Schuppenzone unvollständig bearbeitet. Die tektonische Karte wurde in diesen Gebieten nach O. AMPFERER & W. HEISSEL (1950), W. HEISSEL (1958), K.F. KUCKELKORN (1964), E. KRAUTER (1963, 1968) und A. TOLLMANN (1970-1976) angefertigt und, wo es möglich war, durch eigene Erkenntnisse ergänzt. Änderungen des Kartenbilds sind gerade in diesen Gebieten nicht auszuschließen.

Die Karwendelschuppenzone kann unterteilt werden in die Schuppen nördlich der Inntaldecke und in die Schuppen südlich der Inntaldecke.

3.3.1. Die Karwendelschuppenzone nördlich der Inntaldecke

Große Teile der Schuppenzone nördlich der Inntaldecke wurden bereits mehrfach vom Verfasser beschrieben (G. HEISSEL 1976, 1977, 1977: Dissertation). Hier sollen lediglich einige Details neu bearbeitet werden:

Die Arnsnitz-Hochwörnerschuppe: Ihre Bedeutung für den Gesamtbau des Karwendelgebirges liegt in der Existenz der Larchetkarsynklinale (s.a. Profil 8, 23), die eine autochthonistische Lösung der Tektonik im Sinn von H. JERZ & R. ULRICH (1966) und J. FRISCH (1975) vollkommen ausschließt! Durch die vermutliche Entwicklung der Bäralplstörungszone (Profil 12-14) aus der Larchetkarsynklinale läßt sich mit einiger Sicherheit die Entstehung der durch verkehrte Schichtlagerung gekennzeichneten Bäralplkopf-Kuhkopfschuppe erklären. Die Arnsnitz-Hochwörnerschuppe setzt sich auch noch außerhalb des Karwendels gegen Westen fort, was dort vermutlich nicht ohne Folgen für zukünftige Deutungsmöglichkeiten sein könnte.

Die Gamsangerlschuppe: Ihre Bedeutung liegt vor allem in der Widerlegung des sogenannten Kirchlkarhalbfensters der Lechtaldecke. Somit kann gerade in diesem Gebiet im Gegensatz zu den Profilen der Profiltafel zu Blatt Mittenwald (H. JERZ & R. ULRICH, 1966) die Tektonik durch einfache Zusammenhänge erklärt werden (Profile 19, 17, 21).

Die Bäralplkopf-Kuhkopfschuppe: Sie bildet Ansätze eines Gewölbebaus, dessen Nordflügel allerdings fehlt (Bäralpl-Kuhkopfantiform). Vom Gebiet östlich des Larchetkars bis in den Schlauchkargraben zeigt sich an der Grenze Inntaldecke-Bäralpl-Kuhkopfschuppe eine mächtige Überschiebungsbreccie sowohl im tektonisch höheren Wettersteinkalk der Inntaldecke als auch in den überschobenen Reichenhaller Schichten. Es handelt sich hier um denselben Typ einer tektonisch überprägten sedimentären Reichenhaller Breccie, wie sie E. KRAUTER (1967, 1971) beschreibt. Das besondere an dieser Reichenhaller Breccie ist, daß sie bis zu einigen Meterzehnern von der Überschiebungsbahn entfernt bis zu metergroße Blöcke des darübergeschobenen Wettersteinkalks beinhaltet. Wie E. KRAUTER (1971) schreibt,

findet man dabei keine Zertrümmerung der Matrix bzw. der Breccien. KRAUTER findet hiezu die Erklärung nach JÄCKLI (1941: 55), wonach dies nur möglich sei, ... "wenn der ganze Gesteinskomplex der rauhwackigen Breccien so vollständig von Wasser durchtränkt ist, daß er gegenüber tektonischer Beanspruchung nicht mehr als fester Stoff, sondern als plastisch breiige Flüssigkeit wirkt". Von Interesse ist auch, daß die tektonische Wettersteinkalkebreccie der Inntaldecke ebenfalls noch Meter von der Überschiebungsbahn entfernt kleine Komponenten von Reichenhaller Schichten besitzt. Es hat also zwischen der tektonisch höheren Einheit und der von ihr überschobenen ein recht bedeutender Materialaustausch stattgefunden. Die Existenz solcher Überschiebungsbreccien (s.a. Abb. 25) spricht entschieden gegen gebundene Tektonik in diesem Gebiet, vor allem, wenn man zusätzlich noch die Existenz der Jungschichtenschürflinge in dieser Überschiebungsbahn westlich des Hochalmsattels beachtet. Weiters spricht auch die Überschiebung der Spielissjoch-Engalm-Vomper Joch-Schuppe, der Zipfelbodenschuppe und der Mahnkopf-Stoanbleamlkopfschuppe über die Bäralpkopf-Kuhkopfschuppe östlich des Hochalmsattels gegen einen engen tektonischen Zusammenhang der Bäralpkopf-Kuhkopfschuppe mit der Inntaldecke. Die Darstellung von J. FRISCH (1975: 81, Abb. 1), wonach zwischen Reichenhaller Schichten der Bäralpkopf-Kuhkopfschuppe und dem Wettersteinkalk der Inntaldecke im Karwendeltal noch Alpiner Muschelkalk liege, könnte zwar auf Autochthonie schließen lassen, entspricht aber nicht den Tatsachen. Vom Gebiet nördlich der Schlichtenkarsspitze bis etwa zum Kuhkopf ist die Bäralpkopf-Kuhkopfschuppe durch mehrere deckeninterne Bewegungsbahnen z.T. stark aufgegliedert. Diese schuppeninternen Überschiebungsstörungen beinhalten häufig Schürflinge aus Reichenhaller Schichten (teilweise können auch Muschelkalk und Wettersteinkalk mitgeschürft werden), die der überschobenen Viererjoch-Stuhlkopf-Risserfalk-Roßkopfspitzschuppe entrisen wurden (s.a. G. HEISSEL, 1976, 1977, 1977: Dissertation, sowie Profile und tekt. Karte der vorliegenden Arbeit).

Die Bedeutung der Viererjoch-Stuhlkopf-Risserfalk-Roßkopfspitzschuppe liegt vor allem darin, daß viele Gipfel, die seit Jahrzehnten der eindeutigen Lechtaldecke zugeordnet wurden, nicht zur Lechtaldecke gehören. Erst 1977 (G. HEISSEL, Dissertation) konnte durch das richtige Erkennen der Erstreckung dieser Schuppe die Südgrenze der Lechtaldecke richtig festgelegt werden. Trotz mehrmaliger Unterbrechungen läßt sich heute die durch inverse Schichtfolge gekennzeichnete Viererjoch-Stuhlkopf-Risserfalk-Roßkopfspitzschuppe vom Gebiet nahe der Mittenwalder Hütte bis zum Plumgraben eindeutig verfolgen. Südlich der Torscharte besitzt diese Schuppe, ähnlich wie die Bäralpkopf-Kuhkopfschuppe eine schuppeninterne Überschiebungsbahn. Gerade in diesem Gebiet werden von der Viererjoch-Stuhlkopf-Risserfalk-Roßkopfspitzschuppe in schuppeninternen Überschiebungsbahnen zahlreiche Schürflinge von Reichenhaller Schichten in die Bäralpkopf-Kuhkopfschuppe hochgeschleppt (z.B. Profil 25). Über weite Strecken zieht die Viererjoch-Stuhlkopf-Risserfalk-Roßkopfspitzschuppe als charakteristisches Band von Reichenhaller Schichten durch die Nordwände der Vierten Karwendelkette. Auch in dieses

Reichenhaller Band sind mehrfach (z.B. am Nordwestende des Bäralpls etc.) Wettersteinkalk- und Muschelkalkschürflinge von z.T. beachtlichem Ausmaß eingeschuppt, was schon A. ROTHPLETZ (1888: 447) erwähnt. Teilweise zeigt sich auch hier (z.B. Bär-alpl) der Typ der "Überschiebungsbreccie" mit meist kleinen Wettersteinkalkkomponenten mitten in den Reichenhaller Schichten. Der größte in Reichenhaller Schürflingen frei schwimmende Komplex aus Wettersteinkalk ist ein Felszahn im Gebiet der Grabenkartürme innerhalb der Bäralplkopf-Kuhkopfschuppe (s.a. Profil 25; vgl. O. AMPFERER, z.B. 1903: 201, Fig. 2). Beider-seits des Johannestals besitzt die Viererjoch-Stuhlkopf-Risser-falk-Roßkopfspitzschuppe keinen richtigen Tiefgang, sie reicht hier nicht einmal bis ins Tal. Dies hat jedoch mit der Frage nach gebundener Tektonik bzw. Allochthonie dieser Schuppe nichts zu tun.

Sehr wichtig für den Gesamtbau des Karwendels ist die Talele-spitz-Gamsjoch-Staner Joch-Schuppe. Ihre Schichtfolge reicht von den Reichenhaller Schichten bis zum Wettersteinkalk. Die Lagerung dieser Schichtfolge ist noch nicht überall endgültig geklärt: gehen wir dieser Schuppe von Ost nach West nach, so finden wir im Gebiet des Staner Jochs ein Wettersteinkalgewölbe (s. z.B. W. HEISSEL 1950, 1973; E. KRAUTER 1968; A. TOLLMANN 1970, 1973, 1976). Wohl wurde bisher eingehend das Phänomen der "Reliefüberschiebung" am Staner Joch untersucht, die Frage, ob dieses Wettersteinkalkgewölbe in aufrechter oder verkehrter Lagerung vorliegt, wurde vermutlich noch nirgends erörtert. Die normale Lagerung dieser Aufwölbung wurde bislang stets voraus-gesetzt (z.B. A. TOLLMANN 1976, tekt. Karte). In der vorliegen- den Arbeit soll auf die Reliefüberschiebung des Staner Jochs nicht näher eingegangen werden, weil in diesem Gebiet dieser Frage noch nicht näher nachgegangen werden konnte.

Die Aufwölbung des Staner Jochs läßt sich nach O. AMPFERER (1903, 1912, 1942 etc.), W. HEISSEL (1950, 1958), E. KRAUTER (1968) und A. TOLLMANN (1976 etc.) bis zum Falzturmtal bzw. unter der Muschelkalkdeckkappe der Sonnjochschuppe (G. HEISSEL 1977, Diss.) hindurch bis zum Ostrand des Engtals verfolgen. Aber bereits knapp nördlich des Bärenwandkopfs beginnt diese Antiform in ihrem Kern zu zerschern und der Südflügel der Auf-wölbung beginnt sich gegen Westen zunehmend über den Nordschen- kel zu schieben. Westlich des Engtals ist die inverse Schichtla- gerung der Talelespitz-Gamsjoch-Staner Joch-Schuppe eindeutig erwiesen, wodurch der Schluß, daß auch die Gesteine der Staner Joch-Aufwölbung verkehrte Lagerung besitzen, naheliegend ist. Bei G. HEISSEL (1977, Diss.: 196-197) wird allerdings auch die unwahrscheinlichere Möglichkeit einer aufrechten Lagerung der Schichten der Antiform des Staner Jochs diskutiert. Westlich des Engtals wird der Nordflügel des ehemaligen Sattelbaus des Staner Jochs von der durch verkehrte Schichtlagerung ausgezeich- neten Ruederkarspitzantiform repräsentiert. Der sich darüber- schiebende Südflügel wird von den Gesteinen des Gamsjochmassivs gebildet, die im Gipfelbereich des Gamsjochs ausnahmsweise aus der inversen Lagerung in eine normale Lagerung umbiegen. Im unteren Möserkar ist die Ruederkarspitzantiform von der Talele- spitz-Gamsjoch-Staner Joch-Antiform überfahren. Die inverse

Schichtlagerung der letztgenannten Antiform ist besonders schön im Gebiet des Laliderer Falken, des Henneneggs und der Talelespitze sichtbar. Wenig westlich von P 2180 (westlich der Talelespitze) endet die Talelespitz-Gamsjoch-Staner Joch-Schuppe (s.a. tektonische Karte).

Eine endgültige Entscheidung der Lagerungsverhältnisse im Staner Joch-Gebiet steht noch aus, jedoch darf darauf hingewiesen werden, daß eine inverse Schichtfolge die ohnedies problematische "Reliefüberschiebung" des Staner Jochs keineswegs stützt. Es ist jedenfalls sicher, daß zumindest, abgesehen vom Staner Joch, im Karwendel überall bereits O. AMPFERERS "Reliefüberschiebungen" (1928) widerlegt sind. Diesen Ansichten AMPFERERS hat erstmals F. TRUSHEIM (1930) mit Recht widersprochen. Durch das Erkennen der Karwendelschuppenzone im allgemeinen und den richtigen Verlauf der einzelnen Schuppen im speziellen (z.B. Mahnkopf-Stoanbleamlkopfschuppe etc.) durch den Verfasser (G. HEISSEL 1977, Diss.) ist mit einem gänzlich anderen Mechanismus der gebirgsbildenden Vorgänge zu rechnen, als es O. AMPFERER vor allem 1928, aber auch später noch getan hat. Von großer Wichtigkeit für die Ausdeutung der Tektonik des Karwendels ist die Spielissjoch-Engalm-Vomper Joch-Schuppe, die mit über 20 km Ost-Westerstreckung vom Gebiet des Hochalmsattels bis östlich der Fiechter Spitze von der darübergeschobenen Inntaldecke überlagert wird. Ihre Schichtfolge beginnt mit Hauptdolomit und endet im Jura. Die östlichsten Aufschlüsse liegen bei Stans im Inntal am Ausgang der Wolfsklamm, die westlichsten am Westfuß des Sauissköpfls bzw. westlich des Hochalmsattels, wo Jungschichtenschürflinge zwischen Bäralplkopf-Kuhkopfschuppe und Inntaldecke eingeklemmt sind (G. HEISSEL 1976, 1977). Ob die Jungschichtenschürflinge beiderseits der Porta Claudia (= Scharnitzpaß) (Brunnsteyneck und Lokalität "Altes Bleibergwerk") noch als Beweis gelten können, daß die Spielissjoch-Engalm-Vomper Joch-Schuppe so weit im Westen noch im Untergrund vorhanden ist, sei dahingestellt. Sicherlich stammen jedoch die Obertrias-Juraschürflinge nördlich davon, also im Sulzleangergebiet, in der Riedbergscharte und im Tiefen Tal nicht von der Spielissjoch-Engalm-Vomper Joch-Schuppe, da sie ja in einer tektonisch tieferen Position stecken (s. Abb. 25). Aus demselben Grund dürfte eine einfache Verbindung Puitentalzone-Spielissjoch-Engalm-Vomper Joch-Schuppe unmöglich sein, denn A. TOLLMANNs (1973: 234, Abb. 150, 1976: Taf. 6, Profil 7) Karwendelstirnschuppe der Inntaldecke hat im Westen die Puitentalzone vom Süden her überfahren, während sie im Osten vom Laliderer Fenster und Engalmhalbfenster (im Sinn von A. TOLLMANN) (= Spielissjoch-Engalm-Vomper Joch-Fenster) überfahren wurde (s.a. G. HEISSEL 1977, Diss.: 212 ff).

Vermutlich zu Recht glaubt A. TOLLMANN (1970: 113, 1973: 108, 1976: Taf. 2, Taf. 6, Profil 5 u. S. 157) nicht an die Art der Entstehung der zahlreichen Deckkappen von Nordalpinen Raibler Schichten und Hauptdolomit an der Rappenspitze und anderen Lokalitäten im Sinn von O. AMPFERER (1942: 32, 91), W. HEISSEL (1950: 31), E. SPENGLER (1953: 43) und E. KRAUTER (1968: 58). Jedoch sei hier den Ansichten TOLLMANNs eine weitere Deutung hinzugefügt, die nach eigener Meinung besser in die Gesamttek-

tonik des Karwendels paßt (s.a. G. HEISSEL 1977, Diss.: 214 ff), denn die Vorstellungen TOLLMANNs funktionieren nur, wenn man - wie bisher allgemein üblich - die Existenz einer Karwendelstirnschuppe der Inntaldecke (im Sinn von A. TOLLMANN) anerkennt bzw. die Schuppen nördlich des Hauptkörpers der Inntaldecke (im Sinn von A. TOLLMANN) teilweise der Lechtaldecke, teilweise der Inntaldecke zuordnet (s. z.B. W. HEISSEL 1950, 1958; A. TOLLMANN 1970, 1976; G. HEISSEL 1976). Wie bereits mehrfach beschrieben (G. HEISSEL 1977, 1977: Diss., 1978) und wie in dieser Arbeit noch erläutert werden soll, scheinen beide Vorbedingungen für die Deutungen im Sinn von A. TOLLMANN unbeweisbar und unzutreffend zu sein. Somit sei folgende Möglichkeit zur Diskussion gestellt: alle Einheiten der Karwendelschuppenzone haben einander dachziegelartig und deutlich nordvergent überfahren. Die Reste von Raibler Schichten und Hauptdolomit an der Rappenspitze etc. sind vermutlich nichts anderes als von der Erosion verschonte Klippen der früher weit nach Norden geschobenen Spielissjoch-Engalm-Vomper Joch-Schuppe. Die sicherlich stattgefundene Überschiebung der Karwendelschuppenzone durch die Inntaldecke wäre hierfür also nicht verantwortlich zu machen (vgl. Abb. 11, 12, 22, 23).

Schließlich sei die Frage erörtert, ob die bisherige Ansicht stimmt (zuletzt A. TOLLMANN 1970: 114, 1976: Taf. 6, Profil 5; G. HEISSEL 1976 etc.), wonach die Spielissjoch-Engalm-Vomper Joch-Schuppe Teil der sogenannten Karwendelhauptmulde der Lechtaldecke ist: es wurde bereits kurz erwähnt, daß eine Zuordnung zur Lechtaldecke nicht beweisbar ist. Die geologische Karte von O. AMPFERER (1950) und die tektonische Karte von W. HEISSEL (1950) zeigen ein deutliches Bild: die Spielissjoch-Engalm-Vomper Joch-Schuppe besitzt z.B. im Bereich des Vomper Jochs eine praktisch ungestörte Schichtfolge von den Raibler Schichten bis in den oberen Jura. Darüber folgt an einer mittelsteil bis flach südfallenden Bewegungsbahn die Inntaldecke mit altriadischen Gesteinen. Ganz anders jedoch die Situation am Südrand der Inntaldecke im Bereich des Vomper Bergs und westlich davon. Nach O. AMPFERER und W. HEISSEL (beide 1950) ist der Kontakt zwischen dem Hauptdolomit und den noch zwischen ihm und der Inntaldecke auftretenden, vorwiegend jüngeren Schichten stets gestört! Abgesehen davon zeigte sich beim Bau des Druckstollens für das Kraftwerk Oberer Vomper Bach (1976) im Rahmen eines Gutachtens durch den Verfasser, daß unterer Hauptdolomit (Basisbreccien- und Konglomerate) an die Juragesteine etc. grenzen (G. HEISSEL 1977). Schon K.F. KUCKELKORN (1964: 74 ff) verweist auf die Unmöglichkeit der Existenz einer Karwendelhauptmulde der Lechtaldecke (im Sinn von A. TOLLMANN 1970: 135). Demnach besitzt die Zone junger Schichten nördlich der Inntaldecke im Gegensatz zu der südlich der Inntaldecke nicht nur einen anderen Bau, sondern im Jura auch andere Fazies. Leider wurden diese Erkenntnisse KUCKELKORNs nie richtig beachtet. K.F. KUCKELKORN (1964: Taf. 1) zählt mit Recht den Jura südlich der Lokalität Brandstall (O. AMPFERER 1950) zu jenem des Mahdgrabens (Spielissjoch-Engalm-Vomper Joch-Schuppe), sondern zur Schürflingszone der Walderalm und Hinterhornalm etc. (s.a. G. HEISSEL 1977, Diss.: 216-218 sowie Abb. 23 der vorliegenden Arbeit).

3.3.2. Die Karwendelschuppenzone südlich der Inntaldecke

Südlich der Inntaldecke schließen im Osten die Schürflinge der Schürflingszone von Walderalm und Hinterhornalm etc. an. Daran sind permotriadische Gesteine (Haselgebirge), unter- bis obertriadische und jurassische Gesteine beteiligt. Eine exakte Auskartierung dieser Zone ist im Gang. Südlich daran schließt die Nördliche Gnadenwald-Umlbergschuppe (Umlberg = Ummlberg) mit basalem Hauptdolomit an (Breccien und Konglomerate), dann folgt die nordvergent darüberbewegte Südliche Gnadenwald-Umlbergschuppe (Hauptdolomit). Dieser folgt gegen Süden die Schuppenzone am Ausgang des Vomper Lochs bei der Lokalität "Pfannenschmiede" (s.a. G. HEISSEL 1977, Diss. sowie 1977).

Von großer Bedeutung ist die Geologie der Karwendelschuppenzone vom Höttinger Graben im Westen bis zum Halltal im Osten. auch dieses Gebiet wird von mehreren nordvergent übereinandergeschobenen Schuppen stark unterschiedlicher Größe und Fazies (in der Mitteltrias) gebildet. Trotz zahlreicher Arbeiten verschiedener Autoren wurde der geologische Bau dieses Gebiets nie richtig erfaßt. O. AMPFERER & W. HAMMER (1899) gliederten dieses Gebiet in zwei Schuppen - in die tektonisch tiefere Thaurer Schuppe und die tektonisch höhere Zunterkopfschuppe. An dieser Gliederung wurde fast ausnahmslos festgehalten (z.B. O. SCHMIDEGG 1951-1975; W. HEISSEL 1958; M. SARNTHEIN 1965-1967; A. TOLLMANN 1970, tektonische Karte, 1973: 35, Abb. 16, 1976, tektonische Karte; G. HEISSEL 1976 etc.). Von allen Bearbeitern wurden diese Schuppen der Lechtaldecke zugeordnet, lediglich E. SPENGLER (1953: 44) sah in der Thaurer Schuppe aufgrund fazieller Überlegungen einen von der Lechtaldecke eingewickelten Teil der Inntaldecke. M. SARNTHEIN (1968: A53) kartierte im Gebiet der Mühlauer Klamm eine weitere Schuppe, die er paläogeographisch am weitesten südlich innerhalb der Lechtaldecke (und natürlich südlicher von ihm autochthon gedachten Inntaldecke) anordnete. Erst die neueren Arbeitsergebnisse (G. HEISSEL 1977, 1977: Diss.:237-264, 1978) zeigen ein weitgehend neues Bild, das in der vorliegenden Arbeit teilweise noch präzisiert werden kann (s. Abb. 13, 14).

Beginnen wir mit der Thaurer Schuppe:^{+) die Gesteine vom unteren Höttinger Graben bis zu den südöstlichen Teilen der Zunterköpfe (nördlich von Hall und Thaur) werden von allen Autoren zur Thaurer Schuppe gezählt, was vor allem auch in den Darstellungen von O. SCHMIDEGG (1951, Taf. 19, Fig. 4) und D. RICHTER (1974, Taf. 2, Profil 4) etc. zum Ausdruck kommt. Lediglich M. SARNTHEIN (1968: "Inntalbasisschuppen") zählte nicht das gesamte eben umrissene Gebiet zur Thaurer Schuppe und A. TOLLMANN (1970, 1976, Karten) zählt den gesamten Höttinger Graben zur Inntaldecke. Diese Erstreckung vom Höttinger Graben bis zum Halltal ist sehr groß und konnte von niemandem bisher begründet werden. So schien M. SARNTHEIN (1968: "Inntalbasisschuppen") mit Recht eine weitere Schuppe gefunden zu haben. Es deutete sogar vieles auf die Existenz weiterer Schuppen hin. Deshalb wurden von G. HEISSEL (1977, 1977: Diss.) die Müh-}

^{+) Begehungen teilweise mit Dr.R. Brandner.}

lauer Schuppe, die Höttinger Graben-Schuppe und die Weiherburg-Arzlschuppe (von Nord nach Süd) aufgestellt. Folgendes sprach dafür: die Thaurer Schuppe besitzt östlich der Mühlauer Klamm teils aufrechte Schichtlagerung, im wesentlichen jedoch überkippte Lagerung (z.B. Profil Thaurer Klamm bis zur Schuppen-grenze in der Bärenklamm). Die Mühlauer Schuppe besäße demnach inverse Schichtlagerung und die Höttinger Graben-Schuppe in den Obertageaufschlüssen normale Schichtlagerung bzw. zeigt sich ein Umbiegen in verkehrte Lagerung in den nördlichsten Bergbaustollen im Höttinger Graben. Alle drei Schuppen hätten in der Mitteltrias die gleiche Fazies (Hoheneggfazies nach H. PIRKL 1961). Die Weiherburg-Arzlschuppe ergäbe sich demnach aufgrund des Auftretens von Raibler Schichten und Hauptdolomit an der Weiherburg bei Innsbruck bzw. durch den basalen Hauptdolomit (sedimentäre Breccien) am Kalkofenweg in Arzl (bei Innsbruck). Die Schwächestelle dieser Ansicht lag darin, daß z.B. die tektonische Grenze zwischen Mühlauer Graben-Schuppe und Thaurer Schuppe im Gegensatz zu SARNTHEINs Ansicht (1968: A52-A53) nirgends aufgeschlossen ist. Sie müßte, wie auch SARNTHEIN schreibt, sehr flach sein, was am Kalkalpensüdrand allerdings ziemlich unwahrscheinlich ist. Der Vorteil dieser Deutung mit Hilfe einer Reihe von Schuppen lag in der einfachen und bisher von niemandem außer M. SARNTHEIN (1968) durchgeführten Erklärung der so vollkommen unterschiedlichen Lagerungsverhältnisse. Durch die Geländeergebnisse im Frühling 1978 zeigte sich jedoch ziemlich eindeutig, daß die Thaurer Schuppe tatsächlich bis zum Höttinger Bild reicht und daß daher die Existenz einer Mühlauer Schuppe, Höttinger Graben-Schuppe und Weiherburg-Arzlschuppe so gut wie sicher auszuschließen ist. Deshalb wurden diese Schuppen auf der tektonischen Karte (Abb. 24) im Gegensatz zu eigenen bisherigen Ansichten nicht mehr dargestellt.

Wie erklärt sich jedoch nun die unterschiedliche Lagerung der Schichten innerhalb der Thaurer Schuppe? Nach den neuesten Erkenntnissen ist die Thaurer Schuppe in sich sehr stark gefaltet. Sie bildet im wesentlichen eine liegende Isoklinalfalte mit dem Faltscheitel im Norden. Die Obertageaufschlüsse vom Höttinger Graben bis östlich der Arzler Alm befinden sich demnach im Hangendschenkel der Großfalte, die nördlichsten Stollenaufschlüsse im Gebiet Höttinger Graben sind bereits in der Gegend des Faltscheitels anzuordnen. Die Aufschlüsse im Mühlauer Graben liegen zur Gänze im Liegendschenkel der Großfalte, das Umbiegen in Richtung des Hangendschenkels ist jedoch im Frühjahr und Spätherbst sichtbar (geringere Bedeckung durch Vegetation). Der Kern der Antiklinale wird durch den Buntsandstein nördlich des Purnhofs (südlich der Enzianhütte) gebildet, wodurch erstmals auch dessen große scheinbare (!) Mächtigkeit erklärt werden kann. Östlich des Poschenhofs wird schließlich der unterhalb der Rumer Alm noch mehr oder weniger in normaler Schichtlagerung sich befindende Hangendschenkel endgültig nach Norden überkippt, wobei sich vor allem in den Nordalpinen Raibler Schichten eine intensive nordvergente Faltung zeigt, die ebenfalls z.T. sehr große scheinbare Mächtigkeiten vortäuscht. Der Liegendschenkel (mit verkehrter Schichtlagerung) tritt östlich der Mühlauer Klamm nicht mehr auf. Bleiben nur noch die

isolierten Vorkommen von Raibler Schichten und Hauptdolomit der Weiherburg und von Arzl, die zwar nach wie vor eine eigene Schuppe bilden können, andererseits jedoch mühelos durch Faltung zur Thaurer Schuppe gerechnet werden können (siehe Profile). Für die Gesamttektonik spielt die unbeweisbare (!) Zuordnung dieser beiden Vorkommen zum einen oder anderen jedoch keine Rolle. Der Faltenkern der Antiklinale ist natürlich relativ gestört, wobei die einzelnen Gesteinspakete teilweise stark ausgedünnt sein können. Vor allem betrifft dies die Reichenhaller Schichten, die manchmal völlig fehlen können, sich aber vorwiegend im Kern von Antiklinalen der stets vorhandenen nordvergenten Kleinfaltung erhalten können, was zahlreiche Untertageaufschlüsse bisher unbekannter alter Bergbaustollen im Gebiet der Enzianhütte eindeutig beweisen. Aufgrund dieser starken tektonischen Überprägung existiert im Gegensatz zu M. SARNTHEIN (1968: A52) eine lückenlose Profilfolge vom Buntsandstein bis zu den Partnachdolomiten nicht, sondern man muß von einer mehr oder weniger gestörten Schichtfolge von Buntsandstein über Reichenhaller Schichten, Alpenen Muschelkalk, Partnachschiehten, Nordalpine Raibler Schichten bis in den Hauptdolomit sprechen (G. HEISSEL 1977, 1977: Diss., 1978). Leider hat SARNTHEIN (1968) außerdem die Raibler Schichten und den Hauptdolomit fälschlicherweise zu den Partnachschiehten gezählt. O. SCHMIDEGG (1973: A75) zählt einige Dolomite ebenfalls zu den Partnachschiehten, die in Wirklichkeit^o zu den Raibler Schichten gehören, oder gar schon Hauptdolomit sind. Der an der gesamten Nordgrenze der Thaurer Schuppe vom Höttinger Graben bis östlich der Weißen Reise vorhandene und z.T. sehr mächtige Hauptdolomit wird bei O. SCHMIDEGG (1973-1975) zu Unrecht den Raibler Schichten zugeordnet. Die hier (wie auch in der Inntaldecke am Karwendelsüdrand) von O. SCHMIDEGG (1973: A75) nicht erkannte intensive Faltung der Gesteine (vor allem der Raibler Schichten), die stark unterschiedliche und teilweise große Mächtigkeiten vortäuscht, erklärt SCHMIDEGG unrichtig mit faziellen Argumenten. Aufgrund mehrerer entscheidender Fehler muß das Muschelkalkprofil Thaur I (M. SARNTHEIN 1965) als nicht aussagekräftig bezeichnet werden.⁺) Das Profil beginnt, im Gegensatz zu M. SARNTHEIN, nicht in fraglichen Reichenhaller Schichten, sondern im mittleren Alpenen Muschelkalk. Es befindet sich fast zur Gänze im oberen Muschelkalk, der sehr gestört ist, was eine genaue Mächtigkeitsangabe ausschließt (s.a. G. HEISSEL, 1977, Diss.: 240). Sicher sind es jedoch mehr als 40 m. Nach SARNTHEIN wäre die Grenze Partnachschiehten-Raibler Schichten in 850 m SH zu finden. Tatsächlich befindet sie sich jedoch bereits in 810 m SH, d.h. etwa 200 m südlicher! SARNTHEINs 126 m mächtige und massige Partnachdolomite können nicht bestätigt werden.

Im übrigen deutet die Vererzung der mitteltriadischen Gesteine vom Höttinger Graben bis Thaur (zahlreiche, bisher meist unbekannte alte Stollen) ebenfalls auf eine derartige Erstreckung

⁺) Profilaufnahme 1977 gemeinsam mit P. NIEDERBACHER et al., Institut für Geologie und Paläontologie, Innsbruck.

der Thaurer Schuppe hin.+) .

Vom Gebiet ca. 500 m östlich der Rumer Alm bis in den Gerschaur wird die Bärenklammshuppe von der Thaurer Schuppe nordvergent überfahren. Schürflinge der Bärenklammshuppe (Partnachsichten und Alpiner Muschelkalk) finden sich noch mehrfach bis an den Westrand der Weißen Reise.

Die Bärenklammshuppe wurde erstmals von G. HEISSEL (1977, 1977: Diss.:243-250, 1978) beschrieben. Ihre Existenz steht in krassem Widerspruch, vor allem zu den Arbeiten von M. SARNTHEIN (1965-1968) und O. SCHMIDEGG (z.B. 1974)!

Die Bärenklammshuppe ist auf etwa 3,5 km Ost-Westerstreckung aufgeschlossen und besitzt in der oberen Rumer Mure eine maximale Nord-Südausdehnung von ca. 350 m. Etwa bei Punkt 1335 m SH verschwindet die Bärenklammshuppe unter der Bedeckung der Höttinger Breccie (Pleistozän, Mindel-Riß-Interglazial nach R.v. KLEBELSBERG 1935; nach H. BÖGEL & K. SCHMIDT 1976: 196 ff. vermutlich Mindel-Riß-Interglazial, möglicherweise auch jünger). Die linearen Gefügeelemente der Bärenklammshuppe zeigen ein Abtauchen gegen West bei Südwest-Nordoststreichen. So sind stets bei verkehrter Lagerung - die älteren Gesteine (Alpiner Buntsandstein, Reichenhaller Schichten) im Westen, die jüngeren Gesteine (Alpiner Muschelkalk, Partnachsichten) im Osten (Hoheneggfazies im Sinn von H. PIRKL 1961!). Die Gesteine des Buntsandsteins und der Reichenhaller Schichten in der oberen Rumer Mure sind intensiv miteinander verfaultet (stehende bis steil nach Nord überkippte Falten im Meter- bis Zehnermeterbereich). Da O. SCHMIDEGG (1974: A100) die Reichenhaller Schichten für Raibler Schichten hielt, vermutete er, daß der Buntsandstein östlich von Punkt 1335 ein von der Inntaldecke eingeschuppter Span sei. Der mehrfach gut sichtbare sedimentäre Übergang des Buntsandsteins in die Reichenhaller Schichten widerlegt SCHMIDEGGs Ansichten eindeutig (s.a. G. HEISSEL 1977, Diss.: 243-250, 1978). Die Bärenklammshuppe grenzt stets im Norden an einer steil südfallenden Bewegungsbahn an den Wettersteinkalk, der zur Zunterkopfschuppe gezählt werden muß (einzige Ausnahme: Fahrweg auf die Thaurer Alm, wo die Bärenklammshuppe an Hauptdolomit grenzt). Auf ca. 2,5 km liegen (z.T. basale) Reichenhaller Schichten der Bärenklammshuppe neben dem Wettersteinkalk der Zunterkopfschuppe. Lediglich im unteren Teil der Bärenklamm grenzen für kurz Muschelkalke der Bärenklammshuppe an den Wettersteinkalk der Zunterkopfschuppe und in der Folge gegen Osten Partnachsichten. So kann eindeutig aufgezeigt werden, daß das Muschelkalkprofil Thaur II (M. SARNTHEIN 1965, 1967) nicht aussagekräftig ist, da es die sehr bedeutenden tektonischen Verhältnisse unberücksichtigt läßt. Die Bärenklammshuppe und die Zunterkopfschuppe passen nämlich faziell überhaupt nicht zusammen. Das Profil Thaur II liegt in einem Scheinserienkomplex bzw. Scheinfazieskomplex im Sinn von A. TOLLMANN (1973), den M. SARNTHEIN nicht erkannt hat.

+) Alle bisher im Karwendel befahrenen alten Bergbaustollen wurden gemeinsam mit P. GSTREIN, Institut für Mineralogie und Petrographie, Innsbruck, bearbeitet.

Die Zunterkopfschuppe und die Heubergschuppe sind sich faziell sehr ähnlich. Die ziemlich gestörte Schichtfolge reicht in beiden Fällen vom Wettersteinkalk bis in den Hauptdolomit. Der westlichste Aufschluß der Heubergschuppe, die die Zunterkopfschuppe im Ostteil der Zunterköpfe nordvergent überfährt, dürfte der Rest von Wettersteinkalk nördlich der Guggermauerhütte sein. Weiter gegen Osten liegt Hauptdolomit der Heubergschuppe (etwa bei Punkt 1538, Lokalität Katzeler) auf Hauptdolomit der Zunterkopfschuppe (Scheinserie). Am Ostrand des Gerschafl setzt sich die Heubergschuppe fort und besitzt am Westrand ihre vollständige (gestörte) Schichtfolge (Wettersteinkalk bis Hauptdolomit). Wettersteinkalk und Nordalpine Raibler Schichten der Zunterkopfschuppe verschwinden östlich der Weißen Reise unter dem Hauptdolomit der Heubergschuppe an einer steil südfallenden Bewegungsbahn. Ein Störungskreuz mit großen Versetzungen, wie es O. SCHMIDEGG (1973: A75) für das Gebiet der Weißen Reise beschreibt, gibt es nicht. SCHMIDEGG hat allerdings auch die Existenz der Heubergschuppe nicht erkannt.

Die Überschiebungsweiten der einzelnen Schuppen sind allein von der Fazies her nicht ablesbar. So ist der Überschiebungsbetrag der Thaurer Schuppe auf die Bärenklammsschuppe trotz gleicher Faziesausbildung (in der Mitteltrias) sicher sehr groß (mindestens mehrere Kilometer), denn überwiegend grenzen Reichenhaller Schichten (manchmal auch Muschelkalk oder Partnachschichten) der Bärenklammsschuppe an den Hauptdolomit der Thaurer Schuppe. Auch der Überschiebungsbetrag der Bärenklammsschuppe über die Zunterkopfschuppe und im Osten der Zunterköpfe auch über die Heubergschuppe ist beträchtlich. Gleich verhält es sich mit der Überschiebungsweite der Heubergschuppe über die Zunterkopfschuppe.

Schließlich sei noch auf die Schürflingszone der Thaurer Alm verwiesen (s.a. G. HEISSEL 1977: Diss., 1978). An der Basis der in diesem Gebiet flach nordfallenden Inntaldeckengrenze liegt zwischen den Gesteinen der Inntaldecke und der Zunterkopfschuppe vom Thaurer Zunterkopf bis westlich der Thaurer Alm ein wenige Meter bis Zehnermeter mächtiger Gesteinszug aus Nordalpinen Raibler Schichten und vor allem aus Wettersteinkalk (vereinzelt auch fraglicher Muschelkalk) (gleiche fazielle Ausbildung). Diese Gesteine wurden der Zunterkopfschuppe bei der Überschiebung der Inntaldecke entrissen und nach Norden transportiert. Dabei kam es stellenweise zur Abtrennung größerer Wettersteinkalkkomplexe und ihre Einschubung in Reichenhaller Schichten und Alpenen Buntsandstein der Inntaldecke (Thaurer Alm). Die Schürflingszone der Thaurer Alm, die als einer der Beweise für den nordgerichteten Transport der Inntaldecke auch an deren heutigem Südende angesehen werden muß, wurde vom Verfasser erstmals erkannt (1977, 1977: Diss., 1978). O. SCHMIDEGG (1951: 177 und Taf. 19, Abb. 2) hat hingegen die Raibler Schichten der Schürflingszone der Thaurer Alm als Kössener Schichten angesehen und den Wettersteinkalk für Plattenkalk gehalten.

Der Martinsbühel: Er wird nicht zur Karwendelschuppenzone gezählt, er ist auch nicht Teil der Lechtaldecke, wie z.B. G. HEISSEL (1976) und C. HAUSER (1977) annahmen, und wohl auch

nicht direkt (= ohne bedeutende Störung) der Inntaldecke zuzuordnen, wie z.B. A. TOLLMANN (1976, tekt. Karte) glaubt. Aufgrund neuester Untersuchungen (D.A. DONOFRIO, G. HEISSEL & H. MOSTLER 1978, in Druck) muß der Martinsbühel sowohl aus tektonischen als auch aus faziellen Gründen paläogeographisch aus einem Gebiet südlich der heutigen Inntaldecke stammen, was allerdings bedeuten könnte, daß der Martinsbühel ehemals Teil der Inntaldecke war. Im Rahmen des bereits mehrfach erwähnten An- und/oder Aufschubs der ober- bis unterostalpinen Einheiten südlich des Inntals auf die Nördlichen Kalkalpen müssen auch die Gesteine des Martinsbühels einen beträchtlichen Transport gegen Norden durchgemacht haben.

3.3.3. Zum Begriff "Karwendelschuppenzone"

Ist es nun sinnvoll, anstelle der bisher sowohl bei Deckentektonikern als auch bei Anhängern gebundener Tektonik üblichen Zweiteilung des Gebirgsbaus in Lechtaldecke (bzw. "Lechtaleinheit") und Inntaldecke (bzw. "Inntaleinheit") eine komplizierter scheinende Mehrgliederung in Lechtaldecke, Karwendelschuppenzone, Inntaldecke sowie weitere oberostalpine Einheiten (Martinsbühel, (?) Schwazer Trias etc.) (G. HEISSEL 1977, Diss.) einzuführen? Ist der Begriff "Karwendelschuppenzone" sinnvoll? Die tektonischen Karten z.B. von W. HEISSEL (1958) und A. TOLLMANN (1976) zeigen ein eigentlich einfaches und übersichtliches Bild. Danach besitzt die Inntaldecke nördlich ihres Hauptkörpers einige Schuppen, die von A. TOLLMANN unter dem Begriff Karwendelstirnschuppe der Inntaldecke zusammengefaßt wurden. Nördlich und südlich der derart gegliederten Inntaldecke sowie zwischen Hauptkörper und Stirnschuppe auch in Fenstern und Halbfenstern ist die unterlagernde Lechtaldecke sichtbar. Diese Gliederung, wie sie schon O. AMPFERER (1911) durchführte, wurde im Prinzip, nicht aber im Detail einheitlich von den Verfechtern und Gegnern der Deckentektonik eingehalten! Im Detail zeigen sich manchmal stark unterschiedliche Auffassungen, vor allem, wenn es um die Frage der Abgrenzung der Inntaldecke zur Lechtaldecke im Norden geht. So war sich schon O. AMPFERER selbst nie einig und zählte einmal z.B. Bärenwandkopf und Gamsjoch zur Inntaldecke, später zur Lechtaldecke (s.a. SPENGLER 1953: 43). Vergleicht man beispielsweise die Ansichten von O. AMPFERER (z.B. 1928, 1942, 1944), E. SPENGLER (1953), W. HEISSEL (1950, 1958, 1973), H. JERZ & R. ULRICH (1966), J. FRISCH (1975), A. TOLLMANN (1970, 1973, 1976) und G. HEISSEL (1976), so sieht man, daß kein Autor mit dem anderen auf der gesamten Strecke überall übereinstimmt, manchmal zeigen sich sogar erhebliche Abweichungen. Dabei sind hier die Ansichten von M. RICHTER (1929, 1937) und E. KRAUS (1949), die W. ZEIL (1959: 86, Abb. 4) sehr übersichtlich zur Darstellung gebracht hat, noch gar nicht berücksichtigt. Interessant ist, daß vermutlich als einziger W. ZEIL (1959) darauf hingewiesen hat daß die Inntaldecke anscheinend eine "Decke" ohne sichere Nordgrenze sei, was wohl gegen ihren Deckencharakter spräche. Verwunderlich scheint, daß andere Autoren, die ebenfalls der Inntaldecke die Deckennatur absprechen (H. JERZ & R. ULRICH 1966; J. FRISCH 1975), diese wohl nicht unbegründeten Einwände ZEILS in ihren

Arbeiten nicht aufgegriffen, sondern im Gegenteil an AMPFERERS starrer Gliederung festhielten. Dabei kann wohl niemand die Zuordnung der Bäralpkopf-Kuhkopfschuppe zur Inntaldecke beweisen, während die vor allem in ihren Westabschnitten sowohl faziell als auch in ihrem Bauplan sehr ähnliche Talelespitz-Gamsjoch-Staner Joch-Schuppe der Lechtaldecke angehören soll. Warum werden Steinspitzschuppe und Erzklammschuppe allgemein der Inntaldecke zugeordnet, während die Spielissjoch-Engalm-Vomper Joch-Schuppe unbedingt Teil der Lechtaldecke sein muß? Warum soll das Gebiet der Ruederkarspitze Teil der Inntaldecke sein (A. TOLLMANN 1970, 1976), wenn es sich gegen Osten im Staner Joch-Gewölbe fortsetzt, das angeblich Teil der Lechtaldecke ist? Wenn man schon Schuppen mit vorwiegend triadischen Schichtgliedern der Inntaldecke zuordnen will (Ausnahme Staner Joch-Gewölbe) und Schuppen mit großem Anteil von Hauptdolomit und "Jungschichten" der Lechtaldecke zuordnet, warum kann dann nicht auch die faziell ohnedies nicht zur Zunterkopfschuppe passende Thaurer Schuppe zur Inntaldecke gezählt werden, wie es E. SPENGLER (1953: 44) bereits vorgeschlagen hat? Dieses Fragespiel ließe sich noch einige Zeit fortsetzen. Abschließend sei festgestellt, daß eine Zuordnung von Schuppen der Karwendelschuppenzone zur Inntaldecke oder zur Lechtaldecke in keinem Fall beweisbar ist. Daher ist der neutrale Begriff Karwendelschuppenzone angebracht und damit sind auch die tektonischen Grenzen aller Einheiten auf die einzig beweisbare Linienführung festgelegt (siehe tektonische Karte). Dies bedeutet die Entkräftung der bis vor kurzem noch berechtigten Argumente W. ZEILS (1959) (s.a. G. HELSSEL, Diss. 1977). Erst durch die neuesten Kartierungen durch den Verfasser hat sich die große Zahl von Schuppen und Schürflingen gezeigt, die wohl nur in den Begriff Schuppenzone passen kann, nicht aber als Decke angesehen werden darf, noch dazu, wo in dieser Schuppenzone vielfach starke fazielle Unterschiede zwischen den einzelnen Einheiten vorhanden sind. Bemerkenswert ist auch die große Anzahl verkehrt gelagerter Schuppen, während in der Inntaldecke und Lechtaldecke die Lagerung der Schichten höchstens saiger bis überkippt ist, nie jedoch invers.

Wie kam es zur Bildung der Karwendelschuppenzone?

Die einzelnen Schuppen können prinzipiell nur aus der von Süden nach Norden über die Lechtaldecke vordringenden Inntaldecke stammen oder im Lauf dieser Überschiebung der Lechtaldecke ent-rissen worden sein. Grundsätzlich sind beide Möglichkeiten durchaus denkbar, jedoch fordern sie beide eine extrem weite Überschiebung der Inntaldecke nach Norden bis mindestens an die heutige Nordgrenze der Karwendelschuppenzone. Schuppenbildung innerhalb der Inntaldecke ist ja durchaus möglich und sogar häufig (siehe Profile). Wichtig ist jedoch, daß die Schuppenbildung dabei nicht unbedingt an der Deckenstirn vor sich gehen muß, sondern häufig auch in Deckenmitte oder sogar in der Nähe ihres heutigen Südrands (s. Profile 8, 25-37). Werden nun derartige Schuppen von den weiter vordringenden südlicheren Teilen der Decke überfahren und wittern später wieder zufällig unter dem Erosionsrand der Decke heraus, glaubt man Stirnschuppen zu sehen, obwohl diese Schuppen stets weit von der Deckenstirn entfernt waren! Es ist also innerhalb der Karwendelschuppenzone

in keinem Fall der Nachweis einer echten Stirnschuppe zu erbringen! Seltener dürfte die Bildung von Dachschuppen der Lechtaldecke sein. Hier ist ein Fall bekannt, nämlich die Sulzleklammerschuppe. Sie muß jedoch der Lechtaldecke zugeordnet werden und ist nicht Teil der Karwendelschuppenzone.

Wie bereits betont, ist also mit sehr großen Überschiebungsweiten zu rechnen, wobei genaue Angaben nicht gemacht werden können. Beim Versuch einer tektonischen Rückformung, z.B. anhand Profil 8, bekommt die Inntaldecke, deren tatsächliches Nord- und Südende jedoch nicht bekannt ist (!), eine Nord-Südausdehnung von mindestens 31 km. Diese 31 km Inntaldecke müssen nun im Prinzip südlich der Schuppen der Karwendelschuppenzone angeordnet werden. Für die tektonische Rückformung der Karwendelschuppenzone sind keine Angaben möglich, da die Herkunft der Schuppen ungeklärt ist und Reihenfolge und Mechanismus der Schuppung nur in einzelnen Fällen bekannt sind. Betrachtet man jedoch die bekannten Beispiele von Schuppenbildung aus der Inntaldecke und aus der Karwendelschuppenzone, so kann man ebenfalls große Nord-Süderstreckung erwarten. Die Karwendelschuppenzone wiederum muß im Prinzip südlich der Lechtaldecke angenommen werden, die sie heute kilometerweit überfahren hat. So ergeben sich bei Ausglättung der tektonischen Einheiten Nord-Südbeträge im Zehnerkilometerbereich, vielleicht sogar darüber. Damit dürften alle für gebundene Tektonik sprechenden Argumente widerlegt sein.

3.4. Steilstellung von Deckenbahnen und Schuppengrenzen, Südvergenzen am Karwendelsüdrand, Tiefgang der Nördlichen Kalkalpen, Inntalstörungszone etc.

Seit jeher wird die Frage diskutiert, ob steilstehende Bewegungsbahnen nicht etwa ein Beweis gegen große Transportweiten sind. Diese Frage ist vorerst im Sinn von A. TOLLMANN (1971: 355, 1973: 150) zu beantworten, wonach steilstehende Überschiebungsbahnen keineswegs geringe Transportweiten bedingen. Tatsächlich wurde in der bisherigen Literatur vielfach die Anzahl solcher steilstehender Bewegungsbahnen sehr überdeutet (z.B. K. BEURLEN 1944: 254). So steht die Nordgrenze der Inntaldecke im Karwendel auf etwa 20 km Länge (Hochalmsattel bis Vomper Berg) fast sählig oder flach bis mittelsteil südfallend und nur auf etwa 15 km (vom Hochalmsattel gegen Westen) steil nach Süden geneigt bis mehr oder minder saiger. Aber auch in diesem Gebiet ist anzunehmen, daß die Deckengrenze gegen Norden hin wieder flacher wird. Daß derartiges möglich wird, zeigt ja beispielsweise die Arnsnitz-Hochwörnerschuppe, deren tektonische Nordgrenze beim Eintritt ins Karwendelgebirge sehr steil steht, im Gebiet der Westlichen Karwendelspitze jedoch flach wird (s.a. Profile 19, 17, 21). Fast durchwegs relativ steil ist das Einfallen der zahlreichen Bewegungsbahnen am Karwendelsüdrand vor allem in der Karwendelschuppenzone, östlich des Thaurer Zunterkopfs auch das der Inntaldeckengrenze. Für das Steilstellen der Bewegungsbahnen sind - wie bereits mehrfach erwähnt - relativ spät einwirkende tektonische Vorgänge verantwortlich zu machen, die dem bereits fertigen Decken- und Schuppengebäude der Nördlichen Kalkalpen noch teilweise erhebliche Veränderungen auf-

prägten. Gemeint ist der bereits erwähnte An- und/oder Aufschub der sich südlich der Nördlichen Kalkalpen befindenden weiteren ober-, mittel- und unterostalpinen Einheiten. Dieser tektonische Akt ist ja seit langem bekannt und die Bildung der Seefelder Senke wird ihm zugeschrieben. Auch aus Gebieten westlich davon wird eine mehr oder minder starke Überkipfung der Kalkalpensüd-grenze, also ein Abtauchen der Kalkalpen unter die kristallinen Einheiten beschrieben (vgl. z.B. O. AMPFERER 1930; R. OBERHAUSER 1970: 482; U. DOERT & D. HELMCKE 1976; M. KÖHLER 1977). Im Karwendel hat man ein Abtauchen der Nördlichen Kalkalpen nach Süden bisher nicht angenommen, sondern im Gegenteil ein deutliches Ausheben in die Luft (s. z.B. A. TOLLMANN 1973: 35, Abb. 16 etc.). Die geologische Neuaufnahme im Karwendel hat nun gezeigt, daß die Inntaldecke - durch zahlreiche Aufschlüsse von der Seefelder Senke bis zum Hohen Weg in Innsbruck belegt - gegen Süden ins Inntal abtaucht. Dieses Abtauchen der Inntaldecke verlangt ein generelles Abtauchen der Nördlichen Kalkalpen im Raum Karwendel.

Wie muß man sich nun das Überfahren der Nördlichen Kalkalpen durch die kristallinen Einheiten im Raum des Karwendelgebirges vorstellen:

1) Die Nördlichen Kalkalpen haben ihren heutigen Standort nach einem großen Transport von Süden nach Norden bereits erreicht. Die Gliederung in die einzelnen Einheiten, also bezogen auf das Karwendelgebirge: Lechtaldecke, Karwendelschuppenzone, Inntaldecke, ist abgeschlossen. Die Bewegungsbahnen liegen im allgemeinen flach (Abb. 21, Nr. 1).

2) Aus dem Süden drängen die Einheiten des Unterostalpins und Mittelostalpins (im Sinn von A. TOLLMANN) und auch Teile des Oberostalpins (z.B. eventuell die Grauwackenzone und die Schwazer Trias, weiters das Gebiet des Martinsbühels etc.) nach und überfahren die oberostalpinen Nördlichen Kalkalpen (Abb. 21, Nr. 2).

3) Durch die sicherlich als bedeutend zu bezeichnende Aufschiebung der Einheiten aus dem Süden über die Nördlichen Kalkalpen kommt es, hervorgerufen durch die Auflast der überfahrenden Einheiten zum Abtauchen der Einheiten der Nördlichen Kalkalpen nach Süden. Dieses Abtauchen ist heute bis an den Ostrand des Karwendelgebirges gesichert (Abb. 21, Nr. 2).

4) Das Überfahren der vornehmlich kristallinen Einheiten bewirkt innerhalb der Nördlichen Kalkalpen die verschiedensten tektonischen Erscheinungen, wobei es neben der unterschiedlichen Zusammensetzung der Gesteine innerhalb der einzelnen kalkalpinen Einheiten vor allem auch auf die Anzahl der Bewegungsbahnen ankommt, die den neuerlichen Druck aus dem Süden ausgleichen können.

Gemeint ist folgendes: Trotz aller Untergliederungen ist die Inntaldecke ein relativ starrer Körper, der auf einen erneuten Druck wesentlich langsamer reagieren kann, als die unterlagernde Karwendelschuppenzone. In der Karwendelschuppenzone gibt es eine Unzahl von Bewegungsbahnen (= Schuppengrenzen), die sehr leicht den erneuten Druck aus dem Süden durch Steilstellen der Überschiebungsbahnen und Emporheben der einzelnen Schuppen

auszugleichen vermochten, viel leichter eben, als die relativ starre und träge reagierende Inntaldecke.

So ist nicht nur das Herausheben von Zunterkopfschuppe, Thaurer Schuppe usw. zu erklären, sondern auch die fast saigere Deckengrenze der Inntaldecke östlich des Törl und auch die (scheinbare) Südvergenz der Kleinfaltung an der Innsbrucker Nordkette innerhalb der Inntaldecke, die nichts anderes ist als der Hinweis, daß durch den Andruck aus dem Süden auf die Nördlichen Kalkalpen die Schuppen der Karwendelschuppenzone rascher nach Norden transportiert wurden als die Inntaldecke, wodurch es zu Unterschiebungseffekten gekommen ist (siehe auch Abb. 21, Nr. 3). Daß das Steilstellen der Bewegungsbahnen und Emporheben der Schuppen der Karwendelschuppenzone im östlichen Karwendel stärker ist als im westlicheren Karwendel, dürfte möglicherweise eben auf den Umstand zurückzuführen sein, daß im Bereich des östlichen Karwendels noch die Schwazer Trias zu berücksichtigen ist, während in den westlicheren Abschnitten die kristallinen Einheiten mehr oder weniger direkt auf die kalkalpinen Einheiten des Karwendelgebirges aufgeföhren sind. So sind letztlich mit dem Überfahren der vorwiegend kristallinen Einheiten auf die Nördlichen Kalkalpen im Raum des Karwendelgebirges alle tektonischen Phänomene einfach und deutlich zu erklären. Das Steilstehen so mancher Schuppen- oder Deckengrenze braucht nicht mehr länger ein Dorn im Auge zu sein, ebensowenig wie das Emporheben einiger Einheiten (Zunterkopfgelbiet) in Höhen, die eigentlich längst schon im Inntaldeckenniveau liegen.

Durch das Abtauchen der Nördlichen Kalkalpen nach Süden unter die kristallinen Einheiten wird erstmals auch die eigenartige stockwerksähnliche Verteilung der Großeinheiten in den Nördlichen Kalkalpen klar. Wenn man A. TOLLMANNs Abbildungen (1976: 186, Abb. 68, und vor allem 1973: 35, Abb. 16) betrachtet, so fällt auf, daß die tieferen kalkalpinen Einheiten im Norden, die höheren kalkalpinen Einheiten im Süden zu finden sind. Die aufgrund der neuen Erkenntnisse abgeänderte Darstellung der Abb. 16 von A. TOLLMANN (1973: 35) macht dies noch deutlicher (siehe Abb. 18, 19, 20).

Auch daraus wird ersichtlich, daß die Nördlichen Kalkalpen gegen Süden abtauchen müssen, denn das Erosionsniveau ist überall ziemlich gleich. Wenn im Norden demnach die höheren Einheiten, die im Süden noch aufgeschlossen sind, fehlen, heißt dies nichts anderes, als daß die höheren Einheiten im Norden bereits oberhalb des Erosionsniveaus liegen und daher heute fehlen. Gegen Süden sind sie jedoch deshalb noch erhalten, weil der Tiefgang der Nördlichen Kalkalpen gegen Süden zunimmt (Abb. 20).

Somit ist über die ehemalige Nordgrenze der Karwendelschuppenzone und der Inntaldecke heute nichts mehr auszusagen!

Sowohl die Karwendelschuppenzone als auch die Inntaldecke können früher wesentlich weiter nach Norden gereicht haben, als die heutigen Erosionsränder andeuten könnten. Schon O. AMPFERER (1903: 200) deutet dies bereits an, wenn er sagt, daß ... "die mächtige Vomper-Hinterautaler Platte" (gemeint ist die Inntaldecke), "welche jetzt hauptsächlich mit der großen Wand endigt" (gemeint

sind die Laliderer Nordwände), "einst weit nach Norden vorge-
reicht und dabei als schwere mächtige Decke" (!) .. "mindestens" ..
(!) .. "die Zone der jungen Schichten unter sich verborgen hat!"
O. AMPFERER hat somit vor 75 Jahren bereits die Situation
weitestgehend richtig eingeschätzt, besser als er dies in
späteren Jahren getan hat!

Für das Auftreten der intensiven Kleinfaltung vor allem des
Buntsandsteins, der Reichenhaller Schichten und des Muschelkalks
der Inntaldecke am Karwendelsüdrand gibt es auch eine Erklärung:
Es fällt auf, daß sich diese Kleinfaltung vorwiegend im Kern
großer Antiklinalen findet, z.B. im Kern der Solsteinantikli-
nale und im Südflügel der Zirler Mähder-Synklinale, der ja
nichts anderes als der Nordflügel einer erosiv und tektonisch
fehlenden weiteren Antiklinale der Inntaldecke ist. Weiters
fällt auf, daß der Wettersteinkalk der Inntaldecke von dieser
Faltung (fast) nicht betroffen ist. Er wirkt also als kompeten-
tes Gestein, während die älteren Schichtglieder sich wie inkom-
petente Gesteine verhalten und durch diese intensive Faltung
den entstandenen Platzmangel im Kern der Antiklinale auszu-
gleichen versuchen. Diese Erscheinung ist sehr gut auch in klei-
nerem Rahmen zu beobachten, und zwar bei der sich zur Gänze in
Reichenhaller Schichten befindlichen Falte im Frau-Hitt-Graben
knapp oberhalb der Schäferhütte (vgl. Profil 8, Abb. 6-7, 22-23).

Zum Tiefgang der gesamten Nördlichen Kalkalpen im Raum Karwen-
del sei noch folgendes angemerkt. Z. B. erreicht die Inntaldecke
in Profil 9 vermutlich unter dem Hohen Gleirsch ihren größten
Tiefgang bei ca. 2000 m unter dem Meeresspiegel. Diese Angabe
kann als relativ sicher gelten und ergibt sich aus dem Gesamt-
bild des geologischen Baus des Karwendelgebirges. Mit zunehmen-
der Tiefe werden natürlich auch die Angaben ungenauer. Als
vollkommen sicher kann jedoch gelten, daß die Karwendelschup-
penzone unter der gesamten Inntaldecke durchzieht und ihr so-
mit eine gewisse Mächtigkeit zugebilligt werden muß. Auf Profil
9 sind es ca. 1000 m. Das Durchziehen der Karwendelschuppenzone
unter der Inntaldecke wurde ja bereits ausreichend erläutert
und ist auch aus der beigefügten tektonischen Karte (Abb. 24)
eindeutig ersichtlich, nämlich erstens am Ostende der Inntaldecke,
wo die südliche und die nördliche Schuppenzone aneinandergrenzen,
und zweitens anhand der Tatsache, daß gegen Westen sowohl im
Norden als auch im Süden eine Schuppe nach der anderen unter
der immer breiter werdenden Inntaldecke verschwindet (s. Abb. 24)
Was nun unterhalb der Karwendelschuppenzone liegt, bleibt Deu-
tung. Die Vermutung liegt jedoch nahe, daß mit der Lechtal-
decke zu rechnen ist. So wäre im Karwendel mit einem maximalen
Tiefgang der Nördlichen Kalkalpen zwischen 4000 und 6000 m
unter dem Meeresspiegel zu rechnen.

Inntalstörungszone und die Fortsetzung der Sillstörung (Silltalstörung) in der sogenannten Gleierschstörung

Die sogenannte Inntalstörung (A. TOLLMANN, 1976: 59, Abb. 18) ist, wie die Abbildungen 19 und 20 der vorliegenden Arbeit zeigen, als ganzes Störungsbündel (=Störungszone) zu bezeichnen. An der Inntalstörungszone wurden die Nördlichen Kalkalpen (Karwendel) von den nachdrängenden (vorwiegend) mittelostalpinen und unterostalpinen Einheiten überfahren (siehe die vorangegangenen Erläuterungen). Die tektonische Grenze Martinsbühel-Inntaldecke (Martinswand) ist demnach bereits Teil der Inntalstörungszone.

Die Existenz der sogenannten Gleierschstörung (A. TOLLMANN, 1976: 59, Abb. 18, tektonische Karte, Taf. 2; 1976: 30, Abb. 16, (in BECKEL, L., 1976)) konnte bisher im Gelände nicht bestätigt werden. Vielmehr hat sich gezeigt, daß die Gräben an der Innsbrucker Nordkette nicht an (erkennbaren) Nord-Südstörungen angelegt wurden. Hingegen sind es Erosionserscheinungen, ausgehend von der Karwendelschuppenzone, die im fortgeschrittenen Stadium die Inntaldecke bereits voll erfaßt haben (s.a. G. HEISSEL, 1978, in Druck). In den Satellitenbildern ist eine beträchtliche Anzahl der auskartierten Decken- und Schuppengrenzen sichtbar. Auch wird durch diese Aufnahmen die eigene Vermutung verstärkt, wonach die Solsteinantiklinale sich in der Hohen Munde fortsetzt und nicht im Tschirgant (etc.).

3.5. Scheinserien und Scheinfazieskomplexe und ihre Bedeutung (s.a. A. TOLLMANN, 1973: 149 ff)

Das tektonische Zusammentreffen ähnlich alter oder gleich alter Gesteine von verschiedenen Einheiten ist im Karwendel ein überraschend häufiges Phänomen.

Scheinserien kommen vor allem in der Karwendelschuppenzone (sowohl nördlich als auch südlich der Inntaldecke) vor, fast jede Schuppe könnte dafür als Beispiel dienen.

Die Abtrennung der Karwendelschuppenzone zur Lechtaldecke wird ebenfalls auf weite Strecken durch das zahlreiche Auftreten von Scheinserien mitunter erschwert (z.B. Risser Falk,...).

Aber auch die Inntaldecke ist mit zahlreichen Scheinserien ausgestattet, durch deren Erkennen ganz neue Aspekte bei der Entschlüsselung der Tektonik beachtet werden müssen. So wäre als Beispiel die Lafatscher Roßkopf-Bettelwurfnordwand-Antiklinale zu nennen, deren nunmehr erkannte Existenz nicht nur rein wissenschaftliche Neuerkenntnisse nach sich zieht (bedeutende Vergrößerung der Süd-Nordüberschiebung innerhalb der Inntaldecke, ...), sondern möglicherweise eines Tages von großer wirtschaftlicher Bedeutung werden kann. Immerhin ist damit das Hoffungsgebiet des Blei-Zinkbergbaus um ein Vielfaches größer als bisher angenommen. Mit einem Förderstollen in das Inntal könnte so ein Projekt eines Tages rentabel werden.

Vor allem aber hat sich gezeigt, daß Profilaufnahmen in nicht erkannten Scheinserien (Profil Thaur II, M SARNTHEIN, 1965) mit daran Schuld tragen, daß die Ausdeutung der Tektonik und die

Rekonstruktion paläogeographischer Verhältnisse fehlerhaft ist (M. SARNTHEIN, 1967; J. FRISCH, 1972).

So zeigt sich deutlich, daß eine genaue geologische Aufnahme mit detaillierter tektonischer Ausdeutung die Grundlage für nachfolgende (und sicherlich sehr notwendige) mikrofaziale Untersuchungen etc. sein muß und nicht umgekehrt.

3.6. Die Notwendigkeit des Erkennens der Tektonik für Projekte von wirtschaftlicher Bedeutung

Wenngleich sich die vorliegende Arbeit auf zum Teil sehr detaillierte Untersuchungen stützen kann, sind damit noch lange nicht alle wissenschaftlichen Probleme gelöst. Für die weiteren Untersuchungen (s.a. G. HEISSEL, Diss. 1977:289 ff) ist jedoch damit eine neue Grundlage geschaffen.

Gerade die Nähe des Karwendelgebirges zum dichtbesiedelten Innental ermöglicht eine sinnvolle Nutzung rein wissenschaftlicher Erkenntnisse zum Vorteil weiter Bevölkerungskreise.

An erster Stelle wäre hier die Nutzung des Wassers des Karwendelgebirges zu nennen. Aufgrund der überaus geringen Verkarstung des Karwendels (s.a. R.M. ECKART, 1977: 122 ff) sind die hydro-(geo)logischen Probleme vor allem durch die möglichst genaue Kenntnis des Gebirgsbaus in den Griff zu bekommen. Durch die erheblichen Neuerkenntnisse, den Gebirgsbau betreffend, ist so eine Vielzahl hydrologischer Phänomene neu zu deuten bzw. erscheint eine Deutung erst möglich.

Für den Bergbau Lafatsch (Bleiberger Bergwerks-Union) ergibt sich aufgrund der neuen Ergebnisse ein wesentlich größeres Hoffungsgebiet. Auch bei der Frage nach den Auswirkungen der Stilllegung des Salzbergbaus im Halltal ist vornehmlich auf den Gebirgsbau zu achten.

Für das als Straßentunnel zur Diskussion gestellte Projekt einer Nordumfahrung von Innsbruck ("Nordtangente") wird bei der Planung von großer Bedeutung die Beachtung des Abtauchens der Innentaldecke nach Süden (Tunnel erreicht Nähe der Deckengrenze oder durchquert diese sogar) und die intensive Kleinfaltung der Gesteine innerhalb der Innentaldecke sein (s.a. Profil 9, 12, 10, 25). Weitere Beispiele hiezu G. HEISSEL, Diss. (1977:290-293).

3.7. Karwendel - Decken- und Schuppenbau oder gebundene Tektonik? Zusammenfassung

Die Innentaldecke

Ist im Karwendel unbedingt als tektonisch allseits begrenzte Vielfaziesdecke mit sehr großer Süd-Nordtransportweite über ihre unterlagernden Einheiten anzusehen. Die Mindesttransportweite der Innentaldecke beträgt mehr als 30 km. Die tatsächliche Transportweite ist wesentlich größer. Die tektonische Umgrenzung der Innentaldecke liegt heute eindeutig vor. Die tatsächliche Ausdehnung der Innentaldecke nach Norden und Süden ist aufgrund der Erosion nicht mehr rekonstruierbar. Der Begriff "Decke" ist im Karwendel berechtigt.

Die Einheiten der darunter liegenden Karwendelschuppenzone liegen paläogeographisch zwischen Lechtaldecke und Inntaldecke. Für die Schuppen der Karwendelschuppenzone ist der Begriff "Decke" nicht zulässig. Es handelt sich hiebei also um reine Schuppentektonik, jedoch muß ebenfalls (wie bei der Inntaldecke und Lechtaldecke) mit meist großen bis teilweise sehr großen Transportweiten gerechnet werden. Da und dort kann die Transportweite einzelner Einheiten der Karwendelschuppenzone auch geringer sein.

Die Lechtaldecke

Ist die paläogeographisch nördlichste Einheit und ebenfalls eine nordvergent bewegte Vielfaziesdecke. Sie ist nur im Nordkarwendel aufgeschlossen.

Der (Fern)transport aller Einheiten erfolgte stets von Süden nach Norden.

Somit handelt es sich im Karwendel um eindeutige und ausgeprägte Decken- und Schuppentektonik!

Danksagung

Für die großzügige finanzielle Untersützung der vorliegenden Arbeit sei vor allem der Firma Montana Baugesellschaft m.b.H. (Innsbruck) und der Gemeinde Absam gedankt.

Weiters möchte der Verfasser der Geologischen Bundesanstalt (Wien), den Stadtwerken Innsbruck, den österreichischen Bundesforsten, dem Stadtmagistrat Innsbruck und der Herzoglich Coburg'schen Revierverwaltung in Hinterriß für wertvolle und vielseitige Hilfe danken. Die Reinzeichnung und Beschriftung einiger Abbildungen stammt von Frau Ingrid Rödlach (Absam). Schließlich möchte der Verfasser allen weiteren Personen und Institutionen, die aus Platzgründen hier unerwähnt bleiben müssen, für ihre Hilfe danken.

Vor allem den Herren Univ.Prof.Dr.H. Mostler, Univ.Doiz. Dr. W.Resch, Dr. R. Brandner, aber auch Herrn Univ.Doiz. Dr. K.Czurda (alle geologisches Institut Innsbruck) sei für ihre teilweise große Hilfe im Gelände, ihr Interesse gegenüber der vorliegenden Arbeit und ihre stete Diskussionsbereitschaft sehr gedankt.

Literatur

- AMPFERER, O. & W. HAMMER (1899): Geologische Beschreibung des südlichen Theiles des Karwendelgebirges. - Jb.Geol.R.-A., 48 (1898), 289-374, 33 Abb., Taf. 8-9, Wien.
- AMPFERER, O. (1902): Über den geologischen Zusammenhang des Karwendel- und Sonnwendjochgebirges. - Verh.Geol.R.-A., 1902, 104-113, Wien.
- AMPFERER, O. (1902): Bericht über die Neuaufnahme des Karwendelgebirges. - Verh.Geol.R.-A., 1902, 274-276, 1 Abb., Wien.
- AMPFERER, O. (1903): Über Wandbildungen im Karwendelgebirge. - Verh.Geol.R.-A., 1903, 198-204, 2 Abb., Wien.
- AMPFERER, O. (1903): Die Mündung des Vomperbaches. - Verh.Geol.R.-A., 1903, 231-234, 1 Abb., Wien.
- AMPFERER, O. (1903): Geologische Beschreibung des nördlichen Theiles des Karwendelgebirges. - Jb.Geol.R.-A., 53 (1903), 169-252, 50 Abb., Taf. 9-10, Wien.
- AMPFERER, O. (1911): Geologischer Querschnitt durch die Ostalpen vom Allgäu zum Gardasee. - Jb.Geol.R.-A., 61, 531-710, 50 Abb., Taf. 32-34, Wien.
- AMPFERER, O. (1921): Über die regionale Stellung des Kaisergebirges. - Jb.Geol.S.-A., Bd.71, H.3-4, S.159-172, 4 Abb., Wien.
- AMPFERER, O. & Th. OHNESORGE (1924): Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte der Republik Österreich, Blatt Innsbruck-Achensee (5047). - 108 S., Wien (Geol.B.-A.).
- AMPFERER, O. (1928): Die Reliefüberschiebungen des Karwendelgebirges. - Jb.Geol.B.-A., 78, 241-256, 10 Abb., Taf. 5, Wien.
- AMPFERER, O. (1929): Über alte Landformen, welche im Schutz von Überschiebungen aufbewahrt wurden. - Zeitschr. Geomorphologie, 4 (1929), Gebr. Borntraeger, 139-149, 5 Abb., Taf. 8, Berlin.
- AMPFERER, O. (1930): Über den Südrand der Lechtaler Alpen zwischen Arlberg und Ötztal. - Jb.Geol.B.-A., 80, H. 3-4, 407-451, 35 Abb., Wien.
- AMPFERER, O. (1931): Zur neuen Umgrenzung der Inntaldecke. - Jb.Geol.B.-A., 81, 25-48, 10 Abb., Wien.
- AMPFERER, O. (1942): Geologische Formenwelt und Baugeschichte des östlichen Karwendelgebirges. - Denkschr.Akad.Wiss.Wien, math.-natw.Kl., 106, 1-95, 103 Abb., Wien.
- AMPFERER, O. (1944): Belastungswirkungen durch die Aufladung der Inntaldecke. - Sitzber.Akad.Wiss., Wien, math.-natw.Kl., Abt. I, 153, 17-44, 26 Abb., Wien.
- AMPFERER, O. (1944): Über die tektonische Selbständigkeit der Inntaldecke. - Ber.Reichsamt Bodenforsch. Zweigst. Wien, 1944, 57-73, 8 Abb., Wien.
- AMPFERER, O. (1946): Geologische Ergebnisse von Schutzstollenbauten bei Innsbruck. - Sitzber.Akad.Wiss.Wien, math.-natw.Kl., Abt. I, 155, H.1-2, 49-62, 11 Abb., Wien.
- AMPFERER, O. (1949): Geologische Ergebnisse der Quellaufschließungen in der obersten Mühlauer Klamm bei Innsbruck. - Mitt. Geol.Ges.Wien, 36-38 (1943-1945), 1-28, 12 Abb., Wien.
- AMPFERER, O. & W. HEISSEL (1950): Das östliche Karwendel; Erläuterungen zur geologischen Karte des östlichen Karwendel und des Achenseegebietes. - Mit geol. Karte 1:25 000, 55 S.,

- 2 Tab., 2 Beil.-Taf., Univ.-Verlag Wagner, Innsbruck.
- BAUER, F. & J. ZÖTL (1972): Karst of Austria - Chapter 7. - 225-265, 18 Abb. und Fototaf.; in HERAK, M. & V.T. SPRINGFIELD: Karst - Important Karst Regions of the Northern Hemisphere. - Elsevier Publishing Comp. Amsterdam-London-New York.
- BECHSTÄDT, T. & H. MOSTLER (1974): Mikrofazies und Mikrofauna mitteltriadischer Beckensedimente der Nördlichen Kalkalpen Tirols. - Geol.Paläont.Mitt.Innsbruck, 4, H. 5-6, 1-74, 4 Abb., 3 Taf., Innsbruck.
- BECHSTÄDT, T. & H. MOSTLER (1976): Riff-Becken-Entwicklung in der Mitteltrias der westlichen Nördlichen Kalkalpen. - Z. dt.Geol.Ges., 127, 271-289, 6 Abb., Hannover.
- BEURLEN, K. (1944): Zum Problem der Inntal-Decke. - Sitzber. bayer.Akad.Wiss., math.-natw.Kl., 143, 239-264, München.
- BÖGEL, H. (1976): Kleine Geologie der Ostalpen. Allgemeinverständliche Einführung in den Bau der Ostalpen unter Berücksichtigung der angrenzenden Südalpen. - Ott-Verlag Thun.
- BRANDNER, R. & W. RESCH (1978): Stratigraphie und Mikrofazies der Mitteltrias und des Cordevol im Gebiet Seegrube-Hafelekar der Nordkette bei Innsbruck. - Exkursion D, Herbsttagung der Österreichischen Geologischen Gesellschaft in Innsbruck, 8.-10.9.1978, Exkursionsführer.
- BRANDNER, R.; HEISSEL, G.; HEISSEL, W. & W. RESCH (1978): Mittelbis Obertrias und tektonischer Bau am Kalkalpensüdrand zwischen Innsbruck und Telfs. Seefelder Senke. - Exkursion E, Herbsttagung der Österreichischen Geologischen Gesellschaft in Innsbruck, 8.-10.9.1978, Exkursionsführer.
- DEL NEGRO, W. (1977): Abriß der Geologie von Österreich. - Hrsg. Geol.B.-A., 138 S., 30 Abb., 4 Taf., Wien.
- DONOFRIO, D.A.; HEISSEL, G. & H. MOSTLER (in Druck): Zur tektonischen und stratigraphischen Position des Martinsbühels bei Innsbruck. - Geol.Paläont.Mitt.Innsbruck.
- ECKART, R.M. (1977): Hydrogeologische Aufnahme des östlichen Karwendels. - Unveröff.Diss. Phil.Fak.Univ.Innsbruck.
- FRISCH, J. (1975): Sedimentologische, lithofazielle und paläogeographische Untersuchungen in den Reichenhaller Schichten und im Alpinen Muschelkalk der Nördlichen Kalkalpen zwischen Lech und Isar. - Jb.Geol.B.-A., 118, 75-117, 9 Abb., 7 Taf., Wien.
- FROMME, G. (1955): Kalkalpine Schuttablagerungen als Elemente nacheiszeitlicher Landschaftsformung im Karwendelgebirge (Tirol). - Veröff.Mus.Ferdinandeam, 35, 5-130, 5 Abb., Univ.-Verlag Wagner, Innsbruck.
- GANSS, O. (1975): Naturschutz in Oberbayern. - Geologische Übersicht. - Naturschutz und Landschaftspflege, H.6, 12 S., 5 Abb., Bayer.-L.-A.f.Umweltschutz, München.
- HAUSER, C. (1977): Blatt 117, Zirl: Bericht 1976 über Aufnahmen im kalkalpinen Anteil auf Blatt 117, Zirl. - Verh. Geol.B.-A.1977, H.1, S.A101-A102, Wien.
- HEISSEL, G. (1976): Neues zur Deckentektonik im nördlichen Karwendel. - Geol.Paläont.Mitt.Innsbruck, 5, H.5, 1-35, 18 Profile auf 7 Beil.-Taf., 1 tekt.Karte, Innsbruck.
- HEISSEL, G. (1976): Zur Deckentektonik im nördlichen Karwendel. - Anz.math.-natw.Kl.Österr.Akad.Wiss., 1976, 7, 75-82, 1 tekt. Karte, Wien.

- HEISSEL, G. (1977): Blatt 118, Innsbruck: Bericht 1976 über Aufnahmen im Mesozoikum des Karwendelgebirges auf den Blättern 117, Zirl, und 118, Innsbruck. - Verh.Geol.B.-A., 1977, H.1, S.A105-A108, Wien.
- HEISSEL, G. (1977): Die geologische Neuaufnahme des Karwendelgebirges und seine tektonische Ausdeutung. - Unveröff.Diss., Phil./natw.Fak.Univ.Innsbruck, 372 S., 1 geol.Kte. 1:20 000 (6 Beil.-Bl.), 1 tekt.Kte. 1:100 000 (Taf. 3), 17 Profile 1:25 000, 18 Abb., 17 Taf., Innsbruck.
- HEISSEL, G. (1978, in Druck): Bericht 1977 über Aufnahmen im Mesozoikum des Karwendelgebirges auf den Blättern 117, Zirl, 118, Innsbruck, und 119, Schwaz. - Verh.-Geol.B.-A., Wien.
- HEISSEL, G. (1978): Stratigraphie und Tektonik der Innsbrucker Nordkette (Schwerpunkt Tektonik). - Exkursion C, Herbsttagung der Österreichischen Geologischen Gesellschaft in Innsbruck, 8.-10.9.1978, Exkursionsführer.
- HEISSEL, W. (1954): Beiträge zur Quartärgeologie des Inntales. - Jb.Geol.B.-A., 1954, 47, H.2, 251-322, 20 Abb., Taf. 20-21, Wien.
- HEISSEL, W. (1958): Zur Tektonik der Nordtiroler Kalkalpen. - Mitt.Geol.Ges.Wien, 50 (1957): 95-132, 2 Abb., 1 tekt.Kte., Wien.
- HEISSEL, W. (1973): Inntal-Autobahn - die Umweltverhältnisse - die Geologie des Unterinntales. - Inntal-Autobahn, S.51-55, 1 geol.Kte., 5 Profile, Verlag "Tiroler Nachrichten", Innsbruck.
- JACOBESHAGEN, V. (1975): Zur Struktur der Allgäuer Alpen. Gebundene Tektonik oder Deckenbau? - N.Jb.Geol.Paläont.Abh., 148, 185-214, 7 Abb., Stuttgart.
- JERZ, H. (1965): Zur Paläogeographie der Raibler Schichten in den westlichen Nordalpen. - Z.dt.geol.Ges., 116 (1964), 427-439, 9 Abb., Hannover.
- JERZ, H. (1966): Untersuchungen über Stoffbestand, Bildungsbedingungen und Paläogeographie der Raibler Schichten zwischen Lech und Inn (Nördliche Kalkalpen). - Geologica Bavarica, 56, 3-102, 32 Abb., 2 Tab., 1 Taf., München.
- JERZ, H. & R. ULRICH (1966): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt 8533/8633 Mittenwald. - 152 S., 21 Abb., 2 Tab., 2 Beil., Bayer.Geol.L.-A., München.
- JÄCKLI, H. (1941): Geologische Untersuchungen im nördlichen Westschams Graubünden. - Ecl.Geol.Helv., 34 (1), 17-105, 28 Abb., 1 Taf., Basel.
- JOB, C. & G. MUTSCHLECHNER (1969): Hydrochemische Untersuchungen im Wettersteinkalk und im Hauptdolomit des Karwendelgebirges. - Ber.nat.-med.Ver.Innsbruck, 57, Festschr. Scheminzky, 19-38, 3 Abb., 3 Tab., Innsbruck.
- KATSCHTHALER, H. (1930): Neue Beobachtungen im Gelände der Höttinger Breccie. - Jb.Geol.B.-A., Bd.80, 1930, H.1-2, S.18-45, 12 Fig., 1 Kartenskizze, Wien.
- KLEBELSBERG, R.v. (1935): Geologie von Tirol. - 872 S., 11 Beil., 1 geol.Karte 1:500 000, Gebr. Borntraeger, Berlin.
- KLEBELSBERG, R.v. (1958): Wattner Geologie. - S.1-10, 1 Abb., Schlern-Schr., 165, Wattner Buch, Univ.-Verl. Wagner, Innsbruck.
- KLEBELSBERG, R.v. (1963): Die geologischen Verhältnisse. - Festschrift "Das neue Trinkwasserwerk und Kraftwerk Mühlau der Landeshauptstadt Innsbruck". - S.41-45, 2 Abb., 1 Foto, Stadtwerke Innsbruck, Wagner'sche Univ.-Burchdruckerei

- Buchroithner & Co., Innsbruck.
- KLIER, H. & F. MÄRZ (1974): Karwendelgebirge. - Alpenvereinsführer z.d. Gebirgsgr.d.Ostalpen, Bd. Karwendelgebirge, Reihe Nördl. Kalkalpen, 512 S., 34 Bilder, 3 Anstiegsskizzen, 1 Karte, 1 Panorama, Bergverlag Rudolf Rother, München.
- KOCKEL, C.W. (1956): Der Umbau der Nördlichen Kalkalpen und seine Schwierigkeiten. - Verh.Geol.B.-A., 1956, 205-214, Wien 1956.
- KÖHLER, M. (1977): Baugeologische Untersuchungen im Raume Dalaas (Klostertal, Vorarlberg). 1. Teil: Regionalgeologische Ergebnisse. - Geol.Paläont.Mitt.Innsbruck, 6, H.9, 1-26, 3 Tab., 2 Profile, 1 geol.Karte 1:10 000, Innsbruck.
- KRANZ, J.R. (1974): Geochemische Charakteristik des erzhöffigen Oberen Wettersteinkalkes (alpine Mitteltrias) der Ostalpen. - Inaugural-Diss., FU Berlin, 219 S., etl. Abb., Taf. und Tab., Zentr. Univ.-Druck, Berlin.
- KRAUS, E. (1949): Die Entstehung der Inntaldecke. - N.Jb.Mineral. etc., Abh., B, 90 (1949), 31-95, 29 Abb., 6 Taf., Stuttgart.
- KRAUTER, E. (1963): Vorbericht über geologische Untersuchungen im östlichen Karwendel. - Verh.Geol.B.-A., H.1/2, 130-132, Wien.
- KRAUTER, E. (1968): Zur Frage der Reliefüberschiebung am Staner Joch (östliches Karwendel, Tirol). - Mitt.Geol.Ges., 60, 1967, S.23-64, 2 Taf., 10 Abb., Wien.
- KRAUTER, E. (1971): Zur Genese rauhwackiger Breccien der alpinen Trias an Beispielen aus der Schweiz und Österreich. - Geol.Paläont.Mitt.Innsbruck, 1, H.7, 1-12, 5 Abb., Innsbruck.
- KUCKELKORN, K.F. (1964): Tektonische Untersuchung der Unterinntal-Zone zwischen Terfens und Wörgl in Tirol. - Inaugural-Diss., Natw.Fak.Univ.München, 118 S., 12 Abb., 6 Taf. (Photodruck), München.
- KUCKELKORN, K.F. (1968): Anlage und Bau der orogenen Scheitelung im Bereich des östlichen Unterinntales (Tirol). - Geol.Jb., 86, 423-432, 3 Abb., 1 Tab., Hannover.
- LECHNER, A. (1948): Die Verkarstung im Karwendel. - Unveröff. Diss.Univ.Innsbruck, 185 S., 16 Taf., Innsbruck.
- MOSTLER, H. (1972): Zur Gliederung der Permoskyth-Schichtfolge im Raume zwischen Wörgl und Hochfilzen (Tirol). - Verh.Geol. B.-A., 1972 sowie Mitt.Ges.Geol.Bergbaustud., 20, S.155-162, 1 Abb., Wien.
- MUTSCHLECHNER, G. (1948): Spuren des Inngletschers im Bereich des Karwendelgebirges. - Jb.Geol.B.-A., 1948, H.3-4, S.155-206, Wien.
- MUTSCHLECHNER, G. (1951): Geologie der Hochnißl-Gruppe. - "Schwazer Buch" (Schlern-Schriften 85), 16-35, 1 Abb., Univ.-Verlag Wagner, Innsbruck.
- MUTSCHLECHNER, G. (1954): Die Massengesteine der Nordtiroler und Vorarlberger Kalkalpen. - TPM (3) 4, 386-395, 1 Abb., Wien.
- MUTSCHLECHNER, G. (1974): Der Bergbau an der Innsbrucker Nordkette zwischen Kranebitten und Mühlau. - Veröff.d.Innsbrucker Stadtarchivs, Neue Folge, 5, 67.142, Abb.21-24, Innsbruck.
- NAGEL, K.H. (1975): Der Bau der Thiersee- und Karwendelmulde (Tirol), interpretiert mit Hilfe statistischer Verfahren. - Geotekt.Forsch., 48, 1-136, 85 Abb., 9 Tab., 4 Taf., 2 Beil., 5 Anlagen, Stuttgart.

- OBERHAUSER, R. (1970): Die Überkipplungs-Erscheinungen des Kalkalpen-Südrandes im Rätikon und im Arlberg-Gebiet. - Verh. Geol.B.-A., 1970, H.3, S.477-485, 6 Profile, Wien.
- OTT, E. (1966): Die gesteinsbildenden Kalkalgen im Schlauchkar (Karwendelgebirge). - Jb.Ver.Schutz d. Alpenpflanzen, 31, 1-8, 9 Abb., 2 Taf., München.
- OTT, E. (1967): Segmentierte Kalkschwämme (Sphinctozoa) aus der alpinen Mitteltrias und ihre Bedeutung als Riffbildner im Wettersteinkalk. - Abh.Bayer.Akad.Wiss., math.-natw.Kl., N.F., 131, 96 S., 9 Abb., 5 Tab., 10 Taf., München.
- PIRKL, H. (1961): Geologie des Trias-Streifens und des Schwazer Dolomits südlich des Inn zwischen Schwaz und Wörgl (Tirol). - Jb.Geol.B.-A., 104, 1-150, 9 Abb., 7 Taf., Wien.
- POLL, K. (1967): Die Diskussion des Deckenbaues in den Nördlichen Kalkalpen. - Zbl.Geol.Paläont., I, 1967, 889-916, 1079-1116, Stuttgart.
- PRODEHL, C. (1964): Auswertung von Refraktionsbeobachtungen im bayerischen Alpenvorland. - Z.Geophysik, 30 (1964), 161-181, 7 Abb., Würzburg.
- RICHTER, D. (1974): Grundriß der Geologie der Alpen. - 101 Abb., 6 Tab., 2 Taf., Walter de Gruyter, Berlin, New York.
- RICHTER, M. (1929): Die Struktur der nördlichen Kalkalpen zwischen Rhein und Inn. - N.Jb.Min.etc., Beil., 63, B, 1-62, Stuttgart.
- RICHTER, M. (1930): Der ostalpine Deckenbogen - Eine neue Synthese zum alpinen Deckenbau. - Jb.Geol.B.-A., Bd.80, 1930, H.3-4, 487-540, 7 Fig., 1 Taf., Wien.
- RICHTER, M. (1937): Die deutschen Alpen und ihre Entstehung. - Gebr. Borntraeger, Berlin.
- ROTHPLETZ, A. (1888): Das Karwendelgebirge. - Z.dt.österr.Alpenverein, 1888, 401-470, 29 Abb., 9 Taf., 1 Kt., München.
- ROTHPLETZ, A. (1894): Ein geologischer Querschnitt durch die Ostalpen etc. - 268 S., 115 Abb., 2 Taf., Stuttgart (Schweizerbart).
- SADEDDIN, W. (1975): Der Bau der Überschiebungszone der Inntal-Decke zwischen Halltal und Mahdgraben (Tirol). - Unveröff. Diss., Phil.Fak.Univ.Innsbruck.
- SADEDDIN, W. (1976): Beiträge zur Mikrofauna des Jura nordöstlich Hall in Tirol. - Geol.Paläont.Mitt.Innsbruck, 5, 1-8, 2 Taf., Innsbruck.
- SARNTHEIN, M. (1965): Sedimentologische Profilvereihen aus den mitteltriadischen Karbonatgesteinen der Kalkalpen nördlich und südlich von Innsbruck. - Verh.Geol.B.-A., 1965, 119-162, 1 Taf., Wien.
- SARNTHEIN, M. (1966): Sedimentologische Profilvereihen aus den mitteltriadischen Karbonatgesteinen der Kalkalpen nördlich und südlich von Innsbruck. - 1. Fortsetzung. - Ber.nat.-med. Ver.Innsbruck, 54, 33-59, 5 Abb., Innsbruck.
- SARNTHEIN, M. (1967): Versuch einer Rekonstruktion der mitteltriadischen Paläogeographie um Innsbruck, Österreich. - Geol. Rdsch., 56, 116-127, 4 Abb., 1 Taf., Stuttgart.
- SARNTHEIN, M. (1968): Bericht 1967 über geologisch-sedimentologische Aufnahmen am Karwendel-Südrand (Blatt Innsbruck-Umgebung). - Verh.Geol.B.-A., 1968, H.3, S.A51-A53, Wien.
- SCHENK, V. (1967): Die Faziesentwicklung der Reichenhaller Schichten und die Tektonik im Süden des Achensees, Tirol. -

- Geol.Rdsch., 56, 464-473, 2 Abb., Stuttgart.
- SCHMIDEGG, O. (1951): Die Stellung der Haller Salzlagerstätte im Bau des Karwendelgebirges. - Jb.Geol.B.-A., 94 (1949-1951), 159-205, 9 Abb., Taf. 19-20, Wien.
- SCHMIDEGG, O. (1951): Inntal (Wörgl-Innsbruck); Nordseite des Inntales (Zillertalmündung-Innsbruck). - Geologischer Führer zu den Exkursionen, Wiederaufbau und 100-Jahrfeier Geol. B.-A., 1951; Verh. Geol.B.-A., Sh.A, 1950-1951, C. Alpenexkursion, S. 122-123, Taf. 19 und 20, Wien.
- SCHMIDEGG, O. (1952): Die Stellung der Haller Salzlagerstätte im Bau des Karwendels. - Verh.Geol.B.-A., Sh.C, 52-60, 1 Taf., Wien.
- SCHMIDEGG, O. (1958): Geologische Aufnahme 1957 für die Umgebungskarte von Innsbruck. - Verh.Geol.B.-A. (1958), H.2, S.262-263, Wien.
- SCHMIDEGG, O. (1959): Geologische Aufnahmen auf der Umgebungskarte Innsbruck (1:25 000). - Verh.Geol.B.-A., 1959, H.3, S.A84-A85, Wien.
- SCHMIDEGG, O. (1973): Geologische Aufnahmen 1972 auf der Umgebungskarte Innsbruck 1:25 000. - Verh.Geol.B.-A.1973, H.4, S.A74-A76, Wien.
- SCHMIDEGG, O. (1974): Geologische Aufnahmen 1973 auf der Umgebungskarte Innsbruck 1:25 000. - Verh.Geol.B.-A. 1974, H.4, S.A99-A102, Wien.
- SCHMIDEGG, O. (1975): Blatt 118, Innsbruck; geologische Aufnahme. - Verh.Geol.B.-A.1975, H.1, S.A85-A86, Wien.
- SCHMIDEGG, O. (1977): Bericht 1976 über geologische Aufnahmen im Mesozoikum auf den Blättern 117, Zirl, und 118, Innsbruck. - Verh.Geol.B.-A., 1977, H.1, S.A102-A104, Wien.
- SCHNEIDER, H.J. (1953): Der Bau des Arnspitzstockes und seine tektonische Stellung zwischen Wetterstein- und Karwendelgebirge. - Geologica Bavarica, 17, 17-55, 7 Abb., Taf. 1, München.
- SCHULZ, O. (1954): Gefügekundlich-tektonische Analyse des Blei-Zink-Bergbaugebietes Lafatsch (Karwendelgebirge, Tirol). - BHM, Jg.99, 1954, H.5, 85-95, 7 Abb. (Springer-Verlag), Wien.
- SCHULZ, O. (1955): Montangeologische Aufnahme des Pb-Zn-Grubensrevieres Vomperloch, Karwendelgebirge, Tirol. - BHM, Jg.100, 1955, H.9, 259-269, 8 Abb. (Springer-Verlag), Wien.
- SCHULZ, O. (1970): Vergleichende petrographische Untersuchungen an Karnischen Sedimenten der Julischen Alpen, Gailtaler Alpen und des Karwendels. - Verh.Geol.B.-A., 1970, H.2, S.165-229, 9 Abb., 1 Beil.-Taf., Wien.
- SPENGLER, E. (1950): Zur Verbreitung und Tektonik der Inntaldecke. - Z.dt.Geol.Ges., 102 (1950), 188-202, 2 Abb., Hannover.
- SPENGLER, E. (1953): Versuch einer Rekonstruktion des Ablagerungsraums der Decken der Nördlichen Kalkalpen. 1. Teil: Der Westabschnitt der Kalkalpen. - Jb.Geol.B.-A., 1953, 46, 1-64, 8 Abb., 1 paläogeogr. Karte 1:210 000 (Taf. I-II), Wien.
- TOLLMANN, A. (1970): Der Deckenbau der westlichen Nordkalkalpen. - N.Jb.Geol.Paläont.Abh., 136, 80-133, 1 Abb., Stuttgart.
- TOLLMANN, A. (1970): Tektonische Karte der Nördlichen Kalkalpen. 3. Teil: Der Westabschnitt. - Mitt.Geol.Ges.Wien, 62 (1969), 78-170, Taf. 1-3, Wien.
- TOLLMANN, A. (1970): Für und wider die Allochthonie der Kalkalpen sowie ein neuer Beweis für ihren Fernschub. - Verh.Geol.

- B.-A., 1970, H.2, S.324-345, 2 Abb., Wien.
- TOLLMANN, A. (1971): Betrachtungen zum Baustil und Mechanismus kalkalpiner Überschiebungen. - Verh.Geol.B.-A., 1971, H. 2, S. 358-390, 12 Abb., Wien.
- TOLLMANN, A. (1971): Zur Rehabilitierung des Deckenbaues in den westlichen Nordkalkalpen. - Jb.Geol.B.-A., Bd.114, S.273-360, 49 Abb., 2 Taf., Wien.
- TOLLMANN, A. (1973): Grundprinzipien der alpinen Deckentektonik. Eine Systemanalyse am Beispiel der Nördlichen Kalkalpen. - 404 S., 170 Abb. (Deuticke), Wien.
- TOLLMANN, A. (1976): Analyse des klassischen nordalpinen Mesozoikums; Stratigraphie, Fauna und Fazies der Nördlichen Kalkalpen. - 580 S., 256 Abb., 3 Taf. (Deuticke), Wien.
- TOLLMANN, A. (1976): Der Bau der Nördlichen Kalkalpen. Orogene Stellung und regionale Tektonik. - 449 S., 130 Abb., 7 Taf. Anhang (Deuticke), Wien.
- TOLLMANN, A. (1976): Tektonische Auswertung der Satellitenbilder der Ostalpen. In: BECKEL, H. (Herausg.): "Österreich im Satellitenbild". - 107 S., 3 Abb., 69 Photos, Salzburg (O.-Müller-Verlag).
- TOLLMANN, A. (1977): Die Bruchtektonik Österreichs im Satellitenbild. - (Faulting tectonics of Austria on Landsat-Photos). - N.Jb.Geol.Abh., 153, 1, 1-27, Stuttgart.
- TOLLMANN, A. (1977): Stellungnahme zu V. JACOBSHAGEN: Zur Struktur der südlichen Allgäuer Alpen. - N.Jb.Geol.Paläont.Abh., 153, 1, 28-32, Stuttgart.
- TOLLMANN, A. (1977): Geologie von Österreich, Band 1. Die Zentralalpen. - 766 S., 200 Abb., 25 Tab., Wien (Deuticke).
- TRIMMEL, H. (1955): Über Karrenfelder im Vorderkar (Karwendel). - Höhlenkundliche Mitteilungen (Sept. 1955), 2 S., Wien.
- TRIMMEL, H. (1957): Die Vorderkarhöhle bei Scharnitz. - Höhlenkundliche Mitteilungen, 13, H.12, 3 S., Wien.
- TROMMSDORFF, V. (1962): Über Lamprophyre aus den Nördlichen Kalkalpen (Ehrwaldit). - TMPM, 8, H.2 (1962), 281-325, 16 Abb. (Springer-Verlag), Wien.
- TROMMSDORFF, V. (1962): Lamprophyre im Wetterstein und Karwendelgebirge. - Die Naturwissenschaften, Jg.49, H.8, S.179-180, Springer-Verlag Berlin-Göttingen-Heidelberg.
- TRUSHEIM, F. (1930): Die Mittenwalder Karwendelmulde. - Wiss. Veröff.Dt.Österr.Alpenver., 7, 69 S., 3 Abb., 8 Taf., Innsbruck.
- VOHRYZKA, K. (1968): Die Erzlagerstätten von Nordtirol und ihr Verhältnis zur alpinen Tektonik. - Jb.Geol.B.-A., 111, H.1, S.3-88, 36 Abb., 1 Taf., Wien.
- ZEIL, W. (1959): Zur Deutung der Tektonik in den deutschen Alpen zwischen Iller und Traun. - Z.dt.geol.Ges., 111 (1959), 74-100, 8 Abb., Hannover.

Das Literaturverzeichnis stellt eine Zusammenfassung der wichtigsten Arbeiten über das Karwendelgebirge dar. Es wurde aus Platzgründen im Textteil nicht jede Arbeit zitiert.

Geologische Karten und Profile

- AMPFERER, O. & W. HAMMER (1899): Geologische Karte des südlichen Karwendelgebirges 1:50 000. - Jb.Geol.R.-A., 48 (1898), Wien.
- AMPFERER, O. (1903): Profilkarte des Karwendelgebirges 1:100 000 (Taf. 9) - (In: Geologische Beschreibung des nördlichen Theiles des Karwendelgebirges). - Jb.Geol.R.-A., 53 (1903), Wien.
- AMPFERER, O. & Th. OHNESORGE (1912): Geologische Spezialkarte Blatt "Innsbruck-Achensee" 1:75 000. - Geol.R.-A., Wien.
- AMPFERER, O. & Th. OHNESORGE (1912): Geologische Spezialkarte Blatt "Zirl-Nassereith" 1:75 000. - Geol.R.-A., Wien.
- AMPFERER, O. & (W. HEISSEL) (1950): Geologische Karte des östlichen Karwendel und des Achensee-Gebietes 1:25 000. - Innsbruck.
- GANSS, O. (1975): Übersichtsprofile durch die Nördlichen Kalkalpen, die Flysch-Zone, Helvetikum-Zone und die Molasse (Abb. 4). - Natursch. und Landschaftspflege, H. 6, Bayer.L.-A. f. Umweltschutz, München.
- HEISSEL, G. (1976): Tektonische Karte des mittleren Karwendeltales sowie 18 Profile 1:25 000. - Geol.Paläont.Mitt.Innsbruck, 5, H.5, Innsbruck.
- HEISSEL, G. (1976): Tektonische Karte des nördlichen Karwendel. - Anz.math.-natw.Kl.Österr.Akad.Wiss., 1976, 7, Wien.
- HEISSEL, W. (1950): Die Verbreitung der Inntal-Decke im östlichen Karwendel, Tektonische Übersicht - (In: Das östliche Karwendel - Erläuterungen zur Geol. Karte). - Univ.-Verlag Wagner, Innsbruck.
- HEISSEL, W. (1950): Profile durch das östliche Karwendel - (In: Das östliche Karwendel - Erläuterungen zur Geol. Karte). - Univ.-Verlag Wagner, Innsbruck.
- HEISSEL, W. (1958): Übersicht der Tektonik der Nördlichen Kalkalpen westlich der Salzach - (In: Zur Tektonik der Nordtiroler Kalkalpen). - Mitt.Geol.Ges.Wien, 50 (1957), Wien.
- JERZ, H. & R. ULRICH (1966): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, 8533/8633, Mittenwald. - Bayer.Geol.L.-A., München.
- JERZ, H. & R. ULRICH (1966): Geologische Profile zu Blatt Mittenwald 1:25 000. - Bayer.Geol.L.-A., München.
- JERZ, H. & R. ULRICH (1966): Tektonische Karte zu Blatt Mittenwald - (In: Erläuterungen zur Geol. Karte). - Bayer.Geol.L.-A., München.
- KLEBELSBERG, R. v. (1935): Profilserie durch die Nordtiroler Kalkalpen 1:125 000, Beilage 1 - (In: Geologie von Tirol). - Gebr. Borntraeger, Berlin.
- KRAUTER, E. (1968): Geologische Karte des Staner Joches und seiner Umgebung (östliches Karwendel, Tirol), Taf. 1. - Mitt.Geol.Ges.60, 1967, Wien.
- KRAUTER, E. (1968): Profile durch das Staner Joch und seine Umgebung, Taf. 2. - Mitt.Geol.Ges., 60, 1967, Wien.
- KUCKELKORN, K.F. (1964): Abgedeckte Geologische Strukturkarte der östlichen Unterinntal-Zone, Abschnitt Terfens-Straß, Taf. 1. - Inauguraldiss., Natwiss.Fak.Univ.München.
- KUCKELKORN, K.F. (1964): Geologische Profiltafel der östlichen Unterinntal-Zone, Abschnitt Terfens-Straß, Taf.3. - Inauguraldiss., Natwiss.Fak.Univ.München.

- MUTSCHLECHNER, G. (1951): Geologische Schnitte durch die Hochnißl-Gruppe (Abb. 1). - "Schwazer Buch" (Schlern-Schriften 85), Univ.-Verlag Wagner, Innsbruck.
- SCHMIDEGG, O. (1951): Die Stellung der Haller Salzlagerstätte im Bau des Karwendelgebirges, Taf. 19, Abb.1-16. - Jb.Geol. B.-A., 94 (1949-1951), Wien.
- SCHULZ, O. (1954): Karte des Blei-Zink-Bergbaugebietes Lafatsch mit 16 Kluftpoldiagrammen im Wettersteinkalk (Abb. 7); Querprofil durch die WE-streichenden Großfalten vom Kl. Lafatscher bis zur Südlichen Sonnenspitze (Abb. 2). - BHM, Jg.99, 1954, Wien.
- SCHULZ, O. (1955): Montangeologische Aufnahmen des Pb-Zn-Grubensreviers Vomperloch; Querprofile (Abb. 7), Übersichtskarte (Abb. 8). - BHM, Jg. 100, 1955, Wien.
- TOLLMANN, A. (1970): Tektonische Karte der Nördlichen Kalkalpen, Blatt 4, 3. Teil: Der Westabschnitt. - Mitt.Geol.Ges.Wien, 62 (1969), Wien.
- TOLLMANN, A. (1976): Tektonische Karte der Nördlichen Kalkalpen, Blatt 2, Taf. 2. - (Deuticke), Wien.
- TOLLMANN, A. (1976): Profile durch den Westteil der Nördlichen Kalkalpen, Taf. 6. - (Deuticke), Wien.
- TOLLMANN, A. (1976): Landsat-Aufnahme von Südbayern und Tirol, 13. Aug. 1972, (Abb. 16). - In: BECKEL, H. (Herausg.): "Österreich im Satellitenbild", Salzburg (Otto-Müller-Verlag).
- TRUSHEIM, F. (1930): Geologische Karte der Mittenwalder Karwendelmulde 1:25 000. - Dt. u. Österr.Alpenverein, Innsbruck.

Topographische Karten

- Alpenvereinskarten: herausgegeben vom Deutschen und Österreichischen Alpenverein 1935, ergänzt und berichtet 1962: Karwendelgebirge (die meisten in der vorliegenden Arbeit erwähnten Lokalitätsnamen wurden den Alpenvereinskarten entnommen):
 Westliches Blatt 1:25 000, Nr. 5/1,
 Mittleres Blatt 1:25 000, Nr. 5/2,
 Östliches Blatt 1:25 000, Nr. 5/3.
- Umgebungskarte Innsbruck 1:25 000: herausgegeben vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien. Aufgenommen 1962. Vollständige Kartenrevision 1967, einzelne Nachträge 1974.
- Österreichische Karte 1:50 000: herausgegeben vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien:
 Blatt 117, Zirl,
 Blatt 118, Innsbruck,
 Blatt 119, Schwaz.

Erläuterungen zu den auf den Beilagetafeln gezeigten Abbildungen und Profilen

BS = Alpiner Buntsandstein, RH = Reichenhaller Schichten, MK = Alpiner Muschelkalk (Reiflinger Kalk auf den Profilen mit Über-signatur), PS = Partnachschieben, WK = Wettersteinkalk (Riffazies, Lagunenfazies), RS = Nordalpine Raibler Schichten, HD = Hauptdolomit, Plattenkalk, KS = Kössener Schichten, RR = Rhätoliasriffkalk, JS = Jungschichten (jünger als Rhät).

1 (Legende Profile) = Deckengrenze, Schuppengrenze, Bewegungsbahn (sicher, vermutet).

2 (Legende Profile) = Schürfling, tektonischer Starkwirkungsbereich. PZ = Puitentalzone.

ID = Inntaldecke, KSZ = Karwendelschuppenzone, LD = Lechtaldecke.

Die Numerierung der Profile erfolgte nicht der Reihe nach von W nach E. Es handelt sich um eine Auswahl von insgesamt 44 Profilen durch das Karwendel. Der Schnittpunkt der Koordinaten jedes Profils gilt als absoluter Nullpunkt. Alle Koordinatenschnittpunkte liegen auf derselben geographischen Breite. So ist es möglich, alle Profile zu einer Profiltafel zusammenzusetzen.

Abb. 1: Der Bau der Inntaldecke im zentralen Karwendel

1 = Gumpenwand-Reps-Hochkanzelantiklinale, 2 = Lafatscher Roßkopf-Bettelwurf nordwand-Antiklinale, 3 = Gleirschamm-Bettelwurfantiklinale, 4 = Heißenkopf-Sonnenspitzenantiklinale.

In der Bildmitte ist der nordvergente Faltenbau der Überschallsynklinale sichtbar. Während der Südflügel im Hintergrund senkrecht steht, ist er im Vordergrund bereits überkippt.

Abb. 2:

1, 2 = Heißenkopf-Sonnenspitzensynklinale und -antiklinale, 3 = Hinterautal-Hinterödalm-Jagdgrabensynklinale, 4 = Gumpenwand-Reps-Hochkanzelantiklinale, 5 = Überschallsynklinale, 6 = Lafatscher Roßkopf-Bettelwurf nordwand-Antiklinale, 7 = Gleirschamm-Bettelwurfantiklinale.

Vordergrund: Bergbau Lafatsch. (Die scheinbare Südvergenz der Heißenkopf-Sonnenspitzenantiklinale auf dieser Abbildung ist auf den Blickwinkel vom Jagdgraben aus zurückzuführen).

Abb. 4a:

1 = Gleirschamm-Bettelwurfantiklinale, 2 = Vomper Loch-Synklinale, 3 = Lafatscher Roßkopf-Bettwurf nordwand-Antiklinale, 4 = Überschallsynklinale, 5 = Gumpenwand-Reps-Hochkanzelantiklinale, 6 = Heißenkopf-Sonnenspitzenantiklinale.

Abb. 6: Teil der potenzierten Faltung auf der Nordkette in basalen Gesteinen der Inntaldecke

An dieser Falte sind nur Reichenhaller Schichten beteiligt (1 = inkompetente Lagen, 2 = kompetente Lagen). Der ursprünglich nordvergente Falte wurde durch den Aufschub des Altkristallins etc. indirekt leichte Südvergenz aufgezwungen. Die inkompetenten Lagen begegnen der Platzeinengung im Faltenkern durch Anschoppung bei intensiver Faltung, deren Vergenz von der Südvergenz der Gesamtfalte abweicht.

Abb. 7:

Im Vordergrund mehrere nordvergente Falten im Alpinen Muschelkalk und in den Reichenhaller Schichten. Im Hintergrund als Sattelkern der Solsteinantiklinale die Frau-Hitt-Falte. Sie biegt aus einer sekundär aufgeprägten Südvergenz gegen oben hin in eine eindeutige Nordvergenz um. Gegen unten schließt im Frau-Hitt-Graben an diese Frau-Hitt-Falte die leicht südvergente Falte von Abb. 6 an. Der Wettersteinkalk hat sich an dieser intensiven Faltung nicht beteiligt. An ihm ist schön der nordvergente Bau der Solsteinantiklinale ablesbar: mittelsteiler Südschenkel (Brandjoch etc.) und steiler Nordschenkel (Sattelspitzen etc.).

Abb. 8:

Faltung im basalen Alpinen Muschelkalk mit sekundär aufgeprägter Südvergenz unterhalb der Höttinger Alm. Am Weg auf die Höttinger Alm befinden sich bereits Reichenhaller Schichten.

Abb. 9: Blick vom Patscherkofel ins Oberinntal und ins westliche Südkarwendel

1 = Kerschbuchhof, 2 = Rauschbrunnen, 3 = Höttinger Bild, 4 = Höttinger Alm, 5 = Gramart, 6 = Hungerburg.

Abb. 10: (Blick wie Abb. 9)

Die Inntaldecke (punktiert) umrahmt halbfensterförmig die Karwendelschuppenzone im Gramart-Hungerburghalbfenster. Das stete Absinken der Deckengrenze der Inntaldecke vom Törl (nicht auf der Abb.) bis zum Höttinger Bild war bisher schon bekannt. Beim Höttinger Bild biegt die Deckengrenze jedoch wieder in südöstliche Richtung um und ist auch in einem alten Stollen am Hohen Weg in Innsbruck wieder sichtbar. So müssen nicht nur alle Gesteine westlich des Höttinger Bilds zur Inntaldecke gezählt werden, sondern auch die Aufschlüsse am Inn in Innsbruck. Dadurch wird das Abtauchen der Inntaldecke nach Süden eindeutig. Auch der Höhenverlust der Liegendgrenze des Wettersteinkalks weist darauf hin. Bedingt wird dieses Abtauchen durch den Aufschub weiterer oberostalpiner Einheiten (z.B. Martinsbühel, er ist im Westen gerade noch sichtbar), vor allem aber mittel- und unterostalpiner Einheiten auf die Inntaldecke. Dadurch kam es auch zu einer gewaltigen tektonischen Reduktion des Inntaldeckensüdrands (siehe Zirler-Mähder-Synklinale).

Abb. 11: Nach TOLLMANN 1973, 1976,

Schematische Darstellung des Baus des östlichen Karwendels, die die Herkunft der Obertriassschürflinge (kariert) zwischen Karwendelstirnschuppe und dem Hauptkörper der Inntaldecke zeigen soll (A. TOLLMANN 1973: 108, Abb. 51; 1976: 186, Abb. 68).

Abb. 12:

gibt die Ansicht A. TOLLMANNs (1973, 1976), dargestellt in Abb. 11, abgeändert aufgrund der neuesten Ergebnisse wieder. Mit x wird der heutige nördliche Erosionsrand der Inntaldecke und der Karwendelschuppenzone markiert. Zu beachten ist, daß schon A. TOLLMANN (1973, 1976) die Inntaldecke und die Lechtaldecke gegen Süden abtauchen läßt (siehe Abb. 11).

Abb.13: Geologie der Zunterköpfe (nördlich Hall und Thaur)

Auffallend ist die große Zahl von Scheinserien, die ein Erkennen des komplizierten Schuppenbaus der Karwendelschuppenzone erschweren. Dicke, scharfe Striche: Decken- und Schuppengrenzen.

Abb. 14: Tektonik der Zunterköpfe (nördlich Hall und Thaur)

Inntaldecke (ohne Signatur). 1-5 = Karwendelschuppenzone, 1 = Zunterkopfschuppe, 2 = Schürflingszone der Thaurer Alm, 3 = Heubergschuppe, 4 = Bärenklammuschuppe, 5 = Thaurer Schuppe.

Abb.15: Schnitt durch das Karwendel im Meridian von Hall i.T. (O. SCHMIDEGG, 1951: Taf. 19, Fig. 4).

Abb. 16: Schnitt durch die Nördlichen Kalkalpen (O. GANNIS, 1975).

Abb. 17a: Schnitt durch die Nördlichen Kalkalpen im Meridian von Hall i.T. (D. RICHTER, 1974).

Abb. 17b: Schnitt durch die Nördlichen Kalkalpen im Meridian von Hall i.T. (H. BÖGEL & K. SCHMIDT, 1976).

Abb. 18: Schnitt durch die Nördlichen Kalkalpen im Meridian von Hall i.T. (nach A. TOLLMANN, 1973: 35, Abb. 16)

Die Inntaldecke liegt als falscher Muldenkern in der Karwendelhauptmulde der Lechtaldecke. Sie besitzt eine Stirnschuppe (im Gebiet der Falken), die sogenannte Karwendelstirnschuppe der Inntaldecke. Die Stirnschuppe ist von Teilen der Lechtaldecke eingewickelt und überfahren. Der Faltenbau innerhalb der Inntaldecke ist relativ einfach. Die Unterlage der Lechtaldecke im Süden bildet die Grauwackenzone (GWZ).

Abb. 19: Schnitt durch die Nördlichen Kalkalpen im Meridian von Hall i.T. (Nordteil nach A. TOLLMANN, 1973: 35, Abb. 16 (s. Abb. 15); Südteil abgeändert im Sinn der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit)

In sich reich gegliedert liegt die Inntaldecke (tektonisch allseits begrenzt) auf den Schuppen der Karwendelschuppenzone. Anhand der Zunterkopfschuppe (Z) und der Thaurer Schuppe (T) soll verdeutlicht werden, daß es eine Karwendelhauptmulde der Lechtaldecke nicht gibt (vgl. Abb. 15 mit 16). Die Lechtaldecke taucht nirgends mehr im Süden auf. Mit OOAK werden mögliche weitere oberostalpine Einheiten bezeichnet, die etwa der Schwarzer Trias oder dem Martinsbühel entsprechen können und die auf die Nördlichen Kalkalpen aufgefahren sind. Daran könnten Reste der Grauwackenzone (GWZ) angrenzen und weiters der unterostalpine Quarzphyllit (UOA, qu). Der Aufschub all dieser Einheiten auf den Decken- und Schuppenbau der Nördlichen Kalkalpen bewirkte das Abtauchen (vornehmlich) der Inntaldecke gegen Süden und das Steiltellen der Bewegungsbahnen und Herausheben der Schuppen der Karwendelschuppenzone (hauptsächlich am Karwendelsüdrand). Die Inntalstörung ist demnach als Bündel großer Bewegungsbahnen (ISZ = Inntalstörungszone) zu sehen. Somit ist die Deckentektonik im Sinn von A. TOLLMANN keineswegs widerlegt, sondern verfeinert und im wesentlichen bestätigt. Anstelle des Ausdrucks "Deckenbau" sollte im Bereich des Karwendels allerdings die Bezeichnung "Decken- und Schuppenbau" treten. Gebundene Tektonik scheidet aus.

Abb. 20: Rekonstruktion des Decken- und Schuppenbaus vor Einsetzen der Erosion

Auffallend ist, daß die tektonisch höheren Einheiten der Nördlichen Kalkalpen (Inntaldecke) nur im Süden aufgeschlossen sind, die tektonisch tieferen nur im Norden (Allgäudecke), während die Erosionslinie überall annähernd gleich ist. Der Aufschub ober-, mittel- und unterostalpinen Einheiten auf die oberostalpinen Nördlichen Kalkalpen bewirkt ein Abtauchen der Einheiten der Nördlichen Kalkalpen nach Süden. So wird klar, daß die Inntaldecke im Norden längst der Erosion zum Opfer gefallen ist, und daß die Lechtaldecke im Inntal gar nicht aufgeschlossen sein kann. Der hier dargestellte Nordrand der Allgäudecke (AD); Lechtaldecke, Karwendelschuppenzone und Inntaldecke ist hypothetisch. OOAK = kalkalpines Oberostalpin (Martinsbühel etc.), GWZ = Grauwackenzone, MOA = Mittelostalpin, UOA = Unterostalpin, qu = Innsbrucker Quarzphyllit. Die Allochthonie aller Einheiten der Nördlichen Kalkalpen (im Meridian von Hall i.T.) kommt deutlich zum Ausdruck.

Abb. 21:

Bewegungsablauf in drei Phasen. Dadurch Erklärung der Steilstellung von Bewegungsbahnen möglich sowie das Auftreten von Südvergenz am Karwendelsüdrand trotz süd-nordgerichteten Transports. Vergenzabweichungen sind zumindest teilweise auch anders deutbar (s. Abb. 6, 22, 23).

Abb. 22, 23:

Vergleiche des Verhaltens von inkompetenten Gesteinen im Kern von Antiklinalen anhand des Solsteingewölbes (Falte im Kilometerbereich) und einer Falte im Zehnermeterbereich (Ausschnitt von Abb. 6). Im Faltenkern Anschoppung inkompetenter Gesteine (2) bei intensiver Faltung und abweichender Vergenz (vgl. Abb. 6, 21).

Abb. 24: Tektonische Karte Karwendel

Lechtaldecke (LD): L1 = Sulzleklamm- und Schuppenzone, La = Sulzleklammantiklinale, Lb = Viererspitzen-Torkopf-Totenfalkantiklinale, Lc = Schartkopfantiklinale, Ld = Güttenbergsynklinale, Le = Montscheinantiklinale. Inntaldecke (ID): I1 = Ladizköpflippe, I2 = Teufelskopf-Gumpenspitzenhalbkippe, Ia = Pleisenspitzen-Birkkarspitzenantiklinale, Ib = Heißenkopf-Sonnenspitzenantiklinale, Ic = Heißenkopf-Sonnenspitzenantiklinale, Id = Hinterautal-Hinterödalm-Jagdgrabensynklinale, Ie = Gumpenwand-Reps-Hochkanzelantiklinale, If = Überschallsynklinale, Ig = Lafatscher Roßkopf-BettelwurfNordwand-Antiklinale, Ih = Vomper Loch-Synklinale, Ii = Gleirschkamm-Bettelwurfantiklinale, Ij = Angerhüttel-Stempeljochsynklinale, Ik = Solsteinantiklinale, Il = Zirler Mäher-Synklinale, Im = Martinsbühel (?), In = Gleirschkamm-Bettelwurfüberschiebung (Mindestüberschiebungsbetrag in Profil 8: 5-6 km!). Karwendelschuppenzone (KSZ): S1 = Arnschneid-Hochwörnerschuppe, Sa = Wörnerantiklinale, Sb = Raffelspitzenantiklinale, Sc = Larchetkarsynklinale, S2 = Bäralplstörungszone, S3 = Bäralplkopf-Kuhkopfschuppe, Sd = Bäralplkopf-Kuhkopfform, S4 = Gamsangerlschuppe, Se = Lindenspitzenantiklinale, Sf = Gamsangerlantiklinale, S5 = Talelespitzen-Gamsjoch-Staner

Joch-Schuppe, Sg = Talelespitz-Gamsjoch-Staner Joch-Antiform, Sh = Ruederkarspitzantiform, S9 = Viererjoch-Stuhkopf-Risser Falk-Roßkopfspitz-Schuppe, S10 = Mahnkopf-Stoanbleamlkopfschuppe, S11 = Zipfelbodenschuppe, S12 = Sonnjochschuppe, S13 = Spielissjoch-Engalm-Vomper Joch-Schuppe, S14 = Wolfsklammuschuppe, S15 = Nördliche Gnadental-Umlberguschuppe, S16 = Südliche Gnadental-Umlberguschuppe, S17 = Hinterhornalm-Walder Alm-Schürflingszone, S18 = Schuppenzone am Ausgang des Vomper Lochs bei der Lokalität Pfannenschmiede, S19 = Thaurer Schuppe (bildet gegen Westen den Fensterinhalt des Gramart-Hungerburghalbfensters), Si = Mühlauer Graben-Antiklinale, Sj = Poschenhof-Garzanhofsynklinale, S20 = Bärenklammuschuppe, S21 = Zunterkopfschuppe, S22 = Heubergschuppe, S23 = Schürflingszone der Thaurer Alm.

Abb. 25:

— Schürflinge und Schürflingszonen im Karwendel
 xxx "Überschiebungsbreccien
 (ohne Anspruch auf Vollständigkeit).

Abb. 26:

— Verbreitung von Haselgebirge (möglicherweise unvollständig).

Abb. 27: Profil durch das östliche Karwendel (A. TOLLMANN, 1976).

Abb. 28: wie Abb. 27, aber abgeändert aufgrund der neuen Ergebnisse. Änderungen vorbehalten (vgl. Abb. 11, 12, 27).

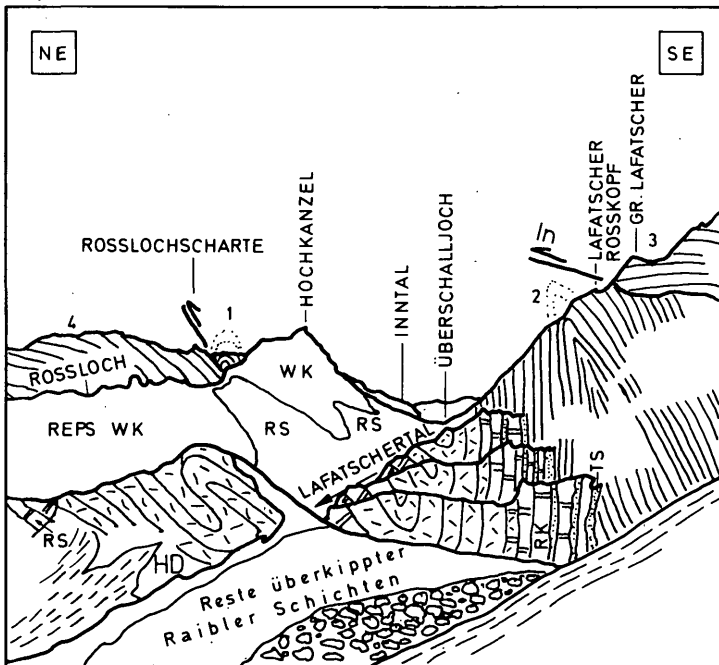


Abb. 1

(nach einer Fotografie)

BLICK VOM JAGDGRABEN GEGEN OSTEN

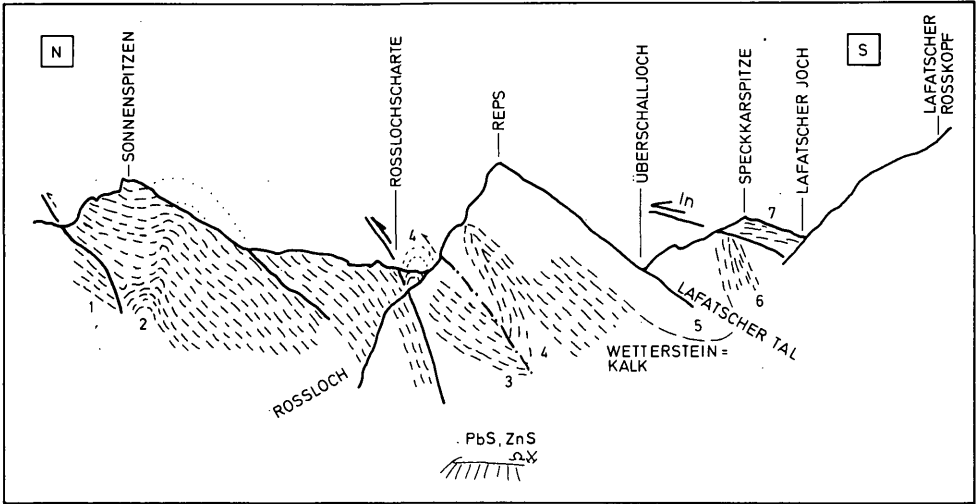
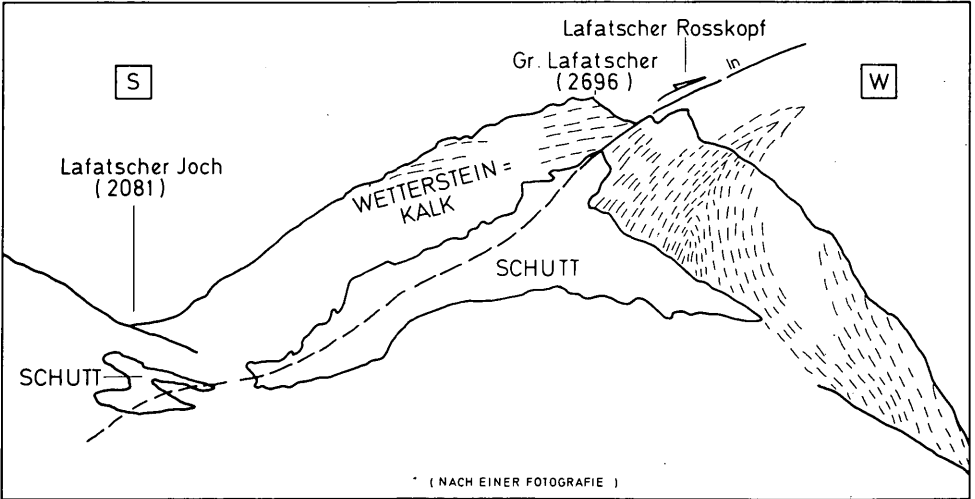


Abb. 2



ÜBERSCHIEBUNG der GLEIRSCHKAMM - BETTELWURF - ANTIKLINEALE auf die LAFATSCHER ROSSKOPF - BETTELWURF NORDWAND - ANTIKLINEALE
 Abb. 3: Gleirschkamm-Bettelwurfüberschiebung

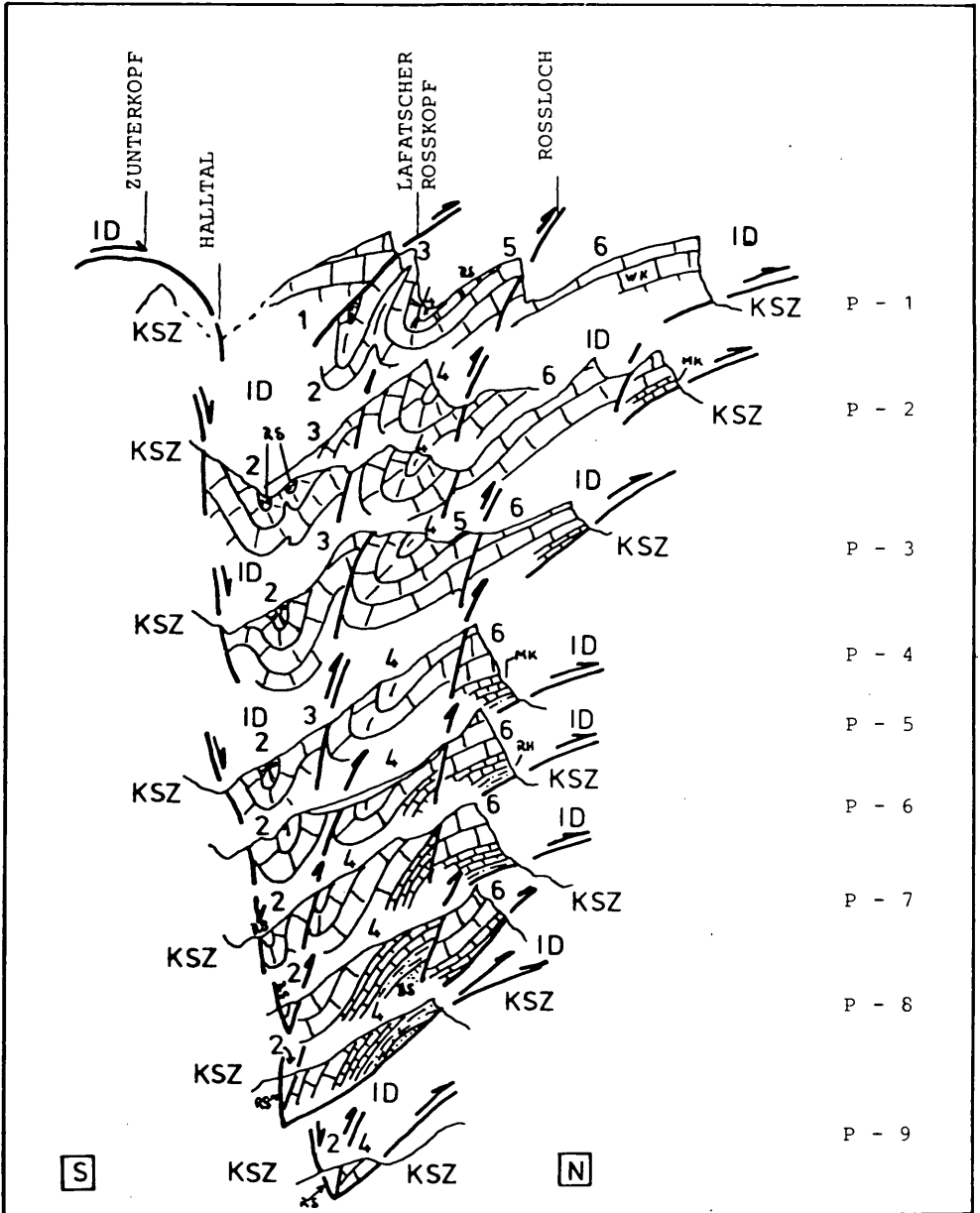


Abb. 4 a: Geologische Profile durch die Inntaldecke
 des östlichen Karwendel
 Maßstab wie Abb. 4 b.

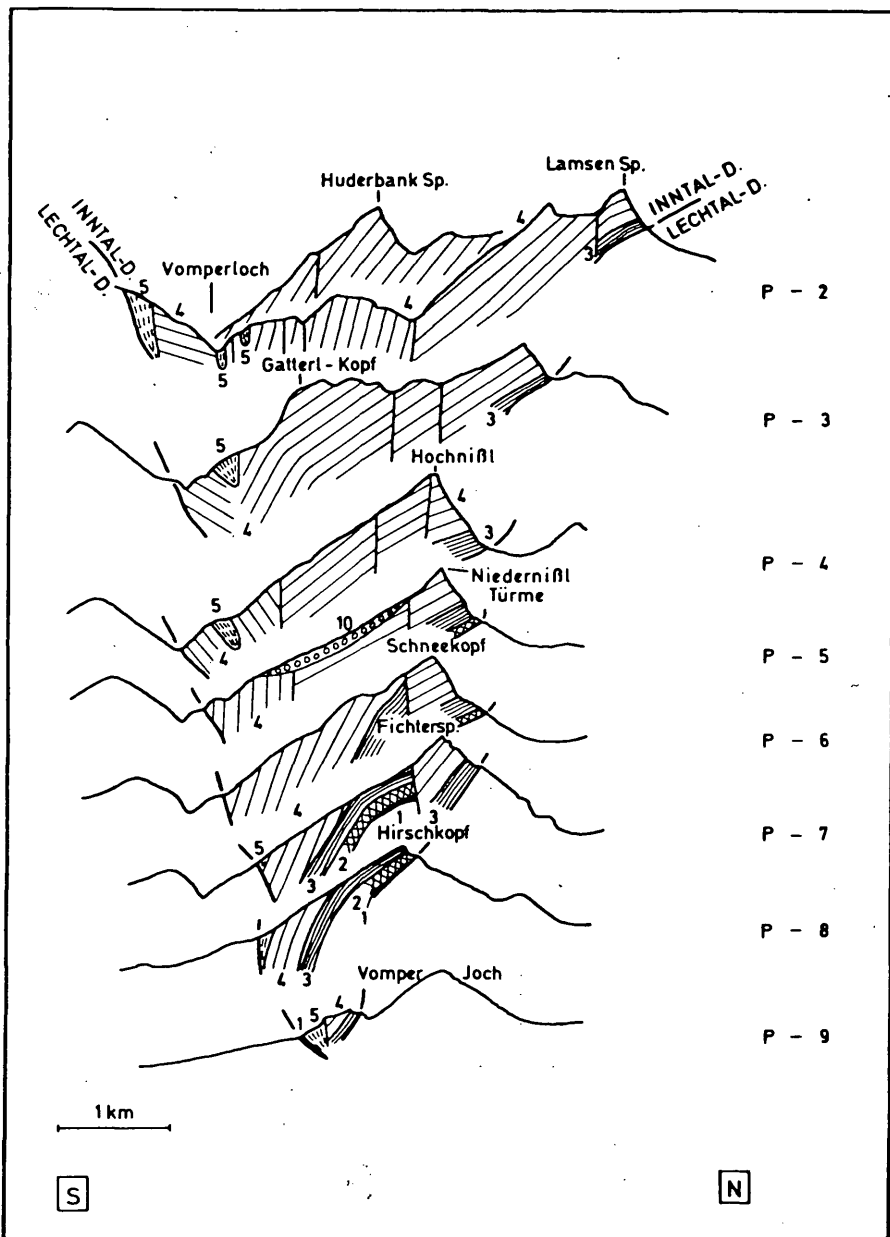


Abb. 4b: Inntaldecke des östlichen Karwendels nach G. MUTSCHLECHNER, 1951: 27, Abb. 1.
 1 = BS, 2 = RH, 3 = MK, 4 = WK, 5 = RS,
 10 = Tawaldbreccie (Quartär)

BLICK VOM NIEDERBRANDJOCH GEGEN WESTEN AUF
DIE ANGERHÜTTL - STEMPELJOCH - SYNKLINALE

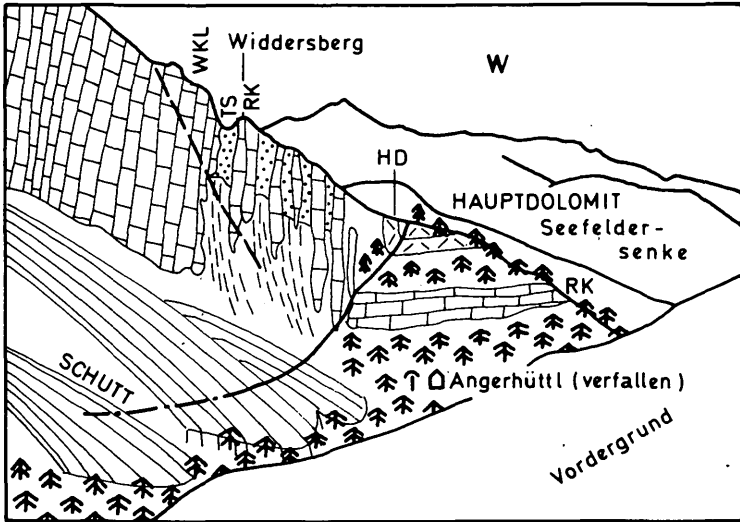


Abb. 5

- WKL = WETTERSTEINKALK - LAGUNENFAZIES
- TS = RAIBLER TONSCHIEFER
- RK = RAIBLER KALKE
- HD = HAUPTDOLOMIT
- ↑ = Quelle

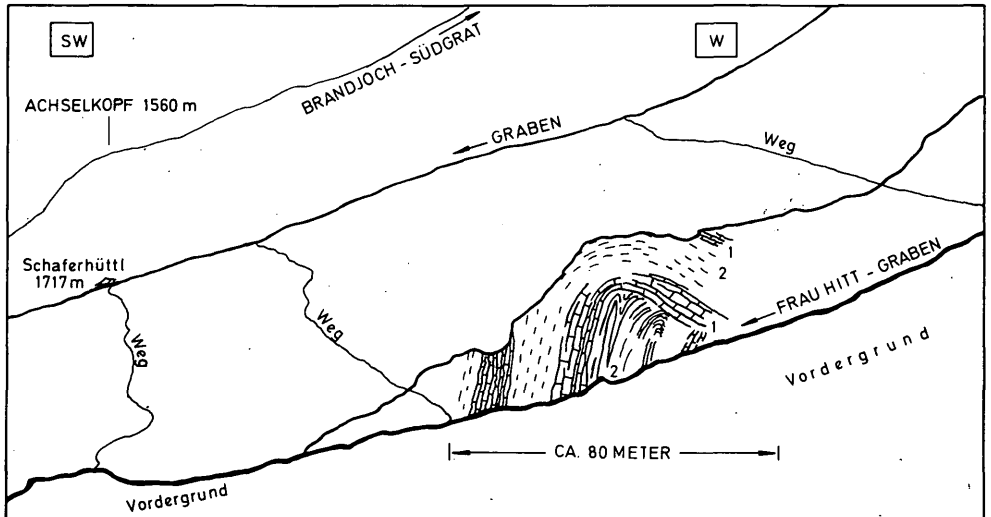


Abb. 6

(nach einer Fotografie)

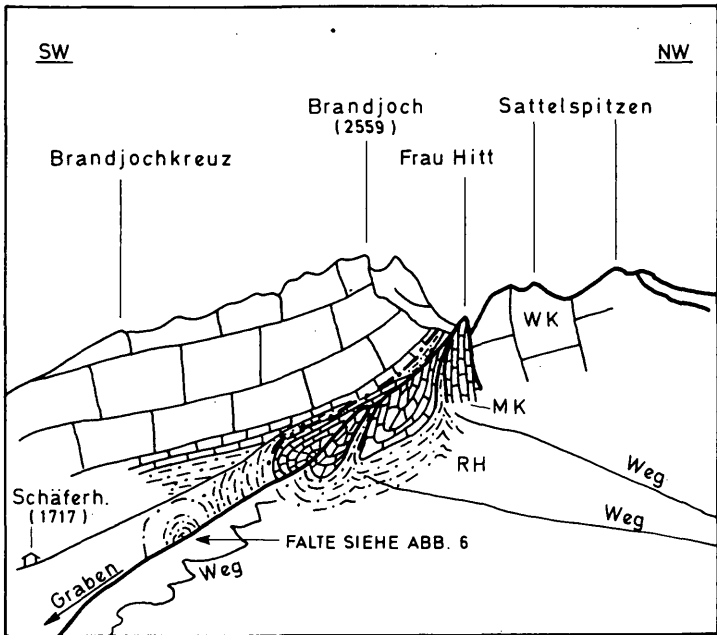


Abb. 7

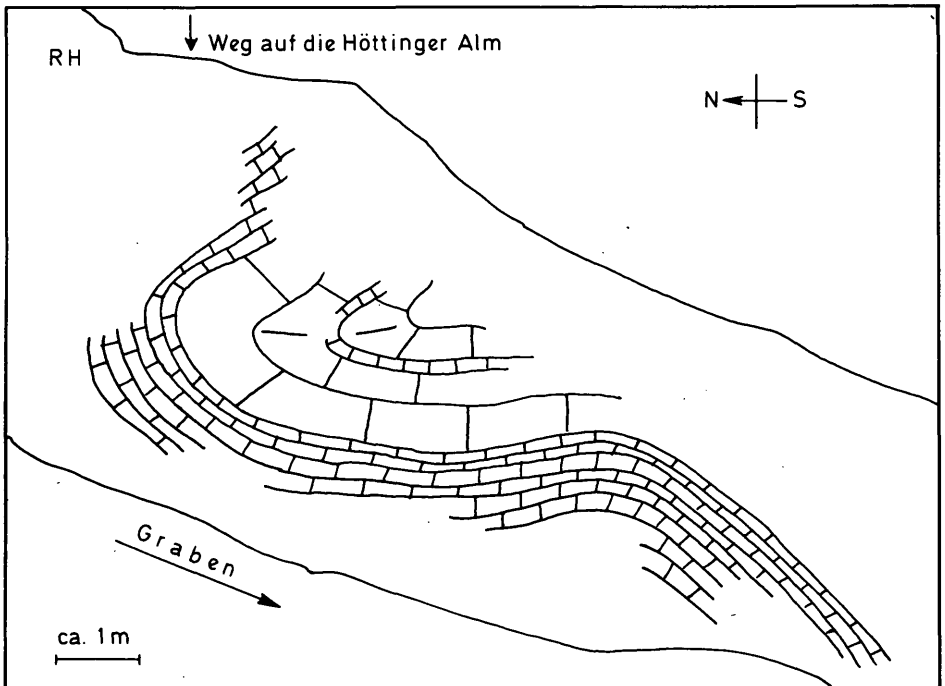


Abb. 8

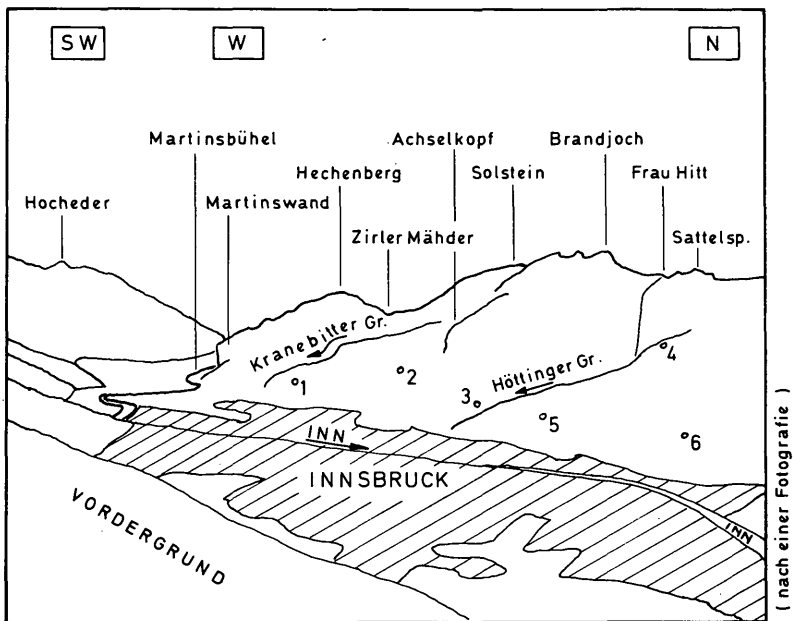


Abb. 9

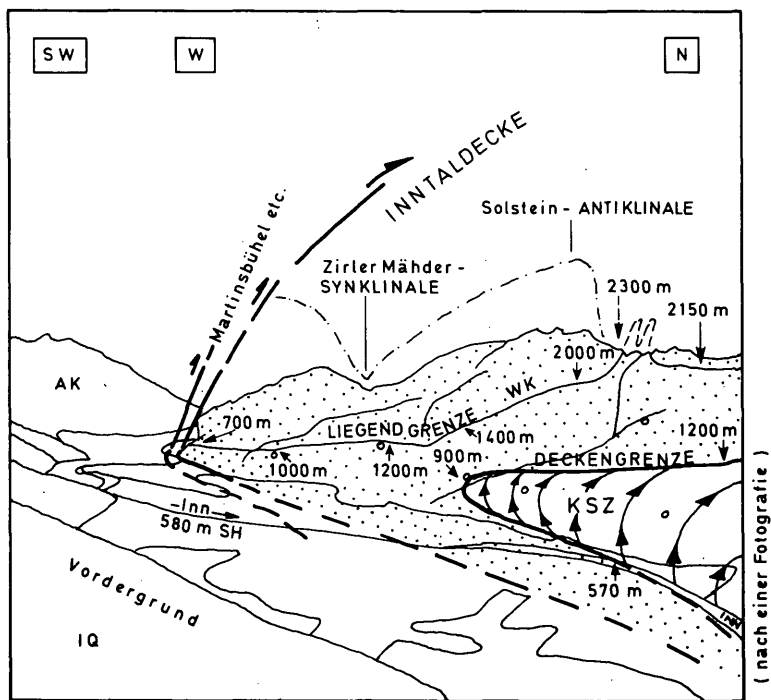


Abb. 10

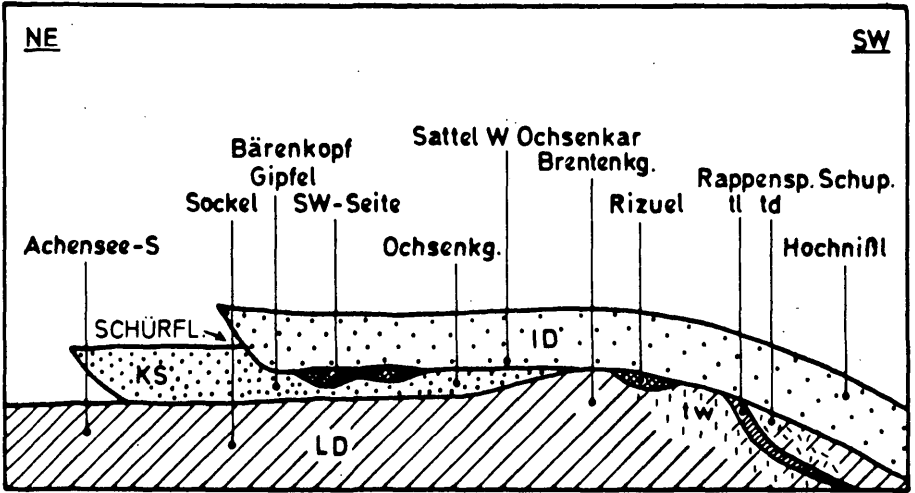


ABB. 11

nach A. TOLLMANN 1973, 1976

KS = KARWENDEL - STIRNSCHUPPE

tw = Wettersteinkalk, tl = Raibler Sch., td = Hauptdolomit

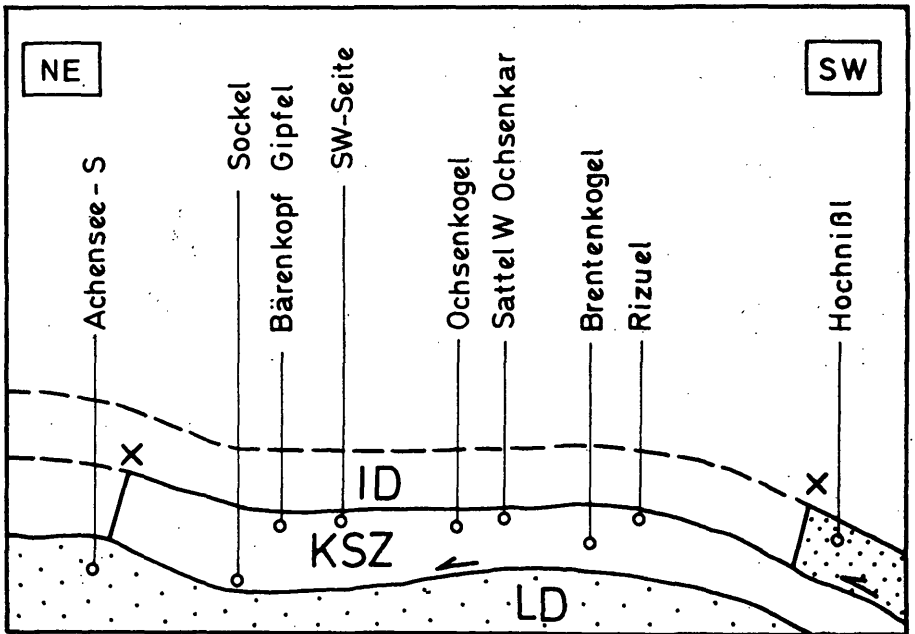
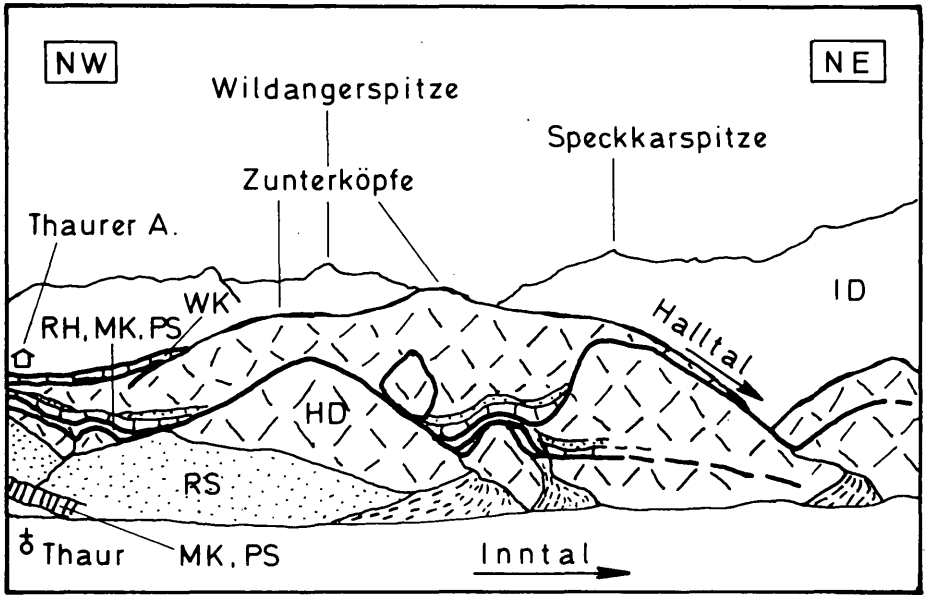
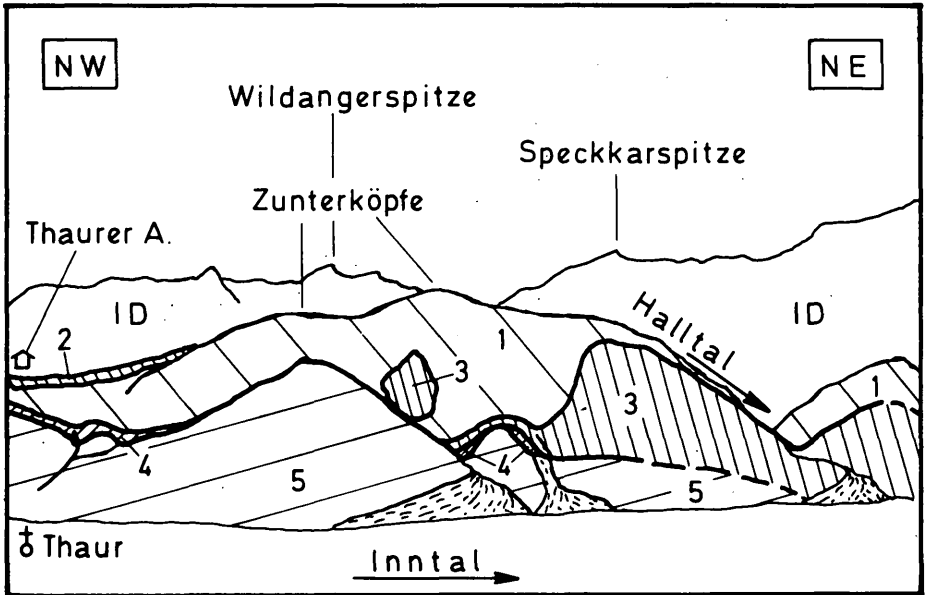


Abb. 12



(nach einer Fotografie)

Abb. 13



(nach einer Fotografie)

Abb. 14

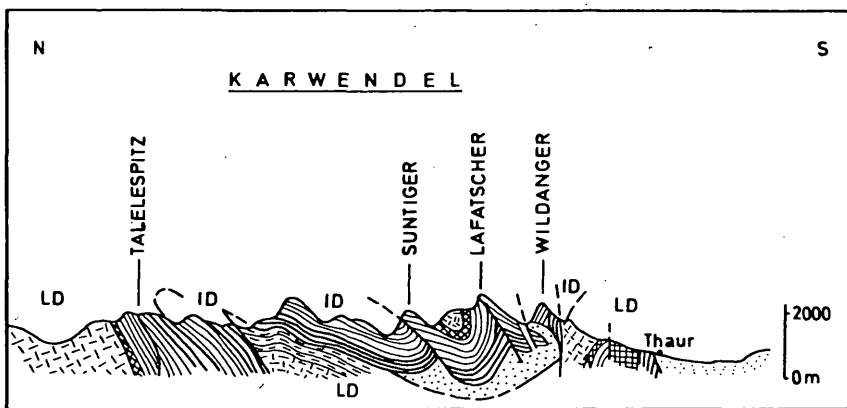


ABB. 15

nach O. SCHMIDEGG, 1951

Signaturen siehe O. SCHMIDEGG, 1951

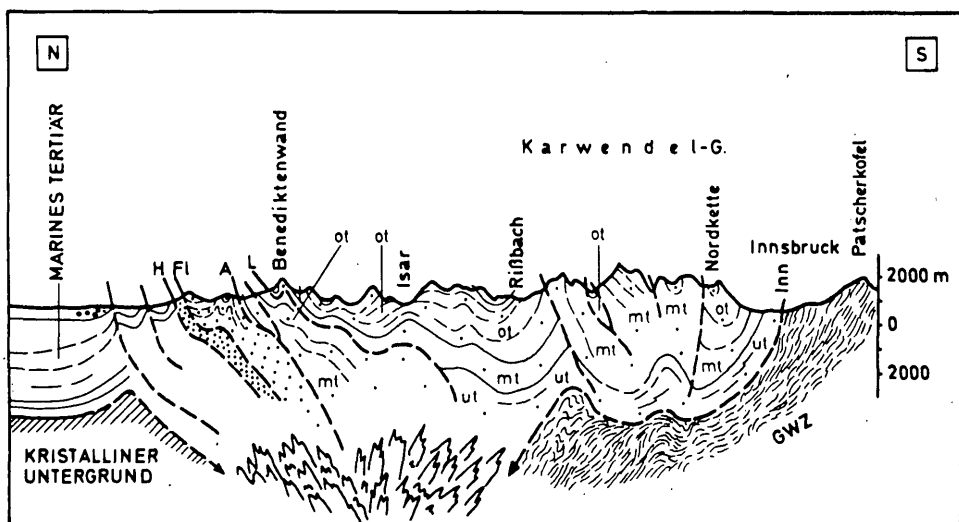


ABB. 16

nach O. GANNS, 1975

H = Helvetikum, Fl = Flysch, A = "Allgäueinheit", L = "Lechtaleinheit",
 ut = untere Trias, mt = mittlere Trias, ot = obere Trias

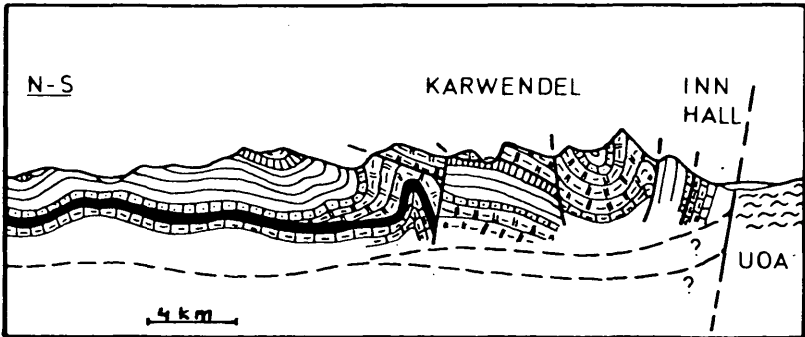


ABB.17a

nach D. RICHTER, 1974

Signaturen siehe D. RICHTER, 1974

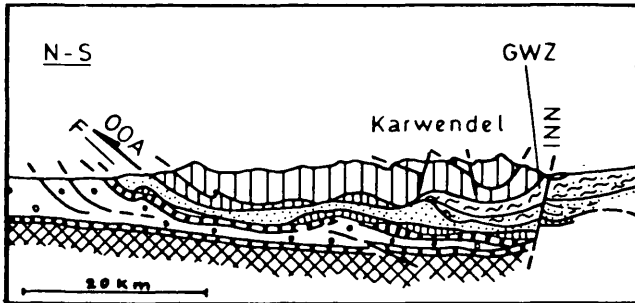


ABB. 17b

nach H. BÖGEL u. K. SCHMIDT, 1976

Signaturen siehe H. BÖGEL & K. SCHMIDT, 1976

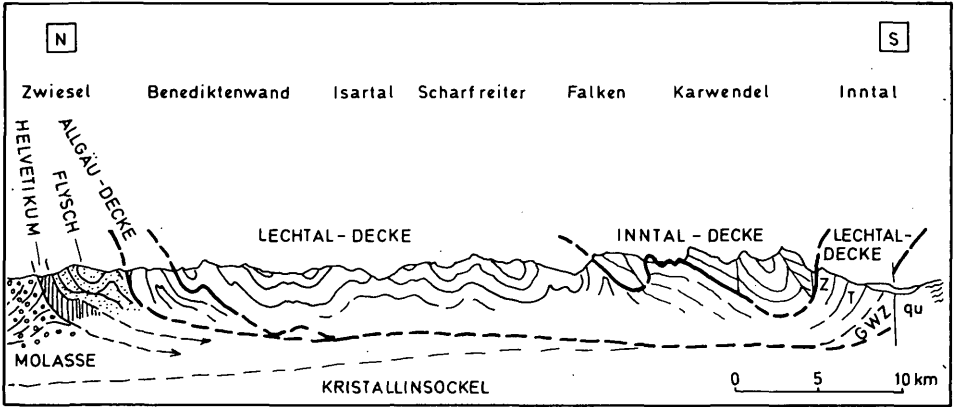


Abb. 18

(nach A. TOLLMANN, 1973)

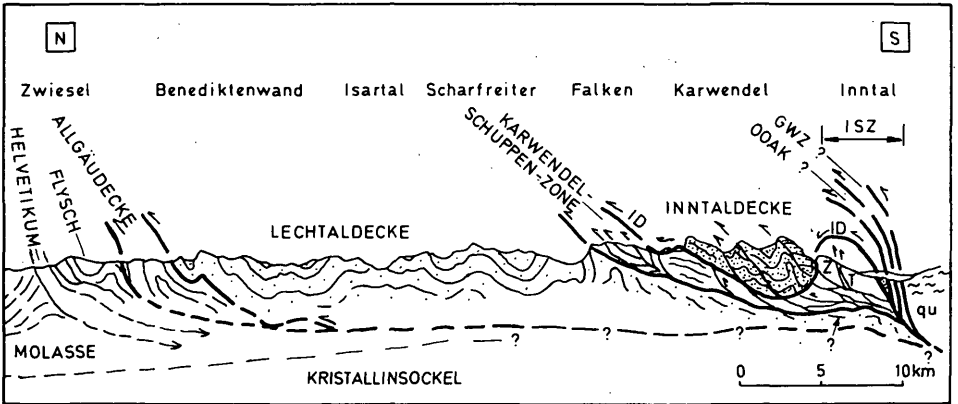


Abb. 19

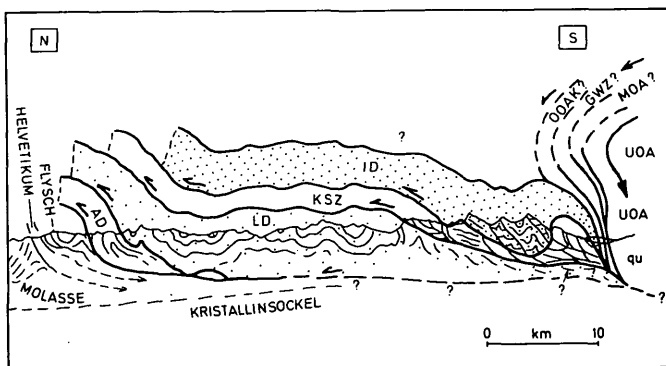


Abb. 20

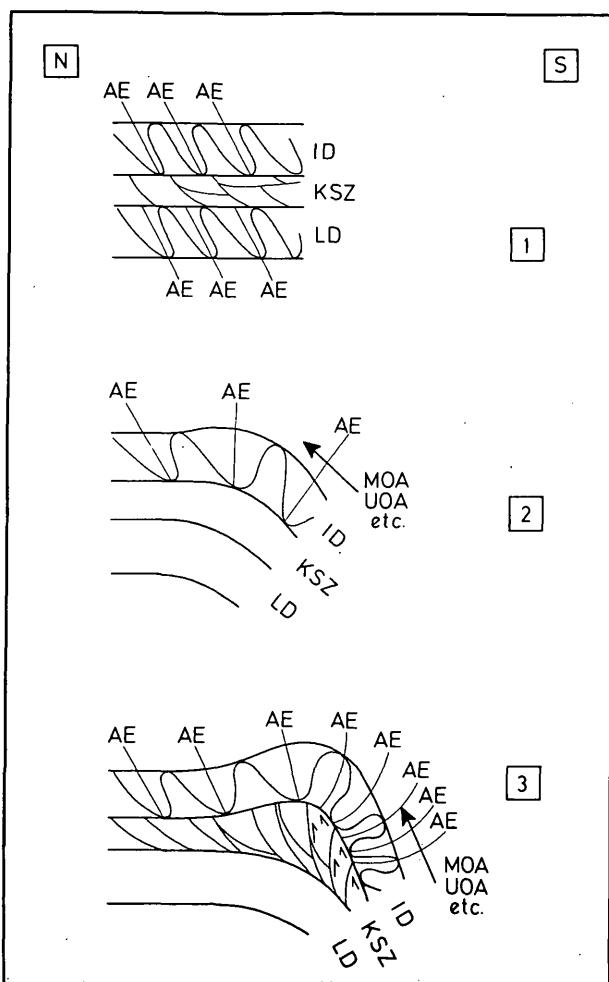


Abb. 21

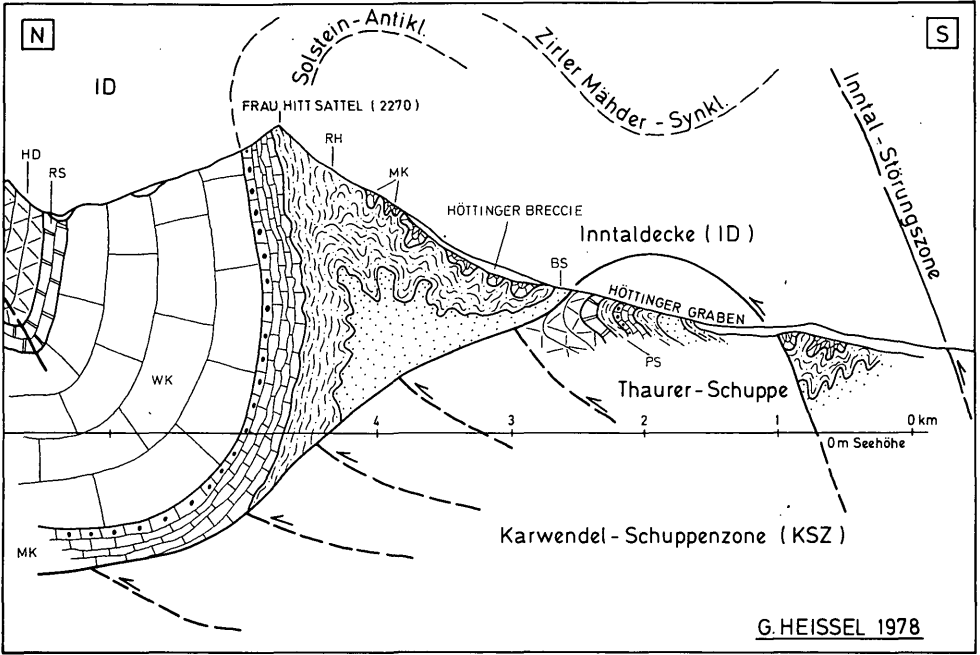


Abb. 22

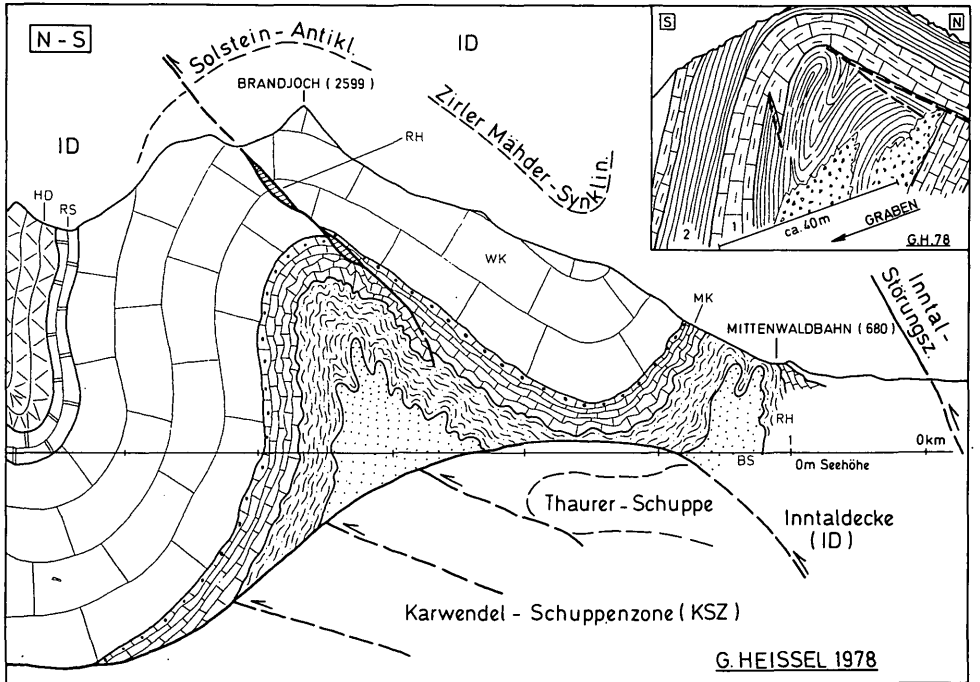


Abb. 23

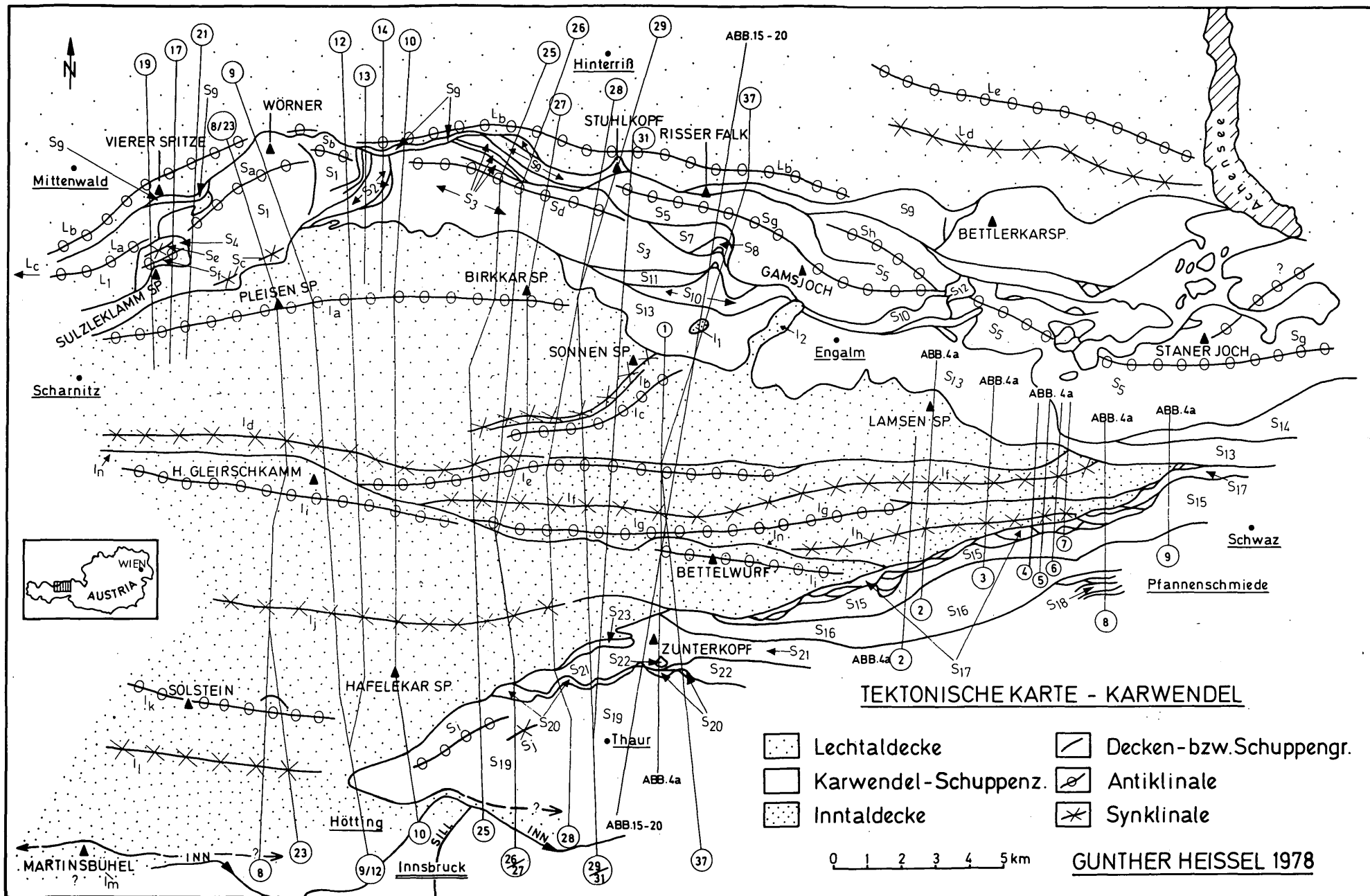


Abb. 24

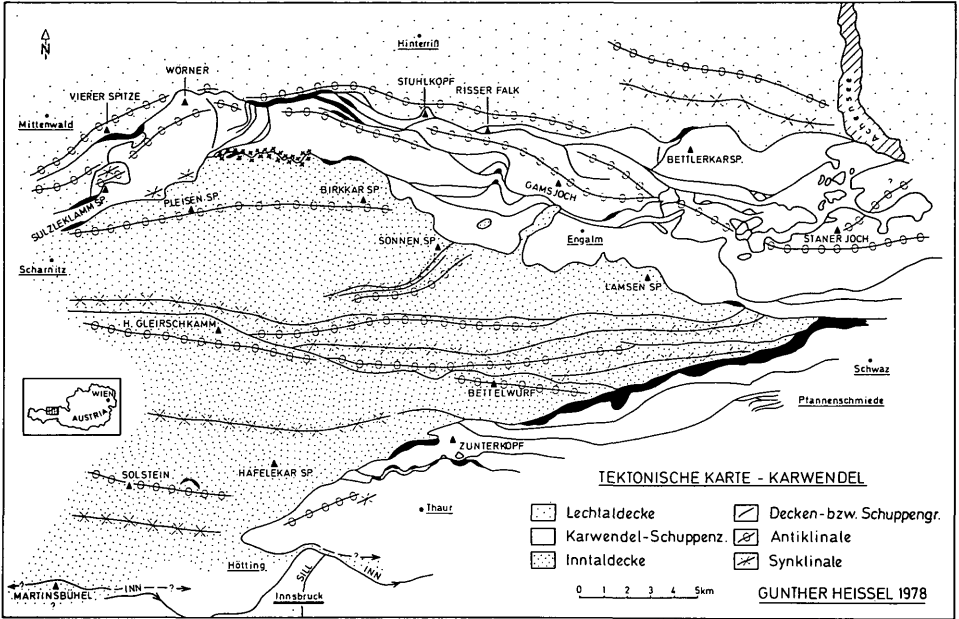


Abb. 25

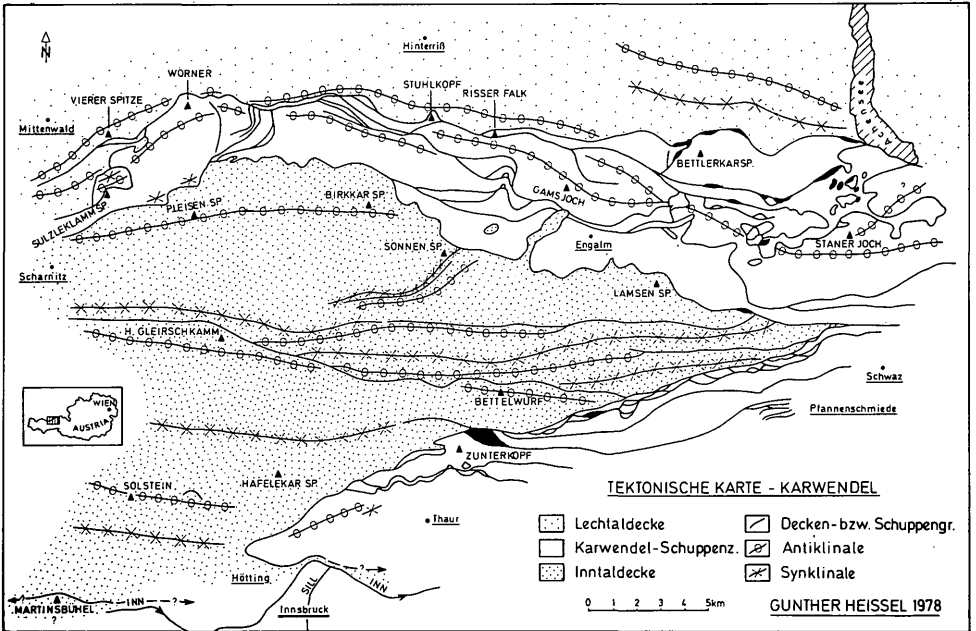


Abb. 26

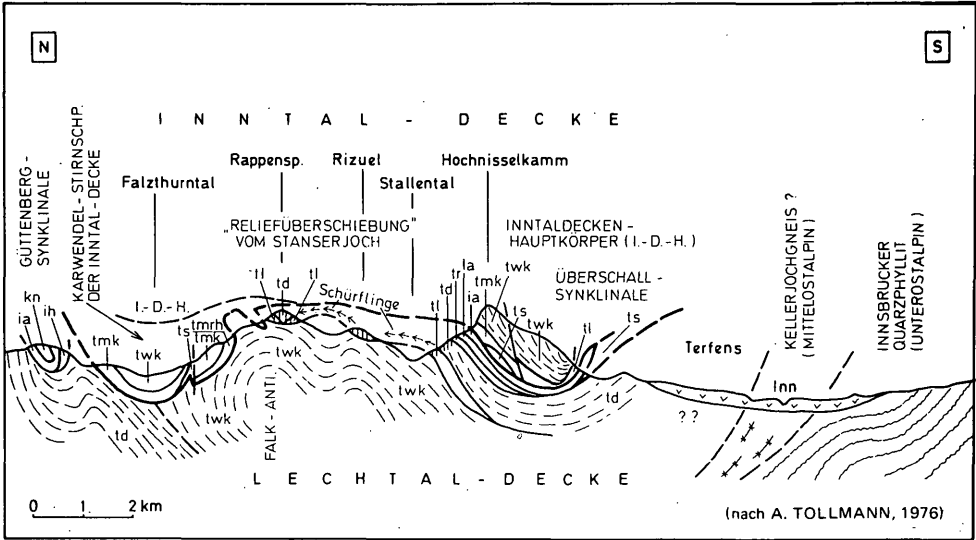


Abb. 27

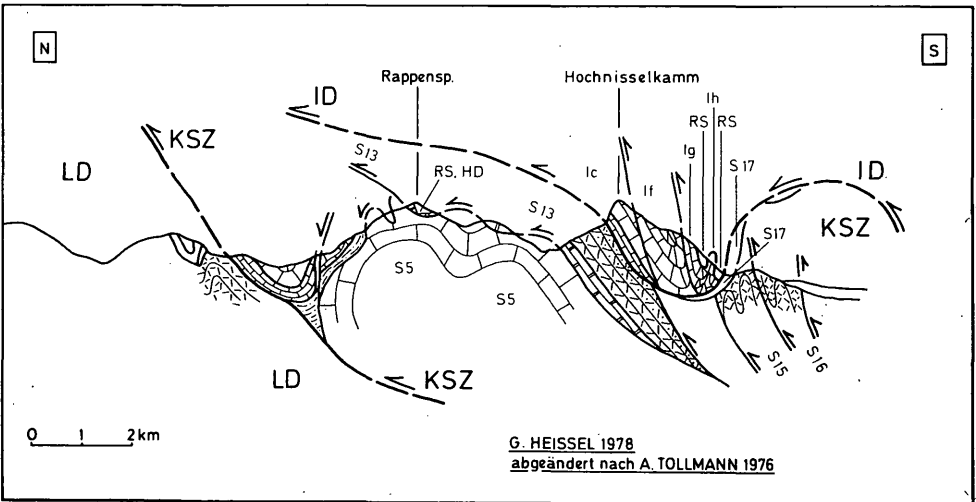
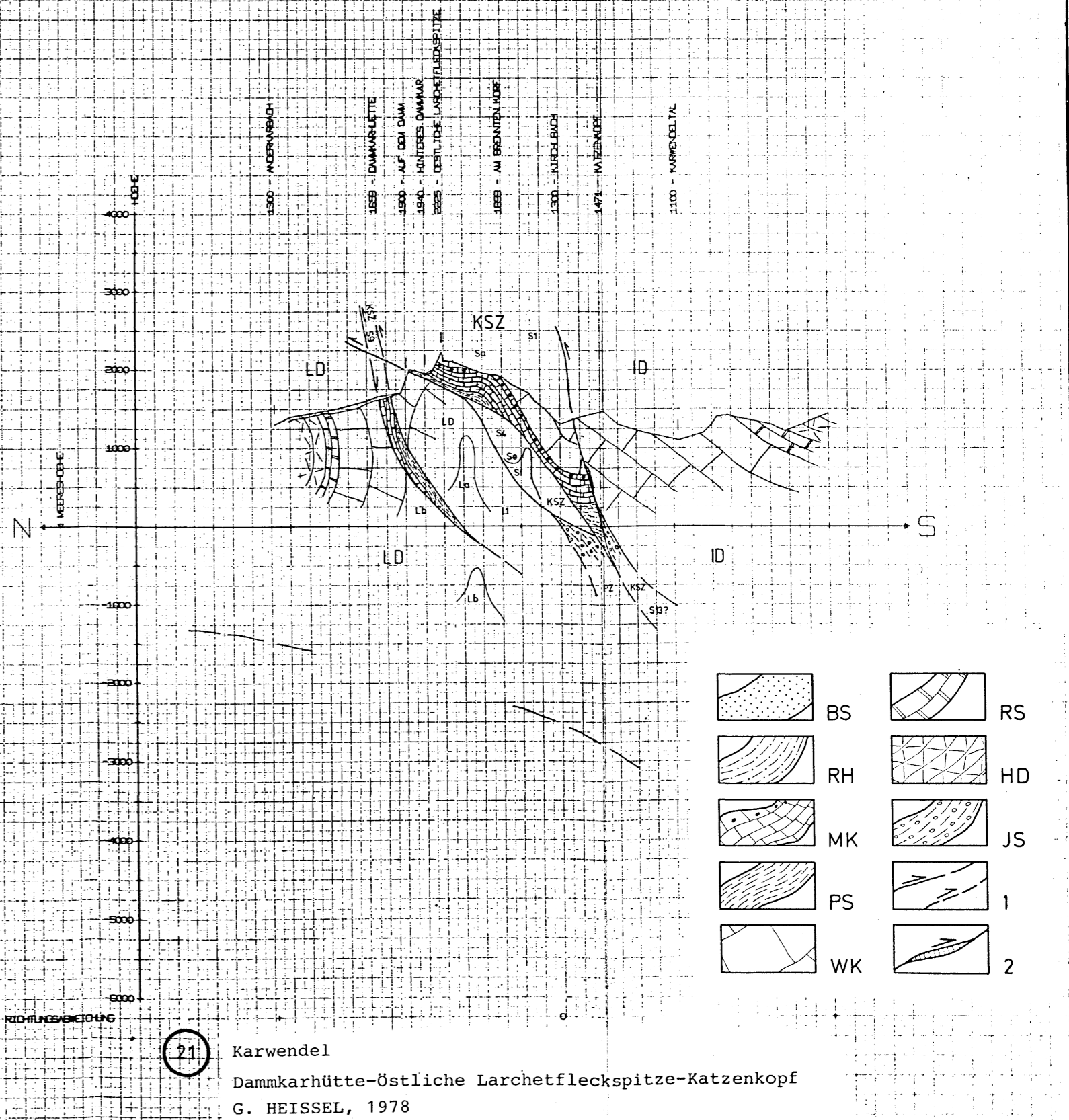
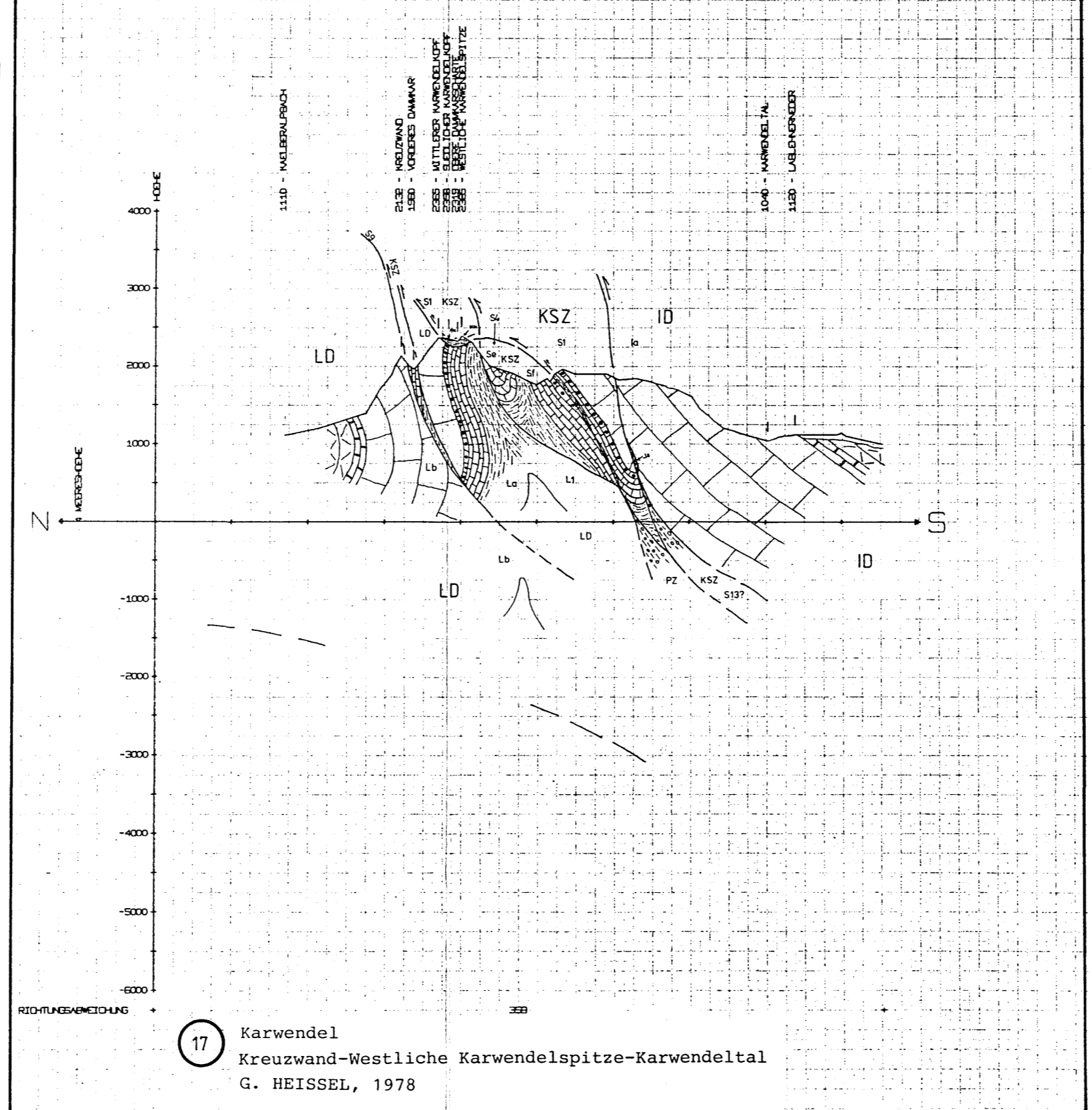
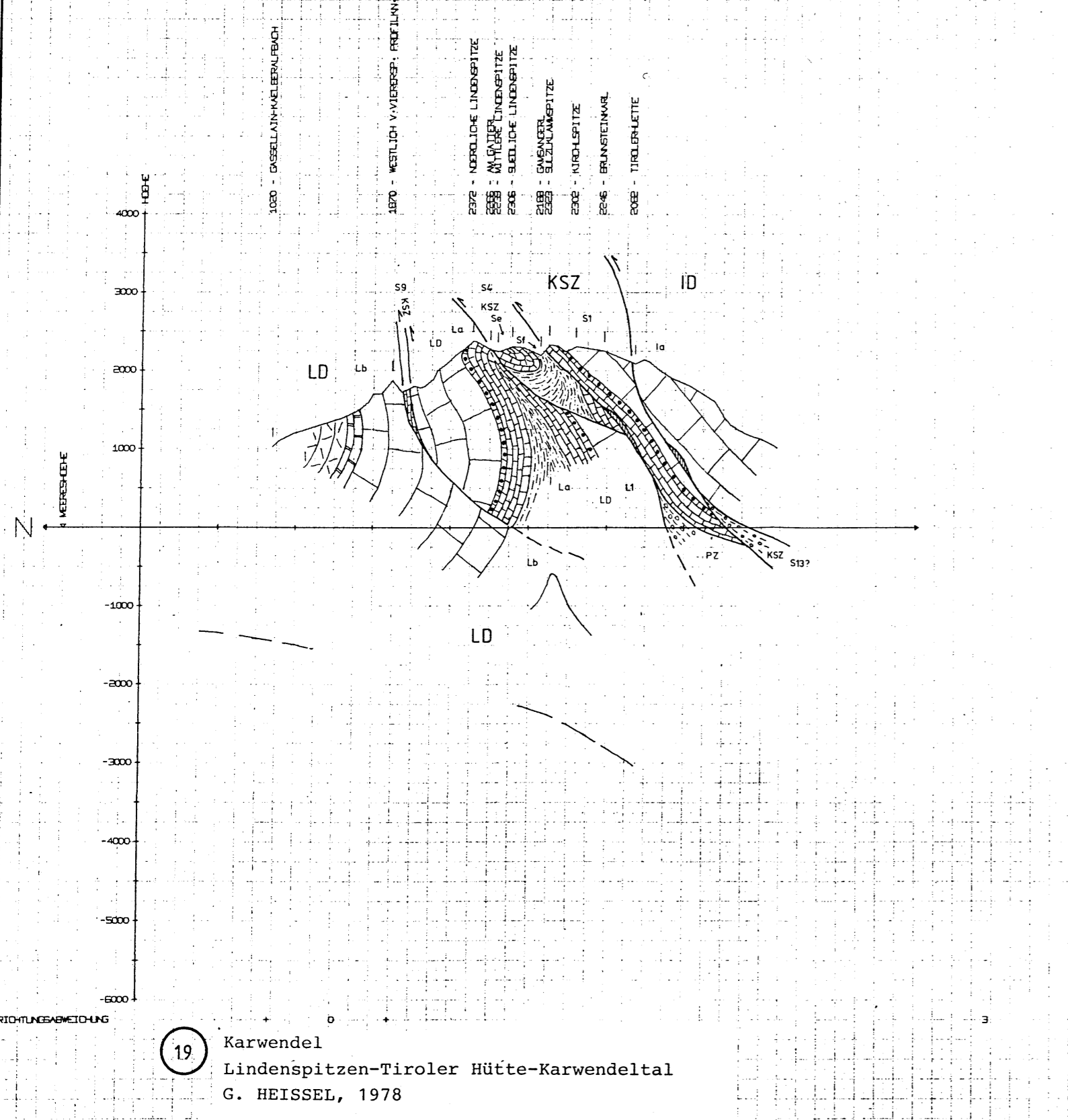
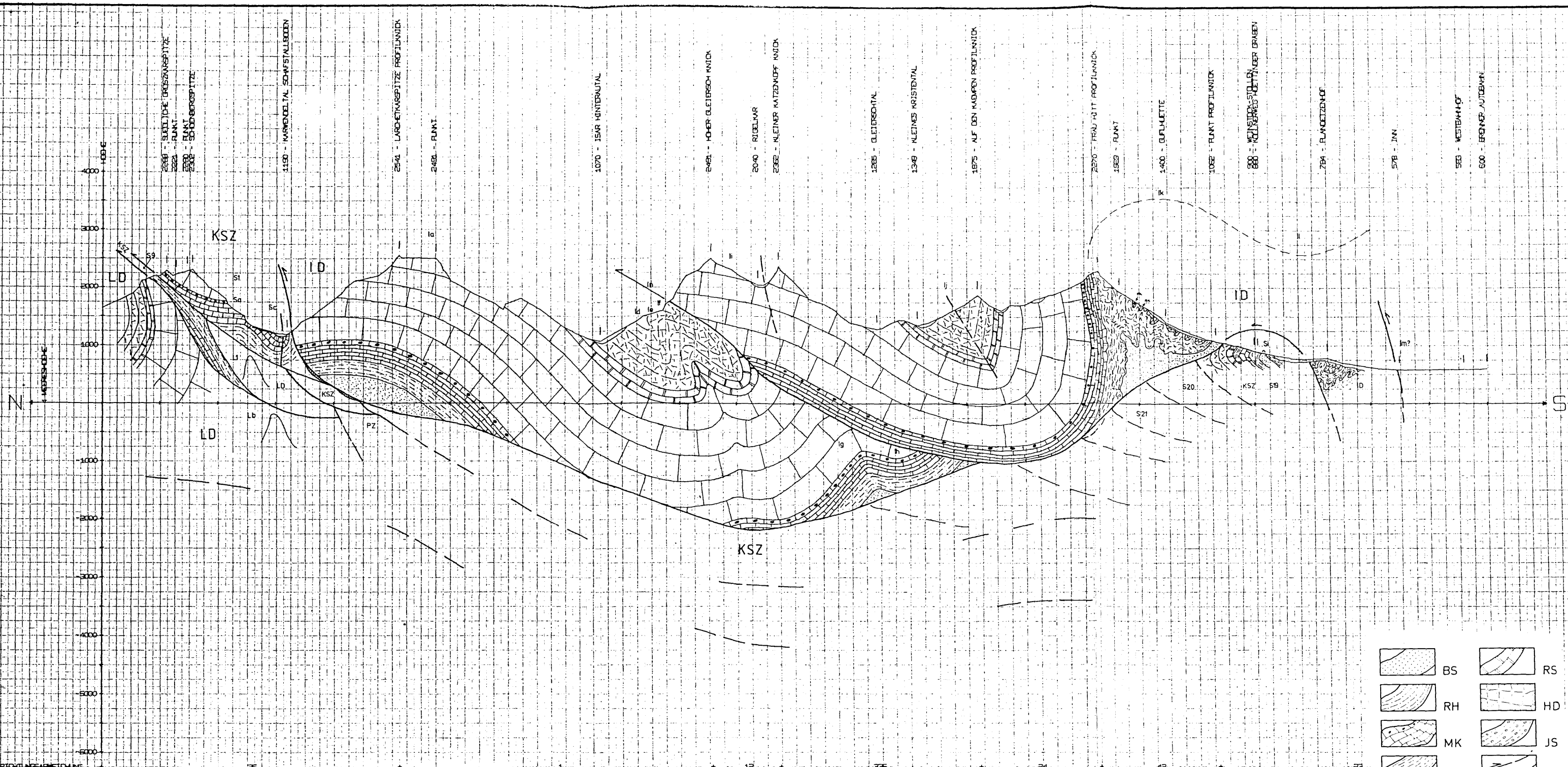


Abb. 28





2588 - SÜDLICHE GROSSSPITZTZE
2521 - RUMT
2300 - RUMT
2302 - SCHÖNBERGSPITZE

1190 - KARWENDEL TAL SCHWENSTALBODEN

2541 - LARCHEINSPITZE PROFILNICK

2491 - RUMT

1070 - ISAR HINTERAUL

2491 - HOCH GLEIBSCH NICK

2040 - RIBELWAR

2362 - KLEINER MATZNOFF NICK

1285 - GLEIBSCHTAL

1348 - KLEINES KRISTENTAL

1875 - AUF DEN MAGAREN PROFILNICK

2270 - FRAU HITT PROFILNICK

1989 - RUMT

1400 - GUFLEITTE

1082 - RUMT PROFILNICK

888 - WEINBERG-STRICHEN
KLEINER MATZNOFFER GRABEN

784 - BLANZENTHOF

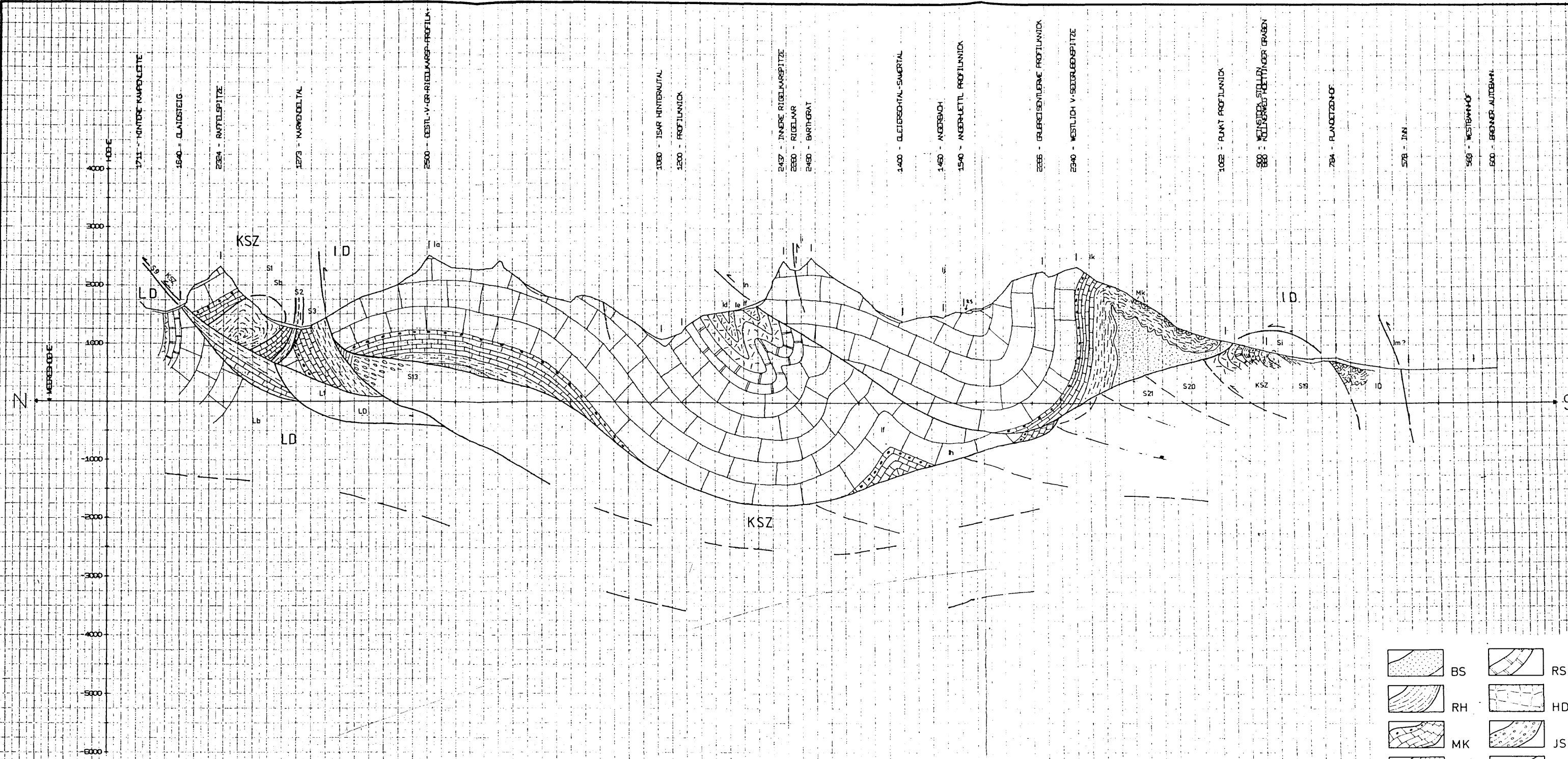
578 - INN

583 - WESTBAHOF

600 - BRONNER-AUTOBAHN

9 Karwendel
Schönbergspitze-Frau Hitt-Planötzenhof
G. HEISSEL, 1978

| | | | |
|--|----|--|----|
| | BS | | RS |
| | RH | | HD |
| | MK | | JS |
| | PS | | 1 |
| | WK | | 2 |

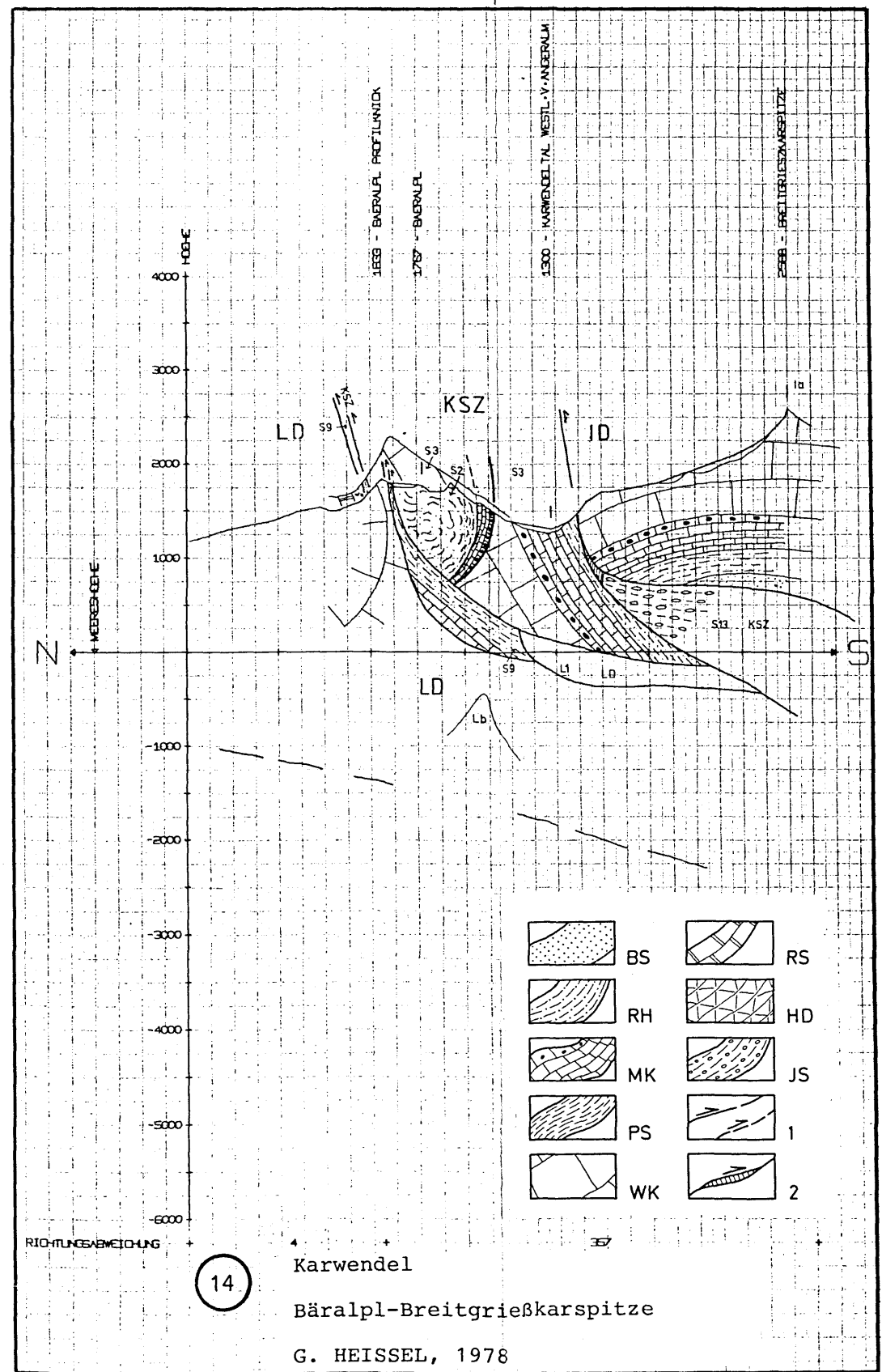
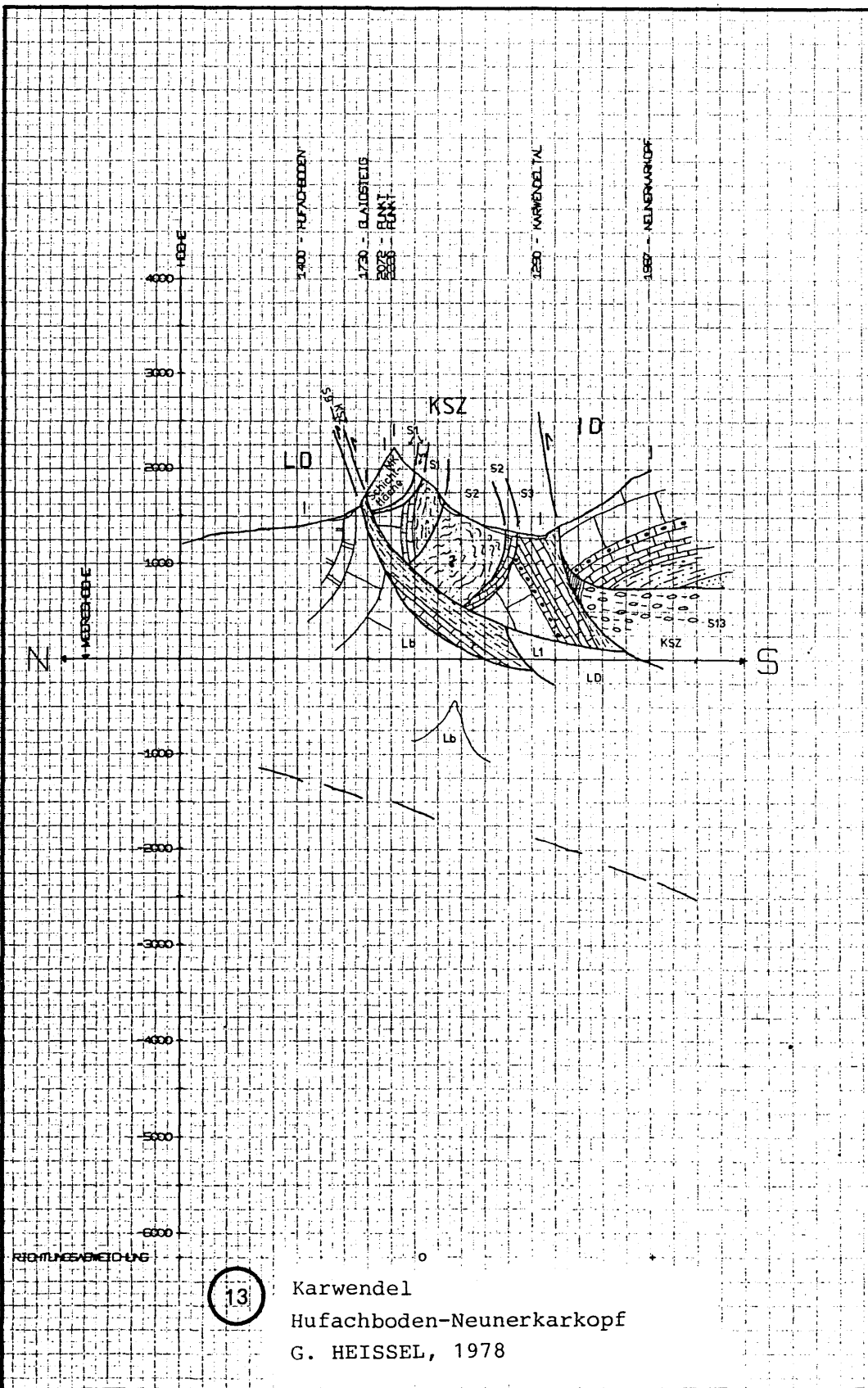


1711 - HÖHERE KAPPELEITE
 1640 - GLAISWEG
 2324 - RAFFELSPITZE
 1273 - KARWENDELTA
 2500 - OESTL. V. GRUBREISENTÜRME-PROFIL
 1030 - ISAR HINTERAULT
 1200 - PROFILNICK
 2437 - INNERE RIBELKAPPELEITE
 2280 - RIBELKAR
 2480 - BARTHGRAT
 1400 - GLETSCHTAL-SMERTAL
 1460 - ANGERBACH
 1540 - ANGERBACH-PROFILNICK
 2266 - GRUBREISENTÜRME-PROFILNICK
 2340 - WESTLICH V. SEEBERGSPITZE
 1062 - RUMT-PROFILNICK
 880 - NÖRDLICH V. PLANETENHOF
 784 - PLANETENHOF
 578 - INN
 568 - WESTBACH
 500 - BRENNER-AUTOB.

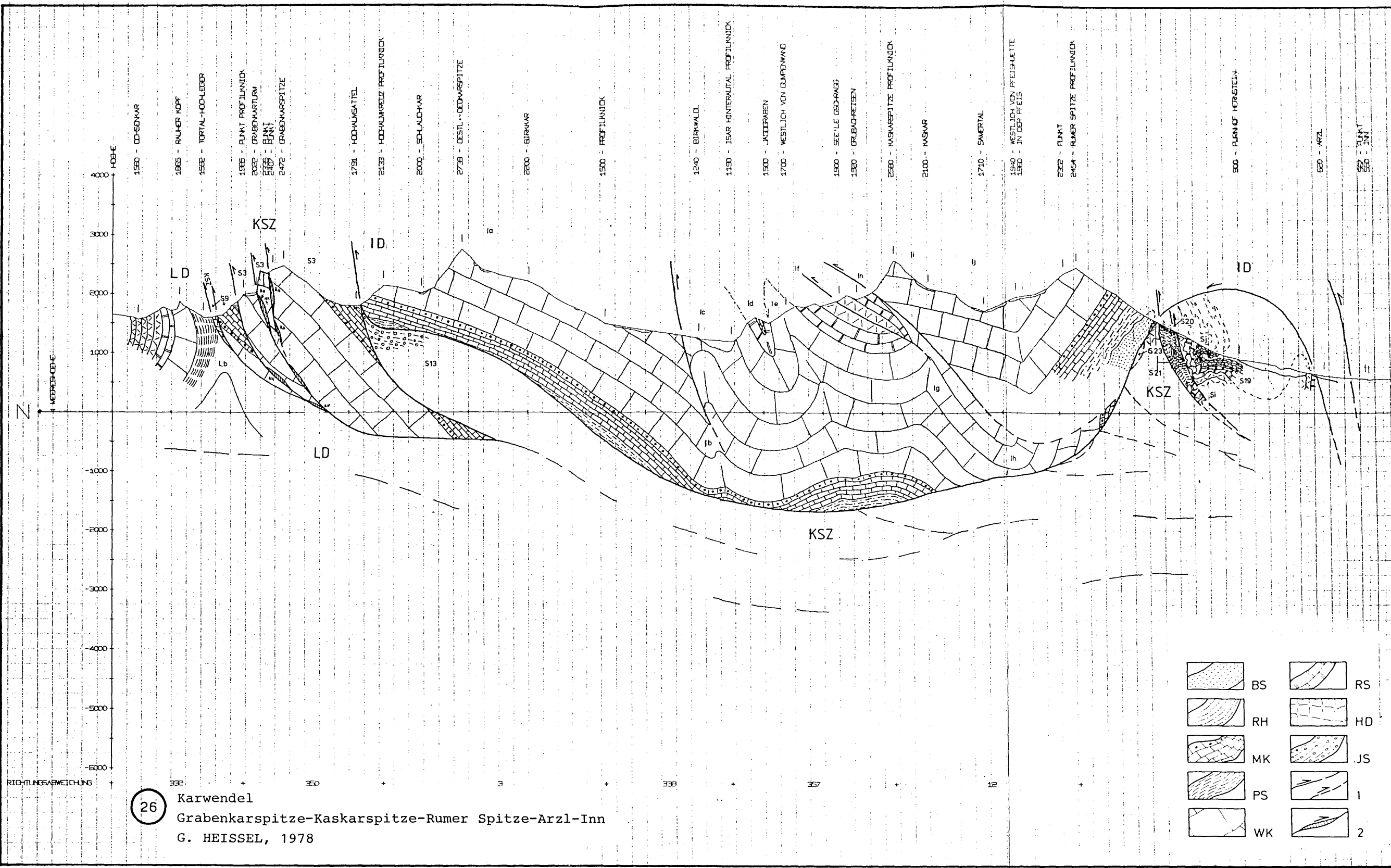
RICHTUNGSABWEICHUNG
 12

Karwendel
 Raffelspitze-Grubreisentürme-Planötzenhof
 G. HEISSEL, 1978

| | | | |
|--|----|--|----|
| | BS | | RS |
| | RH | | HD |
| | MK | | JS |
| | PS | | 1 |
| | WK | | 2 |



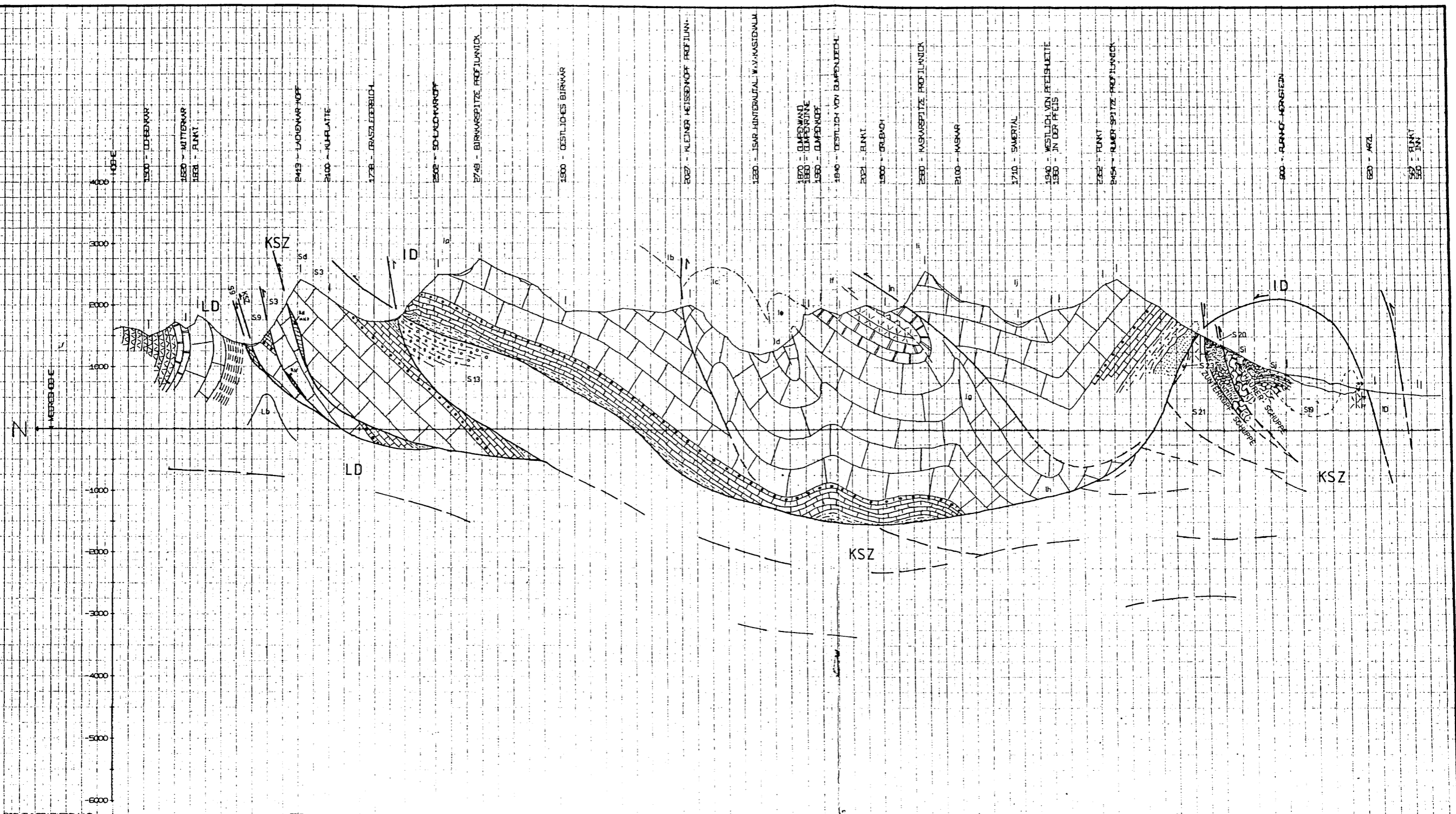
- | | | | |
|--|----|--|----|
| | BS | | RS |
| | RH | | HD |
| | MK | | JS |
| | PS | | 1 |
| | WK | | 2 |



26

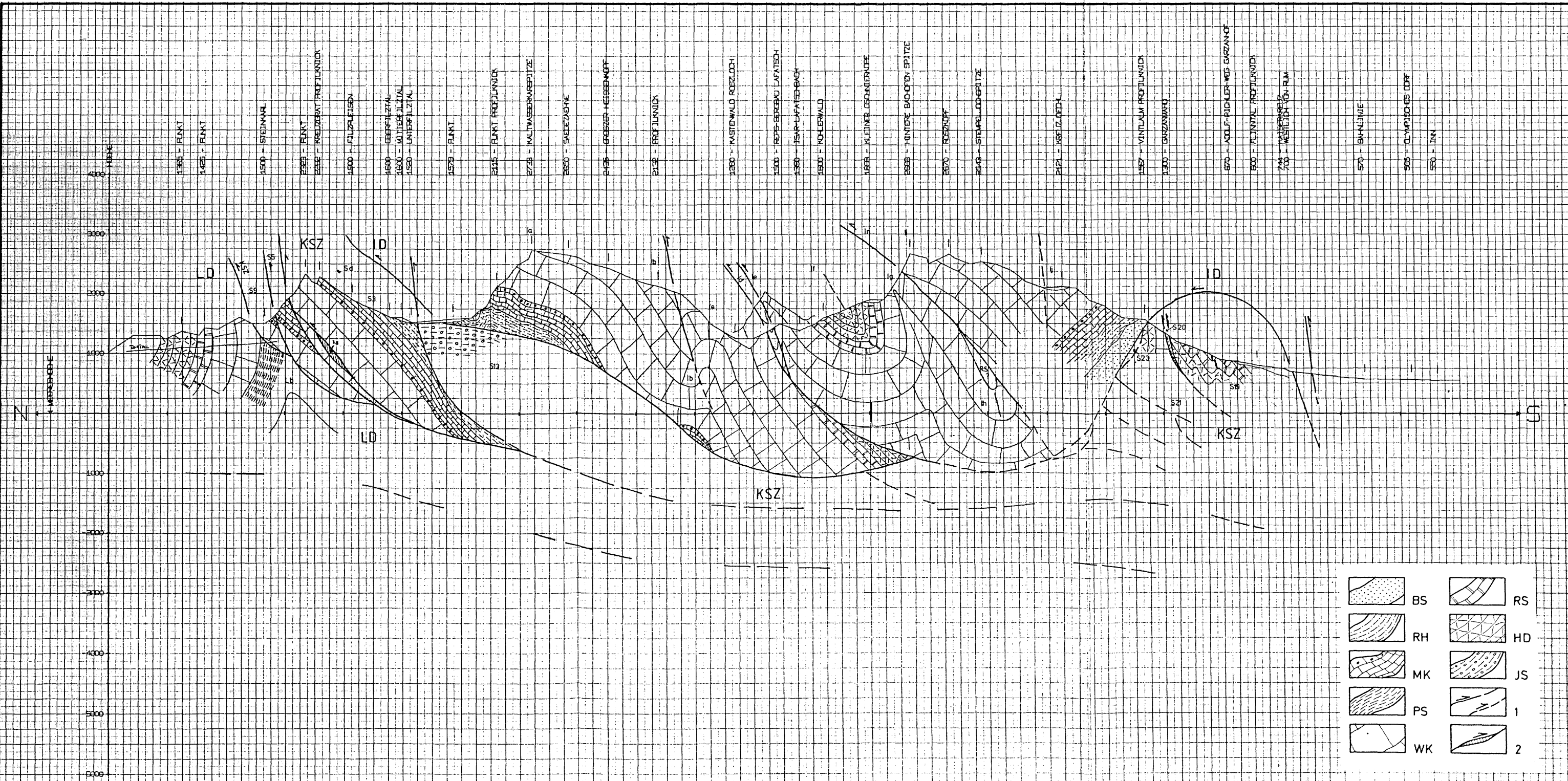
Karwendel
 Grabenkarsspitze-Kaskarspitze-Rumer Spitze-Arzt-Inn
 G. HEISSEL, 1978

- | | | | |
|--|----|--|----|
| | BS | | RS |
| | RH | | HD |
| | MK | | JS |
| | PS | | 1 |
| | WK | | 2 |



27

Karwendel
 Lackenkarkopf-Birkkarspitze-Kaskarspitze-Rumer Spitze
 G. HEISSEL, 1978

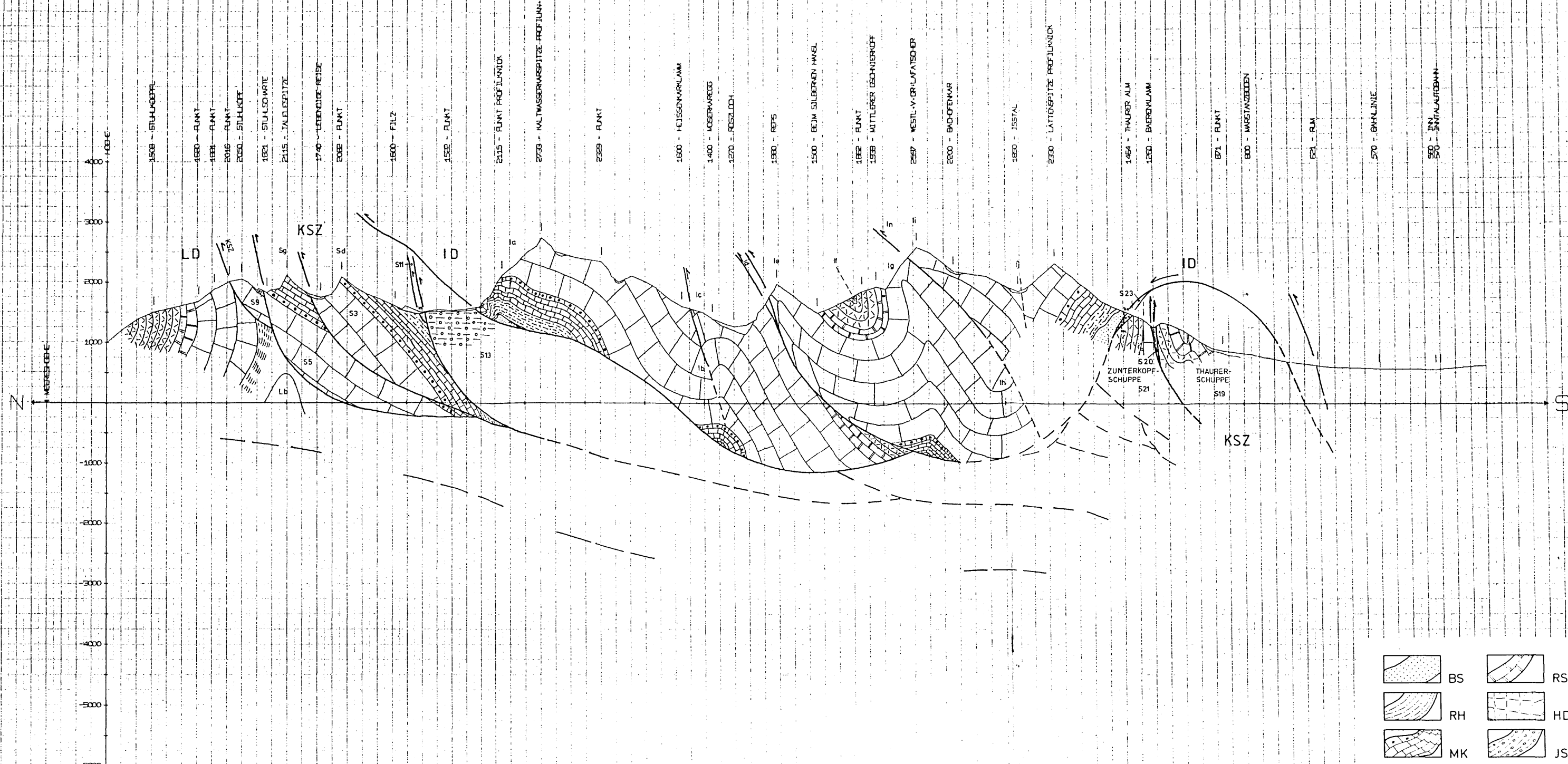


- 1365 - PUNKT
- 1425 - PUNKT
- 1500 - STEINWALD
- 1565 - PUNKT
- 1585 - KREUZGRAT PROFILNÜCK
- 1600 - FILZFLIESEN
- 1660 - GEBIRGSFALZ
- 1600 - MÜTTERLITZAL
- 1520 - UNTERFALZAL
- 1575 - PUNKT
- 1615 - PUNKT PROFILNÜCK
- 1730 - KALTWASSERKARSPITZE
- 1850 - SAUERZUGNE
- 1915 - GRENZER HEISENBOFF
- 1915 - BROJLJANICK
- 1980 - MASTENWALD ROEZLOCH
- 1500 - REFS-BERGEBAU LAFATECH
- 1560 - ISAR-LAFATECHBOCH
- 1600 - KOHLERWALD
- 1660 - KLEINER GEHÄRTERENDE
- 1850 - HINTERE BAC OFEN SPITZE
- 1870 - ROEZNOFF
- 1890 - STEIFEL-ODERSPITZE
- 1910 - KREUZFLIESEN
- 1980 - VINTLUM PROFILNÜCK
- 1900 - GARZANWALD
- 1970 - ADOLF-RIDLER-WEG GARZANOF
- 1900 - PLINNYAL PROFILNÜCK
- 1940 - KALTWASSERKARSPITZE
- 1900 - WESTLICH VON RUM
- 1970 - BAHNLINIE
- 1980 - OLYMPIESCHES DORF
- 1900 - INN

| | | | |
|--|----|--|----|
| | BS | | RS |
| | RH | | HD |
| | MK | | JS |
| | PS | | 1 |
| | WK | | 2 |

28

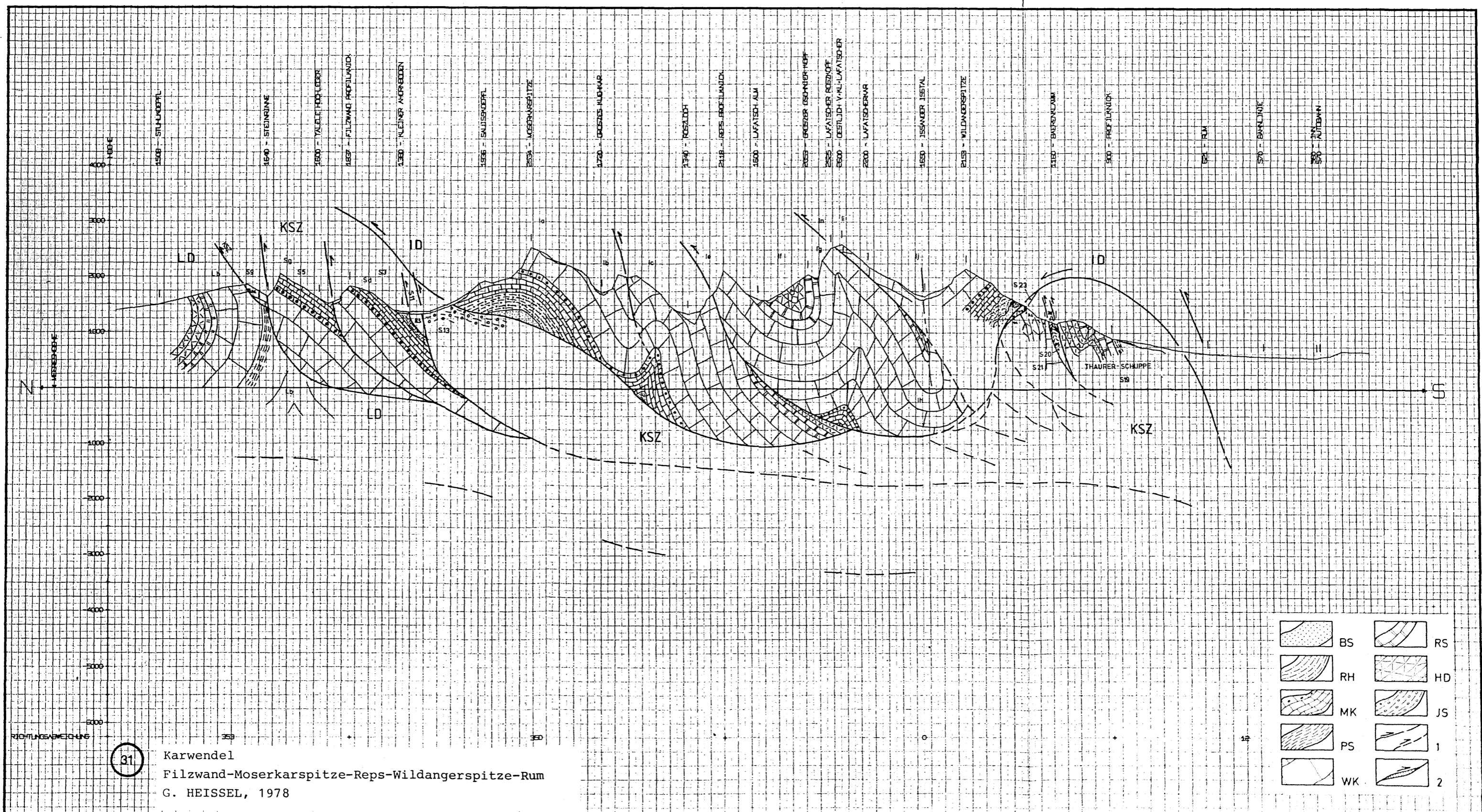
Karwendel
 Kreuzgrat-Kaltwasserkarspitze-Kreuzjöchl-Rum
 G. HEISSEL, 1978

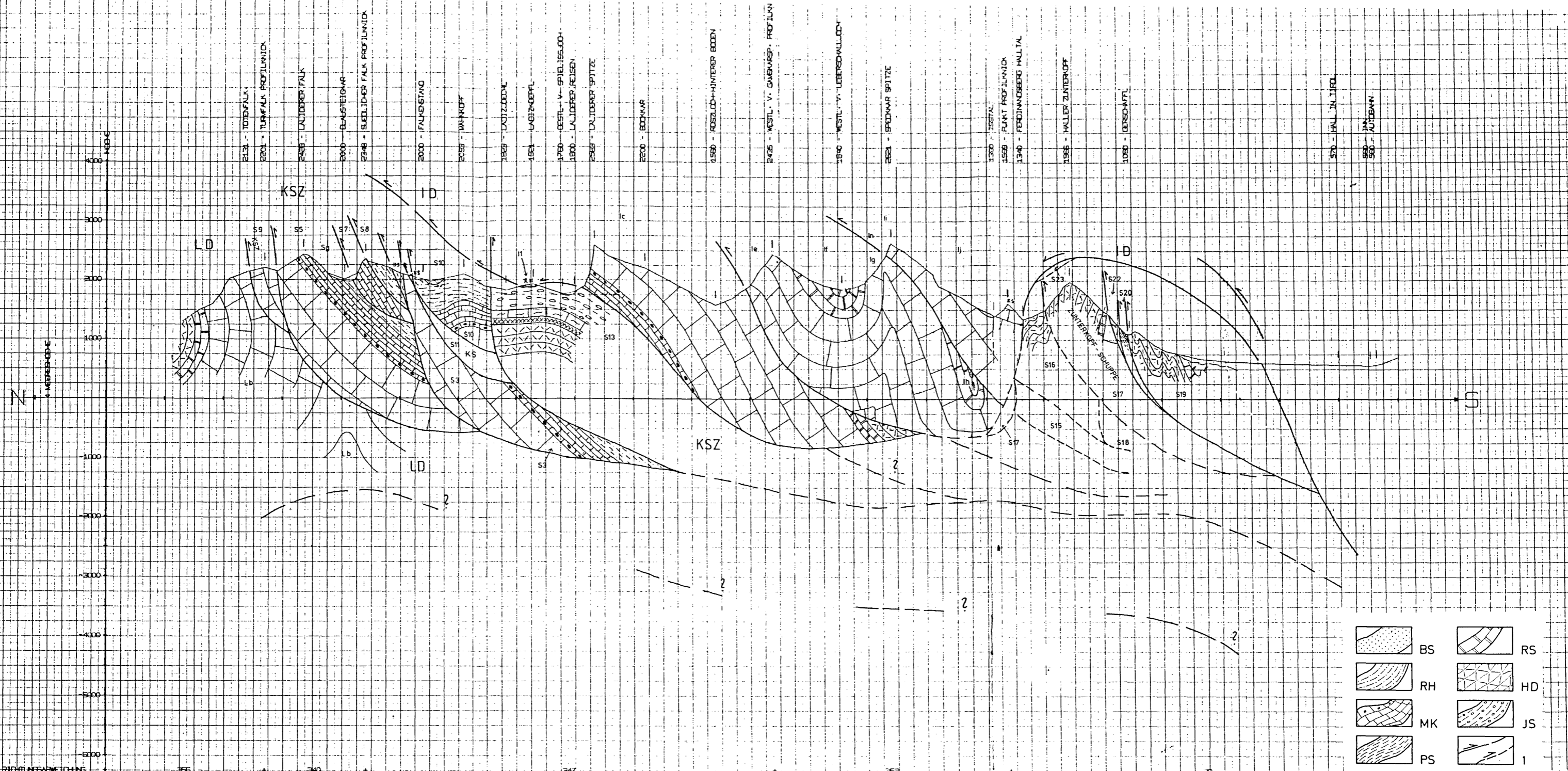


| | | | |
|--|----|--|----|
| | BS | | RS |
| | RH | | HD |
| | MK | | JS |
| | PS | | 1 |
| | WK | | 2 |

29

Karwendel
 Stuhlkopf-Kaltwasserspitze-Lattenspitze-Rum
 G. HEISSEL, 1978





37 Karwendel
 Laliderer Falk-Mahnkopf-Haller Zunterkopf
 G. HEISSEL, 1978

| | | | |
|--|----|--|----|
| | BS | | RS |
| | RH | | HD |
| | MK | | JS |
| | PS | | 1 |
| | WK | | 2 |