

Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien
60. Band, 1967

S. 23—64

**Zur Frage der Reliefüberschiebung am Staner-Joch
(Östliches Karwendel, Tirol)**

Von **E. Krauter** ¹⁾

Mit 2 Tafeln und 10 Abbildungen

Kurzfassung

Im Bereich des Staner-Joches und seiner näheren Umgebung liegen drei (I bis III) tektonische Einheiten übereinander. Die Untersuchungsergebnisse bestätigen die AMPFERERSche Deutung als Süd—Nord gerichtete Reliefüberschiebung. Reliefunterschiede bis etwa 280 m zur Zeit der Überschiebung sind sicher feststellbar. Es wird versucht, das Bewegungsbild der Überschiebungsvorgänge und das mechanische Verhalten der Basisgesteine zu rekonstruieren. Für die Herabsetzung der basalen Reibung werden erhöhte Porendrucke durch tektonische Einspannung und örtlich kristallplastische Schmierung angenommen. Die Möglichkeit von Nord—Süd gerichteter Bewegung wird diskutiert. Die bestimmbare Überschiebungsweite der tektonischen Einheit II über I beträgt 7 km, die von III über II etwa 4,5 km.

Inhalt

- 1 Einleitung
- 2 Zur Stratigraphie
- 3 Geologisch-tektonische Übersicht
- 4 Lagerungsverhältnisse und Deutungsversuch
 - 4.1 Hahnkamp — Gamskar-Spitze — Ochsenkopf
Punkt 1752
 - 4.7 Bärenkopf — Bärenbad-Alm
 - 4.8 Tagweide — Kiengufel
- 5 Breccien aus dem Bereich der Überschiebungszone
 - 4.2 Gamsböden — Kaserjoch-Spitze — Dristlköpfl — Hirschensteig-Kopf
 - 4.3 Brenten-Kopf — Rappen-Spitze — Lärchkarl-Kopf — Brunntal
 - 4.4 Hahnkampl-Spitze — Königskopf — Sonnjoch — Bärenlahner —
Schaufel-Spitze

¹⁾ Anschrift des Verfassers: Dr. Edmund Krauter, Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, D 65 Mainz/Rhein, Flachsmarktstraße 9

- 4.5 Am-Übergang — Blasermahd — Bärenbad-Alm — Zwölfer-Kopf
- 4.6 Heiterlahner-Flecke — Heiterlahn-Alm-Hochleger — Planberg
- 5.1 Reichenhaller Breccien
- 5.2 Breccienbildungen im Wettersteinkalk und -dolomit
- 6 Mechanisches Verhalten des Gleitteppichs
- 7 Höhenunterschiede des Reliefs
- 8 Überschiebungsweiten der tektonischen Einheiten II und III
- 9 Zur Alterstellung und Gliederung der Überschiebungsvorgänge
- 10 Zusammenfassende Darstellung der tektonischen Verhältnisse und ihrer Deutung
- 11 Schriftennachweis

1 Einleitung

Mit dieser Arbeit werden in gedrängter Form Ergebnisse einer in den Jahren 1959 bis 1963 an der Universität Innsbruck über das gleiche Thema durchgeführten Dissertation²⁾ vorgelegt. — Die inzwischen neuerschienene Literatur wurde — soweit notwendig — für diese Veröffentlichung berücksichtigt³⁾.

Als Kartengrundlage diente die auf den Maßstab 1 : 10.000 vergrößerte Karte des Karwendelgebirges, östliches Blatt Achensee—Schwaz, herausgegeben vom Deutsch-österreichischen Alpen-Verein i. M. 1 : 25.000. Namen, Höhenangaben, Höhenlinien, Bäche und Wegnetz wurden dieser Karte entnommen.

Seit A. VON PICHLER 1856 auf dem Wettersteinhalk-Rücken des Staner-Joches im östlichen Karwendel (Tirol) Reichenhaller Schichten mit *Natica stanensis* PICHLER und *Myophoria costata* ZENKER — also ältere Gesteine auf jüngeren — entdeckt hatte, stand dieses Gebiet im besonderen geologischen Interesse. 1903 erkannte O. AMPFERER hier das Vorhandensein einer großen Überschiebung. Auf Grund geologischer Untersuchungen für den Bau des Achensee-Kraftwerkes in den Jahren 1924 bis 1927 deutete AMPFERER die Überschiebung im Raume des Staner-Joches als Relieffüberschiebung. AMPFERER verstand darunter eine Überschiebung, die über ein durch Erosion ausgearbeitetes Relief erfolgte.

²⁾ Meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Werner Heissel, der die Anregung zu dieser Arbeit gab, möchte ich hier für das Interesse, das er meiner Arbeit entgegenbrachte, und für seine Hilfe herzlich danken.

³⁾ Der nördliche Teil des Arbeitsgebietes und darüber hinaus bis zum Falztal wurde — unabhängig voneinander — 1962/63 von V. Schenk, München, im Rahmen seiner Diplom-Arbeit (Schenk 1964, 1967) kartiert. Es ergaben sich keine wesentlichen Unterschiede. Einzelne Unstimmigkeiten wurden bei einer gemeinsamen Geländebegehung im Sommer 1967 beseitigt. Mit freundlicher Genehmigung von Schenk wurde der nördl. Teil zur Ergänzung meiner geolog. Karte übernommen. Die Gebietsgrenzen sind auf Taf. 1 (Geograph. Lageskizze) eingetragen. In dem sich überschneidenden Bereich wurde die Genauigkeit der Karte durch Vergleich verbessert.

2 Zur Stratigraphie

Die im Arbeitsgebiet vorkommenden Schichten reichen vom Haselgebirge und Buntsandstein bis zu den Kössener Schichten (Trias). Es handelt sich jedoch hier um keine stratigraphische Abfolge, vielmehr liegen entweder ältere Gesteine auf jüngeren, oder sie bilden scheinbar einen zusammenhängenden Verband, der aber in Wirklichkeit von Störungszonen unterbrochen wird. Diese durch Störungen getrennten übereinanderliegenden Gesteinskomplexe werden als Einheiten⁴⁾ bezeichnet. Es lassen sich drei solcher Einheiten (I bis III) im Arbeitsgebiet unterscheiden. Zur Fazies einzelner Schichtkomplexe wird auf die Arbeiten von JERZ (1966), SARNTHEIN (1965) und SCHENK (1967) hingewiesen.

Folgende Schichten stehen an:

	Einheit I	Einheit II	Einheit III
T r i a s	Rhät		Kössener Schichten: Kalke und Mergel
	Nor		Hauptdolomit
	Karn ?Raibler Schichten: ?Kalke, Schiefertone, Sandsteine		Raibler Schichten: Breccien (Rauhacken) Dolomite, Kalke, Sandsteine und Schiefertone, z. T. wechsellagernd
	Ladin Wettersteinkalk: Kalke und Dolomite	Wettersteinkalk: Kalke und untergeordnet Dolomite	
		Partnachsichten (am Dristkopf): Schiefertone und untergeordnet Mergel	
	Muschelkalk	Muschelkalk	
	Anis	Reichenhaller Schichten: wechsellagernd Breccien (Rauhacken), Kalke, Dolomite, Kalksandsteine und Mergelkalke	
	Skyth	Buntsandstein ⁵⁾ : Sandsteine Haselgebirge: tonige Gesteine und Gips (als Schubfetzen)	

⁴⁾ Die tektonische Einheit I entspricht der hier im allgemeinen üblichen Bezeichnung „Lechtaldecke“ und die tektonische Einheit II der „Inntaldecke“. Diese Begriffe wurden vermieden, da für die evtl. Übernahme der Deckenbezeichnungen die Untersuchungen regional hätten ausgedehnt werden müssen.

⁵⁾ Haselgebirge und Buntsandstein sind in der Karte zusammengefaßt.

3 Geologisch-tektonische Übersicht

Das Arbeitsgebiet wurde von O. AMPFERER (1942) in seiner, das östliche Karwendel umfassenden Arbeit ausführlich beschrieben. W. HEISSEL (1950) gab auf Grund der geologischen Neuaufnahme von O. AMPFERER ebenfalls eine Detaildarstellung, wobei er besonders die tektonischen Zusammenhänge des östlichen Karwendel hervorhob. Neuerdings wurden der nördliche Teil dieses Gebietes von SCHENK (1964, 1967) stratigraphisch-tektonisch und der südliche Teil von KUCKELKORN (1964) tektonisch bearbeitet. Daher wird nur kurz auf das geologisch bereits Bekannte hingewiesen. Anschließend werden jene Bereiche ausführlich behandelt, wo auf Grund eigener geologischer Neuaufnahmen zur Frage der Reliefüberschiebung wesentliche Gesichtspunkte für den tektonischen Bau dargelegt werden können.

Die tiefste aufgeschlossene tektonische Einheit bildet das gewaltige, hauptsächlich aus Wettersteinkalk und -dolomit bestehende Staner-Joch-Gewölbe, dessen Scheitel ungefähr Ost—West verläuft (s. Abb. 9)⁶⁾. Von Osten nach Westen gehören die Südflanke des Staner-Joches, der Hahnkamp und der Brenten-Kopf zum Süd-Schenkel, die Nordflanke des Staner-Joches, der Planberg, Teile des Bärenkopfes, der Lärchkarl-Kopf und der Kern des Sonnjoches zum Nord-Schenkel dieses Gewölbes. Die meist lappenförmig das Gewölbe übergreifenden Gesteine der unteren Trias mit Buntsandstein und Reichenhaller Schichten bilden die Basis der zweiten, höheren Einheit. Diese Basisgesteine werden im Norden normal von Muschelkalk, Partnachschichten (am Dristkopf) und Wettersteinkalk überlagert (Schaufel-Spitze, Dristkopf, Nord-Abfall des Bärenkopfes). Die dritte und höchste tektonische Einheit besteht aus Raibler Schichten und Hauptdolomit (Hahnkamp-Spitze — Königskopf, Rauher-Knöll und Rappen-Spitze). Sie liegt teils der ersten, teils der zweiten Einheit auf. Südlich Pertisau liegt unter Reichenhaller Schichten Hauptdolomit (?Einheit I) der „Lechtaleinheit“ (HEISSEL, 1950).

4 Lagerungsverhältnisse und Deutungsversuch

4.1 Hahnkamp — Gamskar-Spitze — Ochsenkopf (Tafel 2, Profile A—B und C—D)

In einem Einschnitt im Wettersteinkalk- und -dolomit-Gewölbe des Staner-Joches finden sich Reichenhaller Schichten und Buntsandstein. Der Einschnitt ist in seiner heutigen Form ungefähr 280 m tief. An seinen Flanken streichen Wettersteinkalk und -dolomit z. T. wechsellagernd aus.

⁶⁾ Die graphischen Darstellungen wurden von Karlheinz Baum, Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, Mainz, ausgeführt.

Der Nord-Rand des Einschnittes zwischen Hahnkamp und Gamskar-Spitze setzt flacher als der Süd-Rand ein. Östlich des Ochsenkopfes und in der Ochsenrinne zieht der Wettersteinkalk bzw. -dolomit ungestört durch und schließt nach unten die Furche talartig ab. Auch in der March-Rinne werden die Reichenhaller Schichten von Wettersteindolomit unterlagert. Am West-Abhang des Ochsenkopfes liegt im Wettersteindolomit eine Wettersteinkalkscholle, die sich nach Osten und Westen weiterverfolgen läßt. An ihrer Basis, zum Dolomit hin, finden sich Harnischflächen ⁷⁾.

Die Reichenhaller Schichten im Einschnitt bestehen aus einer Wechselfolge von Kalken, Breccien und Dolomiten. In ihnen stecken vereinzelt Wettersteinkalkschollen (bis zu 5 m Durchmesser).

Im Süd-Teil der Furche, zwischen Hahnkamp und Gamskar-Spitze, schwankt das Einfallen der Reichenhaller Kalke zwischen 10° und 30° NE bis NW. Zwischengelagert finden sich Dolomite und Breccien. An der Grenze zum Wettersteinkalk bzw. -dolomit treten meist Breccien auf. Die Reichenhaller Kalke lagern diskordant der Muldenflanke auf und setzen z. T. stufenförmig ab. Der Nord-Teil dieser Furche zeigt einen anderen Aufbau. Hier fallen die Reichenhaller Schichten nahezu parallel zur Muldenflanke nach Süden ein. An der Grenze Wettersteindolomit/Reichenhaller Kalke treten in den Reichenhaller Kalkbänken Falten auf, deren Stirn nach Norden weist. Über den nach Süden einfallenden Kalkbänken liegen Breccien und schwach eingemuldete Reichenhaller Kalke mit Ost—West verlaufender Achse. Nach Osten zu weisen sie dagegen Verfaltungen mit Nord—Süd gerichteten Achsen auf.

Das verfaltete Buntsandsteinpaket im Einschnitt (vergl. Profil C—D) zeigt im Norden Übergänge zu den Reichenhaller Schichten: Der sonst feldspatarme Buntsandstein wird feldspatreich und geht in sandige Mergel über. Im Süden findet sich zwischen Buntsandstein und Reichenhaller Breccien eine scharfe tektonische Grenze. Die Breccien sind hier lagenweise aufeinandergepreßt mit dazu parallel verlaufenden Harnischflächen, die mit 70° nach Norden einfallen. Die dem Buntsandstein teilweise aufliegenden Reichenhaller Kalke dürften Erosionsreste von ehemals überlagernden Reichenhaller Schichten oder eine jüngere Abbruchmasse aus dem Hangenden darstellen. Nördlich des Ochsenkopfes, im Süd-Teil der Furche, fallen die Reichenhaller Kalke z. T. parallel zur Muldenflanke

⁷⁾ Diese Wettersteinkalkscholle am Hahnkamp und Ochsenkopf im Wettersteindolomit soll nach *Ampferer* (1942: 9) vertikal in den Dolomituntergrund unter der Auflast der Inntaldecke eingepreßt worden sein. Die Harnischflächen an der Basis und eine über dem Dolomit durchziehende Kalkbank machen die Annahme einer vertikalen Einsenkung unwahrscheinlich. Die Harnischflächen an der Basis sprechen vielmehr für eine horizontale (?keilförmige) Bewegung.

nach Norden ein, z. T. setzen sie staffelförmig ab. Besonders deutlich erkennt man am Ochsenkopf, daß beim Fehlen der im allgemeinen zementreichen Reichenhaller Breccien in tektonischen Störungszonen die Reichenhaller Kalke in zementarme Breccien mit bis zu metergroßen Komponenten (Zerrüttungsstreifen) übergehen. Gut aufgeschlossen ist hier der tektonische Kontakt Wettersteinkalk/Reichenhaller Schichten.

Im nördlichen Teil dieses Einschnittes am Ochsenkopf lagern in Wechselfolge mit Breccien dünnebankte Reichenhaller Kalke mit scheinbar südvergenger Faltung. Nach Norden folgt — von einer steilen Bewegungsbahn getrennt — Wettersteinkalk (vergl. Profil A—B). Die Kalke werden diskordant wieder von Reichenhaller Kalken und Breccien überlagert.

Die nördlich des Hahnkamp im Hangenden liegenden Kalke stellen, wie bereits erwähnt, eine sich Ost—West erstreckende Synklinale dar. Die dazu senkrecht verlaufenden Verbiegungen weiter im Osten, mit Nord—Süd gerichteter Achse, bilden in diesem Bereich einen Doppelsattel. Der Ost-Schenkel, der wieder den Beginn einer neuen Mulde einleitet, wird z. T. von Reichenhaller Breccien und z. T. von Schuttmassen im Schnee-Karl überlagert. Der Ost-Flügel dieser neuen Mulde zieht zwischen Punkt 2060 und 2075 bis zur Kammhöhe hinauf und bildet dort den Anfang eines dritten Sattels, der nach Osten zu an der Oberfläche austreicht. Nordöstlich des Schnee-Karl findet sich die kräftigste Ost—West verlaufende Einmuldung. Zwischen den einzelnen Kalkbänken sind Breccien und Dolomite eingeschaltet. Östlich des Ochsenkopfes, bei p 13⁸⁾, werden auf Wettersteinkalk liegende Reichenhaller Breccien wieder von Hangendteilen des Wettersteinkalkes überlagert.

An der klassischen Stelle zwischen Hahnkamp — Ochsenkopf — Gamskar-Spitze, wo O. AMPFERER seine Reliefüberschiebung entdeckte, sollen nun die Entstehungsmöglichkeiten dieser Lagerungsverhältnisse diskutiert werden.

Gehen wir davon aus, daß skythische und anisische Gesteine, letztere durch *Natica stanensis* PICHLER und *Myophoria costata* ZENKER belegt, einen Einschnitt im Wettersteinkalk und -dolomit ausfüllen, so kann eine solche Lagerung auf folgende Weise zustande kommen: 1. Durch eine Überkipfung des Schichtverbandes, 2. durch ein diapirartiges Heraus-

⁸⁾ p = Punkte von Probeentnahmen, Messungen usw. Diese Punkte sind auf der Karte eingezeichnet (1—18) und von Westen nach Osten fortlaufend nummeriert.

pressen der älteren liegenden Gesteine, 3. durch eine Überschiebung⁹⁾). In der Furche werden Basisteile einer Überschiebungsmasse zurückgehalten.

Gegen die 1. Möglichkeit ist einzuwenden, daß der liegende Wettersteinkalk und -dolomit der Einheit I nicht überkippt lagert und die Grenze mit einer starken Gesteinszertrümmerung zwischen Wettersteinkalk bzw. -dolomit und Reichenhaller Schichten offensichtlich tektonisch bedingt ist. Gegen Punkt 2 spricht das Durchziehen des Wettersteinkalkes bzw. -dolomits unter der Furche, die dadurch talartig nach unten abgeschlossen wird. Es verbleibt also m. E. nur die dritte Möglichkeit, daß diese Einlagerung den Rest einer Überschiebungsmasse darstellt. Auch hier wären verschiedene Entstehungsmöglichkeiten denkbar: 1. Der Wettersteinkalk bzw. -dolomit ist muldenförmig verbogen, die Morphologie folgt dieser Verbiegung, 2. unter der Auflast der Überschiebungsmasse erfolgt ein Einbrechen des Untergrundes, 3. während des Überschiebungsvorganges wird der Untergrund keilförmig aufgerissen und Basisgesteine dieser Überschiebungsmasse stürzen hinein, 4. der Gewölbescheitel bricht während der Faltung auf, und stirnwärts lagernde Teile einer ankommenden Überschiebungsmasse gleiten in den Einschnitt, 5. der Wettersteinkalk und -dolomit wird im Norden und Süden der Furche nach erfolgter Überschiebung gehoben bzw. sinkt im Bereich der Furche ab und 6. eine erosiv ausgearbeitete Rinne wird mit Basisgesteinen einer vorwärtsschreitenden Überschiebungsmasse ausgefüllt. Die Erosion kann durch tektonische Auflockerung (z. B. im Scheitelbereich des Gewölbes) begünstigt worden sein.

Gegen die unter 2 bis 5 aufgeführten Möglichkeiten, wie in den Einschnitt Reste einer Überschiebungsmasse gelangen können, spricht am deutlichsten das ungestörte Durchziehen des Wettersteinkalkes, also der talartige Abschluß der Furche östlich des Ochsenkopfes. Auch eine muldenförmige Verbiegung (1) des Wettersteinkalkes und -dolomits ist nicht zu erkennen. Es bleibt also m. E. nur noch die unter 6 gemachte Annahme für die Rekonstruktion der tektonischen Vorgänge, die zu den heutigen Lagerungsformen führten: Eine Überschiebungsmasse, die über ein Erosionsrelief gewandert ist. Ob das Relief subaërisch oder submarin entstand, konnte aus den vorhandenen Aufschlüssen nicht geklärt werden.

Die Bewegungsrichtung der Überschiebungsmasse (Einheit II) wird — bezogen auf das Liegende — von Süden nach Norden angenommen. Dafür spricht: 1. Die Wettersteinkalkscholle östlich des Ochsenkopfes, bei p 13, die teilweise auf Wettersteinkalk liegende Reichenhaller Breccien

⁹⁾ Als Überschiebung wird ein tektonischer Vorgang bezeichnet, bei dem eine Gesteinsmasse an einer tektonischen Bewegungsbahn relativ über eine andere Gesteinsmasse befördert wird, wobei ihre horizontale Förderweite größer ist als die vertikale (in Anlehnung an Metz, 1957: 77).

überlagert, zeigt an der Basis Süd—Nord gerichtete Harnischstriemen, 2. das stufenartige Absetzen der Reichenhaller Kalke im Süden der Furche am Hahnkamp und Ochsenkopf, 3. die im Süden steiler als im Norden einfallenden Flanken der Einkerbung zwischen Hahnkamp und Gamskar-Spitze. Dies gilt im wesentlichen auch für die Furche nördlich des Ochsenkopfes. (Die im Norden steil einfallende Bewegungsbahn zwischen Reichenhaller Kalk und Wettersteinkalk ist im Profil übertrieben dargestellt.)

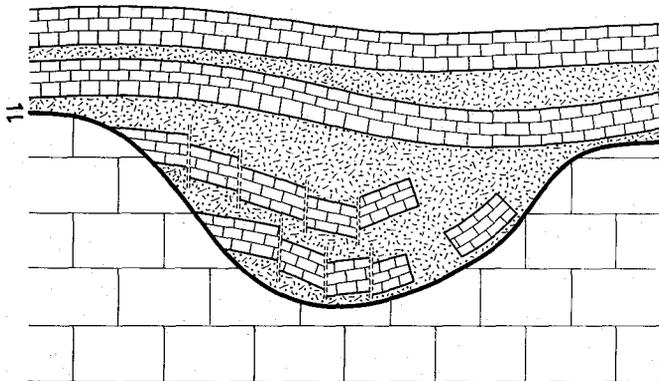
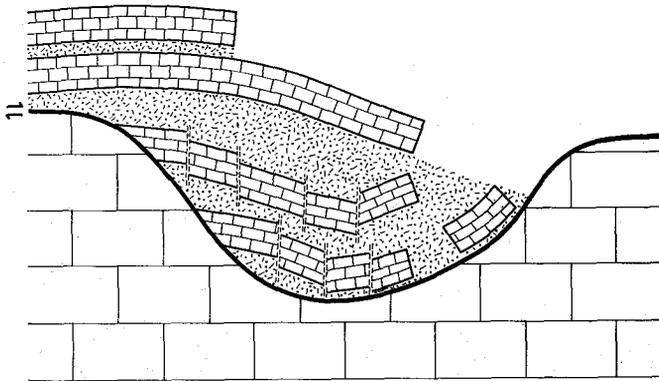
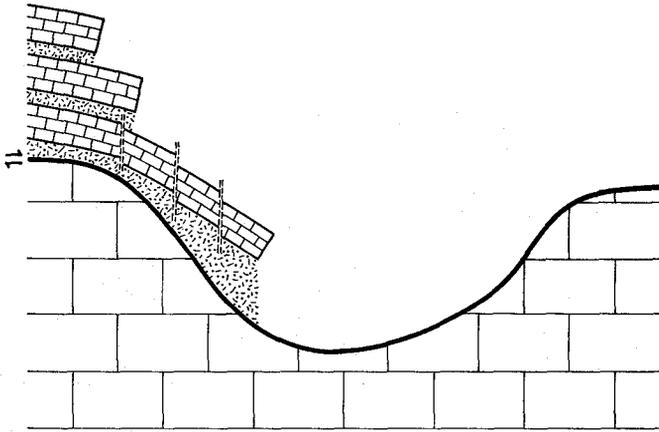
Die Abbildungen 1 bis 3 zeigen schematisch einzelne Stadien, wie die Lagerungsverhältnisse im Raume Hahnkamp — Gamskar-Spitze — Ochsenkopf entstanden sein könnten. Abb. 1 stellt den erosiven Einschnitt in die Wettersteinkalk- und -dolomitmasse des Staner-Joch-Gewölbes und die Basis einer relativ zu ihrer Unterlage nordwärts wandernden Überschiebungsmasse dar. Der Süd-Teil der Furche ist schon teilweise ausgefüllt. In Abb. 2 haben die nachdrängenden Überschiebungsmassen bereits die Nord-Flanke der Furche erreicht. Sie passen sich z. T. dem Gefälle der Flanke an. Die Abb. 3 zeigt die ausgefüllte Furche, die von den nächstfolgenden Gesteinsmassen flach überlagert wird.

Kleinere Reliefunterschiede auf der Schubbahn, z. B. beim talartigen Abschluß der Furche (vergl. Lagerungsverhältnisse am Nordrand der Furche nördlich des Ochsenkopfes), können ein Widerlager für die ankommenden Gesteinspakete bilden (Abb. 4). Die nachrückende Überschiebungsmasse bewirkt eine Stauchung (Abb. 5) und schließlich ein Abscheren einer solchen Kalkbank. Weiter nachdrängende Gesteine richten diese Kalkbank auf, und es kommt zu einer scheinbar südvergente Faltung. Die verbogenen Kalkbänke werden von den nachfolgenden Gesteinsmassen diskordant überlagert (Abb. 6).

An der Basis der Überschiebungsmasse werden einzelne Schollen von Buntsandstein mitgeschleift. Eine kleine Buntsandsteinscholle bleibt in der Furche hängen und wird von nachkommenden Gesteinen steil aufgefaltet. Auch walzenförmige Bewegungen einzelner Gesteinspakete können, begünstigt durch das Relief, an der Basis der Überschiebung stattfinden. Vielleicht ist die verfaltete Buntsandsteinscholle der Rest einer Walze.

Aus dem Hangenden der tieferen Einheit I werden Wettersteinkalkschollen herausgerissen und an der Basis der Überschiebungsmasse mittransportiert.

Die Flanken der erosiv eingeschnittenen Furche weisen auch Einkerbungen in Nord—Süd-Richtung auf. Teilweise paßt sich die Überschiebungsmasse diesen Formen an und es entstehen Verfaltungen mit Nord—Süd gerichteten Achsen. Diese Falten haben gemeinsam, daß ihre Achsen nahezu parallel zur Überschiebungsbahn einfallen (Abb. 9). Solche Falten



Erläuterungen d. Abb. 1—3 im Text.

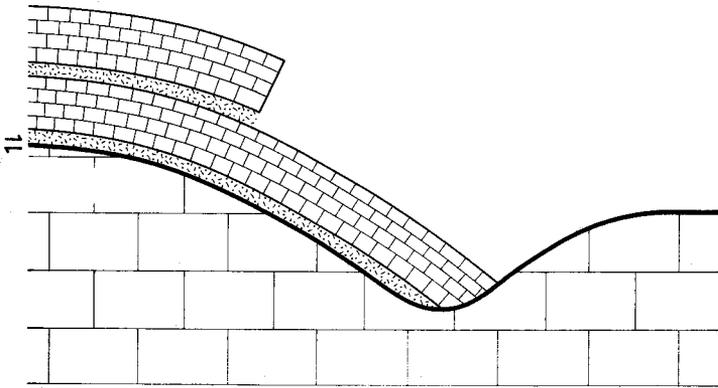


Abb. 4

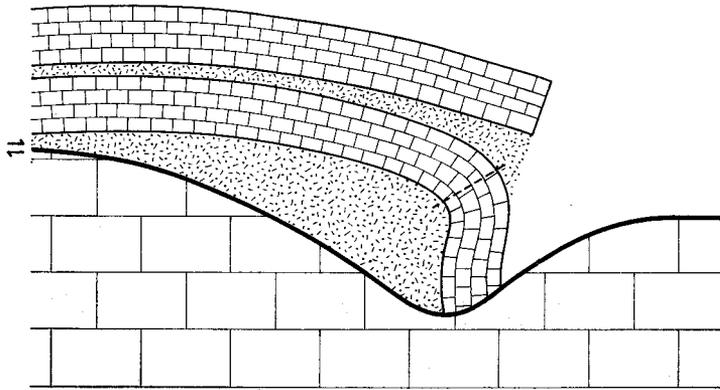


Abb. 5

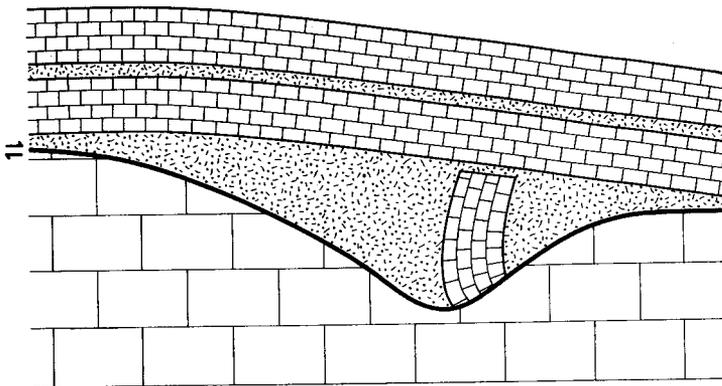


Abb. 6

Erläuterungen d. Abb. 4—6 im Text.

könnten allerdings auch infolge seitlicher Einengungsvorgänge während oder nach der Überschiebung entstanden sein.

Beim Ausfüllen des Reliefs handelt es sich weniger um ein „wirres Hineinstürzen“ der Basisgesteine oder Stirn der ankommenden Überschiebungsmasse, sondern um ein „Hineingleiten“ mit teilweise staffelförmigen Absetzen einzelner Kalkbänke. Am ehesten ist dieser Vorgang mit der Bewegung eines Gletschers zu vergleichen, der das Gefälle des Untergrundes z. T. durch stufenartiges Abbrechen überwindet. Das ss-Flächendiagramm (Abb. 8) der Reichenhaller Kalke im Arbeitsgebiet läßt deutlich diese „geordneten“ Lagerungsverhältnisse erkennen.

4.2 Gamsböden — Kaserjoch-Spitze — Dristlköpfel — Hirschensteig-Kopf (Tafel 2, Profil E—F)

In diesem Gebiet handelt es sich um eine diskordante Auflage von Reichenhaller Gesteinen auf Wettersteinkalk, der zum Nord-Schenkel des Staner-Joch-Gewölbes gehört.

Die Reichenhaller Schichten stellen auf der Südseite der Kaserjoch-Spitze eine Verbindung mit denen zwischen Hahnkamp und Gamskar-Spitze und auf der Nordseite mit denen südlich und nördlich des Dristenau-Tales her.

Dem wechselnden Einfallen der Schubbahn passen sich die aufliegenden Reichenhaller Schichten etwas an, so daß oft nur eine geringe Winkel-diskordanz zwischen liegendem Wettersteinkalk und überschobener Masse (Reichenhaller Kalk) vorliegt. An einigen Stellen verläuft die Überschiebungsbahn parallel dem ss des Wettersteinkalkes.

Bei p 8 findet sich eine scheinbar südvergente Falte. Weiter nach Norden folgen die verfalteten Reichenhaller Kalke, die den Großteil des Dristlköpfel und den Plattenkopf aufbauen. Die steilgestellten und verbogenen Kalke bei p 6 bilden den Abschluß der Falte nach Süden. Sie werden dort von flachliegenden Reichenhaller Kalken überlagert. Das kompliziert gebaute Dristlköpfel besitzt eine diskordante Auflage von Raibler Schichten (Kalken, Schiefertonen, Sandsteinen und Mergeln). Möglicherweise gehören auch noch die obersten Kalkpartien des Dristlköpfel zu den Raibler Schichten¹⁰⁾. Auf dem Plattenkopf finden sich noch grünliche Sandsteine (?Buntsandstein).

Nördlich des Kaserjoches sind die Kalkbänke z. T., ebenso wie am Hahnkamp und Ochsenkopf, staffelförmig abgesetzt. Diese Lagerungsverhältnisse sind ähnlich denen am Hahnkamp und Ochsenkopf und wohl

¹⁰⁾ Schenk (1964: 46) beschreibt an der Ost-Flanke ein fossilreiches Band mit zahlreichen Gastropoden, die auf Raibler Alter schließen lassen.

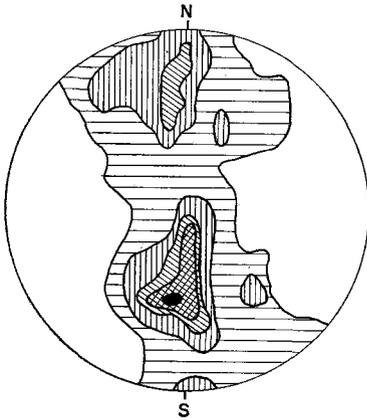


Abb. 7: ss-Flächen-Diagramm vom Wettersteinkalk des Stauer-Joch-Gewölbes (tektonische Einheit I) mit deutlichem, etwa Ost-West gerichtetem Gefüge. (250 p, Schmidt'sches Netz, untere Halbkugel, 0/0 20-13-19-4-1-0)

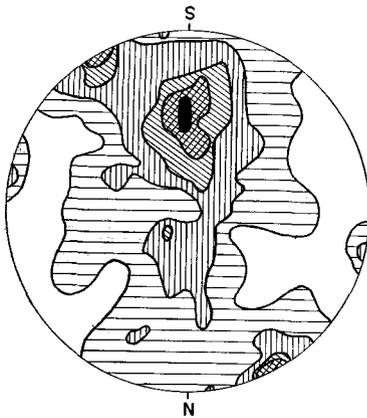


Abb. 8: ss-Flächen-Diagramm der Reichenhaller Kalke an der Basis der tektonischen Einheit II mit vorherrschend etwas Ost-West gerichtetem Gefüge. (620 p, Schmidt'sches Netz, untere Halbkugel, 0/0 >29-23-17-11-5- <1, Max. 32)

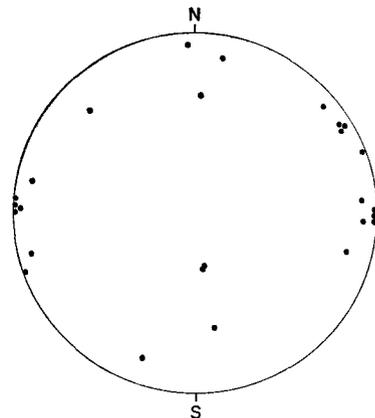


Abb. 9: Faltenachsen der Reichenhaller Kalke (21). Die um Ost-West streichenden B-Achsen verlaufen mehr oder weniger horizontal, während die Nord-Süd streichenden verhältnismäßig steil (parallel der Schubbahn) abtauchen.

auch ebenso entstanden. Die Falten am Dristlköpfl und Plattenkopf lassen sich durch Reliefunterschiede im Untergrund erklären, die ein Widerlager gegen die anbrandende Überschiebungsmasse bilden. Der Druck der nachfolgenden Gesteinsmasse staucht und verfaltet diese Gesteinspakete. Auch eine durch das Ausdünnen von Gleitmaterial erhöhte Reibung an der Basis der Überschiebung kann zu solchen Stauchfalten führen.

4.3 Brenten-Kopf — Rappen-Spitze — Lärchkarl-Kopf — Brunntal (Tafel 2, Profil G—H)

Am Rizuel liegen in einer morphologischen Mulde im Wettersteinkalk, der vermutlich zum Süd-Schenkel des Staner-Joch-Gewölbes gehört, Reichenhaller Schichten (Breccien, Dolomite und Kalke). Zum Wettersteinkalk hin finden sich meistens Breccien. Auf den Reichenhaller Schichten liegen in geringer Mächtigkeit Schiefertone und Sandsteine der Raibler Schichten. O. AMPFERER (W. HEISSEL, 1950) verzeichnet in seiner geologischen Karte am Rizuel nur Raibler Schichten. Es handelt sich aber m. E., abgesehen von den Schiefertönen und Sandsteinen, um Reichenhaller Gesteine, da die rauhwackig anwitternden Breccien unter den Raibler Schiefertönen liegen.

In der Regel bilden sie deren Hangendes und leiten zum Hauptdolomit über. Die ähnlichen geologischen Verhältnisse in der Umgebung der Nauders-Alm, des Lärchkarl-Kopfes und westlich der Kaserjoch-Spitze lassen jedoch einen tektonischen Zusammenhang vermuten.

Die Reichenhaller Schichten an der Nauders-Alm und zwischen Hahnkamp und Gamskar-Spitze stehen miteinander direkt in Verbindung. Wir befinden uns somit am West-Rand des Einschnittes im Staner-Joch-Gewölbe. Die Reichenhaller Breccien bilden hier wieder die Basis der „Alttriasauflage“ auf dem Wettersteinkalk.

Die flach nach NW einfallende Hauptdolomitmasse der Rappen-Spitze mit ihrer nach SE einfallenden Raibler Unterlage liegt z. T. auf Reichenhaller Schichten, sonst — im Westen und Osten — diskordant auf Wettersteinkalk. In den Raibler Kalken, bei p 3, findet sich eine nordvergente, bei p 2 eine nach Norden abtauchende Falte. Es besteht also zwischen den Raibler Schichten und dem Wettersteinkalk ein tektonischer Kontakt.

Auch der Hauptdolomit und die Raibler Schichten bilden keine sedimentäre Einheit, da der Hauptdolomit der Rappen-Spitze den Raibler Schichten z. T. diskordant aufliegt.

Die Furche im Wettersteinkalk und -dolomit zwischen Hahnkamp und Gamskar-Spitze läßt sich also nach Westen bis etwa zum Profil Brenten-

Kopf — Rappen-Spitze — Lärchkarl-Kopf — Brunntal¹¹⁾ verfolgen. Auch hier lagern in erosiv gebildeten Einschnitten im Wettersteinkalk, ähnlich der Furche zwischen Hahnkamp und Gamskar-Spitze, Reichenhaller Schichten, die mit jenen am Hahnkamp direkt in Verbindung stehen. Der geologische Bau dieses Gebietes kann auch unter Annahme einer Reliefüberschiebung gedeutet werden, bei welcher überwiegend Reichenhaller Schichten an der Basis einer nordwärts wandernden Überschiebungsmasse die Reliefunterschiede des Untergrundes ausfüllen.

Ähnliche Verhältnisse wie an der Rappen-Spitze herrschen südlich und westlich des Lunst-Kopfes. Auf Raibler Schichten mit Schiefertönen, Kalken und Dolomiten liegen z. T. bräunliche, beim Anschlagen nach Bitumen riechende Dolomite, die als Hauptdolomit ausgeschieden wurden. Östlich der Kaiserstelle finden sich an der Basis dieser Dolomite rauhwackig anwitternde Breccien. Auch im Lunstreisen, an der Grenze zum Hauptdolomit, lagern solche Breccien. Südlich des Lunstsattels beginnt der Hauptdolomit des Rauhen-Knöll. Die Schichtflächen des Dolomits fallen leicht nach Westen ein. Zum Falzturntal hin wird die Lagerung unruhiger, die Schichten fallen z. T. steil nach Westen ein.

Die z. T. tektonischen Breccien an der Basis des Hauptdolomits und die teilweise erfolgte Zertrümmerung des Dolomits südlich des Lunstsattels sprechen für eine Bewegung des Hauptdolomits gegenüber den Raibler Schichten. Der gleiche Schichtbestand und der ähnliche geologische Aufbau lassen eine tektonische Zusammengehörigkeit mit der Rappen-Spitze vermuten.

Am Nord-Abfall des Lärchkarl-Kopfes beginnt die Überlagerung von Reichenhaller Schichten auf dem Wettersteinkalk des Staner-Joch-Gewölbes an einer 80° nach Norden einfallenden Schubbahn. Die Reichenhaller Schichten fallen mit 45° nach Norden ein und liegen sowohl diskordant auf dem Wettersteinkalk als auch auf der Bewegungsbahn. Sie bestehen aus einer Wechsellagerung von Breccien, Dolomiten und Kalken. Sandig-mergelige Kalke leiten im Norden zum Muschelkalk über. In den Reichenhaller Breccien südlich des Brunntal-Kopfes stecken Schuppen eines grünen Sandsteins (Buntsandstein).

Einzelne Reste der Reichenhaller Schichten liegen verstreut im Süden und Norden des Lärchkarl-Kopfes. Dazu gehören auch die Reichenhaller Gesteine westlich des Punktes 2005. Sie ziehen, vom Nauderer-Karl unterbrochen, nach Osten in einer Rinne der Kaserjoch-Spitze hoch. Die Reichenhaller Schichten stellen hier eine Verbindung mit jenen südlich

¹¹⁾ Die Grenze Reichenhaller Schichten / Muschelkalk ist bei S c h e n k (1964), ähnlich wie bei A m p f e r e r (Heissel 1950), östlich des Brunntales.

der Kaserjoch-Spitze her. Somit reicht diese Einheit, mit einigen durch die Erosion bedingten Unterbrechungen, bis zum Rizuel.

Die auf Wettersteinkalk liegenden einzelnen Reichenhaller Schuppen sind von der Erosion verschont gebliebene Reste der Überschiebungsmasse. Betrachtet man das Staner-Joch-Gewölbe als liegende tektonische Einheit (I) und die tektonische Auflagerung von Reichenhaller Schichten, Muschelkalk, Partnachschichten (am Dristkopf) und Wettersteinkalk als nächsthöhere Einheit (II), so stellen die Raibler Schichten und der Hauptdolomit der Rappen-Spitze und des Rauhen-Knöll die hangende tektonische Einheit (III) dar. W. HEISSEL (1950 : 32) faßt diese Einheit III als einen Teil der liegenden Lechtaldecke (Einheit I) auf, die bei einem jüngeren Vorschub die sonst hangende Inntaldecke (Einheit II) überfahren hat.

4.4 Hahnkampfl-Spitze — Königskopf — Sonnjoch — Bärenlahner — Schaufelspitze (Tafel 2, Profil J—K)

Die Hahnkampfl-Spitze besteht aus stark verfaltetem Hauptdolomit mit im Norden eingeschuppten Kössener Schichten. Es folgen nach Norden Raibler Schichten mit Kalken, Schiefertonen und Sandsteinen, die eine nordvergente Falte bilden. Zwischen diesen gefalteten Raibler Schichten und dem Wettersteinkalk, der den unteren Teil des Sonnjoches aufbaut, stecken keilförmige Reichenhaller Dolomite und Breccien. Der Wettersteinkalk des Sonnjoches fällt nach Norden ein und gehört zum Nord-Schenkel des Staner-Joch-Gewölbes. Der darüber diskordant liegende Muschelkalk bildet die Gipfelpartie des Sonnjoches. Er wird z. T. von Reichenhaller Breccien und Kalken am Sunnflecken überlagert. Am Süd-Absturz des Sonnjoches sind auf dem Wettersteinkalk Reste von Reichenhaller Breccien angeschweißt. Nördlich des Sonnjoches, im Bärenlahner, liegen Reichenhaller Schichten in normaler stratigraphischer Folge von Muschelkalk und Wettersteinkalk, das Schaufel-Spitz-Massiv aufbauend. Die Reichenhaller Schichten haben hier eine ähnliche Lagerungsform wie am Nord-Abfall der Kaserjoch-Spitze oder des Lärchkarl-Kopfes. Die einzelnen Kalkbänke fallen z. T. ebenso wie der hangende Muschelkalk und Wettersteinkalk nach Norden ein. Die Reichenhaller Schichten werden vom Wettersteinkalk des Sonnjoches durch eine mit 70° bis 80° nach N einfallende Störung getrennt. An dieser Grenze, südwestlich der Bärenlahner-Scharte, wurden an einer etwa 1 m^2 großen Stelle dunkelbraune Schiefertone (?Raibler Schichten) gefunden.

Am ehesten lassen sich diese Lagerungsverhältnisse ebenfalls mit Hilfe einer Reliefüberschiebung deuten. Die aus Süden ankommende Überschiebungsmasse mit Reichenhaller Schichten, Muschelkalk und Wetter-

steinkalk (Einheit II) brandet gegen die Süd-Flanke des Sonnjoches (Einheit I). Die Basisgesteine der Überschiebung (im wesentlichen Reichenhaller Schichten) glätten das Relief und werden von den nachrückenden Gesteinsmassen überfahren, die heute nördlich des Sonnjoches liegen.

Die diskordante Auflage des Muschelkalkes auf dem Wettersteinkalk-Sockel des Sonnjoches spricht für einen tektonischen Kontakt. Eine Überkipfung scheidet auch aus, da der Wettersteinkalk zur Nord-Flanke des Staner-Joch-Gewölbes gehört. Zur Deutung der angetroffenen Verhältnisse können verschiedene Entstehungsmöglichkeiten herangezogen werden: 1. Der Muschelkalk wird während des Einschubs der tektonischen Einheit II dem Wettersteinkalk aufgelagert. Die normalerweise unter dem Muschelkalk liegenden Reichenhaller Schichten werden dabei stark reduziert. 2. Die liegenden Gesteine (Reichenhaller Schichten) des Muschelkalkes werden durch das Relief auf der Südseite des Sonnjoches zurückgehalten, während der Muschelkalk auf den Wettersteinkalk aufgeschoben und von der nachrückenden Gesteinsmasse überfahren wird. Die auf dem Muschelkalk liegenden Reichenhaller Schichten wären dann Reste dieser Überschiebungsmasse, und 3. der Muschelkalk wird während der Überschiebung der tektonischen Einheit II über I bis südlich des Sonnjoches transportiert. Durch den jüngsten Vorschub der Einheit III wird der Muschelkalk auf den Wettersteinkalk geschoben. Dabei werden noch Schollen von Reichenhaller Gesteinen dem Muschelkalk aufgepreßt.

Der Aufbau der Rappen-Spitze zeigt, daß zwischen dem Vorschub der tektonischen Einheit II und dem jüngeren Vorschub der Einheit III eine Erosion stattgefunden haben muß, da Gesteinsmassen der Einheit II bereits z. T. wieder erodiert waren, bevor der Einschub der Einheit III erfolgte. Diese Erosion schuf hier allerdings kein starkes Relief. Anders scheint jedoch die Situation weiter im Westen im Bereich von Hahnkamp-Spitze — Königskopf — Sonnjoch zu sein.

Wie schon erwähnt, müssen der Hauptdolomit der Hahnkamp-Spitze und die Raibler Schichten des Königskopfes durch einen jüngeren Vorschub in ihre heutige Lage gebracht worden sein, da sie am Südfuß des Sonnjoches teilweise Reichenhaller Breccien überfahren haben. Der Gesteinsbestand und die tektonische Auflage auf Reichenhaller Schichten erinnert an die Lagerungsverhältnisse der Rappen-Spitze und des Rauhen-Knöll, obwohl der Hauptdolomit hier eine ruhige Lagerung zeigt, während er am Hahnkamp stark verfaltet ist. Tatsächlich besteht nun zwischen dem Hauptdolomit des Hahnkamp-Massivs und dem des Rauhen-Knöll im Süden (außerhalb des Kartenbereiches) ein sedimentärer Zusammenhang. Der Unterschied im Bau der Rappen-Spitze und des Rauhen-Knöll

einerseits und der Hahnkampl-Spitze andererseits wird durch ein verschieden starkes Relief im Vorland der Überschiebungsmasse verursacht. Die Raibler Schichten und der Hauptdolomit von Königskopf und Hahnkampl-Spitze brandeten während ihres Vorstoßes nach Norden gegen das mächtige Sonnjoch-Massiv an und wurden von der nachdrängenden Überschiebungsmasse gestaucht bzw. gefaltet. Die Gesteine des Rauhen-Knöll und der Rappen-Spitze wanderten dagegen auf einem ruhigeren Relief nach Norden.

Die steigende Faltungsintensität des Hauptdolomits der Hahnkampl-Spitze von Süden nach Norden läßt weniger an einen Schub als an eine Schweregleitung in Richtung Norden denken. Die Stirn der Überschiebungsmasse im Norden wäre dann von den nachdrängenden Gesteinsmassen gestaucht worden. Die zunehmende Faltungsintensität nach Norden zu könnte jedoch auch durch Nord—Süd gerichtete Unterschiebungsbewegungen entstanden sein ¹²⁾.

4.5 Am Übergang — Blasermahd — Bärenbad-Alm — Zwölferkopf (Tafel 2, Profil L—M)

Auf dem z. T. kerbförmig eingeschnittenen Wettersteinkalk des Staner-Joches lagern Reichenhaller Schichten (Breccien, Dolomite und Kalke). Sie reichen Am-Übergang zungenförmig nach Westen bis 50 m an die Reichenhaller Gesteine des Ochsenkopfes heran. Zwischen Am-Übergang und Blasermahd stecken in den Reichenhaller Schichten einzelne Wettersteinkalkbrocken. Am-Übergang sind Raibler Schiefertone eingeschuppt. Für die Felstürme im Süden der Auflagerung, die als Reichenhaller Kalke auskartiert wurden, käme vielleicht auch Raibler Alter in Betracht, ebenso für einen Teil der Kalke und Breccien östlich des Weißenbach-Sattels. Nördlich dieses Sattels liegen z. T. die Raibler Schiefertone und ?Kalke den Reichenhaller Schichten kondordant auf. Vereinzelt finden sich Buntsandsteinreste in den Reichenhaller Schichten. Die Reichenhaller Schichten liegen im Norden auf Hauptdolomit ¹³⁾, der nach HEISSEL (1950) zur liegenden „Lechtaleinheit“ (entspricht Einheit I) gehört. Die tektonische Grenze Reichenhaller Schichten/Hauptdolomit stellt im Arbeitsgebiet das nördlichste Vorkommen der tektonischen Einheit II („Inntaleinheit“, HEISSEL 1950) dar. In den Gräben westlich des Profiles, zum Dristenautal hin, sind einige Falten aus dünnbankigen Reichenhaller Kalken auf-

¹²⁾ Die vorhandenen geologischen Lagerungsformen dürften bei einer Über- oder Unterschiebung ein annähernd gleiches Bild zeigen, da der zur Unterlage relative Bewegungssinn Süd-Nord erhalten bleibt.

¹³⁾ Der an die Bärenbad-Alm nach Norden anschließende Profilbereich wurde der Karte von S c h e n k (1964) entnommen.

geschlossen, die von flach nach Norden einfallenden Reichenhaller Kalken diskordant überlagert werden. Auf der Südseite treten meist Breccien auf. Einen ähnlichen Bau zeigt eine Mulde aus anisischen Kalken im östlichen Teil des Bärenbadkessels, die von Reichenhaller Breccien ummantelt ist. Von einer nach Süden einfallenden Bewegungsbahn getrennt, liegen darauf diskordant nach Süden einfallende Reichenhaller Kalke (?aufgefahrener Süd-Schenkel einer nach Süden anschließenden Sattelzone). Vielleicht steht diese Falte mit der am Dristlköpfl in Verbindung.

Die aus „Alttriasresten“ bestehende Einlagerung im Wettersteinkalk nördlich Am-Übergang bildet die östliche Fortsetzung des erosiven Einschnittes zwischen Hahnkamp und Gamskar-Spitze und wird auch durch eine nordwärts über ein Relief wandernde Überschiebungsmasse erklärt. Der Wettersteinkalk südlich des Blasermahd dürfte während der Überschiebung zertrümmert worden sein. Die südgerichteten Falten aus Reichenhaller Kalken in den Gräben zum Dristenautal hin sind mit denen nördlich des Ochsenkopfes zu vergleichen.

Nördlich des Staner-Joch-Gipfels lagern in einer Wettersteinkalkfurche Sandsteine, die lithologisch dem Buntsandstein zwischen Hahnkamp und Gamskar-Spitze gleichen. Es handelt sich dabei wahrscheinlich um einen von der Erosion verschont gebliebenen Buntsandsteinrest aus der Basis der Überschiebungsmasse.

4.6 Heiterlahner-Flecke—Heiterlahn-Alm-Hochleger—Planberg Punkt 1752 (Tafel 2, Profil N—O)

Am Nord-Abfall des Staner-Joches, zum Weißenbachtal hin, liegen diskordant Reichenhaller Schichten auf Wettersteinkalk. Sie setzen sich aus Breccien, Dolomiten und Kalken zusammen. Zwischen Breccien und Kalken sind nördlich des Heiterlahn-Alm-Hochleger Raibler Schiefer-tone eingepreßt. Der Muschelkalk im Weißenbachtal bildet eine Antiklinale mit einer etwa Ost—West verlaufenden Achse¹⁴⁾.

Auf dem nach Norden einfallenden Muschelkalk liegt in normaler Abfolge Wettersteinkalk. Im Bereich des Süd-Schenkels der Muschelkalk-Falte müßten wir eine Störung annehmen, da sich keine Anzeichen für eine Aufbiegung im Wettersteinkalk des Nord-Schenkels des Staner-Joch-Gewölbes finden lassen. Diese Störungsfläche könnte infolge eines Vorschubs der Wettersteinkalk- und -dolomitmassen südlich des Weißenbach-

¹⁴⁾ Weiter östlich (außerhalb des Kartenbereiches), bergseitig der neuen Achensee-Straße (Rofan), südöstlich „Liendl“, läßt sich ebenfalls eine Muschelkalk-Antiklinale feststellen. Sie wird normal von Wettersteinkalk überlagert. Inwieweit sie mit der Falte im Weißenbachtal zusammenhängt, müßte noch untersucht werden.

tales nach Norden entstanden sein, wobei der sonst liegende Muschelkalk aufgefaltet und nach oben gepreßt wurde. Gleichzeitig damit erfolgte eine weitere Steilstellung des Wettersteinkalkes nördlich des Weißenbachtals. Diese Einengung müßte älter sein als der Einschub der Einheit II bis zur Höhe des Weißenbachtals, da die Reichenhaller Schichten den Süd-Schenkel der Muschelkalk-Falte diskordant überlagern. Der Motor dieser nordwärts gerichteten Bewegung im Wettersteinkalk und -dolomit des Staner-Joches ist vielleicht in der anrückenden tektonischen Einheit II zu suchen. Bei dem im Bachbett aufgeschlossenen Sattel kann es sich jedoch auch um Reichenhaller Kalke¹⁵⁾ handeln, die als eine lokale Verbiegung der Reichenhaller Schichten zu deuten wären, wie sie öfters im Aufnahmegebiet zu finden ist. Damit entfielen ein wichtiges Indiz für die Annahme einer Aufsattelung des Muschelkalkes im Weißenbachtal. Die Achse des Staner-Joch-Gewölbes verläuft etwa 1 km südlich des Weißenbaches¹⁶⁾. Die Grenze Muschelkalk/Wettersteinkalk auf der Südseite des Weißenbachtals (?Süd-Schenkel der Muschelkalk-Antiklinale) ist von den Reichenhaller Schichten verdeckt, die sowohl dem Wettersteinkalk als auch dem Muschelkalk diskordant aufliegen. Die Reichenhaller Gesteine und vielleicht auch die Raibler Schiefertone gehören zu der tektonischen Einheit II, der Wettersteinkalk und der Muschelkalk zur liegenden Einheit I. Der Muschelkalk ist im Kartenbereich das tiefste aufgeschlossene Schichtglied der tektonischen Einheit I. Der auflagernde Wettersteinkalk wird am Bärenkopf von der Einheit II mit Reichenhaller Schichten, Muschelkalk und Wettersteinkalk diskordant überlagert. Der Zusammenhang der Reichenhaller Schichten im Weißenbachtal mit denen am Bärenkopf ist durch quartäre Ablagerungen verdeckt.

In einem Einschnitt im Wettersteinkalk nördlich Heiterlahner-Flecke sind steil einfallenden Klufflächen des Wettersteinkalkes tektonische Breccien angeschweißt. Im Schliffbereich einiger dieser Breccien kann man an winzigen, an der Grenze Wettersteinkalk/Breccien herausgerissenen Gesteinssplintern eine Süd—Nord-gerichtete Bewegung ablesen, also gleichsinnig der angenommenen Überschiebungsrichtung (vergl. S. 48).

4.7 B ä r e n k o p f — B ä r e n b a d - A l m (Tafel 2, Profilskizze P—Q)

Der Kern des Bärenkopfes besteht aus gut gebanktem, steil nach Norden einfallendem Wettersteinkalk. Im Norden weist er schwache Verbiegungen

¹⁵⁾ Diskussionsbeitrag von Dr. M. Sarnthein, z. Z. Kiel, anlässlich einer gemeinsamen Begehung im Sommer 1967.

¹⁶⁾ Schenk (1967) legt die Achse dieses Gewölbes nördlich des Weißenbachtals. Das N-Einfallen des Wettersteinkalkes auf der Südseite des Weißenbachtals spricht jedoch für eine südlichere Lage.

auf und wird durch eine Störung von weniger steil nach Norden einfallendem Wettersteinkalk getrennt. Das Hangende des Bärenkopfes bilden diskordant auf dem Wettersteinkalk liegende Reichenhaller Schichten. Die unmittelbar dem Kontakt benachbarten Reichenhaller Gesteine (rauhwackig anwitternde Breccien und vollkommen zertrümmerte Kalke) passen sich annähernd dem Streichen und Fallen der Schubbahn an; so fallen z. B. an der West-Flanke des Bärenkopfes die Reichenhaller Schichten parallel zur Schubbahn nach Westen ein.

Im Norden finden sich wechsellagernde Reichenhaller Breccien und schwach gefaltete, mit der Stirn nach Süden weisende Reichenhaller Kalke, die z. T. wieder von flach nach Norden einfallenden Kalkbänken diskordant überlagert werden. Gut sichtbar ist hier die dreimalige Wechsellagerung von Reichenhaller Kalken und Breccien. Beim Fehlen rauhwackig anwitternder Breccien sind die auflagernden Kalke an der Kontaktzone zertrümmert. Weiter nach Norden lagert auf den Reichenhaller Schichten Muschelkalk (mit deutlichen Hornsteinwucherungen) und darauf Wettersteinkalk. Das wechselnde Streichen und Einfallen der Überschiebungsbahn deutet auf das Vorhandensein eines kräftigen Reliefs in den Hangendpartien der tektonischen Einheit I hin.

4.8 Tagweide — Kiengufel (Tafel 2, Profil R—S)

Am Südfuß des Staner-Joches liegen diskordant an einer 45° nach Süden geneigten Bewegungsbahn Breccien auf Wettersteinkalk. Südlich davon findet sich nach Süden einfallender Muschelkalk, der den wahrscheinlich südlichsten Teil der tektonischen Einheit II darstellt. Das Einfallen des Wettersteinkalkes und Muschelkalkes spricht hier gegen eine Sattelzone der tektonischen Einheit I, aus deren Kern der ältere Muschelkalk hervorschaut. Auch mit Hilfe von Störungen läßt sich ein Sattel hier nur schwer konstruieren. Einfacher lassen sich die Verhältnisse deuten, wenn man den Muschelkalk als einen Teil der tektonischen Einheit II ansieht, der an einer Schubbahn dem Wettersteinkalk aufgeschoben wurde. Dabei entstanden vermutlich auch die Reibungsbreccien am Südfuß des Staner-Joches (vergl. S. 47).

5 Breccien aus dem Bereich der Überschiebungszone

Bevor nun näher auf das tektonische Geschehen während der Überschiebung eingegangen wird, soll zuerst auf die Untersuchungsergebnisse der Breccien aus der Überschiebungszone (tekt. Einheit II über I) — soweit dies für die Fragestellung notwendig ist — eingegangen werden. Es handelt sich dabei um Breccien, die nach der Anzahl der Komponenten aus Reichenhaller- bzw. Wettersteinkalk- und -dolomitmaterial und den

Lagerungsverhältnissen nach den Reichenhaller Schichten bzw. dem Wettersteinkalk und -dolomit „zugeordnet“ werden. Die Untersuchung dieser Breccien war einerseits notwendig, um einen Beweis für den tektonischen Kontakt zwischen Wettersteinkalk (und Wettersteindolomit) und Reichenhaller Breccien und -Kalken am Sunnflecken überlagert. Am Süd — bei der Annahme eines Erosionsreliefs — ob sich Reste von fossilem Schutt aus diesem Relief in den Breccien verbergen. Auch für die Altersstellung der Überschiebungsvorgänge ist die Untersuchung der Breccien wichtig, da einzelne Breccien von AMPFERER (1942) und HEISSEL (1950) für eine Datierung benutzt wurden. Ferner weisen sie auf das mechanische Bewegungsbild der Überschiebungsvorgänge hin. Es sind insgesamt 60 Dünnschliffe und etwa 160 Anschliffe der Breccien untersucht worden.

5.1 Reichenhaller Breccien

Die Reichenhaller Breccien lassen sich mit Hilfe ihrer Komponenten, des Bindemittels und der Anwitterung im Arbeitsgebiet in 4 Typen einteilen. Zwischen den einzelnen Breccientypen sind Übergänge vorhanden.

Typ I: Netzförmig anwitternde Reichenhaller Breccien, polymikt, mit grauem, kalkigem Bindemittel (Sonnjoch bei p2, Probe 72).

Komponenten: a) Graue Dolomit- und dunkelgraue Kalkbruchstücke, scharfeckig, 1 mm bis 2 cm groß. In den dolomitischen Gesteinsbruchstücken treten durch Herauswittern der Füllung die mit Kalzit ausgeheilten feinen Klüfte wabenförmig hervor. Die Karbonatkörner zeigen öfters Zwillingslamellen. In einzelnen Komponenten finden sich Quarze mit Einsprenglingen, z. T. auch Quarzneubildungen.

b) Gelbe, länglich-eckige Bruchstücke einer feinen Breccie mit Komponenten gleich a), im Bindemittel reichlich diffus verteiltes Eisenhydroxyd.

Bindemittel: Kalkarenomikrit mit eingestreuten Quarzen. Vereinzelt weiße Kalkspatklüfte durchsetzen in gleicher Weise Zement und Gesteinskomponenten. Diese Klüfte werden von anderen, jüngeren, Klüften versetzt. Die Kalzitkristalle der Klüftchen löschen unter gekreuzten Nicols gleich aus. Größere Körner besitzen häufig (z. T. verbogene) Zwillingslamellen.

Typ II: Rauhbackig (netzförmig-kavernös) anwitternde, polymikte Reichenhaller Breccien, mit gelbbraunem, sandig-kalkigem Bindemittel, zementreich, die Komponenten meist im Bindemittel frei schwimmend (p 7, Probe 104/2).

Komponenten: a) Heller Kalkarenit (Wettersteinkalk), eckig, max. 1 cm groß, z. T. zerbrochen; b) mausgrauer, eckiger, z. T. kantengerundeter Kalkarenit, max. 4 mm groß. Sie sind im Dünnschliff nicht von a) zu trennen; c) grünliche, runde bis längliche, max. 1 cm große Sandsteinkomponenten aus Quarz, winzigen Glimmerblättchen und stellenweise toniger Matrix (oder zersetzten Feldspäten). Die bis zu 0,1 mm großen Quarze besitzen Einsprenglinge und einzelne schlauchartige Vertiefungen. Teilweise löschen sie undulös aus. Solche Quarze finden sich auch im Buntsandstein und Raibler Sandstein; d) ein rechteckige, 1,5 mm große Komponente aus Faserquarz und winzigen Glimmerblättchen, wahrscheinlich aus c) entstanden; e) Tonschieferstückchen; f) grauer Dolomit, wabenförmig von dünnen Kalkbändern durchzogen.

Bindemittel: Kalkmikrit. Einige der Kalzitkörner zeigen Zwillingslamellierung. Eingestreut sind vereinzelt — z. T. idiomorphe — Feldspäte, Glimmerblättchen, diffus verteiltes Eisenhydroxyd und viel Quarz. Die Quarze sind eckig bis gut gerundet, teilweise zerbrochen und undulös auslöschend, häufig mit Einsprenglingen. Stellenweise tritt Faserquarz auf.

Typ III: Zellig anwitternde, monomikte Dolomit-Breccien („Zellendolomite“, nordwestlich des Übergangs zwischen Hahnkamp und Gamskar-Spitze, Probe 50/1).

Die sich sandig anfühlende Breccie enthält dolomitische Komponenten und meist kalkiges Bindemittel. Die 2 mm bis 2 cm großen, eckigen Komponenten lagern sperrig im Bindemittel und sind z. T. zerbrochen. Sie setzen sich aus Dolomitarenit, einigen 0,06 mm großen, meist eckigen Quarzen und feinverteiltem Eisenhydroxyd zusammen. Die Dolomitkörner der Breccienkomponente zeigen häufig Zwillingslamellierung. Das Bindemittel besteht aus grauem Kalk mit vereinzelt Dolomitrhomboederchen. Einige Kluffüllungen werden aus Dolomit gebildet. Die Karbonatkörner besitzen häufig verbogene Zwillingslamellen. Im Zement finden sich noch Eisenhydroxyd und einzelne Quarze, z. T. mit Einsprenglingen.

Typ IV: Monomikte, zementarme Breccien der Reichenhaller Kalke (nördlich des Ochsenkopfes bei p 12, Probe 34).

Die grauen, max. 1 cm großen Komponenten der Breccie sind scharfeckig und bestehen aus einem Kalkbiomikrit (Kalkalgenreste) und Quarzen. In einigen Stücken finden sich Reste von Kalkmikrit, alles übrige ist von Quarz- und Quarzineubildungen ausgefüllt. Auch die Algen bestehen nur teilweise noch aus Kalzit, sonst aus Quarz bzw. Quarzin. Zwischen den einzelnen Algenquerschnitten sind die Hohlräume randlich mit Quarzin und in der Mitte mit bis zu 1 mm großen Quarzkristallen ausgefüllt. Mit Kalkspat ausgeheilte Klüfte durchziehen die Komponenten. Das Bindemittel besteht aus hellen, max. 1 mm großen Kalkspatitkristallen, häufig mit verbogener Zwillingslamellierung. Diese sind wandständig den Breccienkomponenten aufgewachsen.

Um die Entstehung dieser Breccien aus dem Bereich der Überschiebungszone zu deuten, werden im folgenden die wichtigsten Beobachtungen im Gelände und an den An- und Dünnschliffen zusammengefaßt:

1. Die Reichenhaller Breccien stehen in den meisten Fällen mit Reichenhaller Kalken in unmittelbarer Beziehung, d. h. sie sind horizontbeständig, oft treten sie in mehrfacher Wechselfolge mit Kalken auf.
2. Sie liegen an der Basis einer Überschiebung.
3. Vielfach kommen beim Fehlen von Typ I und II (zementreich) an der Überschiebungsbahn Typ III oder IV (zementarm) vor.
4. Die Kontaktfläche mit Wettersteinkalk bzw. -dolomit ist diskordant, aber parallel zur Schubbahn.
5. Die Zusammensetzung der Breccien ist meist polymikt, z. T. mit Material (Komponenten) aus dem Liegenden und Hangenden der Überschiebung.
6. Die Anzahl der Wettersteinkalk- bzw. -dolomitkomponenten nimmt zum liegenden Wettersteinkalk bzw. -dolomit zu, ebenso die Anzahl der Reichenhaller Kalkkomponenten zum hangenden Reichenhaller Kalk.

7. Die Komponenten sind meist scharfeckig, selten kantengerundet. Einzelne Stücke sind zerbrochen. Korrespondierende Trümmergrenzen sind zu beobachten. Untergeordnet kommen Konglomerate vor.
8. Die größeren Komponenten sind genauso scharfeckig wie die kleineren.
9. Das Bindemittel ist meist kalkig bis kalkig-sandig, auch wenn die Komponenten aus Dolomit bestehen.
10. Zwillingslamellierung der Kalzit- und Dolomitmörner findet sich sowohl im Bindemittel als auch in den Komponenten.
11. Geopetale Lagerung der Komponenten oder eine Gradierung des Bindemittels ist im allgemeinen nicht zu beobachten. Vereinzelt ist jedoch im Dezimeter- bis Meterbereich eine Wechselfolge von einigen Zentimeter mächtigen Breccien-, Konglomerat- und sandigen, z. T. dünnblättrigen Mergelkalklagen zu finden.
12. Ein ss im Bindemittel ist nicht erkennbar.
13. Fossilien fehlen im Zement¹⁷⁾.
14. Die Quarze im Bindemittel sind häufig zerbrochen.

Folgende Entstehungsarten sind m. E. möglich:

- a) Prä- oder syndiagenetische Entstehung mit einer nachträglichen tektonischen Überprägung.
- b) Schuttmassen im Vorfeld einer Überschiebung, die von einer vorwärts wandernden Überschiebungsmasse deformiert wurden.
- c) Tektonische Reibungsbreccien an der Basis einer Überschiebung.

Für a) könnte man 1, 9, 10 und 14 anführen. Allerdings kann eine Horizontbeständigkeit wie bei 1 auch bei b) und c) eintreten. 10 und 14 könnten während oder auch nach der Überschiebung entstanden sein.

Gegen a) sprechen 3 (vergl. S. 28), 6, 7, 8, 11 und 12. Die vereinzelt vorkommenden sedimentären Strukturen (s. 11) wären als von der Beanspruchung verschont gebliebene Bereiche zu betrachten. Bei einer rupturellen Deformation müssten Komponenten und Bindemittel zerbrochen sein, was im allgemeinen nicht zutrifft. Es sei denn, man nimmt ein „plastisch-fließendes“ Verhalten des Bindemittels an (vergl. S. 52).

Für b) scheint 5 ein Argument zu sein, steht aber im Widerspruch mit der meist scharfeckigen Form sowohl der größeren als auch der kleineren Komponenten, denn eine durchmischte, polymikte Schuttbildung setzt eine gewisse Transportweite voraus, was sich m. E. durch die Form der Komponenten abbilden müßte.

¹⁷⁾ Eine Ausnahme bildet die unter 11 beschriebene Wechselfolge. S c h e n k (1967: 469) fand im Bindemittel eines Konglomerates „fragliche organische Spuren, sowie ein Crinoidenstielglied“.

Gegen b) sprechen 6, 7 und 8, die Wechselfolge mit den Kalken und die Verbreitung der Breccien (1), da größere Schuttansammlungen vermutlich nur am Fuße der Einkerbungen vorhanden waren. Ganz auszuschließen ist die Möglichkeit, daß Teile einzelner, mehr oder weniger großer Schuttmassen mit in die Breccien „verarbeitet“ wurden, jedoch nicht.

Für c): Ein direkter Nachweis der tektonischen Entstehung der Breccien ist m. E. nur für den Breccien-Typ IV (monomikte, zementarme Breccien) möglich. Im Gelände läßt sich deutlich der Übergang zwischen Zerrüttungszonen und weniger tektonisch beanspruchten Kalken erkennen.

Für diesen Breccientyp lassen sich folgende Punkte anführen: 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11 (sedimentäre Strukturen als Relikte gedeutet) und 12. Für die restlichen Breccien vom Typ I bis III sprechen die Beobachtungen im Gelände und an den An- und Dünnschliffen (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11 und 12), in ihrer Gesamtheit betrachtet zumindest für eine kräftige tektonische Durchbewegung. Die sicher vorhandenen sedimentären Breccien wurden dabei stark tektonisch überprägt, wobei ihre sedimentären Merkmale mehr oder weniger verwischt wurden.

Gegen c) spricht scheinbar 9 (vergl. S. 51). 13 scheidet als Indiz für die eine oder andere Entstehungsart aus, da die Reichenhaller Breccien und Dolomite vermutlich in einem hochsalinaren und daher lebensfeindlichen Milieu entstanden.

Die Breccientypen I, II und III sind als Reichenhaller Breccien bei der geologischen Aufnahme ausgeschieden worden, sie entsprechen den Rauhwacken früherer Bearbeiter. Der Breccientyp IV ist zu den Reichenhaller Kalken gestellt und als solcher kartiert worden.

Das rauhwackige Aussehen der Breccien (Typ I bis III) ist im allgemeinen nur auf die mehr oder weniger tiefreichende Verwitterungszone beschränkt und verschwindet nach der Tiefe zu. Die Beobachtung, daß die „Rauhwacken“ nach der Tiefe zu in echte Breccien übergehen, wurde im Arbeitsgebiet sowohl in den Reichenhaller als auch in den Raibler Schichten nahezu überall gemacht. Das rauhwackige Aussehen beruht auf dem verschiedenen starken Widerstand der Komponenten und des Bindemittels gegenüber der Verwitterung. Die Komponenten der „Rauhwacken“ bestehen hier meist aus Dolomit. Stets werden die grauen Dolomite als erste herausgelöst. Über die Art des HerauslöSENS, ob chemisch oder mechanisch, gibt uns ein Bergsturzblock im Lunstreisen Auskunft. Der mehrere Kubikmeter umfassende Block aus einer rauhwackigen Raibler Breccie liegt etwa 20 m westlich von p 1. Er erlaubt, diese — sonst etwa 1 m ins Anstehende hinein stark verwitterte — Breccie sozusagen von „innen“ zu sehen. Ihre Komponenten sind: graue, mergelige Dolomite, schwarze und graue Kalke

und gelber, „geschieferter“ mergelig-sandiger Kalk. Das gelbe Bindemittel ist kalkig-sandig. Die schwarzen Kalkkomponenten erreichen eine Größe von max. 50 cm. Eine solche 50 cm große pyramidenförmige Komponente aus schwarzem Kalk wird von weißen Kalkspatadern durchzogen und von einem mergelig-sandigen Kalk ummantelt. Zwischen dem mergelig-sandigen Kalk und der pyramidenförmigen Komponente befindet sich zum Rande hin ein etwa 1 cm großes Zerreibsel, ebenfalls aus schwarzem Kalk. Die verbliebenen Hohlräume sind mit einem feingeschichteten, grauen, mergeligen, unverfestigten Dolomitschlamm gefüllt, der durch sein geotales Gefüge die Lage des Blockes während der Hohlräumeausfüllung zeigt. Dieser mechanisch intern angelagerte, unverfestigte, graue Dolomitschlamm spricht für ein mechanisches Herauslösen dieses Materials aus der Breccie. Er wurde dann nach mehr oder weniger weiter Verfrachtung in Hohlräumen resedimentiert. Dieser Vorgang setzt die Anwesenheit von Wasser voraus, das infolge der starken Zerrüttung des Gesteins leicht eindringen konnte. Das mechanische Herauslösen der Dolomit-Komponenten ist sichtlich nur auf bestimmte schmale Zonen mit besserer Wassergängigkeit im tektonischen Auflockerungs- oder Verwitterungsbereich beschränkt. Im frischen Aufschluß, mit Ausnahme in stark tektonisch aufgelockerten Bereichen, fehlt aber das rauhwackige Aussehen. Aus diesem Grunde wurde auch die übliche Bezeichnung Reichenhaller und Raibler Rauwacken vermieden und „rauhwackig“ nur als nähere Beschreibung der Breccie benutzt (vergl. PIRKL 1961: 25, SCHENK 1967: 465).

5.2 Breccienbildungen im Wettersteinkalk und -dolomit

Am Brüggelbach, am Südfuß des Staner-Joches, stehen monomikte Breccien an (Proben 2/3 und 3/3).

O. AMPFERER (1942: 5) beschreibt diese Breccie als „Reibungsbreccie“ an der Basis der wandernden Inntaldecke. Für diese Auffassung einer Reibungsbreccie sprechen: 1. diskordante Berührungsfläche mit dem Wettersteinkalk, 2. die Lage an einer Störungszone, 3. zerbrochene Komponenten und verbogene Zwillingslamellen der Kalzitkörner, 4. Übergänge von zementreichen zu zementarmen Breccien bis zum zerrütteten Wettersteinkalk (also eine Abnahme der tektonischen Beanspruchung, vergleiche KNEUPER 1958: 64) und 5. keine Sortierung nach der Komponentengröße.

Östlich des Staner-Joch-Gipfels, bei p 16 (Probe 48/2), findet sich auf einer steil nach Süden einfallenden Klufffläche des Wettersteinkalkes eine 20 × 20 cm große, etwa 1 cm dünne zementarme, monomikte Breccie mit verhältnismäßig glatter Oberfläche. Anstehender Wettersteinkalk und

Breccienkomponenten setzen sich aus Biomikrit zusammen, der z. T. in eine resedimentäre Feinbreccie übergeht. Die größeren Kalzitkristalle zeigen verbogene Zwillingslamellierung. An der Grenze Wettersteinkalk/Breccien sind an einigen Stellen aus dem Wettersteinkalk herausgerissene und einige Millimeter weit transportierte längliche Splitter zu erkennen: Die Komponenten wurden gegenüber dem Wettersteinkalk immer von Süden nach Norden bewegt.

O. AMPFERER (1942: 27) schreibt über ähnliche Breccien am Südfuß des Staner-Joches: „... für welche die Möglichkeit einer Auffassung als alte Schutthalde vielleicht in Betracht kommt... Freilich ist eine tektonische Bildung in Form einer Reibungsbreccie wohl wahrscheinlicher.“

Folgende Gründe erhärten m. E. die letztere Annahme: 1. den noch stellenweise erkennbaren Zusammenhang von Komponenten und Wettersteinkalk; 2. die einige Dezimeter entfernte tektonische Auflagerung von Reichenhaller Breccie auf den Wettersteinkalk und somit die Lage an einer Störungszone; 3. die aus der Grenzfläche des Wettersteinkalkes losgerissenen und einige Millimeter weit transportierten Kalksplitter und 4. verbogene Zwillingslamellen.

Im Bindemittel fehlen dagegen Zwillingslamellen. Dies und die Form der Anlagerung (chemische Internanlagerung) sprechen für eine spätere Ausheilung der Hohlräume.

An der tektonischen Grenze Wettersteinkalk/Reichenhaller Schichten nördlich der Ochsenkar-Alm (bei p 11, Probe 81/1) ist der Wettersteinkalk stark von feinen Klüften durchzogen und geht z. T. in eine Breccie über. Der feingeschichtete, schmutzigweiße Wettersteinkalk besteht aus Kalkmikrit, teilweise mit Zwillingslamellen. Er zeigt mehrere, sich gegenseitig versetzende Kluftsysteme, die ein „Nacheinander“ von Beanspruchungen erkennen lassen (Abb. 10):

1. Ein mit hellem Kalzit ausgeheiltes Kluftsystem, das steil auf ss steht und dieses versetzt. 2. Ungefähr parallel ss verlaufende Klüfte, die 1 versetzen. 3. Eine stärkere Beanspruchung, die unter Zerbergung vor sich ging und zur Breccienbildung führte, 1 und 2 versetzend.

Die Komponenten der unter 3 entstandenen Breccie sind:

a) schmutzigweiße, scharfeckige, meist längliche Kalkbruchstücke (Wettersteinkalk), z. T. im Zement frei schwimmend, z. T. zerbrochen und mit korrespondierenden Trümmergrenzen. Vereinzelt läßt sich noch ihre Transportweite erkennen. b) Eine eckige, 0,5 mm große quarzitisches Komponente. c) Ein kantengerundeter Kalkarenit mit Spuren von Limonit (?Reichenhaller Kalk). d) Bräunliche, stark eisenhaltige Sandsteinstückchen. e) Meist gerundete, max. 8 mm große Komponenten, bestehend aus Karbonat, reichlich Quarz, Eisenhydroxyd und vereinzelt Glimmerblättchen. Die Komponente selbst setzt sich wiederum aus einer Feinbreccie zusammen.

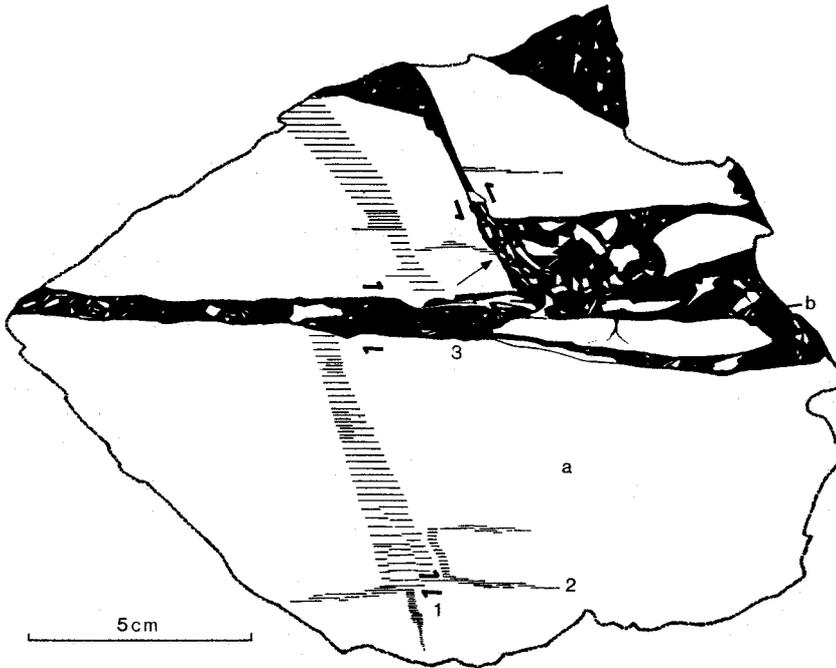


Abb. 10: Wettersteinkalk (a) mit eingepreßtem Gesteinsmaterial (b) aus der Überschiebungsbasis.

Bindemittel: Braun, kalkig-sandig. Die Kalzitkörner sind durchschnittlich 0,04 mm groß (Mikrit) und z. T. zwillingslamelliert. Die reichlich im Bindemittel vorhandenen Quarze sind eckig bis gerundet, max. 0,2 mm groß, mit Einsprenglingen, z. T. Quarzneubildungen (Faserquarz). Außerdem kommen noch vereinzelt Feldspäte, Hell- und Dunkelglimmer und feinverteilt limonitisches Erz vor.

Gegen eine sedimentäre Entstehung sprechen: 1. die Breccienpartien des Wettersteinkalkes verlaufen z. T. schräg bis senkrecht ss; 2. die Lage an einer großen tektonischen Störungszone und 3. korrespondierende Trümmergrenzen, zerbrochene Komponenten und verbogene Zwillingslamellen der Karbonatkörner.

Für eine sedimentäre Entstehung kann man das unter den Komponenten (b, c und d) wie auch im Zement vorkommende Fremdmaterial (Quarz, Feldspat, Glimmer) anführen. Setzt man aber eine tektonische Breccienbildung voraus, so müßte dieses Fremdmaterial wohl unter Druck eingepreßt worden sein. Dafür spricht die Nähe zur großen Überschiebungsbahn. Aus dieser Beziehung könnte man aber auch das vorhandene Fremdmaterial als eingepreßt aus Schuppen, Spänen und ähnlichem von Buntsandstein, Reichenhaller und Raibler Schichten erklären.

Aus den oben genannten Gründen und Überlegungen liegt meiner Ansicht nach hier eine tektonisch entstandene Breccie vor.

Diese Breccie läßt sich mit einer saiger stehenden, N—S verlaufenden gangartigen Einlagerung im Wettersteinkalk vergleichen, die am Fuß der Kaserjoch-Spitze (bei p 7), etwa 3 m südlich vom Beginn eines tektonischen Kontaktes der Reichenhaller Schichten mit dem nach Norden einfallenden Wettersteinkalk, aufgeschlossen ist. Wie weit der „Gang“ in die Wand hineinzieht, läßt sich nicht ermitteln, seine Breite schwankt zwischen 10 und 40 cm. Nach oben läßt er sich mit einzelnen Unterbrechungen etwa 100 m weit in der Wand verfolgen, zum Teil von jüngeren Trennflächen versetzt. Nach unten verschwindet er unter einem schmalen Schuttband. An einigen Stellen sind zwischen „Gang“-Füllung und Wettersteinkalk dünne Breccienlagen des Wettersteinkalkes mit rotem Bindemittel sichtbar¹⁸⁾.

An den Rändern des „Ganges“ sind Kalkspatit-Bildungen zu erkennen, die sich in die Klüfte des Wettersteinkalkes fortsetzen. In der näheren Umgebung kommen noch kleinere Ein- und Anpressungen dieses Materials in bzw. auf den Wettersteinkalk vor.

Die „Gang“-Füllung und Teile des angrenzenden Wettersteinkalkes wurden im Dünnschliff untersucht:

Der Wettersteinkalk besteht aus einem Kalkmikrit; die größeren Kalzitkörner zeigen häufig Zwillinglamellen. Parallele, mit Kalkspatit ausgefüllte Klüfte treffen unter einem Winkel von 45° auf die Spaltenfüllung und enden dort. Außerdem befindet sich im Wettersteinkalk noch eine weiße Komponente aus Dolomitmikrit, die von einem feinen Kluftnetz durchzogen ist. Zwischen Wettersteinkalk und „Gang“-Füllung ist ein 0,1 bis 0,3 mm breiter Saum aus Kalkspatit; zum Wettersteinkalk hin findet sich eine meist scharfe, zur „Gang“-Füllung eine mehr wolkig verlaufende Grenze. Zwischen Saum und Wettersteinkalk treten teilweise Eisenhydroxyd-Anreicherungen auf; an einer Stelle fand sich ein längliches Quarzkorn. Die „Gang“-Füllung besteht aus einer polymikten, zementreichen Breccie.

Komponenten: a) Sandstein, 3 mm groß, bestehend aus Quarzen, Hellglimmer, Feldspäten und Eisenhydroxyd. Die max. 0,1 mm großen Quarze löschen meist undulös aus. b) Kalkmikrit mit vereinzelt Quarzen, Hellglimmer und wolkig verteiltem Eisenhydroxyd. Darin wieder eine winzige Sandstein-Komponente aus mehreren Quarzen und einigen Glimmerfetzen. c) Bruchstücke von laminiertem Kalkmikrit.

Das Bindemittel ist kalkig (Mikrit)-sandig, mit einigen, meist stark zersetzten Feldspäten, reichlich Eisenhydroxyd und kleinen Pyritwürfeln. Die max. 0,2 mm großen Quarze besitzen meist winzige, nicht näher bestimmbare Einsprenglinge und sind eckig bis kantengerundet, einige sind zerbrochen und löschen undulös aus; vereinzelt findet sich Faserquarz. Mit oxydischem Erz belegte Suturen verlaufen parallel der Grenzfläche. Aus dem Zement der „Gang“-Füllung ist Material in die Klüfte des Wettersteinkalkes gedrungen; der oben beschriebene Saum fehlt dort.

¹⁸⁾ Im hangenden Wettersteinkalk wurden oft Breccien mit in feuchtem Zustand leuchtend rotem kalkigem Bindemittel gefunden. Diese Vorkommen sind an Störungszonen gebunden. Am Bärenlahner, Bärenkopf und Staner-Joch ist der Wettersteinkalk an tektonisch durchbewegten Zonen z. T. schneeweiß. Diese Beobachtungen machte auch O. A m p f e r e r (1927) beim Stollenvortrieb des Achensekraftwerkes an der tektonischen Grenze Wettersteinkalk/Reichenhaller Schichten.

Eine sedimentäre Entstehung scheidet m. E. aus folgenden Gründen aus: a) Die nur 3 m entfernte, heutige Überschiebungsgrenze von Gesteinen der tieferen Trias auf Wettersteinkalk; b) die kleineren An- und Einpressungen in der näheren Umgebung und der Vergleich der Lagerungsverhältnisse und des Materials ähnlicher, sicher tektonischer Vorkommen auf dem Wettersteinkalk des Staner-Joches und des Sonnjoches und c) die ähnliche Materialzusammensetzung der Reichenhaller Breccien (vergl. S. 43 ff.) aus der 3 m entfernten Überschiebungsmasse und der „Gang“-Füllung.

Die mylonitischen Breccienlagen zwischen „Gang“-Füllung und Wettersteinkalk bilden kein eindeutiges Indiz für tektonische Entstehung, da sich auch durch Turbidity Currents (LAUBSCHER, 1961 b) solche Einpressungen mit randlicher Zertrümmerung des Wirtsgesteins bilden können.

Meines Erachtens kann der „Gang“ aber als eine Einpressung des unter Druck stehenden Gleitmaterials einer Überschiebung betrachtet werden. Unter dem Druck der überschiebenden Masse können in der unmittelbaren Unterlage vom Wettersteinkalk einzelne Spalten aufgerissen und Material des „Gleitteppichs“ aus der überschiebenden Masse hineingepreßt worden sein.

6 Mechanisches Verhalten des Gleitteppichs

Das im Bereich der Bewegungsbahn zwischen den tektonischen Einheiten I und II anstehende Gebirge setzt sich zusammen aus: Hangend-Teilen des Wettersteinkalkes und -dolomits der liegenden tektonischen Einheit I und Reichenhaller Kalken der hangenden Einheit II sowie dem eigentlichen „Gleitteppich“ aus Reichenhaller Schichten (Breccien, Kalksandsteinen, Mergelkalken), Buntsandstein und Haselgebirgsspänen (Tonstein und Gips) der Einheit II; vielleicht auch noch aus Raibler Schiefer-tonen und Raibler Sandsteinen der tektonischen Einheit I.

Die Annahme eines kräftigen Reliefs im Vorfeld einer nach Norden wandernden Überschiebungsmasse und der dabei teilweise stattfindenden rupturellen Deformation setzt zwischen den tektonischen Einheiten I und II eine hohe basale Reibung voraus. Mechanisch ist daher eine mehrere kilometerweite Überschiebung nur schwer denkbar. Es sei denn, der Gleitteppich hätte eine verhältnismäßig geringe Reibung besessen, die durch plastische (z. B. Gips) Verformung oder/und anomal hohe Porendrucke erklärt werden könnte.

Die Untersuchung der Breccien — wie schon erwähnt — und die Beobachtungsergebnisse hinsichtlich des Aufbaues des Kartierungsgebietes ergeben ein verhältnismäßig deutliches Bild über das mechanische Verhalten des Gleitteppichs.

Auf eine hohe Plastizität bzw. auf eine Art Fließen des Gesteinsmaterials des „Gleitteppichs“ an der Überschiebungsbasis deutet das in Wettersteinkalkspalten gangartig eingepreßte Material (vergl. S. 48 ff.) an der Basis der Überschiebung hin, wobei die eindringende Masse das jetzige Wirtsgestein (Wettersteinkalk) randlich zertrümmerte (Abb. 10). Solch ein plastisch-fließendes Verhalten ist nach HUBBERT und RUBEY (1959) und nach LAUBSCHER (1961 a und b) durch Porenwasserüberdruck infolge tektonischer Einspannung möglich. LAUBSCHER (1961 b: 312) schreibt: „Mikroskopische Untersuchungen an experimentell deformierten Sandsteinen zeigten, daß mit zunehmendem Porendruck ein Zerbrechen immer seltener wird und schließlich ganz aufhört, so daß die gesamte Deformation durch intergranulare Bewegungen bewerkstelligt wird (HANDIN, 1958). Es handelt sich dann schon um ein eigentliches Fließen.“

KVAPIL (1963) führt auf Grund seiner tektonischen Modellversuche ähnliche Erscheinungen auch auf die Plastizität des betreffenden Gesteins zurück. Er kommt u. a. zu dem Ergebnis (S. 41, 42): „Je geringere Festigkeit das Gestein im elastischen Bereich besitzt, desto eher kann es den plastischen Zustand erreichen.“ Dies trifft auch auf die Verhältnisse im Arbeitsgebiet zu, da das gangartig eingepreßte Gestein (sandiger Kalk bis Kalksandstein) sicher eine geringere Festigkeit besaß als das jetzige „Wirtsgestein“ (Wettersteinkalk), das auf die tektonische Beanspruchung durch Bruch reagierte. Nach KVAPIL (1963: 42) ist das möglich, da sich der Gesteinswiderstand gegen Zusammendrücken bei Plastizität vergrößert und so das „... tektonische Zerdrücken fester Gesteine zwischen weichen, aber schon plastischen Gesteinen erklärt werden ...“ kann.

An das Zerbrechen „fester Gesteine zwischen weichen“ erinnert eine vollkommen zertrümmerte, etwa 1 m große Komponente in einem Kalksandstein (Reichenhaller Schichten) in der Nähe einer größeren Störungszone am Fuße der Rofanseilbahn (außerhalb des Kartenbereiches). Sie weist korrespondierende Trümmergrenzen auf, die schlierenförmig in das „Bindemittel“ hineinreichen. Dieses verhielt sich hier bei der tektonischen Beanspruchung plastisch, während die Komponente durch Zerbrechen reagierte.

Auch aus dem Kartenbereich können solche Beispiele angeführt werden: Die häufig unmittelbar dem Wettersteinkalk tektonisch aufliegenden Reichenhaller Breccien besitzen oft Komponenten mit korrespondierenden Trümmergrenzen, die während der Überschiebung eingepreßt wurden, ohne daß ein Zerbrechen des Bindemittels zu beobachten ist. Diese Komponenten dürften z. T. durch ein „Abhobeln“ der spröden Gesteine aus dem

Liegenden (Wettersteinkalk und -dolomit) und Hangenden (Reichenhaller Kalke) durch das sich teilweise plastisch verhaltene Gesteinsmaterial des „Gleitteppichs“ entstanden sein.

Ebenso lassen sich auch die Wettersteinkalkschollen (mit bis zu mehreren Metern Durchmesser) in den Reichenhaller Breccien (Einheit II), die aus dem Hangenden der Einheit I stammen, z. B. nördlich des Ochsenkopfes und Am-Übergang, deuten. Das „Abhobeln“ solch großer Schollen durch die Überschiebungsmasse ist bei der Annahme eines Reliefs an der Oberfläche der liegenden Einheit gut denkbar.

Das Anschweißen von meist zementarmen Reichenhaller Breccien auf den Wettersteinkalk bzw. -dolomit (z. B. am Süd-Abfall des Sonnjoches, auf dem Rücken des Staner-Joches) während tektonischer Prozesse kann man nach KVAPIL (1963: 38) ebenfalls auf die Plastizität zurückführen.

Der Bewegungsbahn benachbart sind häufig Zerrüttungsstreifen, Ultramylonite, vereinzelt geringmächtige (im allgemeinen < 5 cm) Mylonite (Korndurchmesser $< 0,02$ mm) und Breccien mit teilweise sedimentären Strukturen (vergl. S. 43 ff.) sowie Kalke, die kaum (makroskopisch) eine rupturale Deformation zeigen, zu finden. Das weist darauf hin, daß während der Überschiebung ein und dieselbe Gesteinsschicht verschieden reagierte. Dieses Verhalten ist abhängig einmal von der Belastungsgröße, -richtung sowie -geschwindigkeit¹⁹⁾ (KVAPIL 1963: 34 ff), zum anderen von den Gebirgseigenschaften, z. B. der Porosität, der Permeabilität und dem Wassergehalt und schließlich von den Lagerungsverhältnissen. So geschah das Zerbrechen der Reichenhaller Kalke vor allem dort, wo die sich meist gleitbrettartig bewegenden Kalke beim Ausdünnen des Schmiermittels aufeinander oder auf den Wettersteinkalk bzw. -dolomit²⁰⁾ trafen (z. B. Gipfelpartie des Ochsenkopfes).

Die Herabsetzung der inneren Reibung der Gesteine des Gleitteppichs (Breccien, Kalksandsteine, Sandsteine und ?Schiefertone) wurde wohl größtenteils durch hohen Porendruck ermöglicht. Die Gipsvorkommen (Haselgebirge) am Dristkopf, südlich des Dristenautales, und am Süd-Abfall des Bärenkopfes (letzteres von SCHENK 1964 entdeckt) besaßen möglicherweise zur Zeit der Überschiebung eine weit größere Ausdehnung und bewirkten daher zusätzlich durch kristallplastische Schmierung eine Verminderung der basalen Reibung.

¹⁹⁾ Gerade bei der Annahme einer Reliefüberschiebung ist eine Variation dieser Faktoren, besonders der Belastungsgröße, vorstellbar.

²⁰⁾ Auffallend ist, daß häufig unmittelbar an großen Überschiebungsbahnen ein zuckerkörniger, brecciöser, heller Dolomit (Wettersteindolomit) auftritt. Hier könnte vielleicht Dolomitisierung infolge tektonischer Beanspruchung begünstigt worden sein.

7 Höhenunterschiede des Reliefs

Die Rekonstruktion des Reliefunterschiedes während der Überschiebung läßt sich annähernd durch die tektonische Grenze Wettersteinkalk (Einheit I)/Reichenhaller Schichten (Einheit II) durchführen.

Zwischen Hahnkamp und Gamskar-Spitze ist der Einschnitt in den Wettersteinkalk und -dolomit ungefähr 280 m tief. Da am Hahnkamp die Reichenhaller Schichten die Gipfelpartie bilden, bedeutet die Grenze Wettersteinkalk/Reichenhaller Schichten vermutlich die Höhe des südlichen Furchenrandes während der Überschiebung. Vorausgesetzt wird dabei, daß das Staner-Joch-Gewölbe während der Überschiebung bereits vorhanden war und sich später nicht mehr wesentlich verändert hat. Dafür sprechen folgende Gründe: 1. Wenn man das Gewölbe ausglättet, rücken die Flanken des Einschnittes zwischen Hahnkamp und Gamskar-Spitze näher zusammen, was eine Versteilung der Flanken des Einschnittes zur Folge hat. Die Lagerungsformen widersprechen jedoch dieser Annahme. 2. Bei einer horizontalen Lagerung des zum Staner-Joch-Gewölbe gehörenden Wettersteinkalkes würde die Schubbahn nördlich der Kaserjoch-Spitze zwischen Wettersteinkalk und Reichenhaller Schichten teilweise horizontal, an anderen Stellen steil nach Süden einfallend, verlaufen. Mit einem solchen Verlauf der Schubbahn lassen sich aber nicht mehr ohne weiteres die Lagerungsverhältnisse als Süd—Nord gerichtete Überschiebung deuten, z. B. das staffelförmige Absetzen einzelner Kalkbänke. 3. Nimmt man an, daß der Einschnitt im Raume Gamskar-Spitze—Hahnkamp bei flachliegendem, noch nicht zum Gewölbe aufgebogenen Wettersteinkalk bzw. -dolomit entstanden ist, das Gewölbe also erst nach der Überschiebung aufgebogen worden wäre, so würde die Kerbenfüllung bei der Aufwölbung gedehnt worden sein, wofür jedoch keine Anhaltspunkte gefunden wurden. Die jüngeren tektonischen Bewegungen erfaßten somit ein bereits komplex gebautes Gebirge.

Im Bärenlahner beträgt der Reliefunterschied etwa 1800 m. Ähnlich große Reliefunterschiede sind auch im Weißenbachtal, nördlich des Staner-Joches, und südlich, zum Innthal hin, gegeben. Diese verhältnismäßig hohen Reliefunterschiede sind aber wahrscheinlich erst durch jüngere tektonische Bewegungen entstanden, so daß der wirkliche Höhenunterschied des Reliefs während der Überschiebung vermutlich geringer war.

Man kann also lediglich sagen, daß ein Relief mit einem Höhenunterschied von etwa 280 m während der Überschiebung zwischen Hahnkamp und Gamskar-Spitze ziemlich sicher vorhanden war.

8 Die Überschiebungsweiten der tektonischen Einheiten II und III

Faßt man den Muschelkalk am Süd-Fuß des Staner-Joches als den südlichsten Teil der tektonischen Einheit II auf, so ergibt sich bis zu den Reichenhaller Schichten der Einheit II im Norden, am Ende der tektonischen Auflagerung II über I, eine Überschiebungsweite von ungefähr 7 km. Führt man eine solche Rekonstruktion auch für die tektonische Einheit III (Raibler Schichten und Hauptdolomit) durch, so beträgt die Mindestweite des Vorschubs, wenn man vom Raibler Vorkommen am Rizuel, nordwestlich des Brenten-Kopfes, bis an den Nord-Abfall des Lärchkarl-Kopfes ausgeht, knapp 2 km; wenn die Raibler Schichten nordöstlich davon bis zum Zwölferkopf noch zu der Einheit III gehören, — auf diese Möglichkeit wurde bereits hingewiesen — dann beträgt die Überschiebungsweite etwa 4,5 km. Bei diesen Überlegungen ist zu berücksichtigen, daß es sich bei den Werten um keine absoluten Transportweiten handelt, da die heutige Grenze der Überschiebung ein zufälliger Erosionsrand ist, und daß durch spätere tektonische Vorgänge vermutlich weitere Einengungen des Gebirgskörpers erfolgt sind.

Bei der Annahme einer Reliefüberschiebung werden Teile des „Gleitteppichs“ aus der Basalzone vom Relief verschluckt. Das bedeutet, daß nach einer gewissen Transportweite der „Gleitteppich“ ausgedünnt sein wird und die Überschiebung „trockenläuft“. Die dadurch bedingte wesentliche Erhöhung der basalen Reibung müßte — falls die antreibende Kraft inzwischen nicht „aufgezehrt“ wurde und die gleichen tektonischen Kräfte herrschen — beim Weiterwandern mächtige Zertrümmerungszonen schaffen. Es wäre auch möglich, daß Teile einer durch das Ausdünnen des „Gleitteppichs“ „festgefahrenen“ Überschiebungsmasse, nachdem sie mit ihren Basisgesteinen das Relief geglättet hatte, von nachdrängenden Gesteinsmassen selbst wieder überfahren worden wäre. In kleineren Bereichen sind solch angenommene Verhältnisse vorhanden. So entstanden beim Auftreffen von „hart auf hart“ (z. B. Reichenhaller Kalkbänke auf Wettersteinkalk) Zerrüttungszonen; oder an ein Widerlager geratene Kalkbänke wurden abgeschert und von den nachdrängenden Gesteinsmassen überfahren. Jedoch in größeren Bereichen (bezogen auf die gesamte tektonische Einheit II) fehlen solche Verhältnisse.

Aus diesen Überlegungen läßt sich schließen, daß die angegebenen Transportweiten (zumindest der liegenden Bereiche) der tektonischen Einheiten II und III bei dem angenommenen Bewegungsmechanismus und den aufgeschlossenen Gesteinsschichten größenordnungsmäßig, vom Kartierungsgebiet ausgehend, nicht wesentlich überschritten werden konnten.

9 Zur Altersstellung und Gliederung der Überschiebungsvorgänge

O. AMPFERER (1942) nimmt an, daß der Vorschub der Inntaldecke (tektonische Einheit II) schon in vorgosauischer Zeit erfolgt ist. Er kommt zu einer Dreiteilung des Überschiebungsvorganges, wobei der jüngste Vorstoß der Inntaldecke evtl. bis in nachgosauische Zeit reicht. W. HEISSEL (1950: 31, 32) dagegen teilt (auf Grund der Kartenaufnahme von O. AMPFERER) den Überschiebungsvorgang der Inntaldecke (tektonische Einheit II) über die Lechtaldecke (tektonische Einheit I) in zwei Phasen ein.

Für die bunten Breccien auf dem Rücken des Staner-Joch-Gewölbes hält O. AMPFERER (1942: 12, 14) Gosau-Alter für möglich. Da jedoch die bunten Breccien meist dem Wettersteinkalk angeschweißt sind und zu den Reichenhaller Breccien hin Harnischflächen besitzen, folgert W. HEISSEL (1950: 32), daß sie älter sind als die Überschiebung der Reichenhaller Schichten (Basisgesteine der tektonischen Einheit II). Weiter nimmt W. HEISSEL (1950: 32) für jene Breccien am Sonnjoch Gosau-Alter an, die nach O. AMPFERER (1942: 27, 28) aus dem Schuttmantel des Reliefs der tektonischen Einheit I entstanden sind. HEISSEL (1950: 33) kommt daraufhin zu dem Ergebnis, daß auch der älteste Vorstoß der Inntaldecke jünger ist als Gosau. Als weiteren Beweis führt HEISSEL (1950: 33) an: „... , daß nächst den Häusern Bichl“ (außerhalb des Aufnahmebereichs) „bei Maurach hart an der Deckengrenze der Inntal-Decke ziemlich sichere Gosau-Gesteine liegen.“

Mit den bunten Breccien bringt AMPFERER (1939, 1942) Brauneisenüberzüge des Wettersteinkalkes auf dem Staner-Joch als Verwitterungskruste einer alten Landoberfläche in Verbindung. Diese runsig, ungefähr 1 cm mächtige Brauneisenkruste auf einer ss-Fläche des Wettersteinkalkes, die erosiv in einzelne Platten zerlegt ist, findet sich nördlich des Staner-Joch-Gipfels, bei p 15, in unmittelbarer Nähe eines Buntsandsteinvorkommens.

Diese Kruste besteht aus Eisenhydroxyd und Karbonat und grenzt nach unten scharf gegen einen weißgelben Kalkarenit. Der reichlich Limonit führende, zur Kruste hin stärker kavernös werdende Kalkbiomikrit (Kalkalgenreste) des Wettersteinkalkes ist feingeschichtet und geht in eine Inhomogenitätsbreccie (S a n d e r, 1936) über. Nach oben kommt es zu einer Korngrößenzunahme. An der Grenze Kalk/Brauneisen liegen einzelne, max. 0,07 mm große Quarze. Limonitgefüllte Suturen verlaufen ungefähr parallel ss. Die etwas größeren Karbonatkörner zeigen Zwillingslamellierung. Kalkspatitklüfte, die steil auf ss stehen, durchziehen Brauneisenkruste und Kalk in gleicher Weise und versetzen z. T. ein älteres, parallel ss verlaufendes Kluftsystem.

O. SCHULZ (1955) untersuchte im Stefanie-Stollen (Hinterautal, Karwendel) die stratigraphische Grenze Wettersteinkalk/Raibler Schichten. Im Hangenden des Wettersteinkalkes fand er eine 1 bis 3 cm mächtige

FeS₂-Schicht, die in der Oxydationszone eine Brauneisenkruste ergibt. SCHULZ nimmt für die Entstehung dieser FeS₂-Schicht eine synsedimentäre Vererzung an und kommt zu dem Schluß: „Für eine präkarnische Trockenlegung des Meeresbodens mit Verkarstung und Brauneisenbildung sind im betrachteten Bereich keine Anzeichen zu finden.“

Diese Beobachtungen von O. SCHULZ sprechen auch für eine Entstehung der Brauneisenkruste am Staner-Joch als synsedimentäre Vererzung. Außerdem ist die Grenze Kalk/Brauneisenkruste scharf ausgebildet; bei einer Verwitterungskruste wäre ein allmählicher Übergang zu erwarten.

Auch die bunten Breccien auf dem Staner-Joch und die Breccien am Sonnjoch lassen keine Altersdatierung des Vorschubs der Einheit II zu, da es sich um tektonische Breccien handelt, die während des Überschiebungsvorganges der Einheit II über I entstanden sind. Die Rotfärbung des Bindemittels dieser Breccien, die wahrscheinlich zum Vergleich mit den Gosau-Breccien führte, ist häufig bei tektonischer Beanspruchung im hangenden Wettersteinkalk zu beobachten (vergl. S. 50). Weitere Anhaltspunkte für eine Datierung der Überschiebungsvorgänge wurden im Kartenbereich bisher nicht gefunden, so daß über die Altersstellung der Überschiebungsvorgänge zur Zeit nichts Neues ausgesagt werden kann.

Auf Grund einer von O. AMPFERER kartierten Störung, die vom Gramel-Graben (außerhalb des Kartenbereichs) über die Bärenlahner Scharte—Falzurntal—Brunntal—Dristl-Alm in Richtung Zwölferkopf zieht, gliedert W. HEISSEL (1950: 29, 30) die Inntaldecke (tektonische Einheit II) in ein unteres (hauptsächlich Reichenhaller Schichten), und ein oberes Stockwerk (vornehmlich Muschelkalk und Wettersteinkalk).

Die Annahme dieser tektonischen Linie beruht auf einem Buntsandsteinetzen im Bärenlahner, der Zertrümmerung des Wettersteinkalkes südlich des Hirschensteig-Kopfes, einem bedeutenden Buntsandsteinvorkommen westlich und östlich der Dristl-Alm und einem Buntsandsteinstreifen, der sich vom Dristenau-Tal zum Zwölferkopf hinaufzieht. Gelegentlich der geologischen Neuaufnahme erwies sich der Buntsandstein im Bärenlahner als ein mergeliger Dolomit, die tektonische Breccie südlich des Hirschensteig-Kopfes als eine sedimentäre Breccie²¹⁾, die Buntsandsteinvorkommen westlich und östlich der Dristl-Alm als wesentlich kleinere Einschuppungen in den Reichenhaller Schichten und auch der Buntsandsteinstreifen östlich

²¹⁾ Es handelt sich dabei um eine gebankte Breccie mit auffallend gelbem Bindemittel. Die max. 5 cm bis 1 mm großen Komponenten sind eckig bis gut kantengerundet und teilweise geopetal gelagert. Sie bestehen aus einem Kalkmikrit und sind häufig von feinsten, mit Kalkspatit ausgeheilten Haarrissen durchzogen. Das gelbliche Bindemittel der Breccie zeigt z. T. Feinschichtung. S c h e n k (1964) fand in diesem Bereich vermutlich an lokalen Störungen Reibungsbreccien.

des Dristenau-Tales als ein — gegenüber der Karte AMPFERERS — weit kleineres Vorkommen. Hinzu kommt, daß die Reichenhaller Schichten vom Beginn der Auflagerung auf den Wettersteinkalk am Nord-Abfall der Kaserjoch-Spitze bis zur Dristl-Alm eine Einheit ohne größere Störungen darstellen. Diese Lagerungsverhältnisse sprechen gegen die von W. HEISSEL (1950: 29, 30) auf Grund der Aufnahme AMPFERERS angenommene Bewegungsbahn. Damit entfällt aber die Gliederung der tektonischen Einheit II (Inntaldecke) in ein unteres und oberes Stockwerk. Auch der von O. AMPFERER (1942: 32, 38, 91) und W. HEISSEL (1950: 31, 32) angenommene, getrennte Einschub der Inntaldecke (tektonische Einheit II) wird damit hinfällig. Die Überschiebungsvorgänge im Kartierungsbereich werden daher folgendermaßen gegliedert:

1. Einschub der tektonischen Einheit II über I mit Reichenhaller Schichten, Buntsandstein- und Haselgebirgsspänen an der Basis, mit Muschelkalk, Partnachsichten (Drist-Kopf) und Wettersteinkalk im Hangenden (Schaufel-Spitz, Hirschensteig-Kopf, Drist-Kopf und der Nord-Abfall des Bärenkopfes). Möglicherweise waren dieser Einheit auch noch jüngere, inzwischen erodierte oder vielleicht weiter nach Norden transportierte Gesteine aufgeladen.
2. Vorschub der tektonischen Einheit III über I und II mit Raibler Schichten und Hauptdolomit von Königs-Kopf—Hahnkamp-Spitze, Rizuel — Rappen-Spitze — Lärchkarl-Kopf — Rauher-Knöll — Westseite des Lunstkopfes und vielleicht auch die Raibler Schichten am Dristlköpfl und östlich des Dristenau-Tales. Es besteht die Möglichkeit, daß diesen Raibler Schichten jüngere, wieder erodierte Schichtglieder (?Hauptdolomit) auflagerten.

10 Zusammenfassende Darstellung der tektonischen Verhältnisse und ihrer Deutung

Das hauptsächlich aus Wettersteinkalk und -dolomit bestehende Staner-Joch-Gewölbe ist die tiefste aufgeschlossene tektonische Einheit. Es reicht im Norden vom Sonnjoch bis zum Bärenkopf und im Süden vom Lunst-Kopf bis zum Süd-Abfall des Staner-Joches. Die Achse des Gewölbes verläuft etwa Ost—West. Zum Falzturmtal hin biegt sie um und taucht nach NW ab. Im Osten dagegen ist ein Ost-Abtauchen zu erkennen.

Die erosiv eingeschnittene Furche in das Wettersteinkalk- und -dolomit-Gewölbe liegt größtenteils nördlich des Gewölbescheitels und erstreckt sich vom Rizuel im Westen bis zum Heiterlahner-Flecke im Osten. Auch mehr oder weniger quer zu dieser Furche verlaufende Einschnitte, z. B. zwischen Hahnkamp und Ochsenkopf, sind vorhanden.

Die nächsthöhere tektonische Einheit II, deren Schichtglieder von Buntsandstein und Haselgebirgsspänen bis Wettersteinkalk reichen, liegt (z. T. parallel dem ss des liegenden Wettersteinkalkes) mit ihren Basisgesteinen lappenförmig dem Staner-Joch-Gewölbe auf. Im nördlichen Kartenbereich zieht sie — in Ost—West-Richtung — nahezu geschlossen durch. An einigen Stellen, z. B. westlich des Weißenbachsattels oder an der Gufels-Wand, schaut der Wettersteinkalk der Einheit I fensterartig unter der Einheit II heraus. Die Südseite dieses Wettersteinkalkvorkommens ist meist tektonisch stark beansprucht (Zerrüttungstreifen), was die Annahme einer — bezogen auf die Unterlage — Süd—Nord-gerichteten Bewegung der Überschiebung und eines Reliefs im Hangenden der tektonischen Einheit I während der Überschiebung erhärtet.

Einzelne Wettersteinkalkschollen (Einheit I), die auf Reichenhaller Schichten liegen bzw. in ihnen stecken, wurden wohl aus ihrem Verband herausgerissen und an der Überschiebungsbasis mehr oder weniger weit mittransportiert.

Das Relief „verschluckt“ einen Teil der als Gleitteppich vorhandenen Basisgesteine der Einheit II, so daß nach einer gewissen Transportweite diese Gesteine allmählich ausdünnen und die basale Reibung ansteigt. Große Überschiebungsweiten (> 10 km) sind deshalb unwahrscheinlich. Es sei denn, es wären noch Schichten als Gleitmittel beteiligt gewesen, die nicht (?mehr) im Arbeitsgebiet aufgeschlossen sind, oder das Relief im Hangenden der tektonischen Einheit I hätte während der Überschiebung nur eine geringflächige Verbreitung besessen.

Das starke Einfallen der Überschiebungsbahn, wie am Nord-Abfall des Lärchkarl-Kopfes oder nördlich des Sonnjoches, mit 70° bis 80° N wurde vermutlich durch weitere Einengung (z. B. gemeinsame Verfaltung der Einheiten II und I) des Gebirgskörpers nach der Überschiebung bewirkt.

Die wannenartige Verbiegung des Drist-Kopf-Massivs, deren Achse etwa Ost—West verläuft, steht vielleicht mit der Einmuldung der Reichenhaller Schichten nördlich der Bärenbad-Alm in Verbindung. Das von SCHENK (1964, 1967: 470) festgestellte „divergierende Abtauchen der beiden Muldenachsen läßt eine Depression im Streichen des Dristenautales vermuten.“

Die höchste tektonische Einheit III mit Reichenhaller Schichten, Hauptdolomit und Kössener Schichten (nördlich der Hahnkampl-Spitze) liegt sowohl auf der Einheit I als auch auf II. Zu ihr gehören — von Westen nach Osten: Hahnkampl-Spitze, Rauher-Knöll und Rappen-Spitze, möglicherweise auch noch die Raibler Schichten am Dristlköpfl, Am-Übergang, Am-Filz, an der Bärenbad-Alm und an der Heiterlahn-Alm.

Ihr verschiedenartiger Bau — ruhige Lagerung des Hauptdolomits der Rappen-Spitze und des südlichen Teiles des Rauhen-Knöll im Gegensatz zur intensiven Faltung der Hahnkampl-Spitze — wird durch ein unterschiedliches Relief auf der Schubbahn erklärt. Die verschiedenen Lagerungsformen der Einheiten II und III sind trotz der Annahme ähnlicher Überschiebungsvorgänge, zumindest z. T., auf die unterschiedlichen Gesteinseigenschaften zurückzuführen.

Der tektonische Formenreichtum an der Überschiebungsbasis wird größtenteils durch das Überwinden des Reliefs erklärt. Für die Herabsetzung der dabei auftretenden hohen basalen Reibung werden „plastisch-fließende“ Verformungen in den als „Gleitteppich“ wirkenden Gesteinsschichten angenommen.

Im folgenden wird kurz die Möglichkeit der Entstehung der Lagerungsverhältnisse durch Nord—Süd-gerichtete Bewegungen — also entgegengesetzt wie angenommen — erörtert. Die Anregung dazu erfolgte durch die Arbeit von KUCKELKORN (1964) und vor allem durch Diskussionen mit M. SARNTHEIN (siehe Fußnote 15), der aus paläogeographischen Überlegungen und z. T. aus Geländebefunden dieser Auffassung nahesteht.

Im Norden des Staner-Joch-Gewölbes (Einheit I), nördlich der Linie Bärenkopf—Kaserjoch-Spitze—Sonnjoch, müßte ein Teil der sich anschließenden Mulde gehoben und dem Nord-Schenkel des Gewölbes mehr oder weniger schichtparallel aufgeschoben sein. Auch dabei muß ein Relief im Hangenden der überschobenen Masse angenommen werden.

Die komplizierten Faltenstrukturen am Dristlköpfl und im Bärenbad-Kessel oder im Dristenautal (vergl. S. 39 ff.) lassen sich — wenn auch mechanisch komplizierter — durch Nord—Süd-Schub deuten. Die „südvergenten“ Falten, z. B. im Dristenautal, scheinen sogar dafür zu sprechen. Da aber die Anzahl von „süd-“ und „nordvergenten“ Falten im Bereich der Überschiebungszone etwa gleich groß ist, scheiden sie als Indiz aus. Die Entstehung der verbogenen Reichenhaller Kalke nördlich des Ochsenkopfes (vergl. S. 28), die im Norden durch eine steil einfallende Bewegungsfläche vom Wettersteinkalk der liegenden tektonischen Einheit (I) getrennt sind, lassen sich jedoch ohne Zuhilfenahme von komplizierten tektonischen Vorgängen, die noch nach der Überschiebung stattgefunden haben, nicht durch einen Nord—Süd-Schub deuten.

Faßt man einmal die Daten, die eine Süd—Nord-verlaufende Überschiebung annehmen lassen, zusammen, wie 1. die relativ Süd—Nord-gerichtete Transportrichtung einzelner aus dem Wettersteinkalk herausgerissener Gesteinsbruchstückchen am Kontakt Wettersteinkalk/Breccien (vergl. S. 48), 2. die auf Reichenhaller Breccien liegende Wettersteinkalkscholle (vergl. S. 28), 3. das stufenförmige Absetzen der Reichenhaller

Kalke im Süden der Furche nördlich Hahnkamp, Ochsenkopf und Kaserjoch-Spitze, 4. die Zertrümmerung des Wettersteinkalkes an der Süd-Seite des Bläsermahd, 5. die im Süden steiler als im Norden einfallenden Flanken der Einkerbung im Wettersteinkalk zwischen Hahnkamp und Gamskar-Spitze, 6. die Lagerungsverhältnisse nördlich des Ochsenkopfes und 7. die Süd—Nord-gerichteten Harnischstriemen²²⁾ an Überschiebungsbahnen, so ist eine Deutung der Entstehung dieser Verhältnisse m. E. mechanisch einfacher durch Süd—Nord-gerichtete Bewegungen möglich.

Die geologischen Untersuchungen ergaben also, daß sich der komplizierte tektonische Bau im Bereich des Staner-Joch-Gewölbes mit Hilfe einer Reliefüberschiebung, wie sie schon AMPFERER 1924 erkannt hatte, am einfachsten auflösen läßt. An Hand der Untersuchungen konnte die AMPFERERSche Darstellung des Bewegungsbildes der Überschiebungsvorgänge ergänzt und auf das mechanische Verhalten der Gesteine an der Basalzone der Überschiebung hingewiesen werden. Die Lagerungsverhältnisse erwiesen sich einfacher, der Bewegungsmechanismus jedoch weit komplizierter als angenommen. Die Darstellung dieser Verhältnisse kann nur als ein vereinfachter Deutungsversuch gewertet werden, da die mechanischen Vorgänge bei einer Überschiebung komplex und damit schwer überschaubar sind²³⁾.

Im einzelnen ergibt sich für den tektonischen Bau des bearbeiteten Gebietes zusammenfassend folgendes Bild:

1. Im Arbeitsgebiet lassen sich drei übereinanderliegende tektonische Einheiten (I bis III) feststellen, die z. T. wieder in einzelne Schollen zerlegt sind.
2. Diese Lagerungsverhältnisse entstanden durch deckenförmige Überschiebungsvorgänge.
3. Vorschub der tektonischen Einheiten II und III erfolgte relativ zu ihrer Unterlage (Einheit I) von Süden nach Norden.
4. Die hangenden Schichtglieder der untersten tektonischen Einheit I wurden bereits vor der Überschiebung bis auf (?) Raibler Schichten und Wettersteinkalk bzw. -dolomit erodiert. Dabei wurde ein kräftiges Relief geschaffen.
5. Reliefunterschiede bis 280 m während der Überschiebung sind noch verhältnismäßig sicher feststellbar.

²²⁾ Die Harnischstriemen könnten jedoch auch durch jüngere Bewegungen entstanden sein.

²³⁾ Hinzu kommen noch die sicher stattgefundenen chemischen Vorgänge in den Kalken infolge tektonischer Beanspruchung während der Überschiebungsvorgänge.

6. Die Gesteine aus der Basis der Überschiebungsmasse füllten größtenteils die an der Oberfläche der tektonischen Einheit I erosiv entstandenen Reliefunterschiede aus. Die darüber wandernden höheren Schichtglieder der Überschiebungsmasse erlitten im Verhältnis zu ihrer Unterlage eine geringere tektonische Beanspruchung.
7. Diese, z. T. vermutlich einzzeitig (SANDER, 1936) verlaufenden Vorgänge hatten folgende Abfolge: a) Aufbiegen des Staner-Joch-Gewölbes (Einheit I), b) kräftige Erosion, c) Einschub der tektonischen Einheit II über I, d) Erosion, e) Einfahren der tektonischen Einheit III auf I und II, f) Aufrichten einzelner Überschiebungsbahnen durch weitere Einengungsvorgänge des Gebirgskörpers (vermutlich auch schon während oder nach c).
8. Der Vorschub der Einheit II über I fand auf einem „Gleitteppich“ statt, der aus Basisgesteinen (Breccien, Kalksandsteinen, Mergelkalken der Reichenhaller Schichten, untergeordnet Buntsandstein und vereinzelt Haselgebirgs-Spänen) der Überschiebungsmasse und vielleicht auch aus Raibler Schichten (Schiefertonen, Sandsteinen und Breccien) der liegenden Einheit I bestand. Die Herabsetzung der basalen Reibung geschah vermutlich infolge hoher Porendrucke durch tektonische Einspannung und untergeordnet durch kristallplastische „Schmierung“ (Gips). In Bereichen mit hoher Reibung erfolgte z. T. eine ruptuelle Verformung, z. B. beim Ausdünnen des „Schmiermittels“ zwischen den Reichenhaller Kalken (Einheit II), die gleitbrettartig bewegt wurden, oder beim Auftreffen dieser Kalke auf den liegenden Wettersteinkalk oder -dolomit (Einheit I).
9. Über die bereits wieder teilweise erodierte Einheit II folgte der Einschub der Einheit III mit Raibler Schichten, die, mit Ausnahme der Kalke, als Gleithorizont wirkten, und Hauptdolomit. An ihrer Basis dürften sich ähnliche mechanische Vorgänge wie an der Basis der Überschiebungsmasse II über I abgespielt haben.
10. Die heute noch nachweisbare Überschiebungswerte der Einheit II über I beträgt vom Süd-Fuß des Staner-Joches bis nördlich des Zwölferkopfes etwa 7 km; diejenige der Einheit III über I und II etwa 4,5 km.
11. Die heutigen Ränder der Überschiebungsmassen sind durch Erosion bedingt und lassen daher keine Aussage mehr über die absolute Transportweite der Einheiten zu.
12. Die „Südvergenz“ einzelner Reichenhaller Kalkbänke, die meist von Kalken und/oder Breccien der Reichenhaller Schichten diskordant überlagert werden, entstand dadurch, daß sie während der Überschiebung an ein Widerlager geraten und von nachdrängenden Gesteins-

massen gestaucht, abgesichert, aufgerichtet und schließlich überfahren wurden.

Einzelne Daten, die für die Richtigkeit der Annahme einer Reliefüberschiebung herangezogen wurden, lassen sich im einzelnen für sich allein betrachtet auch auf andere Weise deuten, doch das Zusammenpassen dieser Einzelergebnisse spricht m. E. für diese Auffassung.

11 Schriftennachweis

- Ampferer, O.: Bericht über die Neuaufnahme des Karwendelgebirges. — Verh. Geol. R.-A., 10, 1902, S. 274—276, Wien 1902.
- Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen (1. Fortsetzung). — Jb. Geol. B.-A., 74, 1924, Wien 1924.
- Die Reliefüberschiebung des Karwendelgebirges. — Jb. Geol. B.-A., 78, 1928, S. 241—256, Wien 1928.
- Über die Neuaufnahme des Karwendelgebirges. — Mitt. Alpenländ. geol. Ver. (Mitt. Geol. Ges.) Wien, 32, 1939, S. 119—123, Wien 1939.
- Geologische Formenwelt und Baugeschichte des östlichen Karwendelgebirges. — Denkschr. Akad. Wiss. Wien, math. nat. Kl., 106, 1942, S. 1—95, Wien 1942.
- Ampferer, O. und Pinter, K.: Über geologische und technische Erfahrungen beim Bau des Achenseewerkes in Tirol. — Jb. Geol. B.-A., 77, 1927, S. 279—332, Wien 1927.
- Heissel, W.: Das östliche Karwendel. — Erläuterungen zur Karte des östlichen Karwendel und des Achenseegebietes von O. Ampferer, 55 S., 1 Prof. und 1 tekt. Übersichtstafel, Innsbruck (Wagner) 1950.
- Hubbert, M. K. and Rubey, W. W.: Role of fluid pressure in mechanics of overthrust faulting I. — Bull. Geol. Soc. Am. 70, 1, February 1959, S. 115—166, New York 1959.
- Jerz, H.: Untersuchungen über Stoffbestand, Bildungsbedingungen und Paläogeographie der Raibler Schichten zwischen Lech und Inn (Nördliche Kalkalpen). — Geol. Bav. 56, S. 3—102, 32 Abb., 2 Tab., 5 Beilagen. München 1966.
- Kneuper, G.: Brekziengrößen-Analyse, ein Hilfsmittel zur kleintektonischen Untersuchung von größeren Störungen. — N. Jb. Geol. Paläont. Mh. 7, 1958, S. 320—328, Stuttgart 1958.
- Kuckelkorn, K. F.: Tektonische Untersuchung der Unterinntal-Zone zwischen Terfens und Wörgl in Tirol. — Unveröff. Diss., 117 S., 21 Abb., 6 Taf., Univ. München 1964.
- Kvapil, R.: Tektonische Experimente an natürlichen Gesteinen. — Geologie und Bauwesen Jg. 29 (2), S. 32—49, Wien 1963.
- Laubscher, H. P.: Die Fernschubhypothese der Jurafaltung. — Ecl. Geol. Helv., 54 (1), 1961, S. 221—282, Basel 1961 (1961 a).
- Die Mobilisierung klastischer Massen. — Ecl. Geol. Helv., 54 (2), 1961, S. 283—334, Basel 1961 (1961 b).
- Metz, K.: Lehrbuch der tektonischen Geologie. — 294 S., 188 Abb., Stuttgart (Enke) 1957.
- Pichler, A.: Zur Geognosie der nördlichen Kalkalpen Tirol (IV). — Jb. Geol. R.-A., 1856, 7. Jg., S. 717—738, Wien 1856.
- Pirkel, H.: Geologie des Triasstreifens und des Schwazer Dolomits südlich des Inn zwischen Schwaz und Wörgl (Tirol). — Jb. Geol. B.-A., 104 (1), 1961, S. 1—151, Wien 1961.
- Sander, B.: Beiträge zur Kenntnis der Anlagerungsgefüge. — Z. Kristallogr. Min. Petrogr. B, Min. u. Petr. Mitt., 48, 1936, S. 27—209, Leipzig 1936.
- Sarnthein, M.: Sedimentologische Profilreihen aus den mitteltriadischen Karbonatgesteinen der Kalkalpen nördlich und südlich von Innsbruck. — Verh. Geol. B.-A., 1965 (1/2), S. 119—162, 1 Taf., Wien 1965.

- Schenk, V.: Geologische Untersuchungen zwischen Pertisau am Achensee und Stanser Joch, Tirol. — Unveröffent. Dipl.-Arb., Univ. München 1964.
- Die Faziesentwicklung der Reichenhaller Schichten und die Tektonik im Süden des Achensees, Tirol. — Geol. Rdsch., 56, 1967, S. 464—473, 2 Abb., Stuttgart 1967.

Bei der Schriftleitung eingegangen am 2. Oktober 1967.

GEOLOGISCHE KARTE DES STANER JOCHES UND SEINER UMGEBUNG (ÖSTLICHES KARWENDEL, TIROL) VON EDMUND KRAUTER

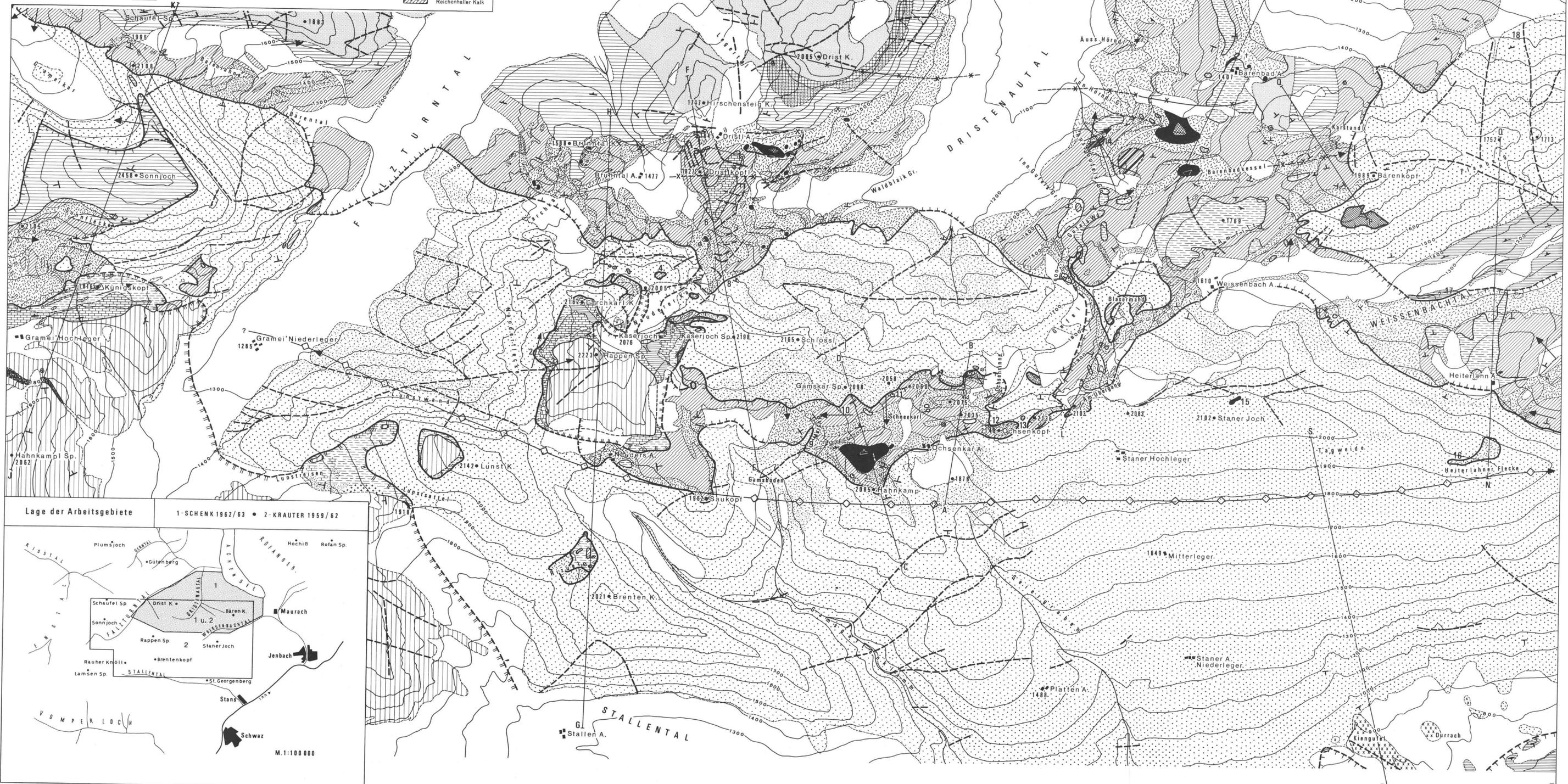
UNTER BENÜTZUNG DER AUFNAHMEN VON V. SCHENK

TAFEL 1

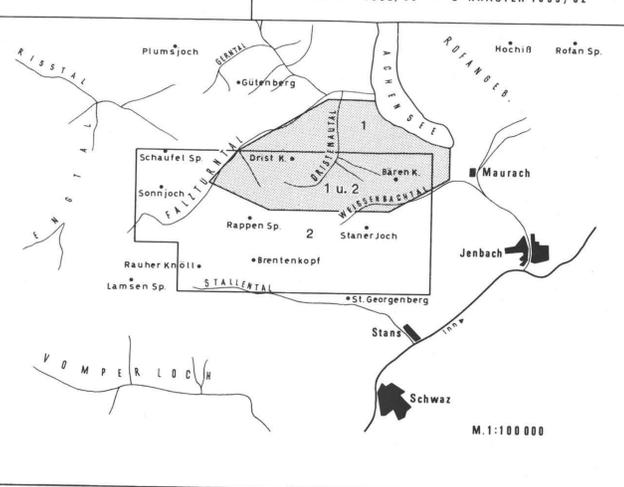
- | | | | |
|-----------------|--|--|--|
| TERTIÄRS | Tekt. Einheit I
(„Lechtaleinheit“) | Tekt. Einheit II
(„Inntaleinheit“) | Tekt. Einheit III
(„Lechtaleinheit“) |
| | Hauptdolomit | Hauptdolomit | Kössener Schichten |
| | Raibler Breccien u. Dolomite | Raibler Breccien u. Dolomite | Hauptdolomit |
| | Raibler Kalke | Raibler Kalke | Raibler Sandsteine u. Schiefer tone |
| | Raibler Sandsteine und Schiefer tone | Raibler Sandsteine u. Schiefer tone | Wettersteinkalk u. -dolomit |
| | Wettersteinkalk u. -dolomit | Wettersteinkalk | Wettersteinkalk |
| | Muschelkalk | Muschelkalk | Partnach Kalke u. Mergel |
| | | Muschelkalk | Muschelkalk |
| | | Reichenhaller Kalke | Reichenhaller Breccien u. Dolomite |
| | | Reichenhaller Kalke | Buntsandstein u. Haselgebirge, Gips |

- Schichtgrenzen
- tektonische Grenzen
- Überschiebungsgrenzen der tektonischen Einheit II über I
- Überschiebungsgrenzen der tektonischen Einheit III über II und I } Zacken zeigen zur hangenden Einheit
- Störungen, morphologisch hervortretend
- Zerrüttungstreifen am Südfuß des Stanner Joches
- Schichtflächen
- <30°
- 60°
- >60°
- horizontal
- Faltenachsen
- <30°
- 60°
- >60°
- Muldenachsen der tektonischen Einheit II
- Sattelachsen der tektonischen Einheit I
- 1 - 18 Probenentnahmen, Meßpunkte, etc.
- Fossilfundpunkte
- Profile
- z. B. Raibler Schutt über Reichenhaller Kalk

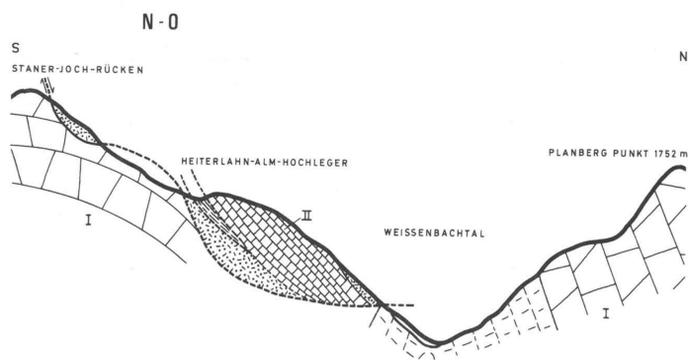
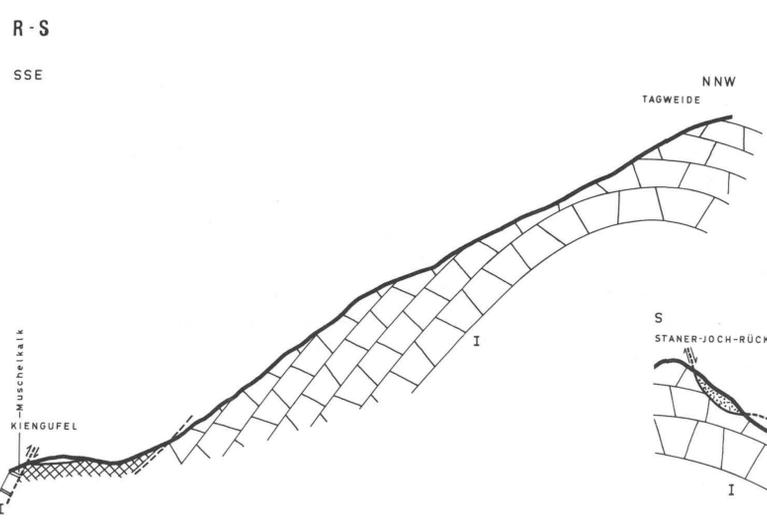
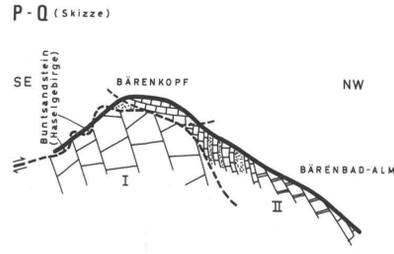
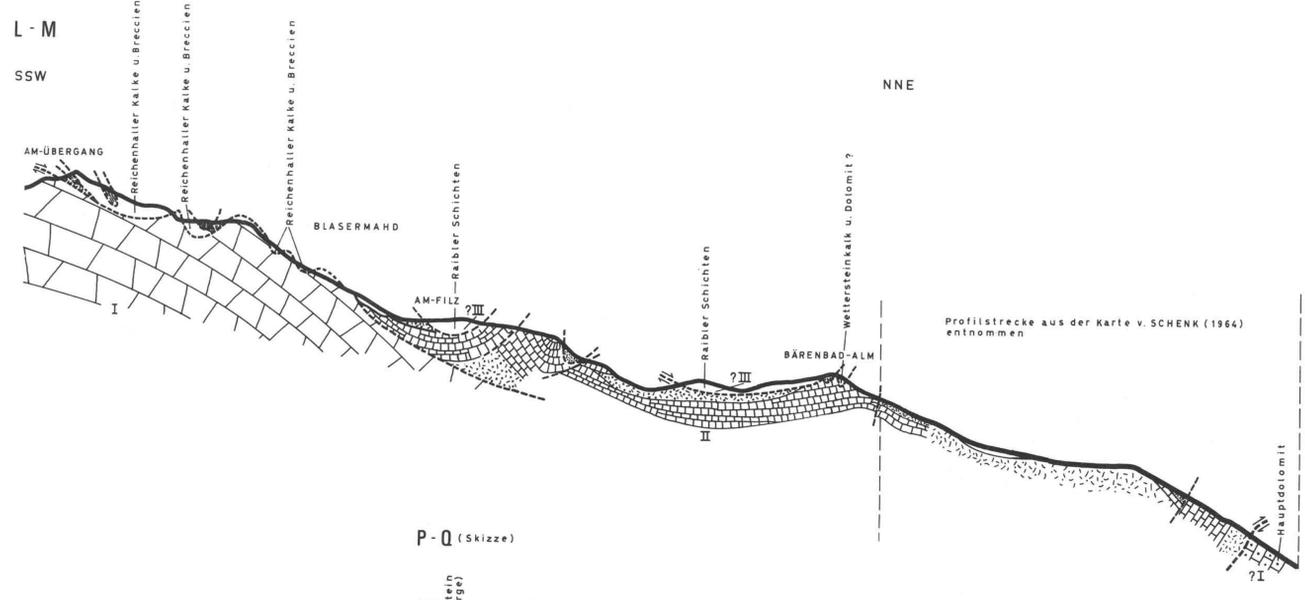
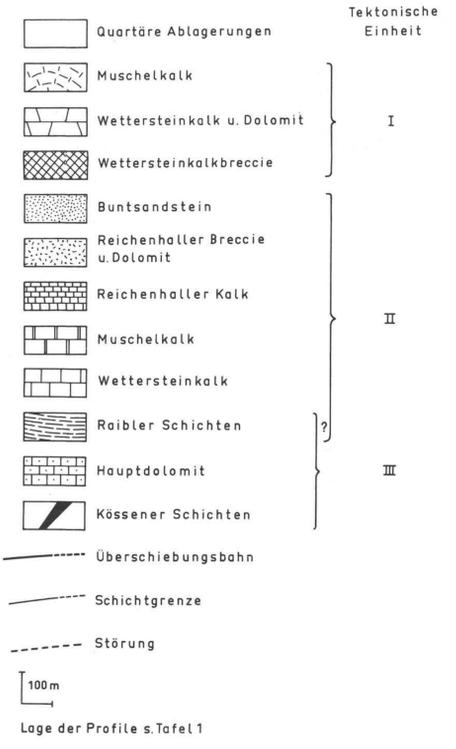
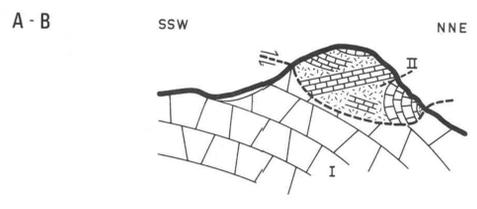
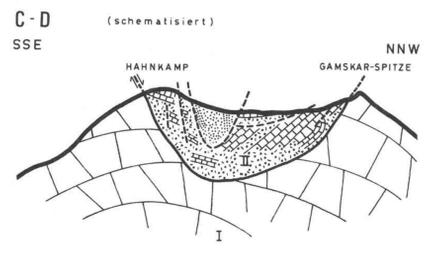
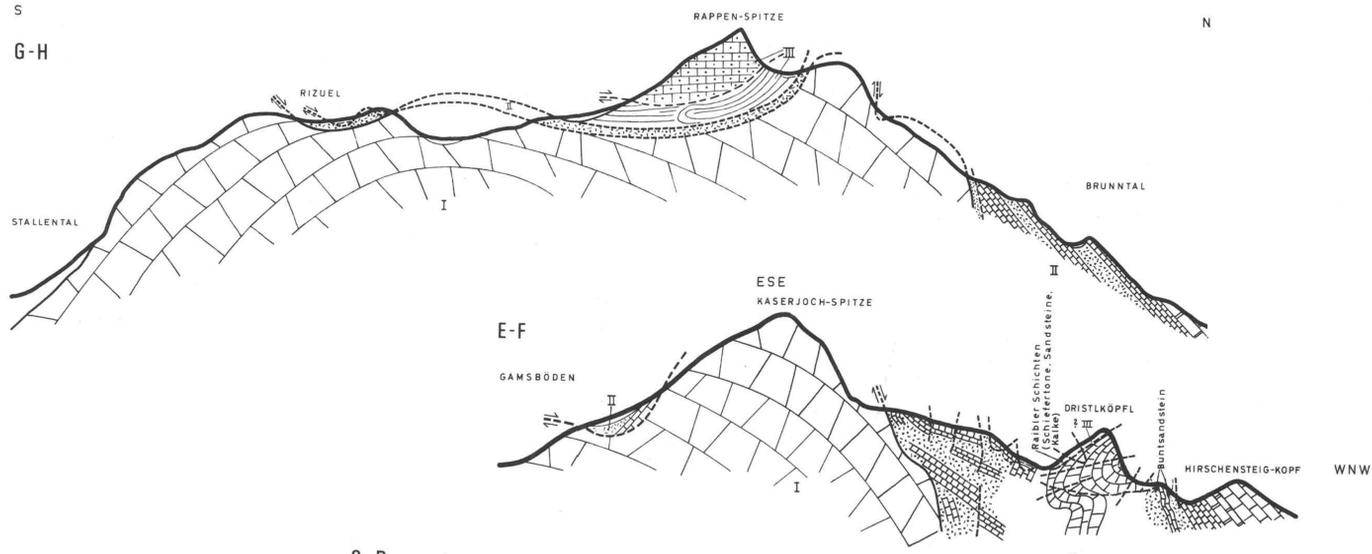
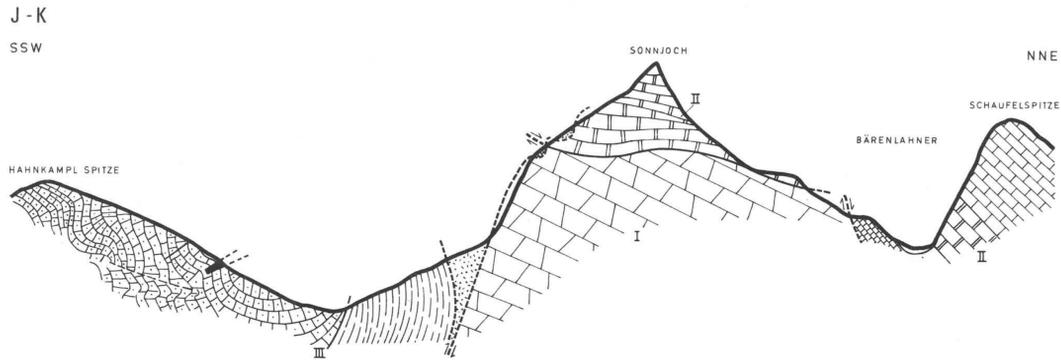
0,5 km



Lage der Arbeitsgebiete 1-SCHENK 1962/63 • 2-KRAUTER 1959/62



PROFILE DURCH DAS STANER-JOCH UND SEINE UMGEBUNG



Zusammenstellung der Ergebnisse aus den Schwermineralanalysen

Tabelle 2a

Nr. der Probe	10	11	12	15	16	18	23	30	39	74	77	147	156	159	165	177	179	181	187	188	192	196	201	207	211	215	218	219	230	233	236	238	242	244	247	251	253	254	256	257	259	262	264	267	272	277	Nr. der Probe
Granat	49,8	39,2	30,8	23,6	8,2	36,6	1,8	34,4	26,8	26,8	57,6	30,8	14,2	40,0	2,4	22,2	18,0	22,2	55,6	14,8	15,4	12,2	17,4	16,4	27,6	35,2	59,0	12,4	40,6	19,4	3,8	15,6	45,4	5,8	39,6	10,8	18,4	27,2	19,4	37,8	48,6	33,8	39,6	63,2	30,2	32,0	Granat
Amphibol	0,4	1,6	2,6	6,2	5,4	3,2	21,4	11,0	4,4	3,6	1,4	2,4	4,4	6,0	20,0	18,0	2,6	15,4	5,8	5,4	1,8	4,0	3,4	4,0	22,8	3,0	2,2	5,2	4,4	2,0	2,8	1,4	2,6	3,4	1,0	1,8	11,6	12,0	10,8	1,2	4,0	2,8	1,4	2,4	15,4	10,2	Amphibol
Turmalin	2,0	3,8	5,2	4,6	6,0	3,0	2,8	2,2	1,2	4,2	1,4	1,4	3,2	3,0	3,4	2,8	4,2	2,2	2,6	6,2	1,8	2,2	3,4	2,8	3,0	1,8	1,2	4,6	2,2	5,0	7,8	4,6	1,6	5,6	-	2,6	4,6	3,0	4,8	4,0	1,6	2,2	0,6	-	1,4	3,2	Turmalin
Rutil	1,4	2,8	4,2	1,4	1,6	1,4	2,6	2,0	0,8	1,4	1,6	4,0	2,2	4,2	4,2	3,4	2,4	2,0	2,0	1,8	0,8	0,8	2,0	2,2	0,6	3,8	0,4	1,2	4,0	6,2	1,0	5,0	0,2	2,2	0,8	5,8	0,8	2,2	1,0	1,0	0,6	-	6,2	-	2,0	1,4	Rutil
Zirkon	5,6	5,0	5,2	6,2	7,0	3,6	4,6	2,8	1,4	0,6	0,2	3,6	4,2	0,4	3,8	1,6	3,2	2,4	2,4	4,2	4,4	5,8	3,8	3,8	1,0	4,4	2,2	4,2	1,8	4,6	1,4	2,6	1,4	1,8	3,8	8,6	2,0	1,6	0,4	2,2	0,6	4,0	2,8	-	2,6	1,4	Zirkon
Titanit	1,4	3,4	3,0	2,0	5,4	2,6	2,0	1,2	1,2	-	2,8	1,8	1,8	-	1,6	1,4	1,6	2,0	2,8	1,8	1,4	3,4	3,0	3,4	1,0	3,8	0,4	3,8	1,4	2,0	4,2	0,4	1,8	2,6	2,6	3,6	2,2	0,6	4,6	2,0	0,6	1,8	3,0	1,4	2,0	3,8	Titanit
Staurolith	9,8	7,0	10,6	5,0	8,6	6,2	8,8	2,8	5,6	6,0	6,2	8,4	7,6	9,2	6,2	5,8	10,6	4,6	5,8	9,0	5,8	5,6	7,4	8,0	5,6	7,4	5,6	11,0	7,6	10,0	11,4	17,8	2,6	18,2	7,6	16,0	7,4	4,6	17,4	12,8	7,0	10,2	7,0	5,2	7,6	0,6	Staurolith
Disthen	3,8	3,0	4,2	2,8	5,2	2,2	6,0	4,0	3,8	4,0	2,6	2,8	4,4	2,8	8,2	8,0	8,6	3,0	4,2	8,0	4,2	8,4	7,4	6,2	2,2	0,8	1,0	2,6	6,6	6,8	5,8	5,0	6,6	9,0	6,2	5,2	4,0	5,2	3,2	5,6	3,0	6,0	1,6	2,6	2,2	5,6	Disthen
Klinozoisit-Epidot, Zoisit	1,6	3,2	3,6	8,8	5,2	4,4	4,6	1,0	0,8	6,8	2,6	5,0	4,6	2,2	5,6	4,6	4,8	3,4	3,8	3,6	4,0	1,8	6,2	6,4	3,4	3,0	1,8	4,2	1,8	2,2	8,8	2,2	2,2	6,6	3,6	2,4	4,2	7,0	6,0	4,0	9,6	1,4	8,4	3,8	2,0	4,0	Klinozoisit-Epidot, Zoisit
Opak	17,6	23,2	22,2	30,8	37,8	31,0	33,2	32,0	49,2	39,2	20,4	35,2	36,6	26,0	37,2	28,4	34,4	32,4	11,2	35,8	24,6	50,0	37,2	37,2	28,0	31,6	24,2	42,8	23,8	23,8	42,8	39,6	31,6	38,0	29,0	36,6	36,2	30,6	28,4	23,2	20,8	33,6	24,6	20,2	27,4	26,2	Opak
% Schwerminerale	3,12	2,02	2,33	3,98	2,12	2,45	1,97	2,09	3,67	1,73	6,99	1,66	1,07	3,02	1,59	1,20	1,03	1,97	4,87	2,22	3,03	1,87	6,71	1,97	0,67	2,51	9,30	2,02	4,54	0,99	1,05	1,66	2,66	1,10	8,76	1,12	0,64	1,62	2,71	2,14	2,00	2,06	0,65	6,02	7,41	3,47	% Schwerminerale

Zusammenstellung der Ergebnisse aus den Schwermineralanalysen.
Die Summe der Prozentanteile der angeführten Schwerminerale beträgt durchwegs weniger als 100%. Die fehlende Differenz bilden unbestimmbare Körner oder Minerale, die in unwesentlicher Menge auftreten, wie Olivin, Pyroxen, Apatit und Chloritoid; Sillimanit (?), Andalusit (?) und Korund wurden nur in je zwei Proben in sehr geringem Umfang beobachtet.

W. Skala: Lithologische Untersuchungen an den Sanden der Kirchberger-Karnerberger-Zwischenserie (Pannon C, Steirisches Becken) Steiermark

Zusammenstellung der Ergebnisse aus den Schwermineralanalysen

Tabelle 2b

Nr. der Probe	279	284	287	288	292	295	297	302	306	309	312	316	320	324	326	329	331	333	338	340	343	345	347	348	349	354	357	359	366	369	370	371	373	375	376	377	381	382	387	389	390	402	404	405	423	424	Nr. der Probe
Granat	2,8	26,0	19,6	48,0	47,2	47,0	9,8	22,4	5,2	34,4	10,0	13,6	33,2	22,4	44,8	25,4	2,6	32,4	42,8	35,8	20,0	22,6	34,8	30,4	11,6	49,6	35,2	55,2	36,0	17,0	11,6	20,8	36,0	50,4	2,2	41,6	56,8	25,6	28,8	12,2	26,0	2,0	55,6	51,4	31,6	20,0	Granat
Amphibol	4,4	9,6	14,6	3,4	2,0	13,0	26,8	7,4	41,2	25,2	35,4	8,4	16,0	22,8	5,4	11,4	27,2	3,0	10,6	15,4	21,2	18,6	1,6	4,2	21,0	8,2	1,0	1,2	20,6	25,6	27,6	15,6	18,6	15,8	27,2	11,2	1,8	13,8	3,2	2,8	2,0	0,8	11,0	2,6	15,4	12,4	Amphibol
Turmalin	4,0	4,4	3,4	1,0	1,0	3,0	2,6	3,6	1,4	1,0	2,0	4,4	0,4	3,4	—	1,2	5,2	1,0	1,2	1,8	2,0	2,0	2,2	3,2	1,4	1,2	1,0	0,4	4,6	4,2	2,6	3,0	4,6	2,6	7,6	3,8	1,6	1,8	5,2	3,0	4,4	7,8	—	2,4	1,0	3,6	Turmalin
Rutil	1,4	5,2	4,8	3,0	2,6	4,2	2,2	5,0	0,8	1,2	1,0	1,4	0,6	2,2	3,2	4,2	3,0	1,2	2,6	4,0	1,8	0,8	2,8	2,0	2,6	1,4	2,2	1,0	2,4	1,2	2,4	1,4	0,6	2,2	4,0	2,0	1,6	2,6	1,4	9,8	3,4	6,6	1,2	1,4	1,8	1,2	Rutil
Zirkon	3,8	6,0	2,4	—	3,4	0,8	1,8	9,6	2,0	0,4	1,0	1,0	2,0	2,6	—	5,4	5,8	1,8	2,2	0,4	2,4	1,4	1,0	4,4	1,6	—	4,4	2,4	—	4,0	2,2	4,2	2,0	0,6	4,4	—	2,6	2,8	—	6,8	3,8	10,4	0,8	2,6	1,6	1,2	Zirkon
Titanit	3,4	3,4	2,0	1,8	1,2	1,6	3,8	3,8	2,6	2,2	1,4	2,8	3,6	2,8	2,6	2,2	5,4	1,8	1,0	1,4	—	2,0	2,6	1,4	—	3,2	0,8	1,4	2,0	1,6	2,0	0,8	1,4	—	4,6	1,0	0,4	2,0	2,2	2,4	—	5,6	0,6	1,6	1,2	0,4	Titanit
Staurolith	18,0	6,2	11,2	4,0	4,4	6,8	6,8	5,6	6,2	1,8	5,8	8,8	4,8	7,4	4,0	5,6	6,6	8,8	6,8	6,2	8,8	13,0	3,4	9,2	13,2	3,8	10,0	2,6	—	7,6	5,8	7,4	4,2	1,6	9,6	2,6	7,0	5,8	4,4	13,6	10,8	10,4	5,6	7,6	6,2	6,8	Staurolith
Disthen	3,4	3,2	3,0	2,0	4,6	—	4,2	4,6	5,0	2,6	3,6	4,6	3,1	2,4	1,0	4,4	3,8	1,0	2,8	2,0	2,6	3,6	4,8	5,2	2,2	1,4	4,2	3,4	1,6	2,4	4,0	2,0	3,8	1,2	5,6	2,0	2,2	4,8	4,2	2,0	3,2	4,2	0,6	2,8	5,6	2,4	Disthen
Klinozoisit-Epidot, Zoisit	7,0	2,6	2,6	4,2	0,8	3,8	8,0	2,2	3,6	2,4	2,6	3,6	2,2	5,0	7,8	2,8	4,0	2,6	3,8	6,4	2,2	2,2	8,6	3,2	5,0	6,0	5,6	3,8	8,8	3,6	6,2	4,4	4,8	4,0	4,0	6,8	3,4	2,2	9,2	2,4	1,4	2,4	3,2	3,6	0,8	4,4	Klinozoisit-Epidot, Zoisit
Opak	44,8	25,4	30,6	30,2	27,6	17,0	30,2	29,6	26,0	23,8	32,0	42,0	28,0	23,6	21,2	31,6	28,6	46,4	20,8	24,4	33,6	26,2	30,0	27,6	29,6	21,2	27,6	23,2	16,2	27,6	31,2	34,8	20,0	19,6	20,0	24,4	19,0	33,6	32,0	42,2	38,4	41,6	20,4	18,0	29,6	42,8	Opak
% Schwerminerale	0,58	3,00	2,38	6,70	2,26	5,54	2,35	1,15	1,50	7,11	7,18	0,94	8,97	3,19	4,27	3,00	2,28	5,34	10,78	11,26	7,46	2,17	2,59	4,76	2,70	8,56	1,57	5,70	4,13	5,07	4,87	4,88	8,73	3,83	2,11	5,19	4,37	3,34	1,11	2,02	3,69	1,74	11,68	6,58	5,66	4,00	% Schwerminerale

Zusammenstellung der Ergebnisse aus den Schwermineralanalysen.
Die Summe der Prozentanteile der angeführten Schwerminerale beträgt durchwegs weniger als 100%. Die fehlende Differenz bilden unbestimmbare Körner oder Minerale, die in unwesentlicher Menge auftreten, wie Olivin, Pyroxen, Apatit und Chloritoid; Sillimanit (?), Andalusit (?) und Korund wurden nur in je zwei Proben in sehr geringem Umfang beobachtet.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Austrian Journal of Earth Sciences](#)

Jahr/Year: 1967

Band/Volume: [60](#)

Autor(en)/Author(s): Krauter Edmund

Artikel/Article: [Zur Frage der Reliefüberschiebung am Staner-Joch \(östliches Karwendel, Tirol\). 23-64](#)