Geologische Untersuchungen im Oberengadin zwischen Albulapass und Livigno.

Von

Karl Zoeppritz.

Mit 3 Tafeln und 6 Zeichnungen im Text.

Vorwort. — Benutzte und zitierte Arbeiten. — Orographische Uebersicht. — Rückblick auf die seitherige geologische Erforschung des Gebietes. — Stratigraphischer Teil. — Grundgebirge. — Deckgebirge. — Tektonischer Teil. — Vorbemerkungen. — Uebersicht und Einteilung des Gebietes. — Einzeldarstellung I—VI. — Dislokationsbreccien. — Zusammenfassendes über die Tektonik.

Vorwort.

Fasst man auf den von THEOBALD bearbeiteten Blättern XV und XX der Geologischen Karte der Schweiz im Massstab 1:100 000 die Sedimentärgebiete des Oberengadins ins Auge, so fällt leicht eine von West nach Ost sich lang hinziehende Zone von Liasgesteinen auf, die sich von der Gegend von *Bergün* bis nach *Bormio* verfolgen lässt. Zieht man, um die Verhältnisse dieses merkwürdigen Liasstreifens näher kennen zu lernen, die THEOBALDschen Profile (1864 Profil 5; 1866 Profil 3)[1] zu Rat, so gewinnt man das Bild einer ziemlich regelmässig gebauten, etwa 40 km weit zwischen älteren Triasgesteinen und Grundgebirge fast geradlinig fortstreichenden Mulde von Liasschiefern. Da die komplizierten geologischen Verhältnisse Graubündens dem aufnehmenden

[1] Es wird hier und bei allen folgenden Literaturangaben der vereinfachte Weg eingeschlagen, nur Jahres- und Seitenzahl der benutzten Arbeit mitzuteilen. Den genaueren Titel der Arbeit entnehme man in allen Fällen dem beigefügten Litteraturverzeichnis.

Geologen überall erhebliche Schwierigkeiten in den Weg stellen, so ergab sich als sicherste Grundlage stratigraph-tektonischer Untersuchungen im Oberengadin die Verfolgung dieser relativ einfach gebauten Liaszone, wenn man auch immerhin nach unsern neueren Erfahrungen über alpine Geologie weit verwickeltere Verhältnisse erwarten durfte, als sie die THEOBALDschen Profile zeigen.

Ich bin deshalb meinem verehrten Lehrer, Herrn Geh. Hofrat G. STEINMANN in *Freiburg*, zu hohem Dank verpflichtet, dass er mich auf dieses interessante Gebiet aufmerksam gemacht hat. Von besonderem Interesse war dann noch die Frage, ob in diesem, im Zentrum der Alpen gelegenen Gebiet Spuren grosser, von Süden gekommener Ueberschiebungsdecken sich nachweisen liessen.

Ich war deshalb in den Sommern 1903 und 1904 im ganzen etwas mehr als vier Monate lang damit beschäftigt, das erwähnte Gebiet geologisch aufzunehmen. Der kurze Zeitraum zwang zu möglichster Ausnutzung der Zeit, so dass die Begehungen auch bei schlechtem Wetter möglichst wenig unterbrochen wurden. Einen kurzen Kontrollbesuch des Gebietes konnte ich dann noch zu Pfingsten 1905 ausführen.

Als *topographische Grundlage* dienten die *Blätter 427* und *428*, *518* und *519* des *Siegfriedatlasses* 1 : 50 000. Von dem fehlenden italienischen Teil des Blattes 428 wurde mir vom EIDGENÖSSISCHEN TOPOGR. BUREAU eine Reproduktion nach der nur handschriftlich in Bern aufbewahrten Zeichnung, sowie vom ganzen Gebiet eine photographische Vergrösserung zum Massstab 1 : 25 000 bereitwilligst geliefert.

Als Stützpunkte für die geologischen Untersuchungen dienten *Ponte* und *Scanfs* im Engadin, *Livigno* am *Spöl*, ferner die *Alpen Casana*, *Arpiglia*, *Serlas*, die *Rinderalp* auf der *Albulapasshöhe* und die *Zuozer Keschhütte* [1].

Fertiggestellt wurde die Arbeit im geologischen Institut der Universität *Freiburg i. B.* unter Leitung von Herrn Prof. G. STEINMANN. Die petrographische Untersuchung einiger Erruptiva zu übernehmen hatte Herr Prof. OSANN die Freundlichkeit. Ihm bin ich, wie ganz besonders Herrn Prof. STEINMANN für sein lebhaftes Interesse und für mancherlei Ratschläge zu grossem Dank verpflichtet.

Alle aufgesammelten Handstücke und Fossilien, sowie die angefertigten Dünnschliffe befinden sich im *Freiburger* geologischen

---

[1] Auf der Karte noch nicht angegeben: zwischen Plazetta und Muot ot.

Institut. Die Profile und Figuren sind von Herrn SCHILLING nach Zeichnungen und photographischen Aufnahmen des Verfassers angefertigt. Die kolorierte Karte ist von GIESECKE & DEVRIENT in *Leipzig*, die Zinkos von KARL EBNER in *Stuttgart* hergestellt. Die Erlaubnis zur Reproduktion der topographischen Karte wurde von der SCHWEIZ. LANDESTOPOGRAPHIE bereitwilligst erteilt.

Für dieses Entgegenkommen spreche ich hiermit meinen gebührenden Dank aus, wie auch der NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT *Freiburg i. B.*, die einen grossen Teil der Druckkosten dieser Arbeit übernommen hat.

Benutzte und zitierte Arbeiten.

1824. **Sowerby,** Mineral Conchology (Deutsche Bearbeitung von AGASSIZ Neuchâtel 1837).
1830. **v. Zieten,** Versteinerungen Württembergs (Stuttgart).
1839. **Goldfuss,** Petrefacta Germaniae (Düsseldorf 1826—1844).
1839. **Escher** und **Studer,** Geologie von Mittelbündten (Neue Denkschr. d. Schweiz. Naturf. Ges., Bd. III, Neuenburg).
1842. **d'Orbigny,** Paléontologie Française. Terrains jurassiques (Paris).
1851. **Schafhäutl,** Neue Petrefakten des Südbayernschen Vorgebirges (Neues Jahrb. 1851, S. 407 ff.).
1851. **Studer,** Geologie der Schweiz (Bd. I, Bern und Zürich).
1852. **Kudernatsch,** Die Ammoniten von Swinitza (Abhandl. der k. k. Geol. Reichsanst., Wien, Bd. I).
1853. **Escher v. d. Linth,** Das nördliche Vorarlberg und einige an grenzende Gegenden.
1853. **Hauer,** Ueber Gliederung der Trias, Lias und Juragebilde in den nordöstlichen Alpen (Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanst. Bd. IV S. 715).
1854. **Hauer,** Beiträge zur Kenntnis der Heterophyllen (Sitzungsber. der k. Akad. der Wissensch. Bd. XII S. 861).
1854. **Hauer,** Beiträge zur Kenntnis der Capricornier (Sitzungsber. der k. Akad. der Wissensch. Bd. XIII S. 94).
1855. **Terquem,** Paleont. de l'ét. inf. du lias de Lux. et de Hettange (Mems. soc. géol. Fr. ser. II t. V).
1856. **Oppel** und **Suess,** Aequivalente der Koessener Schichten in Schwaben (Sitzungsber. der k. Akad. der Wissensch. Bd. XXI, Wien).
1856—1858. **Oppel,** Die Juraformation Englands, Frankreichs und des südwestlichen Deutschlands (Württ. naturwiss. Jahreshefte Jahrgang XII—XIV).
1857. **G. vom Rath,** Geogn. Bemerkungen über das Berninagebirge in Graubünden (Ztschr. der Deutsch. Geol. Ges. Bd. IX S. 211).
1858. **G. vom Rath,** Nachträge dazu. (Ebd. Bd. X S. 199.)
1858. **Pictet et Loriol,** Terrain Néocomien des Voirons.
1859. **Winkler,** Die Schichten der Avicula Contorta (München).

1860—1865. **Stoppani.** Couches à Avicula Contorta en Lombardie (Paléont. Lombarde ser. III).

1860—1864. **Lory,** Déscription géologique du Dauphiné.

1860. **Theobald,** Unterengadin. Geogn. Skizze (Neue Denkschr. der Schweiz. Naturf. Ges. Zürich Bd. XVII. Mit geol. Karte 1 : 100 000).

1861. **Gümbel,** Geogn. Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seiner Vorländer (Gotha 1858—1861).

1861. **Hauer,** Ueber die Ammoniten aus dem sog. Medolo usw. (Sitzungsber. der k. Akad. der Wissensch. Bd. XLIX S. 403).

1861. **Oppel,** Ueber die Brachiopoden des unteren Lias (Ztschr. der Deutsch. Geol. Ges. Berlin Bd. XIII S. 529).

1861. **Stoliczka,** Ueber Gastropoden und Acephalen der Hierlatzschichten.

1862. **Terquem** und **Piette,** Lias inf. de la Meurthe, Moselle etc. (Bull. soc. geol. Franç. ser. II t. XIX S. 322ff.).

1862. **Zugmayer,** Untersuchungen über rhätische Brachiopoden (Beitr. zur Palaeont. Oesterreich-Ungarns Bd. I).

1863. **Ooster,** Catalogue des Céphalopodes fossiles des Alpes Suisses.

1863. **Ooster,** Synopsis des Echinodermes fossiles des Alpes Suisses.

1863. **Schafhäutl,** Südbayerns Lethaea geognostica (Leipzig).

1863—1868. **Pictet,** Mélanges Paléontologiques.

1864. **v. Dittmar,** Die Contortazone (München).

1864—1869. **Dumortier.** Dépots jurassiques du Bassin du Rhône. Bd. I: Infralias. Bd. II: Lias inférieur.

1865. **Oppel,** Die tithonische Etage (Ztschr. der Deutsch. Geol. Ges. Bd. XVII S. 535).

1866. **Benecke,** Ueber Trias und Jura in den Südalpen (Geogn.-Palaont. Beitr. herausgeg. von BENECKE).

1864 und 1866. **Theobald,** Geologische Beschreibung von Graubünden (Beiträge zur Geol. Karte der Schweiz. Zweite Lieferung. Bern 1864).

Die südöstlichen Gebirge von Graubünden etc. (ibid. dritte Lieferung. Chur 1866).

Dazu: Geologische Karte der Schweiz, Blatt XV und XX, 1 : 100 000.

1867—1881. **Meneghini,** Monographie des fossiles du calc. rouge ammonitique (Lias supérieur) de Lombardie et de l'Apennin centrale. Milan. (Paleont. Lombarde. sér. IV).

1868. **Zittel,** Die Cephalop. der Stramberger Schichten (Paläont. Mitteil. Bd. II, I. Abt. Stuttgart).

1868—1876. **Gemmellaro,** Studj palaeont. sulla fauna del calcare a Terebratula janitor del Nord di Sicilia (Palermo).

1870. **Zittel,** Die Fauna der älteren Cephalopoden führenden Tithonbildungen (Palaeont. Mitteil. Palaeontographica. Supplem., Kassel).

1871. **Brauns,** Der untere Jura im nordwestlichen Deutschland (Braunschweig).

1871. **Neumayr,** Jurastudien. Die Phylloceraten des Dogger und Malm (Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanst. Bd. XXI S. 297).

1872—1882. **Gemmellaro,** Sopra alcune faune Giurese e Liasiche della Sicilia (Palermo).

1875. **Favre,** Déscription des fossiles du Terrain Jurassique de la Montagne Des Voirons (Abh. der Schweiz. Palaeont. Ges. Vol. II).

1876. **Tate** und **Blake,** The Yorkshire Lias (London).

1873—1876. **Brady,** Voyage of H. M. S. Challenger Report on the Foraminifera.

1876. **Ziegler,** Ueber das Verhältnis der Topographie zur Geologie usw. (Zweite verm. Aufl., Zürich).

1877—1878. **Zittel,** Studien über fossile Spongien (Abh. der k. bayer. Akad. der Wissensch. II. Kl. Bd. XIII Abt. I).

1877. **Zittel,** Beiträge zur Systematik der fossilen Spongien (Neues Jahrb. S. 337 ff.).

1877—1879. **Loriol,** Monographie des Crinoides fos. d. l. Suisse (Abh. der Schweiz. Palaeont. Ges. Vol. IV—VI).

1878. **Heim,** Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung etc. (Basel).

1879. **Favre,** Fossiles des couches tithoniques des Alpes Fribourgeoise (Abh der Schweiz. Palaeont. Ges. Vol. VI).

1879. **Neumayr,** Zur Kenntnis des untersten Lias in den Nordalpen (Abh. der k. k. Geol. Reichsanst. Bd. VII Fasz. V).

1879. **Reynès,** Monographie des Ammonites, Lias, Atlas (Marseille).

1880. **Baltzer,** Der mechanische Kontakt von Gneiss und Kalk im Berner Oberland (Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. 20. Lief.).

1881. **Wright,** Monograph on the Lias Ammonites (The Palaeontographical society, London 1878—1886).

1882. **v. Dunikowski,** Die Spongien, Radiolarien und Foraminiferen der unterliasischen Schichten vom Schafberg bei Salzburg (Denkschr. der k. Akad. der Wissensch., Wien, Bd. XLV S. 163).

1883—1885. **Quenstedt,** Die Ammoniten des schwäbischen Jura (Bd. I: Der schwarze Jura, Stuttgart).

1884. **Diener,** Die Kalkfalte des Piz Alv in Graubünden (Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanst. S. 313).

1884. **Parona,** Sopra alcune fossili del Lias inf. nelle Prealpe Bergamasche (Atti della società Italiana di scienze naturali, Vol. XXVII).

1884. **Gemmellaro,** Sui fossili degli strati a Terebratula Aspasia.

1884—1898. **Wähner,** Beiträge zur Kenntnis der tieferen Zonen des unteren Lias in den nordöstlichen Alpen (Beitr. zur Paläont. Oesterreich-Ungarns, Teil I—VIII).

1885. **Rüst,** Beiträge zur Kenntnis der fossilen Radiolarien aus Gesteinen des Jura. Paläontographica (Kassel, Bd. XXXI S. 269).

1886. **Dalmer,** Beiträge zur Kenntnis der Granitmassen des Oberengadins (Ztschr. der Deutsch. Geol. Ges. S. 139—150).

1886. **Geyer,** Ueber die liasischen Cephalopoden des Hierlatz (Abh. der k. k. Geol. Reichsanst.).

1886. **Wähner,** Zur heterop. Differenz. des alpinen Lias (Verh. der k. k. Geol. Reichsanst.).

1886. **Winkler,** Ueber den unteren Lias in den bayerischen Alpen (Neues Jahrb. Bd. II).

1887. **Gümbel,** Geologisches aus Westtirol und Unterengadin (Verh. der k. k. Geol. Reichsanst., Wien, S. 291).

1888. **Diener,** Geologische Studien im südwestlichen Graubünden (Sitzungsber. d. k. Akad. der Wissensch., Wien, Bd. XLVII).

1888. **Gümbel** (ersch. 1889). Geologisches aus dem Engadin (Jahresber. der Naturf. Ges. Graubündens, 31. Jahrg.).

1888. **v. Woehrmann,** Die untere Grenze des Keupers in den Alpen (Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanst.).

1889. **v. Woehrmann,** Fauna der sog. Cardita- und Raiblerschichten Nordtirols (Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. Bd. XXXIX).

1890. **Tausch v. Gloeckelsthurn,** Zur Kenntnis der Fauna der „grauen Kalke" der Südalpen (Abh. der k. k. Geol. Reichsanst. Bd. XV Heft 2).

1891. **Jaekel,** Ueber Holopocrinoiden etc. (Ztschr. der Deutsch. Geol. Ges. Bd. LIV S. 553).

1891. **Diener,** Der Gebirgsbau der Westalpen.

1891. **Wähner,** Aus der Urzeit unserer Kalkalpen (Ztschr. des Deutsch. und Oesterr. Alpenvereins Bd. XXII).

1892. **Böse,** Die Fauna der liasischen Brachiopodenschichten von Hindelang (Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. Bd. XLII S. 647).

1892. **Gümbel,** Ueber anstehenden Radiolarienjaspis in der Schweiz (Neues Jahrb. Bd. II S. 162, Stuttgart).

1892 und 1896. **Milch,** Beiträge zur Kenntnis des Verrucano (I. Teil 1892. II. Teil 1896).

1893. **Gümbel,** Geologische Mitteilungen über St. Moriz im Oberengadin etc. etc. (Sitzungsber. d. k. bayer. Akad. d. Wissensch., München, Bd. XXIII Heft I S. 19).

1893. **Greco,** Il Lias Inf. nel Circondario di Rossano Cabro (Pisa).

1894—1895. **Böse,** Monogr. des Genus Rhynchonellina Gem. (Palaeontographica).

1895. **Rothpletz,** I. Ueber das Alter der Bündner Schiefer (Ztschr. der Deutsch. Geol. Ges. S. 1).

1895. **Steinmann,** Geologische Beobachtungen in den Alpen. I. Das Alter der Bündner Schiefer (Berichte der Naturf. Ges. zu Freiburg i. B. Bd. IX S. 245, Freiburg i. B. und Leipzig).

1896. **Böse,** Zur Kenntnis der Schichtenfolge im Engadin (Ztschr. der Deutsch. Geol. Ges. Berlin Bd. XLVIII S. 557).

1898. **Böse,** Beiträge zur Kenntnis der alpinen Trias. II. Die Faciesbezirke der Trias in den Nordalpen (ibid. Bd. L S. 695).

1898. **Steinmann,** Geologische Beobachtungen in den Alpen. Das Alter der Bündner Schiefer. Fortsetzung und Schluss (Berichte der Naturf. Ges. zu Freiburg i. B. Bd. X S. 215. Freiburg i. B., Leipzig und Tübingen).

1899. **Carapezza e Schopen,** Sopra alcune nuove Rhynchonelline della Sicilia (Palermo).

1899. **Hug,** Die Unter- und Mittelliasammonitenfauna von Blumenstein-Allmend und Langeneckgrat am Stockhorn (Abh. der Schweiz. Palaeont. Ges.).

1900. **Hovelacque** und **Kilian,** Album de Mikrophotographies de Roches Sédimentaires (Paris).

1900. **Lorenz,** Geologische Studien im Grenzgebiet zwischen helvetischer und ostalpiner Facies. I. Teil: Fläscherberg (Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Neue Folge. Zehnte Lieferung).

1900. **Rothpletz,** Geologische Alpenforschungen. I. Das Grenzgebiet zwischen den Ost- und Westalpen und die rhätische Ueberschiebung (München).

1900. **Zittel,** Textbook of Palaeontology. Translated by Eastman.

1901. **Fucini,** Cefalopodi liassici del Monte di Cetona (Palaeontographia Italiana Vol. VII).

1901. **Lorenz,** Geologische Studien im Grenzgebirge etc. II. Der südliche Rhätikon (Berichte der Naturf. Ges. zu Freiburg i. B. Bd. XIII).

1901. **Lugeon,** Les grandes nappes de reconvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse (Extrait du Bull. soc. géol. de France 4. Sér. t. I p. 723).

1901. **Waagen,** Der Formenkreis des Oxytoma inaequivalve (Jahrb. der k. k. Geol. Reichsanst. Bd. LI).

1902. **Blaas,** Geologischer Führer durch die Tiroler und Vorarlberger Alpen (Innsbruck).

1902. **Hammer,** Mitteilungen über Studien in der Val Furva und Val Zebru bei Bormio (Veltlin). (Verh. der k. k. Geol. Reichsanst. S. 320.)

1902. **Rothpletz,** Geologischer Führer durch die Alpen. I. Das Gebiet der zwei grossen rhätischen Ueberschiebungen etc. Sammlung geologischer Führer X (Berlin).

1903. **v. Bistram,** Beiträge zur Kenntnis der Fauna des unteren Lias in der Val Solda. Geologisch-paläont. Studien in den Comasker Alpen I. (Berichte der Naturf. Ges. zu Freiburg i. B. Bd. XIII S. 116, Freiburg i. B.).

1903. — Das Dolomitgebiet der Luganer Alpen. Geologisch-paläont. Studien in den Comasker Alpen (ibid. S. 1).

1903. **Hoek,** Geologische Untersuchungen im Plessurgebirge um Arosa (Berichte der Naturf. Ges. zu Freiburg i. B. Bd. XIII S. 215).

1903. **Wähner,** Das Sonnwendgebirge im Unterinntale (Leipzig und Wien).

1904. **Paulcke,** Geologische Beobachtungen im Antirhätikon (Berichte der Naturf. Ges. zu Freiburg i. B. Bd. XIV S. 257).

1904. **Schiller,** Geologische Untersuchungen im östlichen Unterengadin. I. Lischannagruppe (ibid. S. 107).

1904. **Tarnuzzer,** Die geologischen Verhältnisse des Albulatunnels (46. Jahresbericht der Naturf. Ges. Graubündens).

1904. **Weber,** Kali-Syenit des Piz Giuf (Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Neue Folge. XIV. Lief.).

1905. **Roessinger,** Couches rouges de Leysin (Eclogae geol. Helv. Vol. VIII No. 4 S. 435).

Orographische Uebersicht.

Orographisch tritt das untersuchte Gebiet durchaus nicht als eine Einheit hervor. Zwischen dem gletscherbedeckten Silvrettamassiv und der noch höheren Berninagruppe dehnt sich quer durch Bünden ein Gebirgsstück aus, das so wenig einheitlichen Charakter trägt, dass sich nie ein zusammenfassender Name für diese ausgedehnte Gebirgsgruppe eingebürgert hat. Dunkle Gipfel aus Urgestein wechseln mit hellleuchtenden Dolomitbergen und einförmigen Schiefergräten. Von diesem wechselvollen Gebirgsstück umfasst das behandelte Gebiet einen Streifen, dessen westöstliche Ausdehnung der Titel der Arbeit angibt und das sich von Süd nach Nord von *Bevers* bis *Cinuskel* im Engadin, vom *Piz Lavirum* bis zum *Monte Saliente* ausdehnt und von grösseren Tälern vor allem ein Stück weit die breite Glacialmulde des *Engadins* umfasst mit den kleinen Seitenbächen von links. Von rechten Zuflüssen des Inns fallen in das untersuchte Gebiet der untere Teil der *Val Chamuera*, des *Camogasker Tales*, wie es gewöhnlich genannt wird; ferner die *Val Casana* mit all ihren Zuflüssen, die sich weiter abwärts mit der *Val Trupchum* zur *Ova Varusch* vereinigt. Auf italienischem Gebiet bildet das *Spöltal* ein Stück weit die Grenze der geologischen Karte, während die untere *Valle Federia* mit ihrem linken Zufluss, der *Valle Saliente*, bis zu ihrem Einfluss in den *Spöl* dem untersuchten Gebiet angehört. Die Kammhöhe hält sich innerhalb des Gebietes meist noch etwas unter 3000 m. Erst die Gipfel im Norden, ferner *Piz Kesch* und seine Gefolgschaft im Nordwesten und verschiedene kristalline Erhebungen im Süden des Gebietes überschreiten die 3000 um ein oder mehrere 100 m. Die Höhe der Talpunkte zeigt folgende Zusammenstellung: *Bevers* 1709,5 m, *Cinuskel* 1616 m, *Livigno (Chiesa di Viera)* 1785 m. Auf weitere orographische Angaben glaube ich im Hinblick auf die beigegebene Karte verzichten zu dürfen.

Rückblick auf die seitherige geologische Erforschung des Gebietes.

Nur sehr spärlich sind die Angaben vor den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts, die wir über das behandelte Gebiet finden.

STUDER (1851 S. 397) erwähnt zum erstenmal unbestimmbare Zweischaler aus dem *Camogasker Tal.*

ESCHER VON DER LINTH (1853 S. 49) führt aus dem *Camogasker Tal* an: Cardita crenata GF., Bactryllium deplanatum HEER, Spondylus obliquus KL., Avicula Escheri MER. sowie das Bruchstück eines Ammoniten. Es sind dies anscheinend die ältesten bestimmbaren Fossilfunde aus jener Gegend.

Besonders von petrographischer Bedeutung sind die Arbeiten von G. VOM RATH (1857 und 1858). Wir finden hier u. a. eine Beschreibung des Juliergranits vom *Albula* (1857 S. 226) sowie zwei Analysen von Oligoklas aus diesem Granit. Im allgemeinen sind aber in diesen Aufsätzen mehr die Verhältnisse und Vorkommnisse südlich des von mir untersuchten Gebietes in Betracht gezogen.

Nach diesen älteren Arbeiten ist nun ein Werk zu nennen, das noch heute grundlegend ist für alle geologische Arbeit in Graubünden, THEOBALDS „Geologische Beschreibung von Graubünden", 1864 und 1866 mit den Blättern X, XV und XX der geologischen Karte der Schweiz erschienen (THEOBALD 1864 und 1866). Schon 1860 finden wir einige Angaben über das Gebiet in der Arbeit über das *Unterengadin* (1860). Was aber die geologische Aufnahme von mehr als zwei Blättern der Dufourkarte in diesen Gebirgsgegenden bedeutet, wird erst dem recht klar, der selber unter ähnlichen Verhältnissen gearbeitet hat. Dass THEOBALDS Karten und Profile nicht den hohen Grad der Komplikation wiedergeben, der tatsächlich hier herrscht, darf uns bei dem Massstab seiner Karte und bei ihrer Ausdehnung wahrhaftig nicht auffällig erscheinen. Auf Unterschiede zwischen der hier beigegebenen Karte (Tafel X) gegenüber der THEOBALDschen hinzuweisen, würde zu weit führen. Ein Vergleich der beiden Karten wird die Neuaufnahme des Gebietes im vergrösserten Massstab gerechtfertigt erscheinen lassen. Was die Schichtfolge betrifft, die THEOBALD aufstellt, so konnte ich sie im wesentlichen bestätigen. Nur hat sich eine so detaillierte Trennung der Triasglieder, wie sie THEOBALD überall versucht, nicht durchführen lassen. Anderseits hat sich unsere Kenntnis jüngerer Sedimente als Lias durch GÜMBEL und andere seither erweitert, wie im stratigraphischen Teil näher auseinandergesetzt werden wird. Vollkommen bestätigt gefunden habe ich die schon von THEOBALD gemachte Beobachtung, dass unter dem Verrucano keine paläozoischen Kalksteine oder Dolomite mehr sich finden. Marmore unbekannten Alters treten in dem untersuchten Gebiet nicht auf.

ZIEGLERS (1876) Arbeit aus dem Jahr 1876 bringt in stratigraphischer Hinsicht nichts Neues. Aber auch die gebirgstheoretischen Erörterungen lassen die nötige Klarheit vermissen.

In einer kleineren Arbeit von DIENER (1884) wird die Kalkfalte des *Piz Alv* an der Berninastrasse beschrieben. „Dieser ganze Streifen mesozoischer Gesteine besitzt in der Tat jenes vielfach gewundene Streichen, welches THEOBALD verzeichnet." Aehnlich gewundene Synklinalen werden wir in dem untersuchten Gebiet ebenfalls mehrfach kennen lernen. Auch auf die starke mechanische Metamorphose, die die Gesteine vielfach erlitten haben, macht DIENER aufmerksam: „Hier (in den Liasgesteinen) ist die ursprüngliche Schichtung vollständig zerstört, das Gestein zerdrückt und marmorisiert und zum Teil in eine wahre Reibungsbreccie umgewandelt worden", Beobachtungen, die ich in meinem Gebiet vollauf bestätigen kann. Die untere Trias traf DIENER am *Piz Alv* nur sehr gering entwickelt. Er zieht daraus, sowie aus ähnlichen Beobachtungen, die in einer zweiten Arbeit (DIENER 1888) niedergelegt sind, den Schluss (1888 S. 41), dass die Trias in Graubünden mit all ihren Gliedern transgrediere. Ohne die dort behandelten Gebiete zu kennen, möchte ich unter allem Vorbehalt demgegenüber doch auf die Schwierigkeit hinweisen, in derartig gestörten Gebieten echte Transgressionsdiskordanzen von rein tektonischen (Ausquetschungs-)Diskordanzen zu unterscheiden. Der „Gebirgsbau der Westalpen" (DIENER 1891) bringt über das engere Gebiet nichts Neues. Wenn dagegen auch hier (1891 S. 150) von über dem kristallinischen Grundgebirge transgredierenden rhätischen und liasischen Schichten in einer überschobenen Mulde am *Albulapass* die Rede ist, so ist darauf hinzuweisen, dass unmittelbar am *Albula* die Trias mit Rauhwacken und Dolomiten recht ansehnlich entwickelt ist und also der dortige Granitliaskontakt wohl ziemlich sicher in tektonischen Vorgängen seinen Grund hat.

Eine Erweiterung der petrographischen Befunde von G. VOM RATH brachte eine Arbeit von DALMER (1886), in der dieser besonders Gneisseinschlüsse im Berninagranit und damit die eruptive Natur jener Granite und Syenite des Oberengadins nachweist. Auch ihr Alter stellt er als sicher vorpermisch fest, dadurch, dass er echte Juliergranitgerölle im Verrucano findet.

1889 gibt GÜMBEL (1889) eine Beschreibung der unteren *Val Chamuera*. Auf die irrtümliche Deutung der rhätischen Schichten am Eingang dieses Tales als Muschelkalk und Wengener Schichten,

der Terebratula gregaria als Ter. vulgaris hat schon BÖSE aufmerksam gemacht. Dagegen kommt GÜMBEL das Verdienst zu, zum erstenmal Radiolarienhornsteine und Aptychenschichten in der *Val Trupchum* nachgewiesen zu haben (1892 und 1893 S. 44).

Eine neue Erweiterung der Kenntnis unseres Gebietes brachte eine Arbeit von BÖSE (1896). Er fand verschiedene neue Vorkommnisse von Kössner Schichten, ferner neue Liasammoniten in der *Val Trupchum*. Dagegen beruht die Deutung des Profils von *Val Pschaidas* am *Piz Mezzaun* und die daraus abgeleiteten, stratigraphischen Schlussfolgerungen auf einem später zu besprechenden Irrtum. Desgleichen kann von paläozoischem Dolomit, wie BÖSE will, am *Piz Mezzaun* nicht die Rede sein. Die hier beigegebene Karte (Tafel X) und Profil II (Tafel y) zeigen, dass wir im *Piz Mezzaun* eine zwar im einzelnen vielfach verschobene, aber doch noch wohl erkennbare Mulde vor uns haben, als deren jüngstes Glied rote und graue, oberjurassische Aptychenschiefer sowie schwarze Hornsteine erscheinen, die BÖSE bei dem einmaligen Besuch des Berges offenbar entgangen sind. Der Triasdolomit des Mittelschenkels zieht als breite Mauer aus der *Val Chamuera* herauf (vgl. Ansicht *Ch*), ist aber nach BÖSE „wahrscheinlich paläozoisch, da er konkordant unter dem Buntsandstein liegt“. Der in Rede stehende Buntsandstein aber, der die Unterlage des Triasliaskeiles am *Corn* bildet, sowie als isolierte Kappe auf dem nächsten, westlichen *Gipfel über 2970 m* erscheint, besteht aus hochkristallinen Schiefern und einem schönen Augengneiss, der bestimmt nicht triadischen, vielleicht paläozoischen, vielleicht aber auch vorpaläozoischen Alters ist. Ich bemerke, dass dies die einzige Stelle in dem untersuchten Gebiet ist, an der bis jetzt von einem Autor paläozoischer Dolomit vermutet worden ist, und dass gerade hier die Verhältnisse heute so klar liegen, dass die Annahme paläozoischen Dolomits ausgeschlossen ist. Die nur ganz kurz gehaltene Angabe bei ROTHPLETZ (1902 S. 150), dass der *Piz Mezzaun* u. a. aus Röthidolomit bestehen soll, glaube ich übergehen zu sollen, da ROTHPLETZ nicht näher bestimmt, welchem Dolomit speziell er vortriadisches Alter zuschreibt. BÖSE hat ferner auf verschiedene Ueberschiebungen innerhalb des Gebietes erstmals aufmerksam gemacht.

Auch STEINMANN hat die *Val Trupchum* besucht und das Vorkommen von Tithon daselbst durch das Auffinden weiterer Aptychen, von Belemniten, eines Nautilusschnabels und besonders einer Py-

gope diphya (1898 S. 241) neuerdings sichergestellt. Auf der linken Talseite fand er Chondriten in den dort anstehenden Schiefern, die ihm jedoch keine Sicherheit über das Alter dieser Schiefer verschafften (1898 S. 290 Anm. 1). STEINMANN vor allem war es sodann, der ausdrücklich und wiederholt auf die hohe Komplikation der Lagerung in ganz Bünden, auf die zahlreichen Ueberschiebungen und Ausquetschungen aufmerksam gemacht hat.

Auch in der Arbeit von SCHILLER über die *Lischannagruppe* (1904) finden wir einige Bemerkungen über das vorliegende Gebiet. So glaubt er (1904 S. 119) in der *Val Gianduns* bei *Scanfs* Wettersteindolomit erkannt zu haben. In den Liasfleckenmergeln der *Val Chanels* fand er neu Radiolarien, Spongiennadeln und Inoceramus ventricosus SOW. (S. 129).

Neuerdings bespricht TARNUZZER „die geologischen Verhältnisse des *Albulatunnels*“ (TARNUZZER 1904) in einer kleineren Arbeit und gibt insbesondere eine ausführliche, makroskopische Beschreibung der sehr reichhaltigen Granitserie aus dem Tunnel. Auf andere Punkte der Arbeit muss ich, obgleich der Tunnel selber schon ausserhalb der Grenzen meines Gebietes liegt, im folgenden zurückkommen.

Stratigraphischer Teil.

Grundgebirge.

Unter diesem Ausdruck fasse ich alles zusammen, was älter ist als die echten Konglomerate des Verrucano. Es könnte dies stratigraphisch als ein Rückschritt erscheinen gegenüber THEOBALD und allen folgenden Autoren, die immer zwischen echtem Gneiss und Verrucano noch sog. Casanaschiefer unterschieden haben. Allein es hat sich im Lauf der Untersuchungen herausgestellt, dass die Grenze dieser halbkristallinen Schiefer, wie sie schon nach oben zu gegen den Verrucano infolge der starken Gebirgsmetamorphose mitunter nicht leicht zu ziehen ist, so nach unten zu völlig willkürlich wird. Tatsache ist, dass wir da, wo THEOBALD Casanaschiefer auf der Karte einzeichnet — von THEOBALD stammt bekanntlich auch der Name —, dass wir da alle möglichen kristallinen Schiefer finden, darunter auch Augengneisse, über deren Alter, ob paläozoisch oder vorpaläozoisch, sich bis heute durchaus nichts Sicheres aussagen lässt. Eine Trennung dieser Schiefer vorzunehmen, wäre ohne eingehende petrographische Untersuchung und monatelanges sorgfältiges Kartieren unmöglich. Es würde somit den Rahmen dieser, haupt-

sächlich stratigraphisch-tektonische Ziele verfolgenden Arbeit weit überschreiten. So erschien es vorläufig am besten, keinerlei Trennung der kristallinen Schiefer auf der Karte vorzunehmen. Sollte eine solche späterhin einmal durchgeführt werden, so wird sie ohne Zweifel ein sehr wechselvolles Bild der Schiefergebiete liefern, wie z. B. eine Ueberquerung des Gneiss- und Schieferrückens zwischen *Valle Federia* und dem Livinasker Tal lehrt, und auch ganz von selbst erhellt, wenn man zu den ungemeinen, tektonischen Komplikationen, die die tertiäre Faltung überall in dem jüngeren Deckgebirge wie im Grundgebirge erzeugt hat, sich noch die Wirkungen einer carbonischen Faltung hinzu denkt. Auch nach oben zu ist, wie schon erwähnt, die Grenze der kristallinen Schiefer gegen das Verrucanokonglomerat, obgleich es sich hier wohl um eine echte Transgression handelt, oft nicht leicht zu ziehen, da durch die enormen Gebirgsbildungsvorgänge auch die Verrucanogesteine vielfach einen stark kristallinen Habitus angenommen haben. Diese Grenze ist demgemäss auch von den verschiedenen Autoren sehr verschieden gezogen worden (s. BÖSE 1896 S. 562). Starkkristalline Schiefer, selbst wenn schon das makroskopische Aussehen ein klastisches Gestein vermuten liess, sind deshalb hier doch mit zum Grundgebirge gezogen, um nicht ein Element der Unsicherheit mit ihnen in die Karte zu tragen.

Kristalline Schiefer (Gn).

Die Hauptmasse der im Gebiet verbreiteten kristallinen Schiefer gehört nach dem Mineralbestand ihrer wesentlichen Gemengteile: Feldspat, Quarz und Glimmermineralien, zur Familie der Glimmergneisse. Ein Teil von ihnen ist wohl nichts anderes als stark gepresste Granite. Ein anderer Teil ist ziemlich sicher sedimentären Ursprungs. Zwischen diesen zweifellosen Ortho- und Paragneissen aber steht eine Menge von Gesteinen, über deren Natur sich ohne petrographische Untersuchung ohne weiteres nichts aussagen lässt. Mitunter überzieht Muskovit in dünnen Häuten die Quarz-Feldspatlagen (Sericitgneiss). Auch graphitoidische Ueberzüge kommen vor, doch durchaus nicht in der Verbreitung, die THEOBALDS Worte (1864 S. 47) vermuten lassen: „Die zahlreichen graphitartigen Ausscheidungen weisen wohl auf ehemalige Kohlenbildungen hin.“ Durch Zurücktreten des Feldspats finden wir an vielen Orten Uebergänge zu Glimmerschiefer, und zwar treffen wir hauptsächlich Muskovitschiefer und Muskovit-Biotitschiefer. Be-

merkenswert ist, dass dieser Glimmerschiefer ganz lokal an der nördlichen und westlichen Begrenzung des kleinen Granitkerns am *Piz Vaüglia* zahlreiche, kleine Granaten führt. Ich bin versucht, hierin eine Kontaktwirkung zu sehen.

Neben den die Hauptmasse der Schiefer ausmachenden Gneissen und Glimmerschiefern treten andere Vorkommnisse sehr zurück. Lokal findet sich Chloritschiefer, so an den neuen Lawinenschutzbauten zwischen der Ruine *Guardaval* und *Arschaida*. An andern Orten, z. B. in der unteren *Valle Federia* unmittelbar über der Einmündung der *Valle Saliente* findet sich ein Gestein, das aus unregelmässig gestalteten dicken Linsen und Knauern von Quarz besteht, zwischen denen sich flasrige Lagen von sericitartigem Glimmer ausbreiten (Quarzphyllite).

Ein sehr weiches, zum Teil grünlichgelbes, talkschieferartiges, zum Teil schwarzes, sehr graphitoidreiches Schiefergestein traf ich an beiden Ufern des Inns unterhalb *Scanfs* (an der Flussbiegung westlich *Prasüras*). Dem gleichen Zug scheinen ähnliche, stark zerrüttete Schiefer anzugehören, die am Fahrweg nach *Val Trupchum* hinein unmittelbar vor der Brücke über die *Ova Varusch* anstehen. Schliesslich gehört hierher noch ein schmaler Schieferzug, der unterhalb *Punt del Fuorn* zwischen Verrucanokonglomerat quer über die *Ova Varusch* hinüberstreicht. Gerade in diesen Schiefern bin ich am ehesten geneigt, paläozoische, vorpermische Sedimente zu erblicken. Da jedoch ihre Altersbestimmung weder durch Fossilfunde, noch durch einige sichere Profile gestützt werden konnte, so wurden auch sie vorläufig zum Grundgebirge gezogen, um so mehr, als ihre Bedeutung im gesamten Kartenbild ganz untergeordnet ist.

Massige Gesteine.

An verschiedenen Stellen des Gebietes treten Granite auf. Schon landschaftlich am meisten hervor tritt die ausgedehnte Albulagranitmasse, die die südliche Begrenzung der *Abula*senke bildet. G. VOM RATH (1857 S. 226 u. S. 256) gibt eine makroskopische Beschreibung des Juliergranits auf dem *Albula*, sowie zwei Analysen des darin vorkommenden „Oligoklas“. Das Gestein ist ein Granitit von sehr wechselnder Beschaffenheit, vielfach von porphyrischer Struktur und von zahllosen Gängen anderer Granitvarietäten durchsetzt. Makroskopisch springt sofort ein grüner Plagioklas in die Augen, neben dem der farblose, gelbliche oder rötliche Orthoklas makroskopisch mitunter ganz zurücktritt. Eine

primäre Paralleltextur scheint nur in den randlichen Partien (s. TARNUZZER 1904 S. 7) vorhanden. Dagegen sind die Erscheinungen der Kataklase ausserordentlich intensiv. Ein sehr gutes Bild der ungemeinen, dynamischen Beeinflussung, die die Granitmasse erfahren hat, sowie der wechselnden Strukturverhältnisse gewähren die Beobachtungen am *Albulatunnel*, wie sie TARNUZZER (1904 S. 7 ff.) beschreibt. Mitten im Albulagranit traf man wenig östlich unter dem *Piz Giumels* auf einen 65 m mächtigen Fetzen von „dunklem Tonschiefer und Mergeln". Die Deutung, die TARNUZZER diesem Vorkommnis gibt, scheint mir unrichtig. TARNUZZER glaubt von diesem Mergelfetzen, er „muss beim Aufsteigen des Granits aus der Tiefe als Sedimentrest vom Rand des jetzigen Massivs abgeschürft, in den Granit hineingepresst und mit ihm durch den Gebirgsdruck bearbeitet worden sein". Ich halte diese Tonschiefer und Mergel für liasisch, da ich, wie später noch auseinandergesetzt werden soll, nirgends in der unteren und mittleren Trias grössere Schiefermassen, sondern fast ausschliesslich Dolomite antraf. Ganz ebenso gehört wohl auch die Schieferserie am nördlichen Tunneleingang dem Lias an, denn ich fand im Zutagstreichen dieser Schiefer zwischen *Preda und Crapalv* einen Belemniten darin. TARNUZZER spricht beide Schieferkomplexe für Trias an und schliesst daraus auf ein spättriadisches Alter des Albulagranits. Ich glaube, dass es sich bei dem Mergelfetzen im Tunnel um den Rest einer stark ausgewalzten, linsenartig nach oben zu abgequetschten Synklinale handelt.

Ein ganz analoges Beispiel einer linsenförmig nach oben geschlossenen Mulde findet sich, wie nebenbei bemerkt werden mag, in der *Val Burdum* (s. Profil XV S. 216). Hier wird von kristallinen Schiefern (Gneiss) eine schmale Scholle von Verrucanokonglomerat umschlossen, die an der linken Talwand steil in die Höhe zieht, nach oben zu aber zwischen den kristallinen Schiefern auskeilt, ohne die obere Bergkante zu erreichen. Dass auch ein Rest salinaren Gesteins der unteren Trias mit dieser Verrucanoscholle verknüpft ist, zeigen einige Auslaugungstrichter auf der Sohle der *Val Burdum*. Uebrigens sind derartig linsenartig abgequetschte Sedimentschollen im kristallinen Gestein schon mehrfach beschrieben worden (s. HEIM 1878 Bd. II S. 159, 160, BALTZER 1880 S. 184).

Ich vermute deshalb, dass der Mergelfetzen im *Albulatunnel* einer Synklinale angehört, die möglicherweise die schon auf der THEOBALDschen Karte gezeichneten Triasvorkommnisse am *Piz*

della Pyramida einerseits, andrerseits eine Sedimentscholle umfasst, die, von Granit eingeschlossen, am Westrand der hier beigegebenen Karte (Tafel VI) gerade noch eingezeichnet ist (vgl. auch Profil A; Tafel VI) und aus Triasdolomit und Liasschiefern besteht mit Belemniten und grossen Crinoidenstielgliedern. Für eine solche Deutung des Schieferfetzens im Tunnel spricht ferner sein ganz normales Oststreichen, das bei einer losgerissenen Scholle inmitten des Granitmagmas sehr auffallend wäre, weiter auch die Grösse der Scholle (65 m Durchmesser in der Tunnelrichtung) sowie das Fehlen jeglicher Kontaktmineralien.

Die Annahme des spättriadischen Alters des Albulagranits ist demnach wohl aufzugeben. Vielmehr darf auch nach dem schon erwähnten Fund von Dalmer (1886 S. 149) das vorpermische Alter des Albulagranits als gesichert gelten. Dagegen ist ein Zusammenhang zwischen der Intrusion dieser Granitmassen und der carbonischen Faltung, besonders nach der schönen Arbeit von Weber (1904) nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen.

Im heutigen Bau des Gebirges bildet der Albulagranit, soweit er in das untersuchte Gebiet fällt, eine mächtige oder, nach dem eben Gesagten, eine Reihe dicht gedrängter Antiklinalen *(Crasta-mora-Antiklinale)*. Die Einbeziehung in den Gesamtfaltenwurf tritt am deutlichsten am Nordrand des Massivs hervor, wie Profil A; Tafel VI zeigt.

Bemerkenswerterweise tritt im Verlauf derselben *(Crasta-mora-Seja-)* Antiklinale noch einmal Granit auf, von der gleichen makroskopischen Beschaffenheit wie der Albulagranit. Er zieht sich von der unteren *Ova da Vaüglia* nach *God Chaschauna* hinüber. Der Casanabach hat sich durch ihn eine enge Schlucht gerissen. Ferner gehört hierher noch ein kleiner, tektonisch isolierter Granitfetzen (auf der Karte [Tafel VI] etwa 2 mm westlich des von *Val Furca* auf der Ostseite des Murtiröl).

Etwas anderes Aussehen zeigt der Granit des *Piz Vaüglia*. Makroskopisch ein Granitit ohne Paralleltextur mit dunklem Biotit, Quarz und ungefärbtem Ortho- und Plagioklas, geht er randlich gegen die Schieferhülle in Granitgneiss mit Augengneissstruktur über. In einer besonderen syenitischen, wohl randlichen Modifikation tritt der Quarz makroskopisch ganz zurück, der Biotit ist grösstenteils durch Hornblende ersetzt. Daneben erscheinen schon makroskopisch zahlreiche Sphene. Tektonisch stellt das kleine Massiv des *Piz Vaüglia* den Kern einer selbständigen, kuppelartigen Aufwölbung

dar, die nach allen Seiten nach aussen übergebogen und übergeschoben ist.

Schliesslich tritt noch ein Granitit mit bläulichem Orthoklas, grünem Plagioklas und schwach ausgeprägter Augengneissstruktur im Hintergrund der *Val Casana*, vom Casanabach in west-östlicher Richtung durchbrochen, hervor[1].

Die Granite und andern Massengesteine, die in den kristallinen Massen des südlichen, sowie des nordwestlichen Kartenrandes aufsetzen, nämlich im Massiv des *Piz Vadret* bei Samaden und in der Kette *Piz Kesch* bis *Piz Griatschouls*, sind nicht mehr in Betracht gezogen.

Diabasporphyrite.

Mehrfach werden die kristallinen Schiefer des Gebietes von Intrusivgesteinen durchsetzt, von denen einige einer vorläufigen Untersuchung zu unterziehen Herr Prof. OSANN die grosse Freundlichkeit hatte. Herr Prof. OSANN teilt mir über die Untersuchung folgendes mit:

„Die meisten Gesteine zeigen makroskopisch grüngraue Farbe und haben das Aussehen von veränderten Diabasen. Zum Teil treten grössere Feldspateinsprenglinge bis 1 cm Durchmesser makroskopisch hervor, die zum Teil durch chloritische Substanzen grün gefärbt sind. Die Feldspate sind stark umgewandelt, so dass Spaltflächen und Zwillingsstreifung nicht mehr zu erkennen sind. Ausserdem makroskopisch häufig Pyrit. Mikroskopisch zum Teil noch ziemlich frisch. Die meisten ziemlich grobkörnig mit Diabasstruktur: Plagioklasleisten von divergentstrahliger Anordnung. Daneben einzelne grosse Feldspateinsprenglinge, ebenfalls Plagioklas. Augit ist noch frisch, von grau-violetter Farbe: typischer Diabasaugit, zum Teil intersertal zwischen die Feldspatleisten geklemmt, zum Teil auch in einzelnen, grösseren, prismatisch begrenzten Einsprenglingen. In andern Gesteinen vollständig uralitisiert und chloritisiert. Daneben war überall etwas brauner Glimmer vorhanden, der allerdings fast ganz in Chlorit und kleine Epidotkörnchen umgewandelt ist. Neben dem makroskopisch schon sichtbaren Pyrit ist Titaneisen in recht typischen Formen, meist randlich in Leukoxen verwandelt, allgemein verteilt.

Daneben stets Carbonate als Neubildung. Zum Teil auch etwas Quarz, der in einigen Gesteinen Andeutung von granophyrischer

[1] Die beigegebene Karte (Tafel X) zeigt, wie ausdrücklich bemerkt sei, nur die ungefähre Verbreitung der Granitmassive.

Verwachsung mit Feldspat zeigt. In diesen Quarzführenden scheint Glimmer dem Pyroxen gegenüber vorgeherrscht zu haben. In andern Gesteinen sind gar keine frischen Gemengteile mehr erhalten, die Struktur lässt sich aber noch erkennen, so dass kein Grund vorliegt, sie für etwas anderes als die vorigen zu halten. Die Gesteine zeigen zum Teil starke Pressungserscheinungen.

Am besten wird man die Gesteine wohl als Diabasporphyrite, zum Teil mit akzessorischem Biotit und Quarz, bezeichnen."

Ueber das Alter dieser Diabasporphyrite lässt sich nur so viel aussagen, dass sie bis jetzt nur innerhalb des Grundgebirges gefunden worden sind und also einstweilen kein Grund vorliegt, sie für jünger als paläozoisch zu halten.

Fundpunkte dieser Diabasporphyrite sind: der *Punkt 2746* zwischen *Val Vaüglia* und dem *Engadin;* die obere *Val Casanella* und zwar an der linken Talwand; mehrere Stellen bis *Rino Toscie* hin in dem Zug kristalliner Gesteine, der nördlich vom *Casanapassweg* über die Grenze hinüberzieht; Hintergrund der *Val Casana* an der linken Seite (der erste Seitenbach von links stürzt hier in einem kleinen Wasserfall über einen flachliegenden Lagergang); Ausgang von *Rino Toscie* gegen *piano dei morti* in der unteren *Valle Federia* (hier liegt ein Lagergang scheinbar ganz konkordant wie eine Bank zwischen kristallinen Schiefern, die nach oben in Verrucano übergehen); *Rino della Casina* (hier sieht man ziemlich hoch oben zwischen kristallinen Schiefern einen Gang unter der Wirkung der Gebirgsfaltung allerhand Biegungen ausführen); der Tobel, der zwischen *Munt Strialla* und *Munt fuorcla* der *Val Lavirum* von rechts einen Seitenbach zuführt.

Junge Eruptiva (B).

Ueber ein anderes Eruptivgestein teilt mir Herr Prof. OSANN folgendes mit:

„Nach dem makroskopischen Befund gehört das Gestein offenbar in die Familie der Basalte. Olivin war reichlich vorhanden in meist grossen, auch gut begrenzten Einsprenglingen, er ist jetzt vollständig serpentinisiert. Die Einsprenglingsaugite sind grau mit einem Stich ins Violette, zeigen zum Teil vorzügliche Sanduhrstruktur und starke Dispersion der in (010) liegenden Schwingungsrichtung, kurz haben ganz die Eigenschaften der in Tephriten und verwandten Gesteinen verbreiteten Pyroxene. Die Grundmasse ist sehr feinkörnig und pyroxenreich. Der Augit bildet kurze Säulen und ist

nach Farben und optischen Verhältnissen mit dem Einsprenglingsaugit identisch. Plagioklas in schmalen Leisten und mit deutlicher Zwillingsstreifung lässt sich mit Sicherheit nur spärlich aufweisen. Ein zwischen dem Augit der Grundmasse reichlich verbreitetes, faseriges, schwach grüngelb gefärbtes Zersetzungsprodukt ist wahrscheinlich aus Glas entstanden. Nephelin lässt sich mikroskopisch nicht nachweisen, könnte aber nach dem ganzen Habitus des Gesteins vorhanden gewesen und umgewandelt sein. Eine Analyse des Gesteins könnte wohl über die Zugehörigkeit zu Plagioklasbasalten oder Tephriten entscheiden."

Das Vorkommen ist ein gangförmiger Durchbruch durch den Triasdolomit der *Lavirumschlucht* zwischen *Giandalaina* und *Acla veglia*, da, wo auf der Karte ein schwarzer Punkt mit beigesetztem B sich befindet.

Deckgebirge.

Verrucano (und Buntsandstein) (V).

Unter dieser Bezeichnung werden hier eine Folge von roten und grünen Konglomeraten, Sandsteinen und Schiefern zusammengefasst, die überall, wo sie vorhanden sind, durch ihre lebhaften Farben ein leicht kenntliches Grenzglied zwischen den älteren, kristallinen Schiefern und der Trias darstellen. Die Bezeichnung Verrucano ist, wie MILCH (1892) in ausführlicher Weise dargelegt hat, von den verschiedenen Autoren in der verschiedensten Weise angewendet worden. Was mich bestimmt, trotzdem diesen Ausdruck beizubehalten, das möchte ich fast mit einem Scherz ausdrücken, dass es nun auf eine Definition mehr auch nicht mehr ankommt. Denn anderseits bietet der Name Verrucano doch den Vorzug, dass jeder Geologe, der ihn hört, sich sofort eine Bildung wesentlich klastischer Natur darunter vorstellt, die er wenigstens ungefähr an die Schwelle von Paläozoikum und Mesozoikum zu stellen gewohnt ist.

Von *Val Vaüglia* hinüber über *Alp Vaüglia* bis in die obere *Val Bugliauna* finden sich an mehreren Punkten kristalline Breccien. Faustgrosse, eckige Gneiss- und Schieferbrocken bilden mit Quarzgeröllen und rotem Verrucanomaterial ein inniges Gemenge. An einem Handstück sieht man das rote Verrucanozement schlierenartig zwischen den grossen Gneissbrocken sich ausbreiten. Ein von Herrn Dr. SCHILLER in der *Val Trupchum* aufgelesenes Stück dieser Breccie zeigt, wie ein grösseres Gneissfragment durch den Gebirgsdruck geborsten und das Verrucanomaterial in die entstandene Spalte

hineingepresst ist. Die Frage, inwieweit es sich bei dieser kristallinen Breccie um ein echtes Sediment oder nur um eine mechanische Verknetung von Verrucano mit dem Grundgebirge handelt, möchte ich einstweilen offen lassen.

In den echten Verrucanokonglomeraten sind die Hauptmenge der Gerölle Quarzbrocken bis zu Hühnerei- und Faustgrösse. Daneben kommen rötliche Quarzit-, schwarze Kieselschiefer- und andere Komponenten vor. Die von DALMER (1886) gefundenen Juliergranitgerölle wurden schon erwähnt.

Konstante Profile darf man bei dem Charakter dieser Ablagerung nicht erwarten. Doch konnte ich in einigen, anscheinend normalen Profilen beobachten, dass die groben Conglomerate im allgemeinen einen tieferen Horizont einnehmen, als die Sandsteine und Schiefer, so unmittelbar nördlich über der *Alp Casana*, ferner im *hinteren Casanatal*, wo der Casanabach von der Fuorcla Casana kommend über die kleine Felswand herunterstürzt. In der unteren *Valle l'Everone* sieht man sehr gut den Uebergang dieser Schiefer in das folgende Formationsglied. Es stellen sich hier zunächst vom Verrucano aus gelbliche, poröse, rauhwackeartige Dolomitbänke ein, zwischen denen sich noch einzelne rote und grüne Schieferlagen zeigen, bis die rote Tonmasse nur noch dünne rote Ueberzüge der Rauhwackebänke bildet. Das gleiche Verhältnis beobachtet man in einem linken Zufluss der unteren *Valle Federia*, nämlich in dem Tobel, der östlich von *La Costaccia* nach *piano dei morti* hinunterzieht. Auch hier liegen über den Sandsteinen rote und grüne Schiefer, die auch noch Zwischenlagen bilden zwischen den untersten Dolomitbänken, die freilich hier nicht rauhwackeartig ausgebildet sind wie in der unteren *Valle l'Everone*.

Auch Eisenerze kommen wie anderwärts (Bellaluna) mit Verrucano verknüpft vor. So fand ich in dem im tektonischen Teil noch zu besprechenden Verrucanostreifen in der oberen, nördlichen *Valle Saliente* mehrfach Roteisenerz.

Was das Alter dieses Schichtenkomplexes betrifft, so kann wohl kein Zweifel bestehen, dass die oberen Teile der Buntsandsteinstufe entsprechen. Die unteren Teile jedoch, die groben Konglomerate und arkoseartigen Sandsteine haben so viel petrographische Aehnlichkeit mit dem süddeutschen Rotliegenden, dass wir ihnen wohl unbedenklich permisches Alter zuschreiben dürfen. Eine kartographische Trennung innerhalb dieser fast überall nur als schmales Band auftretenden Ablagerungen war jedoch unmöglich.

Untere Rauhwacke und Gips (UR).

Fast überall trifft man mit der vorigen Ablagerung verknüpft, aber doch immer in einem höheren Niveau, eine ausgesprochen salinare Bildung. Entweder finden wir Gipslager, die lokal ziemlich mächtig anschwellen, oder weit häufiger noch Rauhwacken. Die Rauhwacken zeigen eine löchrig poröse oder zellige Struktur, brausen mit verdünnter Salzsäure immer lebhaft auf, zeigen bald graue, bald mehr gelbliche Farbe und enthalten vielfach rote und grüne Tonschieferfetzen, was bei der innigen Verknüpfung mit Verrucano nicht auffällig erscheinen kann. Auch eckige Fragmente kristalliner Gesteine treten dann und wann in der unteren Rauhwacke auf. Meistens tragen die Rauhwacken nicht mehr den Charakter eines ursprünglichen Sediments. Von Schichtung ist sehr oft nichts mehr zu bemerken. So wie die Rauhwacken uns heute entgegentreten, haben sich, meiner Ansicht nach, zwei Faktoren an ihnen geltend gemacht, nämlich einerseits Auslaugungsvorgänge innerhalb des salinaren Gesteins, anderseits der Gebirgsdruck[1]. Einen guten Einblick in die Veränderungen, die auch heute noch in einer grösseren Rauhwackemasse vor sich gehen, hat die Bohrung des Albulatunnels gewährt. TARNUZZER (1904 S. 5) hat die Befunde sehr anschaulich beschrieben. Er sagt unter anderem: „Das gelbe, poröse bis löcherige Gestein . . . ging bei starkem Wasserzudrang in eine breiige Masse über. Die tuffartigen Partien des Zellendolomits enthielten Trümmer von grünem Granit . . .“ Vielfach findet sich in den eckigen Höhlungen ein feiner dolomitischer Kalkstaub, der mit Salzsäure sehr lebhaft Kohlensäure entwickelt. An manchen Orten findet man Uebergänge von grauer, poröser, undeutlich geschichteter Rauhwacke in normale Dolomitbänke. Ein Handstück aus der unteren *Valle l'Everone* ist zur Hälfte graue, mit Salzsäure aufbrausende Rauhwacke, zur andern Hälfte ein Teil einer normalen Dolomitbank. Ein anderes Stück porösen, rauhwackeähnlichen Gesteins erweist sich im Dünnschliff als ein durch den Gebirgsdruck in lauter eckige, kleine Fragmente zerdrückter Dolomit. Lässt sich so in vielen Fällen am Rauhwackegestein die Wirkung mechanischen Druckes erkennen, so ist doch anderseits das Auftreten von Rauhwacken in diesem Horizont so konstant mit kleineren

[1] ROTHPLETZ (1888 S. 18) hat meines Wissens zum erstenmal ausführlich auf die Wirkung des mechanischen Druckes zur Bildung von Rauhwacken aufmerksam gemacht.

oder grösseren Gipslagern verknüpft, dass eine ursächliche Verbindung zwischen der Auslaugung von Gipslinsen und der Entstehung von Rauhwackemassen auf der Hand liegt. WÄHNER (1903 S. 79) bezeichnet die Rauhwacken des Muschelkalkes als aus der Zertrümmerung schwarzer Kalke hervorgegangen. Mir scheinen allein durch mechanische Kräfte erzeugte Rauhwacken innerhalb des untersuchten Gebietes nur eine ganz untergeordnete Rolle zu spielen. Immerhin sei darauf hingewiesen, dass über die für die Tektonik überhaupt so wichtige Frage, ob Rauhwackezüge an ein bestimmtes, stratigraphisches Niveau gebunden sind, oder nur gewisse Druck- oder Zertrümmerungszonen des Kalkgebirges bezeichnen, bis heute keine völlige Einigung unter den Geologen erzielt ist. An zahlreichen Punkten des Gebietes ist die Rauhwacke durch Bergschutt verdeckt, verrät ihr Ausstreichen aber noch durch kleine Einstürze und in Reihen angeordnete, steilwandige Gipstrichter.

Der Charakter dieser salinaren Bildung bringt es mit sich, dass ihre Mächtigkeit sehr stark wechselt. Mitunter fehlt sie ganz und wir sehen dann den Verrucano unmittelbar in das nächste, nun zu besprechende Schichtglied übergehen.

Muschelkalkdolomit (M).

Es sind dies gelbliche bis dunkel schwarze, dünnbankige Dolomite mit unebener Oberfläche. Die Schichtflächen tragen in der Regel schwarze, in den unteren Teilen auch rote Tonbezüge, bis sich gegen den Verrucano hin, wie schon erwähnt, rote und grüne Tonschieferzwischenlagen einstellen. An Fossilien hat diese Ablagerung bis jetzt nur einige Exemplare von Coenothyris vulgaris Schloth. spec. geliefert. Die Erhaltung ist, obleich das Gestein ein reiner Dolomit ist, eine derartige, dass die Identifizierung als gesichert gelten darf. Die Fundstelle liegt in der *Val Malatt*, dem letzten, linken Seitental der unteren *Val Chamuera*, wo man auf der Karte den schmalen Muschelkalkdolomitstreifen eingezeichnet findet. Crinoidenstielglieder, die sonst vielfach aus dem Muschelkalk Bündens erwähnt werden, fand ich in dem engeren Gebiet nicht. Ein besonders gut entwickeltes Muschelkalkdolomitprofil trifft man in der schon unter Verrucano erwähnten Rinne östlich *La Costaccia* auf der linken Seite der *Valle Federia*.

Ich muss an dieser Stelle ausdrücklich bemerken, dass ich überall in der unteren und mittleren Trias nur Rauhwacken und Dolomite angetroffen habe dagegen nirgends Andeutung einer Kalk-Mergelfacies (über das Dolomit-

gebiet nördlich der *Val Trupchum* vermag ich heute noch nichts Bestimmtes auszusagen). Ueberall, wo sich eine Kalk-Mergelbildung zwischen Grundgebirge oder Verrucano und zweifellose Triasdolomite einschiebt, hat sie sich bei genauerer Kartierung als Rest einer eingeklemmten Mulde von Rhät oder Lias erwiesen. Die Ausbildung dieser Triasstufe in Dolomitfacies geht auch aus den Beobachtungen der meisten früheren Geologen hervor (s. GÜMBEL 1893 S. 23, 32, 59, 83, 84; BÖSE 1896 S. 610). STEINMANN (1898 S. 24) betont ausdrücklich das Fehlen von tonigen Absätzen von grösserer Mächtigkeit innerhalb der Bündner Trias bis zum Rhät hinauf. SCHILLER (1904 S. 10) fand im *Unterengadin* Muschelkalk und Partnachschichten hauptsächlich dolomitisch ausgebildet. Die falsche Deutung der Kalk-Mergelbildung bei *Campovàsto* als Muschelkalk und Wengener Schichten durch GÜMBEL (1899 S. 32) hat schon BÖSE (1896 S. 590) richtiggestellt. Ebenso gehört der von GÜMBEL (1893 S. 41) aus der unteren *Valle Saliente* beschriebene ‚dünnbankige, intensiv schwarze Kalkschiefer' der rhätischen Stufe an. Denn erstens fand ich darin Terebratula gregaria Ss., zweitens folgt seine Zugehörigkeit zu einer verquetschten Mulde aus dem noch wohl erkennbaren Bau der darüberliegenden kleinen Antiklinale mit Verrucano und kristallinen Schiefern als Kern (vgl. Profil X Tafel V). Auch die von GÜMBEL (1893 S. 33) und von BÖSE (1896 S. 582) erwähnten Muschelkalkbildungen im Spöltal wenig unterhalb der Einmündung der *Aqua del Gallo* sind, wie mir Herr O. SCHLAGINTWEIT freundlichst mitteilte, echte, mit verdünnter Salzsäure nicht brausende Dolomite. ‚Die schwarzen Kalke mit dünnen Mergelschichten, darauf rötliche bis schwärzliche, kalkige, etwas sandige Schiefer und schwarze gebänderte Kalke mit schwarzen Mergeleinlagerungen', die BÖSE aus *Val Pschaidas* (1896 S. 587) als Muschelkalk und Partnachschichten beschreibt, sind Lias (zum Teil vielleicht auch Rhät), wie man sich überzeugt, wenn man diesen Kalk-Mergelzug bis ins *Camogasker Tal* hinüber im Streichen verfolgt. Mit den Mergeln sind hier mehrfach rote Crinoidenkalke verknüpft voller Belemniten. Eine Fundstelle liegt kaum 100 m südlich der *Val Pschaidas*. Damit werden natürlich auch BÖSES Deutung der höheren Triashorizonte am *Piz Mezzaun*, sowie die daran geknüpften Schlussfolgerungen völlig unsicher.

Wettersteindolomit (W).

Ueber dem Muschelkalkdolomit treffen wir graue, nicht sehr dickbankige Dolomite, vielfach mit schwarzen und braunen Tonbezügen. Sie führen häufig Diplopora annulata SCHAFHT., allerhand Schnecken (Chemnitzia, Natica spec.) und unbestimmbare Zweischalerdurchschnitte. Auch schwarze Kieselausscheidungen, linsenförmig, oder ganze Lagen bildend, kommen häufig in diesem Horizont vor. Schöne Diploporen traf ich unter anderem nördlich über der *Alp Casana*, auf dem *Casanapass* auf der italienischen Seite ein wenig unterhalb der Grenze, wo sie BÖSE schon auffielen (1896 S. 591), der die Dolomite dort freilich noch zum Muschelkalk rechnet, ferner in dem Dolomitzug *nördlich des Casanapasses*,

weiter im *hintersten Casanatal* an der westlichen Felswand (vgl. Profil II Tafel V) und am schönsten auf dem Rücken westlich *Rino Toscie* in der unteren *Valle Federia* (vgl. Profil IX, Tafel V).

Raibler Schichten (R).

Dieser Horizont wird in dem behandelten Gebiet durch eine Wechsellagerung roter und gelblicher Tonschiefer, roter Sandsteine und gelber und rötlicher Dolomitbänke vertreten, zu denen sich unter Umständen noch Rauhwacke gesellt, z. B. in der *Val Torta*. Es scheinen jedoch diese Rauhwacken nur eine sehr geringe Rolle zu spielen gegenüber den mächtigen, über dem Buntsandstein entwickelten, unteren Rauhwacken. Bei manchen Gips- und Rauhwackevorkommnissen liess sich allerdings bis jetzt nicht einwandfrei entscheiden, ob sie der unteren oder der Raibler Rauhwacke zuzurechnen sind. Hierher gehören manche Rauhwacken der linken Seite des Engadins von *Madulein* bis *Scanfs* hinunter, ferner der Gips auf der Bergecke zwischen *Vaüglia* und *Casanella*. Doch wurde an so vielen andern Punkten des Gebietes die innige Verknüpfung von Rauhwacke mit Verrucano festgestellt, anderseits erwies sich das einzig sichere Rauhwackevorkommnis in den Raibler Schichten, nämlich das in der *Val Torta*, als so wenig mächtig, dass es angezeigt schien, wo aus den Lagerungsverhältnissen kein Schluss auf das Alter der Rauhwacke möglich war, Rauhwacken und Gipse in das Niveau unmittelbar über dem Buntsandstein zu stellen. Das tektonische Bild wird übrigens durch eine andere Altersdeutung mancher Rauhwacken zwar in Einzelheiten geändert, doch wird die Gesamtauffassung der Dislokationen, von denen das Gebiet betroffen wurde, dadurch nur wenig beeinflusst. Die von BÖSE (1896 S. 588) vom *Piz Mezzaun* beschriebenen Sandsteine etc. möchte auch ich den Raibler Schichten zurechnen, nur glaube ich, dass das zweimalige Auftreten des Sandsteinhorizontes auf einer tektonischen Komplikation beruht.

In der Regel tritt der Raibler Horizont zwischen den stark zusammengepressten Triasdolomiten als schmales, mitunter auskeilendes Band hervor. Gewöhnlich findet man wenig rote Tonschiefer, gelblichen oder rötlichen Dolomit oder roten Sandstein. So tritt das Raibler Band z. B. nördlich über der *Alp Casana* auf, ferner in der hintersten *Val Casana* an der westlichen Felswand. Nördlich von *Corn* zieht es quer über die ziemlich flach liegende Dolomitfläche hinweg.

Hauptdolomit (H).

Der Hauptdolomit ist der mächtigste Dolomithorizont. Es ist ein ziemlich dickbankiger, bald heller, bald dunkler grauer Dolomit. Die Schichtung tritt namentlich aus der Ferne immer deutlich hervor. Gyroporellen scheinen in ihm ganz zu fehlen, dagegen findet man allerhand unbestimmbare Durchschnitte von Zweischalern etc. ziemlich häufig. Nach oben zu nimmt er mitunter intensiv rote Färbung an, z. B. am *Corn*gipfel. Ein Stück rötlichen Dolomits von da, das lange unter Schnee der Verwitterung ausgesetzt war, zeigt an der Oberfläche zahlreiche, kleine Zweischalerdurchschnitte. Aehnlich leuchtend roten Dolomit findet man in der Umgebung des *Grenzpunktes 2918*. Oestlich von diesem Gipfel fand ich auf Schweizer Seite in dem roten Dolomit ein kleines Fischzähnchen, südöstlich in der oberen *Valle l'Everone* Stielglieder von Pentacrinus sp.

Wir finden somit die Trias vom unteren Rauhwackehorizont bis zur rhätischen Stufe hinauf vorwiegend als Dolomite entwickelt. Häufig ist durch tektonische Wirkungen die ganze Trias so stark reduziert, dass es nicht gelingt, die verschiedenen Glieder noch einzeln zu erkennen. Es wurde alsdann auf der Karte und den Profilen der Triasdolomit als ein Glied zusammengefasst.

Rhätische Stufe (Rh).

Die Kössener Schichten sind im Engadin infolge ihrer Fossilführung schon frühzeitig erkannt worden (vgl. ESCHER 1853, S. 49). Es ist meist ein Komplex von dunklen, auf der verwitterten Oberfläche grünlichgrauen, im Querbruch grünlichen bis intensiv schwarzen Kalken und Mergeln mit schwarzen, tonigen Zwischenlagen. Die Kalkbänke sind von wechselnder Dicke. Mitunter findet man eine mehrere Meter mächtige Bank eingeschaltet. In dem südlichen Ast der *Valle Saliente* sieht man unter dem Wasserfall eine derartige Bank unter der Wirkung des Gebirgsdrucks bald mächtig anschwellen, bald völlig auskeilen zwischen dünnen tonigen Lagen, die in enge Sättel und Mulden gelegt sind. Manche Bänke sind ganz erfüllt von kleinen Crinoiden, andere von unbestimmbaren Lamellibranchiaten. Wieder andere strotzen von Terebratula gregaria Ss. Schliesslich kommen auch Lithodendronkalkbänke vor. Am *Monte Motto* bei Livigno gegen *Chiesa di Viera* sind in den obersten Lamellibranchiatenbänken des Rhät die Fossilien weitgehend verkieselt, so dass sie sich mit Salzsäure herausätzen lassen.

Besonders schön entwickelt sind die Kössener Schichten beim grossen Wehr am *Eingang ins Camogasker Tal*, an der westlichen Felswand in der *hintersten Val Casana* und in der oberen *Valle l'Everone*, wo sie schon von BÖSE (1896 S. 592) nachgewiesen wurden. Im ganzen fand ich folgende Fossilien:

Lithodendronartige Koralle, von 5—10 mm Kelchdurchmesser, mit zahlreichen deutlich erkennbaren Septen. *Hintere Val Casana.*

Unbestimmbare Crinoidenstielglieder; fast an allen Rhätlokalitäten.

Ein unbestimmbarer Seeigel; *Campovasto.*

Zylindrische Seeigelstacheln; *Corn, Valle l'Everone.*

Terebratula gregaria SUESS (SUESS 1854, S. 42 Tafel II Fig. 13—15)[1]; fast an allen Rhätlokalitäten.

Dimyopsis Emmerichi VON BISTRAM (Plicatula intustriata Emm. sp.) (VON BISTRAM 1903, S. 160 Tafel II Fig. 1—3); *Campovasto, Valle l'Everone.*

Avicula contorta PORTL. (STOPPANI 1860—65, S. 68, 135, 206 Pl. X Fig. 15—31); *Campovasto.*

Avicula sp. (Leptodesma HALL, VON BISTRAM); verkieselt vom *Monte Motto.*

Macrodon sp.; verkieselt vom *Monte Motto.*

Cardita austriaca HAUER (STOPP. 1860—65, S. 53 Pl. VI Fig. 1—10); zahllose Exemplare verkieselt vom *Monte Motto.*

? Lucinide; verkieselt vom *Monte Motto.*

In der Züricher Universitätssammlung liegt noch eine Trigonia rhetica BERTSCH, von *Campovasto.*

Im Dünnschliff zeigen die Kössener Schichten vielfach Echinodermenreste und stellenweise oolithische Struktur.

In der *Val Trupchum* schien BÖSE (1896 S. 586) die rhätische Stufe ausser durch Kössener Mergel auch durch schwarzen bis hellgrauen rhätischen Kalk (= oberen Dachsteinkalk) vertreten; er fand in einzelnen Blöcken zahlreiche Lamellibranchiaten, Brachiopoden und Korallen (Thecosmilia clathrata), in andern grosse Megalodonten (darunter anscheinend Megalodon scutatus und Meg. Guembeli). Soweit meine Beobachtungen reichen, lassen sich beide Ausbildungsweisen der rhätischen Stufe, nämlich in Kalk- und

[1] Von der in Betracht kommenden Litteratur wird hier nur jeweils eine, mit guten Abbildungen versehene Arbeit zitiert.

in Mergelfazies nicht wohl trennen. Wo wir Kössener Mergel haben, sehen wir fast immer auch sehr mächtige Kalkbänke eingeschaltet. Megalodonten und andere grosse, unbestimmbare Zweischalerdurchschnitte fand ich noch am rechten Ufer der *Ova Varusch* zwischen *Punt del Fuorn* und der zweiten Brücke über den Varuschbach. Ferner in einem grossen Block in der unteren *Valle Saliente*. THEOBALD (1866 S. 350) fand, offenbar zwischen *Tscheppa verda* und *Flin* unterhalb *Scanfs*, Lithodendren.

Auf der Karte wurden die Kössener Schichten nur da von den oft sehr ähnlichen Liasmergeln getrennt, wo sie durch ihre Fossilführung sich als solche zu erkennen gaben. Wenn also auf der Karte zwischen Hauptdolomit und Lias die rhätische Stufe fehlt, so liegen folgende vier Möglichkeiten vor: erstens: Rhät wurde an dieser Stelle überhaupt nicht abgelagert. Anhaltspunkte für die Annahme einer Trockenlegung liegen freilich nicht vor; zweitens: das Rhät wurde zur Liaszeit an dieser Stelle zu liasischen Konglomeraten und Breccien wieder aufgearbeitet; drittens: das Rhät ist durch Ausquetschung verschwunden; viertens: es ist zwar vorhanden, aber nicht sicher zu erkennen und deshalb mit den darüberliegenden Liasschiefern auf der Karte vereinigt.

Lias.

Angulatenschichten.

Am Südabhang des *Monte Motto* bei *Livigno* gegen *Chiesa di Viera* hin gelang es zum ersten Male über dem Rhät diese tiefe Liaszone nachzuweisen. Es finden sich da graue, an manchen Stellen breccienartige Kalke, die zahlreiche Crinoidenstielglieder enthalten und ausser einer Rhynchonella sp., einer Terebratula sp., einem kleinen Mytilus sp. die Bruchstücke einer Anzahl von Exemplaren von Schlotheimia angulata SCHLOTH. sp. geliefert haben. Eine genauere Bestimmung dieser Ammonitenbruchstücke auf Grund der WÄHNERschen Arbeit (1884—86) erlaubt ihr Erhaltungszustand nicht.

Roter Liaskalk (Steinsberger Kalk) (LB).

An mehreren Stellen des Gebietes tritt ein roter, vielfach grobspätiger Kalk auf, der neben zahlreichen Crinoidenresten stets Belemniten und lokal auch reichlich andere Mollusken beherbergt. Wo der rote Liaskalk in unmittelbare Berührung mit Hauptdolomit tritt, sehen wir an der Grenze beider eine Breccie, die aus Dolomit

und rotem Kalk besteht. Ob wir hierin eine Brandungsbreccie oder nur eine mechanische Ineinanderknetung zu sehen haben, liess sich nicht sicher entscheiden. Fossilien des roten Liaskalkes:

zahlreiche Crinoidenstielglieder besonders von Millericrinus sp., ferner vereinzelte von Pentacrinus sp.

Mytilus sp. (1 Exemplar),

Modiola sp. (1 Exemplar),

Gervillia Buchi Zigno (Tausch 1890, S. 14 Tafel VII Fig. 10—14; 1 Exemplar),

Pachystylus cf. conicus Gemm. (Gemmellaro 1872—82, p. 279 Tav. XXIII fig. 13. e Tav. XXV fig. 15. e 17; 2 Exemplare),

Phylloceras Partschi Stur (Hauer 1854, S. 23 Tafel IV Fig. 1—8, Ooster 1857—60, p. 38 Tab. 18, fig. 1—6; Bruchstück eines sehr grossen Exemplars).

Mehrere kleine Phylloceraten liessen sich leider nicht aus dem Gestein herauspräparieren.

Lytoceras sp., 2 Bruchstücke eines echten, grossen Fimbriaten. Eine genauere Bestimmung ist leider unmöglich.

Aegoceras planicosta Sow. (Hauer 1856, Tafel XVI Fig. 4 bis 6; 1 Exemplar).

Belemnites sp., zahlreiche, leider unbestimmbare Exemplare.

Sphenodus Ag. sp. (1 schlecht erhaltenes Exemplar).

Im Dünnschliff zeigen die roten Crinoidenkalke ein äusserst charakteristisches Bild: Unregelmässig begrenzte, rote Partien wechseln mit ungefärbten. Zunächst fallen im mikroskopischen Bild die meist etwas dunkler gefärbten Crinoidenreste auf mit ihrer prachtvoll erhaltenen Gitterstruktur. Dazwischen bemerkt man zahlreiche Foraminiferen (darunter Rotaliden und andere Formen) sowie Brachiopoden- und Lamellibranchiatendurchschnitte. Erstaunlich ist die Uebereinstimmung des mikroskopischen Bildes mit einem Schliff von rotem Liaskalk von *Hindelang* im Algäu, den mir Herr Prof. Steinmann freundlichst zur Verfügung stellte. Das gleiche gilt von einem Schliff von rotem Steinsberger Kalk von *Ardez* im Unterengadin, den ich Herrn Dr. Paulcke verdanke, sowie von rotem Liaskalk, den Herr Dr. Hoek, wie er mir freundlichst mitteilt, an der Oertlichkeit *Foil Cotschen* oberhalb *Lai* bei *Parpan* aufgefunden hat.

Alle Fossilien mit Ausnahme der Foraminiferen, Crinoiden und Belemniten stammen aus zwei Blöcken, die beide im Laviner Plaz

am Berge Murtiröl bei *Scanfs*, der erste von Herrn Prof. STEINMANN gelegentlich eines Besuches der Gegend, der andere von mir selber gefunden wurden. Im Anstehenden in der Nähe des *Murtirölgipfels* unter der oberen Dolomitschuppe fand ich nur Belemniten, ebenso an einer Reihe anderer Oertlichkeiten, wo wir Lias in gleicher Facies entwickelt finden, so oberhalb *Ertas* an der rechten Seite der *Val Casana*, dann in der eingeklemmten Rhätliassynklinale unter dem Dolomitbau des *Piz Mezzaun*. Hier findet man roten Liaskalk zu beiden Seiten des *Camogasker Tales* an zahlreichen Stellen im Wald und in den Latschen anstehen.

In den Halden dicht am Fahrweg ins *Camogasker Tal* fand ich wenig oberhalb des Wehrs etwa ein halbes Dutzend Belemniten, ebenso einen einzelnen, leider nicht im Anstehenden, unten am Bach. Hier stehen auch feine dolomitische Breccien an, wie ich sie sonst nur im Lias fand. Ich nehme deshalb an, dass der Lias bis auf die Sohle des Camogasker Tales herunterreicht, indem er hier die schon erwähnten fossilreichen Kössener Schichten überlagert.

Diese Facies des Lias scheint mir am besten der von WÄHNER (1886 S. 169) aufgestellten Facies der bunten Cephalopodenkalke zu entsprechen, die ja ebenfalls Uebergänge in reine Crinoidenkalke aufweist.

Lias in Fleckenmergelfacies (LS).

In weitaus überwiegendem Mass finden wir den Lias in einer Kalkmergelfacies entwickelt, deren Aehnlichkeit mit der Liasausbildung im Algäu von jeher den Geologen aufgefallen ist. Die Hauptmasse dieser Liasschiefer stellt sich als ziemlich gleichförmiger Wechsel von dunklen, mergeligen, etwas bituminösen Kalken dar mit ebenso regelmässigen, schwarzen Tonzwischenlagen, die mitunter zu dünnblättrigen Tonschiefereinschaltungen anschwellen. Die Dicke der Kalkbänke schwankt zwischen 10 und 50 cm. Die Kalke führen häufig Lagen und Linsen von schwarzem Hornstein. Oft wechseln auch mehr kieselige mit kieselsäureärmeren Lagen ab, so dass die Kalkbänke bei der Verwitterung ein höchst charakteristisch streifiges Aussehen bekommen: Streifenkalke. Da und dort findet man Gagatstückchen, ferner häufig kleine, in Brauneisen umgewandelte Pyritwürfel. Manche Schieferlagen sind sehr manganreich. GÜMBEL (1889 S. 35) gibt eine Analyse eines solchen Manganschiefers aus der *Val Chamuera*.

Vielfach finden sich auch statt kompakter Kalke feinkörnige Breccienbänke. Sie enthalten in kalkigem Bindemittel kleine Dolo-

mitbröckchen, ganz selten auch kleine Quarzgerölle, dagegen stets Crinoidenreste. Nur ausnahmsweise überschreiten die Komponenten dieser Breccien im Durchmesser einige Millimeter. Sie wachsen dann zu einem Durchmesser von einigen Centimetern. Bei andern Konglomeratbänken bestehen auch die Komponenten aus grauen Kalkgeröllen, die wohl dem Rhät oder einer tieferen liasischen Stufe entnommen sind.

Einen vom normalen Aussehen wesentlich verschiedenen Habitus erlangen die Algäuschiefer an Stellen, wo sie besonders stark der mechanischen Beeinflussung durch den Gebirgsdruck ausgesetzt waren. Hier nehmen sie ein völlig flyschartiges Aussehen an. Die Kalkbänke keilen auf kurze Erstreckung hin aus, um dann wieder mächtig anzuschwellen. An andern Stellen sind sie durch den Gebirgsdruck in lauter plattige, flasrige, mitunter auch in prismatisch-griffelartige Stücke zerlegt. Der Kalkgehalt ist vielfach weggeführt oder auf dicken Adern neu ausgeschieden. Die Tonzwischenlagen sind in intensiv gefältelte, mitunter grünliche, meist schwarze Tonschiefer umgewandelt. Von Fossilführung ist nichts mehr zu bemerken.

Fossilien des Lias in Fleckenmergelfacies.

Crinoidenreste finden sich, wenigstens vereinzelt, fast überall. Mitunter findet man aber auch Crinoidenkalke, die sich fast nur aus Crinoidenresten zusammensetzen, und zwar meist aus kleineren, nicht näher bestimmbaren Formen, darunter

Pentacrinus sp. Seltener traf ich *(Albulapass, Corn, Valle Saliente)* einen grossen

Millericrinus sp. von 8 mm Durchmesser der Stielglieder.

Rhynchonellina Fuggeri FRAUSCHER (BÖSE 1894—1895, S. 73 Tafel VI Fig. 1—3). Genau östlich von der *Alp Casana* unter den Steilabhängen der *Punta Casana* kommen durch eine sekundäre Ineinanderfaltung zwischen zwei Dolomitschollen ein Zug schwarzer tonreicher Mergel vor, die zahlreiche, etwas verkieselte Exemplare dieser Brachiopoden geliefert haben. Ein durch Herausätzen isoliertes Stück zeigt deutlich die sehr langen Kruren. Auch noch andere, nicht mehr bestimmbare Brachiopoden kommen hier vor, darunter:

Rhynchonella sp. Rhynchonellinenmergel, *Westfuss der Punta Casana.*

Terebratula cf. Grestenensis SUESS (1854 S. 40 Tafel II Fig. 11 und 12); Rhynchonellinenmergel, *Westfuss der Punta Casana.*

Terebratula sp. Manche Bänke in der hinteren *Val Trupchum* führen Terebrateln, die ich nicht zu bestimmen wage. THEOBALD (1864 S. 351) führt von hier Rhynchonella cornuta an.

Inoceramus ventricosus SOW. (Falgeri Mer. ESCHER 1853, S. 19 Tafel I.) *Val Chanels, Val Müschauns, Grat zwischen Punta Casana und Punta Tropione.*

Oxytoma inaequivalve SOW. sp. (WAAGEN 1901, S. 1 Tafel I.) Ein kleineres, sowie ein sehr grosses Exemplar vom *Gipfel östlich Gualdauna.*

Pecten sp. fand BÖSE (1896 S. 585) in der *Val Trupchum.*

Gryphaea sp. } im *Scanfser Museum Caratsch*, aus der *Val*
Natica sp. } *Trupchum.*

Aegoceras bispinatum GEYER (1886 S. 266, Tafel IV Fig. 4 bis 13). 1 Exemplar aus der *Val Trupchum.*

Arietites. Es liegen mir eine grössere Anzahl von meist schlecht erhaltenen Bruchstücken vor. Sie sind alle so stark verdrückt, dass eine sichere Bestimmung unmöglich ist. Die Mehrzahl gehört der von BÖSE (1894 S. 720) aufgestellten Gruppe *A* des Arietites geometricus OPP. und des Arietites bisulcatus BRUG. an. Ein Bruchstück eines sehr grossen Individiums von mindestens 40 cm Durchmesser gehört zur Gruppe *E* mit in die Höhe wachsenden Windungen. BÖSE selber (1896 S. 585) fand in der *Val Trupchum*

Arietites cf. raricostatus ZIET. und das Bruchstück eines Harpoceras sp.

GÜMBEL (1893 S. 46) bezweifelte noch das Vorkommen von Arieten aus der *Val Trupchum*, doch kommen sie zum Teil sogar sehr häufig vor. Herr Perini in Scanfs machte mich auf eine schon seit Jahrzehnten im Fussbodenbelag der Alphütte Purchêr sichtbare solche „Schnecke“ aufmerksam. Auf dem Abhang östlich bis nordöstlich von *Alp Trupchum* fand ich hunderte von schlecht erhaltenen Arietenbruchstücken; sehr häufig sind sie auch in der *Val Mela.* Im Anstehenden traf ich sie noch an dem kleinen *Gipfel östlich Gualdauna* am *Albulapass* und am *Monte Motto* bei *Livigno*, nur als Geröll dagegen am linken Talgehänge der *Val Trupchum*, in *Val Cotschna, Val Chanels*, in der unteren *Val Casana* und in der *Valle Saliente.*

Belemnites sp. Auch die Belemniten sind durchgängig so stark verdrückt, dass eine sichere Bestimmung ausgeschlossen ist. Trotzdem erkennt man noch bei manchen die Zugehörigkeit zur

Gruppe der acuti, so dass die Verbreitung der Belemniten innerhalb des kartierten Gebietes meiner Ansicht nach doch ein einigermassen gesichertes Bild gibt, wie weit die in dem Gebiet vorkommenden Schiefer dem Lias angehören. Es seien deshalb hier in Kürze die über das ganze Gebiet verteilten Belemnitenfundstellen angeführt:

1. Im südwestlichsten, auf der Karte (Tafel X) noch angegebenen Liasvorkommnis am *Albulapass*. 2. In der hinteren *Val d'Es-chia* bei „*Pischa*" und bei „*Fuorcla Pischa*". 3. Am *Gipfel östlich Gualdauna*. 4. Oestlich vom *Piz Belvair*, an der rechten Seite der *Val Bos-chetta*. 5. *Chasalitsch*, in rotem und grauem Liaskalk. 6. In den feinkörnigen, spätigen Breccienbänken des *Camogasker Tales* (Runse westlich *Munt grand* und in gröberer Breccie nördlich oberhalb der *Schafalp*). 7. In den Liasstreifenkalken am *Piz Mezzaun* (Geröll bei Alp Arpiglia). 8. *Corn* in feiner, streifiger Breccie. 9. Einsattlung westlich der beiden Dolomithörner *nördlich von Alp Casana*. 10. Am linken Talgehänge von *Val Trupchum*, gegenüber *Val Cotschna*. 11. *Val Chanels*. 12. *Val Cotschna*. 13. *Val Müschaums*. 14. *Val Mela*. 15. Im Hintergrund der *Val Trupchum*. 16. Oberhalb *Ertas* an der rechten Seite der Val Casana. 17. Mehrere Punkte *an den Südhängen der Punta Casana*. 18. Mehrere Punkte in dem flachen Hochtal *östlich der Punta Casana*. 19. Im nördlichen Ast der *Valle Saliente*. 20. *Rino Toscie* in den Schutthalden des Talhintergrundes. 21. In dem Liaszug nördlich der *Kirche von Federia*. 22. Am *Monte Motto*, und zwar oben an der Ostseite des Berges und in den Schutthalden unten bei *Chiesa di Viera*. Ausserhalb des kartierten Gebietes sei noch eine Fundstelle an der Strasse von *Preda* nach *Crapalv* erwähnt.

Nachdem neuerdings (PAULCKE 1904) einen Teil der Bündner Schiefer des Unterengadins als Kreide erkannt ist, ist es natürlich nicht angängig, auf Grund unbestimmbarer Belemnitenfunde irgend welche Schiefer ohne weiteres als Lias anzusprechen. Demgemäss ist die Bedeutung, die man den eben angeführten Belemnitenfundstellen beizulegen vielleicht geneigt wäre, einzuschränken. Immerhin sei auf die Tatsache aufmerksam gemacht, dass, wo bisher im Unterengadin Belemniten gefunden wurden, wir es mit Lias zu tun haben, und dass umgekehrt, wo dort bis jetzt Kreide nachgewiesen wurde, keine Belemniten gefunden worden sind.

Lepidotus Ag. sp., kleine, halbkugelige Fischzähnchen fand ich zwischen *Val Malatt* und den kleinen Alphütten von *Müsella*, ferner im Liasschutt im Hintergrund von *Rino Toscie*.

Algenreste sind fast überall in den Fleckenmergeln verbreitet. Doch ist ihre Bedeutung als Leitfossilien neuerdings so zweifelhaft geworden (LORENZ 1901, S. 21), dass ich auf systematische Aufsammlungen und eingehende Bestimmung der vorkommenden Algenreste verzichtet habe.

Im Dünnschliff zeigen die Liasgesteine in Fleckenmergelfacies häufig Crinoidenreste. SCHILLER (1904 S. 23) erwähnt Radiolarien. Häufig sind ferner Spongiennadeln (besonders Monactinelliden). Diese scheinen im alpinen Lias eine sehr weite Verbreitung zu haben, während sie im Bereich der Alpen in andern Horizonten meines Wissens kaum je in solcher Menge gefunden worden sind. GÜMBEL (1893 S. 42) entdeckte zuerst den Reichtum an *Spongiennädelchen* im Lias des *Monte Motto* bei *Livigno*. SCHILLER (1904 S. 129) fand sie in den Liaskalken der *Val Chanels*. Meine Schliffe zeigen sie in Mergeln von der linken Seite der *Val Trupchum* etwa 200 m über der Talsohle gegenüber *Val Chanels*, ferner in den obersten Teilen der Liasschiefer in *Val da botta d'flöder*, in den Streifenkalken vom Gipfel des *Piz Mezzaun* mit Fucoidenresten zusammen, in fein sandigen Liasmergeln *bei Acla veglia* im *Camogasker Tal*, schliesslich massenhaft in den schon erwähnten Rhynchonellinenmergeln. VON DUNIKOWSKI (1882) beschreibt Monactinelliden und Tetractinelliden aus dem unteren Lias vom *Schafberg* und von *Goisern*; VON BISTRAM (1904 S. 10) fand im unteren Lias der *Val Solda* „massenhaft Schwammelemente monactinellider, tetractinellider und hexactinellider Form". In der neuen englischen Ausgabe von ZITTELS Grundzügen (1900 S. 46) findet man ausser einigen paläozoischen Vorkommnissen und verschiedenen Kreide- und Tertiärhorizonten als besonderen Verbreitungsbereich „stabförmiger spiculae" die untersten Glieder des alpinen Lias angeführt. Bestätigt sich der alpine Lias weiterhin als Hauptverbreitungshorizont monactinellider Schwammnadeln (die Hornsteine des jurassischen „Hornsteinkalkes" im Sonnwendgebirge enthalten nach WÄHNER [1903 S. 125] zumeist Hexactinelliden), so dürfte sich daraus vielleicht ein weiteres Kriterium ergeben, aus der Masse der „Bündner Schiefer" etwaige liasische auszuscheiden.

Was das gegenseitige Altersverhältnis der drei hier getrennt behandelten Liasbildungen betrifft, so kann wohl kein Zweifel bestehen, dass an manchen Stellen des Gebietes, so am heutigen *Monte Motto* bei *Livigno* ohne erheblichen Wechsel in der Sedimentation über den rhätischen Mergelkalken die etwas reineren Kalke

der Angulatenschichten, darüber die Mergelkalke mit Arieten, also höhere Zonen des unteren Lias abgesetzt wurden. Nachgewiesen ist bis jetzt in den Fleckenmergeln die Oberregion des unteren Lias, und zwar durch die Anwesenheit des Aegoceras bispinatum GEYER sowie des von BÖSE (1896 S. 585) gefundenen Arietites cf. raricostatus Ziet. Ob noch höhere Lias- oder gar noch Doggerhorizonte in den Fleckenmergeln vertreten sind, dafür hat man einstweilen keine Anhaltspunkte. Auf Schwankungen der Meerestiefe deuten die in die Fleckenmergel eingeschalteten Breccienbänke.

An andern Stellen des Gebietes haben andere Verhältnisse geherrscht. An dem kleinen Gipfel östlich der Einsattlung *Gualdauna* am *Albula* ist folgendes Liasprofil gut aufgeschlossen: Die Schichten fallen gleichsinnig steil nach Norden und die ganze Art der Lagerung macht es wahrscheinlich, dass wir gerade hier keine der sonst so häufigen Schichtausquetschungen vor uns haben. Wir sehen hier über dem Hauptdolomit auf dem Raum von einigen Metern rote und grüne, kalkige Schiefer, helle, rötliche und gelbliche Kalke mit Belemniten und spärlichen Crinoidenresten und unmittelbar darüber die gewöhnlichen Mergelkalke der Algäufacies mit zahlreichen Belemniten, mit grossen Zweischalern (Oxytoma inaequivalve Sow.) und mit Arieten. Wir hätten demnach hier entweder keinen Absatz von Rhät, oder nachträgliche Abtragung der rhätischen Schichten, dann zu unterst im Lias eine tonarme Kalkablagerung, die annähernd dem „roten Liaskalk“ mit der oben erwähnten kleinen Fauna entspricht. Darüber folgt Lias in Fleckenmergelfacies mit Arieten. Doch müssen wir uns hüten, die beiden folgenden Ausbildungsweisen: Hauptdolomit — fehlendes Rhät — unterster Lias als tonarmer, rötlicher Crinoidenkalk — Lias in Fleckenmergelfacies einerseits, Hauptdolomit — wohl entwickeltes Rhät — Angulatenschichten — Liasfleckenmergel anderseits als allgemeingültige Schemata aufzustellen. Denn wir finden z. B. in der schmal ausgequetschten Rhät-Lias-Synklinale am Eingang ins *Camogasker Tal* neben vorzüglich entwickeltem Rhät typischen roten Liaskalk und Lias in Fleckenmergelfacies. Leider sind die Lagerungsverhältnisse hier und am *Murtiröl* bei *Scanfs* derartig gestört, dass sich aus der Lagerung keine Schlüsse auf das gegenseitige Altersverhältnis der typischen roten Crinoidenkalke und der Fleckenmergel ziehen lassen. Nach seinem Fossilinhalt (Aegoceras planicosta Sow.) muss ich den roten Liaskalk für gleichaltrig mit einem Teil der Fleckenmergel halten. Ich nehme deshalb an, dass an

Punkten verminderter Tonzufuhr oder in andern Meerestiefen sich lokal neben den Fleckenmergel diese Crinoidenkalkfacies entwickelte, wobei nicht ausgeschlossen ist, dass unter wechselnden Verhältnissen an gleicher Stelle nur zu andern Zeiten auch echte Fleckenmergel sich ablagerten. So wenig mächtig der rote Liaskalk gewöhnlich erscheint, so kann es nach dem Fund eines grossen, leider nicht näher bestimmbaren, fimbriaten Lytoceras nicht ausgeschlossen erscheinen, dass wir in dem roten Cephalopodenkalk auch noch ein Aequivalent des oberen Lias zu erblicken hätten.

Foraminiferenschiefer (Fo.).

Hier seien noch gewisse dünnblättrige Mergelschiefer angegliedert, die in die Liasschiefersynklinalen am *Murtiröl* miteingefaltet sind; und zwar treffen wir sie in der Nähe des Gipfels des Berges *Murtiröl* sowie an seinem Nordabfall oberhalb des Casanaalpwegs. Es sind hellgraue, etwas glänzende Schiefer, die auf der verwitterten Oberfläche sehr charakteristische schwarze Pünktchen zeigen und im Dünnschliff sich von Foraminiferen erfüllt erweisen. Man erkennt grosse Globigerinen und andere Formen. Ueber das Alter dieser Schiefer vermag ich bis heute nichts Zuverlässiges auszusagen. Sie wurden dem Lias angeschlossen, doch erscheint es nicht ausgeschlossen, dass diese Schiefer der Kreide angehören, sie beherbergen jedoch wesentlich andere Foraminiferenformen, wie die sicher cretacischen „couches rouges“, die man unten noch näherbesprochen findet.

Malm und Tithon.

Ueber den sicher unterliasischen Fleckenmergeln folgen noch Absätze in gleicher Facies, die bis heute keine Fossilien geliefert haben. Ob wir in ihnen Vertreter höherer Schichten zu erblicken haben, steht dahin. SCHILLER (1904 S. 24) vermutet für die Doggerzeit eine Festlandsperiode für das Unterengadin, während WÄHNER (1891 S. 115) umgekehrt das Fehlen typischer Doggerfossilien an vielen Punkten der Alpen damit erklärt, dass uns vielfach nur die Absätze eines ausserordentlich tiefen Meeres erhalten seien, „von dessen reichen Faunen uns in ausgedehnten Räumen nur die mikroskopisch kleinen Kieselgerüste der Radiolarien erhalten blieben“.

Sicher nachweisbar sind über den Fleckenmergeln erst wieder oberjurassische Schichten, und zwar konnten besonders in den Tobeln der rechten Seite der *Val Trupchum* zwei Horizonte unterschieden werden. Sie mögen hier als unterer und oberer Horizont beschrieben werden.

Unterer Horizont (MR).

In den eben genannten Seitentobeln der *Val Trupchum* bis zur *Val da botta d'flöder* im Westen sieht man stets folgendes Verhältnis: die Algäuschieferserie, nach oben zu fossilfrei, nimmt mehr tonigen Charakter an. Die zwischengeschalteten Kalkbänke sind sehr stark kieselig; darüber folgt regelmässig ein Wechsel dunkler Mergel mit grünen Hornsteinlagen (nicht viel mehr als 1 m). Darüber kommen rote, mitunter auch rot und grau gefleckte, zuweilen ein wenig mergelige Kalkschiefer und Kalke, die Linsen und Lagen roter Hornsteine führen (einige Meter). Darüber folgt der „obere Horizont".

Die roten Kalke und Kalkschiefer sowie die Hornsteine enthalten Aptychen. GÜMBEL (1893 S. 44) fand Aptychus protensus GÜ. und Aptychus pumilus GÜ. BÖSE (1896 S. 585) erwähnt Aptychus gracilicostatus. STEINMANN (1898 S. 47) entdeckte neu eine Pygope diphya, ferner Aptychen von Aspidoceras, Belemniten und einen Nautilusschnabel. Ausser den kleinen eben erwähnten gerippten Aptychen kommen auch grössere (bis zu 4 cm) vor, die ich für Aptychus punctatus VOLTZ (FAVRE 1879 p. 42 Pl. III fig. 14 et 15) halte. Die Hornsteine, sowohl die roten als die grünen, führen, worauf auch schon GÜMBEL (1892 S. 162) aufmerksam gemacht hat, zahlreiche Radiolarien, sind also echte Radiolarite und nach unsern bisherigen Erfahrungen als Tiefseeablagerungen aufzufassen. Leider ist die Struktur der Radiolarien nirgends mehr gut erhalten. Man erkennt nur Formen aus der Familie der Sphaeriden (Cenosphaera?) und der Cyrtiden (Lithocampe).

Für gleichaltrig mit diesen roten Aptychenkalken der *Val Trupchum* halte ich dünnplattige graue, an andern Stellen auch rote Kalke, die durch und durch erfüllt sind von Aptychen und am schönsten entwickelt ein wenig südlich vom Signal 2634,3 auf dem *Murtiröl bei Scanfs* vorkommen.

Fossilien aus den Aptychenplatten am Murtiröl.

Kleine Einzelkoralle vermutlich aus der Familie der Turbinoliden E. H., vielleicht identisch mit dem von SCHILLER im Unterengadin gefundenen Trochocyathus truncatus ZITTEL (SCHILLER 1904 S. 25).

Pentacrinus sp. einige, kleine Stielglieder.

Phyllocrinus cf. Oosteri (P. DE LORIOL 1879 p. 287 Pl. XIX fig. 25—27). Zahlreiche, aber nur schlecht erhaltene Reste, die sicher die Zugehörigkeit zu der von JÄKEL (1891 S. 656) aufgestellten Gruppe des Phyllocrinus fenestratus DUMORTIER

zeigen, und die ich am besten mit Phyllocrinus Oosteri vergleichen kann, der allerdings bis jetzt nur aus dem Neocom der Freiburger Alpen bekannt geworden ist. Auch zahlreiche, isolierte, zylindrische Stielglieder finden sich in den Kalkplatten.

Rhynchotheutis acutus QU. (QU. 1849, S. 547 Tafel 34 Fig. 16—19). Eine speziellere Identifizierung erlaubt der Erhaltungszustand der vier vorliegenden Exemplare nicht.

Aptychus punctatus VOLTZ (FAVRE 1879, S. 42 Pl. III fig. 14 et 15), zahllose Exemplare.

Aptychus Beyrichi OPP. (FAVRE 1879 S. 42 Pl. III fig. 17—19), zwei gut erkennbare Exemplare.

Belemnites sp., 7 Exemplare.

Reste von Fischzähnchen (? Sphenodus AG. sp.).

Ein im *Laviner Plaz* gefundenes rotes Kalkgeröll lieferte noch grosse Aptychen aus der Gruppe der laeves. Weitere Verbreitung dieses unteren Tithonhorizontes: Im Streichen der Schiefer vom *Murtirölsignal* trifft man rote Aptychenkalke noch an mehreren Punkten weiter östlich am Murtiröl bis hinunter in den Wald bei *Vaüglia sura*. Auf dieses Vorkommnis soll noch unter „Dislokationsbreccien" näher eingegangen werden. In dem unteren Liasschieferzug, der in etwa 2000 m Höhe nördlich um den *Murtiröl* herumzieht, trifft man an mehreren Stellen unmittelbar unter dem darübergeschobenen Triasdolomit Reste von rotem Radiolarit und von roten Kalkschiefern mit Aptychen und Rhynchotheutis. Auch Reste des „oberen Horizontes" und von couches rouges kommen im gleichen Zug im *Laviner Plaz*, wie ich schon hier bemerken will, unter dem herübergeschobenen Dolomit vor. Auch auf der Nordostseite des Berges oberhalb *God Drosa* sind solche Globigerinenschiefer mit den roten Aptychenschiefern verknüpft. Ferner findet sich roter Aptychenkalk in der am *Punkt 2746* südlich vom MURTIRÖL zwischen kristalline Gesteine eingekeilten Sedimentscholle. Am *Piz Mezzaun* bilden rote Aptychenkalkschiefer und Hornsteine den Kern der grossen Liasmulde; auf den Schutthängen südlich des Gipfelgrates findet man die Aptychen gar nicht selten. Vielleicht gehören, und zwar als Kern derselben Synklinale, auch rote und graue Kalkschiefer hierher, die man in der *Val Malatt* zwischen den Liasschiefer eingeklemmt findet. Aptychen konnte ich hier keine bemerken, wohl aber im Dünnschliff Radiolarienreste[1].

[1] Weil nicht sicher nachgewiesen, wurde das letzte Vorkommnis auf der Karte nicht ausgeschieden.

Alle Gesteine dieses Horizontes führen im Dünnschliff vereinzelte Radiolarien und Foraminiferen (darunter Textullaria sp.).

Oberer Horizont (MT).

Ueber den roten Aptychenkalken folgen in den Tobeln der *Val Trupchum* sehr reine, lichtgraue Kalke. Zu unterst sieht man meist eine sehr dicke, bis 3 m mächtige Bank, darüber folgen mehr dünnschiefrige Lagen von sonst gleicher Gesteinsbeschaffenheit. Charakteristisch sind die unregelmässig verlaufenden feingezackten Korrosionsflächen, die das Gestein durchziehen und mitunter von einer dünnen schwarzen Tonhaut überzogen sind. Im Querbruch erscheinen diese Flächen als feinverzahnte Nähte. Dunkelgraue Hornsteine sind mitunter zwischen die Kalke eingeschaltet. Die Kalke führen — allerdings nur spärliche — Aptychen, von denen aber keiner so weit aus dem Gestein sich herauspräparieren liess, dass eine sichere Bestimmung möglich war. Es muss deshalb einstweilen unentschieden bleiben, ob diese hellen Kalke noch dem Tithon oder schon dem Neocom zuzurechnen sind. Ausser in der *Val Trupchum* kommt dieser „obere Horizont" noch, wie bemerkt, am *Murtiröl*, ferner in Spuren auch am *Piz Mezzaun* und schliesslich in der Nähe von *Fuor cla Pischa* vor.

Globigerinenschiefer der oberen Kreide (?) (Couches rouges?) (G).

An mehreren Stellen des Gebietes trifft man, und zwar immer eng verknüpft mit den Aptychenkalken des Tithons, rote, seltener graue, oder orangefarbene dünnschiefrige Mergel, die ganz erfüllt sind von Foraminiferen, und zwar fast ausschliesslich von Globigerinen. Ich konnte ziemlich sicher folgende Formen erkennen:

Globigerina bulloides D'ORB. (BRADY 1873—76, p. 593 Pls. LXXVII, LXXIX figs. 3—7).

Globigerina linnaeana D'ORB. (BRADY 1873—76, p. 599 Pls. CXIV fig. 21, LXXXII fig. 12).

Globigerina cf. cretacea D'ORB. (BRADY 1873—76, p. 596 Pls. LXXXII figs. 10, 11).

Textullaria sp.

Ich vermag die hier vorkommenden Globigerinenschiefer nicht zu unterscheiden von Schliffen von Couches rouges aus den *Freiburger Alpen*, von den *Mithen* und der *Iberger Gegend*, aus dem *Rhätikon*, von *Liebenstein* im *Algäu* und aus dem *Trettachpark* bei *Oberstdorf*, die mir alle von Herrn Prof. STEINMANN freundlichst zur Verfügung gestellt wurden.

Da das Alter der „Couches rouges“ einwandfrei als obere Kreide festgestellt ist (s. LORENZ 1901, S. 11, und neuerdings ROESSINGER 1905, S. 435), so glaube ich mit diesem Fund mit ziemlicher Sicherheit obere Kreide im Oberengadin nachgewiesen zu haben. Zwar sind mir auch jurassische Globigerinenvorkommnisse bekannt geworden. Herr WÄHNER in Prag hatte die Liebenswürdigkeit, mir eine Probe roten Kalkes vom Pfonsjoch (oberste Bank im Lias) zu schicken, der Globigerinen führt. Doch bemerkt man nur vereinzelte Globigerinen, während die fraglichen roten Mergel aus meinem Gebiet, ganz ebenso wie die erwähnten „couches rouges-“ Vorkomnisse von Iberg usw. durch und durch erfüllt sind von Globigerinen[1].

Nach diesem Fund liegt es nah, auch das Auftreten von unterer Kreide im Oberengadin zu vermuten. Doch hat sich bis jetzt kein sicherer Anhaltspunkt hierfür ergeben. Dass in den jungen Schiefersynklinalen, die das ganze Gebiet durchziehen, auch da und dort noch untere Kreide miteingefaltet sein kann, ist natürlich nicht ausgeschlossen, ändert auch an der Gesamtauffassung der Tektonik des Gebietes nichts. Dennoch glaube ich mich, wie schon bemerkt, für berechtigt, die Hauptmasse der Schiefer für liasisch anzusehen. Dass untere Kreide in grösserer Mächtigkeit im Oberengadin nicht entwickelt ist, dafür spricht auch der Umstand, dass überall, wo die obercretacischen Globigerinenschiefer auftreten, wir sie eng verknüpft finden mit dem Tithon. Dies gilt von ihrem Vorkommen auf der rechten Talseite der *Val Trupchum*, wo sie an der *Blais* und in den höheren Teilen der *Val Cotschna* völlig regelmässig in einer Synklinale von Liasschiefern, von grünen und roten Radiolariten des „unteren“ und von weissen Aptychenkalken des „oberen Tithonhorizontes“ als nach Norden einfallender Muldenkern sich finden (vgl. Profil VI und Ansicht Fig. 2, S. 210). Ferner gilt es von ihrem Vorkommen in dem schon erwähnten unteren Schieferzug am *Murtiröl*, schliesslich von dem Vorkommnis im Wald bei *Vaüglia sura*. Eine unmittelbare Ueberlagerung des Tithons durch „couches rouges“ tritt auch zum Teil in den *Freiburger Alpen* auf (ROESSINGER 1905, S. 435).

---

[1] Während der Drucklegung dieser Arbeit machte mich Herr Prof. STEINMANN auch noch auf einen roten Kalk aus dem oberen Malm von Torri am Gardasee freundlichst aufmerksam, der ebenfalls neben zahlreichen anderen organischen Resten einzelne Globigerinen enthält, aber ebensowenig ein typisches Globigerinensediment ist wie der Kalk vom Pfonsjoch.

Tertiäre Ablagerungen sind bis jetzt im Gebiet des Oberengadins nicht nachgewiesen. ROTHPLETZ (1900, S. 55) glaubte zwar auf der Westseite des *Albulapasses* unverkennbare Flyschfucoiden (Chondrites arbuscula) zu erkennen. Doch dürfen wir nach unsern heutigen Erfahrungen (s. LORENZ 1901, S. 21) auf Fucoiden eine Altersbestimmung nur mit grösster Vorsicht gründen.

Mächtigkeit der einzelnen Schichtglieder.

Infolge des enormen seitlichen Zusammenschubs, von dem unser Gebiet betroffen wurde, begegnen wir überall weitgehender Ausquetschung, an andern Stellen dagegen mehrfacher Verdopplung der Formationsglieder. Dieser Umstand erschwert es ausserordentlich, etwas Zuverlässiges über die Mächtigkeit der verschiedenen Schichtglieder auszusagen. Ganz allgemein kann man zunächst nur feststellen, dass der Hauptdolomit und die Liasschieferserie die durch ihre Mächtigkeit am meisten hervortretenden Ablagerungen sind. Dagegen weist das ganze Gebiet nicht ein einziges, einigermassen normales Profil durch alle Sedimente auf. Für die untere Trias besonders massgebend sind die Aufschlüsse in der unteren *Valle l'Everone* und an dem linken Seitenbach der *Valle Federia*, östlich von *la Costaccia*. Hier findet man die Conglomerate, Sandsteine und sandigen Schiefer des Verrucano 80 bis 100 m mächtig entwickelt. Die untere Rauhwacke zeigt natürlich stark wechselnde Mächtigkeit, doch schwillt sie örtlich jedenfalls bis zu mehreren 100 m an, während die schwarzen und gelblichen dünnbankigen Dolomite der Muschelkalkgruppe nirgends mehr als etwa 100 m mächtig entwickelt sind. 150 bis 250 m Mächtigkeit mögen dem diploporenführenden, grauen Wettersteindolomit zukommen, während die Aequivalente der Raibler Schichten meist nur als ganz schmales Band auftreten und höchstens eine Mächtigkeit von etwa 40 m erreichen. Der mächtigste Dolomithorizont von sicher mehreren hundert Metern Vertikalerstreckung ist der Hauptdolomit. Am *Piz Mezzaun* finden wir fast 600 m hohe Dolomitwände in der Hauptsache aus Hauptdolomit aufgebaut, doch vermag ich nicht anzugeben, inwieweit hier, wie in Profil II angedeutet, Schichtverdopplungen vorliegen. Die Kössener Schichten erreichen bei guter Entwicklung etwa 100 m Mächtigkeit. Der Lias in Fleckenmergelfacies setzt — zwar in sich mehrfach zusammengestaucht — aber doch in der sehr ansehnlichen Mächtigkeit von mehreren hundert Metern ganze Berge zusammen, während der rote Liaskalk

nur die ganz geringe Entwicklung von vielleicht 10 m zeigt. Ebenso besitzen die Radiolariengesteine und roten und grauen Aptychenkalke des oberen Jura nur etwa 20 m zählende Mächtigkeit, während die als „oberer Horizont“ beschriebenen, lichten Kalke eine Entwicklung von etwa 40 m zeigen. Auch die roten Globigerinenmergel finden sich nur in wenig mächtigen Vorkommnissen.

Diluvium.

Das Gesamtrelief der Gegend trägt noch überall den Stempel der Herausmodellierung durch die diluvialen Eismassen. Da ist zunächst die breite Wanne des *Engadins* selber. In gleicher Flucht erheben sich besonders an der linken Seite die sanften Schieferhänge, nur oberflächlich durchfurcht von den jungen Erosionsrinnen der Seitenbäche *Boschetta, Buera, d'Urezza*. Bis hoch hinauf sind die Hänge von erratischem Material überkleidet. Die Glättung und Schrammung der Felsen freilich ist fast überall durch die Wirkung der Atmosphärilien verwischt; nur da und dort, so z. B. südlich der kleinen Alphütten *Müsella* oder auf dem kleinen Talvorsprung *Muotta pitschna*, sieht man noch wohlgeglättete Gneissfelsen. Dass auch die höheren Kämme mindestens zur Zeit der grössten Ausbreitung des Eises von den Eisströmen noch überschritten wurden, scheint mir daraus hervorzugehen, dass man in der rings von hohen Bergkämmen eingeschlossenen *Val Trupchum* noch grosse, erratische Granitblöcke antrifft (speziell in *Val Müschauns*). Der Inn selber durchfliesst erst mit geringem Gefäll die wohl ehemals übertiefte, heute von sumpfigen Wiesen erfüllte Talstrecke von *Samaden* abwärts bis unterhalb *Bevers*, dann windet er sich mit stärkerem Gefäll zwischen den flachen Schuttkegeln der Seitenbäche hindurch, aber erst unterhalb *Scanfs* hat er sich schluchtartig in die breite Sohle des alten Gletschertales eingesägt.

Den gleichen, deutlich glacialen Charakter zeigen auch alle andern Täler des Gebietes. Typische Hängetäler mit junger Erosionsschlucht an ihrem Ausgang sind z. B. dem Engadin gegenüber *Val d'Es-chia* und *Arpiglia*, im Verhältnis zum *Camogasker Tal* die *Val Lavirum*. Vom *Spöltal* bei *Livigno* hat GÜMBEL (1893 S. 31 u. 36) wahrscheinlich zu machen gesucht, es sei ein alter Seeboden. Doch ist das Gefäll auf der ganzen Talstrecke von *Livigno* so lebhaft, dass die Annahme eines alten Seebodens nicht gerechtfertigt ist. Dass „die unterhalb quer vorgelagerten Kalkbänke vordem“, wie GÜMBEL will, einen Damm bildeten, davon konnte ich mich nicht überzeugen.

Moränenreste.

Vielfach findet man, besonders auf flacheren Stellen des Gehänges, noch Reste von Grundmoräne, deren genauere Verfolgung aber durch die Vegetationsbedeckung sehr erschwert wird. Solche Reste wurden deshalb nur da, wo ihr Auftreten besonders in die Augen springt, auf der Karte ausgezeichnet. Kleinere Vorkommnisse dieser Art liegen zu beiden Seiten des Ausgangs des *Camogasker Tales.* Hier liegt sowohl die Quellenfassung für die 1904 angelegte Wasserleitung auf der linken Seite des Baches als auch das Reservoir über der Kirche von Campovasto ganz in dichtgepackter Grundmoräne. Bei *Plaun Godars* liegen ähnliche Reste auf beiden Seiten der *Val Casana.* Eine ausgedehnte Moränenlandschaft betritt man unterhalb *Scanfs.* Von *St. Güerg* bis nach *Cinuskel* hinunter ist das unregelmässige Relief des flachen, glacialen Talbodens zwar zum Teil durch Auslaugung hier durchstreichender salinarer Gesteine, grossenteils aber durch ausgedehnte Moränenreste erzeugt, die später teilweise noch durch Wasser umgelagert worden sind. Im Zusammenhang mit diesen Resten steht die Moräne, die in der *Val Sulsanna*, oberhalb *Capella*, quer über das Tal hinweg sich ausbreitet. An mehreren Stellen findet man hier bis gegen *Cinuskel* hin in unregelmässig gestalteten Vertiefungen kleine Moore, während oberhalb der Moräne sumpfiges Gelände bis gegen *Sulsanna* herrscht. Der Moränenzug selber ist vom Sulsannabach an der rechten Seite in schmalem Einschnitt durchbrochen.

Eine hübsche kleine Endmoräne sieht man an einer Stelle, wo heute nirgends mehr Eis vorhanden ist, nämlich am *Casanapass;* ein klein wenig östlich unterhalb der Grenze.

Flussterrassen von irgend welcher Bedeutung treten im Gebiet nicht hervor.

Alluvium.

Hierher gehören die mehr oder weniger flachen Schuttkegel der zahlreichen Seitenbäche. Viele Ortschaften des Engadins (z. B. *Bevers, Ponte, Campovasto, Madulein*) sind auf solch jungen bzw. diluvialen Schotterflächen erbaut[1]. Schutthalden von ansehnlicher Grösse finden sich überall im Gebiet am Fuss der Felswände. Bergstürze liessen sich nur in wenigen Fällen nachweisen. Schon lange bekannt ist

[1] Nur die Alluvionen des Inns und der grösseren Zuflüsse sind mit der Signatur „Flussschotter und -terrassen“ auf der bunten Karte ausgezeichnet. Die wenig abgerollten Anschwemmungen kleinerer Bäche sind mit dem „Gehängeschutt“ zusammengefasst.

die Masse riesiger Gneissblöcke, die im *Camogaskertal* an der Einmündung der *Val Burdum* liegt. Die durch die Bergsturzmasse erzeugte Schwelle im Bachlauf ist in neuerer Zeit zu einem Wehr ausgebaut worden. Die Masse ist hoch oben an der rechten Seite der *Val Burdum* losgebrochen, indem die weicheren Liasmergel der Last des steil darübergeschobenen Gneisses nicht standhielten. Die vom *Piz Mezzaun* herabziehende *Val Greva* nimmt ihren Ursprung in einer Reihe steiler Couloirs. Zwischen zwei solchen hat sich die vorspringende Dolomitfelsecke durch eine wohl 100 m hohe Kluft von der Hauptmasse des Dolomits getrennt und sich um etwa 20 m gesenkt. Derartige Verrutschungen haben am steilen Gehänge vielfach stattgefunden und erschweren es, das Fallen der Schichten richtig zu beurteilen. Für eine am Gehänge ein Stück weit abgeglittene Scholle halte ich die stark zerrüttete Dolomitmasse, die an der rechten Talseite der *Val Casana* gegenüber der Einmündung der *Val Casanella* eine kleine Terrasse bildet, und von der sich ein breites Dolomitschuttfeld bis zum Casanabach hinunterzieht. Möglicherweise steht diese kleine Abrutschung mit der Auslaugung eines Gipsvorkommnisses in ursächlichem Zusammenhang. Schliesslich muss wohl auch die Masse grosser Dolomitblöcke etwas unterhalb *Punt Murtiröl* als Bergsturz angesehen werden, obgleich die Waldbedeckung hier den Ueberblick erschwert.

Tektonischer Teil.

Vorbemerkungen.

Es ist hier die Stelle, sich vor allem Rechenschaft zu geben über den Grad der Genauigkeit, der in der Durchforschung des Gebietes erreicht worden ist. Es kann nicht zweifelhaft sein, dass es unmöglich ist, den geologischen Bau eines so komplizierten Gebietes in zwei kurzen Sommern mit aller wünschenswerten Exaktheit und in allen Einzelheiten aufzuklären. Die grosse Ausdehnung des Gebietes, weitgehende Schuttüberkleidung und in den tieferen Teilen die Vegetationsdecke stehen dem entgegen. Wenn ich nun trotzdem glaube, in den wesentlichen Zügen den Bau des Gebirges richtig erkannt zu haben, so danke ich dies vor allem dem Umstand, dass an all den Faltungen und Ueberschiebungen drei Schichtkomplexe teilnehmen, deren gegenseitiges Altersverhältnis ausser Diskussion steht. Wenn ich absehe von TARNUZZERS Ansicht über das Alter des Albulagranits, die ich oben schon hinreichend

widerlegt zu haben glaube, kann kein Zweifel bestehen über das prätriasische Alter der unter Grundgebirge zusammengefassten Gesteine. Ebenso einwandfrei ist aber auch die Stellung des zweiten Komplexes, der Triasdolomite. Schliesslich kommen als dritter Schichtkomplex von ebenso sicherer Stellung die Lias- und Jurasedimente in Betracht, die überall als Kern des Synklinalen auftreten. Ob ein Teil der hierher gehörigen Schiefer als noch jünger, nämlich als Kreide zu deuten ist, verschlägt, wie auch schon früher betont wurde, für das tektonische Gesamtbild nur wenig. Haben die sichere Stellung und die leichte Erkennbarkeit dieser drei Hauptglieder die geologische Aufnahme sehr erleichtert, so bestand wohl eine der grössten Schwierigkeiten darin, von einem Irrtum der meisten früheren Beobachter sich frei zu machen, dass nämlich im Niveau des Muschelkalkes und der Partnachschichten eine kalkig-mergelige Ablagerung auch im Oberengadin sich fände, ähnlich der Facies der Liasmergel.

Uebersicht und Einteilung.

Um zunächst einen Ueberblick über die tektonischen Gesamtverhältnisse zu erhalten, werfe man einen Blick auf die Kartenskizze (Tafel IV), auf der das Ausstreichen der Hauptsynklinalen eingezeichnet ist. Sofort tritt eine Erscheinung hervor, die das ganze Gebiet beherrscht, die enge Aneinanderdrängung zahlreicher Falten. Als bevorzugte Streichrichtung der meisten Synklinalen ergibt sich beiläufig die Ostwestrichtung, doch sehen wir von diesem sozusagen normalen Streichen auch vielfache Ablenkung. Während die Falten vom *Albulapass* bis zum *Engadin* ein wenig nach Norden abgelenkt erscheinen, nehmen sie von da bis *Livigno* eine deutlich südöstliche Richtung an. Bedeutende Störungen bemerken wir besonders an der Verbindungsstelle dieser beiden Stücke östlich von *Scanfs*. Ein weiteres auffallendes Merkmal ist das eigentümliche Ausbiegen aller Synklinalen rings um die Gegend des *Piz Vaüglia*, das unten noch näher zu erörtern sein wird. Schliesslich sei noch darauf hingewiesen, wie die Falten ohne grosse Störungen in der Gegend von *Livigno* zusammenschliessen.

Der seitliche Zusammenschub ist durch das ganze Gebiet hin so intensiv gewesen, dass wir überall weitgehender Ausquetschung ganzer Schichtglieder begegnen. Dislokationsdiskordanzen sind eine uns auf Schritt und Tritt begegnende Erscheinung. Allenthalben sind die Gesteine in sich verschoben, was uns unter anderem auch

unzählige Rutschflächen zeigen. Es hätte viel zu weit geführt, hätte man auf der Karte all die Stellen, wo Schichtglieder fehlen oder in bedeutend verminderter Mächtigkeit auftreten, durch besondere Linien tektonischer Diskordanz herausheben wollen. Der starken, tangentialen Pressung entsprechend sind auch fast alle Antiklinalen und Synklinalen isoklinal gebaut und weisen nur noch in den seltensten Fällen eine völlig regelmässige Folge der Schichtglieder

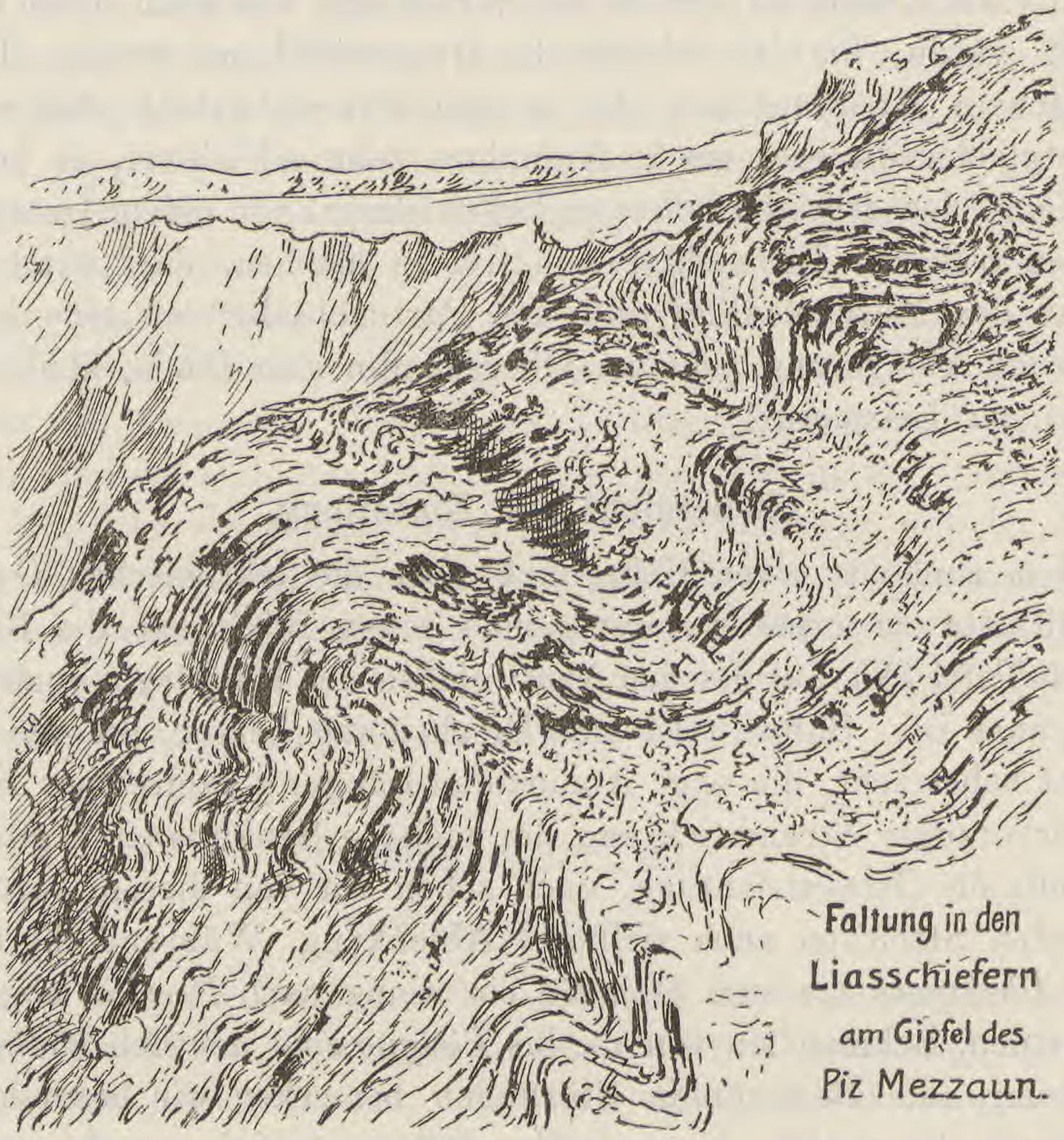


Fig. 1.

nach dem Schema 1 2 3 4 3 2 1 auf. Es werden deshalb hier die Ausdrücke Synklinale und Antiklinale in einem erweiterten Sinn angewandt, so zwar, dass unter „Rest einer Synklinale“ oder „Synklinale“ schlechthin das Verhältnis verstanden wird, dass wir einen streichenden Zug jüngerer Gesteine, beiderseits von älteren eingeschlossen, verfolgen können. Entsprechendes gilt vom Ausdruck Antiklinale.

Stellt das Gebiet an sich ein schwer trennbares Ganzes dar, so erfordert doch die Darstellung eine Teilung, die in folgender Weise vorgenommen werden soll:

I. Die nördlichen Synklinalen vom *Piz Blaisun* bis zum *Spöl bei Livigno.*

II. Die *Maduleiner* Faltenzüge vom *Albulapass* bis *Madulein* und ihre Fortsetzung nach Osten am Berge *Murtiröl.*

III. Die *Crastamora-Seja*-Antiklinale.

IV. Die Synklinalen des *Piz Mezzaun.*

V. Die Masse des *Piz Vaüglia.*

VI. *Valle Federia.*

Um dem Leser, der kein spezielleres Interesse gerade an dem untersuchten Gebiet nimmt, die Lektüre zu erleichtern, wird hier der Versuch gemacht, das Wesentlichere über die einzelnen Abschnitte jeweils zunächst hervorzuheben und dann noch etwaige Einzelheiten in kleinerem Drucke beizufügen.

Einzeldarstellung.

I. Die nördlichen Synklinalen vom Piz Blaisun bis zum Spöl.

(Profil A, I—IV, VII—XIV Taf. V und VI.)

Es ist dies der Bereich der, schon im Vorwort erwähnten, von THEOBALD schon in der Hauptsache richtig erkannten Liasschieferzone. Zwei relativ einfach gebaute Stücke im Westen (a) und im Osten (b) schliessen in der Gegend von *Scanfs* in komplizierter Weise zusammen (c).

a) Das westliche Stück stellt vom *Piz Blaisun* bis zur *Val d'Urezza* eine einförmige, in der Hauptsache nördlich einfallende Schiefermasse dar, die man aus Analogie mit den sich südlich anschliessenden *Maduleiner* Faltenzügen wohl mit Recht als einen Komplex mehrerer, eng aneinander gedrängter Liassynklinalen auffassen muss. Von Norden sind die Synklinalen steil überschoben[1] von kristallinen Gesteinen (besonders von Gneiss) der „Keschmasse", wobei man vom Mittelschenkel bald noch etwas Dolomit, bald Rauhwacke findet. Erst von der *Val d'Urezza* nach Osten zu sehen wir die grosse Schiefermasse durch antiklinal dazwischen hervorbrechenden Dolomit und Rauhwacke sich zerteilen (vgl. Profil IV Taf. V).

b) Mehr südöstlich gerichtetes Streichen zeigt die Fortsetzung

[1] Es dürfte sich vielleicht empfehlen, um die Klarheit des Ausdrucks zu erhöhen, schärfer, als dies bisher geschehen, zwischen übergeschoben oder hinübergeschoben einerseits und überschoben andrerseits zu unterscheiden. Es wird hier unter einer „überschobenen Masse", entsprechend dem allgemeinen Sprachgebrauch (ein überfahrenes Kind!) nur eine solche Masse verstanden, über die etwas anderes hinübergeschoben worden ist.

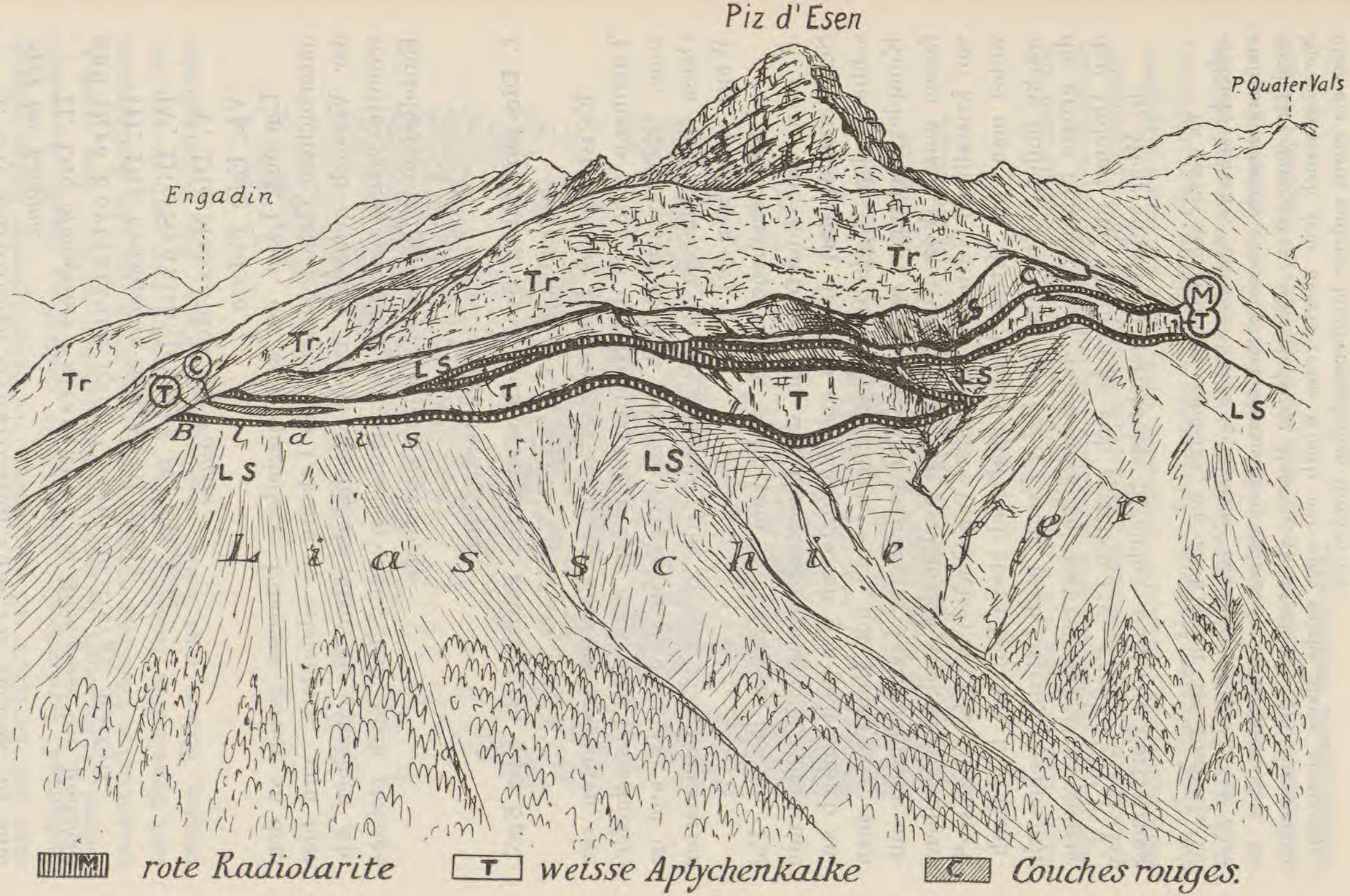


Fig. 2. Ansicht der rechten Talseite der Val Trupchum vom Berge Murtiröl bei Scanfs.

der Schiefermassen *östlich des Inns*. Die mehrfache Zerteilung der ganzen Liaszone in Einzelsynklinalen, zwischen die sich Züge älterer Gesteine als Reste von Antiklinalen einschieben, zeigt die Karte und besonders Profil VII und IX. Das Fallen ist in der Hauptsache nördlich gerichtet, doch zeigt gerade Profil VII, dass die Liasschiefer, auf eine allerdings nur geringe Erstreckung im Streichen, nicht nur von Norden, sondern auch von Süden her nach Art einer kleinen Doppelfalte von älteren Gesteinen überschoben sind. Landschaftlich besonders auffallend ist die Linie, längs der, der *Val Trupchum, Valle Saliente* und *Valle Viera* folgend, Triasdolomit von Nordosten bzw. Norden her über die Liasschiefer herübergefaltet und vielfach herübergeschoben ist. Dass diese schon von THEOBALD (1864 S. 361) erkannte, von BÖSE (1896 S. 586) und andern später wieder verfolgte Ueberschiebungslinie eine echte Faltenverwerfung ist, zeigt besonders Profil XIII (S. 216), das unten noch näher besprochen werden soll (vgl. auch die Ansicht Fig. 2 S. 210).

c) Wie die leider nur lückenhaften Aufschlüsse in der Gegend *unterhalb Scanfs* zeigen, haben wir in dem östlichen, soeben betrachteten Synklinalenstück nicht die unmittelbare Fortsetzung der westlichen, vom *Piz Blaisun* her verfolgten Synklinalen zu erblicken. Vielmehr haben wir in der Gegend der *Varuschmündung* ein relativ hoch gehobenes Stück vor uns, um das sich die Liasmulden in unregelmässigem Verlauf herum winden. Im besonderen biegen die nordwestlich streichenden Synklinalen der *Val Trupchum* in der Nähe des Inntales in eine nördliche und nordöstliche Streichrichtung ein und schliessen sich so an die ähnlich streichenden Muldenzüge der linken Innseite an.

a) Die tiefsten Teile der Liasschiefermassen samt ihrer Hauptdolomitunterlage sind besonders gut an dem kleinen Gipfel *östlich Gualdauna,* der auch von der *Albulastrasse* aus leicht zu erreichen ist, aufgeschlossen. Weiter nach Osten liegen die Schiefer mehrfach unmittelbar auf Rauhwacke, die ich der unteren Trias zurechne. Die Dolomite der oberen Trias scheinen mir an diesen Stellen durch Ausquetschung verschwunden. Vom Mittelschenkel unter der kristallinen Ueberschiebung findet sich bald Triasdolomit, bald Rauhwacke. Bei *Fuorcla Pischa* läuft die Ueberschiebungsgrenze gerade durch die Einsattlung; doch kleben am Nordabhang des *Piz Blaisun* noch einzelne Reste von Triasdolomit des Mittelschenkels auf den Liasschiefern. Etwas *östlich von Fuorcla Pischa* finden sich hart unter dem Triasdolomit des Mittelschenkels als Synklinalenkern noch einige Reste von hellem Aptychenkalk (dem „oberen Horizont“ angehörig). Am *Piz Belvair* sieht man den Mittelschenkeldolomit noch verschiedentlich sekundär in die Liasschiefer hineingefaltet und -gepresst. Bei *Muot ot* und *Plazetta* finden wir einen Rauhwackezug, der sein Durchstreichen

unter dem kristallinen Glacialschutt zum Teil nur durch eine Reihe kleiner, wassererfüllter Trichter verrät. Fehlt der Mittelschenkel ganz, wie bei *La Virogla*, so sind die obersten Lagen der Algäuschiefer durch und durch von mächtigen Adern von weissem Kalkspat durchschwärmt und gehen lokal in echte, kleine Marmorlager über.

b) Hier sei besonders auf das merkwürdig gebaute Antiklinalenstück aufmerksam gemacht, das sich von *Punt del Fuorn* und der Varnschmündung bis in den unteren Teil der *Val Chanels* verfolgen lässt. Die Antiklinale besteht vorzüglich aus Verrucano, über dem nördlich Punt del Fuorn Rauhwacke, Dolomit, Rhät und Lias liegt. Diese noch ziemlich regelmässige Schichtfolge ist jedoch nicht sehr weit im Streichen nach Osten zu verfolgen. Wir finden die eng zusammengepresste, von Liasschiefern eingeschlossene Antiklinale nur noch aus Verrucano und Rauhwacke, schliesslich überhaupt nur noch aus Rauhwacke bestehen, die östlich von *Val Chanels* ebenfalls unter Liasschiefern verschwindet. Ganz analoge Verhältnisse zeigen sich an der von *Scrigns* nach *Alp Purchèr* hinüberstreichenden Antiklinale. Auch hier ist besonders gegen Osten hin die Antiklinale durch seitliche Pressung so stark reduziert, dass sie schliesslich als schmaler Verrucanostreifen bei Alp Purchèr unter den Liasschiefern verschwindet.

Auf der *Nordseite der Val Trupchum* sind in die Liasschiefer noch Tithon und Globigerinenmergel mit eingefaltet, und zwar bemerkt man auf eine grössere Strecke hin eine ziemlich normale Verdoppelung der Synklinale (Profil VII). Besonders deutlich tritt der Charakter einer an dieser Stelle entstandenen, isoklinalen Synklinale hervor im zweituntersten Seitentobel, der von rechts in die Val Müschauns einmündet. Hier sieht man (vgl. Profil XIII S. 216) vorzüglich aufgeschlossen, um die weissen Aptychenkalke des oberen Tithonhorizontes zuerst die roten Aptychenkalke und Radiolarite und um diese die grünen Radiolarite unter deutlich spitzwinkeliger Umbiegung sich herumlegen. Als Kern dieser regelmässigen Mulde finden wir über der *Val Cotschna* ganz normal rote ‚Couches rouges' in dem weissen Aptychenkalk des ‚oberen Horizontes' eingefaltet. Nach aussen zu von den grünen Radiolariten folgen nach unten und nach oben Gesteine der Fleckenmergelfacies, die nach oben zu von Triasdolomit überschoben sind. An der Grenze des Dolomits begegnen uns hier und in der *Val Mela* grünliche Tonschiefer, wie sie auch sonst da und dort an der Grenze von Hauptdolomit und Lias aufzutreten scheinen. Was wir hier sehen, ist demnach eine völlig normale Ueberfaltung von Norden, die nur streckenweise in eine Ueberschiebung aus der gleichen Richtung übergeht[1].

Verfolgen wir die nördliche Ueberfaltungs- und Ueberschiebungslinie weiter nach Osten, so ist besonders eine Stelle am Fuss der *Corna dei Cavalli* bemerkenswert, wo über die Liasschiefer nicht nur Triasdolomit, sondern auch Verrucano, verknüpft mit Roteisenerz, und kristalline Schiefer von Norden herübergefaltet und -geschuppt ist (Profil XIV S. 216). Hier hat man in einem Profil eine dreifache Schuppung von Verrucano bzw. kristallinen Schiefern und

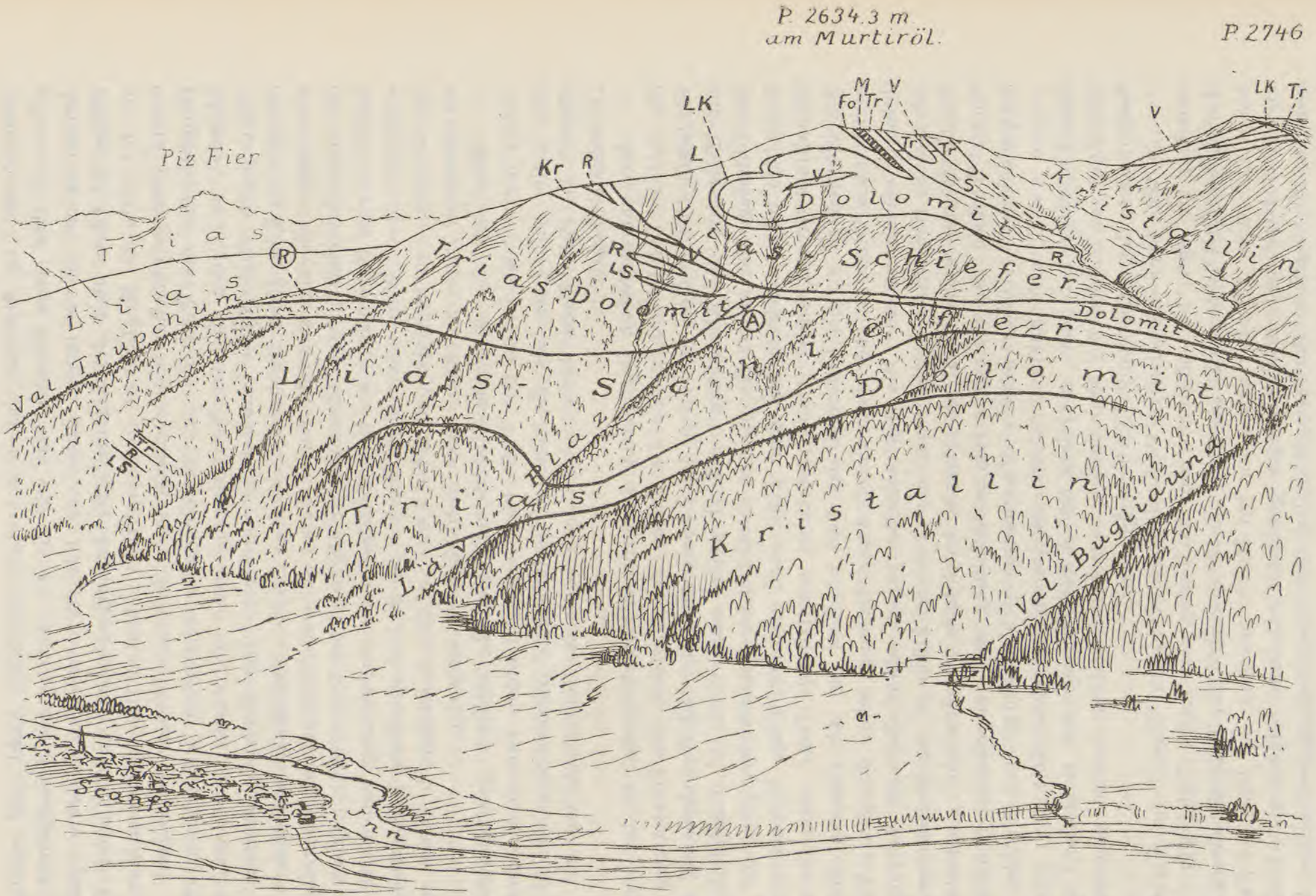
[1] Diesem sehr klaren Aufschluss in der Val Müschauns scheint mir insofern einige Bedeutung innezuwohnen, als er einwandfrei das Auftreten nordfallender Synklinalen im Zentrum der Alpen zeigt und meiner Ansicht nach nur schwer sich vereinigen lässt mit der Annahme, dass diese ganze Gebirgsmasse Teil einer grossen von Süden gekommenen Ueberschiebungsdecke ist.

Triasdolomit. Im Streichen lassen sich diese drei Züge nicht weit verfolgen, geben uns aber einen Hinweis, wie wir uns den Aufbau der Triasdolomite zu denken haben, die in langer Linie von *Val Torta am Inn* bis zum *Spöl bei Chiesa di Viera* über die Algäuschiefer heraufgeschoben sind. Leider fehlt mir bis heute die Möglichkeit, in kompliziert gebauten Dolomitmassen nur auf Grund petrographischer Unterschiede etwa zwischen Wettersteindolomit und Hauptdolomit die Tektonik mit hinreichender Sicherheit aufzuklären. Sehr lehrreich ist es, den obersten Verrucanozug unter der *Corna dei Cavalli* nach Osten gegen *Valle Rosso* hinunter zu verfolgen. Der Verrucanostreifen, der offenbar als Kern einer zerrissenen, stark gepressten Antiklinale aufzufassen ist, wird immer schmäler und schmäler, bis man auf weite Erstreckung hin zwischen den scheinbar ganz normal übereinander abgelagerten Dolomiten nur noch eine leuchtend rote Schichtfuge als Ueberbleibsel einer Aufwölbung von Verrucano verfolgen kann. Wäre nicht nach Westen zu die unmittelbare Fortsetzung in den Verrucano zu bemerken, niemand käme auf den Gedanken, in dieser roten verwaschenen Linie den Kern einer Antiklinale zu vermuten.

Wie steil die nördliche Ueberschiebungsfläche einfällt, geht besonders daraus hervor, dass sie in der *Valle Viera* an der rechten Talseite ausstreicht, also steiler sein muss, als die ziemlich abschüssigen Nordabhänge des Monte Motto. In *Valle Rosso* kleben auch noch isolierte Dolomitschollen auf den Liasschieferhängen.

Nun zur südlichen Begrenzung der grossen Schiefermasse. In der Gegend der unteren *Val Casana* gehen die Falten des *Murtiröl*, die Fortsetzung der *Maduleiner* Faltenzüge, so weit in den Liasschiefern der *Val Trupchum* auf, dass eine Trennung der Abschnitte I und II weiter nach Osten zu unmöglich ist. Die Unterlage der in der Hauptsache nordfallenden Liasschiefermassen der Val Trupchum bildet, vielfach mit dem Lias noch verfaltet, Trias, Verrucano und kristallines Grundgebirge. Gut entwickelte, nordfallende Trias, sekundär verdoppelt, treffen wir als Unterlage des Lias nördlich der *Alp Casana*. Wenig weiter nach Osten ist aber dann durch Ausquetschung schon der ganze Triasdolomit verschwunden. Die Algäuschiefer liegen unmittelbar auf Verrucano, dann stellt sich wieder Dolomit ein, der auch viel höher in den Südwänden der *Punta Casana* noch einmal als schmale Antiklinale hervorbricht: ein fortwährender Wechsel von intensiver Ineinanderfaltung und weitgehender Schichtenausquetschung. (Ueber weitere Einzelheiten geben Karte und Profile den nötigen Aufschluss.) Schliesslich sind die ganzen Sedimente samt ihrer kristallinen Unterlage, besonders im Gebiet *östlich des Casanapasses*, in steiler Ueberschiebung von Norden her über andere, zwischen kristalline Gesteine eingekeilte Sedimentschollen (vgl. Profil IX) heraufgepresst.

c) Was über das mittlere Verbindungsstück in der Gegend der Varuschmündung zu sagen ist, entnimmt man am besten der Karte (Tafel VI). Die Aufschlüsse sind leider nicht geeignet, ein sicheres Bild der Tektonik dieses Gebietes zu liefern. Offenbar haben wir bei *Muotto pitschna*, bei *Punt del Fuorn* und in *God-god* drei, in sich wieder gefaltete, gehobene Stücke zu erblicken, zwischen die eingefaltet die Liassynklinalen einen unregelmässig gewundenen Verlauf nehmen. Vielfach treffen wir in diesem Gebiet am Inn mächtige Nagelfluhbildungen, eine feste Verkittung diluvialer Flussgerölle, die an so vielen Punkten einen deutlichen Uebergang in echte Rauhwacke und in Gipslager



Kr = Kristalline Gesteine; *V* = Verrucano; *R* = Rauhwacke; *Tr* = Triasdolomit; *LK* = roter Liaskalk; *LS* = Liasschiefer (*Fo* = foraminiferenführend); *M* = Oberjurassische Aptychenkalke; bei *A* Reste von Weissem Aptychenkalk u. „couches rouges".

Fig. 3. Ansicht des Berges Murtiröl bei Scanfs, von oberhalb Zuoz gesehen.

zeigt, dass ein ursächlicher Zusammenhang zwischen der Bildung solcher Nagelfluh und dem Anstreichen der Rauhwacke nicht in Zweifel gezogen werden kann. An einigen Stellen scheint es freilich, als hätte die Verkittung zu Nagelfluh sich noch etwas weiter ausgedehnt, als wir die Verbreitung echter Rauhwacke annehmen dürfen.

Die *nördlichste* Liassynklinale der *Val Trupchum* biegt, wie schon bemerkt, gegen das Inntal hin in eine nordöstliche Streichrichtung ein, wo sie bis über Val Torta hinaus bis zum Rand des Kartenblattes sich hat verfolgen lassen. Ja es scheinen sogar noch ein wenig oberjurassische Radiolarite in die enge Liasmulde in der unteren Val Torta miteingefaltet. Es bleibt mir für diese Verhältnisse nur die Erklärung, dass die Trias der höheren Teile des *Piz d'Esen* nach zwei Seiten, nach Westen und nach Süden, in steiler Ueberschiebung über die Liasschiefer heraufgepresst ist.

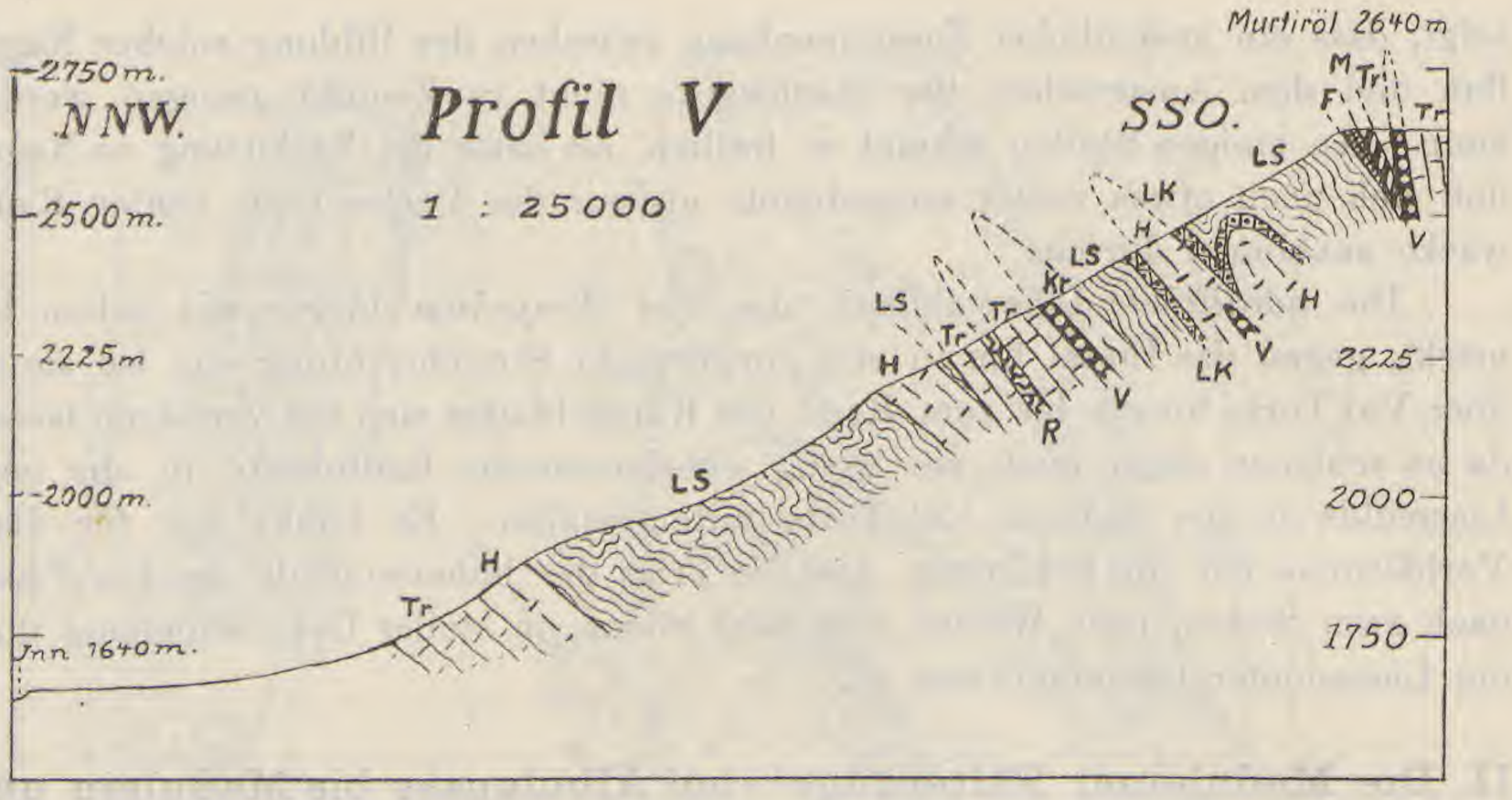
II. Die Maduleiner Faltenzüge vom Albulapass bis Madulein und ihre Fortsetzung nach Osten am Berge Murtiröl.

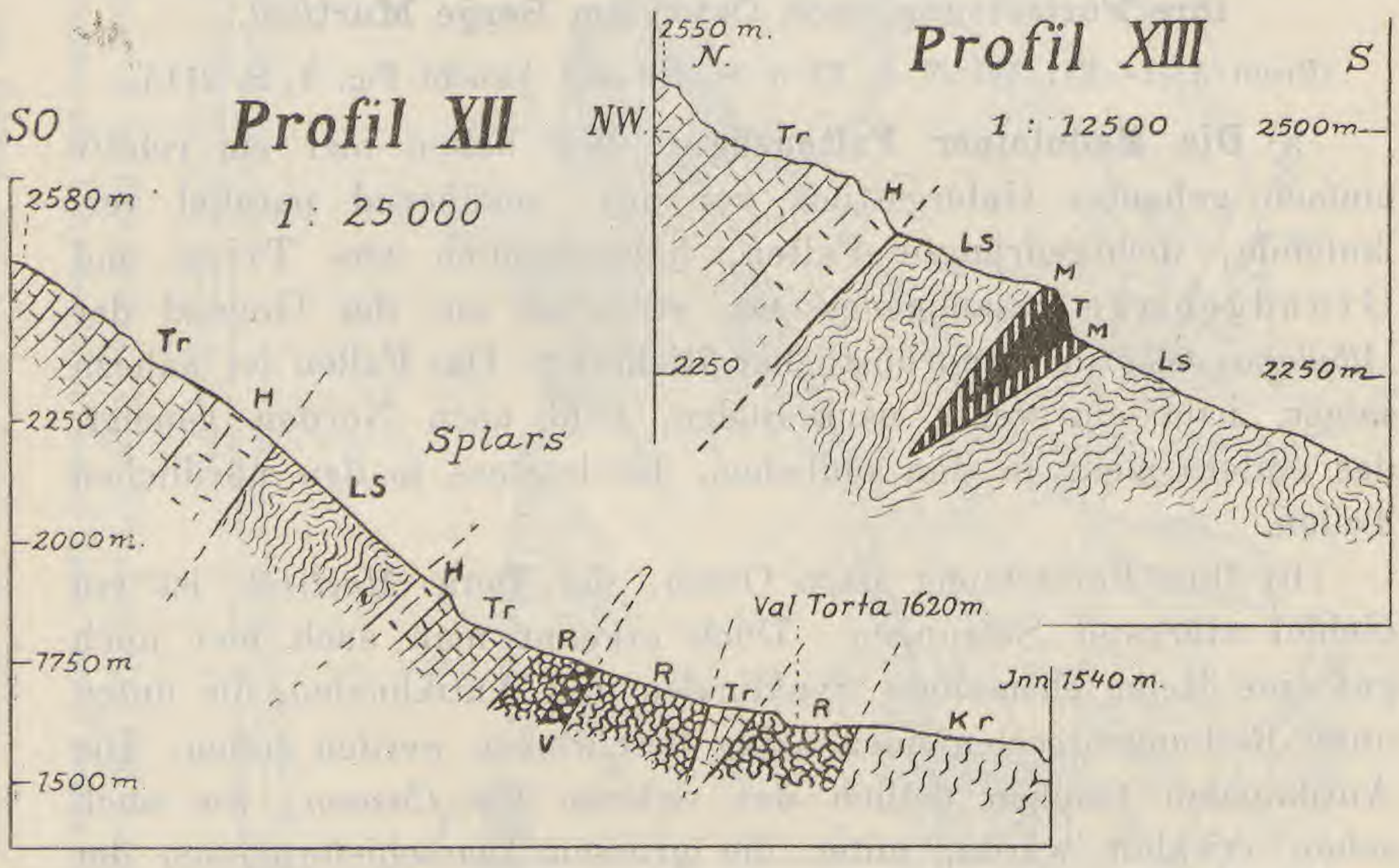
(Profil A, I—VII Taf. V u. VI u. S. 216 und Ansicht Fig. 3; S. 214.)

a) **Die Maduleiner Faltenzüge.** Wir haben hier ein relativ einfach gebautes Gebirgsstück vor uns: annähernd parallel verlaufende, dichtgedrängte Falten, hauptsächlich aus Trias und Grundgebirge zusammengesetzt, streichen aus der Gegend der *Albulapasshöhe* in ostnordöstlicher Richtung. Das Fallen ist nahezu saiger, bald ein wenig nach Süden, bald nach Norden geneigt, das erstere mehr in den südlichen, das letztere in den nördlichen Teilen.

b) Ihre Fortsetzung nach Osten, der Berg *Murtiröl*, ist ein Gebiet stärkster Störungen. Doch erkennt man auch hier noch gut eine Reihe ehemaliger Synklinalen und Antiklinalen, die unten unter Reibungsbreccien noch näher beschrieben werden sollen. Die Antiklinalen tauchen östlich der unteren *Val Casana*, wie auch schon erwähnt wurde, unter die grossen Liasschiefermassen der *Val Trupchum* hinab.

a) Das westliche Stück erklärt sich aus Karte und Profilen von selbst. Bemerkenswert ist, dass auch der harte Albulagranit in den engen Faltenwurf mit einbezogen worden ist, wovon man sich am besten überzeugt, wenn man von der *Albulastrasse* aus nach Süden dem Bach aufwärts folgt, der in der Nähe der Profillinie A von Süden herunterfliesst. Man trifft hier von Rauhwacke eingeschlossen zunächst auf eine schmale oststreichende Auffaltung eines grünen, kristallinen Gesteins, in dem man nur mit Mühe noch einen stark gepressten Albulagranit erkennt. Darüber folgt nochmals synklinal Rauhwacke, dann wieder Granit und schliesslich noch unter der Hauptmasse des Granits der *Crasta mora* ein weiterer schmaler Zug von Dolomit und Lias mit Belemniten. Zwei annähernd saiger stehende Sedimentkeile zwischen kristallinen Antiklinalen sind *an der Albulastrasse* ziemlich gut aufgeschlossen. Ihr Durch-


Profil V
1 : 25000
NNW.
SSO.
2750m.
2500m.
2225m
2000m.
Inn 1640m.
Murtiröl 2640m
2225
2000
1750
LS
H
Tr
LK
Kr
V
R
M
F


Profil XII
1 : 25000
SO
2580m
2250
2000m.
1750m
1500m
Splars
Tr
H
LS
R
V
Val Torta 1620m
Inn 1540m.
Kr
Profil XIII
1 : 12500
NW.
S
2550 m.
N.
2500m
2250
2250m
M
T

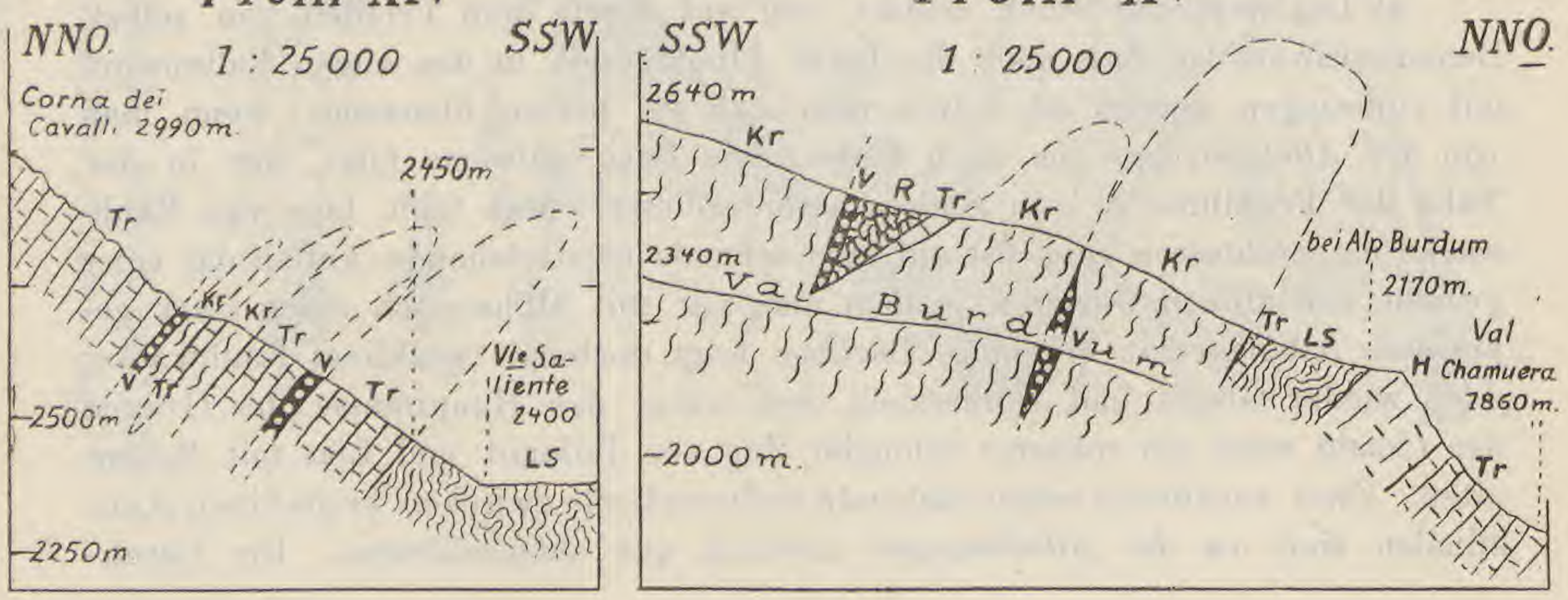

Profil XIV
1 : 25000
NNO.
SSW
Corna dei Cavalli 2990m.
2450m
2500m
2250m
Tr
Kr
V
R
Vle Saliente 2400
LS
Profil XV
1 : 25000
SSW
NNO.
2640m
2340m
Val Burdanum
2170m.
bei Alp Burdum
Val Chamuera 7860m.
2000m.

Fig. 4.

streichen über die Strasse oberhalb und *bei Alp Alesch* zeigt die Karte (Tafel VI). Der Dolomit dieser schmalen Triaszüge zeigt zum Teil die für die untere Trias charakteristischen roten Tonbezüge. An manchen Stellen ist das Gestein in einen rötlichen, flasrigen, löcherigen Marmor verwandelt. Je nachdem wie die Aufschlüsse an der Strasse sind, bemerkt man wohl auch einmal eine kleine Querverschiebung von einigen Metern, ein Blatt, das aber zu unbedeutend ist, um auf der Karte (Tafel VI) Berücksichtigung finden zu können.

Betrachten wir noch an Hand von Profil I einen Querschnitt durch diese Zone als Typus ihres tektonischen Aufbaues, so haben wir von Norden nach Süden zunächst die normale Triasunterlage der unter I a betrachteten Liassynklinalen, dann eine Antiklinale mit kristallinen Schiefern als Kern. Dass der folgende Rauhwackezug einer Synklinale und einer Antiklinale entspricht, zeigen die Aufschlüsse im Streichen dieses Zuges an der Albulastrasse. Daran schliesst sich die synklinale Dolomitmasse des *Munt della Bes-cha*, die südlich wieder durch eine schmale, kristalline Auffaltung begrenzt wird. Noch sind nach Süden zu zwei schmale Sedimentärsynklinalen zu überschreiten, ehe man in die grosse *Crasta mora*-Antiklinale kommt.

b) Der Berg *Murtiröl*. Auf den komplizierten Bau dieses Gebirgsstücks wird unten unter Dislokationsbreccien noch näher eingegangen. Hier sei nur bemerkt, dass wir, eingefaltet zwischen nach Norden übergelegte Antiklinalen, im wesentlichen zwei Schiefersynklinalen vom Inntal nach der *Val Casana* hinüber verfolgen können. Als Unterlage des unteren synklinalen Schieferzugs, der sich von *God del Averts* bis in die *Val Trupchum* hinein verfolgen lässt, hat die kuppelartige Aufwölbung von Gneiss bei *Muotta pitschna*, sowie Trias und Verrucano von *Varusch* zu gelten. An dem Aufbau dieses nördlichen Muldenzuges nehmen vorzüglich fossilfreie, stark gepresste Liasschiefer, dann aber auch an mehreren Stellen graue Foraminiferenschiefer, ferner Tithon und „couches rouges“ teil, und zwar die beiden letzteren meist hart unter der Ueberschiebung der folgenden Antiklinale von Trias und Grundgebirge. Dass diese Antiklinale in sich wieder verdoppelt ist, geht daraus hervor, dass man auf der West- wie auf der Ostseite des Murtiröl noch schmale Liaszüge zwischen den Dolomit eingeklemmt findet. Nach Osten zu taucht diese Antiklinale bei *Alp Purchèr*, wie auch schon bemerkt, als schmaler Verrucanostreifen unter den Liasschiefern unter. Das sich südlich anschliessende Muldenstück ist, wie Profil III zeigt, schon in der Gegend der *Arpigliaschlucht* mehrfach durch Antiklinalen zerteilt. Verfolgen wir diese Zone weiter nach Osten, so begegnen wir in der Gegend des *Murtirölgipfels* und östlich bis nach *Val Casana* hinunter einer so intensiven Ineinanderfaltung, Schuppung und Durchdringung der verschiedenen Schichtglieder, verknüpft mit der Bildung grösserer Massen von Reibungsbreccie, dass eine Erklärung der Entstehung im einzelnen mir ausgeschlossen scheint.

III. Die Crasta mora-Seja-Antiklinale.

(Vgl. Profil A, I—IV und VI, Taf. V und VI.)

Südlich der eben besprochenen Faltenzüge schliesst sich im westlichen Teil des Gebietes eine hohe, oststreichende Emporfaltung

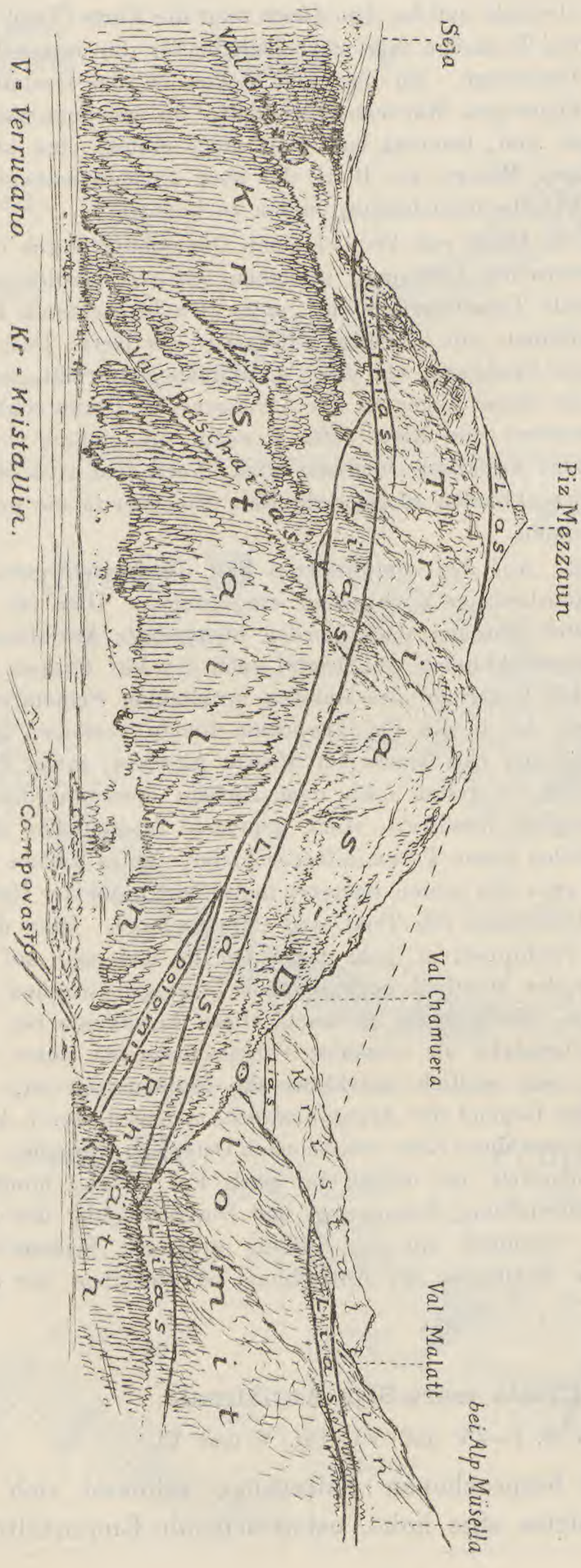


Fig. 5.

kristalliner Gesteine an, die *westlich des Engadins* hauptsächlich aus Albulagranit, *östlich* davon aus Gneiss und kristallinen Schiefern besteht. Dass auch diese mächtige kristalline Masse nur als ein Komplex mehrerer, eng aneinandergedrängter Falten aufgefasst werden muss, geht, wie mir scheint, und wie schon oben auseinandergesetzt wurde, aus dem Auftreten der isolierten Schieferscholle mitten im Albulatunnel hervor. Auch nach Osten zu zwischen *Arpiglia* und *Vaüglia* erweist sich die Antiklinale mehrfach durch Sedimentkeile zerteilt. Noch weiter nach Osten tritt sie überhaupt nicht mehr als deutliche Antiklinale hervor, doch erscheint es bemerkenswert, dass in ihrer Fortsetzung in der Gegend von *Punt Vals* nochmals Albulagranit auftritt.

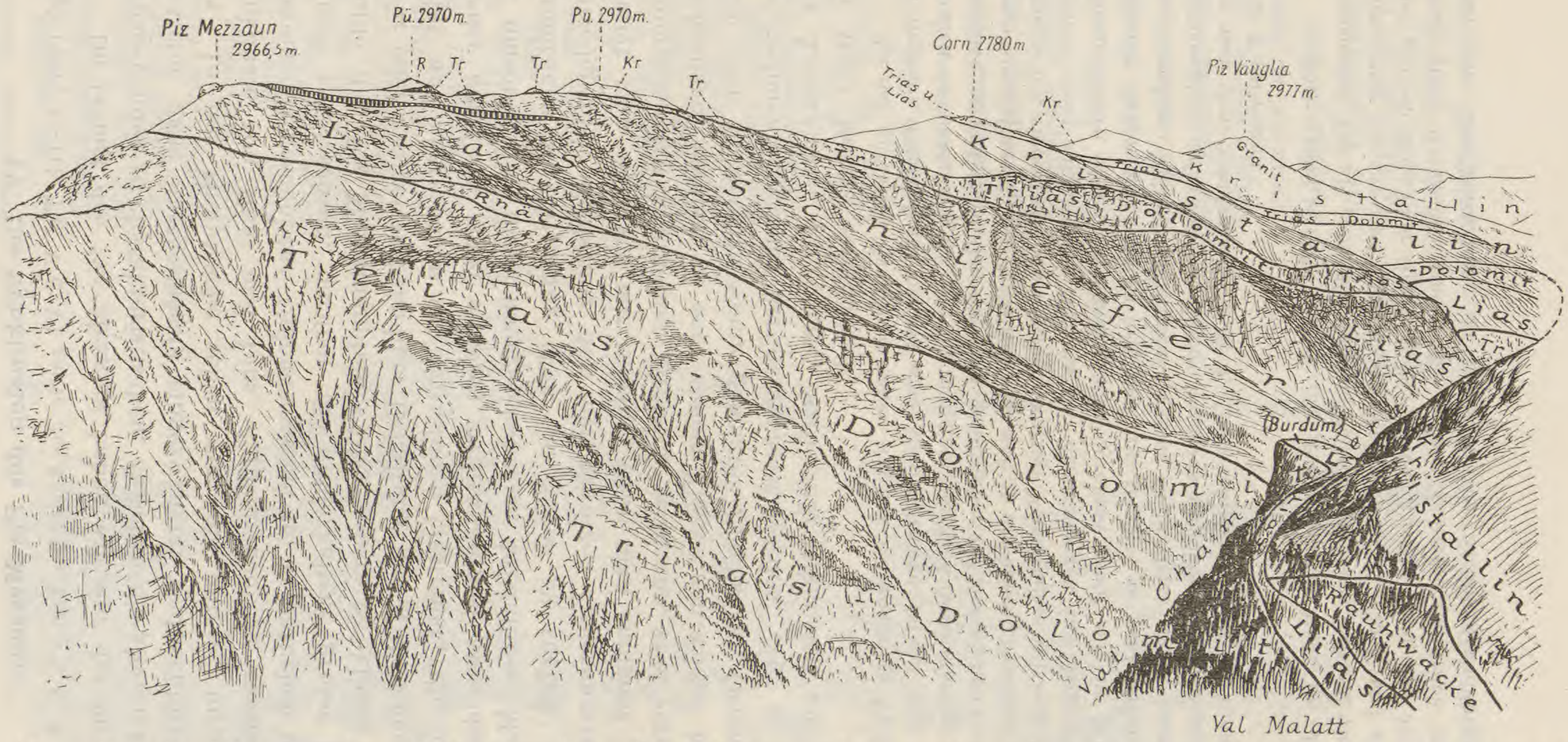
IV. Die Synklinalen des Piz Mezzaun.

(Vgl. Profil I—III, Taf. V u. VI sowie die Ansichten Fig. 5 u. 6, S. 218 u. 220.)

Im Gebiet des *Piz Mezzaun* haben wir eine der für diese Gebirgsgegenden so charakteristischen, zwischen die älteren kristallinen Gesteine ganz unregelmässig eingezwängten Sedimentärmulden vor uns. In der Hauptsache sehen wir eine untere, unvollständige Synklinale von Rhät und Lias, darüber mächtig zusammen- und übereinandergeschobene Dolomitmassen, im wesentlichen einer Antiklinale entsprechend, darüber die wohlerhaltene grosse Lias-Jura-Mulde des Piz Mezzaungipfels. Diese obere Synklinale ist unter mehr oder weniger vollständiger Erhaltung des Mittelschenkels überfaltet und überschoben von kristallinen Gesteinen, die aber sofort wieder am *Corn* einen weiteren Sedimentärkeil umschliessen. Es ist umsonst, für diese übergeschobenen, kristallinen Massen eine einheitliche Schubrichtung etwa aus Süden zu suchen. Zu einer befriedigenden Erklärung der merkwürdigen Lagerungsverhältnisse kommt man nur, wie mir scheint, wenn man annimmt, die höher emporgefaltetèn kristallinen Gesteine seien von zwei verschiedenen Richtungen, nämlich in sehr steiler Fläche von Süden her und in nach oben zu ziemlich wenig geneigter Fläche von Osten her über die Sedimentärgesteine herübergepresst worden. Nur so wird auch das Ausstreichen der oberen Sedimentärsynklinalen am *Corn* und am *Munt Müsella* verständlich.

An der untersten Synklinale sehen wir das merkwürdige Verhältnis, dass der liegende Triasdolomit bis auf eine kleine Strecke östlich von *Campovasto* gänzlich verschwunden ist, wie ich annehme, durch Ausquetschung, und dass so das Rhät, an andern Stellen der Lias unmittelbar auf kristallinen Gesteinen oder Verrucano auflagert, ein Verhältnis, das sich in der oberen Synklinale gegen *Alp Arpiglia* hin wiederholt. Es weichen derartige Verhältnisse weit von dem in Lehrbüchern meist aufgestellten Schema ab. Zerreissungen und Ausquetschung von Schichtgliedern treten im Oberengadin durchaus nicht nur im Mittelschenkel liegender Falten auf, sondern begegnen uns regellos an ganz beliebigen Stellen der ehemaligen Falten. Wenigstens gelang es bis jetzt nicht, hierin eine Gesetzmässigkeit aufzuweisen. Ebenso fand ich nirgends regelmässigen Schuppenbau nach dem Schulschema 1, 2, 3, Ueberschiebung, 1, 2, 3, Ueberschiebung, 1, 2, 3 entwickelt[1].

[1] BÖSE (1896 S. 590) erklärt das Auftreten von Rhät im *Eingang ins Camogasker* Tal als „eine abgesunkene Scholle, die ihre Existenz vielleicht einer Abzweigung der grossen Engadiner Spalte verdankt". Ein Grund zur Annahme einer grossen Engadiner Spalte liegt, meiner Ansicht nach, bei der verhältnismässig guten Uebereinstimmung der beiden Talseiten (natürlich im Streichen) nicht vor. Die Fortsetzung im Streichen der Sedimentärbildungen des *Piz*



Kr = Kristalline Gesteine; *R* = Rauhwacke; *Tr* = Triasdolomit; vertikal gestreift = rote und graue, oberjurassische Aptychenkalke.

Fig. 6. Ansicht der grossen Liasmulde am Piz Mezzaun.

Die Triasmasse, die die untere Synklinale überlagert, ist im grossen und ganzen eine Antiklinale, was auch aus dem Auftreten des Muschelkalkdolomits in der *Val Malatt* hervorgeht. Den tektonischen Aufbau grösserer Dolomitmassen mit einiger Sicherheit klarzulegen, fehlt mir bis heute die Handhabe. Die mächtig angeschwollenen Dolomite werden nach Westen zu immer schmäler, um nördlich von *Champesch* unter den Alluvionen des Inns zu verschwinden, nach Osten dagegen keilen sie sogar völlig aus. An der oberen Synklinale nehmen Kössener, Lias und Oberjura teil. Rote Aptychenmergel des „unteren" und die weissen Aptychenkalke des „oberen Horizontes" treten am Ostgrat des *Piz Mezzaun* hervor (vgl. Profil II). Besondere Unregelmässigkeiten weist die obere Mulde am Eingang in die *Val Lavirum* auf; sie scheint hier durch eine Aufwölbung von Dolomit und Rauhwacke nochmals in zwei Synklinalen geteilt. Eine ähnliche Zerteilung in mehrere Synklinalen wird auch am nordöstlichen Ende der oberen Synklinale zwischen *Arpiglia und Vaüglia* bemerkbar. Hier sind in die kristallinen Gesteine des Kammes drei sedimentäre Synklinalen eingekeilt (vgl. Profil VI). Vom *Punkt 2746* bis nach *Val Vaüglia* hinunter scheinen ebenfalls in den kristallinen Schiefern noch Reste von Sedimentärmulden zu stecken, doch wurden sie auf der Karte nicht alle ausgezeichnet, weil es an einigen Stellen zweifelhaft war, ob man es mit anstehendem Gestein zu tun hätte.

Der über der oberen Synklinale folgende Mittelschenkel ist auf der rechten Seite der *Val Chamuera* und hinüber nach *Arpiglia* ziemlich vollständig erhalten. An andern Stellen, so besonders auf der linken Seite der *Val Chamuera*, finden sich nur noch vereinzelte Reste von Dolomit, Rauhwacke oder Verrucano. Die kristallinen Gesteine darüber bilden keine einheitliche, geschlossene Ueberschiebungsmasse, sondern tragen selber wieder mesozoische Einfaltungen wie am *Corn* bis in die *Val Lavirum* hinunter, und am *Munt Müsella*. In der *Val Burdum* folgen sogar zwei derartige schmale Synklinalen dicht hintereinander, von denen die nördliche die schon früher erwähnte, rings von kristallinen Gesteinen umschlossene Verrucanolinse ist. Regelmässig muldenförmigen Bau zeigt die Synklinale am *Munt Müsella*, die sich als schmaler Keil noch tief hinab am Talgehänge des *Engadins* verfolgen lässt.

Noch sei darauf aufmerksam gemacht, dass sich die Axe der Liassynklinale des Piz Mezzaungipfels von *Chamepesch* im Engadin bis über *Alp Arpiglia* um etwa 800 m hebt, eine Erscheinung, die angesichts der unregelmässigen Aufstauung mancher Gebietsteile nichts Auffälliges hat.

V. Die Masse des Piz Vaüglia.

(Profil II und VII Taf. V.)

Inmitten des untersuchten Gebietes haben wir im Bereich des *Piz Vaüglia* und des *Piz Casanella* eine kristalline Masse vor uns,

---

Mezzaun vermute ich im Gebiet des *Piz Padella bei Samaden*. Es ist mir nicht gelungen, mir ein Bild zu machen, wie sich BÖSE „die Abzweigung der grossen Engadiner Spalte" vorstellt, da doch bei *Campovasto* zu beiden Seiten des Baches kristalline Trümmergesteine anstehen. Auch davon, dass die Kössener zum Teil im Streichen des Hauptdolomits liegen sollen, konnte ich mich nicht überzeugen.

in deren Zentrum auch ein kleiner Granitstock hervortritt und die nach allen Seiten in steiler, nur nach Westen zu in weniger geneigter Fläche über die rings um sie herum ausbiegenden Sedimentärsynklinalen heraufgeschoben ist. Es lässt sich nicht leugnen, dass eine derartig kuppel- bzw. sogar pilzartige Auffaltung sehr weit abweicht vom Typus eines normalen Kettengebirges. Doch hat die Erklärung einer solchen Erscheinung unter der einzigen Voraussetzung allseitiger tangentieller Spannung keine Schwierigkeit. Aber auch der Annahme allseitigen tangentiellen Druckes an manchen Stellen des Gebirges scheint mir im Hinblick auf die doch äusserst komplexe Erscheinung der gesamten Alpenfaltung nichts im Wege zu stehen. Der erste Blick auf die Karte könnte vielleicht zu der Annahme verleiten, diese ganzen kristallinen Massen als eine ortsfremde, schwimmende Ueberschiebungsscholle aufzufassen. Doch begegnet diese Vorstellung noch weit grösseren Schwierigkeiten, als die von der lokalen Auffaltung der kristallinen Gesteine aus dem Untergrund. Zunächst müsste man von der Auflagerungsfläche einer derartigen Deckscholle erwarten, dass sie annähernd eine Ebene wäre. Das Gegenteil ist der Fall. Eine weit grössere Schwierigkeit aber ist die folgende: Es lässt sich gar nicht angeben, wo man die Ueberschiebungsfläche anzunehmen hätte. Denkt man sie sich, um einen Punkt im Westen ins Auge zu fassen, unmittelbar über der Triasfelsmauer der rechten *Camogasker* Talseite, so bleibt das Auftreten eben dieser Trias, bleibt insbesondere die parallel verlaufende, obere Synklinale am *Corn* völlig unverständlich. Denkt man sich nun aber die Ueberschiebungsfläche der angenommenen kristallinen Deckscholle über der Synklinale am *Corn*, so hat man zur Erklärung der unteren Ueberschiebung kristalliner Gesteine doch wieder die Vorstellung einer nach allen Seiten nach auswärts übergelegten Auffaltung nötig, womit die Vorstellung einer Deckscholle überhaupt überflüssig wird. Aehnliche Betrachtungen ergeben sich, wenn man die Verhältnisse der hintersten *Val Casana* ins Auge fasst.

Die Hauptmasse der kristallinen Gesteine sind Gneisse und Glimmerschiefer, an einigen Stellen von Diabasporphyriten durchsetzt. Am *Piz Vaüglia* setzt ein kleines Granitmassiv auf, in dessen Nachbarschaft der schon erwähnte, granatführende Glimmerschiefer sich findet. Im Norden und Osten sind noch die Reste mehrerer Sedimentärsynklinalen zu erwähnen, die als Fortsetzung der Synklinalen des *Piz Mezzaun* gelten können. In der *Val Vaüglia* finden sich zwei solcher eingekeilten Sedimentärschollen. Zwischen *Val Vaüglia* und *Val Casanella* ist eine Sedimentäreinfaltung mit einem grösseren Gipslager verknüpft, doch konnte ich über den Bau der vielleicht doppelten Synklinale zu keiner

Klarheit gelangen. Eine zweite, ganz schmale Synklinale lässt sich etwas höher über denselben Kamm hinweg bis in die *Val Casanella* hinunter in einzelnen Fetzen verfolgen. Eine weitere, ganz schmale Synklinale beginnt an der linken Seite der *Val Casana* gegenüber der Alp Casana und streicht meridional auf den *Grenzpunkt 2918*. Auch auf der rechten Talseite der *Val Casana* sieht man noch verschiedene Reste verquetschter Sedimentmulden zwischen den kristallinen Gesteinen des Grenzkammes. Eine weitere Trias-Liassynklinale setzt die westliche Felswand in der hinteren *Val Casana* zusammen und ist von Westen her in steiler Fläche von den kristallinen Gesteinen des *Piz Casanella* überschoben. Am *Punkt 2918* bilden die eingezwängten Sedimentärschollen mit den, mit ihnen verfalteten und über sie hinübergeschobenen kristallinen Schiefern ein solches Durcheinander, dass es mir insbesondere auch wegen weitgehender Schuttüberdeckung unmöglich war, ein klares Bild der Tektonik zu gewinnen. Immerhin lässt sich auch hier soviel sagen, dass intensiver, lokaler Zusammenschub noch die einfachste Erklärung ist für die hier herrschenden, verwickelten Verhältnisse[1].

VI. Valle Federia.

(Profil II, IX, X und XVI Taf. V und VI.)

Auch hier das uns schon bekannte typische Bild: schmale Synklinalen mesozoischer Gesteine zwischen kristalline Gesteine eingeklemmt. Die Mulden streichen grösstenteils Ostnordost, so dass man in der Gegend von *Livigno* ein deutliches Zusammenschliessen dieser Falten mit den unter I beschriebenen Synklinalen der *Val Trupchum* bemerkt.

Die Fortsetzung der Sedimentärbildungen am *Punkt 2918* bildet die grössere Einfaltung mesozoischer Gesteine in der *Valle l'Everone,* die an sich wieder aus mehreren, nebeneinander gereihten Synklinalen besteht, wie man aus der mehrmaligen Wiederholung eines Rhät- bzw. Liasstreifens erkennt, worauf schon BÖSE (1896 S. 593) aufmerksam gemacht hat (vgl. Profil XVI).

Ein weiterer Sedimentärzug lässt sich von der Westseite des *Casanapasses* bis *Rino Toscie* verfolgen. Es ist dies eine noch ziemlich wohl erhaltene Synklinale von Verrucano und Dolomit der unteren Trias, die nach Süden einfällt und von Norden her überschoben ist von der kristallinen Unterlage der Liassynklinalen der *Val Trupchum.*

Ein längerer, schmaler Verrucanozug auf der rechten Seite der *Valle Federia,* sowie einige weitere Sedimentschollen in der unteren Valle Federia sind als Reste ähnlicher, nur noch stärker ausgequetschter Synklinalen zu deuten.

Dislokationsbreccien.

Erst neuerdings wendet sich das Interesse der in den Alpen arbeitenden Geologen mehr dem Auftreten von Dislokationsbreccien zu. Besonders bemerkenswert in dieser Hinsicht sind die Ausfüh-

[1] Auch hier, in der unmittelbaren Umgebung des Punktes 2918, gibt die Karte nur ein allgemeines Bild der Verbreitung der wichtigsten Formationsglieder, ohne alle Einzelheiten darzustellen.

rungen WÄHNERS (1903 S. 146) über diesen Punkt. In überzeugender Weise hat WÄHNER dargelegt, dass eine Breccie im unteren Lias, von der alle bisherigen Beobachter angenommen hatten, sie sei „zur Zeit des Beginnes der Ablagerung der roten Liaskalke entstanden", nichts anderes als eine Reibungsbreccie ist. Auch im Gebiet des *Oberengadins* findet man an manchen Stellen eine Breccie aus Hauptdolomit und rotem Liaskalk. Doch fand ich dieses Gestein im untersuchten Gebiet nur an Stellen so starker Dislokationen, dass ich nicht im stande bin zu entscheiden, was bei dem heutigen Zustand des Gesteins auf Rechnung ursprünglicher Ablagerung, was auf Rechnung nachträglicher Durchknetung zu setzen ist.

Sicheres vermag ich über einige andere Breccien auszusagen. Es seien deshalb hier zunächst drei verschiedene Breccien von der *Ostseite des Murtiröl* beschrieben, über deren echte Reibungsbrecciennatur, wie mir scheinen will, kein Zweifel mehr bestehen kann. Steigt man von *Punt Vals* den Alpweg nach *Vaüglia sura* hinauf, so findet man rote jurassische Aptychenmergel, ein wenig höher rote Globigerinenmergel und noch weiter, abseits vom Weg, in der *Val Furca*, graue Liasschiefer. Diese mesozoischen Gesteine werden nach Süden zu, wie eine genauere Begehung der Gegend lehrt, durch eine steil nach Süden einfallende Ueberschiebungsfläche abgeschnitten, längs der Verrucano und kristalline Schiefer in tektonisch anormalen Kontakt treten mit den eben erwähnten mesozoischen Sedimenten. In allen drei Gesteinen sieht man in der scheinbar wenig veränderten Grundmasse faustgrosse, bis mikroskopisch kleine, eckige, teilweise kantengerundete Fragmente kristalliner, gneissartiger Gesteine. An dem Liasgestein sieht man auf der angeschliffenen Fläche, wie die braune, mergelige Masse mit einer Art Fluidalstruktur um die grossen, kristallinen Brocken herumgepresst ist. Während die Gestalt einzelner der fremden Einschlüsse die Annahme eines wenn auch nicht sehr weiten Transportes nicht ausschliesst, zeigen andere Fragmente zweifellos autimorphe Gestalt (vgl. MILCH 1896 S. 19). So ist z. B. der Querschnitt eines kristallinen Bruchstücks in den Globigerinenschiefern beiläufig ein unregelmässiges Viereck; von der einen Ecke aus aber setzt sich eine ganz dünne feine Lamelle fort, die zweifellos bei normaler Sedimentation oder bei irgend welchem freien Transport abgebrochen wäre. An andern Stellen sieht man feine, losgetrennte Splitter noch in unmittelbarer Nähe des Mutterstücks liegen. Die Grundmasse ist scheinbar ziemlich unverändert, was uns bei der dichten, homo-

genen, mergeligen Beschaffenheit des Gesteins freilich nicht auffällig erscheinen darf (vgl. WÄHNER 1903 S. 154). Unter dem Mikroskop tritt die starke mechanische Beeinflussung durch die Gebirgsbewegung aber doch sofort hervor. Selbst die kleinen Globigerinen sind vielfach zerbrochen, die Aptychen der Aptychenmergel sind oft vollständig zertrümmert, zum Teil ist ihre grobzellige Mittelschicht ganz in stäbchenartige Bruchstücke aufgelöst.

Es kann also keinem Zweifel unterliegen, dass diese Gesteine eine sehr starke mechanische Beeinflussung nachträglich erlitten haben. Doch bin ich mir wohl bewusst, dass damit noch nicht erwiesen ist, dass die kristallinen Fragmente gerade bei diesem Vorgang in das Gestein hineingelangt sind. Dies scheint mir vielmehr ziemlich einwandfrei erst aus folgendem hervorzugehen:

Ein zufälliger Transport durch Eis oder grosse Tiere, also eine Verfrachtung in die hohe See hinaus, liegt ausserhalb der Diskussion, wenn man die Häufigkeit der kristallinen Fragmente und ihr Auftreten in drei verschiedenen geologischen Horizonten in Betracht zieht. Es bliebe nur noch die Annahme einer küstennahen Bildung dieser Breccien. Dagegen ist aber geltend zu machen: Der ganze Gesteinscharakter der Aptychen- und der Globigerinenmergel, um nur von den durch Fossilien charakterisierten Ablagerungen zu reden, ist völlig der gleiche, wie der der gleichen Schichtglieder an andern Punkten des Gebietes, nur sind hier an der *Ostseite des Murtiröl* noch kristalline Brocken darin eingebettet. Eine so unveränderte Gleichförmigkeit der roten Meeressedimente aber bis in die Brandungszone hinein annehmen zu wollen, scheint mir durchaus nicht zulässig, um so mehr als dieser höchst auffällige Vorgang sich zu zwei ganz verschiedenen Zeiten an derselben Stelle müsste wiederholt haben. Dass endlich der Kontakt mit den kristallinen Gesteinen ein nachträglich anormaler, rein tektonischer ist, geht aus dem ganzen, höchst verwickelten Bau des Berges *Murtiröl* hervor, der unten noch näher besprochen werden soll.

Breccien von etwas anderem Charakter treten — ebenfalls auf der *Ostseite des Berges Murtiröl*, aber näher dem Gipfel — hervor. Sie bestehen aus eckigen Bruchstücken von Dolomit von sehr wechselnder (mikroskopischer bis Haus-) Grösse, ferner aus rotem, tonigsandigem Material, sowie aus zahlreichen Quarz- und roten Quarzitgeröllen. Die Heimat der roten färbenden Substanz kann nicht zweifelhaft sein, denn wir finden Uebergänge in echten Verrucano, aus dem sie offenbar stammt. Statt des Verrucano finden

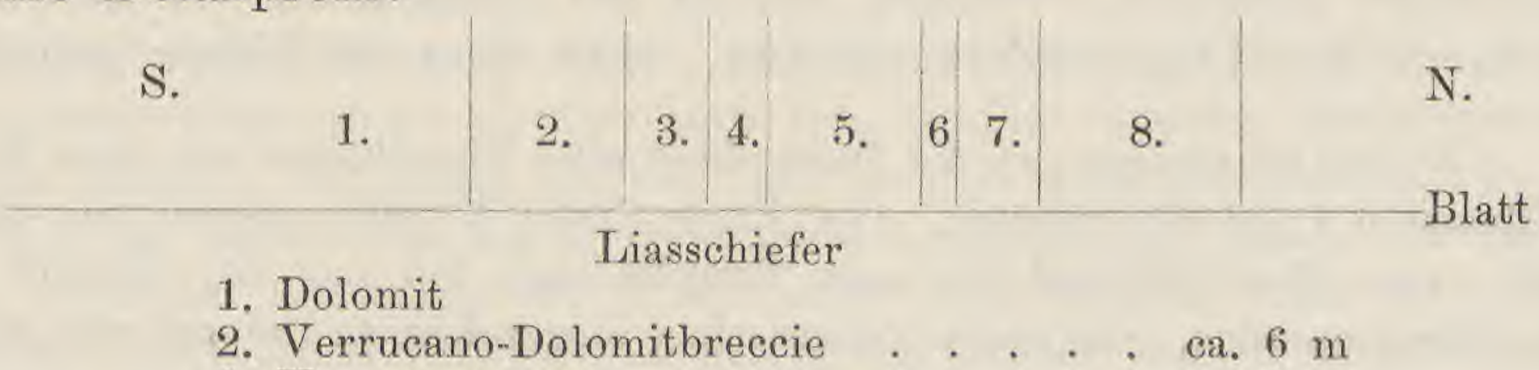
wir auch mitunter Bruchstücke kristalliner Schiefer. Die Dolomite sind die gewöhnlichen Triasdolomite. Dieser normalen Zusammensetzung entsprechend brausen die Breccien, mit verdünnter Salzsäure betupft, nicht auf. Betrachten wir die Breccien als sedimentären Ursprungs und fragen wir nach ihrem Alter, so besteht ebenfalls hier auf der *Ostseite des Murtiröl* ein unmerklicher Uebergang in Breccien, die auch zweifellos rhätische und liasische Kalke enthalten. Wir könnten also nicht umhin, für die gesamte Breccienmasse ein mindestens liasisches Alter anzunehmen.

Dünnschliff und Handstück vermögen auch hier über die Natur der Breccie keine sichere Entscheidung zu geben. Sie lehren nur ebenfalls wieder eine enorme, mechanische Beeinflussung des Gesteins, ohne dass erwiesen ist, dass eine ursprünglich sedimentäre Breccie unter der Wirkung gebirgsbildender Vorgänge nicht auch ein ähnliches Aussehen annehmen kann. Die Mehrzahl der Komponenten sind zweifellos autimorphe Bruchstücke. Selbst die dem Verrucano entnommenen Quarzgerölle sind vielfach zerborsten und häufig bilden ihre Bruchstücke oder auch die Bruchstücke eines Dolomitkomponenten eine im ersten Fall auch noch optisch gleich orientierte, mehr oder weniger zusammenhängende Gruppe (vgl. MILCH 1896 S. 17, WÄHNER 1903 S. 149).

Dass wir es aber hier nicht nur mit einer stark veränderten Sedimentärbreccie, sondern tatsächlich mit mächtig entwickelter Dislokationsbreccie zu tun haben, dürfen wir, wie mir scheint, aus der Art der Lagerungsverhältnisse mit einiger Sicherheit folgern. Wir haben am *Berg Murtiröl*, wie aus der Karte (Tafel VI) und Profil V (S. 216) und Profil VI (Tafel VI) ersichtlich ist, eine Reihe nach Norden übergelegter, dicht gedrängter Falten. Ueber der untersten Schiefersynklinale, die nördlich um den ganzen Berg herumzieht, haben wir, darüber geschoben, eine in sich nochmals sekundär verdoppelte Antiklinale. Darüber lässt sich noch deutlich eine obere Schiefersynklinale quer über den ganzen Berg hinweg verfolgen, die aber schon in sich wieder durch eine schmale, ausgequetschte Antiklinale von Dolomit und kristallinen Schiefern geteilt ist. Geht man von diesem Schieferband, dem auch die fossilreichen Aptychenschiefer wenig südlich vom Murtirölsignal angehören, noch weiter nach Süden, so werden die Verhältnisse noch weit komplizierter. Die besten Aufschlüsse trifft man auf der Ostseite des Berges. Von der Ferne fallen zwei oststreichende rote Rippen von Verrucano auf, die man als Reste zweier Antiklinalen auffassen

kann. Zwischen und südlich von ihnen erkennt man von der Ferne synklinal hellen Dolomit. Prüft man nun das Anstehende, so findet man statt des Dolomits der Synklinalen die eben besprochene Breccie, die zum Teil auch Komponenten von Liaskalk enthält, an vielen andern Stellen aber völlig unmerklich in echten Verrucano übergeht. An einer Stelle sieht man folgendes: Der südliche der beiden eben erwähnten Verrucanozüge, von beiden Seiten von Verrucano-Dolomitbreccie eingefasst, die noch weiter nach aussen in den gewöhnlichen Triasdolomit übergeht, setzt an einer Stelle ein Stück weit im Streichen aus, so zwar, dass statt seiner nur noch eine rote Dolomit-Verrucanobreccienmasse erscheint. Dies alles sind Verhältnisse, die sogar zu fordern sind, sobald wir die Breccie für eine Dislokationsbreccie ansehen, die dagegen mechanisch fast unerklärlich sind, wenn wir in ihr ein Liassediment vor uns haben. An der durch ein Fossilfundpunktszeichen hervorgehobenen Stelle auf der *Ostseite des Murtiröl* endigt ein Verrucanostreifen spornartig zwischen Dolomit. Ich denke mir den Verrucano hier als kleine lokale Auffaltung und Einpressung in dem Triasdolomit. Bevor der Verrucanostreifen jedoch auskeilt, löst er sich in eine 10 m mächtige Breccienmasse auf, die in der Hauptsache noch aus Verrucanomaterial besteht, aber in ihrer ganzen Breite durchspickt ist von mechanisch hineingekneteten Dolomitbrocken.

Noch sei auf eine Stelle aufmerksam gemacht, wo, wie mir scheinen will, jeder Besucher des *Murtiröl* den Eindruck gewinnen wird, dass zum mindesten ein Teil der hier auftretenden Breccien echte Dislokationsbreccien sind. Die Stelle liegt wenig östlich vom *Signal auf dem Murtiröl*, ungefähr bei der 3 der trigonometrischen Höhenzahl 2634. Hier stossen an einer kleinen Blattverschiebung junge Schiefer (Lias, vielleicht stecken gerade hier auch noch jüngere Schiefer mit darunter) von Osten her gegen folgendes kleine Detailprofil:



Liasschiefer

1. Dolomit
2. Verrucano-Dolomitbreccie . . . . . ca. 6 m
3. Verrucano . . . . . „ 3 „
4. Verrucano-Dolomitbreccie . . . . . „ 2 „
5. Verrucano . . . . . „ 6 „
6. Schutt . . . . . „ 1 „
7. Verrucano-Dolomitbreccie . . . . . „ 3 „
8. Dolomit . . . . . „ 8 „

Man setze an die Stelle von Verrucano-Dolomitbreccie Liasbreccie, um zu erkennen, welche fast undenkbare Komplikation dadurch zu stande kommt.

Bemerkenswert ist noch der Umstand, dass diese mächtige Entwicklung von Dislokationsbreccie in ein Gebiet fällt von nachweislich ausserordentlicher tektonischer Komplikation. Selbstverständlich ist es ausgeschlossen, sich ein bis in alle Einzelheiten klares Bild zu machen, wie derartig verworrene Lagerungsverhältnisse entstanden sind [1].

Bedeutungsvoll für die Frage nach der Entstehung von Dislokationsbreccien scheint mir noch folgende Beobachtung: es wurde schon erwähnt, dass über die untere, nördliche Schiefersynklinale am *Murtiröl* Dolomit von Süden her heraufgeschoben ist. Unter der Ueberschiebung findet man oberhalb *God Drosa* Reste von Tithon mit Aptychen und von „couches rouges". Unter der Dolomitüberschiebung sind die Sedimente wirr ineinander gepresst, wobei ich folgende merkwürdige Lagerungsverhältnisse beobachten konnte: Man hat an einer Stelle rote Globigerinenschiefer der oberen Kreide etwa 15 m mächtig aufgeschlossen und darüber die Dolomitüberschiebung. Mitten in dem roten Schiefer findet man nun 10 m unterhalb der Ueberschiebungsfläche mit einemmal eine nach beiden Seiten auskeilende Linse von Dolomitbrocken bis zu Kopfgrösse in rote Globigerinenmergel eingebettet. Ich zweifle nicht, dass der Dolomit mechanisch eingepresst ist, und zwar auf einer sekundären, in den Globigerinenschiefern selber verlaufenden Verschiebungsfläche. Ganz ebenso findet man in der *Val Furca* kristalline Brocken bis herunter zu einzelnen grossen Glimmerblättern bis 10 m weit von der kristallinen Ueberschiebung entfernt in die Algäuschiefer hineingeknetet und verfrachtet.

Es seien hier noch einige, vorwiegend aus kristallinem Material bestehende Breccien erwähnt, die in der Umgegend des *Murtiröl-gipfels* in den Liasschiefern stecken, ohne dass es bisher gelungen

[1] Noch viel weniger ist die Darstellung aller Einzelheiten auf einer Karte im Massstab 1 : 50 000 möglich. Die Karte (Tafel X) gibt deshalb an dieser Stelle, vom *Murtirölsignal* bis nach *Vaüglia sura* hin nur den Verlauf der Hauptverrucanozüge, während der dazwischen eingezeichnete Dolomit eine grosse Breccienmasse darstellt, die allerdings in der Hauptsache aus Dolomit besteht. Umgekehrt ist der auf der *Westseite* des Berges in der Nähe des Gipfels innerhalb der oberen Dolomitmasse eingezeichnete Verrucanostreifen nur eine offenbar an Stelle einer Verrucanoauffaltung übrig gebliebene Breccie von etwas Dolomit und sehr viel Verrucanomaterial.

wäre, das Anstehende unter der weitgehenden Schuttbedeckung zu verfolgen. Welcher Natur diese Breccien sind, vermag ich bis jetzt nicht zu entscheiden. Sollten sie einer weiteren tektonischen Komplikation ihre Entstehung verdanken, so dürfte uns das insofern nicht überraschen, als im gleichen Schieferzug auf der *Ostseite des Murtiröl* an mehreren Stellen scheinbar ganz unvermittelt kristalline Fetzen und Schollen bis zu Hausgrösse darin stecken.

Ich glaube also, um es nochmals zusammenzufassen, es wahrscheinlich gemacht zu haben, dass mindestens ein Teil der groben bis ziemlich feinkörnigen Breccien am *Murtiröl* als Reibungsbreccien zu deuten sind. Ich halte dies Ergebnis für eines der wichtigeren, die meine Untersuchungen gezeitigt haben.

Zusammenfassendes über die Tektonik[1].

Es sei zum Schluss der Versuch gemacht, mit einigen Worten ein Gesamtbild der Tektonik des untersuchten Gebietes zu entwerfen, wie ich es bei möglichst unbefangener Bewertung aller im Feld gemachten Beobachtungen gewonnen habe:

Das Gebiet zwischen *Albulapass* und *Livigno* ist unter der Wirkung enormer, tangentialer Druckkräfte in zahlreiche dicht gedrängte Falten gelegt worden. Die Falten streichen durchaus nicht parallel, sondern unter allerhand Biegungen, doch ist die bevorzugte Richtung die Ostwestrichtung. Einzelne Teile sind höher emporgefaltet, im Norden die *Keschmasse*, im Süden das *Vadretmassiv*, im Mittelpunkt des Gebietes die Masse des *Piz Vaüglia*. Diese höher gehobenen kristallinen Massen sehen wir durchgängig oben nach aussen

[1] Während der Drucklegung dieser Arbeit ist die neuste Arbeit von E. SUESS „Über das Inntal bei Nauders“ erschienen (Sitz.-Ber. der k. Akad. der Wiss. Wien, Math.-naturw. Kl. Bd. CXIV Abt. I. Okt. 1905). Ueber das von mir untersuchte Gebiet entnehme ich ihr (S. 715) die Bemerkung über das Umbrailgebirge: „Die Tafel ist von untergeordneten Bewegungen durchzogen, die ausnahmsweise die Unterlage hervortreten lassen.“ Ich glaube durch meine Untersuchungen dargetan zu haben, dass die Bewegungen doch nicht so untergeordneter Natur sind, wie man nach den Angaben früherer Beobachter vermuten konnte. Die Frage, ob die Tafel in sich sehr stark gefaltet und verschoben ist, und die ich durch meine Arbeit bejaht glaube, scheint mir insofern von erheblicher Bedeutung, als ich mir nicht vorstellen kann, dass ein Gesteinskörper, dessen innere Festigkeit so gering ist, dass er sich in zahlreiche enge, vielfach ausgewalzte, mitunter kilometerweit horizontal übergebogene Falten gelegt hat, dass ein solcher Gesteinskörper sich vor oder während der lokalen Faltung und Zerstückelung als Ganzes und zwar als verhältnismässig dünne Decke sollte 50 oder 100 km weit über seine Unterlage haben hinüberschieben lassen.

übergelegt und über die, merkwürdig gewunden zwischen ihnen verlaufenden Synklinalen hinübergeschoben. Die Synklinalen sind seitlich sehr stark zusammengepresst und wie die meisten Antiklinalen des Gebietes isoklinal gebaut. Das Fallen ist meist steil (45° und mehr) und ist bald nach Süden, bald, nämlich in einem breiten Zug längs des ganzen Nordrands des Kartenblattes, nach Norden gerichtet. Auch alle Ueberschiebungsflächen mit Ausnahme der am Gipfel des *Piz Mezzaun* sind steil geneigt. Allenthalben begegnet uns die weitgehendste Ausquetschung ganzer Schichtkomplexe. Die jungen (Lias-) Schiefermassen sind in sich in zahllose kleine Falten gelegt (vgl. Ansicht Fig. Me), die vielfach in Faltenverwerfungen übergehen. Mitunter — besonders am *Murtiröl bei Scanfs* — sind auch ältere Schichtglieder, Trias und Verrucano, in diese intensive Ineinanderfaltung im kleinen mit einbezogen, wobei es aber nicht zur Ausbildung regelmässiger Falten, sondern zu einer Zerlegung in zahlreiche wirr gelagerte kleine Schollen und Schichtpakete kam und zur Bildung ausgedehnter Reibungsbreccien. Für den lokalen Charakter der Faltung scheint mir u. a. am meisten beweisend das Gebirgsstück zwischen *Albulapass* und *Madulein*, wo wir eine Reihe dicht gedrängter, nahezu saigerer Falten verfolgen können und dann vor allem das *rechte Talgehänge der Val Trupchum*. Hier sehen wir eine völlig regelmässige nach Norden einfallende isoklinale Synklinale, gebaut nach dem Schema: oben 1 2 3 4 5 6 5 4 3 2 unten, worin 1 bedeutet Triasdolomit, 2 Liasschiefer, 3 grüne Radiolarite, 4 rote Radiolarite und rote Aptychenkalke, 5 weisse Aptychenkalke und 6 rote Globigerinenschiefer (couches rouges).

Nachträgliche Brüche konnten, abgesehen von ganz kleinen Sprüngen, die das Gesamtbild aber so gut wie gar nicht beeinflussen, nicht festgestellt werden:

Ferner ergab sich keinerlei Anhalt für einen Aufbau des Gebirges aus flach übereinanderlagernden, aus Süden gekommenen Ueberschiebungsdecken. Sollte man geneigt sein, die *Keschmasse* als wurzellose Ueberschiebungsscholle zu deuten, so sei demgegenüber auf zwei Punkte aufmerksam gemacht: Erstens findet man zwischen Lias und dem kristallinen Gestein der Keschmasse allenthalben noch Dolomit oder Rauhwacke als Rest des Mittelschenkels, zweitens überlagern zwar die kristallinen Gesteine der Keschmasse im Westen des Gebiets die jungen Liasschiefer, weiter nach Nordosten zu aber bilden dieselben kristallinen Gesteine in der Gegend von *Cinuskel* die steil südfallende Unterlage der dort auflagernden Sedimente.

Wenn SCHILLER (1904 S. 43) bei der Besprechung der Ueberschiebung altkristalliner Massen in der Lischannagruppe vom Ueberschiebungsrand be-

merkt: ‚Dann stellt er auf irgend eine Weise die Verbindung mit dem *Oberengadin* her', so fand ich für eine solche Verbindung keine Anhaltspunkte.

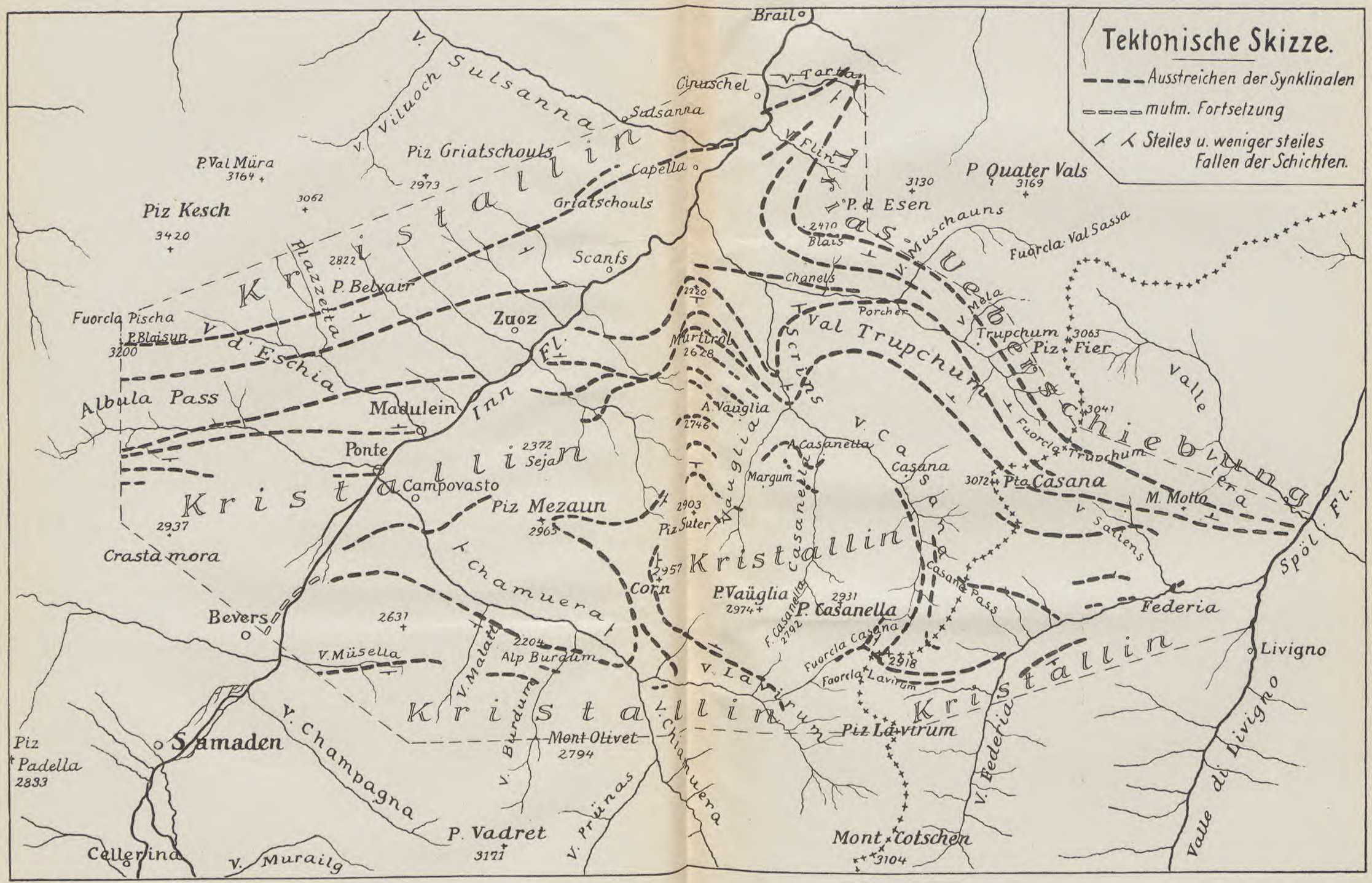
Es bleibt noch zu erörtern, inwieweit man sich das Gebiet vor der Faltung von Brüchen in einzelne, vertikal gegeneinander verschobene Schollen zerlegt vorzustellen hat, und inwieweit so die auftretenden Ueberschiebungen nur überschobene Brüche darstellen. Diese Frage lässt sich vielfach durchaus nicht ohne weiteres entscheiden. Wo wir aber eine derartige Verkeilung von Sedimentär- und Grundgebirge antreffen, wie sie BALTZER (1880) vom Nordrand des Finsteraarmassivs beschrieben hat, wo überhaupt mehrere Ueberschiebungen dicht gedrängt übereinander folgen, wo wir am Ueberschiebungsrand nicht das Aelteste auf dem Jüngsten liegend finden, sondern immer noch zwischen beiden Reste von Sedimenten mittleren Alters, wo wir, mit andern Worten, noch Reste eines Mittelschenkels finden, oder wo uns gar noch deutlich muldenförmiger Bau der jüngeren Schichtglieder entgegentritt, überall da kommen wir mit der Vorstellung überschobener Brüche nicht aus, sondern werden darauf hingewiesen, die Ueberschiebungen als Faltenverwerfungen zu deuten. All dies begegnet uns aber in dem untersuchten Gebiet auf Schritt und Tritt.

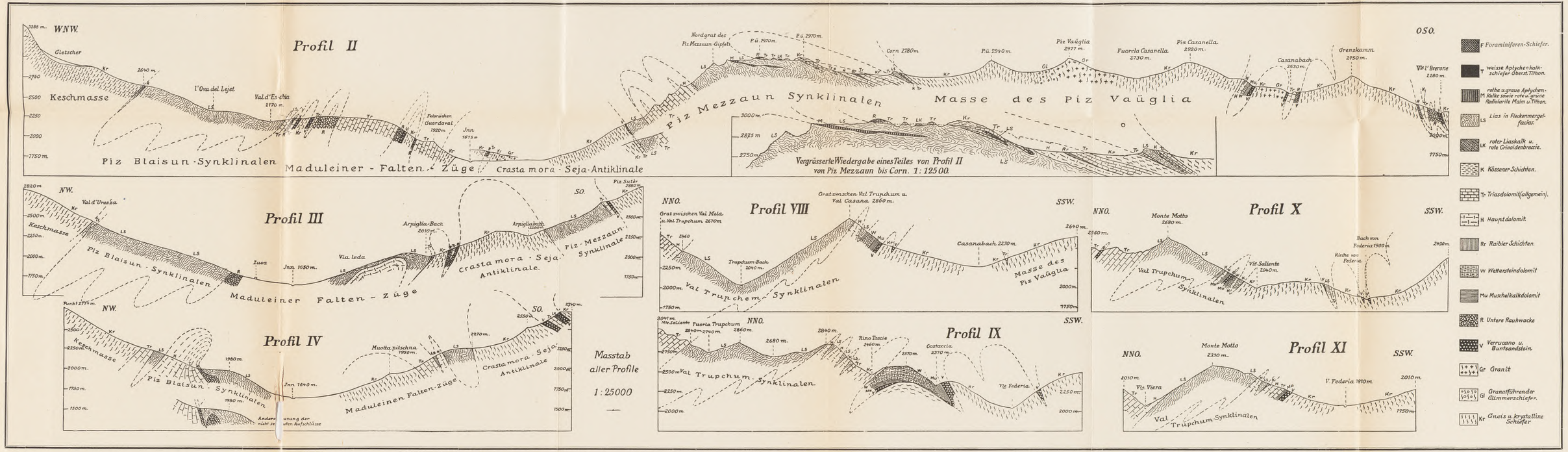
Für die Annahme zweier nach Zeit und Richtung der Druckkräfte getrennter Alpenfaltungen haben meine Untersuchungen keinen Anhalt gegeben. Wohl begegnen wir vielfach einem Wechsel der Streichrichtung, aber doch nicht einem übereinander gelagerten, doppelten System von Falten, was allein uns zur Annahme einer zweifachen Alpenfaltung berechtigte.

Der verwickelte Bau des untersuchten Gebirgsteils lässt sich nach den Ergebnissen dieser Arbeit nur unter der Annahme erklären, dass das Gebiet als Ganzes einen sehr starken, wohl lang anhaltenden seitlichen Zusammenschub erlitten hat. Dass einzelne Teile des Gebietes Reste verschiedener, von Süden gekommener Ueberschiebungsdecken wären, wird in Abrede gestellt. Ob das ganze Gebiet einer wurzelfremden Ueberschiebungsmasse angehört oder nicht, dafür fanden sich innerhalb des Untersuchungsbereichs keine entscheidenden Anhaltspunkte.

Bemerkungen zu den Profilen.

Die auf den Profilen mit gestrichelten Linien angedeuteten Sättel und Mulden sind nicht so aufzufassen, als wäre an solchen Stellen ein regelmässiges C-förmiges Umbiegen aller Gesteinsglieder zu denken, wie es tatsächlich nur selten (z. B. in Profil XIII, S. 216.) beobachtet wird; vielmehr geben diese Linien vielfach nur an, wie ich mir die frühere Verbindung der einzelnen Sedimentkeile und -reste vorstelle. Bei der Intensität des gebirgsbildenden Prozesses ist die ursprüngliche, regelmässige Faltenbildung an vielen Stellen in völlige Zerlegung in einzelne Fetzen und Schollen und Ineinanderschiebung dieser Schollen übergegangen.


Tektonische Skizze.
Ausstreichen der Synklinalen
mutm. Fortsetzung
Steiles u. weniger steiles Fallen der Schichten.
Brail
Cinuschel
Sulsanna
Piz Griatschouls
Capella
Griatschouls
Scanfs
P. Val Müra
3164
Piz Kesch
3420
3062
2973
2822
P. Belvair
Fuorcla Pischa
P. Blaisun
3200
Albula Pass
Madulein
Ponte
Campovasto
2372
Sejan
2937
Crasta mora
Bevers
2631
V. Müsella
Piz Padella
2833
S. Amaden
Cellerina
V. Murailg
V. Champagna
P. Vadret
3171
V. Prünas
V. Malatsch
2204
Alp Burdum
V. Burdurna
Mont Olivet
2794
V. Chiamuera
V. Chamuerat
Corn
2957
Piz Suter
2903
2965
Piz Mezaun
Zuoz
Inn Fl.
Chanels
2280
Murtirol
2628
A. Vaüglia
2746
A. Casanella
Margum
V. Casanella
P. Vaüglia
2974
P. Casanella
2931
F. Casanella
2792
Fuorcla Casana
2918
Faorcla Lavirum
Piz Lavirum
Mont Cotschen
3104
V. Federia
Federia
Livigno
Valle di Livigno
Spöl Fl.
Porcher
Blais
2410
P. d'Esen
3130
P Quater Vals
3169
V. Muschauns
Fuorcla Val Sassa
V. Mela
Trupchum
3063
Piz Fier
Val Trupchum
Scrins
Fuorcla Trupchum
3041
Valle
Chiebluna
Pta Casana
3072
M. Motto
V. Saliens
Casana Pass
V. Lavirum
Kristallin

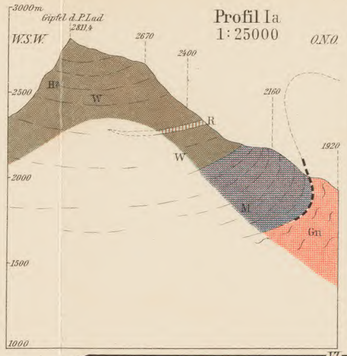

Profil II
WNW.
OSO.
Gletscher
Keschmasse
Piz Blaisun-Synklinalen
Maduleiner - Falten - Züge
Crasta mora - Seja-Antiklinale
Piz Mezzaun Synklinalen
Masse des Piz Vaüglia
Vergrösserte Wiedergabe eines Teiles von Profil II von Piz Mezzaun bis Corn. 1:12500.
Profil III
NW.
SO.
Profil IV
Profil VIII
NNO.
SSW.
Profil IX
Profil X
Profil XI
Masstab aller Profile 1:25000
F Foraminiferen-Schiefer.
T weisse Aptychenkalkschiefer Oberst. Tithon.
M rothe u. graue Aptychen-Kalke sowie rothe u. grüne Radiolarite Malm u. Tithon.
LS Lias in Fleckenmergelfacies.
LK roter Liaskalk u. rothe Crinoidenbreccie.
K Kössener Schichten.
Tr Triasdolomit (allgemein).
H Hauptdolomit.
Rr Raibler Schichten.
W Wettersteindolomit
Mu Muschelkalkdolomit
R Untere Rauhwacke
V Verrucano u. Buntsandstein.
Gr Granit
Gl Granatführender Glimmerschiefer.
Kr Gneis u. krystalline Schiefer

Diese Karte schliesst nordwestlich an die „Geologische Karte der Lischannagruppe“ von W. SCHILLER. Diese Zeitschrift Bd. XIV, 1904, Taf. IV.

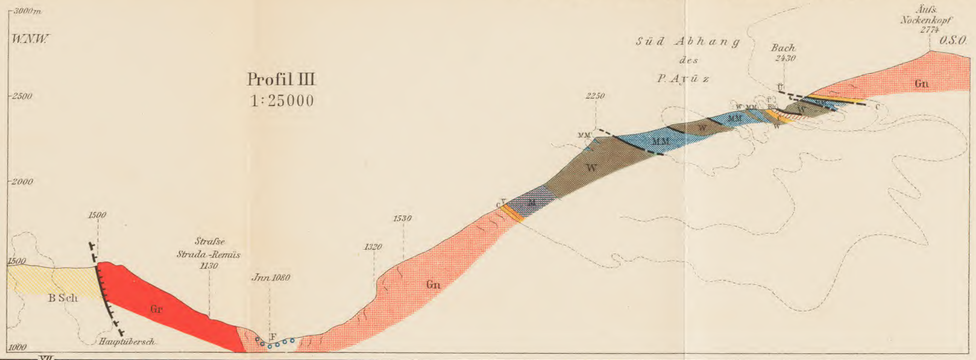
Geologische Karte der P. Lad-Gruppe. Entworfen von W. SCHILLER.

Zu dem Aufsatze: W. SCHILLER, II. Piz Lad-Gruppe.

Profil Ia 1:25000



Profil III 1:25000



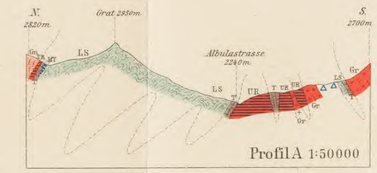
Zu dem Aufsatze:

K. ZOEPPRITZ

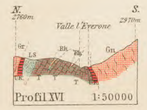
Geologische Untersuchungen im Oberengadin

zwischen Albulapass und Livigno.

Profil A 1:50000



Profil XVI 1:50000



Erklärung der Farben und Zeichen.

- Fossilienfundorte
- Hauptüberschiebung, Ueberschiebungs- u. Ueberfaltungslinien, Ausquetschungs- u. Discordanzlinien
- Steiles und senkrechtes / Wagerechtes und flaches } Fallen der Schichten
- Auslaugungstrichter
- Gehängeschutt, Bergstürze (BS)
- Kalksinter und Nagelfluh (K)
- Flussterrassen und Flussschotter
- Moränenreste (Mr)
- Grundmoräne (GMr)

Quartär

- Graue Bündner Schiefer (BSch)
- Bunte (gräne) Bündner Schiefer (GSch)
- Serpentin im Unterengadin (S)
- Rote Globigerinenmergel (couches rouges) im Oberengadin (G)
- Weisser Aptychenkalk („Oberer Horizont“) (WK)
- Grüne und rote Radiolarite, graue und rote Aptychenkalke („Unterer Horizont“) (RK)

Malm im Oberengadin

- Tithon (MM)
- Acanthicuskalk (MA) } Malm im Unterengadin
- O = Lias = Mergelkalk (LM)
- Liasschiefer und Lias in Fleckenmergelfacies (LS)
- Foraminiferenschiefer (grau) (Fo)
- Liasbreccie und Liaskalk (LB)

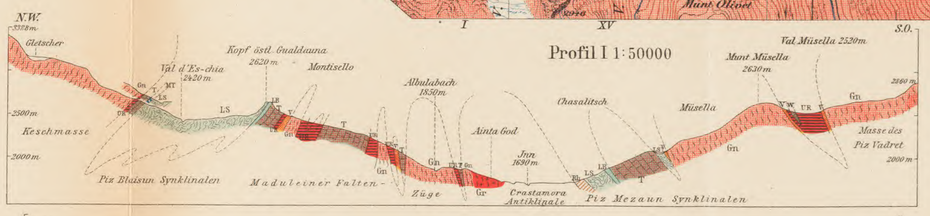
Jura

- Rhät (RH)
- Hauptdolomit (H)
- Raibler Schichten (R)
- Wettersteindolomit (W)
- Muschelkalk und -dolomit (M)
- Triasdolomit (T)
- Untere Rauhwacke (UR)

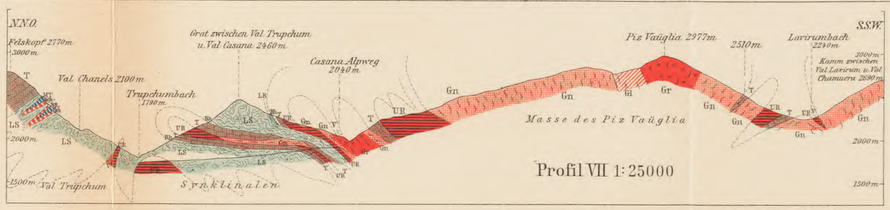
Trias

- Marmor unsicheren Alters (Quetschzone im Gneiss) (Mm)
- Verrucano (und Buntsandstein) (V)
- Casanaschiefer (C)
- Diabas, Diabasporphyrit, Spilit (D)
- Granitgneiss, Granit (Gr)
- Granatglimmerschiefer und Granatgneiss (Gl)
- Gneiss (und kristalline Schiefer); hornblendeführend (Gn)

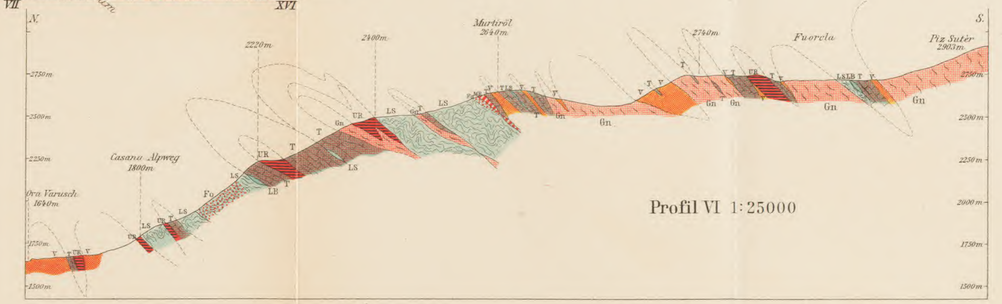
Profil I 1:50000



Profil VII 1:25000



Profil VI 1:25000



Maßstab beider Karten 1:50000.

1 cm = 500 Meter

1000 Meter 500 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Kilometer.

Mit Bewilligung der Schweiz. Landestopographie nach dem Siegfriedatlas bearbeitet.

Farbendruck von Giesecke & Devrient, Leipzig.