Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae

Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft

Band: 52 (1959)

Heft: 1

Artikel: Geologische Untersuchung der Bergsturzlandschaft zwischen Chur und Rodels (Graubünden)

Autor: Remenyik, Tibor

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-162567

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Geologische Untersuchung der Bergsturzlandschaft zwischen Chur und Rodels (Graubünden)

Von **Tibor Remenyik**

Mit 30 Textfiguren

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort 179

Einleitung 180

Historisches 181

Übersicht 183

Das anstehende Helvetikum 184
- Das Taminser Kristallin 185
- Die Trias 185
- Der Lias 188
- Der Dogger 188
- Der Malm 189
- Die tektonischen Verhältnisse des anstehenden Helvetikums 192

Das anstehende Penninikum 193

Die Bergsturzlandschaft zwischen Reichenau und Rodels 193
- Die Bergsturzablagerungen zwischen Abbruchnischen und Reichenau 195

Die Aufschlüsse westlich des Hinterrheins 195
- Der Sporn von Isla 195
- Der Hügel Plazzas 197
- Das kleine Felsbord zwischen Plazzas und Sankt Georg 197
- Der Sankt Georgshügel 198
- Der Malmsporn bei Rhäzüns 200
- Die Doggerscholle zwischen Schlosshügel Rhäzüns und Malmsporn 202
- Der Schlosshügel von Rhäzüns 203
- Das Hinterrheinufer zwischen Rhäzüns und Undrau 204
- Der Nordsporn von Undrau 204
- Der Südsporn von Undrau 207
- Die Crestas von Bonaduz und Rhäzüns 210

Die Aufschlüsse östlich des Hinterrheins 211
- Der Bergsturzhügel Ils Aults bei Reichenau 211
- 1. Die Umgebung des Bahnhofes von Reichenau 211
- 2. Das Hinterrheinufer gegenüber Isla und Plazzas 212
- 3. Cresta da Morts 214
- 4. Die oberen Partien von Ils Aults 214
- 5. Plong dil Prè 215
- 6. Crest-Aulta 216
- Der Triassporn von Pardisla 216
- Das kleine Hügelrelikt «Tomba» bei Rodels 216

Die Tomalandschaft von Ems 217
Toma Catehera 218
Toma Lunga 218
Tom'Arsa 218
Toma Varsera 218
Toma Carpusa 218
Toma Patrusa 218
Toma Platta 219
Toma Casté 219
Toma Turrera oder Toma San Gion 219
Toma Gilli 219
Toma Marchesa 220
Toma Falweng 220

Die beiden Toma von Felsberg 220
Toma da Simanles 220
Schlossbühl oder Schulhaushügel 220

Toma Gion–Gioder 220

Die Tomalandschaft von Chur 221

Die Schotter 222
Die Schotter zwischen Bonaduz und Rhäzüns 223
Die übrigen Schotter des Gebietes 226

Die Glazialbildungen 227

Ergebnisse und Zusammenfassung 227
Vermutlicher Ablauf der Vorgänge im Untersuchungsgebiet 230
Gedanken zum Mechanismus der Bergstürze 231

Literaturverzeichnis 231

Karten 234

VERZEICHNIS DER TEXTFIGUREN

Fig. 1: Übersichtsskizze des untersuchten Gebietes 180
Fig. 2: Porphyrit aus dem Taminser Kristallin 185
Fig. 3: Sandstein im Chloritschiefer 186
Fig. 4: Unterer Quarzsandstein 186
Fig. 5: Metamorpher Chloritoidschiefer 187
Fig. 6: Sandsteinlage im Quartenschiefer 187
Fig. 7: Schwarzer Opalinuston 188
Fig. 8: Eisensandstein des Aalénien 188
Fig. 9: Übergang vom Eisensandstein in Echinodermenbreccie 189
Fig. 10: Quarzarme, fossilreiche Echinodermenbreccie 189
Fig. 11: Eisenoolith des Callovien 190
Fig. 12: Magnetit-Chloritschiefer 190
Fig. 13: Schiltkalk mit Fossiltrümmern 191
Fig. 14: Marmorisierter Quintnerkalk 191
Fig. 15: Malmbreccie des oberen Kimmeridgien 192
Fig. 16: Korallogener Tithonkalk 192
Fig. 17: Die Abrissnischen nördlich Tamins 194

Fig. 18: Profil des Spornes von Isla 196
Fig. 19: Profil auf der Nordseite des Malmspornes 200
Fig. 20: Staffelförmige Verstellung der Schichten am Malmsporn 201
Fig. 21: Lage der Falte auf der Südseite des Malmspornes bei Rhäzüns 202
Fig. 22: Der grosse Einschluss am Fusse des Schlosshügels bei Rhäzüns 203
Fig. 23: Mylonitisierter Quartenschiefer und Dolomitbreccie. Undrau Nordsporn 206
Fig. 24: Lagerungsverhältnisse im Triasaufschluss. Undrau Nordsporn 207
Fig. 25: Profil am Südsporn von Undrau 208
Fig. 26: Gutgeschichtete Sande und Schotter übergehend in einen Mylonit von Malmkalk. Hinterrheinufer 100 m nördlich P. 658 213
Fig. 27a: Die Hügel westlich Chur nach A. Moritzi 222
Fig. 27b: Die Hügel westlich Chur nach W. Staub 223
Fig. 27c: Die Hügel westlich Chur im heutigen Zustand 223
Fig. 28: Korngrössenverteilung im Schotter von Bonaduz 225
Fig. 29: Kugelprojektion der Streich- und Fallrichtungen im Bündnerschiefer auf beiden Talseiten des Hinterrheines zwischen Rothenbrunnen und Tamins 229
Fig. 30: Tektonische Übersichtsskizze des untersuchten Gebietes zwischen Rodels und Chur 235

VORWORT

Die vorliegende Arbeit wurde auf Anregung und unter der Leitung meines verehrten Lehrers, Herrn Prof. Dr. Joos Cadisch, am Geologischen Institut der Universität Bern ausgeführt. Die Feldaufnahmen wurden im Sommer 1955 begonnen und im Herbst 1956 beendet. Handstücke und Dünnschliffe werden am Geologischen Institut der Universität Bern aufbewahrt.

Für sein stetes Interesse und für die grosse Hilfe während der Ausführung meiner Arbeit danke ich meinem Lehrer ganz besonders. Er hat mich, bei den gemeinsamen Begehungen meines Gebietes, auf die wichtigsten Stellen aufmerksam gemacht und mir bei den Diskussionen manch wertvollen Hinweis gegeben.

Zu grossem Dank bin ich meinem ehemaligen Lehrer an der ETH, Herrn Prof. Dr. Rudolf Staub, verpflichtet, der mich in die Anfänge der Geologie eingeführt hat. Mein Dank gilt auch den Herren Professoren R. F. Rutsch und E. Niggli sowie den Herren Privatdozenten Dr. H. Grunau und Dr. Th. Hügi, die mich bei der Arbeit tatkräftig unterstützten.

Meine Studienkollegen H. P. Ackermann, R. Bertschy und S. Schilling, die mich auf verschiedene Privatexkursionen mitgenommen haben, werde ich stets dankbar in Erinnerung behalten. Herrn Präparator A. Sommer verdanke ich die photographischen Arbeiten und Herrn E. Lack die sorgfältige Ausführung der Dünnschliffe.

Den Familien Bieler-Candrian, Maron-von Wyss, Willi und Dora danke ich für die unvergesslich schöne Zeit in Bonaduz. Herrn J. P. Caluori bin ich für seine grosse Hilfsbereitschaft verpflichtet.

Von ganzem Herzen danke ich meinen lieben Bekannten in Bern, der Familie Witschi-Hofer, für ihre stets freundliche und fröhliche Gastfreundschaft während meiner ganzen Studienzeit.

Danken möchte ich dem ganzen Schweizervolk für die herzliche Aufnahme, die mir ein ruhiges und sorgfältiges Studium in Frieden erlaubte.

Doch den grössten Dank schulde ich meinen lieben Eltern, die keine Opfer scheuten, um mein Studium zu ermöglichen. Ihnen möchte ich die vorliegende Arbeit widmen.

EINLEITUNG

Das untersuchte Gebiet liegt, wie Figuren 1 und 30 zeigen, in den Tälern des Hinter- und Vorderrheines und nach deren Zusammenfluss im Rheintal bis Chur. Somit gleicht es einem Dreieck, dessen Ecken durch die Ortschaften Chur, Rodels und Ruine Wackenau markiert werden.

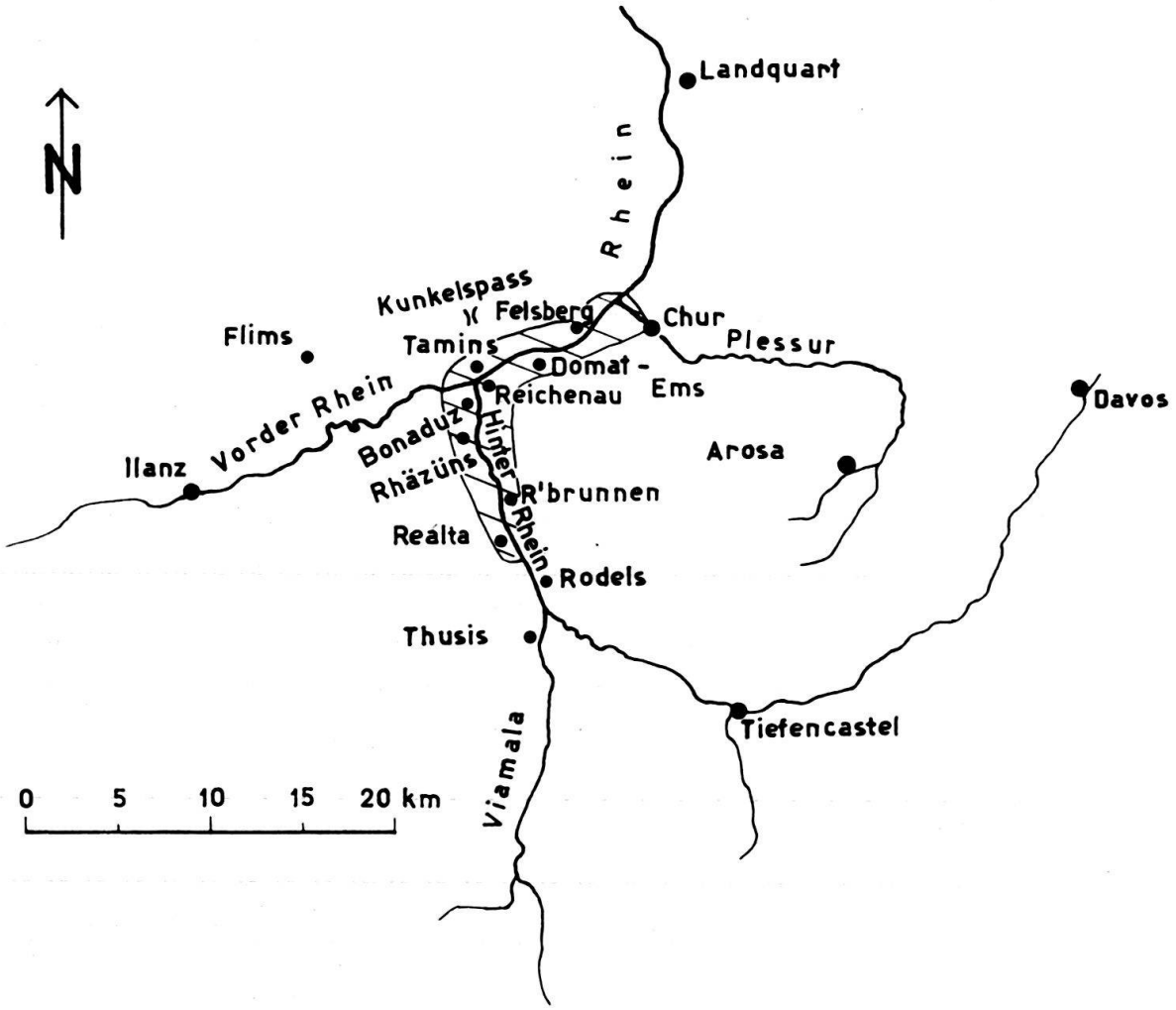


Fig. 1. Übersichtsskizze des untersuchten Gebietes (schraffiert).

Als topographische Unterlagen für die Kartierung dienten das Grundbuchblatt der Gemeinde Tamins und die Spezialvergrösserungen der Eidgenössischen Landestopographie, Ems und Hinterrheintal, alle im Maßstab 1 : 10000. Für photogrammetrische Arbeiten standen die Luftbilder der Eidgenössischen Landestopographie zur Verfügung.

Für die topographische Namengebung wurden die Bezeichnungen der Landeskarte der Schweiz 1:50000, Blatt 247 Sardona und Blatt 257 Safiental, übernommen.

Geologisch gesehen liegt das Gebiet zwischen der Region des grossen helvetischen Deckengewölbes im Norden und dem Erosionsrand der penninischen Bündnerschiefer im Süden.

Da das Anstehende meines Gebietes von verschiedenen Autoren in neuerer Zeit eingehend untersucht wurde, beschränkt sich die vorliegende Arbeit auf die Hügellandschaft in den Tälern. Das Anstehende wurde zwar von mir begangen, aber nur berücksichtigt, wenn mir dies unumgänglich notwendig erschien.

HISTORISCHES

Bergstürze erregten seit jeher die Phantasie und das Interesse der Menschen. Ihre wissenschaftliche Untersuchung aber setzte erst nach der grossen im Jahre 1806 erfolgten Bergsturzkatastrophe von Goldau ein. J. C. Escher (1809) hat die erste Zusammenstellung der Ursachen und Gründe eines Bergsturzes sowie eine kurze Liste der Bergstürze in der Schweiz veröffentlicht. Später bearbeiteten A. Baltzer (1875 und 1880) und Alb. Heim (1881) dieses Problem eingehender. Die stratigraphische Wichtigkeit der Bodenbewegungen hat M. Choffat (1878) hervorgehoben. Eine umfassende Klassifikation, mit vielen Beispielen von Bergstürzen, stellte Alb. Heim (1932) auf.

Im Rheintal zwischen Chur und Felsberg waren es auch Bergsturzhügel, die schon am Anfang des letzten Jahrhunderts die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf sich lenkten. 1842 veröffentlichte A. Moritzi, ein Botaniker, eine kleine Karte dieses Gebietes und versuchte die Entstehung dieser isolierten Hügel zu deuten. Seiner Auffassung nach stammen sie entweder vom Calanda und wären Erosionsrelikte grosser Bergstürze, oder aber von einem ehemaligen, jetzt erloschenen Vulkan in der Gegend des heutigen Kunkelspasses oder Sessagit und müssten als Auswürflinge in ihre gegenwärtige Lage gelangt sein. G. Theobald hat schon 1862 grosse Felstrümmer bei den Waldhäusern (Flims) und weiter abwärts beschrieben, wusste aber nicht, ob es sich hier um Reste «eines grossartigen Bergschlüpfs» oder um «alte Gletschermoränen vom Segnes her» handle. Sicher als solche erkannt und genauer beschrieben wurden die riesigen Bergsturzablagerungen im Vorderrheintal, zwischen Ilanz und Reichenau erst von Alb. Heim (1883). Nach ihm besuchte eine ganze Reihe von Geologen diese einzigartige Landschaft der Alpen und versuchte auf verschiedenen Wegen deren Entstehung zu erklären. R. Staub (1939) übernahm die Theorie Alb. Heims und sieht in der Umgebung von Flims die Trümmer eines einzigen Riesenbergsturzes. G. Hartung (1884) und R. Gsell (1918) versuchten an Hand von eingeschalteten Moränen und Flussgeröllen mehrere, übereinandergelegene Felsstürze nachzuweisen. O. Ampferer (1934 a) wollte aus dem Trümmerstrom eine zwischen den penninischen Decken und den helvetischen Wurzeln gelegene tektonische Mylonitzone machen. Im Jahre 1947 gelangte E. Kraus zu einer ähnlichen Auffassung wie O. Ampferer, indem er annahm, dass man es im Vorderrheintal nicht mit einem Bergsturz, sondern mit einer «Stauvergriesung», das heisst mit einer tektonischen Mylonitisierung über der

Nordalpinen Narbe zu tun hat. Es wurden indessen für diese Auffassung keine neuen stichhaltigen Gründe beigebracht. ALB. HEIM & J. OBERHOLZER (1934) lehnten O. AMPFERERS Anschauung entschieden ab und fanden neue Beweise (Böschungswinkel, Fluidalstruktur usw.), die die Bergsturztheorie glaubwürdiger erscheinen lassen.

Zwischen den beiden Gebieten, Flims im Westen und Ems-Felsberg im Osten, die heute allgemein als Bergsturzlandschaften anerkannt werden, liegt die seit längerer Zeit heiss umstrittene Umgebung von Reichenau, Bonaduz und Rhäzüns. Wie bei Felsberg und Ems ragen auch hier einzelne, isolierte Hügel aus den Alluvionen heraus. Ihre Höhe über den Schotterterrassen von Bonaduz–Rhäzüns beträgt im Maximum 35 m. Bei der Verfolgung der helvetischen Decken gegen Süden trifft ALB. HEIM (1891) im Hinterrheintale südlich Reichenau auf Verrucano und Mesozoikum in helvetischer Ausbildung. Die ersten eingehenden Studien der «helvetischen Relikte» im Hinterrheintal wurden von P. ARBENZ & W. STAUB (1910) unternommen. Schlussfolgerung ihrer Untersuchung war die Annahme einer ausgedehnten Wurzelzone der ostschweizerischen Anteile helvetischer Decken im Gebiet zwischen Reichenau und der Tomba von Rodels im Domleschg. Auf seiner tektonischen Karte der Alpen interpretierte R. STAUB (1923) die Gesteine der südlichsten im Domleschg liegenden Tomahügel als zwischen die Bündnerschiefer eingeschaltete ältere Bildungen. G. SCHUMACHER (1927) scheint sich, nach seiner Karte zu schliessen, dieser Auffassung von R. STAUB angeschlossen zu haben. O. AMPFERER (1934 c) erklärt das Vorhandensein helvetischer Sedimente mit ganz jungen Hebungen und Senkungen des Hinterrheintales zwischen den beiden penninischen (Bündnerschiefer-) Talflanken. Ganz anderer Meinung ist J. CADISCH (1944) und nach ihm auch H. JÄCKLI (1944) und W. NABHOLZ (1954). Die weitgehend zerstörte Struktur und die abnorme Lage der Schichten überzeugten diese Autoren vom Bergsturzcharakter dieser Ablagerungen. Die Abrissnische sollte nach W. NABHOLZ in der Gegend des Kunkelspasses (unterhalb Taminser Älpli oder Sessagit) liegen. Von hier aus stürzte ein prähistorischer, vielleicht sogar interglazialer Bergsturz in das Rheintal und bedeckte mit seinen Trümmern den Talboden des Hinterrheines bis hinauf nach Rodels–Realta.

In seinem Werk «Geologie der Glarneralpen» schliesst sich R. STAUB (1954) bezüglich der Hügel zwischen Bonaduz und Rodels wieder der Auffassung von P. ARBENZ und W. STAUB an, wonach es sich durchwegs um anstehende helvetische Wurzelteile handeln sollte.

Die jüngsten Ablagerungen dieses Gebietes, die Moränen des Rheingletschers und die Alluvionen der beiden Rheine, wurden von W. STAUB (1910) und vor allem von R. GSELL (1918) untersucht und beschrieben.

Das Anstehende der Talflanken, Helvetikum im Norden und Penninikum im Süden, ist durch die eingehenden Untersuchungen von J. KOPP (1925), L. WYSSLING (1950), R. STAUB (1954), E. NIGGLI und andere mehr, sowie durch die Kartierungen von ALB. HEIM (1891 und 1911), CHR. PIPEROFF (1897), K. TOLWINSKI (1910), M. BLUMENTHAL (1911 und 1912), G. SCHUMACHER (1927), J. OBERHOLZER (1933), TH. HÜGI (1941), H. JÄCKLI (1944) und W. NABHOLZ (1948) weitgehend bekannt.

ÜBERSICHT

Reisen wir auf der Engadiner Linie der Rhätischen Bahnen von Chur nach St. Moritz, so fahren wir während der ersten vierzig Minuten durch das Untersuchungsgebiet der vorliegenden Arbeit (Fig. 30). Noch innerhalb der Stadt fallen dem Reisenden einige kleine, runde Hügel auf, die heute grösstenteils überbaut sind. Dass sie Reste alter Bergstürze sind, wird heute kaum ein Geologe bezweifeln. Ihr Material stammt, bis auf den Köhlschen Bühl (heute Felsenau genannt), vom Calanda und besteht aus einem Blockwerk von Malmkalk oder Rötidolomit. W. Staub (1910) gab, sich auf Angaben von Chr. Tarnuzzer stützend, eine genaue Beschreibung dieser «Rosshügel». Bei Felsberg, einige Kilometer weiter im Westen, taucht eine zweite ähnliche Landschaft auf. Die einzelnen Hügel sind hier bedeutend grösser als bei Chur und werden seit alters her «Toma» (= Grab) oder Rosshügel bezeichnet. Beide Namen gehen auf die Annahme zurück, dass es sich um vorzeitliche Pferdegräber handle. Den Namen «Tomalandschaft» hat Alb. Heim nach seinen Studien in dieser Gegend geprägt. Seine Definition der Tomalandschaft beruht auf der Annahme, dass die Tomahügel in Alluvionen eingebettete Erosionsrelikte grosser Bergstürze seien. Ihr Material stammt vom Calanda und besteht aus Malmkalk, Dogger-Enochidermenbreccie, Rötidolomit und in untergeordnetem Masse aus grünem «Verrucano». Die Grösse der Hügel nimmt gegen Reichenau–Tamins weiter zu, bis sie beim Bahnhof Reichenau eine breite Talbarriere bilden. Die beim Schloss Reichenau sich vereinenden Rheinarme schnitten eine kleine Schlucht in diese, ihnen im Wege stehende Schuttmasse ein. Nach Reichenau steigt die Bahnlinie, eine grosse Schleife beschreibend, zur Terrasse von Bonaduz–Rhäzüns hinauf. Die diese Terrasse bildenden mächtigen Schotter werden kurz nach den Häusern von Campagna angeschnitten. Aus der Ebene zwischen Bonaduz und Rhäzüns ragen erneut einzelne isolierte Hügel, die hier Cresta genannt werden, heraus. In der Talenge zwischen Rothenbrunnen und Rhäzüns fliesst der Hinterrhein 60 bis 80 m unter dem Niveau der Terrasse von Bonaduz durch das Bündnerschiefergebirge gegen Norden. Von Rhäzüns an wird das Westufer von mächtigen Schottern und in ihnen eingebetteten helvetischen Hügelresten gebildet. In oft 90 m hohen, beinahe senkrechten Wänden erscheinen hier die schönsten, leider teilweise fast unzugänglichen Aufschlüsse. Die «helvetischen Relikte» sind bei Isla, Plazzas, St. Georg (San Gieri), am «Malmsporn» und beim Schloss Rhäzüns am besten aufgeschlossen. Zwei Kilometer südlich von Rhäzüns, zirka 60 m unterhalb der Bahnlinie, befinden sich die beiden Aufschlüsse von Undrau (Nundraus). Alle diese Vorkommen bestehen aus helvetischem «Verrucano» oder Mesozoikum. Am häufigsten sind Dogger und Malm vertreten. Noch weiter im Süden, bei Paspels und Rodels, treffen wir auf die letzten helvetischen Reste an den Hügeln Pardisla und Tomba. Auffallend ist die ungleiche räumliche Verteilung der verschiedenen Gesteine. So finden wir im Norden, vor allem bei Plazzas ausschliesslich «Verrucano», bei Rhäzüns Dogger und Malm, bei Undrau Trias.

Das anstehende Helvetikum umfasst die Schichten des Kristallins von Vättis und Tamins, von fraglichem Verrucano, der Trias mit Melsersandstein, Rötidolomit und Quartenschiefer, des Dogger mit Eisensandstein, Echinodermen-

breccie und Magnetitschiefer (Eisenoolith), des Malm mit Schiltkalk, Argovienschiefer, Quintnerkalk und Tithonkalk, der Kreide und des Tertiär (Flysch). Die letzteren beiden Formationen sind im Untersuchungsgebiet nicht vertreten und werden daher nur kurz behandelt. Der Lias ist südlich des Kunkelspasses nirgends aufgeschlossen. K. TOLWINSKI (1910) fand in der Kreuzbachschlucht (ca. 1 km nordwestlich von Vättis) eine 2 m mächtige glaukonithaltige Echinodermenbreccie und darüber 6–7 m Opalinusschiefer. Diese obersten Liasschichten (Toarcien) sind zum Teil auch am Nordfuss des Calanda aufgeschlossen. Gegen Westen verfolgte J. OBERHOLZER (1933) diesen Lias bis in die Gegend des Tödi.

Das Penninikum der Talenge südlich von Rhäzüns wird von W. NABHOLZ (1948a) als zur Serie der Lugnezerschiefer gehörend angesehen und deshalb mit den Tessiner Decken in Zusammenhang gebracht. H. JÄCKLI (1944) dagegen rechnete diesen Schieferkomplex als «untere basale Zone» zur Adula-Decke.

Das generelle Streichen verläuft sowohl im Penninikum als auch im Helvetikum von Südwesten gegen Nordosten. Das generelle Fallen ist gegen Süden gerichtet, wird aber durch vorhandene Falten örtlich stark beeinflusst.

DAS ANSTEHENDE HELVETIKUM

Bevor wir die Trümmerhaufen des grossen Kunkelser Bergsturzes betrachten wollen, müssen wir die Gesteine, aus denen die Hügel dieses ganzen Bergsturzgebietes bestehen, im Anstehenden genauer kennenlernen. Unmittelbar nördlich des Rheines befinden sich die parautochthonen helvetischen Schichtkomplexe des Calanda und des Ringelspitz, aus deren Gesteinen sich die Abbruchstellen aufbauen. Die folgende Tabelle zeigt zusammenfassend die stratigraphische Schichtfolge des anstehenden Helvetikums zwischen Trins und Felsberg:

MALM	Portlandien	Korallenkalk (Tithon- oder Troskalk)
	Kimmeridgien	Malmbreccie
		Oberer Quintnerkalk
	Sequanien	Mergelschicht
		Unterer Quintnerkalk
	Argovien	Oberer Schiltkalk
		Schiltschiefer
		Unterer Schiltkalk
DOGGER	Callovien	Eisenoolith (z. Teil Magnetit-Chloritschiefer)
	Bajocien	Echinodermenbreccie
	Aalénien	Eisensandstein
LIAS	fehlt vollständig, kommt erst bei Vättis vor	
TRIAS	Quartenschiefer	
	Rötidolomit	
	Melsersandstein oder unterer Quarzit	
PERM	(Verrucano)	Taminser Kristallin

Das Taminser Kristallin

Früher wurden diese Gesteine als grüne Verrucano-Quarzporphyre oder als Epidot-Chloritschiefer des Aare-Massivs bezeichnet. Nach Th. Hügi (1941, S. 110) werden sie zu den permischen Intrusiva des Tavetscher Zwischenmassivs gerechnet. Der Kristallinkomplex lässt sich gliedern in:

1. Dichte und schiefrige Melaphyre und Melaphyrmandelsteine
2. Albit-Chloritschiefer und Tuffe
3. Mehr oder weniger dichte Porphyrite

Im Dünnschliff des Porphyrites (Fig. 2) sind die für die eruptive Entstehung charakteristischen Feldspateinsprenglinge in einer quarz- und feldspatreichen Grundmasse deutlich zu sehen. Die Feldspäte sind vorwiegend Albite. Hauptgemengteile sind Plagioklas, Epidot, Chlorit und Kalzit. Bei den Tuffen kommt noch Quarz hinzu.

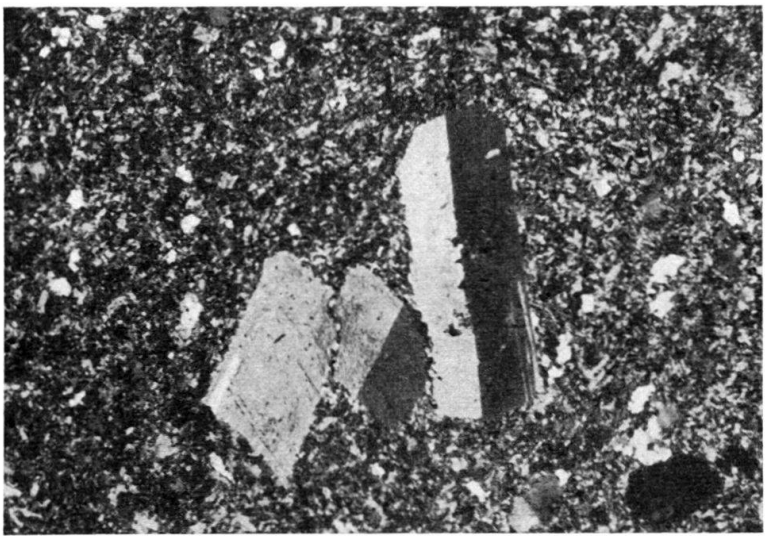


Fig. 2. Porphyrit aus dem Taminser Kristallin. Grundmasse: Feldspat, Quarz und Chlorit. Einsprenglinge: Albit-Oligoklas und Pyrit, selten auch Chlorit. Ils Aults (27 ×).

Das Taminser Kristallin erfuhr bei der alpinen Orogenese eine konstruktive Dislokationsmetamorphose (epizonal mit Anklängen an die Mesozone, Th. Hügi, 1941).

Der Albit-Chloritschiefer wird in zwei Steinbrüchen in der Nähe von Felsberg abgebaut und zur Grünfärbung künstlicher Steinplatten verwendet.

Die Trias

Die Trias beginnt mit dem «unteren Quarzsandstein», auch Melsersandstein genannt, der aus einer Wechsellagerung von grünen Chloritschiefern und weissen,

feinklastischen, detritischen Horizonten besteht (Fig. 3). Oft erscheinen diese Sandsteine als mächtige (bis zu 10 m) Schichten unter den Chloritoidschiefern.

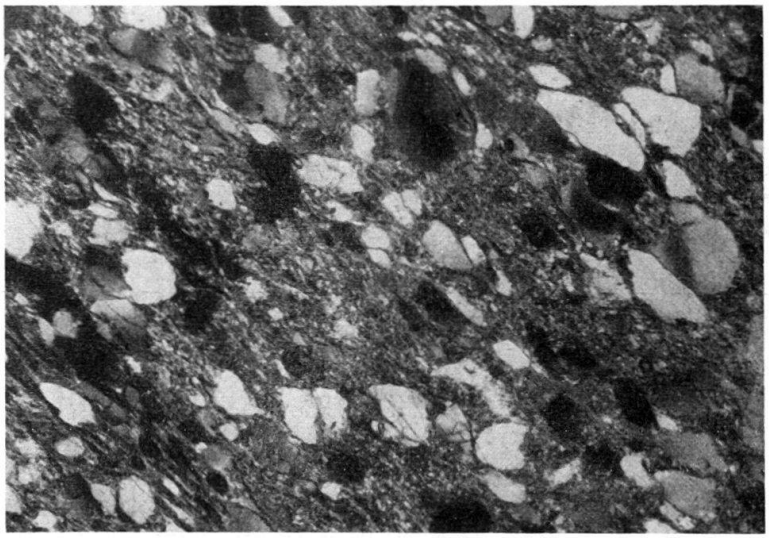


Fig. 3. Sandsteinlage im Chloritschiefer.
Quarzreiche, feldspatarme Grundmasse mit grösseren, gerundeten Quarzkörnern.
Vasortastein bei Tamins (27 ×).

Auf der Karte von H. Helbling (1948) ist eine solche Sandsteinschicht auf dem linken Vorderrheinufer gegenüber der Ruine Wackenau – 3 km westlich von Tamins – eingetragen. Figur 4 zeigt einen solchen Sandstein im Dünnschliff.

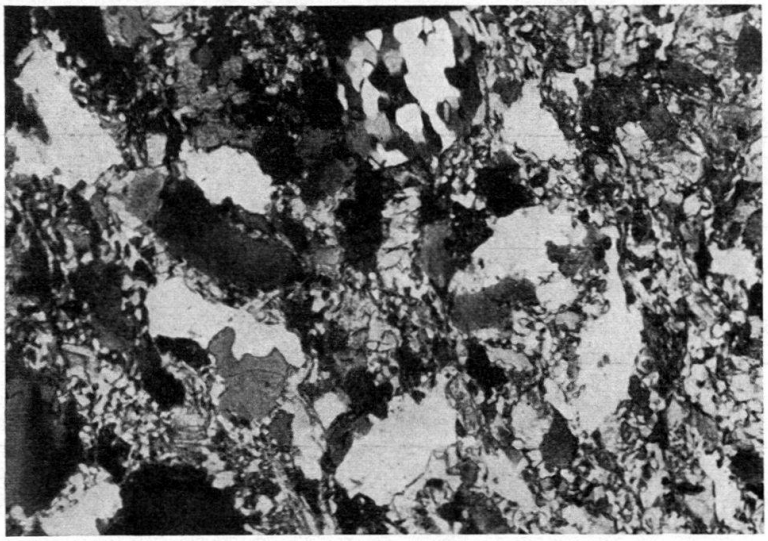


Fig. 4. Unterer Quarzsandstein.
Komponenten hauptsächlich aus Quarz, Kalzit und Chlorit bestehend.
Linkes Vorderrheinufer gegenüber Ruine Wackenau (27 ×).

Über diesen Sandsteineinlagen folgen mächtige Rötidolomite, die zum Teil massig, zum Teil auch dünngebankt ausgebildet sind. Die dünnbankigen Dolomitlagen werden häufig durch Serizithäute voneinander getrennt. Solche serizitische Dolomite kommen bei Vasorta, ungefähr 2 km westlich von Tamins vor.

Die obersten Schichten der Trias werden von den hellgrünen bis schwarzvioletten Quartenschiefern gebildet. Die hellgrünen Quartenschiefer sind bei Tamins als metamorphe Chloritoidschiefer ausgebildet (Fig. 5).

Fig. 5. Metamorpher Chloritoidschiefer (= Quartenschiefer).
Grundmasse = Chlorit und Quarz, darin schöne Chloritoidbüschel.
Undrau Südsporn (27 ×).

Sie sind oft schwer von den Chloritoidschiefern der unteren Trias zu unterscheiden. Auffallend ist, dass die letzteren nur als dünne Zwischenlagen in den Sandsteinen auftreten, die echten Quartenschiefer hingegen oft eine grössere Mächtigkeit, bis zu 5 m, erreichen können. In diesen Quartenschiefern treten

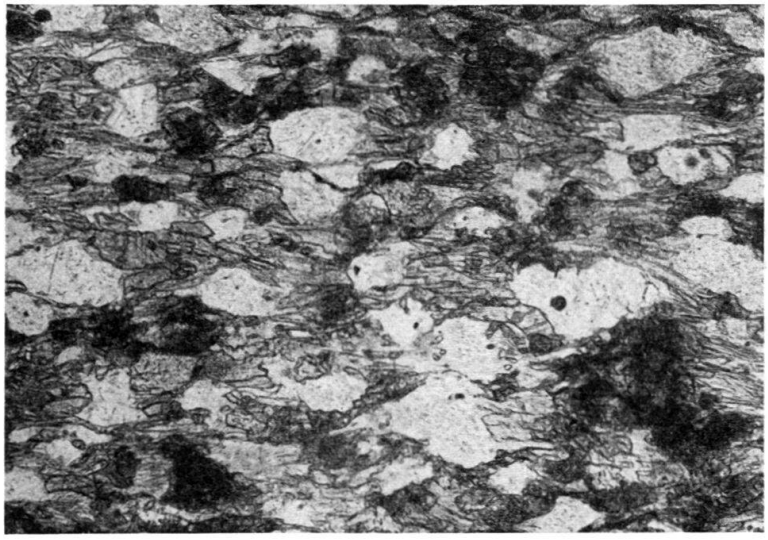


Fig. 6. Sandsteinlage im Quartenschiefer. Komponenten: Quarz, Kalzit und Muskowit.
Undrau Nordsporn (27 ×).

gelegentlich auch dünne Sandsteineinlagen auf. Dies erschwert die Unterscheidung der beiden Schieferarten noch mehr. Figur 6 zeigt eine schiefrige Sandsteinlage im Quartenschiefer.

Der Lias

Der Lias fehlt in diesem Gebiet vollständig und tritt erst im Kreuzbachtobel (Chrüzbachtobel), ungefähr 300 m nördlich von Vättis, als echinodermischer, Dolomitbrocken führender, fossilreicher Glaukonitkalk auf (BLUMENTHAL, 1911, S. 13). Die gesamte Mächtigkeit beträgt dort an die 9 m.

Der Dogger

Konkordant über den Quartenschiefern folgen die Opalinustone des Aalénien, auch Opalinusschiefer genannt. Es sind dies stark gequetschte, rostige, schwarze Schiefer (Fig. 7).

Fig. 7. Schwarzer Opalinuston. Quarzreiche Grundmasse mit schwarzen und braunen Pigmentstreifen. Etwas Pyrit und Glimmer vorhanden. Südseite des Malmspornes bei Rhäzüns. (8 ×).

Der obere Teil des Aalénien ist als rostiger Eisensandstein ausgebildet. Er ist an seiner rostigen Farbe oft schon von weitem gut erkennbar. Diese Eisensandsteine können oft stark verkieselt sein und sind dann äusserst hart (Fig. 8).

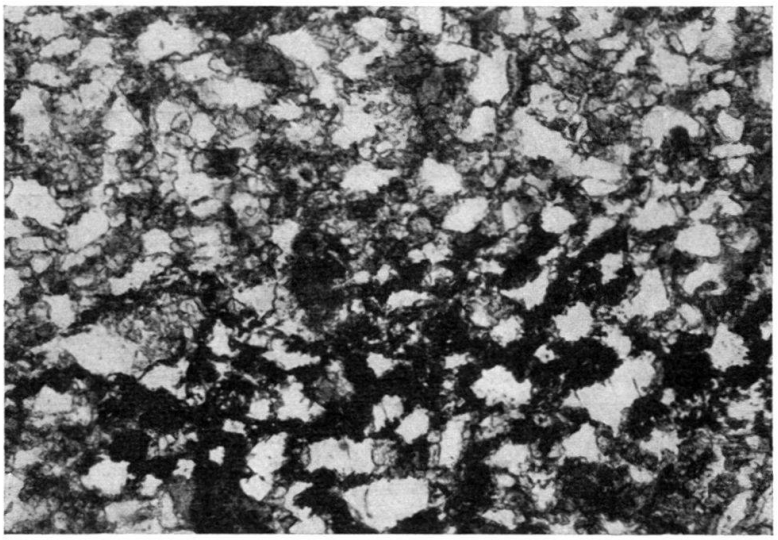


Fig. 8. Eisensandstein des Aalénien. Hell = Quarz und Kalzit. Dunkel = rostiges Pigment. Ils Aults Westseite (27 ×).

Die Sandsteine des Aalénien gehen allmählich in die Echinodermenbreccie des Bajocien über. Dieser Übergang wird durch das Auftreten von Fossiltrümmern im Sandstein eingeleitet und endet in einem fossilreichen und quarzarmen Kalkstein (Fig. 9 und 10).

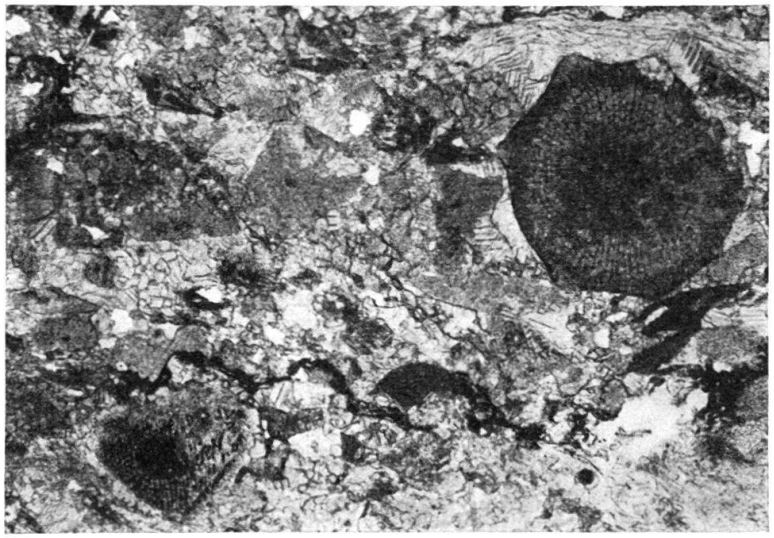


Fig. 9. Übergang von Eisensandstein in Echinodermenbreccie. Grundmasse = Kalzit mit sehr wenig Quarz. Organische Reste = Crinoidenstielglieder und Korallenbruchstücke. Doggerscholle im Schotter bei Rhäzüns (27 ×).

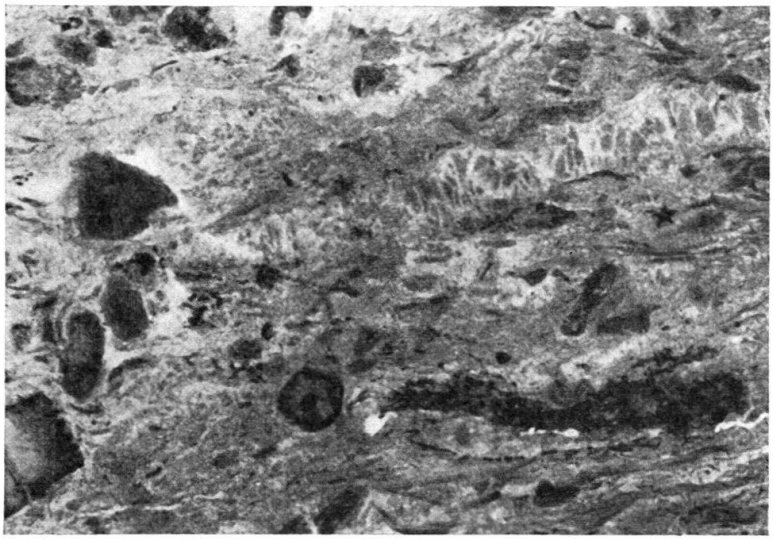


Fig. 10. Quarzarme, fossilreiche Echinodermenbreccie. Fossilien = Crinoidenstielglieder und Korallentrümmer. Bleiswald (27 ×).

Den Abschluss der Dogger-Schichtfolge bilden die Eisenoolithe des Callovien. Diese grünen oder rostigbraunen Oolithe (Fig. 11) können durch die alpine Metamorphose in Magnetit-Chloritschiefer umgewandelt sein (Fig. 12).

Der Malm

Der Malm folgt konkordant über dem Dogger. Er beginnt mit den Schiltschichten des Argovien. Die Schiltschichten können gegliedert werden in unteren

Schiltkalk, Schiltschiefer und oberen Schiltkalk. Oft ist diese Dreiteilung aber durch tektonische Beanspruchung (Clivage) verwischt, so dass wir einen Kalk mit Mergeleinlagerungen vor uns haben. Häufig werden in den Argovienschichten Belemniten gefunden (Fig. 13). Der Schiltkalk ist meistens grau bis grau-blau mit gelben Flecken.

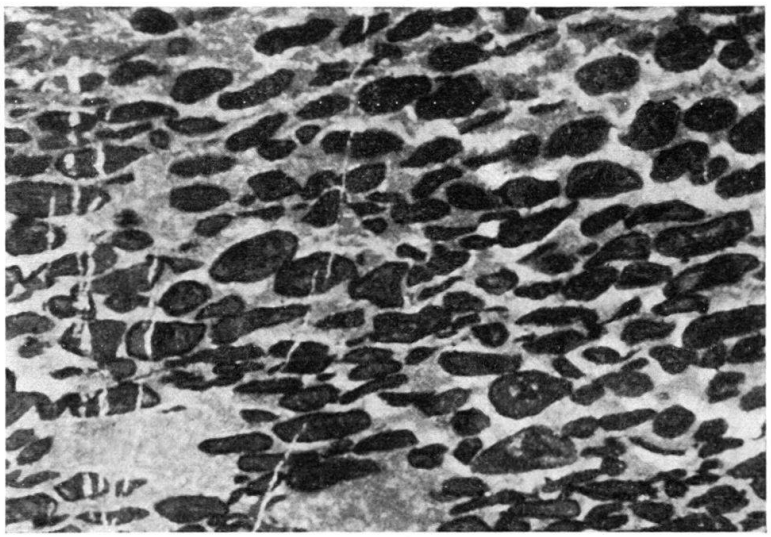


Fig. 11. Eisenoolith des Callovien. Die Ooide (grün mit braunem Rand) sind in einer fast nur aus Kalzit bestehender Grundmasse eingebettet.
Isla bei Bonaduz (8×).

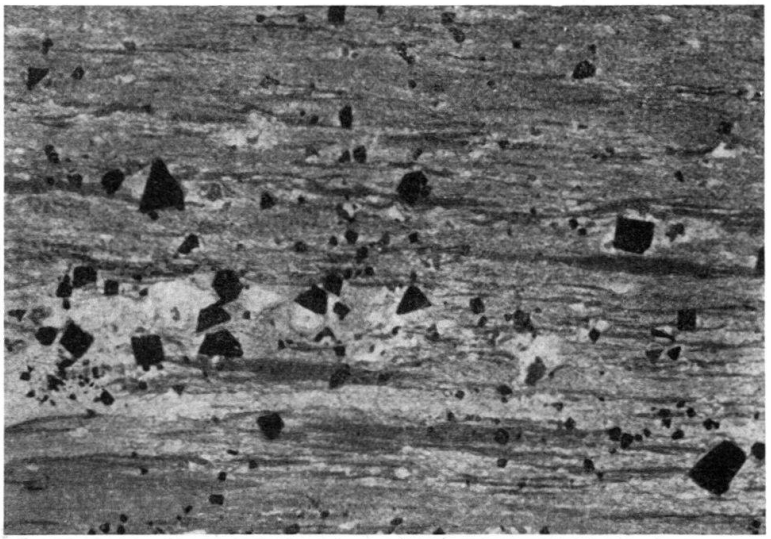


Fig. 12. Magnetit-Chloritschiefer = metamorpher Eisenoolith des Callovien. Die Magnetitkriställchen liegen in einer sehr quarzarmen Kalzitgrundmasse. Der Chlorit ist parallel zur Schieferung in schmalen Streifen angeordnet (Chlorit = dunkelgrau).
Undrau Nordsporn (8×).

Von den Schiltkalken nur schwer zu unterscheiden ist der darüber folgende Quintnerkalk. Sein Alter wird als Sequanien bis Kimmeridgien angegeben (J. Oberholzer, 1933). Dieser Quintnerkalk ist ein blau-graues bis schwarzes, sprödes, fossilleeres Gestein. Seine Mächtigkeit kann 600 m übersteigen. Am Ca-

landa ist der Quintnerkalk durch eine Mergelschicht in einen oberen und einen unteren Kalkkomplex getrennt. Im oberen Teil kann eine Marmorisierung durch Dislokationsmetamorphose festgestellt werden. Diese Marmore sind meistens schneeweiss (Fig. 14).

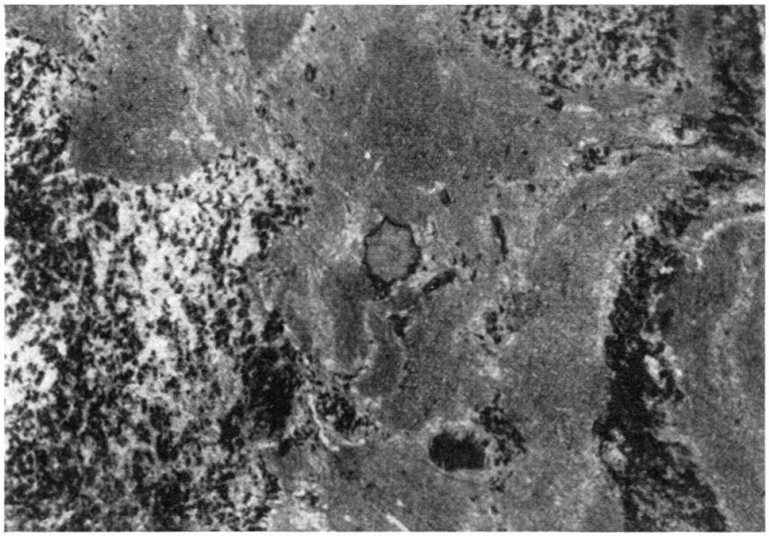


Fig. 13. Schiltkalk mit Fossiltrümmern (Crinoidenstielglieder und Korallentrümmer). Grundmasse fast nur aus Kalzit bestehend. Wenig Quarz, Pyrit und Glimmer. Im Bild ein Belemnitenquerschnitt.
Ils Aults Westseite (8 ×).

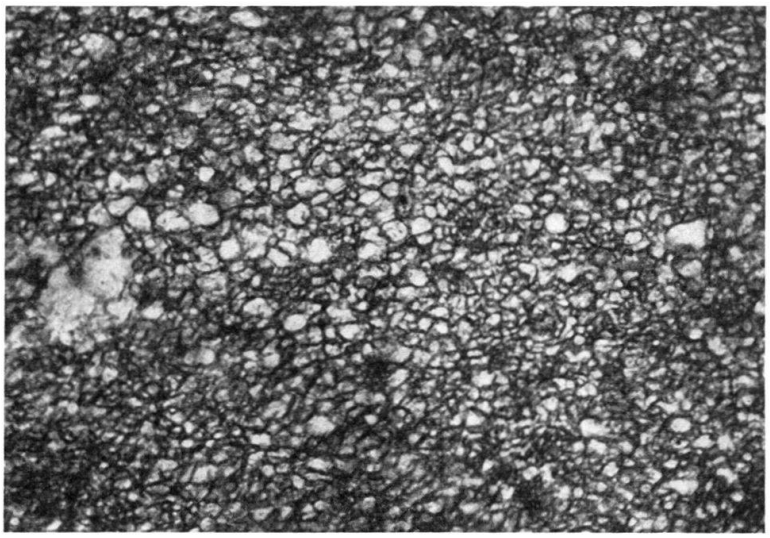
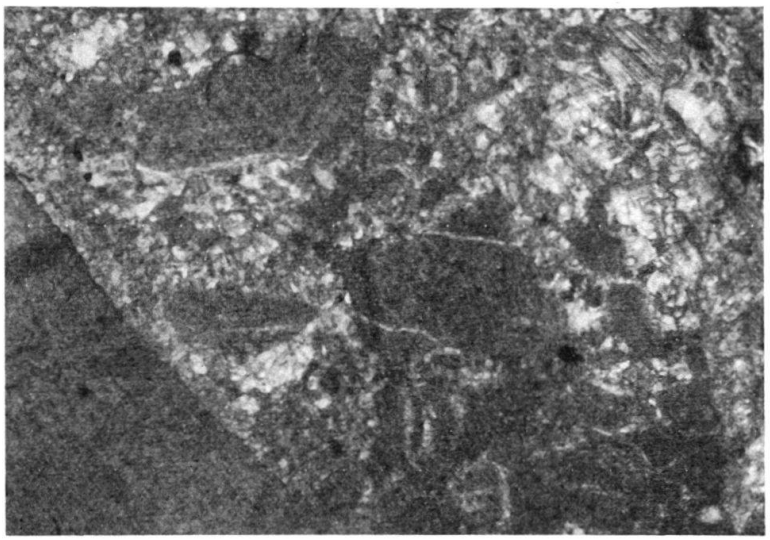


Fig. 14. Marmorisierter Quintnerkalk. Feinkörniger Kalk mit einigen grösseren Kalzitkristallen.
Ils Aults Westseite (27 ×).

Der Quintnerkalk wird vor allem in älteren Publikationen auch Hochgebirgskalk genannt.

Das obere Kimmeridgien ist im Calandagebiet in Form einer Kalkbreccie, allgemein als «Malmbreccie» bezeichnet, ausgebildet. In dieser Breccie findet man fast ausschliesslich Quintnerkalktrümmer (Fig. 15).

Den Abschluss des Malm bilden die Korallenkalke des Portlandien. Es sind dies graue, fleckige Tithonkalke, die oft recht schöne Korallensplitter enthalten (Fig. 16).



F g. 15. Malmbreccie des oberen Kimmeridgien. Die einzelnen Komponenten (dunkelgrau) bestiehen aus feinkörnigem Kalk. Zwischenmasse = grössere Kalzitkristalle und zerriebenes Kalkmaterial. Toma Patrusa bei Ems (8 ×).

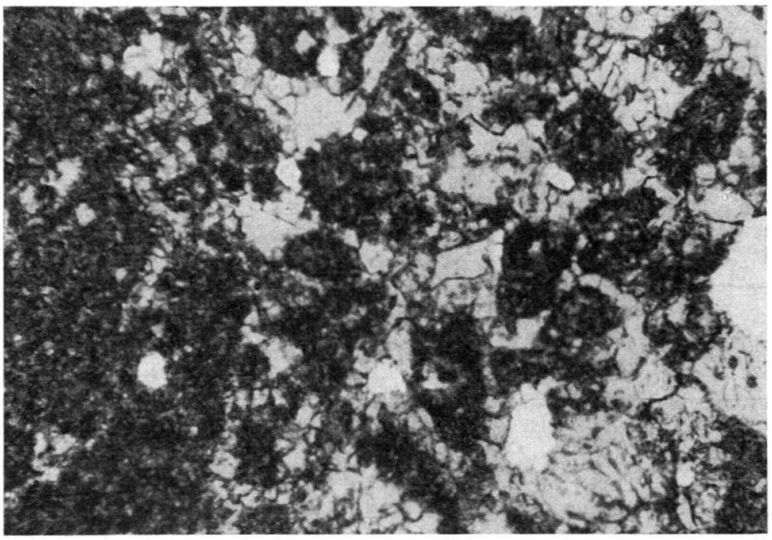


Fig. 16. Korallogener Tithonkalk. Organische Trümmer (Korallenreste) zum Teil noch gut erkennbar. Toma Patrusa bei Ems (20 ×).

Die obersten Schichten des Malm, die Zementsteinschichten, sowie die Kreide und das Tertiär mit dem Flysch sind erst weiter gegen Osten und Norden aufgeschlossen. Sie kommen weder im Abriss- noch im Ablagerungsgebiet vor und werden daher in der vorliegenden Arbeit nicht behandelt.

Die tektonischen Verhältnisse des anstehenden Helvetikums

Durch die intensive Beanspruchung während der alpinen Orogenese wurden die Gesteine des Calanda beiderseits des Kunkelspasses weitgehend tektonisiert. Brüche und Klüfte durchsetzen die mächtigen Kalkmassen, Falten und Clivage sorgen für

die weitere Auflockerung des Gesteinsverbandes. Am meisten begünstigt wird aber das Abstürzen gewaltiger Felsmassen durch das steile Einfallen der Schichtung und der Schieferung gegen das Rheintal hin. Eine weitere Beanspruchung der Gesteine dieser Gegend steht wahrscheinlich in Zusammenhang mit dem Abdrehen der Streichrichtung der Calandaketten von Ost–West gegen Südsüdwest–Nordnordost zwischen Felsberg und Haldenstein.

Alb. Heim (1891), M. Blumenthal (1912) und J. Oberholzer (1933) bearbeiteten die komplizierte Tektonik dieses Gebietes eingehend.

DAS ANSTEHENDE PENNINIKUM

Auf dem rechten Rheinufer, dem aus helvetischen Schichtgliedern aufgebauten Calanda gegenüber, erheben sich die penninischen Bündnerschieferberge der Stätzerhornkette. Diese, von H. Jäckli (1944) genau untersuchten Gesteinskomplexe bestehen vorwiegend aus Kalkschiefern, Kalkphylliten, Kalken, sowie aus geringmächtigen sandigen und tonigen Schiefern, die an manchen Stellen stark verkieselt sind. Das Alter dieser Bündnerschiefer konnte bis heute nicht eindeutig bestimmt werden. Da diese Schichten generell gegen Südosten einfallen und Südwest–Nordost streichen, werden die steilen Süd- und Osthänge zwischen Chur und Rothenbrunnen von Schichtköpfen der Bündnerschieferschichten gebildet. Durch dieses gegen den Berg gerichteten Einfallen wurde das Abrutschen grösserer Massen, dieses sonst wenig widerstandsfähigen und gleitfähigen Gesteines verhindert.

Welchen Decken diese Bündnerschieferelemente zugehören, wissen wir heute noch nicht sicher (vgl. Seite 184). Über die Tektonik des anstehenden Penninikums sei hier kurz folgendes gesagt. Die Bündnerschiefer wurden auf die Schichten des Helvetikums überschoben. Bei dieser gewaltigen tektonischen Beanspruchung wurden die relativ plastischen Kalkphyllite und Kalkschiefer intensiv gefältelt.

Die Überschiebungsfläche ist leider nirgends aufgeschlossen, so dass ihre Lage unter den Alluvionen des Rheintales nur annäherungsweise festgelegt werden kann. Ein wichtiger Unterschied zwischen Rheintal und Rhonetal liegt gerade darin, dass das Penninikum im Rhonetal auf die nördliche Talseite übergreift. Abgesehen davon hat die Grenzlage zwischen den verschieden beschaffenen helvetischen und penninischen Schichtfolgen wahrscheinlich im Westen wie im Osten dazu beigetragen, dass infolge jüngster tektonischer Vorgänge in diesem Gebiet so viele und so mächtige Bergstürze entstehen konnten (Siders, Montana, Leuk im Westen, Flims, Kunkelspass und Felsberg im Osten).

Unsere Untersuchungen der Bündnerschieferaufschlüsse an beiden Hinterrheinufern haben ergeben, dass die Gesteinsschichten der Westseite ohne irgendwelche Störungen auf die Ostseite hinüberstreichen. Unsere auf beiden Talseiten vorgenommenen Messungen, die wir in Kugelprojektion darstellten (Fig. 29) lassen dies deutlich erkennen.

DIE BERGSTURZLANDSCHAFT ZWISCHEN REICHENAU UND RODELS

Wenn man von einem hoch gelegenen Punkte aus, wie zum Beispiel vom Sessagit (1999 m ü. M.), gegen Süden schaut, so erblickt man ein typisches Bergsturz-

gebiet. Die riesigen Schuttmassen, die von Tamins bis gegen Ems im Osten und bis in das Domleschg im Süden reichen, stammen aus zwei nebeneinander gelegenen Ausbruchnischen. Die eine liegt unmittelbar unter dem Sessagit, nordnordwestlich von Tamins. Sie ist auf der Landkarte der Schweiz 1:50000, Blatt 247 «Sardona», deutlich zu sehen. Die zweite Abbruchstelle ist der Felsenzirkus zwischen Foppastein-Silberegg und Goldene Sonne, unter dem Taminser Älpli (Fig. 17).

Foto J. Cadisch

Fig. 17. Die Abrissnischen nördlich Tamins.
Im Vordergrund die Sturzmassen von Schloss Rhäzüns bis St. Georg.

Die Sturzbahnen liegen bei Tamins im Schwarzwald, bei Silberegg an den steilen Hängen des Bleiswaldes. Heute sind die Sturzbahnen von Tannenwäldern bewachsen und nur die Morphologie, sowie die einzelnen Riesenblöcke zeugen von der bewegten Vergangenheit dieser steilen Borde. Die Trümmerablagerungen beginnen unmittelbar unter den Felswänden der beiden Ausbruchnischen. Sie erreichen ihre grösste Mächtigkeit bei Girsch-Rascheu (nördlich Tamins) und auf Ils Aults (südlich Reichenau). Tektonisch gesehen liegt das Abrissgebiet im Bereiche der grossen Taminser Falte, die früher wahrscheinlich mit der Falte an der Goldenen Sonne direkt in Verbindung stand. Dieses Verbindungsstück ist beim Bergsturz abgebrochen, so dass wir heute zwei durch den Einschnitt des Kunkelspasses voneinander getrennte Kettenglieder vor uns haben. Wie hoch dieses Verbindungsstück einst gewesen war, kann heute ebenso wenig bestimmt werden, wie das Volumen der abgestürzten Masse.

Die senkrechte Felswand bei der Goldenen Sonne liegt im Bereiche der grossen Falte. Hier sind Taminser Kristallin, Trias, Dogger und Malm aufgeschlossen. Die steile Flanke des Sessagit besteht ausschliesslich aus Malmkalk. Erst weiter im

Westen, in der Taminser Falte kommen Dogger, Trias und Taminser Kristallin wieder vor.

Die tektonischen Verhältnisse dieses Gebietes sind bis heute noch nicht völlig geklärt worden. Eine geologische Neukartierung der Umgebung von Tamins wäre daher erwünscht.

Die Bergsturzablagerungen zwischen den Ausbruchnischen und Reichenau

Die den Abrissnischen zunächst gelegenen Bergsturzablagerungen bestehen aus Malmtrümmern. Die Blöcke sind hier meistens von der Vegetation überwachsen, weshalb ihre Grösse nur geschätzt werden kann. Auf den steilen Sturzbahnen bleibt die Blockgrösse beschränkt und ist nie grösser als ungefähr 2½ bis 3 m³. Die ersten Riesenblöcke, mehrere Tausend Kubikmeter gross, liegen südlich Benisboden am Fussweg Tamins–Pradamal. Diese, Anstehendes vortäuschenden Aufschlüsse, zeigen stark zertrümmerten Triasdolomit, Dogger-Echinodermenbreccie und Schiltkalk. Die älteren Autoren, Chr. Piperoff (1897), M. Blumenthal (1912) und J. Oberholzer (1933) haben an diesen Stellen anstehenden Fels kartiert und mussten daher mit einer tektonischen Komplikation rechnen. In der Karte von H. Helbling (1948) werden diese Blöcke erstmals als abgesackt angegeben. R. Gsell (1918) verzeichnet an dieser Stelle einen Schwarm von Rötidolomitblöcken. Von der Linie Girsch–Rascheu–Pradamal gegen Westen und Südwesten werden die Bergsturztrümmer von einer dünnen Moränenschicht überdeckt. Zwischen Tamins und Reichenau ist vom Bergsturz infolge Überdeckung mit Schotter und Vegetation nichts mehr zu sehen. Erst beim Schloss Reichenau sind die riesigen Malmblöcke des Hinterrheinufers durch den Rheineinschnitt wieder schön aufgeschlossen.

Von Reichenau gegen Süden wird die Bergsturzlandschaft durch den Hinterrhein in einen westlichen und einen östlichen Teil gegliedert.

Die Aufschlüsse westlich des Hinterrheins

Der Sporn von Isla

Der erste Aufschluss südlich der Eisenbahnbrücke von Reichenau ist der Sporn von Isla bei Bonaduz (P. 649). Diese in der Literatur so häufig erwähnte Stelle zeigt eine normale und eine verkehrte Schichtserie des Dogger und des unteren Malm (Fig. 18). Auf den ersten Blick scheint diese ungefähr zehn Meter hohe Felswand anstehend, doch fällt die starke Zerklüftung und Zersplitterung des Gesteins bei näherer Betrachtung sofort auf. Es ist schwer, ein einigermassen grosses Handstück aus diesen Schichten herauszuschlagen. Sogar die Echinodermenbreccie, die sonst nur wenig zerstört wird, ist hier in kleine eckige Trümmer aufgesplittert. Noch merkwürdiger ist die Lagerungsweise dieser Schichten. Die Schichtlage weicht von der üblichen aarmassivischen Richtung so stark ab, dass man an der Richtigkeit der Messungen zweifelt. Schon P. Arbenz & W. Staub (1910) haben Werte wie N 40° E für das Streichen und 10° gegen NW (!) für das Fallen festgestellt. Leider ist dieser Sporn der Erosion stark ausgesetzt, und so zeigt die Oberfläche schon nach kürzester Zeit ein anderes Bild. Aus diesem Grunde konnte die

Stelle, an der die früheren Messungen vorgenommen wurden, nicht mehr gefunden werden. Die im Sommer 1956 gemessenen Werte sind: Streichen N 0° E bis N 10° E und Fallen 20° bis 25° W, was eine noch stärkere Abweichung von der normalen Richtung bedeutet.

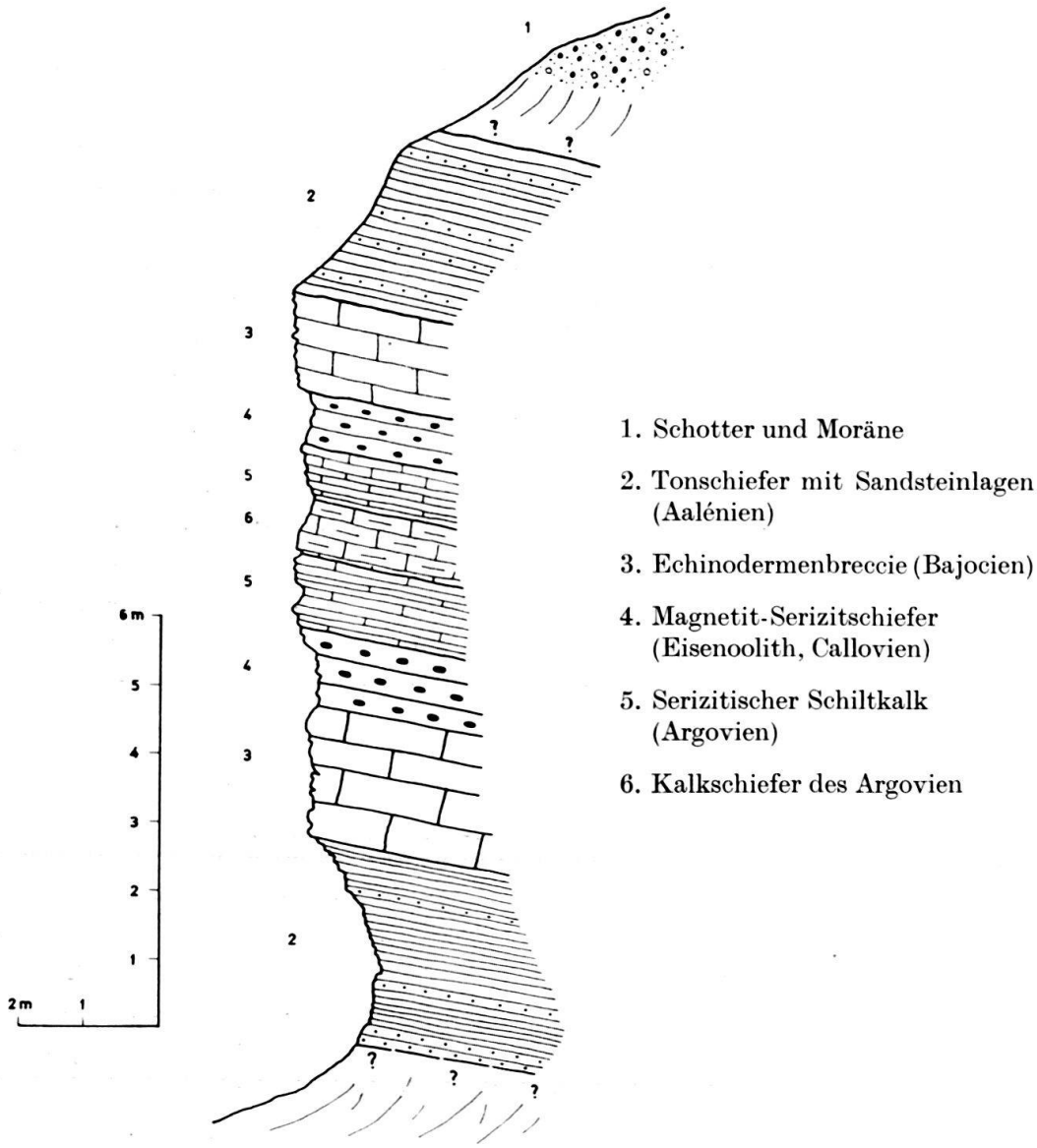


Fig. 18. Profil des Spornes von Isla.

Auf der Ostseite des Spornes fehlt der Malm und wir sehen nur noch Doggerschichten ohne stratigraphische Reihenfolge übereinandergelagert. Von einer «vollständig nach Süden übergelegten Mulde von Dogger mit einem Malmkern», wie sie von P. Arbenz und W. Staub angenommen wurde, kann hier nicht die Rede sein, da im Osten des Aufschlusses ein vollkommenes Chaos herrscht. Das Gestein ist hier eine Bergsturzbreccie mit Schlagpulver und eingeschwemmtem Material. Vollkommen regellos sind auch die Klüfte, die das Gestein durchsetzen; eine einheitliche Richtung kann nicht festgestellt werden.

Der Hügel Plazzas

Noch deutlicher wird der Trümmercharakter am Hügel Plazzas (P. 681) östlich von Bonaduz. Diese Anhöhe besteht, soweit die Aufschlüsse zeigen, nur aus grünem Taminser Kristallin. Das Material dieses Kristallins ist ein grüner Quarzporphyr, der sich im Lavoytobel westlich Tamins anstehend vorfindet. Die einzelnen Trümmer, deren Ausmasse in einem Aufschluss auf der Nordseite des Spornes gut feststellbar sind, haben Grössen bis zu drei Kubikmetern. Einige grössere Blöcke weisen Schlagspuren sowie Schrammen und Kratzer auf. Zwischen den groben Blöcken liegt feineres Material, oft sogar noch Schlagpulver. Dieser Trümmercharakter kann auch in den Aufschlüssen an der Ost- und Südseite des Hügels festgestellt werden. Dass es sich hier um die anstehende, normale Unterlage der Trias und des Dogger von Isla und Sankt Georg handelt, wie dies P. Arbenz & W. Staub 1910 behauptet haben, muss verneint werden. Es wäre ein unvorstellbarer Zufall gewesen, wenn während des Sturzes die Kristallingerölle ausgerechnet auf einem aus dem gleichen Kristallin bestehenden Hügel abgelagert worden wären. Streichen und Fallen kann man in diesen Aufschlüssen nicht messen. Oft variieren die Richtungen schon auf kürzeste Distanz bis 90 Grad. Nur auf der Nordseite befindet sich ein Aufschluss, in welchem auf eine Distanz von annähernd zehn Metern ein einheitliches Fallen von 45° bis 50° gegen Westnordwest gemessen werden konnte. Dies beweist aber noch lange nicht, dass diese Partie des Hügels aus anstehendem Fels besteht. Viel eher muss man hier an einen grösseren Block im Bergsturz denken, der auf das südlich angrenzende feinere Material abgelagert wurde. Das Fallen in diesem Aufschluss steht übrigens in keiner Beziehung zur üblichen aarmassivischen Lagerung.

Das kleine Felsbord zwischen Plazzas und Sankt Georg

Durchqueren wir die etwa 200 m breite Bucht südlich Plazzas, so gelangen wir zu einem steilen Schuttkegel, dessen Material von senkrechten Schotterwänden herstammt. Diese Geröllhalde ist mit dichtem Unterholz bewachsen, das ein gutes Versteck für Rehe und Hirsche bietet. Das erste Vorkommen von helvetischem Material folgt erst 35 bis 40 m weiter im Süden. Hier liegen Dogger-Eisensandsteine und schwarze Opalinustone in einem wirren Blockwerk. Messungen des Schichtverlaufes an diesem, ca. 25 m über dem Hinterrheinniveau gelegenen Aufschluss waren nicht möglich. Darüber erhebt sich eine senkrechte Wand, ebenfalls aus helvetischem Gestein bestehend. Leider ist das Begehen dieses Teiles nicht möglich, weshalb nur einige Blöcke in einer Schutthalde am Fusse der Wand untersucht werden konnten. Am häufigsten ist grüner bis hell gelbgrüner Quartenschiefer vertreten. Daneben kommt auch brauner Quarzit der unteren bis mittleren Trias vor. Das Gestein des zweiten Aufschlusses gegen Süden ist ganz zerbrochen und stark mylonitisiert. Die Doggerschichten liegen hier in gleicher Höhe wie bei der ersten Fundstelle, nur sieht man hier etwa 12 m über dem Hinterrhein auch die Unterlage. Es sind dies grüne Quartenschiefer der Trias. An dieser Stelle können wir also sowohl im Liegenden als auch im Hangenden des Dogger grüne triadische Quartenschiefer finden. An einigen Stellen sind diese Schiefer violett gefärbt. All-

gemein streichen die Schichten, soweit eine Messung überhaupt möglich war, N 52° E und fallen 0° bis 6° gegen Südosten ein. Der Dogger besteht auch hier vorwiegend aus schwarzem Opalinusschiefer und Eisensandstein, doch wird er gegen unten durch spröde, stark zertrümmerte Echinodermenbreccien begrenzt. Um den nächsten Aufschluss zu erreichen, müssen wir eine relativ flache Schutthalde aus helvetischen Trümmern überqueren. Von solchen sind hauptsächlich vorhanden Eisensandstein und Tonschiefer des unteren Dogger, sowie Quartenschiefer und brauner Quarzit. Im Süden dieser Schutthalde tauchen neuerdings Doggerschichten auf. Sie verschwinden in der grossen Bucht zwischen dem «kleinen Felsbord» und Sankt Georg unter mächtigen Schotterablagerunegn. Diese Schotter überdecken auch die helvetischen Reste der vorhin beschriebenen Aufschlüsse.

Der Sankt Georgshügel

Der nächste grosse Aufschluss von helvetischem Material ist der Sankt Georgshügel (San Gieri, P. 688) nordöstlich von Rhäzüns. Hier haben wir zum erstenmal einen Aufschluss vor uns, der einigermassen an Anstehendes erinnert, aber nach unseren Befunden als Bergsturzablagerung angesehen werden muss. Nach den mächtigen Schotterablagerungen in der Bucht zwischen dem «kleinen Felsbord» und dem Sankt Georgshügel erblicken wir in etwa 10 bis 12 m Höhe über dem Hinterrhein einen kleinen Aufschluss von horizontal liegenden Eisensandsteinen vermischt mit Quartenschiefer. 5 m über diesem Aufschluss stehen Opalinustone und Eisensandstein, in wirre Blöcke aufgelöst, an. Da die einzelnen Brocken alle möglichen Lagen einehmen, wurde auf Schichtmessungen verzichtet. Ein guter Aufschluss befindet sich 15 m weiter im Süden, ganz unten am Hinterrheinufer. Hier stehen hellgraue, violette bis schwarze Quartenschiefer in gut messbaren Schichten an. Die Messungen ergaben folgende, stark divergierende Werte: Streichen N 34° W, Fallen 28° SSW. An der gleichen Stelle wurde unter dem Quartenschiefer Echinodermenbreccie des Dogger gefunden. 20 m weiter gegen Süden und 5 m über dem Rheinufer folgen steil aufgerichtete Opalinustone, die schon P. Arbenz & W. Staub (1910) beschrieben haben. Diese Schichten streichen N 25° E und fallen 75° gegen Osten ein, das heisst völlig anders als die Quartenschiefer. Sie sind vielfach verbogen und weisen eine wellige Oberfläche auf. Anschliessend folgen im Süden Quartenschiefer mit Sandsteineinlagerungen. Hier massen wir N 44° bis 50° W für das Streichen und 40° gegen Südwesten für das Fallen. Von dieser Stelle an bedecken Vegetation und Schutt auf eine Strecke von annähernd 40 bis 50 m die Ostflanken des Sankt Georgshügels, so dass wir keine Aufschlüsse finden konnten. Nach diesem Unterbruch folgt ein schöner Aufschluss unnittelbar am Hinterrhein, der bei normalem Wasserstand fast ganz unter Wasser liegt. Grüne und violette Quartenschiefer sind hier auf eine Distanz von rund 30 m sichtbar. Die Schichtung verläuft parallel dem Hinterrhein. Sie streicht N 50° E und fällt 85° bis senkrecht gegen Nordwesten. Über diesen senkrecht aufgestellten Quartenschiefern liegt ein zweiter, guter Aufschluss. Die Aufnahmen zeigen folgendes Profil (von oben nach unten):

Quartenschiefer mit Sandsteineinlagerungen, 2 m
Streichen N 40° W, Fallen 43° SSW.

Dogger–Opalinuston, 3 m
Streichen N 58° W, Fallen 34° SSW.

Quartenschiefer–obere Trias, 3,5–4 m
Streichen N 58° W, Fallen 34° SSW.

Dogger–Opalinuston, 5 m aufgeschlossen
Streichen N 0°–4° E (Umbiegung), Fallen 74° E.

Unten am Rhein folgen dann die senkrecht aufgestellten Quartenschiefer. 10 m weiter flussaufwärts liegt ein ähnlicher, 6 bis 7 m hoher Quartenschieferaufschluss. Die hellgrün bis gelbgrünen und violetten Schiefer zeigen schöne Schichtung, die N 58° W streicht und 34° gegen SSW fällt. Gut beobachtbar sind an dieser Stelle einige Brüche, an deren Rändern die Schiefer mylonitisiert wurden. Merkwürdig ist die Zwischenlagerung von schwarzem Opalinuston zwischen den hellgrünen Quartenschiefern und den rostigroten Sandsteinlagen der oberen Trias. Diese Doggerlagen verlaufen konkordant zu den triadischen Schichten. Der grosse Aufschluss wird im Süden durch einen tiefen Einschnitt, der mit Trümmern von Triasschichten aufgefüllt und von Sträuchern überwachsen ist, abgegrenzt. Nach dieser annähernd 20 m breiten Schuttrinne tauchen Sandsteine mit roten Feldspäten auf. Am Anfang sind die Schichten unzusammenhängend und in einzelnen Blöcken aufgesplittert. Nach 7 m folgen dann zusammenhängende Schichtpakete, die N 10° W streichen und 88° bis 90° gegen Westen einfallen. Die gesamte Mächtigkeit beträgt an dieser Stelle 10 bis 15 m. Anschliessend an die Sandsteine treten triadische Dolomitbreccien mit sandiger Grundmasse auf. Der ganze Aufschluss ist ein, in den Hinterrhein 10 m hinausragender Sporn, aufgebaut aus grossen Blöcken. Der sichtbare Schichtverlauf streicht wie bei den Sandsteinen N 10° W und fällt senkrecht zum Rhein hinunter. Eine ähnliche Dolomitbreccie mit Sandsteingrundmasse ist bei Pradamal und am Nordsporn von Undrau aufgeschlossen. Auffallend ist, dass auch diese beiden Aufschlüsse sicher nicht anstehend sind. Im Anstehenden konnte die Dolomitbreccie bis jetzt noch nirgends aufgefunden werden. Nach einem ca. 7 m breiten, mit Schutt und Vegetation aufgefüllten Einschnitt gelangen wir zum letzten Aufschluss des Sankt Georgshügels am Hinterrheinufer. Dieser zeigt gut geschichtete Opalinustone und Eisensandsteine des unteren Dogger. An den Tonschiefern konnten an mehreren Stellen schöne Rutschharnische festgestellt werden. Das Streichen ist nach N 4° bis 5° W, das Fallen 74° nach Osten gerichtet. Verlassen wir den Hinterrhein und gehen 20 m gegen Westen, so finden wir noch einen schönen Aufschluss im Unterholz versteckt. Auch hier sind nur die Doggerschichten, Opalinuston und Eisensandstein vorhanden. Die Oberfläche der Tonschiefer ist durch vielfache Biegung oft wellig. Diese Bewegungen konnten die spröden Eisensandsteine nicht mitmachen, so dass an manchen Stellen der Aufschluss aus groben Blöcken aufgebaut wird. Die Messungen ergaben aus diesem Grunde sehr verschiedene Resultate. Schliesslich liegen auf der Südseite des Hügels wiederum mächtige Schotterablagerungen, die an mehreren Stellen tiefe Erosionsfurchen aufweisen.

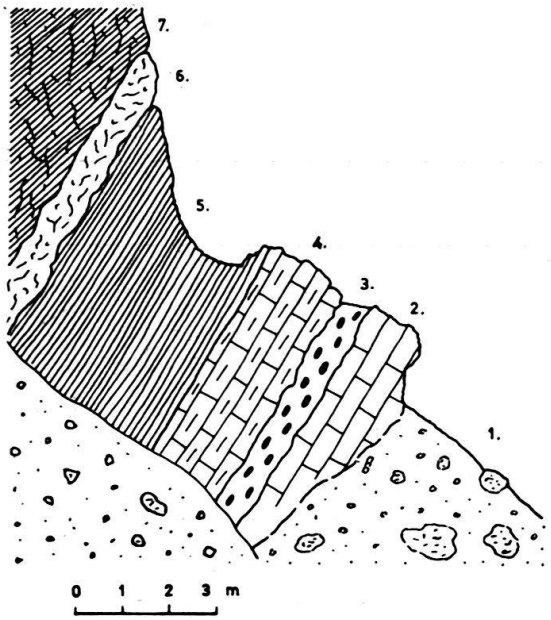
Einige schöne Aufschlüsse liegen noch oben auf dem Fusswege zur Kapelle. Hier sind ausschliesslich Dogger-Tonschiefer und Eisensandsteine aufgeschlossen. Die Frage, ob auch violette bis schwarze Quartenschiefer an diesen Aufschlüssen beteiligt sind, kann mit einiger Sicherheit verneint werden. Die Schichtmessungen

ergaben folgende Werte: Streichen N 47° E und N 48° E, Fallen 44° gegen Südosten. Ein weiterer schöner Aufschluss liegt auf der Südwestseite des Hügels, im dichten Unterholz. An dieser Stelle konnten ausser Opalinuston und Eisensandstein keine anderen Gesteinsarten festgestellt werden. Die Schichten streichen hier N 62° E und fallen 37° Südost.

Zusammenfassend können wir vom Sankt Georgshügel folgendes sagen. Der ganze Hügel besteht hauptsächlich aus dem unteren Dogger (Opalinusschiefer und Murchisonaeschichten) mit häufig eingeschalteten Eisensandsteinbänken. Die Trias kommt nur am Hinterrheinufer in einem langgezogenen Aufschluss vor. Die Grenze zwischen Trias und Dogger ist eine scharfe, sie zeigt eine gewisse Diskordanz. P. Arbenz & W. Staub konstruierten (1910) an dieser Stelle eine Überschiebung, die aber nirgends nachgewiesen werden kann. Die genauen Schichtmessungen ergaben, dass der Hügel aus verschieden gerichteten Schichtkomplexen besteht. Es muss sich um einen Teil einer ausgedehnten Bergsturzmasse handeln, deren riesige Blöcke nicht gleichorientiert zum Stillstand kamen, sondern beliebig nebeneinander liegen blieben oder aufeinandergetürmt wurden. Die scheinbare Diskordanz am Hinterrheinufer, wo P. Arbenz & W. Staub eine Überschiebung annahmen, um diese Lagerung zu erklären, ist nichts anderes als ein Kontakt zwischen einem Dogger- und einem Triasblock.

Der Malmsporn bei Rhäzüns

Der nächste Sporn am Hinterrhein stellt das schönste Vorkommen helvetischen Materiales dar. Da die Felswände nicht bis auf die Höhe des Plateaus von Bonaduz–Rhäzüns reichen, wird hier die Ebene nicht mehr durch einen Hügel unterbrochen. Das Volk kennt für diesen Sporn keinen besonderen Namen. Wir wollen daher die Bezeichnung von P. Arbenz & W. Staub (1910) «Der Malmsporn bei Rhäzüns» für diese Stelle beibehalten. Die senkrecht zum Hinterrhein abfallenden Felswände zeigen eine schöne Muldenbiegung im Schiltkalk und anschliessend



1. Schutt mit Eisensandsteinblöcken
2. Echinodermenbreccie, 1,3 m aufgeschlossen
3. Magnetit-Chloritschiefer, 0,72 m
4. Schiltkalk, 1,85 m
5. Schiltschiefer, 4 m
6. Kalzit-Quarzgang, 0,7 m
7. Grösstenteils zerbrochener und mylonitisierter Kalkschiefer (Argovien) Mächtigkeit unsicher, ca. 70 m aufgeschlossen

Fig. 19. Profil der Nordseite des Malmspornes.

intensiven Faltenwurf im Dogger. Der ganze Sporn besteht hauptsächlich aus marmorisiertem Schiltkalk und aus Argovienschiefer (= Schiltschiefer). Der Dogger kommt an beiden Enden des Aufschlusses in bedeutender Mächtigkeit vor.

Da sich der Hinterrhein beim letzten Hochwasser ein neues Bett geschaffen hat, konnte nicht nur die Nordseite, wo P. ARBENZ & W. STAUB (1910) ein Profil aufgenommen haben, sondern auch die Südseite genau untersucht werden.

200 m südlich des letzten Aufschlusses beim Sankt Georgshügel treffen wir neuerdings auf gut aufgeschlossene helvetische Gesteine. Profil Figur 19 zeigt die diesen Aufschluss aufbauenden Schichten.

Die von P. ARBENZ & W. STAUB gefundenen Dogger-Eisensandsteine und schwarzen Tonschiefer konnten nur in der Schutthalde nördlich der anstehenden Echinodermenbreccie festgestellt werden. Das Streichen der Schichten im obigen kurzen Profil ist N 12° W gerichtet. Das Fallen wechselt von 63° Westsüdwest bei den Schichten 2. und 3., gegen 58° Westsüdwest bei den Schichten 4. und 5. Bei Schicht 7. beträgt das Fallen nur noch 36° Westsüdwest. In dieser Schicht konnte auch ein Kluftsystem festgestellt werden. Sein Streichen bleibt konstant und beträgt N 80° E, das Fallen wechselt aber von 83° Südsüdost über 90° nach 86° Nordnordwest. An diesen Klüften werden die Schichten gegen einander verstellt, so dass eine staffelförmige Umbiegung entsteht (Fig. 20).

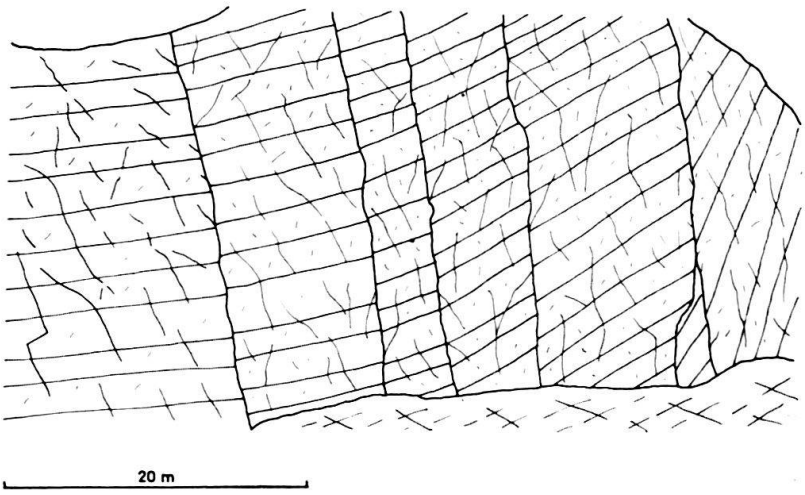


Fig. 20. Staffelförmig angeordnete Verstellung der Schichten am Malmsporn.

Die Verfolgung dieser Schichten gegen Süden wird leider von den senkrecht in den Hinterrhein abfallenden Steilwänden verunmöglicht. Erst auf der Südseite des Spornes können wir unsere Beobachtungen wieder aufnehmen. Diese Seite zeigt einen schönen Faltenwurf der Doggerschichten. In dieser beinahe 60 m hohen Felswand sind marmorisierter Schiltkalk, Magnetit-Chloritschiefer, Echinodermenbreccie und Aalénienschiefer (Opalinuston) mit Eisensandsteineinlagerungen aufgeschlossen. Die Schiltschichten streichen dabei N 22° E und fallen 40° bis 46° gegen Südosten ein. Die Lage der Falte im Aufschluss ist in Figur 21 dargestellt.

Auffallend ist bei dieser Falte, dass bei den Umbiegungen keine deutlich umlaufende Schichtung erkennbar ist. Die verschiedenen Schichten sind an diesen Stellen miteinander verzahnt. Am besten kann man die dunklen Magnetit-Chlorit-

schieferschichten verfolgen. Ihr oberster Abschluss zeigt eine deutliche Verschuppung unter einer Gleitfläche. Diese Grenze stellt wahrscheinlich die Kontaktfläche zweier aufeinanderliegender Blöcke dar.

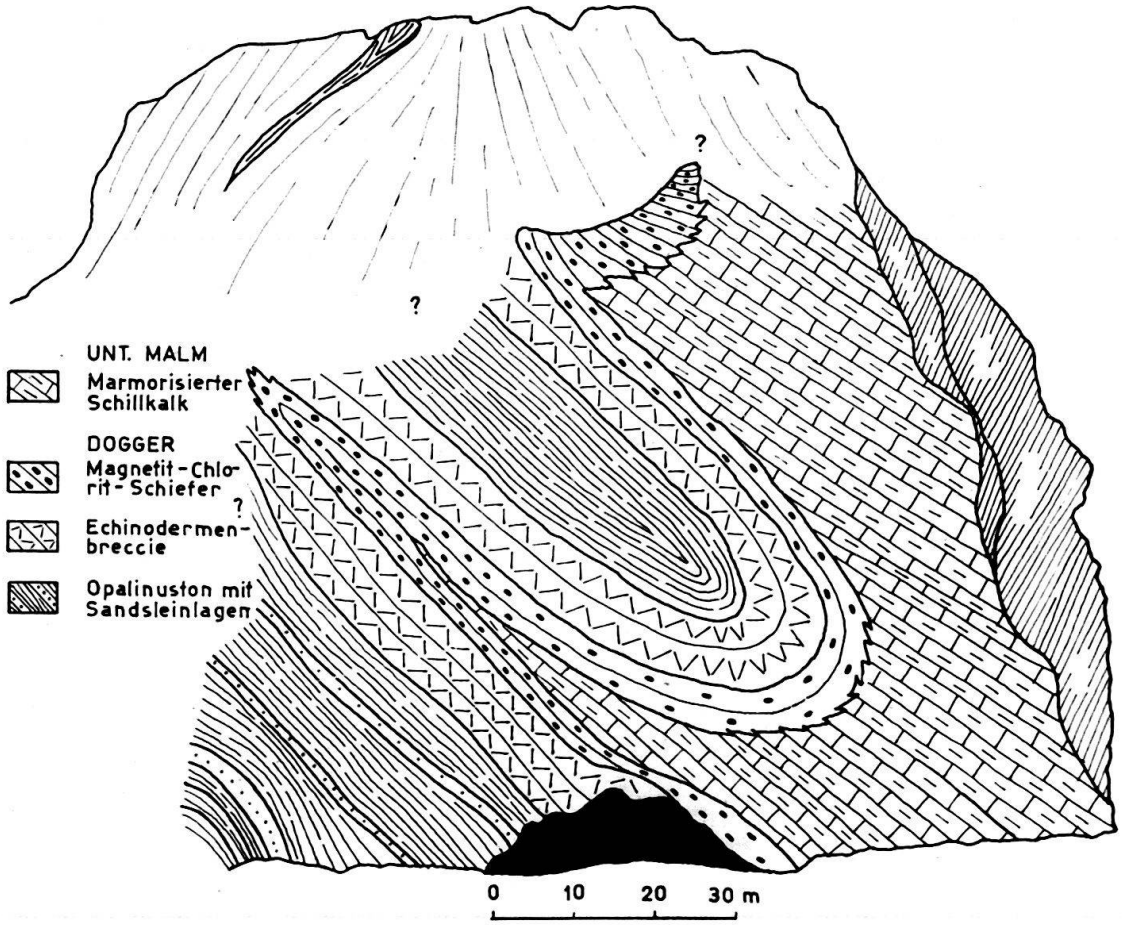


Fig. 21. Lage der Falte auf der Südseite des Malmspornes bei Rhäzüns.

Auf der Südwestseite dieses Aufschlusses treten nur noch Opalinustone mit eingeschalteten Eisensandsteineinlagen auf. Sie fallen alle mehr oder weniger steil gegen Südosten ein. Allgemein ist das Gestein am ganzen Malmsporn weniger stark zertrümmert als bei den vorhergehenden Aufschlüssen, doch weichen Streichen und Fallen noch immer stark von der normalen, aarmassivischen Richtung ab.

Die Doggerscholle zwischen Schlosshügel Rhäzüns und Malmsporn

Einen merkwürdigen Fund machte W. Nabholz (1954) auf halber Distanz zwischen dem «Malmsporn» und dem Schlosshügel von Rhäzüns. 25 m unter dem Terrassenrand von Rhäzüns und etwa 200 m nordnordöstlich vom Schlosshügel liegt mitten in der steilen Schotterwand eine linsenförmige Scholle aus helvetischem Doggereisensandstein. W. Nabholz hat 1954 eine Länge von 12 m und eine Breite von 4 m an dieser Scholle gemessen. Die heutigen Ausmasse sind etwas geringer. Im März 1957 konnten nur noch 9 m auf 3 m gemessen werden. Die Annahme

W. NABHOLZ', dass die Scholle nicht mit dem Anstehenden in Zusammenhang steht, kann auf Grund dieser raschen Abnahme an Grösse bejaht werden. Die Grenzen zwischen Schotter und Eisensandstein sind oft stark verwischt. Durch rostige Verwitterungsfarbe ist der Schotter in einem schmalen Umkreis um die Scholle rot imprägniert. W. NABHOLZ hat 1954 am seinerzeitigen Aufschluss das Fallen messen können, nämlich 50° gegen Nordnordwest. Heute kann man keine Schichtmessungen mehr vornehmen. Die Verwitterung schreitet an den Schotterwänden sehr rasch vor. Nach Angaben der Bodeneigentümer verlieren diese in regenreichen Jahren an den Kanten der Schotterwände bis zu 50 cm breite Bodenstreifen. Die Doggerscholle selbst stammt wahrscheinlich von einem der benachbarten Bergsturzhügel, vom Malmsporn oder vom Schlosshügel. Die Schotterablagerungen wurden durch den Absturz dieser Scholle in keiner Weise gestört.

Der Schlosshügel von Rhäzüns

Dieser Hügel besteht bis auf einen kleinen Teil aus Doggerschiefern mit Einlagerungen von Eisensandstein. Am Fusse der Felswand, auf der Südwesthälfte des Aufschlusses, befindet sich ein Einschluss von unterem Malm (Argovienschiefer), Eisenoolith (= Magnetit-Chloritschiefer) und Echinodermenbreccie in verkehrter Schichtlage; der Einschluss ist halbkreisförmig blossgelegt. Die Bogenform wird aber nicht durch plastische Faltung, sondern durch Versetzung entlang einer Reihe von Staffelbrüchen erzeugt. Diese Tatsache lässt die Annahme als wahrscheinlich erscheinen, nach welcher es sich hier nicht um eine Falte im Anstehenden, sondern um Blöcke, die beim Bergsturz aufeinander geprallt sind, handeln könnte. Das Gesteinsmaterial aller Schichten, vor allem aber des Doggereisensandsteines, ist stark zertrümmert und es lässt sich nur eine wahrscheinliche Schichtung erkennen. W. NABHOLZ beobachtete 1954, dass der Doggereisensand-

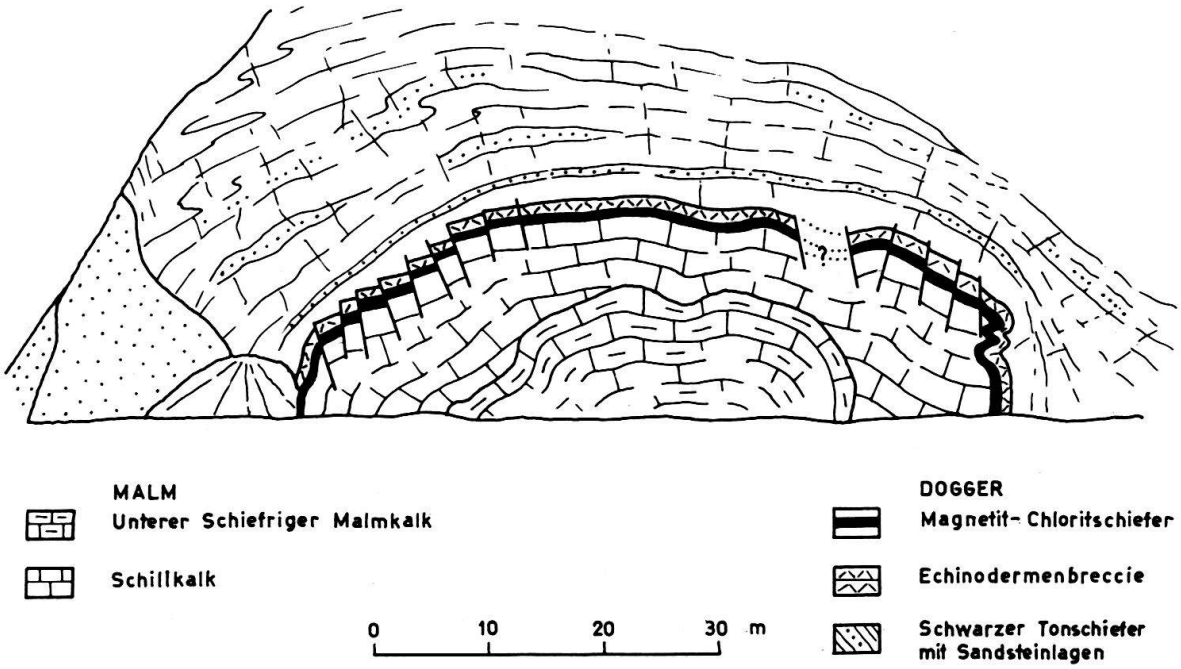


Fig. 22. Der grosse Einschluss am Fusse des Schlosshügels bei Rhäzüns.

stein 50 m über dem Rheinniveau in grobe Blöcke aufgelöst ist. Die wahrscheinliche Streichrichtung ist im Südwesten N 52° E, im Nordosten N 80° E gerichtet. P. Arbenz & W. Staub (1910) haben sogar N 100° E (= E 10° N) gemessen. Dieses Streichen steht beinahe senkrecht zum Streichen der Schichten auf dem Sporn von Isla (vgl. Seite 195). Das Fallen wechselt sehr stark, da das Gestein teilweise gefaltet ist. Die Divergenz der Lagerung schliesst auch hier das Vorliegen anstehenden helvetischen Gesteins aus. Figur 22 zeigt den grossen Malmeinschluss am Fusse des Schlosshügels.

Die Mächtigkeit der Schichten im Einschluss sind nicht konstant. Die über diesem Einschluss liegenden schwarzen Tonschiefer – Opalinustone – des unteren Doggers sind an die 60 m mächtig. Sie zeigen besonders am Südwestende zahlreiche Vitriolausblühungen, die schon Alb. Heim aufgefallen sind. An diesem Ende folgen nach dem Opalinusschiefer mächtige Schotter. Auffallend ist hier der stark überhängende Kontakt zwischen Dogger und Schotter. Der Übergang vom «Fels» in den Schotter ist ein allmählicher. Nach den normal verlaufenden Tonschieferschichten folgt eine zerquetschte Randzone, in der die einzelnen Gesteinsbrocken parallel zur Kontaktfläche abgebogen worden sind. Diese Zone kann 0,4 bis 1,0 m breit werden. Anschliessend an diese Quetschzone folgt eine graue Lehmschicht mit eingelagerten Doggerschieferbruchstücken und Geröllen des Schotters. Auch hier variiert die Mächtigkeit ziemlich stark, und zwar zwischen 8 und 35 cm. Nach dieser Lehmzone folgt die eigentliche Kontaktfläche des Doggers gegen den Schotter. Sie ist wegen ihrer rostigen Verwitterungsfarbe schon von weitem leicht erkennbar. Die Kontaktfläche streicht ungefähr N 30° W und fällt 45° NE (mündliche Mitteilung von Prof. Cadisch). Die Gerölle in der unmittelbaren Nähe des Kontaktes sind häufig mit ihrer Längsachse parallel zur Kontaktfläche angeordnet.

Das Hinterrheinufer zwischen Rhäzüns und Undrau

Von der soeben beschriebenen Stelle an sind am Hinterrheinufer etwa 130 m weit Schotter aufgeschlossen. Alsdann erscheinen gegen Südosten anstehende Bündnerschiefer, die als Kalkschiefer und Kalkphyllite mit dünnen, oft nur ½ mm dicken, schwarzen Tonschieferlagen ausgebildet sind. Die Schichtung verläuft ganz ungestört, und man kann die dünnen Tonschieferlagen oft 80 m weit, vom Hinterrheinufer bis zur Landstrasse hinauf, verfolgen. Es liegt bestimmt kein diagonal zur Schichtung angelegtes Clivage vor. Ob Schichtungsschieferung vorhanden ist, konnten wir nicht feststellen. Die Bündnerschiefer sind auf eine Distanz von annähernd 600 m am Hinterrhein, oft leider an unzugänglichen Stellen, aufgeschlossen. Sie werden im Süden, am nördlichen Ende von Undrau (auch Nundraus) von mächtigen Schottern überdeckt. Im Durchschnitt streichen die penninischen Schichten N 53° E und fallen 45° gegen Südosten. Oft sind sie stark verkieselt.

Der Nordsporn von Undrau

Nachdem man die beinahe 60 m mächtigen Schotter und ein kleines Tal, in welchem der Fussweg zur Bahnlinie hinaufführt, durchquert hat, gelangt man zum ersten helvetischen Aufschluss auf Undrau. Der ganze Nordsporn wird durch einen

mit Schotter ausgefüllten Einschnitt in zwei Teile geteilt. Auf der nördlichen Seite ist nur der untere Dogger mit Eisensandsteinen und schwarzen Tonschiefern aufgeschlossen. Diese Schichten streichen ungefähr N 48° E und fallen mit 50° bis 60° gegen Nordwesten ein. Die Mächtigkeit ist wegen der häufigen Faltung und Quetschung nur schwer zu ermitteln. Die Tonschiefer sind mehr als 25 m, die bankigen Eisensandsteine beinahe 15 m mächtig. Das Gesteinsmaterial selbst ist stark aufgelockert, aber von einer eigentlichen Blockstruktur kann man hier nicht reden. Auffallend ist, dass die spröden Eisensandsteinschichten oft beim Anschlagen mit dem Hammer in kleine Splitter zerspringen. Es müssen also wohl kleine feine Risse im Gestein vorhanden sein. Auf der südlichen Seite des vorher erwähnten Einschnittes sind zuerst in etwa 20 m Höhe über dem Hinterrhein schiefrige Sandsteine und sandige Tonschiefer aufgeschlossen. Diese Schichten gehören noch zum ersten, nördlichen Teil des Spornes. Sie sind nur in kleinen Resten vorhanden und sehr stark verwittert. Weit wichtiger sind die triadischen Quartenschiefer, die am äussersten Vorsprung, am Hinterrhein, direkt an der Strasse aufgeschlossen sind. Dieser Aufschluss zeigt eine Wechsellagerung von schiefrigen und sandigen Schichten. Die gemessenen Werte betragen für das Streichen N 47° E und für das Fallen 50° bis 60° gegen Nordwesten.

Das Gesteinsmaterial ist weitgehend mylonitisiert, so dass meistens nur kleine, ca. 5 × 5 cm grosse Brocken mit dem Hammer herausgeschlagen werden können. Vor allem sind die harten Sandsteinlagen stark zertrümmert. Die Entstehung eines solchen Mylonites haben schon P. Arbenz & W. Staub (1910) durch das Abstürzen grosser Felsmassen erklärt. Die beiden Autoren nahmen dabei einen nur ganz kurzen Transportweg an. Ihrer Meinung nach stammen diese Trümmer aus der unmittelbaren Umgebung des Nordspornes von Undrau. Gegen diese Theorie spricht die durchgehende Auflockerung und Zersplitterung aller Schichten. Bei einem kurzen Sturzweg wären die Schieferschichten nicht so stark zerstört worden, wie dies an allen Aufschlüssen des vorliegenden Spornes sichtbar ist. Wenden wir uns um die vorspringende Felsspitze gegen Westen herum, so treffen wir zuerst einen beinahe 20 m breiten Schuttkegel, bestehend aus Geröllen der hohen Schotterwände, an. Diese Geröllhalde bedeckt die Fortsetzung der Schieferschichten am Hinterrheinufer gegen Westen. Die ersten gut aufgeschlossenen Quartenschiefer liegen 30 m westlich vom Hinterrhein und in etwa 25 m Höhe über dem Talboden. Diese hellgrünen Chloritoidschiefer streichen N 46° E und fallen 34° gegen Südosten. Das Fallen wechselt dabei rasch von 30° gegen Südosten bis zu 90°, was für die Bergsturznatur der Felsmassen spricht. Die meisten Aufschlüsse zeigen auch hier eine Wechsellagerung von Sandsteinlagen und Schieferschichten. Ein weiterer schöner Aufschluss, diesmal von schwarzem, zum Teil sandigem Quartenschiefer, liegt 20 m weiter im Westen und nur in 7 m Höhe über der Talsohle. Das Streichen ist hier N 54° E und das Fallen 30° gegen Südosten gerichtet. Bei allen diesen Schieferaufschlüssen können wir eine starke und weitgehende Auflockerung, zum Teil sogar Mylonitisierung des Gesteines feststellen. Sie ist zwar nicht so durchgreifend wie am Hinterrheinufer, doch immer noch sehr deutlich und auffallend. Die nächsten Triasaufschlüsse liegen nach einem 4 m breiten Schottereinschnitt, in 65 m Entfernung vom Hinterrhein. Im mehr oder weniger kompakten Schutt unter den Schotterwänden liegen eckige Brocken helvetischen Materials. Meistens

sind es Eisensandsteine und Schiefer, wie solche weiter gegen Osten und Westen anstehen. Im Westen grenzt der Schottereinschnitt an schwarze Quartenschiefer. Es ist dies wahrscheinlich die Stelle, wo früher P. ARBENZ & W. STAUB (1910) den Triaszahn, bestehend aus schwarzem und hellem Quartenschiefer, kartiert haben. Heute ist von diesem Zahn nichts mehr zu sehen, da die Verwitterung eine Schuttrinde über den ganzen Aufschluss gebildet hat. Diese Schuttrinde ist aber im Gegensatz zu allen übrigen Verwitterungsprodukten ganz schwarz. Schon am Fusse der Halde fällt dem Beobachter die Schwarzfärbung des Bodens auf. Aufgeschlossen sind die Quartenschiefer nur an wenigen Stellen und dann auch nur durch Absackungen und Abbröckeln aus der ursprünglichen Lagerung verstellt. Eine genaue Kartierung und Ausmessung des Triaszahnes war leider nicht mehr möglich. Im Westen werden die schwarzen Quartenschiefer durch eine stellenweise stark versinterte Schotterwand begrenzt. Diese Schotter enthalten keine helvetischen Trümmer mehr, dagegen nimmt die Zahl der Dolomitbrocken am Westende der Schotterwand mehr und mehr zu, bis schliesslich die Schotterkomponenten wegbleiben und eine grobe Dolomitbreccie die Stelle des Schotters einnimmt. Die Dolomitbreccie, Rötidolomit der mittleren Trias, geht ihrerseits in violette und hellgrüne Quartenschiefer über. In den Quartenschiefern liegen einige eckige, sandige Quarzitbrocken. Zusammenhängend erscheint dieses Gestein am westlichen Ende des Aufschlusses unter den violetten Schiefern. Alle diese Triasschichten, Quarzit, Quartenschiefer und Dolomit sind weitgehend mylonitisiert und mit-

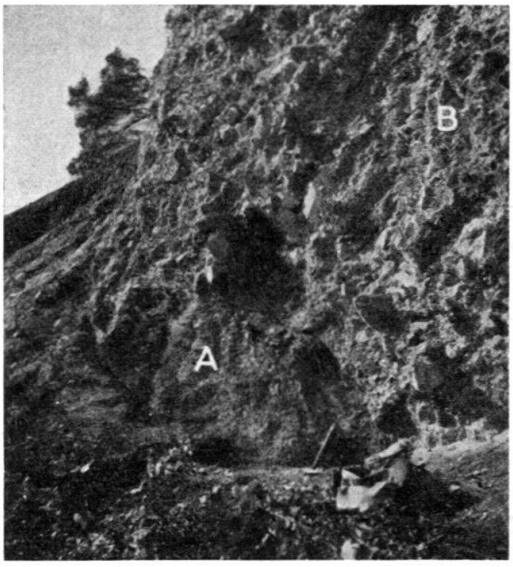


Fig. 23. Mylonitisierte Quartenschiefer (A) und Dolomitbreccie (B). Undrau Nordsporn.

einander vermischt (Fig. 23). Schichtmessungen sind an dieser Stelle wegen der weitgehenden Auflockerung und Blockstruktur des Gesteines nicht möglich. Das Profilschema Figur 24 zeigt die Mächtigkeits- und Lagerungsverhältnisse im Triasaufschluss.

Die Kalk-Dolomitbreccie mit Sandsteingrundmasse sowie der rostige Sandstein des Quartenschiefers, die P. ARBENZ & W. STAUB (1910, Schichten 8. und 8a. in Figur 6) unter dem hellen Quarzit mit rötlichen Körnern kartiert haben, konnte

heute anstehend nicht mehr gefunden werden. Im Schutt liegen einige Sandsteinbrocken, doch stammen sie von einem in etwa 8 m Entfernung liegenden Sandsteinblock des unteren Dogger. Zwischen Quartenschieferaufschluss und Doggerscholle liegt eine ziemlich steile Schutthalde aus helvetischem und verwittertem Schottermaterial. Unter den helvetischen Trümmern findet man Eisensandstein- und Magnetit-Chloritschieferreste, die früher wahrscheinlich an dieser Stelle auf-

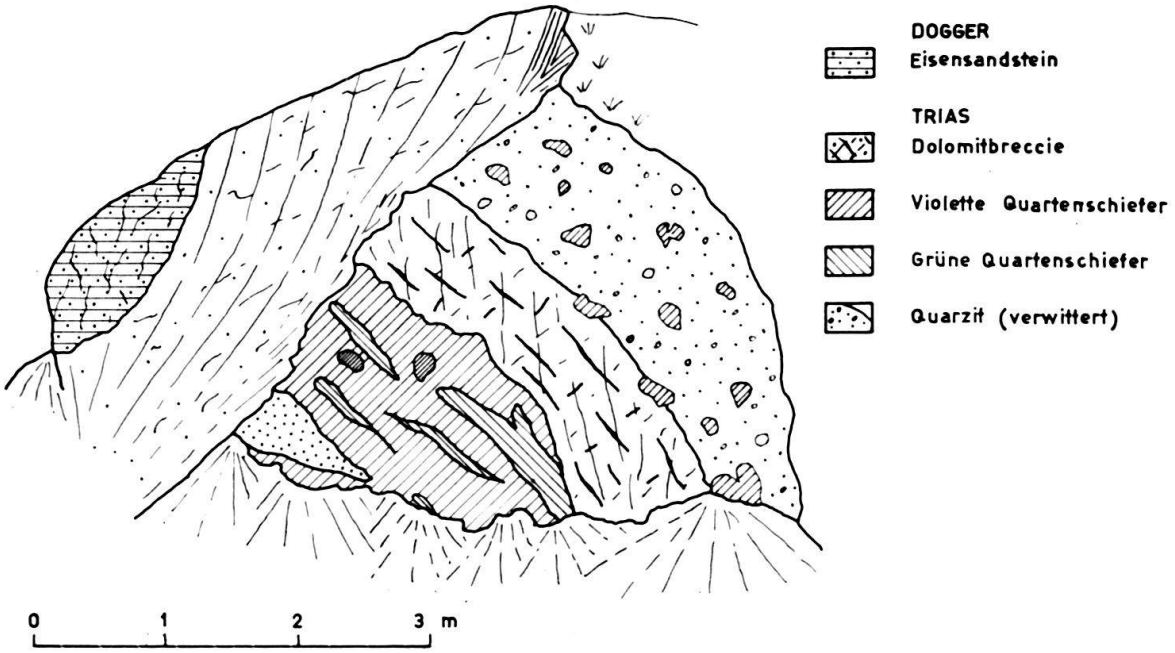


Fig. 24. Lagerungsverhältnisse im Triasaufschluss. Im Hintergrund die Doggerscholle. Undrau Nordsporn.

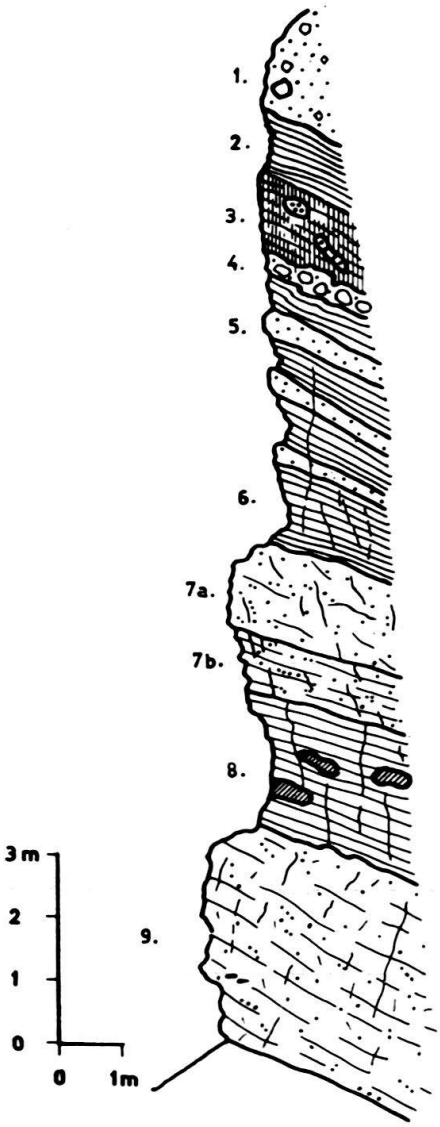
geschlossen waren. Der grosse Doggerblock besteht aus einem sehr stark verwitterten und weitgehend zersplitterten Eisensandstein mit einigen schwarzen Tonschieferlagen (= Opalinusschiefer des Aalénien). Da die ganze Scholle allseitig von Schotter umgeben ist, können wir mit Sicherheit sagen, dass es sich hier um einen während der Sedimentation des Schotters in der Nähe abgebrochenen Block handelt.

Der Schiltkalk, der zur Zeit von P. Arbenz & W. Staub noch aufgeschlossen war, konnte heute nicht einmal im Schutt aufgefunden werden. Wahrscheinlich handelte es sich nur um einen kleinen Schichtfetzen, der in der Zwischenzeit vollständig verwitterte, oder es liegt der kleine Aufschluss unter dem Schutt begraben. Westlich vom rostigen Eisensandsteinblock folgen mächtige Schotterwände, die bis zur oberen Terrasse von Undrau (P. 670) hinaufragen. Im Osten sind die Schotter mit eckigen helvetischen Trümmern vermischt. Diese Vermischung konnte nur im unteren Teil der Schotterwände festgestellt werden.

Der Südsporn von Undrau

Der Südsporn wird durch eine 400 m breite Bucht vom Nordsporn getrennt. Die Schotterwände weichen in der Bucht weit gegen Westen zurück und erreichen an einer Stelle beinahe die Bahnlinie. Dieser zweite Felsvorsprung reicht nicht

mehr bis zum Hinterrhein. Er ragt nur etwa 130 bis 140 m weit in die Alluvialebene hinaus. Der Aufschluss am Südsporn ist bedeutend kleiner als am Nordsporn, doch zeigt er ein vollständigeres Profil. Im Norden war die Trias nur bis zum Sandstein des Quartenschiefers und bis zur Dolomitbreccie aufgeschlossen. Im Süden zeigen sich unter dem Quartenschiefer die grauen und rötlichgrauen Rötidolomite der mittleren Trias. Leider wurde der Dolomitaufschluss für die Rheinkorrektion und für Strassenbau weitgehend abgebaut, so dass bis heute nur noch eine kleine Partie dieser untersten Schichten erhalten geblieben ist. Auf der Südseite des Spornes konnte von Westen gegen Osten folgendes Profil aufgenommen werden. (Fig. 25):



1. Schotter.
2. Gelbgrüner Quartenschiefer.
3. Schwarzer Opalinuston.
4. Kontaktbreccie.
5. Heller Quartenschiefer.
6. Dunkler Quartenschiefer.
7a. Rostiger Sandstein (dickbankig).
7b. Rostiger Sandstein (blättrig).
8. Dunkler Quartenschiefer.
9. Dickbankiger Dolomit.

Fig. 25. Profil am Südsporn von Undrau.

1. Schotter, in der Nähe der Kontaktstelle mit dem Schiefer reichlich helvetische Komponenten (Quartenschiefer, Sandstein) enthaltend. Die Kontaktlinie verläuft, soweit sie sichtbar ist, N 50° E.

2. Gelbgrüner Quartenschiefer = serizitischer Chloritoidschiefer, zerfällt in kleine Brocken und Plättchen, wahrscheinlich von weiter oben heruntergerutscht. Streichen N 10° bis 20° E. Fallen 43° bis 90° und darüber gegen Nordwesten. Mächtigkeit 1,1 m.

3. Grau-schwarzer, rostiger Tonschiefer = Opalinuston des unteren Dogger mit verkieselten Sandsteinknollen. Streichen und Fallen verlaufen parallel zu Schicht 2. Mächtigkeit 1 m, doch stellenweise stark variierend.

4. Eine Art Kontaktbreccie, bestehend aus Komponenten der 3. und 5. Schicht. Mächtigkeit im Mittel 0,2 m.

5. Hell bis gelbgrüner Quartenschiefer. Etwas kompakter und weniger aufgelöst als in Schicht 2. Der Zerfall in dünne Plättchen ist auch hier typisch. Oft wird diese Schicht durch breccienartige, zerriebene Zonen unterbrochen. Zwischen den leicht in Plättchen zerfallenden Schichten verlaufen stellenweise harte, dunkelgrüne bis graue Sandsteinlagen. Meistens ist ihre Mächtigkeit verschieden, oft auskeilend und wieder einsetzend. Eine dieser Lagen verläuft 1,5 m unterhalb Schicht 3. mit einer konstanten Mächtigkeit von 8 cm. Unterhalb dieser Schicht folgt wieder das hellgrüne bis graue Material des Quartenschiefers, welches dann in eine dunkelgraue bis schwarz-violette Schicht übergeht. Der Übergang erfolgt allmählich. Gesamtmächtigkeit 2,6 bis 3,0 m. Streichen N 43° E, Fallen 43° Nordwesten.

6. Dunkelgrauer bis schwarz-violetter Quartenschiefer. Verläuft parallel zu Schicht 5. Zerfällt stellenweise in dünne Plättchen. Mächtigkeit 1,2 bis 1,5 m.

7. Dickbankiger, rostbraun angewitterter, harter Sandstein. Streichen N 32° E, Fallen 42° gegen Nordwesten. Mächtigkeit 1,0 bis 1,2 m.

Darunter folgt eine aus dem gleichen Material bestehende und gleichgefärbte Schicht, nur ist sie dünnbankig bis blättrig. Streichen und Fallen verlaufen gleich wie oben erwähnt. Mächtigkeit 0,6 bis 1,0 m. Gesamtmächtigkeit der Schicht 7.: 1,6 bis 2,2 m.

8. Graublau bis violetter Quartenschiefer, mit grünen Zwischenlagen. Häufig erscheinen in diesen Schichten Dolomitknollen. Ihre grösste Länge erreicht nicht 20 cm. Die grünen Zwischenlagen sind 5 bis 10 cm mächtig. Der Dolomit in den Knollen ist braungelb angewittert. Das Streichen dieser Schichten konnte nicht gemessen werden; Fallen 28° gegen Nordwesten. Gesamtmächtigkeit 1,6 bis 2,0 m.

9. Dickbankiger, graubrauner Dolomit, teils ganz zerbröckelt, teils noch kompakt. Streichen N 48° E, Fallen 32° gegen Nordwesten. Mächtigkeit 1,0 m.

10. Dünnschichtiger, zerbrochener Dolomit. Material ähnlich wie bei Schicht 9. Streichen N 33° E, Fallen 20° bis 26° gegen Nordwesten. Mächtigkeit an die 1,5 m.

11. Dolomit, etwas dickbankiger als bei Schicht 10. Material grau, stellenweise rötlichbraun. Streichen N 15° E, Fallen 40 °gegen Nordwesten. Die grossen Abweichungen im Streichen kommen von der weitgehenden Auflockerung des Gesteines her (hauptsächlich vom Bergsturz, zum Teil aber auch von Sprengungen beim Abbau herrührend). Mächtigkeit 2,0 bis 2,5 m.

Der Aufschluss endet beim Waldweg an der Nordost-Spitze des Spornes (Koord. 750,50/182,90).

Zwei weitere Aufschlüsse, der eine 25, der andere 50 m südwestlich vom Südsporn entfernt, zeigen noch helvetische Gesteine. An beiden Orten ist nur der Dogger, und zwar Opalinuston, Eisensandstein und Echinodermenbreccie, aufgeschlossen. Es sind dies eigentlich grosse Blöcke, in Schotter eingebettet, wie wir solche schon in der Bucht von Rhäzüns und beim Nordsporn auf Undrau gesehen haben. Der nördliche, grössere Aufschluss zeigt eine 5 m grosse Partie von gut geschichteten Echinodermenbreccien und schwarzen Tonschiefern. Das Gestein ist stark verwittert und zerbröckelt. Es streicht N 98° bis 112° E und fällt 44° gegen Südsüdwesten ein. Diese Richtung stimmt weder mir der der Bünderschiefer noch mit der der helvetischen Schichten der beiden Sporne überein. An der zweiten Stelle liegt ein eher rundlicher Block, in dessen Mitte sich ein Quarz- und Kalziteinschluss befindet. Tonschiefer und Echinodermenbreccien sind auch hier stark zerklüftet und verwittert. Von einer einheitlichen Streichrichtung kann man bei diesen Schichten nicht sprechen. Die beiden scheinbar zuverlässigsten Messungen ergaben

folgende Werte: Streichen N 126° E und N 120° E und Fallen 75° Südwest sowie 58° bis 90° Südwest. Dass diese beiden Aufschlüsse nicht zum Anstehenden gehören, wird wohl niemand bezweifeln.

Von dieser Stelle an finden wir auf der linken Talseite des Hinterrheines keine weiteren Vorkommen helvetischen Materiales mehr. Im Süden der beiden Doggerschollen liegen zuerst stark bewaldete Schotter und später in etwa 270 bis 300 m Entfernung gut aufgeschlossene graue Bündnerschiefer, die aus Kalkschiefern mit schwarzen Tonschieferzwischenlagen bestehen.

Die Crestas von Bonaduz und Rhäzüns

Aus helvetischem Material bestehen die runden und länglichen Hügel, die aus der Terrasse zwischen Bonaduz und Rhäzüns herausragen. Leider sind diese Erhebungen selten und nur sehr schlecht aufgeschlossen. Die Cresta Biema und zwei andere, südwestlich von Sankt Georg gelegene Crestas zeigen auf ihrer Oberfläche stark verwitterte Doggereisensandsteine und Tonschiefer. Wie weit die Doggerschichten in die Tiefe hinabreichen, können wir an Hand der heutigen Aufschlüsse nicht sagen. Wie schon P. Arbenz & W. Staub richtig beobachtet haben, sind diese Hügel mit einer dünnen Schicht von Moräne bedeckt. Leider ist gerade die Moräne am stärksten bewachsen, so dass eine genaue Untersuchung dieser Ablagerungen unmöglich ist. Erschwert wird die Arbeit auch durch die grossen Lesestein-Haufen, die die Bauern am Fuss oder an unbebaubaren Stellen der Crestas zusammentrugen.

Streichen und Fallen lassen sich an keinem Aufschluss der Hügel messen. Sicher ist, dass sie in enger Verbindung mit den Spornen am Hinterrhein, wie Isla, Sankt Georg, Malmsporn und Schlosshügel, stehen und unter gleichen Verhältnissen entstanden sind. Merkwürdig ist, dass P. Arbenz & W. Staub trotz der weitgehenden Zersplitterung und Auflockerung des Gesteines, sowie der widersinnigen Lage der Schichten, in diesen Hügeln und Trümmerresten unbedingt die stark reduzierte und abgetragene Wurzelzone der helvetischen Decken erblicken wollten. Sie schrieben (1910, p. 35): «...Alle diese Hügel bestehen aus anstehenden Gesteinen von helvetischer Fazies und bilden wohl die Überreste eines zersägten und gänzlich zerstückelten breiten Felsenriegels an der Einmündung des Hinterrheines ins Vorderrheintal.» Bezüglich der Crestas von Bonaduz und Rhäzüns schrieben die beiden Autoren (p. 34): «...In ihrer Zusammensetzung stimmen sie mit den geschilderten vom Hinterrhein angeschnittenen Hügeln und Spornen überein und bestehen jedenfalls samt und sonders aus anstehendem Fels. Bergsturzhaufen sind hier völlig ausgeschlossen.»

Es ist für uns heute nicht leicht verständlich, weshalb diese Autoren auch noch an ihrer Auffassung festhielten, nachdem sie das Gebiet eingehend untersucht hatten.

Ein interessanter Fund konnte im Frühjahr 1957 in einer kleinen Schlucht 250 m nördlich des Malmspornes gemacht werden, dort wo der schmale Fussweg zum Hinterrheinufer hinunterführt. Die nördliche, beim Hinuntergehen linke Talflanke wird hier aus eckigen Trümmern von helvetischen Gesteinen, meistens Doggereisensandstein und Opalinuston aufgebaut. In der stellenweise bis zu 12 m

hohen Wand sieht man ausser eckigen Komponenten auch schön abgerundetes Schottermaterial, das in schmalen Taschen und kleinen Nestern eingeschlossen ist. Leider konnte bis jetzt kein zweiter, ähnlicher Aufschluss gefunden werden, in welchem Bergsturzmaterial in dieser Feinheit vorkommt. Die Ablagerungsfolge ist hier deutlich zu erkennen. Zuerst wurde im alten Erosionstal die Bergsturzbreccie abgelagert. Während einer zweiten Phase füllten die runden Schottergerölle die Spalten und Lücken zwischen den Trümmern aus.

Die Aufschlüsse östlich des Hinterrheins

Auf der rechten, beziehungsweise östlichen Talseite des Hinterrheines ist das Helvetikum nur an drei Stellen aufgeschlossen, nämlich auf Ils Aults südlich Reichenau, am Triassporn von Pardisla und am kleinen Hügelrelikt Tomba bei Rodels. Alle diese Fundstellen sind typische Bergsturzreste, die in ihrem Aufbau eine charakteristische Trümmerstruktur zeigen.

Der Bergsturzhügel Ils Aults bei Reichenau

Der gewaltige Trümmerstrom, der die Talebene bei Tamins ausgefüllt hat, setzt sich gegen Süden und Südosten in den Höhenzügen der Ils Aults (deutsch: die Anhöhen) fort. Die mächtigen Bergsturzmassen erfüllen das ganze Gebiet zwischen Hinterrhein, anstehendem Bündnerschiefer, Emser Werk und vereinigtem Rhein. Ihre maximale Höhe liegt mit 768 m rund 100 m höher als die Terrasse von Bonaduz und Rhäzüns. Um die Orientierung zu erleichtern, wurde das ganze Gebiet in folgende Sektoren eingeteilt:

1. Die Umgebung des Bahnhofes von Reichenau (P. 604 und 598).
2. Hinterrheinufer gegenüber Isla und Plazzas (P. 599 und 656).
3. Cresta da Morts (P. 714), westlich vom Emser Werk.
4. Die oberen Partien von Ils Aults (P. 768).
5. Plong dil Prè (P. 748).
6. Crest-Aulta (P. 725 und 664).

1. Die Umgebung des Bahnhofes von Reichenau

50 m östlich vom Bahnhof Reichenau und 40 m über diesem liegt ein Kieswerk an einem Terrassenrand. Die Ausbeute ist auf die denkbar einfachste Art gelöst, indem die 12 bis 15 m hohen Schotterwände der Grube mit gewöhnlichen Gartenspritzen abgespült werden. Auf dem Transportweg zu den Sieben wird das feine Material (Sand, Lehm usw.) herausgewaschen. Der Schotter ist hier, im Gegensatz zu den hohen Wänden bei Rhäzüns, gut geschichtet, und die einzelnen Komponenten erreichen nur selten Faustgrösse. Über dem Schotter liegt eine dünne Moränenschicht, die wir erst später zu besprechen gedenken (S. 227). Im Liegenden erscheint an manchen Stellen ein feiner Lehm. Wie weit dieser nach unten reicht, kann wegen des überall herumliegenden, heruntergewaschenen Schotters nicht festgestellt werden. Arbeiter des Kieswerkes behaupteten, dass schon auf halber Höhe zum Bahnhof grosse Kalkblöcke gefunden wurden und deshalb die Grube so weit nach oben verlegt werden musste. Der Schotter liegt wahrscheinlich in einer

früheren Bucht des Rheins, der zu jener Zeit etwa 20 m über dem heutigen Bahnniveau dahinfliessen mochte. Diese Annahme wurde durch die Aufschlüsse 50 m westlich und östlich der Kiesgrube gewissermassen bestätigt. Hier liegen auf der ganzen Höhe, vom heutigen Rheinniveau bis zu den Wiesen auf dem Hügel, Malmblöcke des Bergsturzes. Im Westen reichen die Trümmerhaufen bis zur Bahnbrücke am Hinterrhein. Wenden wir uns dort, wo Hinterrhein und Vorderrhein zusammenfliessen um die Ecke und verfolgen den Lauf des ersteren gegen Süden, das heisst talaufwärts, so stellen wir nach ungefähr 20 m neuerdings Schotter fest, die sich an den Bergsturzhügel anlehnen. Die Schotterwände reichen stellenweise bis zum Hinterrheinufer hinab. Während des zweiten Weltkrieges wurde ein Militärweg von der Eisenbahnbrücke bei Reichenau zum Hinterrheinufer gegenüber Isla quer durch den Schotter gebaut. Leider wurde das Geröllmaterial bei Spreng- und Bauarbeiten so stark mit Bergsturztrümmern und zugeführtem Betonschotter vermischt, dass eine Geröllunterschung an den heutigen Aufschlüssen zwecklos erscheint. Auffallend ist die Häufigkeit an grünen, eckigen Trümmern des Taminserkristallins. Die Zahl und die Grösse dieser Blöcke nimmt gegen Süden und zum Hinterrheinufer hinunter rasch zu.

2. Das Hinterrheinufer gegenüber Isla und Plazzas

Man erreicht den Hinterrhein auf dem Militärweg nach 520 m beim Punkt 599. An dieser Stelle führte während des zweiten Weltkrieges eine Militärbrücke hinüber nach Isla, die dann kurz nach Kriegsende wieder abgebrochen wurde. Das Ufer selbst wird hier von riesigen, bis einige hundert Kubikmeter grossen grünen Quarzporphyrblöcken aus dem Taminser Kristallin gebildet. Sie sind meistens im Schotter eingebettet und scheinen zum Teil von weiter oben heruntergestürzt zu sein. Gegen Süden werden diese Quarzporphyre von steil gegen Osten ansteigenden Wiesen oder flachliegenden Flußsanden überdeckt. Ein weiterer Aufschluss liegt 60 m über dem Hinterrhein am oberen Weg Reichenau–Rothenbrunnen, südwestlich vom Punkt 706. Hier wurden für Strassenbauarbeiten grüne Albit-Chloritschiefer, ebenfalls aus dem Taminser Kristallin, abgebaut. Im Steinbruch erblicken wir einen typischen Bergsturz-Trümmerhaufen von auffallender Frische. Die einzelnen Blöcke scheinen nie der Verwitterung ausgesetzt gewesen zu sein. Ihre Grösse ist sehr verschieden. Neben Brocken von einigen Kubikzentimetern kann man Blöcke von 20 bis 30 m^3 antreffen. Die Lücken und Fugen sind meistens mit einem weissen bis hellgrünen Schlagpulver ausgefüllt. Dort wo dieses feine Material fehlt, können wir die Hand oft bis Armeslänge zwischen zwei Blöcke hineinschieben. Das gleiche grüne Gestein finden wir noch in den wenigen Aufschlüssen an den steilen Flanken, die zu den Wiesen am Hinterrheinufer hinabfallen. Der Sporn, dessen höchste Erhebung Punkt 656 darstellt, besteht vorwiegend aus Schotter, vom gleichen Typus wie am gegenüberliegenden Ufer bei Plazzas, östlich von Bonaduz. An einigen Stellen kann man gut beobachten, dass diese Schotterwände sich an ein Blockwerk aus grünem Quarzporphyr anlehnen. Gegen Süden werden die Porphyre durch Rötidolomitschwärme abgelöst. Die meisten dieser Blöcke stammen von der Strasse, die hier nur noch 40 m über dem Hinterrhein verläuft. Südlich der Einmündung des Val da Treps in das Hinterrheintal (200 m

nördlich von P. 658) treffen wir keine Dolomite mehr an. Unmittelbar am Hinterrhein zeigt uns ein schöner Aufschluss gut geschichtete Sande, die gegen unten in einen feinkörnigen Schotter übergehen. Im Süden schliessen sich diesem Feinschotter stark mylonitisierte, graue Malmkalke an (Fig. 26).

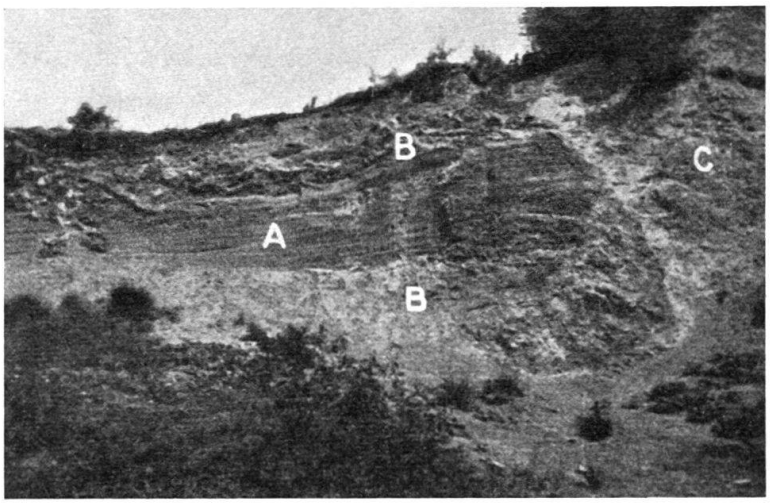


Fig. 26. Gutgeschichtete Sande (A) und Schotter (B) übergehend in eine Trümmerbreccie von Malmkalk (C). Hinterrheinufer 100 m nördlich P. 658.

Charakteristisch für diese Stelle sind die grossen Trümmerkegel (unmittelbar westlich P. 658), die bis zum Hinterrhein hinunterreichen. Die Grösse der einzelnen Komponenten in diesen Trümmerhalden ist auffallend konstant. Die mylonitisierten Malmkalke tauchen 50 m südöstlich Punkt 658 unter feine Sande und Schotter unter. Der nach Reichenau führende Feldweg ist in dieses feine Material eingeschnitten. Die beiderseits des Weges gelegenen Aufschlüsse zeigen schöne Kreuzschichtung in einem sandigen Ton, sowie den Übergang von diesem ganz feinen Material in einen etwas gröberen sandigen Schotter. Die Flanken des Hügels (P. 658) verflachen sich gegen Süden und gehen in schwach geneigte Wiesenböden über, die bis zu den bewaldeten Hängen des Bregl reichen. Der Waldboden wird aber schon von penninischen Bündnerschiefern gebildet.

Kehren wir aber zurück zum kleinen Feldweg, der 40 m südöstlich von Punkt 658 im feinen Sand eingeschnitten ist. Er führt zuerst über die Wiesen im Val da Treps gegen Nordosten, biegt dann unter den Flanken des Hügels Punkt 748 (Plong dil Prè) nach Nordwesten ab und führt von hier an in 60 m Höhe über dem Hinterrhein nach Reichenau zurück. In den ersten Aufschlüssen im Wald nach der scharfen Umbiegung gegen Nordwesten finden wir Schotter vom Typus Bonaduz–Rhäzüns. 100 m weiter liegen im gleichen Schotter schlechtgerundete Quarzporphyrtrümmer sowie anderes helvetisches Material. Die Grösse der Komponenten beträgt hier nur einige Zentimeter. An einer Stelle ist der Schotter zu einer Art natürlichem Beton versintert (wahrscheinlich floss hier einmal ein stark kalkhaltiger Bach, der in den Schotter versickerte und seinen Kalkgehalt zwischen den einzelnen Geröllen absetzte). In etwa 50 m Entfernung von dieser Stelle liegt der erste grössere Aufschluss mit helvetischem Material. Es sind dies bis zu 20 m³ grosse Rötidolomitblöcke, die im Schotter eingebettet sind. Der Aufschluss ist 32 m lang und bis zu

5 m hoch. Zwischen den Dolomitbrocken kommen auch zahlreiche Quarzporphyrtrümmer des Taminser Kristallins vor. Sie sind zum Teil kantengerundet und bedeutend kleiner als jene. 15 m weiter im Norden treffen wir auf einige Malmkalkblöcke, die anscheinend von oben heruntergerollt sind. Sie liegen alle im Schotter und sind meistens stark verwittert. Zwischen einem Schwarm von kleinen Malmtrümmern liegt auch ein grosser Taminser Kristallinblock, leicht erkennbar an seiner dunkelgrünen Verwitterungsfarbe. Nach einigen Metern Schotter folgt dann der letzte Dolomitaufschluss auf diesem Weg. Auf eine Länge von 20 bis 25 m sehen wir hier grosse, eckige Blöcke neben kleinen, wiederverkitteten Trümmern: das Bild einer typischen Bergsturzablagerung. Bis zur Wiese mit der grossen, unter Naturschutz stehenden Traubeneiche (nördlich P. 656) folgen neuerdings mittelgrobe Schotter. Auf der Wiese selbst liegen einige Dutzend eckige, nicht mehr als 1 m^3 grosse grüne Quarzporphyritblöcke. Am Nordende des kleinen Plateaus liegt der Steinbruch, aus dem der Albit-Chloritschiefer für die Strassenarbeiten gewonnen wurde (vgl. Seite 212). Von da an führt der Weg gegen Norden und nach 300 m gegen Osten und Nordnordosten bis zu den Kiesgruben, südöstlich vom Bahnhof Reichenau. Auf fer ganzen Strecke sehen wir nur einige, schlechte Schotter-, beziehungsweise Moränenaufschlüsse. Im letzten Abschnitt bis zum Bahnübergang durchquert der Weg 200 m weit einen Trümmerhaufen aus Malmkalk.

3. Cresta da Morts

Zwischen Bahnhof Reichenau und Emser Werk verläuft die Bahnlinie in einem Trümmerfeld, bestehend aus riesigen Blöcken von Malmkalk. Dieses Trümmerfeld bildet die Nordhänge eines gegen Süden sich erstreckenden Hügels, der zur Erinnerung an ein blutiges Gefecht während der Franzosenzeit Cresta da Morts genannt wird. Der höchste Punkt des Hügels liegt auf 714 m Höhe. Ein schmaler Fussweg, westlich der Militärstrasse Emser Werk–Rothenbrunnen, durchquert die Ostflanke der Cresta da Morts bis zu den Anhöhen von Ils Aults. Das ganze Gebiet ist mehr oder weniger stark bewachsen, doch sind gute Aufschlüsse nicht selten. Auf dem ganzen, ungefähr 1 km langen Weg und überall auf dem ganzen Hügel ist nur der Malmkalk in einer typischen Bergsturzablagerung aufgeschlossen. Die Blöcke erreichen manchmal Grössen von mehreren hundert Kubikmetern. An einigen Stellen, doch nicht auf grössere Distanz zusammenhängend, konnte eine dünne Moränenüberdeckung festgestellt werden.

4. Die oberen Partien von Ils Aults

Von der Cresta da Morts gelangen wir gegen Süden ansteigend nach Ils Aults. Auch hier treffen wir auf einen Blockhaufen aus Malmkalk. Weder Trias noch Taminser Kristallin konnte auf diesen Hügeln gefunden werden. Punkt 768 ist die höchste Stelle des ganzen Hügelkomplexes. Auf dem steilen Hang westlich P. 768 liegen zum erstenmal wieder Bergsturztrümmer, die nicht nur aus Malmkalk bestehen. Von Nordosten gegen Südwesten gehend finden wir: serizitischen Tonschiefer (Opalinusschiefer) und Echinodermenbreccie des unteren Dogger, Schiltkalk und -schiefer, Rötidolomit, rekristallisierten Quintnerkalk (Marmor), unbestimmbaren Malmkalk, Albit-Chloritschiefer (Taminser Kristallin). Am weitesten

verbreitet sind die Doggerreste. Sie füllen die obere Hälfte des kleinen Tälchens zwischen Punkt 706 und Punkt 768, ziehen dann 25 bis 30 m vom Feldweg Reichenau–Rothenbrunnen entfernt gegen Südosten. Der letzte gut sichtbare und bestimmbare Block liegt etwa 150 m weit vom Tälchen. Die Verbreitung der übrigen mesozoischen Trümmer ist hauptsächlich auf das Tälchen beschränkt. Die permischen Kristallinblöcke reichen gegen Nordwesten bis zum Steinbruch des Albit-Chloritschiefers am Feldweg nach Reichenau. Der Malm ist am schönsten auf der Militärstrasse vom Emser Werk nach Rothenbrunnen auf eine Länge von 2 km aufgeschlossen. Alle Aufschlüsse zeigen ganz verschieden grosse eckige Trümmer von Malmkalk, das heisst eine charakteristische Bergsturz-Blockstruktur. Eine dünne Moränendecke ist auch hier stellenweise erkennbar.

5. Plong dil Prè

Auch dieser Hügel wird vorwiegend aus Malmkalkblöcken aufgebaut. In seiner Struktur ist er die ununterbrochene Fortsetzung von Ils Aults. Moränenbedeckung ist auch hier nur stellenweise vorhanden. Eine solche Stelle liegt 200 m südsüdöstlich von Punkt 748 bei den Masten der Hochspannungsleitung. Unweit dieses Moränenaufschlusses liegt ein kleiner Block aus Melsersandstein. Wahrscheinlich ist er mit dem Gletscher zwischen die Malmblöcke gelangt. Bis jetzt wurden keine anderen Trümmer des gleichen Materials in dieser Umgebung gefunden. Weit interessanter als dieser Fund sind die Aufschlüsse an der Militärstrasse, kurz bevor die beiden Fusswege, der eine nordöstlich nach dem Emser Werk, der andere nordwestlich nach Reichenau abzweigen. Hier erreicht die Strasse in einem 3 bis 4 m tiefen Einschnitt eine schmale Passhöhe. Die beiderseitigen Anschnitte zeigen unmittelbar über den Stützmauern grüne bis schwarzgrüne, feinschichtige Schiefer. Bei flüchtiger Beobachtung würde man diese Gesteine als Quartenschiefer bezeichnen, wie dies auch schon geschehen ist. Bei genauer Untersuchung, vor allem unter dem Mikroskop, erkennt man sofort, dass es sich hier um einen Albit-Chloritschiefer des Taminser Kristallins handelt. Das Gestein ist an diesen Aufschlüssen weitgehend verwittert, so dass eine Schichtmessung nur auf der Nordseite der Strasse möglich war. Das Streichen beträgt dort N 230° E und das Fallen 72° gegen Nordnordwesten. Etwas grössere Vorkommen des gleichen Gesteins liegen etwa 120 bis 200 m weiter im Nordwesten, 15 m über dem Fussweg nach dem Emser Werk. Die Messungen ergaben hier folgende Werte: Streichen N 72° E und N 84° E und Fallen 37° NNW sowie 30° N. Das Gestein erscheint stark zerbrochen, stellenweise sogar mylonitisiert. 50 m südwestlich von diesen Chloritschieferaufschlüssen liegen im schmalen Bachbett grobe, eckige Malmblöcke des Bergsturzes. Mit einiger Sicherheit kann angenommen werden, dass der Malm unter dem Albit-Chloritschiefer durchzieht. Er erscheint kaum 20 m nordöstlich der Passhöhe entlang der Militärstrasse. Sicher steht fest, dass wir es bei den grünen Schiefern auf der Passhöhe nicht mit der anstehenden Trias der Wurzelzone, sondern mit einer oder mehreren, stark verstellten, zur Bergsturzmasse gehörigen Albit-Chloritschieferschollen aus dem Taminser Kristallin zu tun haben. Man könnte sich schwerlich vorstellen, dass gerade in der Brandungszone eines Bergsturzes, zwischen sicher vom Bergsturz her stammenden Trümmern, sonst viel

tiefer unten liegende Teile des anstehenden Felsuntergrundes erscheinen sollten. Dies um so weniger, als die penninischen Bündnerschiefer kaum 40 m südöstlich von der Passhöhe anstehen.

6. Crest-Aulta

Der letzte Teil des grossen Hügelkomplexes, die Crest-Aulta, liegt östlich der Militärstrasse. Der höchste Punkt auf diesem Hügel ist mit 725 m ü. M. angegeben. Zwischen den nördlichen Ausläufern der Crest-Aulta und der Cresta da Morts wurde im zweiten Weltkrieg die grosse Fabrik der Holzverzuckerungs AG (Emser Werk) aufgebaut. Der Hügel selbst stellt einen grossen Trümmerhaufen aus Malmkalk dar. Moränenreste sind nur sehr spärlich und oft an unzugänglichen Stellen vorhanden. Anderes Gesteinsmaterial als Malmkalk und Moräne konnte bis heute nicht festgestellt werden. Die südlichen Hänge berühren an einer Stelle den anstehenden Bündnerschiefer, wodurch eine gewisse Vermischung von Gesteinstypen zustande kam. Dass die Crest-Aulta aus den Trümmern eines grossen Bergsturzes aufgebaut ist, steht ohne Zweifel fest. Östlich und südöstlich der Crest-Aulta liegen die üppigen Wiesen von «Vogelsang». Der Boden besteht teilweise aus verschwemmtem helvetischem Material, aus grauen Malmkalk- und grünen Taminser Kristallintrümmern. Sicher waren hiebei der Rhein, der Rheingletscher und zur Regenzeit die Wildbäche die wichtigsten Transportmittel.

Der Triassporn von Pardisla

Der nächste rechtsufrige helvetische Aufschluss liegt 8 km weiter im Süden. Es ist dies ein isolierter Hügel nordwestlich von Paspels, bei den Häusern von Pardisla (P. 668). Im grossen Aufschluss auf der Südseite kann man den Bau des ganzen Hügels gut übersehen. Auf den hellgrünen und violetten Quartenschiefern am Fusse liegen hellgraue bis gelbliche Dolomite. Beide Gesteinsarten sind in kleinere oder grössere Blöcke aufgelöst. Stellenweise kann man sogar noch Schlagpulver zwischen den Trümmern finden. Eine Schichtmessung ergibt bei dieser Trümmerstruktur keine brauchbaren Resultate. Als oberste Schicht erscheint auf dem ganzen Hügel eine 0,5 bis 4,2 m mächtige Schotterdecke. Die Zusammensetzung dieses Schotters kann man bei den Häusern von Pardisla untersuchen. Auf der Nord- und Ostseite des Hügels sind im Wiesengelände keine grösseren Aufschlüsse vorhanden. Bei kleinen Absackungen kann man aber sehen, dass die Schotterhülle an manchen Stellen fast bis an den Fuss des Hügels reicht.

Die fast horizontal liegenden Bündnerschiefer sind kaum 100 m weit gegen Südosten bis auf die Talsohle aufgeschlossen. Sie zeigen keinerlei Störung im Schichtverlauf. Eine Reliefüberschiebung, wie sie von den Vertretern der Wurzelzonentheorie angenommen werden muss, ist hier nirgends zu beobachten. Auch diese Tatsache bekräftigt die Annahme, dass die helvetischen Relikte nicht die Unterlage der überschobenen Bündnerschiefer bilden.

Das kleine Hügelrelikt «Tomba» bei Rodels

1,9 km südlich von Pardisla und 50 m vom Hinterrheinufer entfernt liegt in einem kleinen Wald der Rest eines helvetischen Trümmerhügels. Der Grossteil

dieses Hügels wurde bei der Rheinkorrektion abgetragen, so dass heute nur noch ein 12 bis 15 m hoher Zahn aus dem Waldboden herausragt. Das Gestein ist ein serizitischer, grüner Quarzporphyr, der weitgehend aufgelockert ist. Die Blockstruktur der Tomba von Rodels ist aus den Schichtmessungen gut ersichtlich. Am Fusse des Hügels wurden folgende drei Messungen aufgenommen:

Streichen N 17° E, Fallen 15° bis 17° SE,
Streichen N 70° E, Fallen 63° SE,
Streichen N 13° E, Fallen 56° SE.

Die Entfernungen zwischen den Meßstellen waren kleiner als 1,5 m. Alle diese Messpunkte liegen in der Mitte des Aufschlusses auf der Südwestseite. Auf der Nordseite wurden Fallrichtungen gegen Norden und Nordosten gemessen. Oft ist der Kontakt zweier Blöcke noch heute gut sichtbar, wobei die kleinen Risse und Spalten nicht selten mit Schlagpulver ausgefüllt sind.

P. Arbenz & W. Staub (1910) schrieben wörtlich: «...Die Schichtung fällt im allgemeinen gegen Nordosten, das ganze erscheint aber besonders oberflächlich als ein wirres Haufwerk halbgelockerter Blöcke. Man würde ihn wohl als Rest eines grossen Bergsturzes ansehen, wenn man seine Heimat an den Gehängen nachweisen könnte. Da aber ringsum nur Bündnerschiefer ansteht, so muss man diesen Zeugenberg wohl oder übel als gewachsenen Felsen betrachten.» Um diese beiden Relikte, Pardisla und Tomba von Rodels, mit dem Anstehenden verbinden zu können, mussten die beiden Autoren eine komplizierte Tektonik mit Querfalten annehmen. Betreffend der Zugehörigkeit der Tomba von Rodels haben sie sogar eine weitere Möglichkeit erwähnt, nämlich: «...Wenn auch das Gestein das gleiche ist wie bei Pardisla und Nundraus und die Schichtlage, wie bei Nundraus, gegenüber den Bündnerschiefern als ganz widersinnig erscheint, so muss doch die Frage, ob dieser Zeuge zur helvetischen Zone oder zu den Bündnerschiefern gehöre, offen gelassen werden.» Dieser Zweifel besteht heute nicht mehr. Wir können mit grösster Sicherheit sagen, dass alle diese Hügelreste wie Nundraus (Undrau), Pardisla und Tomba von Rodels aus Gesteinen helvetischer Fazies bestehen.

Die Moränenbedeckung der Tomba von Rodels, die von A. Rothpletz (1900) beschrieben wurde, ist heute nicht mehr vorhanden.

Die Tomba von Rodels ist die südlichste Stelle im Hinterrheintal, an die helvetische Gesteine hingelangt sind. Sie liegt rund 13 km vom anstehenden Helvetikum entfernt, mitten im flachen Talboden des Domleschg. Nirgends auf dieser langen Strecke tritt an den steilen Talflanken ein ähnliches Gestein zutage. Diese bestehen ausschliesslich aus penninischen Bündnerschiefern.

DIE TOMALANDSCHAFT VON EMS

Aus der flachen Talebene zwischen Emser Werk und Domat-Ems ragen insgesamt 12 mehr oder weniger kegelförmige Hügel heraus. Sie bilden die bekannte, schon von Arnold Escher von der Linth, B. Studer (1827), G. Theobald (1860), Alb. Heim (1883 und 1891), Chr. Piperoff (1897), A. Rothpletz (1894 und 1900) und anderen Geologen beschriebene Tomalandschaft von Ems. Am eingehendsten beschäftigte sich W. Staub (1910) in seiner Diplomarbeit am Eidgenössischen Polytechnikum mit diesen Hügeln. Seine Beobachtungen und Aus-

sagen behielten ihre Richtigkeit bis heute bei, so dass wir nur eine kurze Zusammenfassung seiner Arbeit und auf Grund eigener Aufnahmen einige Korrekturen geben wollen.

Unmittelbar östlich von Crest-Aulta liegen 4 Toma, die eine Fortsetzung Ils Aults bilden. Sie gehörten wahrscheinlich alle zur gleichen, grossen Bergsturzmasse, die an der Linie Bregl–Plong dil Prè–Vogelsang gegen die steilen Flanken der Bündnerschieferberge gebrandet ist. Es sind dies von Westen nach Osten:

Toma Catehera

22 m hoher, langgezogener, gegen Osten konkav gebogener Hügel. Auf dem Grat liegen bis heute gut erhaltene eckige Bergsturzblöcke aus Malmkalk (Hochgebirgskalk). Zum Teil sind diese Kalke schiefrig und knollig, zum Teil massig und dann splittrig brechend. Moränenreste sind nur spärlich vorhanden. Vegetation: Föhrenwald.

Toma Lunga

26 m hoch, ebenfalls langgezogen, gegen Westen konkav gebogen. Toma Lunga und Toma Catehera bildeten wahrscheinlich früher einen einzigen Hügel, der dann vom Bach aus dem Val Crap Raget entzweigeschnitten wurde. Der Hügel zeigt keine guten Aufschlüsse. Starke Vegetation, aus der an mehreren Stellen grosse Malmkalkblöcke (Hochgebirgskalk) herausragen. Die Moränenbedeckung ist nur sehr gering.

Tom'Arsa

61 m hoch, schön kegelförmig, stark bewaldet, ohne gute Aufschlüsse. Aus der relativ dicken Moränenschicht ragen einzelne Malmkalkblöcke heraus.

Toma Varsera

13 m hoch, kegelförmig, bewaldet, ohne Aufschlüsse. Es wurden keine Malmkalke gefunden. In der Moränenschicht lagen Bündnerschiefer, Melaphyrmandelstein aus dem Taminser Kristallin und erratische Blöcke.

Toma Carpusa

Gehört wie alle folgenden Toma zu den Hügeln um Ems. Der Hügel liegt unmittelbar an der Eisenbahnlinie Ems–Reichenau. Er ist 26 m hoch, zeigt schöne Kegelform und ist grösstenteils mit Gras und Gebüsch bewachsen. Gute Aufschlüsse fehlen. Moränenmaterial ist nur spärlich vorhanden. Aus dem Wiesenboden ragen einzelne Malmkalk- und Breccienblöcke heraus. Die Breccie ist ein typischer Bergsturzmylonit mit kalkigem Zement.

Toma Patrusa

42 m hoch, wenig und nur mit Gras bewachsen, im Süden steil, im Norden flach gegen den Rhein abfallend. Zwei grosse Steinbrüche schliessen das Innere der Toma[1]) auf. Im südlichen herrscht vor allem Quintnerkalk vor, im westlichen eher der Tithon-(Tros-)Kalk. Beide Gesteinsarten sind in grossen, oft über einige hundert

[1]) Frühere Autoren (ALB. HEIM, J. OBERHOLZER usw.) sagen der Toma; in der vorliegenden Arbeit wird in Anlehnung an die romanische Bezeichnung «la Tomba» die weibliche Form gebraucht.

Kubikmeter messenden Blöcke vorhanden. Das Kalkmaterial ist aber auch zu ganz feinem Pulver zerrieben. An einigen Stellen sind die Kalktrümmer in ein lehmiges Material eingebettet. Es könnte sich hier um alte Moränenreste handeln, die beim Absturz mitgerissen und eingewalzt wurden. Eine Wiederverkittung (Breccienbildung) ist weder bei den kleinen noch bei den grösseren Brocken feststellbar. Auf der Nordseite ist das Trümmermaterial mit Gehängeschutt überdeckt. Dieser Schuttmantel besteht zunächst aus feinbrockigen, darüber aus grösseren Blöcken von Tithonkalk. Die wenigen kristallinen Geschiebe, die ebenfalls im Schutt herumliegen, stammen wahrscheinlich von Moränenresten her. Im Tithonkalk sind nicht selten schöne Fossilien zu finden. Am häufigsten sind *Korallen* vertreten, daneben enthalten die Blöcke noch *Diceras*, *Nerinea* usw. (Chr. Piperoff 1897, W. Staub 1910).

Toma Platta

Flach, 18 m hoch, mit einem Plateau auf der südwestlichen Anhöhe. Nur geringe Moränenbedeckung. Keine guten Aufschlüsse. Malmblöcke, zum Teil brecciös verkittete Trümmer, ragen aus dem Humusboden heraus. Dieser Hügel steht unter den Alluvionen des Tales mit der Toma Patrusa in Verbindung.

Toma Casté

Wird auch St. Antoniushügel genannt. 53 m hoch, stark abgerundet, nur wenig Vegetation. Auf der Nordseite befindet sich ein Steinbruch, der den Rohkalk für die Kalkbrennerei am Fusse des Hügels liefert. Die Malmkalktrümmer des Bergsturzes lehnen sich auf der Nordseite an eine bis zu 24 m mächtige Lehmschicht, deren Mächtigkeit gegen den Rhein hin stark abnimmt. Dieser Lehm wurde früher auch abgebaut. Unter dem Lehm ist man in 24 m Tiefe auf Flußschotter gestossen. Wahrscheinlich handelt es sich hier um Moränenmaterial, das vom Rhein abgetragen und bis hieher transportiert wurde. Der Malmkalk der Toma Casté ist noch stärker zerstört als bei den vorhergehenden Hügeln. Moränenreste sind auf der Südseite spärlich vorhanden.

Toma Turrera oder Toma San Gion

29 m hoch. Auf der Nordseite trifft man nur auf Malmkalktrümmer, die zum Teil wieder verkittet sind (Bergsturzbreccie). Auf der Südseite liegt der Kirchhof von Ems. Die Toma Turrera wird auch Kirchhügel (von Ems) genannt. Da die Humus- und Moränenschicht für das Erstellen von Gräbern zu wenig tief ist, hat man Lehm von der Nordseite der Toma Casté herauftransportiert.

Toma Gilli

Diese Toma liegt ebenso wie die zwei folgenden auf der Südseite der Landstrasse Ems–Reichenau. Sie ist die höchste unter den Hügeln und reicht rund 68 m über den Talboden. Gute Aufschlüsse sind nicht vorhanden. Auf der Südseite liegt versinterter Schotter ähnlicher Zusammensetzung, wie auf der Westseite von Ils Aults am Hinterrheinufer nördlich P. 658. Diese Schotter bilden eine Schulter in der gleichen Höhe wie das Plateau von Toma Platta (608 m ü. M.). An den Hängen trifft man stellenweise auf lose Malmblöcke, die in der den ganzen Hügel bedeckenden, dünnen Moränenschicht stecken.

Toma Marchesa

21 m hoch, zeigt keine Aufschlüsse, ist mit einem kleinen Föhrenwald und Wiesen bewachsen. Auf der Südseite ist dieser Hügel gleich der Toma Platta auf 608 m Höhe abgeplattet. Einwohner von Ems behaupten, dass früher an dieser Stelle ein Schloss stand, doch fehlen hierfür geschichtliche Angaben und Beweise. Es ist eher anzunehmen, dass auf dem Niveau 608 m früher eine Terrasse lag. Auch hier ragen einzelne Hochgebirgskalkblöcke aus der Moräne.

Toma Falweng

39 m hoch, auf der Ost- und Nordseite mit Föhren, auf der Süd- und Westseite mit Gras bewachsen. Auf der Westseite, hinter der Sägerei liegt ein guter Aufschluss. Am häufigsten ist der Malmkalk vertreten, daneben trifft man noch auf grünes Taminser Kristallin (verkalkter Porphyr mit Albit, Apatit und Chlorit) und rostigen Doggersandstein. Die Schotteraufschlüsse sind heute schon weitgehend bewachsen, da sie seit langem nicht mehr ausgebeutet werden. Eine zusammenhängende Moränendecke umhüllt fast den ganzen Hügel.

DIE BEIDEN TOMA VON FELSBERG

In der Nähe von Felsberg liegen zwei weitere Hügel, die noch zu den Toma von Ems gehören. Beide sind heute nur noch kleine Relikte, die nach dem Aufbau von Neufelsberg und der neuen Brücke übriggeblieben sind.

Toma da Simanles

Der Hügel wird auch als Brückbühl, früher Hitzbühl bezeichnet. Er liegt auf dem rechten Rheinufer, dort wo seinerzeit die alte Brücke stand. Er ist ungefähr 10 m hoch, mit einem Aufschluss und besteht aus Bergsturzmaterial von Malmkalk. Die Basis wird aus mächtigen, geschichteten Malmblöcken gebildet. Darüber liegen kleinere Trümmer einer echten Bergsturzbreccie. Auf der Nordseite und Nordostseite herrscht Quintnerkalk, auf der Südwestseite Tithonkalk vor. Eine Moränendecke ist gut beobachtbar.

Schlossbühl oder Schulhaushügel

10 bis 12 m hoch, liegt zwischen Alt- und Neufelsberg beim Schulhaus. Er lieferte das Baumaterial für das neue Schulhaus. Neben Malmkalk besteht der Hügel aus Rötidolomit und grünem Taminser Kristallin. Da diese beiden letzten Gesteine gut geschichtet sind, nahmen Chr. Piperoff (1897) und W. Staub (1910) anstehendes oder nur wenig verrutschtes Material an. Der jetzige Aufschluss zeigt deutlichen Bergsturzcharakter. Eine starke Moränenüberdeckung ist heute noch feststellbar.

TOMA GION-GIODER

Dieser Hügel liegt am Fusse des Schuttkegels aus dem Val Mulin (Mühlebachtobel), rund 2 km südöstlich von Ems. Er ist 10 m hoch und zeigt keine guten Aufschlüsse. Bei einer kleinen Absackung auf der Ostseite erscheinen Rötidolomittrümmer. Im übrigen besteht die kleine Anhöhe aus Bündnerschieferbrocken und Bachschutt.

DIE TOMALANDSCHAFT VON CHUR

Am westlichen Ausgang der Stadt lagen früher elf kleine Erhebungen, von denen die höchste kaum eine Höhe von 20 m aufwies. Die ersten Aufzeichnungen finden wir in einer kleinen Kartenskizze von A. MORITZI (1842). Er kartierte damals neun Hügel, von denen acht aus «Calanda-Kalk» und einer aus «reinem Flysch» bestehen. Heute bezeichnen wir diese beiden Gesteinsarten als Malmkalk und sandig-tonigen bis kalkigen Bündnerschiefer. Über die Entstehung dieser Hügel kam MORITZI nicht ins klare. Entweder seien sie, so sagt er, Auswürflinge eines riesigen Vulkans in der Umgebung des Kunkelspasses oder Reste eines grossen Bergsturzes vom Calanda, Mittelberg oder Pizockel. Anstehendes Gestein schien ihm hier nicht vorhanden zu sein.

G. THEOBALD erwähnt in seiner Arbeit «Zur Kenntnis des Bündnerschiefers» (1860) nur den Köhlischen Bühl (heute Felsenau), da dieser aus Bündnerschiefer besteht.

Eine genaue Bearbeitung dieser Hügellandschaft erfolgte 1896 durch CHR. TARNUZZER. Er beschrieb zehn Erhebungen, veröffentlichte aber leider keine Karte seiner Aufnahmen. In Gegensatz zu MORITZI und THEOBALD betrachtet TARNUZZER die Churer Tomahügel als anstehendes Gestein, das mit dem Malmkalk und Rötidolomit des Calanda in Verbindung steht. Ihm erschien die Entfernung von den Hängen des Calanda als zu gross, um hier Relikte eines prähistorischen Bergsturzes annehmen zu dürfen. Die einzelnen Hügel werden von TARNUZZER wie folgt charakterisiert:

1. Köhl'scher Bühl, heute Felsenau. Besteht aus einer Schuttmasse von tonigem, sandigem und kalkigem Bündnerschiefer. Sicher kein anstehendes Gestein. Nur 7 m hoch, besitzt aber eine ansehnliche Länge.

2. Ackerbühl. 10 m hoch. An der Südwestseite sind zwei Stellen, wo Malmkalk entblösst ist. Man kann nicht erkennen, ob die Jurafelsen anstehend oder Blockmaterial sind. Auf der Südseite liegt eine Kiesgrube.

3. Walser-Bühl. Er ist weitaus der grösste unter den Hügeln der Umgebung (20 m hoch). Er ist ganz mit Vegetation bedeckt und bietet absolut keine Aufschlüsse.

4. Risch-Bühl. Er ist nur 5 m hoch, besteht aus Schuttmaterial von Malmkalk, aus Kies und Sand. Der Malmkalk ist ausgesprochen brecciös, mit feiner kalkiger und erdiger Ausfüllungsmasse.

5. u. 6. Östlich vom Risch-Bühl liegen zwei sehr niedrige Buckel, nur 1 bis 2 m hoch. Sie zeigen keine Aufschlüsse.

7. Bindschedlers-Bühl. Ungefähr 5 m hoch. Besteht aus Flussgeschiebe von Malmkalk, tonig-sandigem und glimmrigem Bündnerschiefer, Quarzit und kristallinischen Fragmenten.

8. Melzi-Bühl. Ebenfalls 5 m hoch. An diesen Hügel wurde ein Haus angebaut. Aufschlüsse fehlen vollständig.

9. Schönbühl. Ungefähr gleich hoch wie der Melzi-Bühl; zeigt Schutt und Felspartien von typischem Rötidolomit. Die Aufschlüsse lassen jedoch leider kein Urteil über die Natur des Gesteins, ob Blockmaterial oder Anstehendes, zu.

10. Grosser Malmblock in der Kaufmannschen Wiese der «Bündte». Durch Grabungen wurde eine 4 m breite Felspartie entblösst. Man gewann hier

durchaus den Eindruck, dass man es mit geschichtetem, anscheinend anstehendem Hochgebirgs- oder Malmkalk des Calanda zu tun habe, der mit nur wenigem Schuttmaterial des gleichen Gesteins bedeckt war. Dieser Block wurde für die Bauarbeiten der Bahnbrücke abgebaut. Durch Sprengungen vergrösserte man den Aufschluss (10×8 m) und erreichte eine Tiefe von über 2 m. Die innerliche Zertrümmerung des Gesteines nahm nach unten stark zu. TARNUZZER gewann zuletzt den Eindruck, dass diese Felsmasse höchstwahrscheinlich doch anstehender Fels sei. Auf dem Calanda fand er aber niemals eine ähnliche Ausbildung des Malmkalkes.

Diese Aufnahmen dienten als Unterlage für die Arbeiten von CHR. PIPEROFF (1897) und W. STAUB (1910). Diese beiden Autoren kehrten zur alten Anschauung von MORITZI und THEOBALD zurück, wonach die Hügel von Chur Relikte alter Bergstürze seien.

Heute ragen nur noch drei der elf Hügel aus der Alluvionebene bei Chur heraus. Die übrigen sind der Ausdehnung der Stadt oder dem Bahnbau zum Opfer gefallen. Diese letzten Zeugen sind:

1. Rheinfels. Er besteht aus Malmkalk, der im Keller des grossen Hauses, das heute auf dem Hügel steht, gut sichtbar ist.

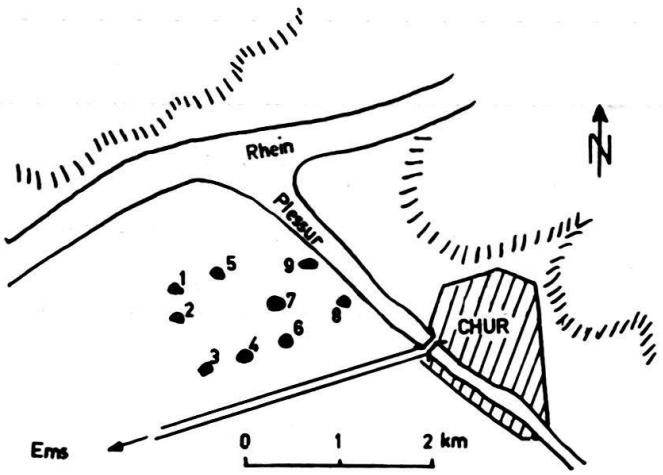
2. Walserbühl. Dieser Hügel steht am Rande des Militärübungsplatzes. Durch freundliche Mitteilung von Professor J. CADISCH erfuhr ich, dass dieser Hügel vor über 30 Jahren künstlich aufgeschlossen wurde. Im Schürfgraben, den man auf der Ostseite von unten bis oben ausgehoben hat, fand man Flussgeschiebe. Der Stollen auf der Westseite wurde in Bergsturzmaterial vorgetrieben. Die Trümmer bestanden aus Jurakalk. Heute fehlen gute Aufschlüsse auf diesem Hügel.

3. Ackerbühl. Neue Aufschlüsse sind auf diesem Hügel nicht vorhanden.

Figur 27 zeigt die Kartierungen von a) A. MORITZI, 1842; b) W. STAUB, 1910, und c) den heutigen Zustand der Churer Hügel.

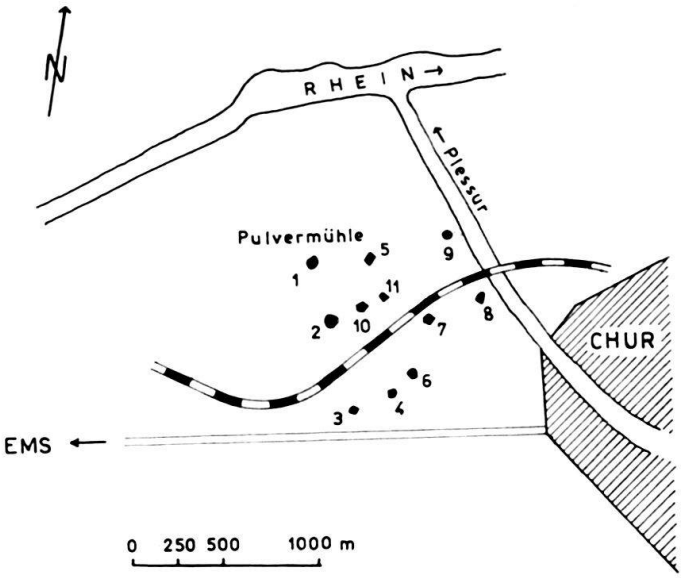
DIE SCHOTTER

Die Schotter des ganzen Gebietes sind nach unserer Auffassung hauptsächlich fluviatile Ablagerungen. Am mächtigsten sind sie zwischen Bonaduz und Rhäzüns



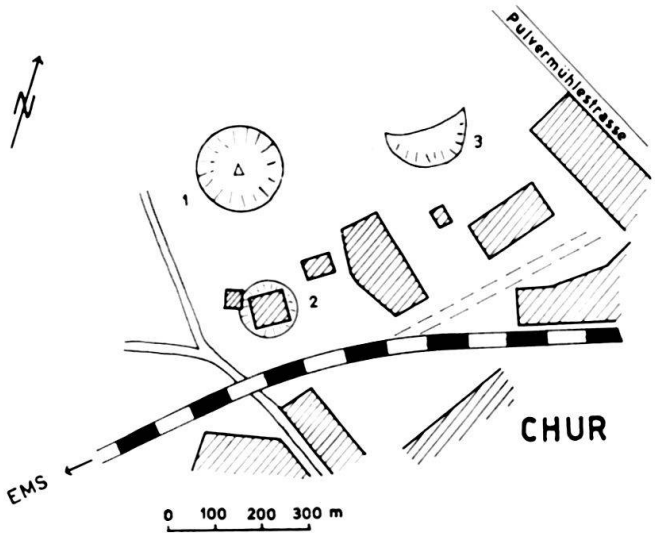
1. Risch'scher Bühel.
2. Killias'scher Bühel.
3. Kleiner Raschära Bühel (Trippel).
4. Grosser Raschära Bühel (Nadig).
5. Ebli'scher Bühel.
6. Pedolinischer Bühel.
7. Zinkischer Bühel.
8. Buolischer Bühel.
9. Köhl'scher Bühel.

a) Nach A. MORITZI (1842).



1. Walserbühl (Polentahügel).
2. Rischbühl oder Rheinfels.
3. Nicht benannt.
4. Bindschedlersbühl.
5. Ackerbühl (Pulvermühle).
6. Melzibühl.
7. Schweizer- oder Schönbühl.
8. Kaufmann'sche Bündte.
9. Köhl'scher Bühl oder Felsenau.
10. } Unbenannte Erhöhungen.
11. }

b) Nach W. Staub (1910).



1. Walserbühl.
2. Rheinfels.
3. Ackerbühl.

c) Heutiger Zustand (1956).

Fig. 27. Die Hügel westlich von Chur.

ausgebildet, wo sie stellenweise 60 m Mächtigkeit erreichen. Ihre Untersuchung ergab folgende Resultate:

Die Schotter zwischen Bonaduz und Rhäzüns

Diese Ablagerungen wurden 1954 von W. Nabholz untersucht. Nach seinen Angaben beträgt das Volumen der Gerölle 80%, des Sandes 20%.

Eine Schotterauszählung ergab folgende Werte für die verschiedenen Geröllgrössen (nach W. Nabholz, 1954):

I	Grösster Durchmesser unter 3 cm	53%
II	Grösster Durchmesser 3–7½ cm	35%
III	Grösster Durchmesser 7½–12 cm	10%
IV	Grösster Durchmesser über 12 cm	2%

Ergänzend wurde der Sand am Mineralogisch-Petrographischen Institut, Bern, gesiebt. Die prozentuale Verteilung der Korngrössen in den Siebfraktionen ist die folgende[2]):

V	Grösster Durchmesser unter 0,074 mm	16%
VI	Grösster Durchmesser 0,149–0,074 mm	12%
VII	Grösster Durchmesser 2–0,149 mm	72%

Kurve 1 in Figur 28 zeigt die prozentuale Korngrössenverteilung des ganzen Schottermaterials von Rhäzüns nach der Methode von P. NIGGLI.

In den oberen Partien der Schotterwand nimmt der Anteil der grösseren Gerölle rasch ab, um schliesslich in einen mittelfeinen Sand überzugehen. Schon 3–4 m unter diesem Übergang treten Lehmtaschen im Schotter auf. An zwei Stellen erreicht der Sand eine beträchtliche Mächtigkeit, so dass er südwestlich vom Schloss Rhäzüns und östlich von Bonaduz abgebaut wird. Die Siebanalysen des Sandes der Bonaduzer Sandgrube zeigten je nach Ort der Probeentnahme eine verschiedene Zusammensetzung der Korngrössen.

Probe 1: stammt von der Nordseite der Grube und stellt ein Gemisch aller Schichten dar. Es ist ein typischer Flußsand (Kurve 2 in Fig. 28). Die prozentuale Korngrössenverteilung (K) ist die folgende:

2 mm > K > 0,149 mm	94%
0,149 mm > K > 0,074 mm	4%
K < 0,074 mm	2%

Probe 2: wurde in der Mitte der Grube aus der obersten Schicht entnommen. Das Material ist etwas feiner als bei Probe 1, ist aber immer noch ein Flußsand (Kurve 3 in Fig. 28). Die Korngrössenverteilung lautet:

2 mm > K > 0,149 mm	54%
0,149 mm > K > 0,074 mm	35%
K < 0,074 mm	11%

Probe 3: enthält das Material aus der Schicht unterhalb Probe 2. Die Zusammensetzung ist hier ähnlich wie bei Probe 1, mit etwas mehr feineren Komponenten. Die prozentuale Verteilung ist:

2 mm > K > 0,149 mm	88%
0,149 mm > K > 0,074 mm	5%
K < 0,074 mm	7%

Kurve 4 in Figur 28 zeigt die graphische Darstellung dieses Flußsandes.

Probe 4: stammt aus einer dünnen Lehmschicht zwischen Probe 3 und Probe 4. Das gleiche Material kommt einige Meter weiter südlich in grosser Mächtigkeit (im Sommer 1956 waren 2,7 m aufgeschlossen) vor. Nach der Korngrössenverteilung könnte es sich hier um einen Hochflutlehm oder um einen verlehmten Löss handeln:

2 mm > K > 0,149 mm	10% (maximal)
0,149 mm > K > 0,074 mm	15% (maximal)
K < 0,074 mm	75% (minimal)

---

[2]) Ich möchte an dieser Stelle der Direktion des Min.-Petrogr. Institutes für die Erlaubnis, die Siebapparatur benützen zu dürfen, und Herrn ACKERMANN für seine grosse Hilfe herzlich danken.

Kurve 5 in Figur 28 veranschaulicht die prozentuale Verteilung der Korngrössen dieses Lehms.

Probe 5: Die Schicht, aus welcher diese Probe stammt, zeigt schöne Kreuzschichtung und liegt unter Probe 2, neben Probe 3. In seiner Zusammensetzung ist dieser Flußsand gleich wie Probe 1 (Kurve 2 in Fig. 28):

2 mm > K > 0,149 mm		98%
0,149 mm > K > 0,074 mm		1%
K < 0,074 mm		1%

Probe 6: ist der gleiche Lehm wie bei Probe 4. Das Material wurde 8 m weiter südlich als Probe 4 entnommen.

Probe 7: ist ein Gemisch aller Schichten am Südende der Sandgrube. Es ist wieder ein typischer Flußsand von ähnlicher Zusammensetzung wie Probe 3 (Kurve 6 in Fig. 28):

K > 2 mm		15%
2 mm > K > 0,149 mm		81%
0,149 mm > K > 0,074 mm		3%
K < 0,074 mm		1%

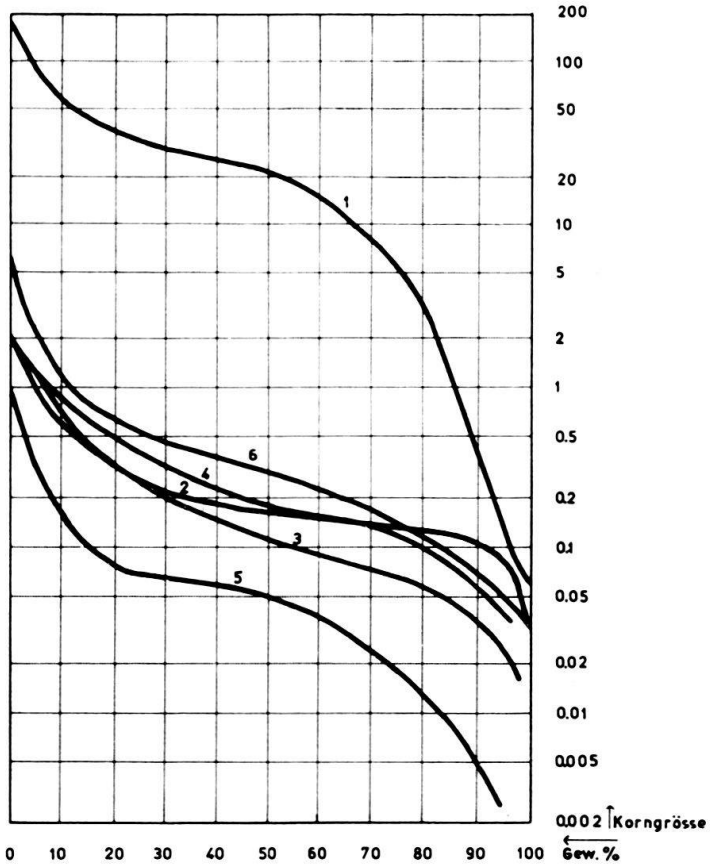


Fig. 28. Korngrössenverteilung im Schotter von Bonaduz. (Erläuterungen siehe Text.)

Eine deutliche Schichtung ist in den Schottern von Bonaduz–Rhäzüns nicht vorhanden. Eine solche konnte nur bei den Sanden festgestellt werden. Hingegen ist eine gewisse horizontale Orientierung nach der Längsachse bei den Schotter-

komponenten stets beobachtbar. Auffallend ist auch die deutliche Sortierung der Gerölle. Nirgends finden wir Komponenten über 20 cm Durchmesser. Diese Feststellung deutet darauf hin, dass die Sedimentation relativ rasch in einem langsam fliessenden Fluss erfolgt ist. Der grosse Gehalt an feinem Material zwischen den Geröllen zeugt davon, dass die Schotter nicht gewaschen, sondern in einem Stausee abgelagert wurden. Das Wasser ist aber nie für lange Zeit stehen geblieben, da wir nirgends Süsswasserkalke oder -tone finden können. Eine solche wasserdurchlässige Barriere finden wir bei Reichenau–Tamins in den Bergsturzmassen von Ils Aults und Rascheu. Das Vorhandensein von Schottermaterial zwischen den Bergsturztrümmern, eine Tatsache, die R. Gsell (1918) zu der Annahme einer mächtigen Moräne in diesem Gebiet verleitet hat, könnte durch diese Vorgänge leicht erklärt werden.

Eine Vermischung von Bergsturztrümmern mit dem Schotter konnte nur an einer Stelle, zwischen Sankt Georg und Malmsporn, sicher festgestellt werden (vgl. Seite 210). Im Schotter von Rhäzüns wurden auch einige helvetische Malmkalktrümmer gefunden, doch sind sie nur sehr spärlich vorhanden. Ihr grösster Durchmesser bleibt immer unter 7 cm, und ihre Form ist schon zum Teil abgerundet. Bei diesen Geröllen können wir nicht mehr von typischen Bergsturzablagerungen sprechen.

Die übrigen Schotter des Gebietes

Die gleichen Schotter wie zwischen Bonaduz und Rhäzüns kommen noch nördlich Bonaduz entlang der Bahnlinie und der Landstrasse nach Reichenau vor. Etwas geringer mächtig, aber von der gleichen Zusammensetzung sind die Stauschotter von Ils Aults. Sie alle sind sortiert, enthalten aber viel feines Material. Die Grösse der Gerölle nimmt nach oben ab, und überall bedeckt eine mehr oder weniger dicke Sandschicht den Schotter.

Eine andere Zusammensetzung hat der Schotter am Vorderrheinufer zwischen Ruine Wackenau und Campagna. Er ist bedeutend gröber, enthält vorwiegend Gerölle aus dem Vorderrheingebiet und wird in 15 m Höhe über dem Vorderrheinniveau von einer etwa 5 m mächtigen, aus grossen Blöcken zusammengesetzten Schicht überlagert. Die Blöcke in dieser Schicht stammen vom Flimser Bergsturz und sind etwas kantengerundet. Der Transportweg kann hierbei nur ein ganz kurzer gewesen sein. Die wahrscheinliche Entstehung dieser merkwürdigen Ablagerung wird später, bei der Behandlung der Abfolge der Vorgänge im Untersuchungsgebiet, behandelt.

Die mächtigen Schotterablagerungen setzen östlich Ils Aults unvermittelt aus, und die Talsohle liegt hier rund 60 m tiefer als bei Bonaduz. Das Fehlen dieser Sedimente bekräftigt unsere von J. Cadisch (1944) übernommene Theorie, dass die Bergsturzmassen aus der Nische nordnordwestlich Tamins eine mächtige Barriere quer zum Rheintal bei Reichenau bildeten, wodurch ein grosser Stausee entstand, der weit gegen Westen in das Vorderrheintal und gegen Süden in das Hinterrheintal reichte.

Die Terrassen bei Bonaduz und Tamins wurden erst nach dem Durchbruch des Trümmerhaufens von Reichenau durch die neu einsetzende Talerosion gebildet. Sie wurden von W. Staub (1910) genau untersucht und kartiert. Die Terrasse

von Bonaduz–Rhäzüns (rund 665 m ü. M.) kann man gegen Süden bis nach Cazis im Domleschg verfolgen. Die Zusammensetzung des Schotters, der diese Terrasse bildet, bleibt auf der ganzen Länge von 12 km im wesentlichen die gleiche. Reste dieser Bildungen konnten wir auf dem Triassporn von Pardisla feststellen.

Die Schotter werden in 5 oder 6 Kiesgruben abgebaut und für Betonzubereitung verwendet, ein Hinweis auf ihre gute Qualität und abbauwürdige Mächtigkeit.

DIE GLAZIALBILDUNGEN

Die rein glazialen Ablagerungen kommen nur vereinzelt und in geringer Mächtigkeit vor. Am besten sind sie auf Ils Aults und den Toma von Ems ausgebildet. Sie erreichen nur selten eine Mächtigkeit von über einem Meter. Ihr Material setzt sich aus Gesteinen des Vorderrheintales zusammen; eine Vermischung mit Gesteinen aus dem Hinterrheintal konnte nirgends festgestellt werden. Geringe Mächtigkeit, unzusammenhängende Verbreitung und einseitige Zusammensetzung des Moränenmaterials weisen darauf hin, dass es sich hier um einen nur kurzlebigen und nur aus dem Vorderrheintal kommenden Gletschervorstoss handelt. Auf keinen Fall dürfen wir eine der letzten grossen Eiszeiten für diese Ablagerungen verantwortlich machen.

Gewisse Schwierigkeiten bereitet die Erklärung des Vorhandenseins von Glazialablagerungen zwischen Bergsturztrümmern an einigen Stellen der Flimserbergsturzmassen und auf Ils Aults. Die Ansicht früherer Autoren, die entweder verschiedene Bergsturzphasen mit dazwischenliegenden Vereisungen und Moränenbildungen, oder Verfrachtung der Bergsturzmassen durch Gletschertransport und gleichzeitige Ablagerung dieser Trümmer mit den Moränen annahmen, muss mit der Begründung zurückgewiesen werden, dass es sich bei diesen Glazialbildungen immer nur um lokal begrenzte Linsen- und Taschenfüllungen, niemals aber um zusammenhängende Schichten handelt.

Wahrscheinlicher erscheint die Annahme, dass die obersten Schichten des Abrissgebietes vor dem Niedergang des Bergsturzes eine Moränendecke trugen, die dann beim Abstürzen mitgerissen und in einzelnen Fetzen zwischen den Bergsturztrümmern abgelagert wurde.

Die Zusammensetzung der Moränen wurde von W. Staub (1910) und R. Gsell (1918) eingehend untersucht und beschrieben.

ERGEBNISSE UND ZUSAMMENFASSUNG

Unser Untersuchungsgebiet liegt im Hinterrheintal zwischen Rodels und Tamins und im Rheintal zwischen Tamins und Chur (Fig. 1 und 30).

Anlass zur Neubearbeitung dieses Gebietes gab die bis jetzt noch nicht eindeutig gelöste Frage, ob die Hügelrelikte im Hinterrheintal zu einer ausgedehnten Wurzelzone oder zu den Trümmern eines grossen Bergsturzes gehören.

Die Talflanken des Hinterrheines nördlich des Felsenriegels von Rothenbrunnen bestehen am Westufer aus isolierten helvetischen Hügelrelikten, die in Schottern eingebettet liegen, und am Ostufer, bis zu den Anhöhen von Ils Aults, aus

penninischen Bündnerschiefern. Die Anhöhen von Ils Aults selbst werden aus helvetischen Gesteinsmassen aufgebaut. Auffallend sind die stark zerrüttete Struktur und der regellose Verlauf der Schichten der helvetischen Hügelrelikte.

a. Zerrüttung

Typische Blockstruktur zeigen der Hügel *Plazzas*, «*das kleine Felsbord*» zwischen Plazzas und Sankt Georg, die beiden *Sporne von Undrau* und vor allem die weiter südlich auf der östlichen Talseite liegenden Hügelreste *Pardisla* und *Tomba von Rodels*. Aber auch bei den übrigen, scheinbar anstehenden Felspartien ist das Gestein weitgehend aufgelockert und zersplittert. Unregelmässig verlaufende Risse und Klüfte erwecken den Eindruck starker tektonischer Beanspruchung eines anstehenden Gesteins.

b. Unregelmässige Streich- und Fallrichtungen

Streichen und Fallen weichen überall von der allgemeinen aarmassivischen Richtung stark ab, sie wechseln sogar von einem Hügel zum andern. Die Unterschiede können stellenweise so gross werden, dass die Streichrichtungen rechtwinklig gegeneinander verlaufen, wie dies beim Sporn von Isla (Streichen N 10° E) und dem Schlosshügel von Rhäzüns (Streichen N 100° E) der Fall ist.

c. Stratigraphische Schichtfolge

Die stratigraphische Reihenfolge der Schichten bleibt bei den einzelnen Hügeln merkwürdigerweise, trotz weitgehender Auflockerung des Schichtverbandes, einigermassen erhalten. Von Hügel zu Hügel ist aber der Wechsel oft sprunghaft. So besteht zum Beispiel der Sporn von Isla aus Dogger und unterem Malm, die kaum 300 m weiter südlich liegenden Anhöhen von Plazzas aus grünem, permischem Quarzporphyr des Taminser Kristallins.

d. Die Bündnerschiefer

Die penninischen Bündnerschiefer, die auf beiden Talseiten bis zu 2000 m mächtig anstehen, sind nirgends so stark aufgelockert und im Streichen und Fallen so unbeständig wie die helvetischen Schichtserien. Sie erscheinen zwischen Rhäzüns und Undrau sowie nördlich Rothenbrunnen, auf beiden Ufern des Hinterrheines, nur durch den Fluss getrennt.

Die Tatsachen *a.* bis *d.* erlauben uns *folgende Schlüsse* zu ziehen:

1. Die helvetischen Hügelrelikte im Hinterrheintal zwischen Tamins und Rodels gehören einem ausgedehnten Trümmerstrom eines grossen Bergsturzes an.

2. Eine Reliefüberschiebung der Bündnerschiefer über die helvetischen Hügelreste ist nicht erfolgt. Die weitgehende Übereinstimmung der Schichtrichtungen auf beiden Talseiten und ihr ungestörter Verlauf zeugen dafür, dass die Überschiebung der Bündnerschiefer auf einer ebenen Oberfläche und nicht über ein welliges Relief vor sich ging (Fig. 29).

3. Eine ausgewalzte Wurzelzone osthelvetischer Decken kommt in diesem Gebiet nicht vor. Die Wurzeln dieser Decken liegen wahrscheinlich unter den Alluvionen des Vorderrhein- und Rheintales. Das Hinterrheintal wurde in die gegen Osten abtauchenden Schichten der penninischen Decken eingeschnitten.

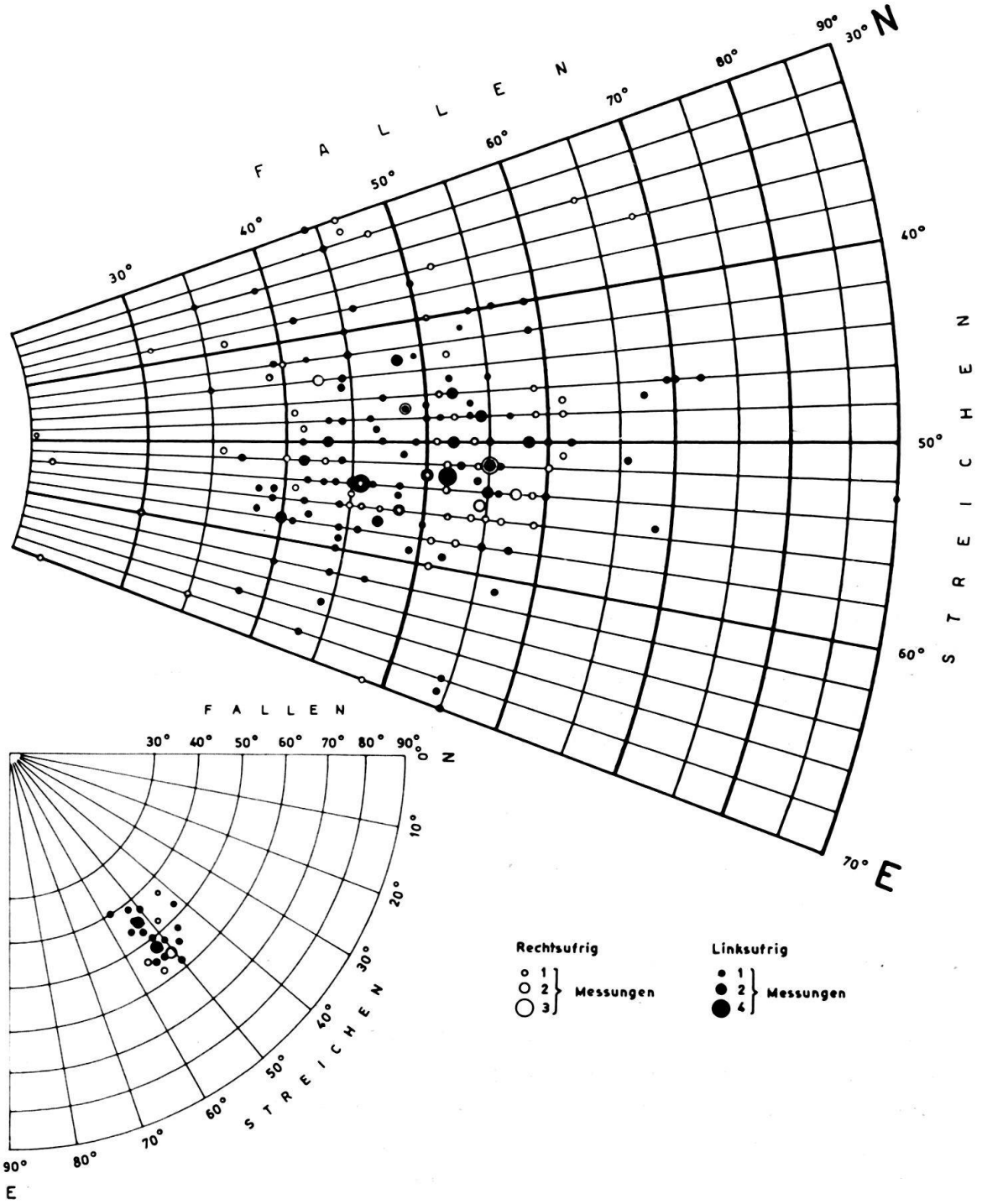


Fig. 29. Kugelprojektion der Streich- und Fallrichtungen im Bündnerschiefer zwischen Rothenbrunnen und Vogelsang auf der rechten, zwischen Rothenbrunnen und Rhäzüns auf der linken Talseite des Hinterrheines

VERMUTLICHER ABLAUF DER VORGÄNGE IM UNTERSUCHUNGSGEBIET

W. NABHOLZ (1954) vermutete auf Grund von vorläufigen Beobachtungen folgende Reihenfolge der Ereignisse:

1. Absturz der Trümmermassen von Ils Aults und Bildung der Talbarriere von Reichenau.
2. Stauung des Hinterrheines und Ablagerung der Schottermassen.
3. Niedergang eines Bergsturzes, dessen Trümmer in die Schotter hineinfuhren.
4. Eintiefung des heutigen Hinterrheintales.

Die Tatsachen, dass wir eine Vermischung von Bergsturzmaterial und Schotter nur an einer Stelle, nördlich des Malmspornes finden konnten und dass die Schotter eine regelmässige und ungestörte Ablagerung zeigen, sprechen gegen diese Theorie. Es erscheint uns wahrscheinlicher, dass sich die Schotter zwischen schon weitgehend der Erosion zum Opfer gefallenen Bergsturzmassen ablagerten. Der See, der die Voraussetzungen dafür schuf, wurde von einem zweiten, jüngeren Bergsturz aufgestaut, der das Rheintal bei Reichenau versperrte. Für die aufstauende Wirkung der Trümmermassen von Ils Aults spricht auch die Tatsache, dass die mächtigen Schotterablagerungen an dieser Talbarriere gegen Osten unvermittelt aussetzen.

Wir gelangen dazu, folgende Reihenfolge anzunehmen:

1. Niedergang des grossen Bergsturzes von Flims nach dem Rückzug des Würmgletschers. Verbarrikadierung des Vorderrheintales durch die Bergsturztrümmer zwischen Ilanz und Reichenau. Bildung eines Stausees westlich von Ilanz.
2. Niedergang des Bergsturzes aus der Nische zwischen Silberegg und Goldene Sonne. Bildung des bis in die Gegend von Rodels und Realta reichenden Trümmerstromes. Keine Anzeichen für eine Stauseebildung.
3. Starke Tiefenerosion mit Schluchtbildung im Vorder- und Hinterrheintal. Bildung einer Hügellandschaft im Hinterrheintal.
4. Niedergang des Bergsturzes aus der Nische zwischen Kunkelspass und Sessagit. Abriegelung des Rheintales bei Reichenau durch die Sturzmassen von Ils Aults und durch die Toma bei Vogelsang. Bildung eines bis in die Gegend von Cazis reichenden Stausees im Hinterrheintal.
5. Felsstürze vom Calanda nördlich Ems und Bildung der Tomalandschaft von Ems und Felsberg.
6. Ablagerung der mächtigen Schottermassen zwischen den Bergsturzhügeln bei Bonaduz–Rhäzüns und im Domleschg bis Cazis. Auffüllen des einstigen Vorderrheinlaufes bei der Ruine Wackenau. Abrutschen der Doggerschollen bei Rhäzüns und auf Undrau während der Schottersedimentation. Zwischen 5. und 6. besteht keine lange zeitliche Pause.
7. Kurzandauernder Vorstoss des Rheingletschers bis in die Umgebung von Chur (Churer Stadium nach R. STAUB, 1939). Ablagerung der geringmächtigen und unzusammenhängenden Moränen auf den Bergsturzhügeln.
8. Einschneiden und Durchbruch des heutigen Vorder- und Hinterrheinlaufes. Bildung der Terrassen von Bonaduz und Tamins (Ausräumungslandschaft).

GEDANKEN ZUM MECHANISMUS DER BERGSTÜRZE

Es muss sich südlich von Reichenau um zwei zeitlich voneinander getrennte Abstürze handeln. Die von verschiedenen Abrissnischen stammenden Trümmer bilden zwei noch heute zum Teil gut abgrenzbare Ströme.

Nach ALB. HEIM (1932) werden die Trümmer eines Bergsturzes in der Regel horizontal in der gleichen Reihenfolge abgelagert, in der sie vor dem Absturz im Anstehenden vertikal vorlagen. Die untersten Schichten werden demnach am weitesten vom Anstehenden entfernt zu liegen kommen.

In unserem Fall liegt das permische Taminser Kristallin zu unterst. Darüber folgen die Gesteine der Trias, des Dogger und des Malm. Die gleiche Reihenfolge finden wir im Trümmerstrom von Süden gegen Norden gehend zweimal nacheinander vor. Die südlichsten Hügel, Tomba von Rodels und Pardisla, bestehen aus permischen Quarzporphyren und Triasdolomit mit Quartenschiefer. Weiter im Norden, auf Undrau, treten Trias und Dogger, am Schlosshügel von Rhäzüns hauptsächlich Dogger, am Malmsporn Dogger und Malm, auf. Sankt Georgshügel und «das kleine Felsbord» bilden mit ihren Trias- und Doggertrümmern nicht die Fortsetzung der vorher erwähnten Reihenfolge. Es ist möglich, dass diese Gesteinstrümmer im Anstehenden zu den oberen Partien der Falte an der Goldenen Sonne gehört haben und somit in richtiger Abfolge abgelagert wurden. Die Abrissnische, aus der alle diese Gesteine stammen, läge östlich des Kunkelspasses zwischen Silberegg und Goldene Sonne.

Der zweite Trümmerstrom, dessen südlichste Ausläufer die Hügel Plazzas, Isla und Ils Aults bilden, zeigt eine ähnliche stratigraphische Reihenfolge: im Norden Malm und Dogger, im Süden vorwiegend Trias und Perm. Seine Abrissnische liegt auf der Westseite des Kunkelspasses und bildet die senkrechten Wände nordnordwestlich von Tamins. Die Tatsache, dass wir in den Trümmern von Plazzas und Ils Aults die gleichen Albit-Chloritschiefer des Taminser Kristallins vorgefunden haben, die im Lavoytobel, westlich und nordwestlich von Tamins anstehen, bekräftigt unsere Annahme, dass dieser Bergsturz aus einer Nische westlich des Kunkelspasses stammen muss.

LITERATURVERZEICHNIS

ADRIAN, H. (1939): *Rhonetal bei Sierre.* Schweiz. Lehrerztg., 87. Jg. Nr. 35, Zürich.

AMPFERER, O. (1934a): *Neue Wege zum Verständnis des Flimser Bergsturzes.* Sitz.-Ber. Akad. Wiss. Wien, Abt. I, *143*, 3. u. 4. H.

– (1934b): *Über die Gleitformung der Glarner Alpen.* Ebenda.

– (1934c): *Tektonische Studien im Vorderrheintal.* Ebenda.

– (1936): *Waren die Alpen zwischen Würmeiszeit und Schlussvereisung unvergletschert?* Ebenda, *145*, 7.–10. H.

ARBENZ, P. (1909): *Die Wurzelregion der helvetischen Decken im Hinterrheintal bei Bonaduz und Rhäzüns.* Ecl. geol. Helv. *10*/6.

– (1910): *Berichtigung der Angaben über das Domleschg.* Verh. schweiz. naturf. Ges. 93. Jvers. *1*, Basel.

– & STAUB, W. (1910): *Die Wurzelregion der helvetischen Decken im Hinterrheintal und die Überschiebung der Bündnerschiefer südlich Bonaduz.* Vjschr. naturf. Ges. Zürich, Jg. *55*.

BALTZER, A. (1875): *Über einen neuerlichen Felssturz am Rossberg, nebst einigen allgemeinen Bemerkungen über derartige Erscheinungen in den Alpen.* N. Jb. Miner. etc. 1875.

– (1880): *Über Bergstürze.* N. Jb. Miner. etc. *2*, 1880 und Jb. SAC 10. Jg. 1875.

BLUMENTHAL, M. (1911): *Geologie der Ringel-Segnesgruppe.* Beitr. geol. Karte Schweiz [NF] 33.
– (1912): *Der Calanda.* Ebenda [NF] 39.
BRUNNER, H. (1949): *Die Landschaft von Chur und Umgebung.* Geogr. Helv. *4*, Nr. 2.
BRÜCKNER, W. (1940): *Die geologischen Verhältnisse an der Basis der Säntisdecke zwischen Wallenstadt und Wäggital.* Eclogae geol. Helv. *33*/1.
BUCK, D. (1921): *Stürzende, gleitende und fliessende Gesteinsbewegungen in der Schweiz.* Jb. Stiftschule Maria-Einsiedeln.
BUGGE, A. (1937): *Les éboulements de montagne envisagés d'un point de vue topographique et géologique.* Norges geol. Undersøhelse, Oslo.
BURRI, C. (1930): *Sedimentpetrographische Untersuchungen an alpinen Flußsanden.* Schweiz. min. petr. Mitt. *9*, 2.
BUSS, E. & HEIM, ALB. (1881): *Der Bergsturz von Elm* (Wurster & Co. Verlag, Zürich).
CADISCH, J. (1931): *Zur Geologie der Schweizer Mineral- und Thermalquellen.* Verh. naturf. Ges. Basel *42*.
– (1936): *Geologie der Schweizer Mineral- und Heilquellen.* Mitt. aus d. Gebiet d. Lebensmitteluntersuchg. u. Hygiene *28*/4 u. 5.
– (1944): *Beobachtungen im Bergsturzgebiet der Umgebung von Reichenau und Rhäzüns.* Eclogae geol. Helv. *37*/2.
– (1953): *Geologie der Schweizralpen.* II. Auflage, (Wepf & Co. Basel).
CHOFFART, M. (1878): *Mélanges d'horizons stratigraphiques par suite des mouvements du sol.* C. r. Congr. int. Géol. Paris.
COLLET, L. (1947): *La géologie du versant sud du Massiv de Gastern.* Eclogae geol. Helv. *40*/2..
ESCHER, J. C. (1809a): *Über Bergstürze in der Schweiz.* Njbl. naturf. Ges. Zürich.
– (1809b): *Etwas über Bergschlipfe.* Sammler für Bünden, H. 3, Bregenz.
FRECH, F. (1898): *Über Muren.* Z. deutsch. u. öster. Alpenver. *39*, München.
FRÜH, J. (1886 bis 1898): *Die Erdbeben in der Schweiz.* Ann. schweiz. meteor. Centralanst. Bern.
GASSMANN, F. (1955): *Ernst Wanner.* Nekrolog.
GERLACH, H. (1883): *Die Penninischen Alpen.* Beitr. geol. Karte Schweiz. 27. Lfg.
GIRARDIN, P. (1922): *Formes d'arrachement dans le Lias des Alpes et décollements sur le flanc des grands versants.* Eclogae geol. Helv. *16*.
GOGARTEN, E. (1909): *Terrainbewegungen in der Schweiz.* Naturw. Wschr., Berlin.
GSELL, R. (1918): *Beitrag zur Kenntnis der Schuttmassen im Vorderrheintal.* Naturf. Ges. Graub. *58*.
HARTUNG, G. (1884): *Das alte Bergsturzgebiet von Flims* (Pormetter Verlag, Berlin).
HEIM, ALB. (1882): *Über Bergstürze.* Njbl. naturf. Ges. Zürich.
– (1883): *Der alte Bergsturz von Flims.* Jb. SAC *38*.
– (1890): *Projekt für eine normalspurige Alpenbahn von Chiavenna nach Chur* (Zürcher & Furrer Verlag, Zürich).
HEIM, ALB. & SCHMIDT, C. (1890): *Exkursionsberichte im Gebiet der Bündnerschiefer.* Eclogae geol. Helv. *2*.
HEIM, ALB. (1891): *Geologie der Hochalpen zwischen Reuss und Rhein.* Beitr. geol. Karte Schweiz. 25. Lfg.
– (1898): *Geologisches Gutachten über das Projekt «Rheinlinie» der Oberländerbahn* (Zürcher & Furrer Verlag, Zürich).
– (1911): *Beobachtungen aus der Wurzelregion der Glarnerfalten.* Beitr. geol. Karte Schweiz [NF] *31*.
– (1919): *Geologie der Schweiz.* Bd. 2 (Tauchnitz Verlag, Leipzig).
– (1932): *Bergsturz und Menschenleben.* Vjschr. naturf. Ges. Zürich *77*/20.
HÜGI, TH. (1941): *Zur Petrographie des östlichen Aarmassivs und des Kristallins von Tamins.* Schweiz. min. petr. Mitt. *21*.
– (1942): *Über ein Schwefelvorkommen bei Tamins.* Schweiz. min. petr. Mitt. *22*.
HELBLING, R. (1938): *Zur Tektonik des St. Galler Oberlandes und der Glarneralpen.* Beitr. geol. Karte Schweiz [NF] *76*.
– (1948): *Photogeologische Studien in der Schweiz* (Orell-Füssli Verlag, Zürich).
JÄCKLI, H. (1944): *Zur Geologie der Stätzerhornkette.* Eclogae geol. Helv. *37*/1.

KOPP, J. (1925): *Beiträge zur Geologie des Lugnez, des Safientales und des Domleschg.* Eclogae geol. Helv. *19*/1.

KRAUS, E. (1947): *Stauvergriesung über der Nordalpinen Narbe.* N. Jb. Min., Geol. etc. 1945–1948/1–4.

LUGEON, M. (1910): *Sur l'éboulement de Sierre.* P. V. Soc. vaud. Sci. natur.

– (1914–1918): *Les Hautes Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander.* Beitr. geol. Karte Schweiz [NF] *30.*

MACHATSCHEK, FR. (1928): *Talstudien in der Innerschweiz und Graubünden.* Mitt. geogr. Ges. Zürich *27* u. *28.*

MONTANDON, F. (1933): *Chronologie des grands éboulements alpins.* Matér. pour l'étude des calamités, Genève.

MORITZI, A. (1842): *Notice sur les collines de Coire.* Biblioth. Univers. Genève.

NABHOLZ, W. (1948a): *Das Ostende der mesozoischen Schieferhülle des Gotthard-Massivs im Vorderrheintal.* Eclogae geol. Helv. *41*/2.

– (1948b): *Notiz über das Ostende der mesozoischen Schieferhülle des Gotthard-Massivs im Vorderrheintal.* Verh. naturf. Ges. St. Gallen.

– (1954): *Neue Beobachtungen im Bergsturzgebiet südlich Reichenau–Tamins.* Verh. naturf. Ges. Basel *65*/1.

NÄNNY, P. (1946): *Neuere Untersuchungen im Prätigauflysch.* Eclogae geol. Helv. *39*/1.

NIEDERER, J. (1941): *Der Bergsturz am Flimserstein. Fidaz, am 10. April 1939.* Jber. naturf. Ges. Graub. *77.*

OBERHOLZER, J. (1900): *Monographie einiger prähistorischer Bergstürze in den Glarneralpen.* Beitr. geol. Karte Schweiz [NF] *9.*

– (1908): *Die Überfaltungsdecken auf der Westseite des Linthtales.* Eclogae geol. Helv. *10*/1.

– (1933): *Geologie der Glarneralpen.* Beitr. geol. Karte Schweiz [NF] *28.*

OBERHOLZER, J. & HEIM, ALB. (1934): *Zu O. Ampferers «Flimser Bergsturz» und «Gleitformung der Glarner Alpen».* Eclogae geol. Helv. *27*/2.

PIPEROFF, CHR. (1897): *Geologie des Calanda.* Beitr. geol. Karte Schweiz [NF] *7.*

PIWOWAR, A. (1903): *Über Maximalböschungen trockener Schuttkegel und Schutthalden.* Diss. Zürich (Zürcher & Furrer Verlag, Zürich).

ROTHPLETZ, A. (1883): *Zum Gebirgsbau der Alpen beiderseits des Rheins.* Z. deutsch. geol. Ges. *35.*

– (1894): *Ein geologischer Querschnitt durch die Ostalpen.* (Schweizerbartsche Verlagshandl. Stuttgart).

– (1900): *Geologische Alpenforschung.* Bd. I (Lindauersche Buchhandlung München).

SANDBERG, C. G. S. (1926): *Einiges über die Zentral-, sogenannten «herzynischen», Massive der westlichen Alpen und die rezenten Vulkanausbrüche in dieser Zone.* Z. deutsch. geol. Ges. *27*/1.

SCHMIDT, C. (1891): Anhang zu: *Geologie der Hochalpen zwischen Reuss und Rhein von Alb. Heim.* Beitr. geol. Karte Schweiz, 25. Lfg.

SCHUMACHER, G. (1927): *Geologische Studien im Domleschg.* Jb. phil. Fakultät II. Univers. Bern *7.*

STAUB, R. (1924): *Bau der Alpen.* Beitr. geol. Karte Schweiz [NF] *52.*

– (1939): *Altes und Neues vom Flimser Bergsturz.* Verh. schweiz. naturf. Ges., Chur, 1938.

– (1954): *Der Bau der Glarneralpen* (Verlag Tschudi & Co. Glarus).

STAUB, W. (1910): *Die Tomalandschaften im Rheintal von Reichenau bis Chur.* Jber. geogr. Ges. Bern *22.*

TARNUZZER, CHR. (1896): *Geologische Beobachtungen während des Baues der Rhätischen Bahn bei Chur und Reichenau.* Jber. naturf. Ges. Graub., *39.*

– (1899): *Geologische Beobachtungen in der Umgebung von Chur.* Ebenda *42.*

– (1901a): *Ein diluvialer Bergsturz der Bündnerschieferzone auf der Flimserbreccie von Valendas.* Ebenda *44.*

– (1901b): *Glazialreste von Chur und Filisur.* Ebenda *44.*

– (1913): *Die bisherige Erdbebenforschung in der Schweiz und ihre Resultate für Graubünden.* Ebenda *54.*

– (1916): *Graubündner Alpen.* Clubführer SAC.

THEOBALD, G. (1857): *Nachträgliches über den Calanda.* Jber. naturf. Ges. Graub., *2.*

– (1860): *Zur Kenntnis des Bündnerschiefers.* Ebenda, *5.*

– (1863): *Geologische Beschreibung von Graubünden.* Beitr. geol. Karte Schweiz. 2. Lfg.

TOLWINSKI, K. (1910): *Die Grauen Hörner*. Vjschr. naturf. Ges. Zürich *55*/3 u. 4.

WEBER, J. (1915): *Der Bergsturz von Sierre*. SAC-Clubführer, Zürich.

WYSSLING, L. (1950): *Zur Geologie der Vorabgruppe*. Diss. ETH Zürich (Feldegg AG. Buchdruckerei).

KARTEN

Landeskarte der Schweiz 1:50000. Blatt 247: *Sardona*. Blatt 257: *Safiental*.

HELBLING, R. (1948): *Östliche Tödikette* 1:25000.

OBERHOLZER, J. (1920): *Geologische Karte der Alpen zwischen Linthgebiet und Rhein*. Spezialkarte 63. 1:50000.

– (1942): *Geologische Karte des Kantons Glarus*. Spezialkarte 117. 1:50000.

WEBER, FR. (1922): *Tektonische Übersicht des Wurzelgebietes der helvetischen Decken*. Spezialkarte 101A. 1:100000.

– (1924): *Geologische Karte des Tödi-Vorderrheintal-Gebietes*. Spezialkarte 100A. 1:50000.

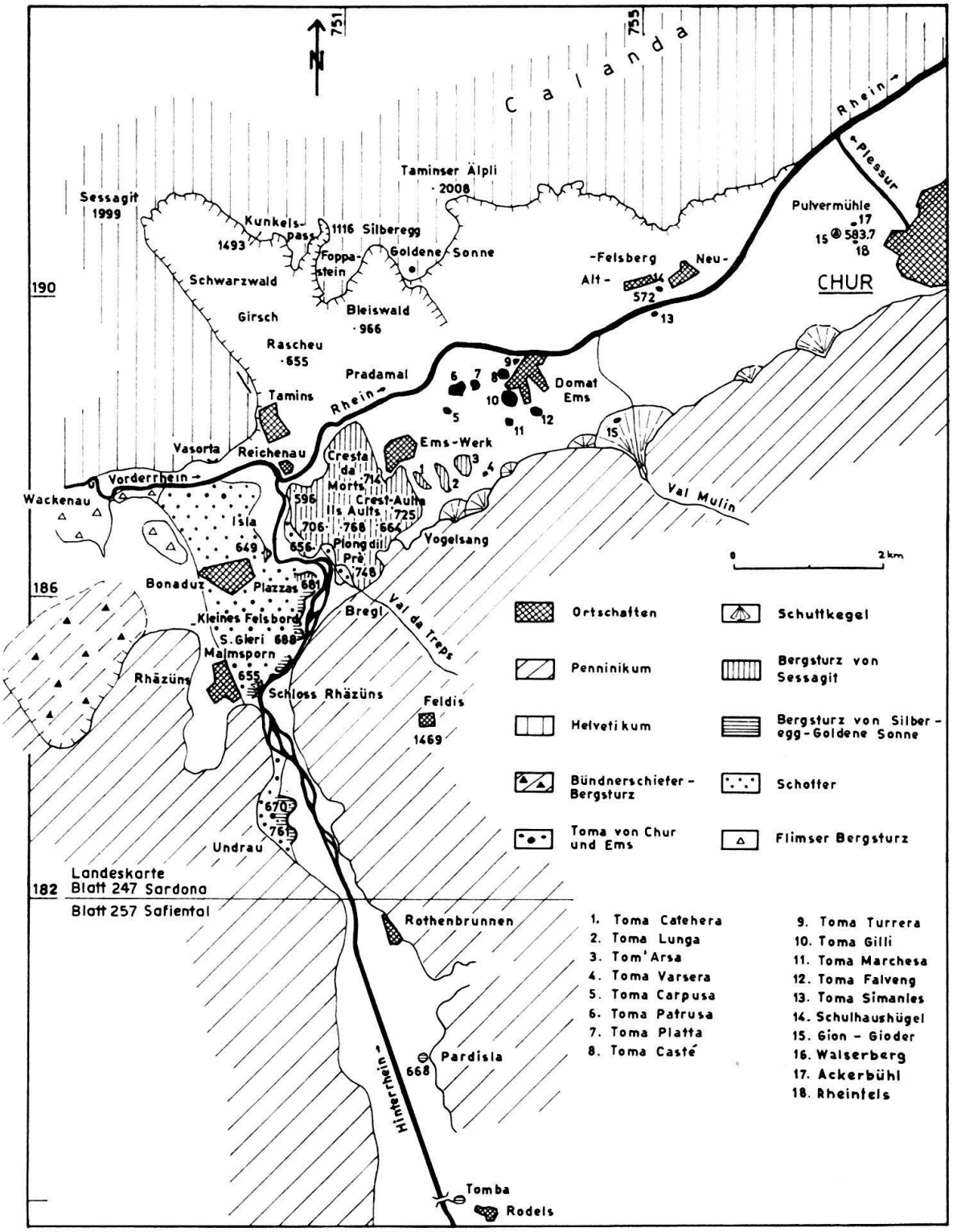


Fig. 30. Tektonische Übersichtsskizze des untersuchten Gebietes zwischen Chur und Rodels.