

Zeitschrift: Jahresbericht der Geographischen Gesellschaft von Bern
Herausgeber: Geographische Gesellschaft Bern
Band: 47 (1963-1964)

Artikel: Beitrag zur Morphologie und Glaziologie des Muggiotales und angrenzender Gebiete
Autor: Renfer, Hans
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-324034>

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: 05.02.2026

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

HANS RENFER
BEITRAG ZUR MORPHOLOGIE
UND GLAZIOLOGIE DES
MUGGIOTALES UND ANGRENZENDER GEBIETE

VORWORT

Die vorliegende Arbeit ist entstanden auf Anregung und unter Leitung von Herrn Prof. Dr. F. Gygax, dem Direktor des Geographischen Institutes der Universität Bern. Es ist mir ein Bedürfnis, meinem Lehrer auch an dieser Stelle für seine Anteilnahme und seinen persönlichen Einsatz während verschiedener Feldbegehungen, auf denen er mich ganz besonders mit Problemen eiszeitlicher Verhältnisse vertraut machte, sowie für die Vermittlung der wissenschaftlichen Grundlagen in der eigentlichen Studienzeit aufrichtig zu danken.

Besonders danken möchte ich auch dem Verwaltungsrat der Stiftung Dr. Joachim de Giacomini und der Geographischen Gesellschaft Bern, welche mir beide namhafte Beiträge an die Druckkosten zuerkannt haben. Es bedeutet mir zudem eine Ehre, daß die Geographische Gesellschaft Bern diese Arbeit in ihrem Jahresbericht veröffentlicht.

HANS RENFER

INHALTSVERZEICHNIS

I. Allgemeiner Überblick

1. Das Untersuchungsgebiet	5
2. Geologie und Tektonik	9
3. Eiszeitliche Verhältnisse	12
A. Verhältnisse im Alpenvorland	12
B. Verhältnisse am Ausgang der Alpentäler	16

II. Das Muggiotal

1. Morphometrie	18
A. Die hypsographische Kurve	18
B. Kurve der Flächenanteile, Böschungskarte	19
C. Die mittlere Höhe	21
D. Reliefenergie	24
E. Morphometrische Gesteinsanalyse	27
2. Eiszeitliche Verhältnisse	30
A. Allgemeines	30
B. Valle di Muggio und Becken von Chiasso	33
C. Schwelle von Novazzano	40
D. Die Endmoränen von Stabio	41
E. Faloppio	42
3. Das Flußnetz	44
A. Allgemeines	44
B. Zusammenfassung der Ergebnisse	45
C. Die Abhängigkeit des heutigen Flußnetzes von der Kleintektonik	46
D. Einfluß von Bergstürzen auf das Flußnetz	58
E. Einfluß der Vergletscherung auf das Flußnetz	58
4. Talgeschichte	63

III. Flußverlegungen

1. Frühere Flußläufe am Ausgang des Muggiotalet	67
A. Ponteganalauf	67
B. Epigenese von Ponte	71
C. Brückenrinne	71
2. Morphologische Betrachtungen	72
3. Schlußfolgerungen	74
Sommario	76
Abbildungen	77
Literaturverzeichnis	83

I. ALLGEMEINER ÜBERBLICK

1. DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET

Im Hauptteil der vorliegenden Arbeit befasse ich mich nicht nur mit dem südlichsten Schweizer Tal, dem eigentlichen Muggiotal, das heißt dem Mittellauf der Breggia S¹ Scudellate und der Mündungsschlucht S von Morbio Sup., sondern mit dem gesamten Einzugsgebiet der Breggia oberhalb der Straßenbrücke zwischen Castel S. Pietro und Morbio Sup. Wenn im folgenden vom Muggiotal die Rede ist, so ist damit dieses ganze Gebiet samt den Nebentälern V. della Crotta, V. Luasca, Vallaccia usw. gemeint. Im Unterschied zu dem als «Breggia» bezeichneten Hauptbach wird derjenige im V. della Crotta «Breggia della Crotta» genannt.

Die Untersuchungen über Flußverlegungen der Breggia und eiszeitliche Verhältnisse erstrecken sich zusätzlich über das Vorland des Muggiotales, also die Gegend zwischen Mendrisio–M. Olimpino einerseits, Morbio Sup.–Faloppio andererseits.

Als *topographische Unterlage* dienten die Blätter 1353, 1373, 1374 der Landeskarte der Schweiz (=LK) im Maßstab 1:25 000, auf welchen mit Ausnahme der von den Blättern 287 und 296 der LK 1:50 000 erfaßten Randzonen des P. della Croce und des SW-Teiles des Faloppiomoränenamphitheaters² das gesamte Untersuchungsgebiet dargestellt ist. Orts- und Flurbezeichnungen wurden ausschließlich diesen fünf Karten entnommen. Für Höhenbestimmungen, besonders in den eng eingeschnittenen Nebengräben der Breggia, mußte zusätzlich ein barometrischer Höhenmesser benützt werden. Die Fehlergrenze bei Höhenangaben wird in unserem Fall ± 20 m nicht überschreiten. Für Untersuchungen im schweizerischen Teil des Gebietes standen zudem Pläne der Eidgenössische Landestopographie im Maßstab 1:5 000 und 1:10 000 sowie Luftaufnahmen zur Verfügung.

Die *Grenze des engern Untersuchungsgebietes* verläuft von der projektierten Abflußmeßstation auf 380 m ü. M., zwischen der Breggiabrücke W Morbio Sup. und Pt. 387 (V. della Creda), nach NW steil hinauf gegen Pt. 895.8, dann sanft ansteigend über den die Wasser trennenden Rücken, ein solcher wird in diesem Gebiet häufig als «Dosso» bezeichnet, nach N gegen den NNE–SSW verlaufenden Hauptgrat des M. Generoso. Dieser Kamm wird N von Bella Vista erreicht. Der Generoso (1701,3 m) ist der höchste Punkt unseres Gebietes. Von hier fällt dessen Grenze mit derjenigen unseres Landes bis zur Cima della Piancaccia (1610 m) und weiterhin, nunmehr ganz in Italien verlaufend, mit der Umrandung des Breggiaquell-

¹ S = Süden, südlich. Analoges gilt für N, W, E, SW usw.

² In der italienischen Literatur finden wir die Bezeichnung «Moränenamphitheater» (= anfiteatro morenico) für konzentrische Endmoränenwälle der diluvialen Gletscherzungen. SAIBENE (1950) macht darauf aufmerksam, daß wegen der Halbkreisform dieser Bogen der Ausdruck «Moränentheater» angebrachter wäre.

gebietes zusammen. Dieses wird auf der E-Seite vom Alpweidegebiet des P. della Croce (1491 m) dominiert. Von diesem Gipfel fällt die Gebietsgrenze in mehreren Stufen nach SSE gegen A. di Cerano (970 m) und steigt auf der andern Seite zu dem von vielen Klüften und andern tektonischen Störungen durchsetzten Kalkklotz des Sasso Gordona (1410 m) an. Halbkreisförmig verläuft nun die Grenze auf der Wasserscheide gegen den Lago di Como bis zum M. Bisbino, halbkreisförmig, jetzt leicht nach N ausbiegend, weiter über Pt. 1241.3–Sella Cavazza–nach Pra Piano. In der Gegend S des Sasso Gordona fällt auf, daß Landes- und natürliche Grenze nur selten zusammenfallen. S von Pra Piano zieht die Gebietsgrenze weiter über Pt. 1065.0–Colmanetta–S. Martino, dann geradlinig zur Abflußstation.

Interessanterweise ist auf einer ums Jahr 1400 vermutlich in Venedig entstandenen Karte der Lauf der Breggia in charakteristischer, jedoch überdimensionierter Art dargestellt worden; eingetragen sind zudem die Ortschaften Vacolo (= Vacallo), Comayo (= Caneggio) und Miò (= Muggio). Dieses liebevoll hervorgehobene Detail fällt deshalb besonders auf, weil die Karte im Maßstab 1:730000 das ganze italienische Gebiet zwischen Rom und den oberitalienischen Seen wiedergibt. Das Pergament wird als Manuskript 1816 in der Straßburger Universitätsbibliothek aufbewahrt und ist «Die vermutlich älteste Karte mit Darstellungen von Teilen des Tessins» (GRENACHER, 1949).

Im Muggiotal liegen für den Morphologen insofern besondere Verhältnisse vor, als es möglich ist, in dem petrographisch einheitlichen Gebiet, die Triasfetzen von Muggiasca sind morphologisch bedeutungslos, den Einfluß von Schichtneigung, Klüftung oder sonstiger tektonischer Beanspruchung des Gesteins auf die endogenen Vorgänge aufzudecken, ohne daß irgendwelche Einflüsse wegen verschiedenartiger Gesteinsformationen berücksichtigt werden müssen. Diese lithologische Einförmigkeit ist der Grund, warum das Muggiotal noch nie Gegenstand einer geologischen Spezialuntersuchung wurde. Hinweise geologisch-tektonischer Art finden sich in den Arbeiten von VONDERSCHMITT (1940), KUHN und VONDERSCHMITT (1953), Ergebnisse eingehender Untersuchungen aus dem Nordgebiet in derjenigen von BERNOULLI (1964). Das Vorland des Muggiotales bis ins Becken von Chiasso ist hingegen auch für Geologen interessant, zeigt doch die Mündungsteile der Breggia ein sehr schönes, vom Jura bis ins Quartär reichendes Profil, welches Ziel zahlreicher Begehungen durch in- und ausländische Forscher wurde. Die grundlegende Beschreibung dieses Profils stammt von ALB. HEIM (1906). – Für weitere Angaben über geologische Arbeiten sei auf das folgende Kapitel verwiesen.

Auch geographisch-morphologische Spezialarbeiten über das engere Untersuchungsgebiet fehlen. Einzig ANNAHEIM (1936 a, besonders S. 90–92) befaßt sich im Rahmen seiner sich über den ganzen Südtessin erstreckenden Studien mit den Terrassen des Muggiotales, der Frage ihrer Rekonstruktion zu ehemaligen Talböden und deren Altersbestimmung. In den geographischen Arbeiten über das

weitere Untersuchungsgebiet werden Probleme der Diluvialablagerungen des italienischen Faloppio (SAIBENE, 1950) und des nach W anschließenden Gebietes (NANGERONI, 1954 a) erörtert.

Tabelle 1. *Bevölkerungsbewegung im schweizerischen Teil des Muggiotales*¹.

Gemeinde	Bevölkerungszahl				Änderung der Anzahl ständig in der Landwirtschaft Beschäftigter von 1939–1955 in Prozenten
			Maximum		
	1960	Änderung seit 1950 in Prozenten	Jahr	Änderung bis 1960 in Prozenten	
Bruzella	179	— 3,8	1900	—27,5	—52,3
Cabbio	205	—24,6	1900	—42,3	—36,5
Caneggio	343	—12,7	1910	—26,2	—58,9
Casima	73	— 5,2	1850	—51,0	—68,9
Monte	54	—37,2	1850	—68,0	—15,4
Morbio Sup.	326	— 0,3	1910	— 7,9	—61,2
Muggio	395	—16,7	1880	—39,9	—31,9
Castel S. Pietro ²	1146	+ 1,3	1960	—	— 1,9

Wie in vielen Nebentälern des Kantons Tessin ist auch im Muggiotal ein Rückgang der Bevölkerungszahl festzustellen. Einer eigentlichen Entvölkerung des Tales konnte aber durch Verbesserung der Verkehrsverhältnisse in letzter Zeit entgegengetreten werden. Straßenbauten ermöglichen Postautoverbindungen und damit Pendlerbewegungen bis hinauf nach Scudellate und Roncapiano. Für Automobile befahrbare Straßen führen ins V. della Crotta: von Bruzella nach Crotta, von Cabbio einerseits nach Ugghine andererseits hinauf nach Gaggio. A.³ della Bolla kann ab Muggio über Rondagno, Bonello ab Cabbio durchs V. Luasca per Auto erreicht werden. Nach Bella Vista gelangt man neuerdings nicht nur über Mendrisio–Somazzo, sondern auch ab Castel S. Pietro über Obino–Caviano–Dosso Bello–Balduana. An einer Abzweigung dieser Straße nach Muggiasca wird gegenwärtig gearbeitet. Von Italien aus sind A. d'Orimento, A. di Cerano, Colma di Schignano, M. Bisbino ebenfalls mit dem Auto erreichbar. Trotz diesen zahlreichen

¹ Zusammengestellt nach Angaben des Eidg. Statistischen Amtes von 1945, 1960, 1961, mit Angaben über die Volkszählungen von 1850, 1870, 1880, 1888, 1900, 1910, 1920, 1930, 1941, 1950, 1960 und die Betriebszählungen von 1939 und 1955.

² Diese Gemeinde verfügt im Muggiotal nur über Wald- und Weidegebiet und ist ganz gegen die aufstrebenden Zentren Chiasso und Mendrisio orientiert.

³ A. = Alpe

ausgebauten Straßen, auf der LK sind sie größtenteils noch nicht kartiert, und den damit verbundenen Erleichterungen wurde der Rückgang der Landwirtschaft nicht aufgehalten, die Bewirtschaftung ungünstig gelegener Parzellen aufgegeben. Ortsansässige zeigen auf der rechten Talseite bei Monte nunmehr von Buschwald bewachsene ehemalige Wiesen und Weiden. Bei einem Gang entlang der Breggia trifft man auf zerfallende Häuser, aufgegebene (S-Seite des Carnaamänders, NE Càmpora) oder nur noch ausnahmsweise im Betrieb stehende (bei Pt. 505 an der Mündung des V. della Crotta) Mühlen. Als Angestellte bei Bahn und Zoll in Chiasso finden viele ein leichteres Auskommen als in der Landwirtschaft. Das wirtschaftliche Schwergewicht, wenn überhaupt von einem solchen gesprochen werden darf, beschränkt sich auf die geländemäßig günstige Zone zwischen Muggio und Morbio Sup., hauptsächlich zwischen letzterem und Bruzella. Die Dörfer auf der E Talseite übertreffen diejenigen auf der gegenüberliegenden an Zahl, Größe und Bedeutung. In Cabbio befindet sich sogar eine Limonade-, in Morbio Sup. und Bruzella eine Uhrenfabrik.

Die Wasserbeschaffung stellt in diesem relativ hochgelegenen Kalkgebiet, der M. Generoso ist der höchste Gipfel zwischen Ceresio und Lario, für einzelne Gegenden besondere Probleme. Während im trockenen Sommer 1962 in Scudellate sehr einschneidende Beschränkungen in der Wasserversorgung vorgenommen werden mußten, verfügte das noch höher gelegene Erbonne auf der andern Talseite ständig über genügend Wasser. Auf bedeutende Resurgenzen weisen auch die in Trockenzeiten relativ wasserreichen V. della Crotta und V. della Creda (N Morbio Sup.). Zur Erfassung des Wasserhaushaltes im Muggiotal und dessen Nachbargebieten wurden im Sommer 1963 unter der Leitung von Prof. Gygax¹ die folgenden Niederschlagstotalisatoren aufgestellt:

	Koordinaten	Höhe ü. M.
1. Generoso	722 425/087 410	1600
2. Scudellate	724 770/086 540	735
3. Bonello	725 850/086 175	1110
4. Dosso Bello	722 575/083 250	1100
5. Crotta	726 575/083 470	650
6. Cavazza	725 660/081 945	1170
7. Morbio Sup.	723 010/080 350	490
8. Rovio	720 650/088 900	740
9. Meride	715 950/084 320	665

Geplant ist ferner die Errichtung einer Abflußmeßstation an der Breggia N Morbio Sup.

¹ Prof. F. Gygax, Direktor des Geogr. Inst. der Universität Bern.

Das Untersuchungsgebiet liegt gleich dem übrigen Sottoceneri ganz im Bereiche der Südalpen; über deren Stellung zum übrigen Gebirge bestehen zwei grundsätzlich verschiedene Auffassungen: Nach KOBER gehören die Südalpen zum S-Stamm des nach seiner Theorie symmetrisch gebauten Gesamtgebirges. Nach SÜSS hingegen ist dieses einseitig nordorientiert, und der südgerichtete Bau existiert nicht.

Auch die Stellung der uns besonders interessierenden Kalkmasse des Generoso innerhalb der Südalpen wird verschieden gedeutet. Eine NS-Linie, welche durch die Westflanken des M.Brè und M.Generoso von Castagnola über Pugnara-Arogno-Melano in die Gegend von Capolago/Mendrisio verläuft, trennt zwei tektonisch und petrographisch verschiedene Gebiete; deren beider Untergrund bildet das Kristallin des Seengebirges. E der obigen Linie wird dieses S der Südbegrenzung des V. Colla von Mesozoikum bedeckt. Es dominieren die bis zu 1500 m mächtigen Kieselkalke des in lombardischer Fazies ausgebildeten Lias. Aus ihnen bestehen unter anderen M.Generoso, La Sighignola, M.Brè und M.Boglia. Die Denti della Vecchia werden von steil südwärts unter den Lias einfallender Trias gebildet.

W der erwähnten Linie ist die mesozoische Sedimentbedeckung, außer in der Triasmulde des S. Salvatore, bis in die N-Flanke des S. Giorgio abgetragen, und es erscheinen Porphyre und Tuffe des Luganer Eruptivgebietes, welche im Perm das herzynisch gefaltete Grundgebirge durchbrochen haben. Die Trias des S. Giorgio wird S Arzo von Jura und Kreide bedeckt. Diese Schichten fallen zusammen mit Flysch und den analogen Sedimenten auf der E-Seite generell nach S und werden von jüngeren Bildungen diskordant überlagert.

Im Westgebiet führte die alpine Orogenese zu eher vertikalen Bewegungen und zur Entstehung von horst- und grabenähnlichem Faltenbau in SW-NE-Richtung. An die bereits genannte S. Salvatore/Valcuvia-Mulde schließt gegen SE die Arbòstora/Campo dei Fiori-Antiklinale an. Zu ihrem Südschenkel gehört der M. S. Giorgio. SE dieser Antiklinale liegt die Synklinale von Viggiù/Varese. Gleichzeitig entstanden im Ostgebiet Überschiebungen und Falten in verschiedener Richtung.

Diese Unterschiede werden verschieden gedeutet. STAUB (1949) vertritt bezüglich der tektonischen Stellung der Südalpen den gleichen Grundgedanken wie SÜSS und betont, daß die Generosomasse eine nach NW überschobene Decke bildet, deren Südrand von Mendrisio bis Lecco die Wurzelzone darstellt. Erosionswirkung soll die W-Grenze dieser Decke, also die Talung Lugano-Mendrisio, gebildet haben und ihre Stirnpartie nicht mehr erkennen lassen. Überschiebung, allerdings in südgerichtetem Sinne, wird nach STAUB auch von andern Autoren angenommen.

Dieser Deckentheorie steht eine andere gegenüber, welche die Linie Castagnola-Capolago als Ausstrich einer Verwerfung, der sogenannten «Luganer Hauptver-

werfung» deutet. Sie läßt sich mit der noch bedeutenderen Störung von Angera-Arolo am untern Langensee vergleichen und besteht aus einer unterbrochenen Folge einzelner gegeneinander versetzter Störungen. Diese Ansicht wurde 1901 durch VON BISTRAM geäußert und seither auch von andern Autoren vertreten. Längs dieser Linie wäre das Ostgebiet an steil ostwärts einfallender Fläche um mehr als 1000 m abgesunken.

FRAUENFELDER (1916) verdanken wir eine Arbeit über die «Tessiner Kalkalpen», die besonders für das Generosogebiet als grundlegend zu betrachten ist. Auf die Ansicht dieses Autors über die Tektonik des Generosogebietes soll näher eingetreten werden, da sie mit Ergebnissen unserer Untersuchungen übereinstimmt.

Die Tessiner Kalkalpen gehören zu zwei südgerichteten Faltenbogen, die in die Eruptivmassen von Lugano und Bozen eingespannt sind. Letztere verschoben sich bei der Anpressung der Südalpen an die Wurzelzone der unter- und mittelostalpinen Decken stärker nach N als große Teile der Sedimentbedeckung. Diese löste sich auf Gleithorizonten, eine wichtige Rolle spielten Mergel der Trias, von ihrem Untergrund und wurden durch Gegendruck und Unterschiebung nach S gefaltet und überschoben. Dieser Gegendruck wurde durch ein Absinken der S-Gebiete an der insubrischen Linie verstärkt und eine Überschiebung nach N verhindert. Die starren permischen Eruptivmassen und die triasischen Dolomite wurden vorwiegend vertikal zerbrochen und verschoben, die relativ verformbaren Liaskalke hingegen gefaltet und überschoben. Es bildeten sich der «Faltengürtel des M. Generoso» und der «Faltengürtel des M. La Sighignola». Beide besitzen steile bis senkrechte Falten und sind an Vertikalverstellungen im Untergrund, wie sie das Westgebiet aufweist, gebunden. Die beiden Gürtel trennen die schwach geneigte «Liastafel von San Nicolao» im S, die «Liastafel der Alpe Arogno» und die «Liastafel des M. Boglia» im N. Die Luganer Hauptverwerfung existiert als solche und entstand möglicherweise in der Kreidezeit.

VONDERSCHMITT (1940) schließt auf Grund der großen Mächtigkeitsunterschiede des Lias E und W der Hauptverwerfung auf Beginn der Bewegung in Form eines allmählichen Absinkens der Ostgebiete im untern Lias. WEBER (1955) bringt die Verwerfung mit der frühinsubrischen Faltungsphase, die zu Beginn des Miozäns Horizontalschub und Bruchbildung verstärkte, in Verbindung.

Die zweite große Störung im Generosogebiet bezeichnet FRAUENFELDER als «Blattverschiebung Pugerna-Alpe di Melano-Bella Vista». Nach der tektonischen Karte dieses Autors verläuft sie ungefähr parallel der Hauptverwerfung, fällt auf der linken Seite des V. Mara vorübergehend sogar mit ihr zusammen und geht dann in die «Überschiebung der Alpe di Baldovano» über. Die Richtigkeit dieser Auffassung wurde von DE SITTER (nach VONDERSCHMITT, 1940) bestritten und die Störung als Überschiebung aufgefaßt. Gleicher Ansicht ist VONDERSCHMITT (1940), nach welchem die Generosomasse längs einer Linie Rovio-Bella Vista-Balduana von N nach S bis in die Gegend zwischen Balduana-Muggio-Bonello

überschoben wurde. BERNOULLI (1964) nähert sich wiederum dem Standpunkt FRAUENFELDERS und erkennt, daß in der W-Flanke des Generoso sowohl Transversalverschiebung als auch Überschiebung festzustellen ist; er hält an dem das Muggiotal querenden Überschiebungsausbiß fest. Dieser läßt sich in unserem Untersuchungsgebiet nirgends klar feststellen. Einzig eine auch als lokal begrenzt deutbare Störung mit überschiebungsähnlichem Charakter befindet sich auf der E Breggiaseite 50 m N des Brückleins zwischen Muggio und S. Giovanni. BERNOULLI glaubt jedoch, gestützt auf die Beobachtungen zwischen Muggiotal und Luganersee, aus der tektonisch stark beanspruchten Zone zwischen Balduana–Muggio–NW-Seite des V. Luasca–Bonello sowie aus dem unterschiedlichen Baustil N und S davon, auf Überschiebung schließen zu dürfen. S Muggio überwiegen NE–SW, N Muggio WNW–ESE gerichtete Großfalten.

Die beiden Gebirgsbogen, welche das schweizerische Südalpengebiet nach S begrenzen, treffen sich in der Verlängerung der Luganer Hauptverwerfung. Der Lias am Ausgang des Muggiotales ist, entsprechend dem Verlauf des östlichen Bogens von Canzo–Como–Mendrisio zu SW-Fallen abgebogen und bei Mendrisio auf Kreide überschoben. FRAUENFELDER spricht von der «Randantiklinale von Mendrisio», VONDERSCHMITT von einer «Randflexur». Da der N-Schenkel dieser «Antiklinale» mit der Liastafel von S. Nicolao/Dosso Bello zusammenfällt, ist diese Bezeichnung vorzuziehen.

Die alpine Orogenese erfolgte in verschiedenen Phasen. Über ihre Bedeutung und ihre zeitliche Abfolge geben die jüngeren Ablagerungen wichtige Hinweise. Der synorogene Flysch reicht zurück bis in obere Cenoman (CADISCH, 1953). Er ist gleichzeitig mit den ältern Sedimenten verfaltet und diskordant von oligomiozäner Molasse bedeckt worden, deren N-Grenze vom S-Ende des Lago Maggiore nach NE bis zum Hügel von Prella (SE Stabio) verläuft und hier in Richtung Como–Brianza umbiegt. Die bedeutendsten Aufschlüsse finden wir in der Hügelreihe von S. Stefano–M. della Croce (W Como). Ähnlich wie beim später zu behandelnden Ponteganakonglomerat ist auch bei der südalpinen Molasse die Frage nach Alter und Entstehung verschieden beantwortet worden. M. PFISTER (1921) kommt zum Schluß, daß es sich um miozäne Deltaschüttungen eines Wildbaches aus dem Bergeller/Veltliner Gebiet handelt. Nach KUHN und VONDERSCHMITT (1953) sind Beweise oligozänen Alters sicher vorhanden. M. B. CITA (1957) konnte mit mikropaläontologischen Untersuchungen nachweisen, daß es sich um marine, vom untern Oligozän bis ins mittlere Miozän reichende Ablagerungen handelt. Die Auffassung, daß diese der nordalpinen Nagelfluh vergleichbaren Bildungen Zeugen einer tertiären Eiszeit sein könnten, läßt sich nicht mehr vertreten. Die Molasse ist ihrerseits zusammen mit den früheren Ablagerungen steilgestellt worden. Danach erfolgte im Pliozän eine Meerestransgression, die nur noch den südlichsten Teil unseres Landes erreichte. Die marinen Tone und Sande der Umgebung von Balerna werden bald dem mittleren, bald dem oberen Pliozän

zugerechnet. Ihre Neigung von $4-7^{\circ}$ nach S kann Folge einer letzten orogenen Phase, Folge der nach ihrer Ablagerung stattfindenden Landhebung, jedoch kaum Ausdruck der ursprünglichen Ablagerungsverhältnisse sein. Zusammenfassend können wir sagen: Die eigentliche Orogenese beginnt in der obern Kreide und steigert sich zur Hauptphase im Oligozän. Im Miozän erfolgte verstärkter Schub nach N, verbunden mit Unterschiebung, Rückfaltung und Landhebung.

3. EISZEITLICHE VERHÄLTNISSE

Während des Pleistozäns umgaben die Eismassen des Addagletschers unser Untersuchungsgebiet auf allen Seiten, ergossen sich teilweise sogar in dieses hinein, ohne es aber je durchgehend zu bedecken.

Der Addagletscher teilte sich, entsprechend den heutigen Verzweigungen des Comer- und Luganersees, in verschiedene Ausläufer. Den östlichsten, die Vedeggio- talung durchfließenden Arm des Tessingletschers drängte der Porlezzaarm des Addagletschers nach W auf die Linie M. Boglia-Figino; in der Gegend von Porto Ceresio-Arcisate war die W Talseite von Tessin- die andere von Addaeis erfüllt (SENN, 1924, S. 611). Eismassen des Comogletschers stießen über den M. Olimpino nordwärts ins Becken von Chiasso und wurden durch den Capolagogletscher und die topographischen Verhältnisse nach W in den Faloppio abgedrängt. Über verschiedene Sättel, zum Beispiel diejenigen von Intelvi oder Crocifisso zwischen Serpiano und Meride, bestanden Verbindungen zwischen den einzelnen Eiszungen.

In den ältern Arbeiten¹ werden Fragen nach den Obergrenzen und Strömungs- straßen der diluvialen Gletscher im inneralpinen Raum im wesentlichen beantwortet, die außeralpinen Endlagen erkannt und relative Altersbestimmungen vorgenommen. Diese richten sich nach dem Verwitterungsgrad der Moränen, so unterscheidet SENN (1924) Grundmoränen einer letzten und vorletzten Eiszeit, sowie nach der Erhaltung der Wallformen. Nach diesen beiden Kriterien, besonders nach dem Vorhandensein von Ferrettisierungserscheinungen, unterscheidet WILMER (1904) im Moränenamphitheater des Comoarmes des Addagletschers «Moränen und Terrassen der jüngern und der ältern Eiszeit».

A. VERHÄLTNISSE IM ALPENVORLAND

Die neuen Untersuchungen italienischer Forscher ergeben eine verfeinerte zeitliche und räumliche Differenzierung der Diluvialablagerungen am Alpensüdrand. Die in der Umgebung unseres Gebietes zur Unterscheidung der Eiszeiten ver-

¹ Für Angaben über ältere Arbeiten sei auf NANGERONI (1954 a, S. 10-16) verwiesen. Wertvolle bibliographische Angaben, besonders über neue, die Lombardei betreffende Arbeiten, vermittelt das umfangreiche Literaturverzeichnis von VENZO (1961, S. 60-64).

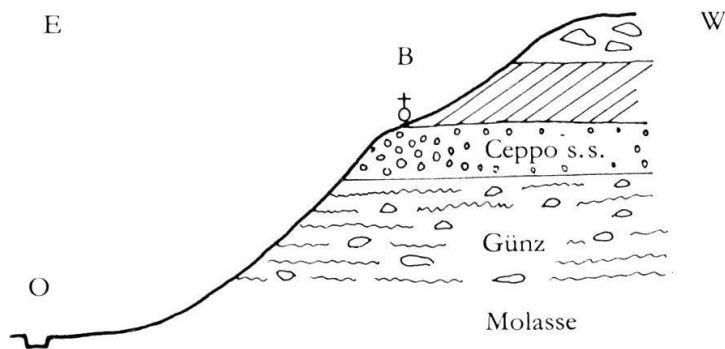
wendeten morphologischen und stratigraphischen Methoden sind nicht unanfechtbar, die Ergebnisse nicht als gesichert zu betrachten.

NANGERONI (1954 a, b) unterscheidet die vier klassischen Eiszeiten von PENCK und BRÜCKNER und erwähnt auch die Möglichkeit des Vorhandenseins einer ältesten fünften. Die eindeutig ferrettisierten Moränen datiert er als mindeleiszeitlich. Ein gut verfestigtes Konglomerat bezeichnet er, falls es unmittelbar unter dem Ferretto (s. S. 32) liegt oder sich mit diesem direkt verbinden läßt, als «Ceppo», als Schotter des Günz-Mindel-Interglazials. Wenn eine relative stratigraphische Altersbestimmung nicht möglich ist, kann Ceppo unter Umständen von jüngern oder jüngsten Ablagerungen nicht unterschieden werden und findet deshalb in der Literatur auch als Faziesbegriff ohne chronologische Bedeutung Verwendung. In den folgenden Ausführungen bezeichne ich als «Ceppo» ein Konglomerat mit folgenden Eigenschaften:

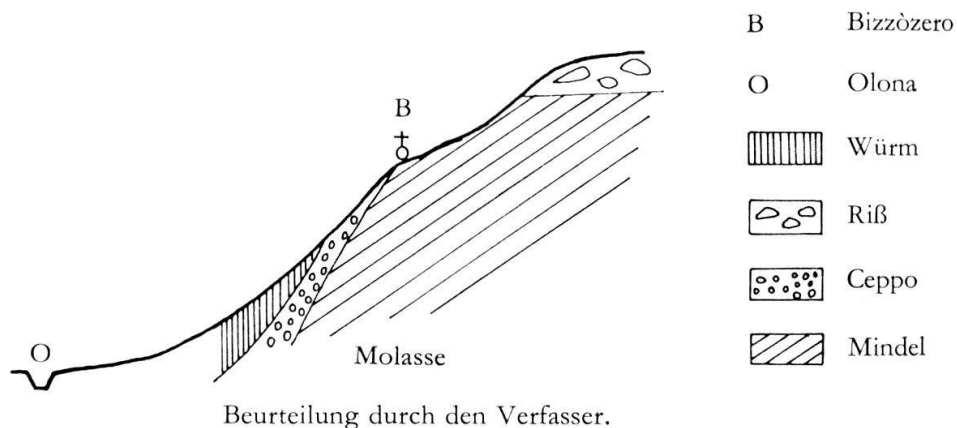
- Gute Verfestigung.
- Keine oder kaum wahrnehmbare Schichtung.
- Gerundete kristalline und kalkige Komponenten, vorwiegend mit Durchmessern zwischen 10 und 20 cm.
- Graue Farbe.

Der Ceppo ist eine Übergangsform zwischen Moränen und fluvialen oder fluvio-glazialen geschichteten Schottern. Seine Verfestigung ist sehr oft nur bis zu einer Tiefe von 0,5–1,5 m vorhanden und offenbar an reichlichen Wasserzutritt gebunden. Soll dem Ceppo die chronologische Bedeutung im Sinne von NANGERONI zukommen, verwende ich die Bezeichnung «Ceppo s.s.».

Nach NANGERONI ist E Bizzòzero (3 km SE Varese), daneben auch in der Val-sàssina und zwischen Lecco und Ballabio, unter Ceppo s.s. Moräne vorhanden, welche zur Günzzeit gehört. Nach unserer Auffassung liegt aber bei Bizzòzero nicht durchgehend stratigraphische Überlagerung, sondern teilweise Anlagerung vor (Fig. 1). Ein von Reißesten bedeckter Mindelsockel liegt direkt auf der Molasse. Der Mindelmoräne liegt Ceppo, dieser Würmgrundmoräne an. An der Böschung gegen die Olona lösten sich unter der Kirche von Bizzòzero, dann auch etwas weiter N, Ceppoblöcke und legten die dahinterliegende Mindelmoräne frei. Von der tonreichen «Günzmoräne» schreibt NANGERONI (1954 a, S. 21): «Si potrebbe cioè pensare che sia morenico recente (tanto appare fresco!) ...» Um Würmmoräne handelt es sich tatsächlich! Der Ceppo von Bizzòzero stellt den Rest einer Auffüllung des durchtalten Mindelsockels dar und ist sicher präwürm, eventuell im Mindel-Reiß-Interglazial, entstanden. Diese Feststellungen stimmen mit meinen Untersuchungsergebnissen im Faloppio und Mendrisiotto überein: *Die Mindelmoränen sind im Varesotto und Mendrisiotto die ältesten nachweisbaren Quartärablagerungen.*



Auffassung von NANGERONI (1954 a, S. 20-21).
Vereinfachte Darstellung nach Profil- und Textangaben.



Beurteilung durch den Verfasser.

Figur 1. Schematische Darstellung der Quartärablagerungen bei Bizzòzero.

Während der Mindel- und Rißzeit verschmolzen die verschiedenen Eiszungen des Tessin- und Addagletschers aus dem Gebiet des Verbano, Ceresio und Lario im Alpenvorland zu einer Eisfläche, die, baldmehr bald weniger nach S ausgebogen, von Borgomanero bis Pontida (NW Bergamo) reichte. Während der letzten Eiszeit war dies nicht mehr der Fall; einzig im Mendrisiotto und bei Saltrio ergab sich eine teilweise Vereinigung verschiedener Gletscherzungen. Dies kann aber nicht durch Moränenwälle, sondern nur noch durch einzelne frische Gesteine, hauptsächlich gekritzte Kalke, nachgewiesen werden. – Zwischen Cantello und Viggiù bildete sich ähnlich der Schwelle von Novazzano eine Art Mittelmoräne durch die Vereinigung zweier Gletscherzungen, derjenigen von Porto Ceresio und derjenigen der vereinigten Capolago- und Comogletscher. Das breite Moränenband wird nach E und W von Clivio und Bévera begrenzt und besteht aus verschiedenen erosionsbedingten Hügeln, zur Hauptsache aus Rißablagerungen. Ein wichtiger, durch neue Erdbewegungen geschaffener Aufschluß in der Waldzunge W Pt. 460, an der Straße Viggiù–Clivio zeigt folgendes: Auf Mesozoikum liegt Mindel- und, an dieser unter Pressungserscheinungen angelagert, Rißmoräne. Die beiden Moränentypen sind nicht rein erhalten, sondern mit etwas Material der jeweils nächstjüngeren Eiszeit durchsetzt.

Diese Mindelablagerung stellt den letzten nördlichsten Rest einer mächtigen Mindelbarriere dar, welche in Straßeneinschnitten und Baugruben bei Binago und Monello zu sehen ist, S davon in den Wäldern zwischen Tradate und Appiano Gentile von zahlreichen Bächen in NS-Richtung zerschnitten und bis an die Oberfläche bloßgelegt wird. «Monterosso» heißt bezeichnenderweise eine Örtlichkeit NE Venegono Sup. Das Tal der Olona zwischen Malnate und Tradate dürfte längs der Berührungsfläche der mindeleiszeitlichen Tessin- und Addagletscher angelegt sein, die ihren südlichsten gemeinsamen Punkt bei Torba (kleiner Aufschluß in der Kiesgrube 700 m E Torba) NW Tradate besaßen. Die Größe der Mäander der Bévera steht im Gegensatz zur Wassermenge dieses Baches und ist, gleich der Pforte von Gaggiolo (SW Stabio), durch die Erosionswirkung eiszeitlicher Schmelzwässer zu erklären; möglicherweise handelt es sich sogar um Zeugen einer einstigen Entwässerung des Luganerseegebietes direkt nach S. Auf dieser südlichsten Wasserscheide zwischen Ur-Cassarate und Ur-Veduggio blieb die Mittelmoräne von Cantello–Viggiù/Saltrio der Erosionswirkung entzogen.

Auf dem Mindelsockel des Addagletschers liegen in dem uns interessierenden Gebiet zwei, nach NANGERONI drei Reißmoränen geringer Mächtigkeit. Der mittlere, bzw. der äußere Reißwall verläuft von Pt. 441 NE Castelnuovo–Bozzente über Binago in die Gegend NE Ròdero. E von ihm befindet sich die Moräne von Beregazzo–Solbiate Comasco. Weniger als 1 km W der Binagomoräne verläuft nach NANGERONI ein weiterer Reißwall gegen Ligurno (NE Cantello). Die Fortsetzung der Binagomoräne kartiert RIVA (1957) als äußerste Reißmoräne zwischen Oltrona S. Mamette–Appiano–Lomazzo–Asnago–Vighizzolo–Croce di Vecchia. Er stellt zwischen dieser und der äußersten Würmmoräne von Cantù Teile zweier anderer Reißmoränen fest und weist, im Gegensatz zu WILMER (1904), darauf hin, daß Reiß- und Würmmoränen, eine Ansicht, die wir nicht teilen können, keine Verwitterungsunterschiede aufweisen. S von Como wird aber von beiden Autoren, außer im Gebiet des Lago di Montorfano, der gleiche Verlauf der Grenze zwischen diesen beiden Eiszeiten angegeben.

Die auch auf der LK ersichtlichen Reißwälle erleiden zwischen Oltrona S. Mamette und Beregazzo eine Störung ihres gleichmäßigen Verlaufes in Form einer Einbuchtung nach NE. Dies ist die Auswirkung der den Eisfluß hemmenden Nagelfluhhügel des Sasso di Cavallasca, dazu auch die Folge des Zusammentreffens des Capolago- und Comogletschers.

Während der Würmzeit trennte der eisfreie Sasso di Cavallasca den Eisstrom von Como in zwei Lappen: es entstanden die Würmmoränen zwischen Como und Cantù (RIVA, 1957) und diejenigen im Mendrisiotto und Faloppio, welche allerdings nur noch als spärliche Reste vorhanden sind.

Im Gebiet von Lecco und weiter östlich arbeitet VENZO, unterstützt von MANCINI¹, mit den Methoden moderner Bodenanalyse. Er kommt auf der Alpensüdseite

¹ Prof. F. Mancini, Facoltà di Agraria di Firenze.

zum gleichen Schluß wie EBERL (1930) auf der Nordseite und erkennt vor den vier Eiszeiten PENCKS noch eine älteste, zwei- oder dreiphasige Vergletscherung, die sogenannte Donauvereisung, deren Ablagerungen dem Astien aufliegen, also vollumfänglich dem Quartär zuzuschreiben sind. VENZO bestätigt das Mindelalter des Ferretto.

B. VERHÄLTNISSE AM AUSGANG DER ALPENTÄLER

An den Abhängen am Ausgang der Alpentälungen ergeben sich für die Zuordnung des Moränenmaterials zu verschiedenen Eiszeiten vermehrte Schwierigkeiten:

- In höhern Lagen fehlen die Schotterfelder, welche eine wichtige Rolle für die stratigraphische Unterscheidung der Eiszeiten und ihrer Phasen spielen.
- Da die chemische Verwitterung in höhern Lagen weniger wirkungsvoll ist, wird in dem oft nur spärlich vorhandenen Moränenmaterial eine Altersbestimmung auf Grund des Verwitterungsunterschiedes erschwert.
- Mannigfaltige Einflüsse verwischen oder verändern an den steilen Hängen die ursprünglichen Ablagerungsverhältnisse; Moränenwälle bleiben nur in Schutzlagen erhalten.
- Besondere Geländeformen wie Schwellen oder Engnisse führen zu Abweichungen im «normalen» Verlauf der Eisgrenze. So führte zum Beispiel der M. Olimpino zu einer Zunahme des Oberflächengefälles des Reißgletschers zwischen Croce dell'Uomo und Morbio Sup. auf 68‰. Wenn anderseits während der maximalen Eisausdehnung eine Gletscherzunge fast ohne Oberflächengefälle von S bis nach Muggio reichte (Abschnitt 2, B), so ist darin auch die Folge der Stauwirkung der gegeneinander prallenden Capolago- und Comogletscher zu sehen.
- Die rekonstruierten Gefällsverhältnisse der Gletscherzungen und die relativ geringen D_{top} -Unterschiede¹ zwischen den Endmoränen der verschiedenen Eiszeiten zeigen, daß deren Ablagerungen alpineinwärts nahe beieinanderliegen müssen. Auf der W-Seite des Comoarmes des Addagletschers bestanden nach PRACCHI (1954) folgende Gefällsverhältnisse:

V. di Musso–Mti. Madrona (oberhalb Cernobbio)	17–18‰
M. Comana (S Argegno)–Mti. Madrona	31–32‰

Der Abstand der äußersten Würmmoräne von Belvedere (E Lurate–Caccivio) und der äußersten Reißmoräne von Oltrona S. Mamette beträgt $3\frac{1}{2}$ km. Die gleiche Größenordnung gilt auch für den Abstand zwischen Reiß- und Mindelmoränen.

Im Muggiotal und in den angrenzenden Gebieten liegen über dem Niveau der höchsten Moränenwälle vereinzelt Erratiker. Diese werden von NANGERONI, PRACCHI, VECCHIA (1954) der Mindelzeit, die darunterliegenden Moränenwälle, es handelt sich um einen oder zwei, der Reiß- und die Moränenterrassen der Würmzeit zugeschrieben. PRACCHI zählt auch noch die oberste Terrasse zur Reißzeit.

¹ D_{top} = Horizontaldistanz.

Offenbar wird angenommen, daß Günz- und eventuell noch älteres Material durch die folgenden Eiszeiten entweder überdeckt oder umgelagert worden ist. Die vorbehaltlose Übernahme dieser Theorie ist nicht gerechtfertigt. RIVA (1954, 1957) lehnt sie sogar ab und erwähnt, daß im Ferretto des Vorlandes keine Blöcke von der Größe der vereinzelt und nicht ferrettisierten höchstgelegenen Erratiker vorkommen. Ein weiteres Argument gegen obige Interpretation ist die Tatsache, daß zwischen den Einzelerratikern und der Moräne manchmal nur wenige Meter (A. di Cerano) liegen oder daß das Zwischengebiet in regelmäßigen Abständen von Erratikern bedeckt ist (Colma di Schignano). Auch bei isolierten, vom übrigen Moränenmaterial deutlich distanzierten Erratikern stellt sich die Frage, ob sie einer älteren Eiszeit als derjenigen, welche die nächstgelegenen Moränen hinterlassen hat, oder nur einem Maximalstand dieser Eiszeit zuzurechnen sind.

II. DAS MUGGIOTAL

1. MORPHOMETRIE

In der Morphometrie versuchen wir, unter anderem morphologische Charakteristika eines Gebietes mathematisch zu erfassen und in geeigneter Form darzustellen. Derartige Studien basieren auf der Kurvenkarte, die bereits Grundlegendes aussagt und durch keine andere Darstellungsart ersetzt werden kann. Es wird uns zusätzlich nur gelingen, gewisse Eigenheiten eines Untersuchungsraumes zu erkennen und graphisch zu verdeutlichen. Dem Bestreben nach möglichst objektivem Erfassen sind in der Wahl des morphometrischen Darstellungsverfahrens Grenzen gesetzt.

A. DIE HYPSOGRAPHISCHE KURVE

Die Flächenanteile bestimmter Höhenstufen können wir planimetrisch bestimmen und berechnen und durch die sogenannte hypsographische Kurve (Fig. 2 a) darstellen. Diese Kurve stellte meines Wissens ursprünglich nur ein Hilfsmittel zur Berechnung der mittleren Höhe (S. 21) dar. BECK (1926) und REIST (1958) interpretieren diese Kurve als eine Art Gesamtprofil; BECK glaubt sogar, aus dem ähnlichen Verlauf aller Kurven auf ein gemeinsames Talbildungsgesetz schließen zu dürfen. Profilartiger Charakter kommt der hypsographischen Kurve eines Alpentaales aber nur in ihrem untersten Teil, wo sie die ziemlich symmetrische Form des Talausganges wiederzugeben vermag, sowie in ihrem obersten Teil, wo sie die Versteilung zu den höchsten Erhebungen markiert, zu. Etwas anderes darf aus einer hypsographischen Kurve nicht herausgelesen werden. Ihr relativ flacher Verlauf im großen Mittelabschnitt verhüllt eine Vielfalt von Versteilungen und Verflachungen in verschiedensten Höhenlagen.

Die Abteilung für Landeshydrographie publizierte zwischen 1896 und 1924 die Flächeninhalte der schweizerischen und angrenzender hydrologischer Einzugsgebiete aufgeteilt in Höhenstufen von 300 zu 300 m. Da für die vorliegende Untersuchung diese Spanne zu groß war, berechnete ich die Flächen der 100-m-Höhenstufen und wählte im Hinblick auf eine hydrologische Bearbeitung als tiefsten Punkt den Standort der projektierten Abflußstation 350 m NE der Straßenbrücke zwischen Castel S. Pietro und Morbio Sup. Dieser Punkt befindet sich auf 380 m ü. M. (Tab. 2). Meine Ergebnisse in den Gebieten I und II (s. Legende S. 21) können mit den 1913 publizierten der Abteilung für Landeshydrographie verglichen werden; dabei ist zu berücksichtigen, daß den Berechnungen verschiedene Karten zugrunde liegen.

Gebiet	Fläche nach Amt für Landeshydrographie km ²	Fläche nach Berechnung des Verfassers km ²
I	21,149	21,477
II	15,580	15,576
I (Anteil Italiens)	7,610	7,713
II (Anteil Italiens)	7,857	7,920

B. KURVE DER FLÄCHENANTEILE, BÖSCHUNGSKARTE

Zur Verdeutlichung der Vertikal- und Horizontalstruktur des Muggiotales wurden die Kurven der Flächenanteile (Fig. 2) und die Böschungskarte (Fig. 3) erstellt. Erstere basieren auf den in Tabelle 2 zusammengestellten Unterlagen und stellen die Flächenanteile in verschiedenen Höhenstufen graphisch dar. Damit die einzelnen Kurven direkt miteinander verglichen werden können, sind diese Anteile in Prozenten der Gebietsfläche (=100%) ausgedrückt.

Die Böschungskarte wurde nach der LK 1:25 000 erstellt. Bei einer Äquidistanz von 100 m ergeben sich bei bestimmten Kurvenabständen bestimmte Böschungswinkel:

Kurvenabstand in mm	Böschungswinkel
4	45 °
5	38 ° 40'
6	33 ° 40'
7	29 ° 45'
12	18 ° 25'
usw.	usw.

Eine Vergrößerung der Maßeinheit um je 1 mm war aus praktischen Gründen gegeben. Um eine übersichtliche Darstellung zu erhalten, beschränkte ich mich auf die Wiedergabe von vier Hangneigungsgruppen. Die Gruppe mit Neigungswinkeln zwischen 30 und 40 ° wurde aus morphologischen Gründen gewählt, liegt doch in ihr der für die Erhaltung von Moränenwällen kritische Winkel. Die Berechnung der Böschungswinkel innerhalb zweier 100-m-Kurven besitzt den Nachteil, daß Gefällsänderungen und Verlauf dieser Kurven voneinander unabhängig sind, den Vorteil der Möglichkeit eines direkten Vergleichs mit den die gleichen Zonen erfassenden Kurven der Flächenanteile.

– Die Kurven 2–5 besitzen ihr Flächenmaximum auf der Stufe, in welcher auch die mittlere Höhe liegt.

- Das Maximum in Kurve 1 ist nur 0,4% größer als die Fläche, in welcher die mittlere Höhe liegt.
- Der Einfluß der Verflachungen, ich verstehe darunter im vorliegenden Fall Hangneigungen unter 30°, offenbart sich im Verlauf der Kurven 1 und 3. Kurve 1 besitzt eine zweite Spitze zwischen 1200 und 1300 m. Es zeigt sich hier die Flächenzunahme im Bereich der auch auf der Böschungskarte zum Ausdruck kommenden Verflachung im Quellgebiet der Breggia. Der Flächenanteil dieser Stufe ist aber lediglich um 1,0 bzw. 1,8% größer als derjenige der angrenzenden Stufen.
- Kurve 3 weist durch ihre ausgeprägte Spitze zwischen 500 und 700 m auf die flächenmäßige Bedeutung der Kulturzone (S. 8, 64) auf der E-Seite der Breggia am Talausgang sowie auf den rapiden Anstieg vom Flußniveau auf diese Höhe.
- Im Gebiet des V. della Crotta (Kurve 2) fällt die große Zone mit Hangneigungen von 20–30° zwischen A. Pianella und Colma di Schignano oberhalb 900 m mit der Lage der Kurvenspitze und der mittleren Höhe zusammen.
- Die Verflachungszonen von Cabbio, S. Giovanni (W. Muggio), A. Bonello, M. Generoso und P. della Croce, Hinweise auf ihre Entstehung finden sich in Abschnitt II, 4, bewirken durch ihre verschiedene Höhenlage einen relativ flachen Verlauf der Kurve 1 und das kleinste Maximum aller Kurven.
- In den Gebieten 1 und 4 überwiegen in den größtmäßig bedeutendsten Stufen Hangneigungen von 30–40° gegenüber solchen von 20–30°.

Ein Vergleich zwischen LK und Böschungskarte zeigt, daß außer im Südteil des Einzugskegels der Breggia della Crotta die weniger als 30° geneigten Hänge mehrheitlich waldfrei sind. In höhern Lagen dienen sie als Alpweiden, zum Beispiel die Hänge des Generoso und des P. della Croce, in tiefern Lagen werden sie intensiv genutzt und tragen die Siedlungen.

Zusammenfassung: Die größte Gebietsfläche finden wir in der Regel ungeachtet der Böschungsverhältnisse im Bereich der mittleren Höhe. Relative Verflachungen mit Hangneigungen unter 30° sind für Besiedlung, intensive landwirtschaftliche Bearbeitung und Alpwirtschaft, das heißt als Hauptwirtschaftsträger, bedeutend und bedecken eine gleich große Fläche wie die steileren, mehrheitlich waldbedeckten Gegenden.

Tabelle 2. Absolute und prozentuale Flächenanteile der 100-m-Höhenstufen.

*	I		II		III		IV		V	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
3– 4					0,006	0,1	0,006	0,2	0,013	0,0
4– 5	0,013	0,1	0,013	0,1	0,445	9,4	0,272	6,9	0,745	1,6
5– 6	0,499	2,3	0,372	2,4	1,058	22,4	0,565	14,4	2,495	5,4
6– 7	1,490	6,9	1,158	7,4	1,098	23,2	0,718	18,2	4,465	9,8

*	I		II		III		IV		V	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
7- 8	2,056	9,6	1,896	12,2	0,791	16,8	0,732	18,6	5,477	12,0
8- 9	2,415	11,2	2,762	17,7	0,579	12,3	0,632	16,0	6,389	14,0
9-10	3,174	14,8	3,154	20,3	0,405	8,6	0,519	13,2	7,254	15,9
10-11	3,094	14,4	2,921	18,8	0,279	5,9	0,459	11,7	6,755	14,8
11-12	2,309	10,7	2,242	14,4	0,059	1,3	0,033	0,8	4,645	10,2
12-13	2,509	11,7	0,958	6,1					3,467	7,6
13-14	2,116	9,9	0,093	0,6					2,209	4,8
14-15	1,178	5,5	0,002	0,0					1,180	2,6
15-16	0,499	2,3							0,499	1,1
16-17	0,119	0,6							0,119	0,2
Total	21,477	100,0	15,576	100,0	4,724	100,0	3,940	100,0	45,717	100,0
Höchster Punkt	1701,3		1410		1178		1120		1701,3	
Tiefster Punkt	470		470		380		380		380	
Anteil Italiens	7,713		7,920						15,633	

* Höhenstufe in Hektometern
A Flächenanteil in km²
B Flächenanteil in Prozenten der Gebietsfläche
I Einzugsgebiet der Breggia bis V. della Crotta (exkl.)

II Einzugsgebiet der Breggia della Crotta
III Einzugsgebiet der Breggia S von 2 bis zur Abflußstation E Talseite
IV = III. W Talseite
V Gesamtgebiet

C. DIE MITTLERE HÖHE

Die mittlere Höhe (H_m) eines Gebietes kann mit verschiedenen Methoden bestimmt werden. Beim Zählverfahren (H_{mZ}) wird auf der Karte über das ganze Untersuchungsgebiet ein durch sich rechtwinklig schneidende Linien gebildetes Netz gelegt, in den Schnittpunkten werden die Höhen abgelesen, fortlaufend addiert; und das Ergebnis wird durch die Anzahl Ablesungen dividiert. Je stärker eine Gegend reliefiert ist, desto kleiner sollte die Maschengröße sein. In unserm

Fall betrug die Kantenlänge der einzelnen Quadrate 5 mm. Diese Methode ist leicht anwendbar und besitzt nur geringe Fehlerquellen.

Gebiet	H _m Z m ü. M.	H _m V m ü. M.	H _m B m ü. M.	Mittel m ü. M.
I	1051	1043	1035	1043
II	940	944	950	945
III	671	701	669	680
IV	752	759	748	753
V	947	951	949	949

H_m kann auch aus der hypsographischen Kurve ermittelt werden, indem das Volumen des Gebietes bestimmt und durch die Gesamtfläche dividiert wird. Der so erhaltene Wert ist zum tiefsten Punkt des Gebietes zu addieren und ergibt die mittlere Höhe (H_mV). Da die hypsographische Kurve die Fläche als Funktion der Höhe wiedergibt, kann das Volumen des Einzugsgebietes durch Planimetrieren der unter der Kurve liegenden «Fläche» erhalten werden. Diese Methode enthält verschiedene Fehlermöglichkeiten (zweimaliges Planimetrieren, Interpolation beim Zeichnen der hypsographischen Kurve), liefert aber bei sorgfältigem Arbeiten mathematisch einwandfreie Resultate.

BECK (1926) berechnet die mittlere Höhe (H_mB) wie folgt: Die prozentualen Anteile der einzelnen Höhenstufen werden vom höchsten Punkt aus nach unten bis möglichst nahe an 50% addiert; die Differenz wird per Dreisatz in Meter umgerechnet und sinngemäß zu der Stufe, bei welcher die 50% ungefähr erreicht wurden, addiert oder subtrahiert. Auf diese Weise ist es möglich, mit einem einmaligen Planimetrieren auszukommen.

Der Vergleich der durch die drei Methoden erhaltenen Resultate zeigt, daß alle beschriebenen Verfahren brauchbar sind. Es fällt besonders die geringe Streuung von 4‰ zwischen den Extremwerten für das Gesamtgebiet auf. Ein deutlich abweichender Wert (4,5‰) ist einzig bei H_mV gegenüber H_mZ und H_mB bei Gebiet III festzustellen.

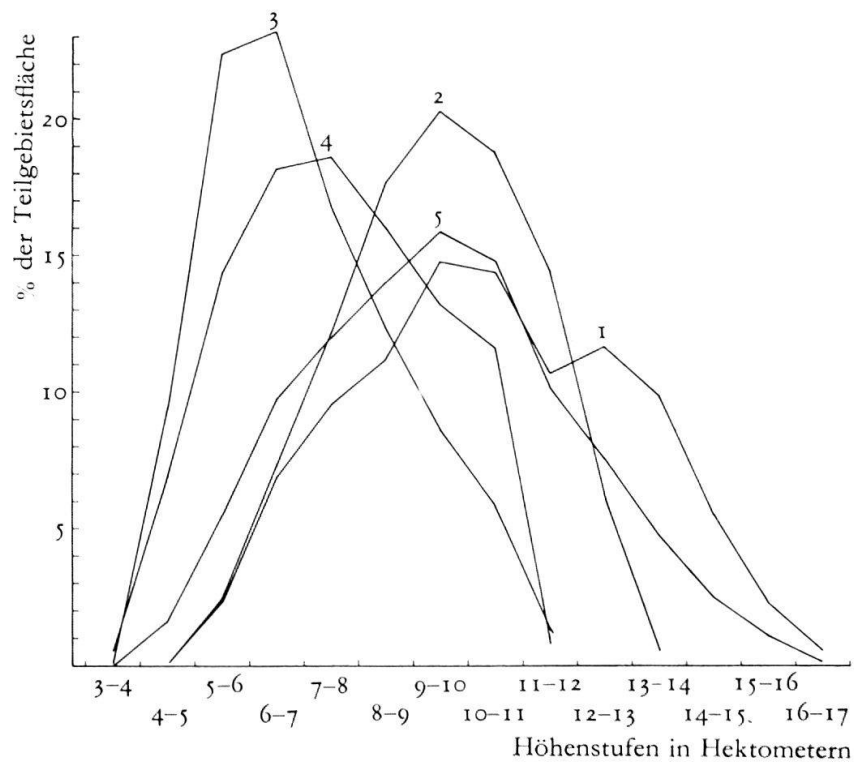
Die Bedeutung der mittleren Höhe

H_m wird in der Wasserrwirtschaft zusammen mit der Abflußmenge, bzw. dem spezifischen Abfluß, benützt, um Hinweise auf das hydrologische Kraftpotential eines Gebietes zu erhalten, oder, da in der Schweiz enge Beziehungen zwischen Meereshöhe und Niederschlagsmenge bestehen, um von Gebieten mit erstellten hydrologischen Meßreihen im Sinne eines allgemeinen Hinweises auf das hydrologische Geschehen nicht untersuchter, aber in geologisch-morphologischer Hinsicht vergleichbarer Nachbargebiete zu schließen.

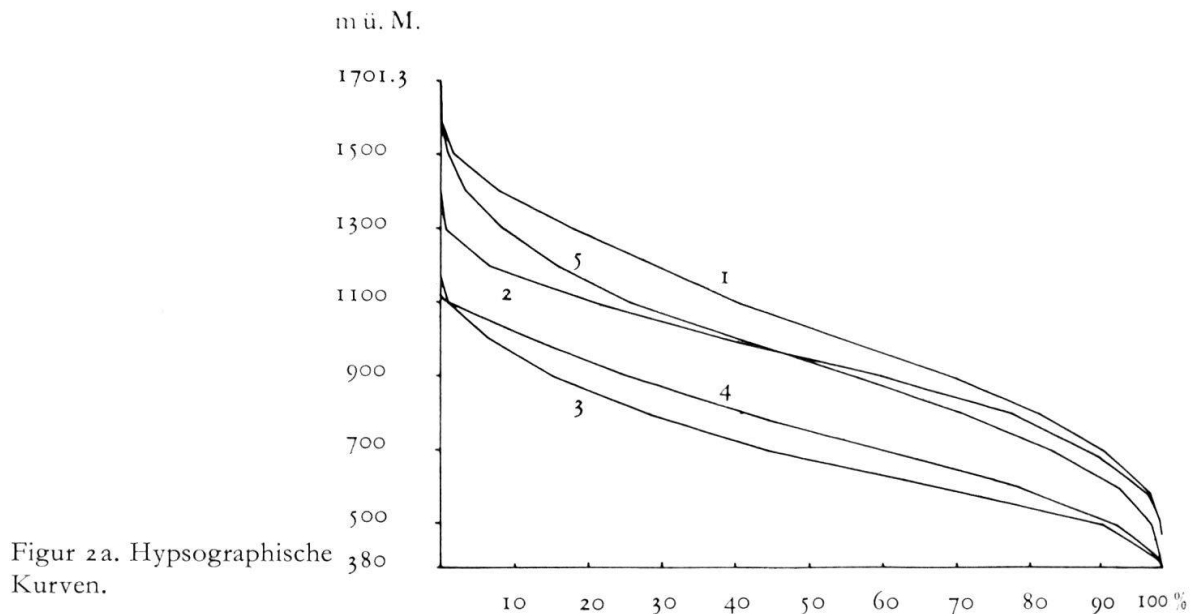
KUROWSKI (1891) zeigte, daß die mittlere Höhe eines Gletschers auf alle Fälle ohne allzu große Abweichungen mit der Schneegrenze übereinstimmt, und erbringt den später von BRÜCKNER (1906, S. 50–54) u. a. wiederholten mathematischen Nachweis, daß sich die Schneegrenze aus der mittleren Gletscherhöhe genau errechnen ließe, falls Ablation und Schneemenge proportional der Höhe ab- oder zunähmen. BECK (1926) rekonstruiert gleichzeitige Lagen diluvialer Gletscherenden in der Schweiz auf Grund der mittleren Höhen ihrer hydrographischen Einzugsgebiete und unter Berücksichtigung der heutigen Schneegrenzenlagen, welche er ruckweise sechsmal je 200 m tieferlegt.

In der Morphologie weist ein Unterschied von H_m in Gebieten mit ähnlicher Gipfelflurhöhe auf verschiedenartige Durchtalung; in den übrigen Fällen bietet H_m gleich allen andern Mittelwerten einen allgemeinen Hinweis und Vergleichswert.

Gebiet	H_m	Autor
Brenno oberhalb Loderio ..	1820	Amt für Wasserwirtschaft
V. Verzasca	1820	BECK (1926)
Tessin oberhalb Bellinzona .	1630	Amt für Wasserwirtschaft
V. Maggia	1550	BECK (1926)
V. di Muggio	949	Verfasser
Birs oberhalb Moutier	930	Amt für Wasserwirtschaft



Figur 2. Flächenanteile der 100-m-Höhenstufen.



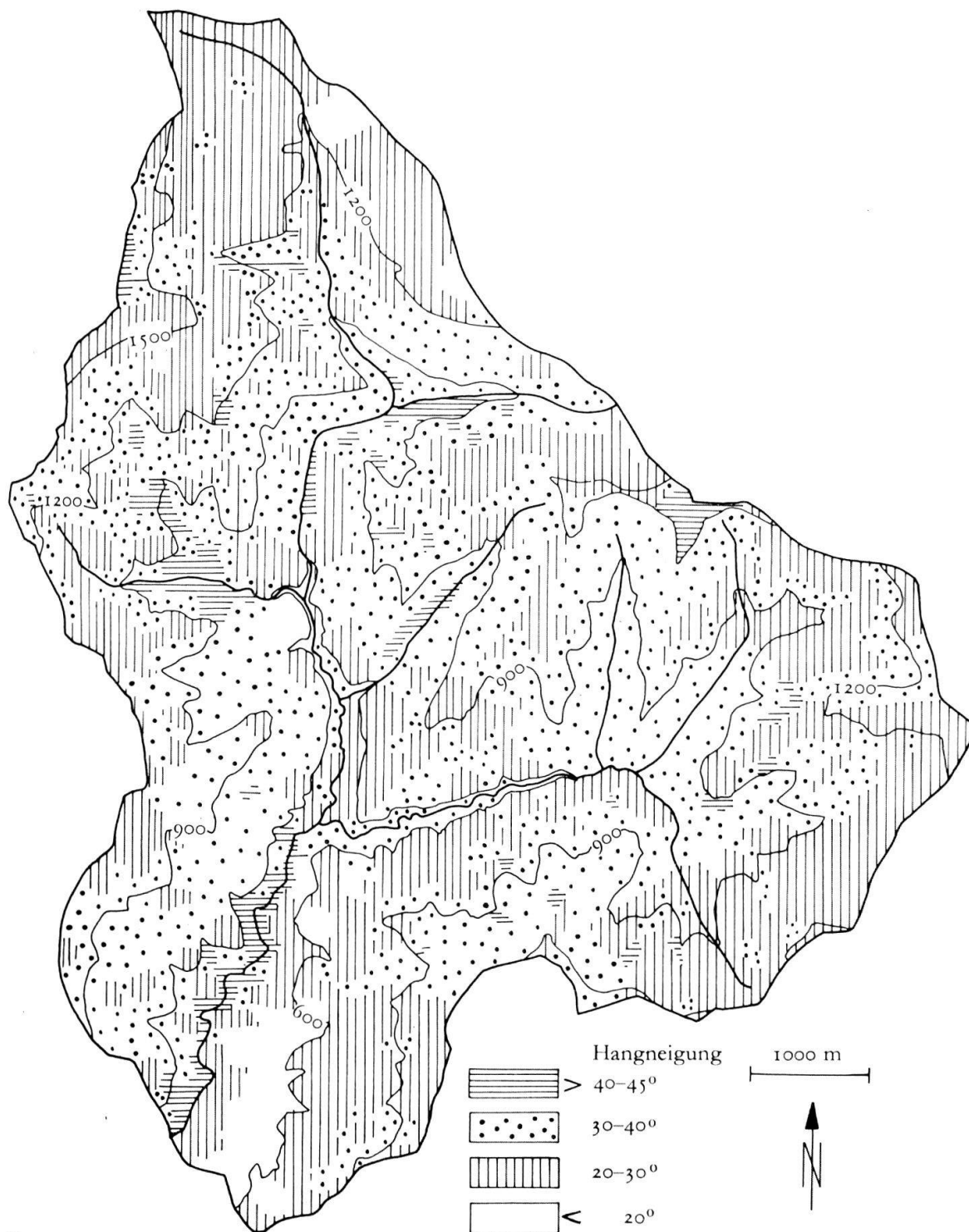
D. RELIEFENERGIE

Das Maß der Reliefenergie ist ein Hilfsmittel zur Veranschaulichung der Oberflächenform einer Landschaft.

Nach GUTERSOHN (1932, S. 14/15) definierte PARTSCH (1911) den von ihm eingeführten Begriff der Reliefenergie wie folgt: «Reliefenergie ist der Abstand zwischen dem Niveau der Höhengipfel und dem der Talgründe.» SCHLÄPFER (1938) bezeichnet diesen Begriff, mit welchem der Niveauunterschied zwischen dem höchsten und tiefsten Punkt in einem bestimmten, in ein und demselben Untersuchungsgebiet immer gleich groß bleibenden Raum ohne Rücksicht auf die Modellierung des Geländes gemeint ist, als maximale Reliefenergie. KREBS (1922) berechnete die Reliefenergie, nach SCHLÄPFER die typische Reliefenergie, nicht innerhalb einer bestimmten Fläche, sondern zwischen benachbarten Erhebungen und Vertiefungen.

Der Wahl der Lage und Größe der Felder, in denen die Höhen bestimmt werden, kommt entscheidende Bedeutung zu. PARTSCH wählt Quadrate von 5–6 km Kantenlänge, SCHLÄPFER solche mit 2 km Kantenlänge, und bestimmt in ihnen die maximale Reliefenergie. KREBS wählt Quadrate von 10 km Kantenlänge und sucht in ihnen zur Bestimmung der typischen Reliefenergie je vier Höhenpaare, deren Horizontalabstand nicht mehr als 5 km beträgt. Für die gleiche Berechnung benützt SCHLÄPFER auch 4 km² große Quadrate und sucht Punktepaare im gleichen Formelement, die höhenmäßig möglichst verschieden sind.

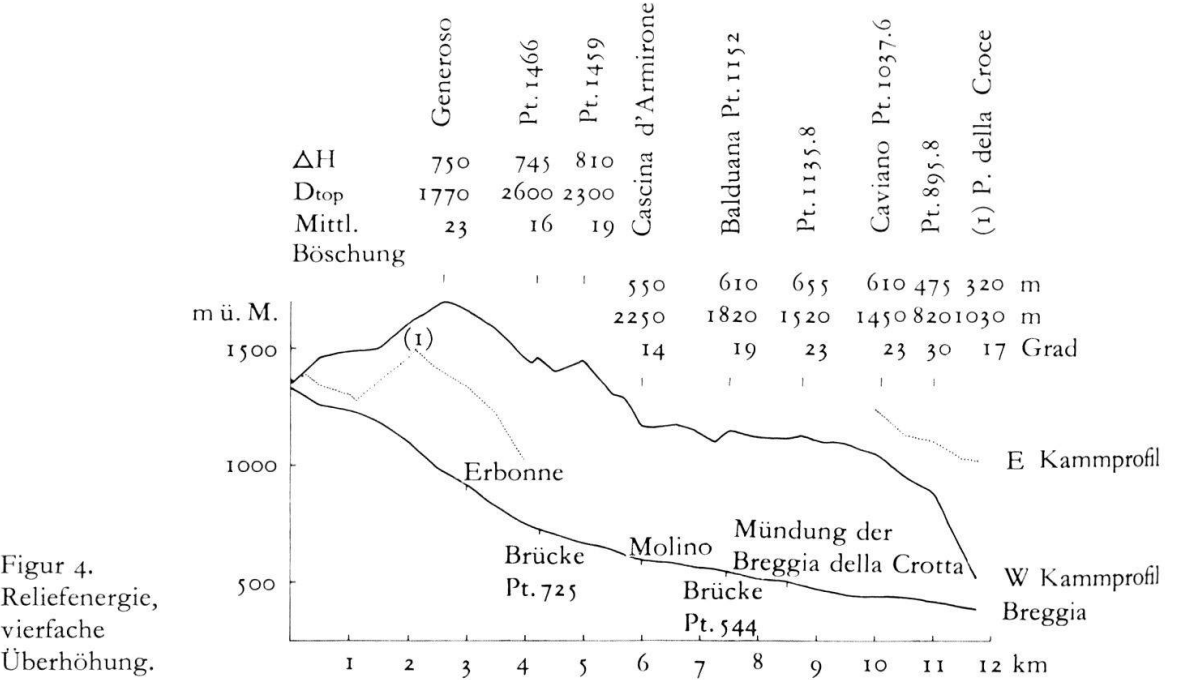
Da sich diese Darstellungsverfahren nur für große Untersuchungsräume eignen, nach SCHLÄPFER wurden sie für Süddeutschland, das Harzgebirge, das Burgenland usw. angewendet, versuchte ich, eine Art typischer Reliefenergie des Muggiotales durch gleichzeitige Darstellung eines Kamm- und Flußlängsprofils



Figur 3. Böschungskarte.

in derselben Figur (Fig. 4) zu veranschaulichen. Ideal für eine solche Darstellung wäre ein paralleler Verlauf von Talsohle und Hauptwasserscheide. In unserm Fall liegen die Verhältnisse so, daß auf der W-Seite des Tales eine derartige Wiedergabe ohne störende Verzerrungen möglich ist. Nach der LK steht einer effektiven Länge der Hauptwasserscheide von 10,9 km eine Länge der Breggia von der Quelle bis zur Abflußstation von 12,5 km gegenüber; durch Nichtberücksichti-

gung der Kleinmäander S von Muggio wurde sie auf 11,75 km reduziert. Für diese Darstellung der Reliefenergie ungünstigen gegenseitigen Verlauf von Fluß und Grat stellen wir im Quellgebiet und SE von Scudellate fest; auf der linken Talseite ist sie wegen der topographischen Eigenheiten nur im Quellgebiet und am Talausgang möglich. Die generelle NS-Orientierung des Muggiotales ergab zweckmäßigerweise eine WE-Projektion, das heißt, die in den verschiedenen Kurven übereinanderliegenden Hauptpunkte befinden sich auf der gleichen geographischen Breite. Die Ausnahme bildet der Abschnitt von der Quelle bis zur A. d'Orimento. Zur weiteren Veranschaulichung werden an ausgewählten Punkten D_{top} und ΔH zwischen zwei sich entsprechenden Berg- und Talpunkten dazu der mittlere Böschungswinkel angegeben.



Figur 4. Reliefenergie, vierfache Überhöhung. Figur 4 zeigt, daß die Reliefenergie unseres Untersuchungsgebietes durchwegs bedeutend ist. Im Gebiete der größten ΔH -Unterschiede, das heißt zwischen A. d'Orimento und Cascina d'Armirone, besitzt die Breggia auch ihr größtes Gefälle. Mit dem Übergang zum flachen, sich nach Caviano hinziehenden Dosso macht sich eine Gefällsverminderung in der Talsohle bemerkbar; die Werte der Reliefenergie verzeichnen jedoch nur geringe Abnahme gegenüber dem Generosogebiet.

Flußabschnitt	Gefälle der Breggia in Promille
Quelle-Orimento	91
Orimento-Molino (W Muggio) ..	135
Molino-Abflußstation	32

Die Reliefenergie in dem nicht auf diese einfache Weise darstellbaren V. della Crotta ist derjenigen im Haupttal vergleichbar:

	Talboden beim Gehöft Crotta-Pne. di Cabbio	Talboden beim Gehöft Crotta-Bisbino
ΔH	640	705 m
D_{top}	2300	2050 m
mittl. Böschung.	16	19 °

Die Oberflächenform des Muggiotales können wir auf Grund der durch die Feldbegehungen gewonnenen Eindrücke und der durch die verschiedenen morphometrischen Darstellungsarten erhaltenen Bestätigungen und neuen Erkenntnisse wie folgt charakterisieren:

Die NS- und WE-orientierten Täler unseres Untersuchungsgebietes vermitteln den Eindruck einer gut gegliederten, fluviatil markant zerschnittenen Landschaft mit steilen V-Profilen. Dank einer für Tessiner Verhältnisse geringen mittleren Höhe von 949 m ü. M. kann fast das ganze Gebiet wirtschaftlich genutzt werden. Die menschliche Tätigkeit beschränkt sich aber zur Hauptsache auf die Zonen relativer Verflachungen, die sich stellenweise vom übrigen Relief deutlich abheben und 52% des Gesamtgebietes ausmachen.

E. MORPHOMETRISCHE GESTEINSANALYSE

Für Vergleich und Deutung verschiedener Akkumulationen bediente ich mich der von CAILLEUX aufgestellten Formel für den Zurundungsindex, nämlich $2r/L$, «worin L die größte Länge des Schotters ist und r den kleinsten Zurundungsradius darstellt, der sich in der Umrandung der Hauptschnittebene des Schotters findet, wobei als Hauptschnittebene diejenige definiert ist, in der L als größte Längsachse und r als größte Querachse sich rechtwinklig schneiden» (POSER u. HÖVERMANN, 1950, S. 69). Diese Bestimmung ergibt bei Ausrechnung auf die dritte Stelle nach dem Komma und Multiplikation mit 1000 stets Werte, die zwischen 1 und 1000 liegen und mit ihrer Größenzunahme eine Rundungszunahme der Schotter bis zur kreisförmigen Hauptschnittebene als dem einen Extremfall mit dem Wert 1000 ausdrücken. Nach Möglichkeit sollten 100 auf alle Fälle petrographisch gleichartige Schotter, erfahrungsgemäß am besten mit Hauptachsenlängen zwischen 2 und 15 cm (POSER u. HÖVERMANN, S. 70), pro Meßstelle ausgewertet werden. Die Ergebnisse werden in Indexgruppen von je 50 aufeinanderfolgenden Werten (1–50, 51–100 ...) samt ihrer prozentualen Häufigkeit in geeigneter Form (Tab. 3), graphisch im sogenannten Morphogramm, dargestellt und sind je nach Art der Akkumulationsmasse und Länge des Transportweges verschieden.

Unsere Resultate bestätigen die Aussage von POSER und HÖVERMANN, wonach fluviatile Ablagerungen Morphogramme ergeben, in denen mehrere Indexgruppen vorkommen. Der Anteil der kleinen Indizes 1–100 ist sehr gering. Die größte Höhe des Morphogramms liegt über einer mittleren der vorkommenden Indexgruppen. Flußschotter erreichen nach 3–5 km ihre Endproportionen. Solifluktionsmaterial zeigt ein markantes Maximum in der Gruppe 1–50 und kaum nennenswerte Vertretung von Indizes über 150. Die Komponenten erreichen bereits nach einem Transportweg von 700 m eine Art Endform. – Es ist günstig, wenn unklare Herkunft eines Schuttvorkommens nicht auf Grund derartiger allgemeiner Angaben, sondern durch direkten Vergleich mit eindeutigen Ablagerungen aus demselben Untersuchungsraum bestimmt werden kann. Mit der Schotteranalyse verfolgte ich zwei Zwecke:

1. Zusätzliche Aussage über das fragliche Schuttvorkommen von Scudellate.
2. Erweiterung der Kenntnisse über das Ponteganakonglomerat.

Das Schuttband von Scudellate

Im Graben E Scudellate zieht sich von der Höhe der Straße nach Roncapiano ein etwa 50 m breites, ausschließlich aus Kalkmaterial zusammengesetztes Schuttband talwärts, ist bald nur noch auf der E-Seite des Grabens festzustellen und biegt dann auf 760 m ü. M. nach SE, wo es S der «ss» von «Dosso dei Crotti» (Koordinate 724350/086500) längs einer 5 m hohen Stufe der Breggia etwa 3 m über dem Flußniveau dem Anstehenden aufliegt. Verschiedene Feststellungen lassen die Frage auftauchen, ob es sich um Relikte eines Bergsturzes oder um solche einer auf eine Eigenvergletscherung des Generosogebietes hinweisenden Moräne handelt. Für die Deutung des Schuttbandes als Moräne spricht folgendes:

- Neben vorwiegend eckigen finden sich auch einzelne gerundete Komponenten. Zum Beispiel liegt ein besonders gut gerundeter Block mit einem Durchmesser von etwa 40 cm an schwer zugänglicher Stelle zuunterst im Schuttband, nur wenig über dem Anstehenden.
- Das relativ schmale Schuttband zieht nicht nur in der Fallinie talwärts und besitzt auf Höhe 840 sowie unmittelbar über der Breggia deutliche Wallform.
- Blöcke verschiedener Größe verteilen sich gleichmäßig zwischen dem höchsten und tiefsten Punkt des Schuttbandes.
- Es handelt sich um ein isoliertes Vorkommen ohne die Möglichkeit einer durch Einzelblöcke belegten direkten Verbindung in ein Anrißgebiet.

Für die Deutung als Bergsturzelikt sprechen Überlegungen allgemeiner Art und Analogieschlüsse:

- Eine Eigenvergletscherung im Sottoceneri ist bis jetzt nirgends nachgewiesen worden.
- In der Gipfelregion des Generoso fehlt jeglicher glaziale Formenschatz.
- Auf den für die Erhaltung von glazialen Deponien geeigneten Verflachungen in der Nähe des zu deutenden Blockstromes fehlen Lockermaterialablagerungen.
- Gebiete, die als Ursprungsort eines Bergsturzes in Frage kommen, sind NW Scudellate vorhanden.

Um weitere Anhaltspunkte zu erhalten, bediente ich mich der morphometrischen Gesteinsanalyse nach CAILLEUX, untersuchte das zu deutende Schuttband von Scudellate und zum Vergleich den weniger als 1 km entfernten Bergsturz von

Erbonne. Die beiden Resultate (Tab. 3, Analyse 1 u. 2) sind einander sehr ähnlich, das Schuttband von Scudellate muß demnach als Bergsturzrelikt angesehen werden und der erwähnte gerundete Block als Einschwemmung während der Durchschneidung des Schuttriegels durch die Breggia. Die Analyse der Würmmoräne von Morbio darf zum Vergleich nicht beigezogen werden, da dieses Material und dasjenige einer möglichen Lokalmoräne eine allzu unterschiedliche Transportstrecke hinter sich hätte.

Das Ponteganakonglomerat

Als Ergänzung zu Abschnitt A in Kapitel III, 1 soll in diesem Zusammenhang untersucht werden, welche Aussagen über das Ponteganakonglomerat durch die Schotteranalyse ermöglicht werden.

Im Gegensatz zu HEIM, BUXTORF und VONDERSCHMITT glaubt BECK (1933), das Ponteganakonglomerat stelle aus einer Lokalmoräne hervorgegangene Schotter dar. Er benützt diese zur Stützung seiner Theorie von dem bis ins Tertiär reichenden Alter der jüngsten Kälteperioden.

Das Ponteganakonglomerat erfüllt die alte Breggiaschlucht, deren Breite der EW-Ausdehnung von Morbio Sup. und Morbio Inf. entspricht, bildet weiter S einen Kegel mit den Eckpunkten S. Simone und S. Antonio/Bisio und bedeckt eine Fläche von $1-1\frac{1}{2}$ km². Daneben befindet sich bei Motta ein isoliertes Vorkommen von Ponteganakonglomerat; die Bestimmung seines Ablagerungsalters und seiner Ausdehnung sowie die Beantwortung der Frage nach Herkunft und Transportweg bietet Schwierigkeiten. Es besteht keine Möglichkeit, diese ansehnliche Rutschmasse, deren durchschnittliche Mächtigkeit etwa 30 m betragen dürfte, durch Gesteinsrelikte mit einem Anrißgebiet in Verbindung zu bringen oder ein solches zu erkennen. Zudem fällt auf, daß die das Rutschgebiet begrenzenden Dossi nur etwa 1000 m hoch sind. Wir stehen vor ähnlichen Problemen wie beim Schuttband von Scudellate. Entstehung und Verbreitung des Ponteganakonglomerates ließen sich durch Verbindung mit einer Eiszeit auf einfache Art und Weise erklären. POSER und HÖVERMANN beschreiben, wie auch im Harz Schuttmassen, die sich bezüglich Blockgröße und Mächtigkeit dem Ponteganakonglomerat offenbar vergleichen lassen, Anlaß zu Diskussionen über die Frage glazial- oder nicht glazialbedingter Herkunft gegeben haben. «In allen Aufschlüssen stellt sich die Schuttmasse als ein Materialgemisch dar aus großen Blöcken, darunter auch solche von 4 bis 6 Kubikmeter Inhalt, aus mittelgroßem bis kleinem Gesteinsschutt, und sandiggrusigem bis toniglehmigem Feinmaterial» (POSER u. HÖVERMANN, 1950, S. 68). Diese Beschreibung paßt auch auf das Ponteganakonglomerat, für welches noch zusätzlich die Entfärbung der Komponenten und die starke Verfestigung in tiefern Lagen charakteristisch ist. Im V. della Creda sind Blockgrößen von mehreren Kubikmetern keine Seltenheit.

Die Proben zu den Analysen wurden dem Ponteganakonglomerat im V. della Creda, bei Morbio Inf., Pontegana und S. Simone entnommen; diejenige von

Pontegana stammt aus unter den beiden Sandbändern liegendem Material. Allen Ergebnissen ist eine große Zahl der auftretenden Indexgruppen eigen. Kein Resultat läßt den Schluß zu, daß eine Moräne vorliegt. Analyse 1 besitzt in Gruppe 1 ein deutliches Maximum, welches auf Bergsturzmaterial hinweist. Die verschiedenen Gerölle mit hohem Zurundungsindex stellen bergsturzfremdes Material dar, nämlich Schotter, die im pliozänen Muggiotal bereits vorhanden waren, als es zu den das Ponteganakonglomerat liefernden Rutschungen kam. Die in den beiden folgenden Analysen festzustellende Rundungszunahme der Komponenten deutet auf Wassertransport und damit auf deren Herkunft aus dem V. della Creda hin. Der Aufschluß, welchem die Probe 4 entnommen wurde, besitzt eine größere Entfernung von Probe 1 als die Probe 3, jedoch einen geringeren Zurundungsgrad als diese und stellt demzufolge eine aus einem neuen Rutschungszentrum hervorgegangene Ablagerung dar. Wenn vom Ponteganakonglomerat heute offenbar nur noch Reste vorhanden sind, so ist daran zu erinnern, daß Mindel- und eventuell ältere Moränen im Becken von Chiasso überhaupt nicht mehr vorhanden sind. Die Gefällsverhältnisse bei Morbio Sup. genügen bei weitem für das Zustandekommen von murgangartigen Massenbewegungen.

2. EISZEITLICHE VERHÄLTNISSE

A. ALLGEMEINES

Sowohl zum Verstehen der an sich unbedeutenden diluvialen Einflüsse im engern Untersuchungsgebiet wie auch zur Beantwortung der Frage nach Flußverlegungen der Breggia und ihrer Datierung war es nötig, die Untersuchungen über eiszeitliche Verhältnisse auf die Nachbargebiete des Muggiotal und dessen Vorland auszuweiten. Dabei konnte ich mich auf eine ganze Reihe neuer und zum Teil bedeutender Aufschlüsse stützen, die durch die rege Bautätigkeit im Mendrisiotto und Varesotto entstanden sind.

Gleich wie im benachbarten Südalpengebiet (nach PRACCHI, RIVA u. a.) wird auch im Generosomassiv die maximale diluviale Eishöhe nur noch durch Einzelerratiker belegt. Im engern Untersuchungsgebiet können diese leicht erkannt werden. Im Bereich der Molassehügel ist dies, obschon die Nagelfluhblöcke immer gut gerundet sind, seltener möglich, und die Unterscheidung alter fluvioglazialer Schotter und eventuell aufgearbeiteter Nagelfluh ist schwierig. So sind zum Beispiel an der Straße von Drezzo nach Parè, in diesen beiden Ortschaften und in den Gräben der nordwärts anschließenden Nagelfluhhügel mehrere Aufschlüsse zu sehen, in denen kristalline und wenige kalkige Gesteine in bedeutenden gelben Sandschichten liegen. Die Verwitterung kann schon derart fortgeschritten sein, daß die Grenze zwischen den einzelnen Komponenten und den sie umgebenden Sanden nur bei

Tabelle 3. Resultate der morphometrischen Gesteinsanalyse.

Analyse	Ort der Probenentnahme	Gesteinsart	Rundungsindizes														Beurteilung	
			1-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-400	401-450	451-500	501-550	551-600	601-650	651-700		701-750
1	S Erbonne	Kalk	91	9														Ausschließlich Bergsturzmaterial wie Analyse 1 Bergsturzmaterial mit Schottern wie 3; jedoch länge- rer Transportweg Schotter
2	SW Scudellate	Kalk	82	17	1													
3	V. della Creda	Kalk (Pontkgl.)	63	8	9	8	4	2	1	3	1		1					
4	W Morbio Inf.	wie 3	32	8	13	25	7	4	5	4			1	1				wie 3; jedoch länge- rer Transportweg Schotter wie 4 Schotter
5	Pontegana	wie 3		9	11	23	22	17	7	1	6	3	1					
6	NW S. Simone	wie 3	1	3	15	30	19	10	8	9	2	1	1				1	
7	Kiesgrube SE Balerna (Pt. 297.9)	Kalk		4	15	22	20	16	11	4	2	3		2		1		Gehängeschutt mit Moränenmaterial Moräne
8	Scò di sotto (Straße Obino- Càmpora)	Kalk	85	6	3	4	1	1										
9	NE Morbio Sup.	Kalk	13	31	24	17	7	4	2	2								

genauem Hinsehen zu erkennen ist. Da im Vergleich zu der Nagelfluh am Sasso di Cavallasca und S Chiasso in diesen Vorkommen die Verwitterung weiter fortgeschritten und der Anteil des sandigen Bindemittels relativ groß ist, stellte sich die Frage, ob hier nicht mit Glazialdeponien durchsetzte Nagelfluhumlagerungen vorliegen. Da eckige Komponenten völlig fehlen, bzw. nur die Verwitterung eckige Kerne ehemals runder Blöcke übriggelassen hat, glauben wir, daß zwischen Drezzo und Parè lediglich eine besondere Nagelfluhfazies zu sehen ist. Auch in der eindeutig als solche erkennbaren Nagelfluh kommen Kalkgerölle vor. Nach M. PFISTER (1921, S. 10) beträgt der Anteil der kristallinen Gesteine 90–99%, derjenige der Kalke jedoch stellenweise 1–20%.

Einzelne Moränenzüge, besonders ihre Grenzen, können in der Kulturzone wegen der einschneidenden menschlichen Eingriffe in die Oberflächenbedeckung und -gestaltung oft nur ungenau festgestellt werden. Zudem sind die Moränen häufig nur noch in Bruchstücken, die verschiedene Rekonstruktionsmöglichkeiten offen lassen, erhalten.

Auf der Alpennordseite erfolgte während der Interglazialzeiten eine markante Durchschneidung der Schotterfelder, so daß eine Unterscheidung verschiedener Eiszeiten durch die Rekonstruktion ihrer Schotterlagen möglich wird. Wegen der geringeren Höhendifferenzen ist dies im Vorland der Alpensüdseite selten der Fall (vgl. z.B. Fig. 1), und wir müssen versuchen, die Unterscheidung verschiedener Eiszeiten durch eine Analyse der Moränen vorzunehmen. Unter dem Einfluß des bereits ans mediterrane Regime erinnernden Klimaablaufes sind die Verwitterungsunterschiede der verschiedenaltigen Moränen so markant, daß eine Trennung nach rein visuellen Gesichtspunkten möglich ist. Wir können drei Verwitterungsstufen feststellen:

Ferretto. Als Ferretto bezeichnet man seit TARAMELLI (1876. Nach PENCK, 1909, S. 749 u. 787) glaziale Ablagerungen, in denen die einzelnen Komponenten durch ein roströtliches Bindemittel, dessen Farbe zum Teil auf zerfallene Porphyre zurückzuführen ist, zusammengehalten werden. Die Verwitterung ist bereits derart fortgeschritten, daß Aufschlußwände eine kompakte, glatte, mosaikartige Fläche bilden. Diese Glazialdeponien werden übereinstimmend der Mindelzeit zugerechnet. In unserm Untersuchungsgebiet ist das Fehlen großer Blöcke im Ferretto ein Hinweis dafür, daß dieser hier eine leicht geschotterte Fazies der Mindelmoränen darstellt. Daß daneben auch eine Blockfazies vorkommt, erwähnt zum Beispiel PENCK (1909, S. 789). In den *Rißmoränen* sind viele Kalke zerfallen und haben den Ablagerungen dieses Alters eine hell- bis kräftig dunkelbraune Farbe gegeben. Andere sind durchgehend entfärbt, gebleicht und relativ leicht oder besitzen eine braune Verwitterungsrinde, die sich markant von einem unverwitterten Kern abhebt. Auf fortgeschrittene Zersetzung weist auch das Kristallin mit Ausnahme der Quarzite und Serpentine. Granite und Gneise können vielfach mühelos von Hand zerdrückt werden. In den grauen, immer sehr frisch aussehenden *Würm-*

moränen überwiegen in unserm Gebiet die Kalke, welche oft gekritzelt sind und keinerlei Verwitterungsspuren aufweisen. Interglaziale oder interstadiale *Schotter* müssen vorwiegend nach ihrer stratigraphischen Lage und ihrer Stellung zu den Moränen datiert werden, da sie nicht denselben Verwitterungsbedingungen unterworfen sind wie diese. Eine wichtige Rolle für die Verwitterung spielt offenbar ein Feuchtigkeitsgrad, wie er in den gleichmäßig von Feinmaterial durchsetzten Moränen vorhanden ist. In den gut wasserdurchlässigen Schottern wird dieser Feuchtigkeitsgrad abwechselnd unter- oder überschritten, es kommt zu Kalzitausscheidungen und zementartiger Verfestigung der Schotter, somit zu einem Schutz vor weiterer Verwitterung, welcher durch überlagernde Moränen noch verstärkt werden kann. Aus diesem Grunde können zum Beispiel Nagelfluhablagerungen weniger stark verwittert sein als die jüngern Mindelmoränen, Schotter weniger stark als Moränen derselben Eiszeit. Der Verfestigungsgrad darf zur Unterscheidung verschiedener Fluvioglazialablagerungen nicht benützt werden. Schließlich sei auch noch auf die Möglichkeit hingewiesen, daß älteres Moränenmaterial durch einen neuen Gletschervorstoß umgelagert und mit jüngerem vermischt werden kann.

Für die Erhaltung von Moränenwällen spielt auch die Hangneigung eine Rolle. Die folgende Zusammenstellung zeigt den kritischen Winkel. Nach PRACCHI (1954, S. 331) beträgt er bei einer durchschnittlichen Streuung von 11% im Mittel von zwölf Messungen $33\frac{1}{3}^{\circ}$.

Kritischer Winkel für die Erhaltung von Moränenwällen

S. Martino (W-Seite)	38°40'
S. Martino (S-Seite)	31°40'
Salorino	33°40'
Caviano	31°00'
Sasso Gordona	28°10'
Mittel	ca. 33°

B. VALLE DI MUGGIO UND BECKEN VON CHIASSO

Die Ausdehnung der Moränen zwischen Morbio Sup. und Caneggio geht aus Figur 17 hervor. Es handelt sich um zwei Wallmoränen, welche morphologisch deutlich in Erscheinung treten und die beiden Hügelzüge E und W der bei Pt. 561 nach Sagno abzweigenden Straße bilden. Der östliche Wall stellt eine Reißablageung dar, setzt auf der N-Seite des Spornes von S. Martino in einer Höhe von 640 m ein und zieht als breiter Rücken von Càmpora (Pt. 609) bis Pidriolo. Auf der flachern, ehemals dem Gletscher zugewendeten W-Seite dieser Moräne liegt ein Würmwall. Den Aufschluß an der Straße von Morbio Sup. nach Caneggio, 80 m

WSW Pt. 561, möchte ich als typisches Beispiel einer Moräne der letzten Eiszeit besonders hervorheben. Die Doppelmoräne reicht im V. della Creda bei Pt. 387 E der Breggia bis auf das Hochwasserniveau, W davon bis auf 4 m über den Wasserspiegel. An der Straße ins Muggiotal ist 100 m nach der obern Kirche von Morbio Sup. Würmgrundmoräne und nach weitem 200 m die durch diese überdeckte Reißmoräne zu sehen. Der auf der geologischen Generalkarte der Schweiz als Moräne identifizierte Rücken N Caneggio besteht aus Mesozoikum.

Diese Morbiomoräne konnte ich auf Schweizer Gebiet gegen E bis auf die W-Seite des V. Codriga (E Sagno) verfolgen. Ihre Obergrenze befindet sich E Trevalle in 720 m und verläuft dann durch den N-Rand von Trevalle und den S-Rand von Sagno nach Breccio (Pt. 670). Der Sporn von S. Martino ist zu steil für die Erhaltung einer Moräne. Die Untergrenze der Moräne ist nicht eindeutig feststellbar, dürfte aber bei Sagno auf etwa 600 m liegen. Die besten Aufschlüsse dieser Reiß-Würm-Moräne finden wir im Graben S Sagno (Würm!) und an dem im Ausbau begriffenen Weg am SE-Ausgang von Trevalle (Reiß!). Die höchsten Erratiker zwischen Sagno und Breccio liegen auf 720 m.

Nach NW kann der Eisstand, welcher die Morbio-Reißmoräne hinterlassen hat, bis nach Salorino und Somazzo verfolgt werden. Die Verbindung zu den Aufschlüssen bei diesen beiden Orten wird durch den mit Moränenmaterial durchsetzten Gehängeschutt (722 700/080 690. Gesteinsanalyse Nr. 8, Fig. 17) NW von Pt. 387 (V. della Creda) auf der Bergseite der Straße von Castel S. Pietro nach der Ortschaft Càmpora sowie durch ein Überbleibsel der Reißmoräne längs der Straße von Obino nach Caviano zwischen 640 und 680 m ü. M. sichergestellt. Weitere Moränen konnte ich auf diesem Hang, dessen Neigung bis zu 40° zudem verschiedentlich mit Richtung und Neigung des Schichtfallens übereinstimmt, nicht feststellen. Einige Erratiker sind jedoch noch im Graben, welcher von Albareda nach Scò di sotto zur Breggia hinunterzieht, zwischen 670 und 690 m ü. M. zu sehen. Die altersmäßige Entsprechung der Morbiomoräne finden wir beidseits der Morea bei Somazzo. Auf der E-Seite dieses Baches setzt die Moräne 200 m N Salorino ein, erreicht ihre größte Höhe von 640 m zwischen Ceree und Bosco della Torre, von wo aus die Obergrenze bei Bonello vorbei gegen NW zur Morea (550 m ü. M.) hinunterzieht. Von hier an fließt der Bach 450 m weit mehrheitlich in der Moräne und erreicht das Anstehende erst wieder E Somazzo. Der flache Rücken von Torretta, wo bei Pt. 669 ein schöner Aufschluß von vermischem Reiß- und Würmmaterial zu sehen ist, über S. Nicolao—Pt. 722.7—Pt. 701 bis zum Beginn der Versteilung ist von einem Moräneschleier bedeckt.

Daß auch eine Vereinigung der Würmgletscher von Capolago und Como stattgefunden hat, darf auf Grund der Lage der Würmmoräne von Morbio und des Würmmaterials von Torretta als gesichert angenommen werden. Die Morbio-Würmmoräne ist jedoch W der Breggia nur noch E von Castel S. Pietro zu sehen, wo sie an der Straße S des Hügels Dré (Pt. 507) teilweise direkt auf dem Mesozoikum liegt und bis zu den Häusern N von Ponte festzustellen ist. Die südlichste

Würmablagerung des Capolagogletschers befindet sich bei Corteglia (S Mendrisio), wo sich von einem vorwiegend aus Flysch bestehenden Unterbau eine Wallmoräne abhebt, welche von Selva über Pt. 464 nach Pt. 449.1 zieht. Sie besteht aus Würm-material, welches dasjenige aus der Rißzeit überlagert. Die Kontaktstelle ist in einem kleinen Aufschluß im Wald am Weg zwischen Torre und Selva zu sehen.

Der Gletscherstand, welcher die Morbio-Rißmoräne geschaffen hat, hinterließ seine Spuren um das ganze Generosomassiv. Sie können auf der W-Seite des Lario N Masliànico von der Croce dell'Uomo (790 m) gegen N weiterverfolgt werden (PRACCHI, 1954) und reichen von Intelvi, wo Transfluenz zwischen den Eismassen des Luganer- und Comerseegebietes bestand, über A. di Cerano, den 970 m hohen Sattel zwischen Sasso Gordona und P. della Croce, in unser Untersuchungsgebiet. Heute läßt sich hier ein dreifacher Rißmoränenbogen (Abb. 1) feststellen: der erste erreicht gerade die Wasserscheide, der zweite überschreitet sie nur unbedeutend. Der dritte, westlichste und gleichzeitig größte Moränenwall setzt auf dem von A. di Cerano Richtung P. della Croce ziehenden Grat in einer Höhe von 1100 m ein, läßt sich gegen SE über Pt. 1032 weiterverfolgen, quert die Vallaccia etwa 400 m W der Wasserscheide, biegt nach W bis zum zweiten «a» von Falmoira (LK 286: 726 280/086 460) aus und tritt schließlich am N-Hang des Sasso Gordona morphologisch besonders deutlich in Erscheinung. Seine höchste Stelle erreicht er in 1120 m auf dem markanten Rücken, der vom Sasso Gordona nach N hinunterzieht. Die östlichste und kleinste Moräne erreicht hier 1030 m. Während die höchstgelegenen Moränenreste praktisch mit dem höchstgelegenen vereinzelt Erratikum zusammenfallen, kann festgestellt werden, daß der Gletscher im Zeitpunkt seiner größten Ausdehnung über die Moränen nach W in unser Untersuchungsgebiet reichte. Ich fand beweis-kräftige kristalline Blöcke in 960 m Höhe, knapp oberhalb der nach Erbonne führenden Straße, 500 m W der Wasserscheide, sowie auf 1000 m im Graben, der vom Passo Bonello nach N hinunterzieht. Ein mindestens $\frac{1}{2}$ Kubikmeter großer eckiger Gneisblock liegt auf 860 m im Graben der Vallaccia, ca. 3 m über dem Bachbett. Es darf angenommen werden, daß dieser Block nicht durch die Vallaccia verfrachtet wurde; jedoch besteht die Möglichkeit, daß er mit einem kleinen Bergsturz von N um einen geringen Betrag heruntergerutscht ist. Das westlichste Kristallinstück liegt im Bachbett der Vallaccia auf einer Höhe von 820 m ü. M. Der Einfluß des Intelvieises auf die Morphologie unseres Gebietes ist somit gering: Eine schmale Eiszunge reichte kurze Zeit ungefähr 850 m von der unter einer 140 m mächtigen Eisdecke liegenden Wasserscheide bei A. di Cerano nach W in eine Tiefe von ca. 860 m ü. M.

Die Ceranomoräne zieht in der E-Flanke des P. della Croce in einer Höhe von etwa 1100 m nordwärts und erreicht N A. d'Orimento am Fuß des Filone M. Cristé in 1150 m ihre größte Höhe im Intelvi (PRACCHI, 1954).

Die zahlreichen Erratikerfunde im Quellgebiet der Breggia, S C. Boll auf einer Länge von 250 m im Bachbett, zeigen, daß Intelvieis nicht nur bei A. di Cerano

(970 m) ins Einzugsgebiet der Breggia vorstieß. Auch die Übergänge von C. Boll (1333 m), A. d'Orimento (1275 m) und eventuell Barco dei Montoni (1350 m) wurden vom Eis überströmt. Beim 1135 m hohen, zwischen Sasso Gordona und M. di Binate gelegenen Sattel von Schignano liegen folgende Verhältnisse vor: N Pt. 1135 befindet sich auf einer Höhe von 1110 m ein mehrere Kubikmeter großer, zum Teil mit Humus bedeckter Kristallinblock. S davon liegen in der Nähe der Wasserscheide einzelne, kleine, kristalline Gesteinsbrocken, die allerdings sehr selten sind und als Beweis eines Eisüberfließens in die V. di Rema nicht genügen.

Auch im Intelvi reichen die höchsten Würmablagerungen bis an die Reißmoränen. An der Straße von Casasco nach A. di Cerano ist im Graben S Pt. 901 (Preda) ein großer Würmaufschluß vorhanden. Ein weiterer befindet sich ebenfalls auf etwa 900 m an der Straße von Casasco nach C. la Bolla, nur 40 m tiefer als der nächstgelegene Aufschluß einer Reißmoräne.

Im Muggiotal sind erratische Blöcke, außer im Bachbett der Breggia zwischen Morbio Sup. und Casima, selten. Eine ganze Blockkolonie befindet sich im V. di Bregno (S Caneggio) zwischen 560 und 600 m; einen Erratiker findet man hier aber noch auf 640 m, auf dem Rücken N Caneggio auf 610 m. Bei S. Giovanni (W Muggio) befinden sich die nördlichsten Ablagerungen der von S her ins Muggiotal eingedrungenen Eismassen. Diese Siedlung ruht auf einer von Gräben durchzogenen Verflachung, deren Entstehung fraglich ist. Liegt eine Sackung oder eine Erosionsform vor? Um einen Bergsturz handelt es sich nicht, denn nirgends können die auf ein solches Ereignis hinweisenden Blocktrümmer festgestellt werden. Für die Erhaltung glazialer Deponien ist diese Verebnung gut geeignet. Solche sind denn auch vielerorts zu finden, doch handelt es sich durchwegs um kleinere Kristallintrümmer; sie besitzen keinerlei Anzeichen von Zurundung. Die höchstgelegene Komponente, ein $35 \times 25 \times 10$ cm großer Gneis, liegt im Graben NW des Kirchleins von S. Giovanni auf 660 m, die größte, ebenfalls ein Gneis ($100 \times 35 \times 25$ cm) im Trockenmäuerchen, welches teilweise neben dem nach Muggio führenden Weg verläuft. Es ist nicht anzunehmen, daß zu Bauzwecken solches Gestein über längere Strecken nach dem für moderne Transportmittel unzugänglichen S. Giovanni gebracht worden ist. Die nächstgelegenen Erratiker befinden sich in einer Entfernung von 600 bzw. 1400 m im Bachbett der Breggia auf der Höhe von Tamogno (S Muggio), und Camasciora, Pt. 750 (S Scudellate); der gut gerundete Block von Camasciora dürfte aus der Vallaccia stammen. In der Breggia della Crotta liegen kristalline Blöcke flußaufwärts bis auf die Höhe von Orsera. Ein einzelnes kristallines Handstück habe ich hingegen noch in Mobia (650 m ü. M.) und im Bachbett S davon gefunden¹.

¹ Die Kristallinschotter auf der Straße SW des Gehöftes Crotta und besonders der ansehnliche Gneisbrocken ($70 \times 50 \times 30$ cm) bei Pt. 1092 an der Straße zwischen Dosso Bello und Balduana seien lediglich erwähnt. Da sie aber nicht genügend beweiskräftig und fraglicher Herkunft sind (Straßenarbeiten?), dürfen vorläufig keine Schlüsse aus ihnen gezogen werden.

Für die Bestimmung der maximalen Eisausdehnung sind zudem die folgenden Funde erratischen Materials von Bedeutung:

Mti. Madrona (N Cernobbio)	850 m ü. M.	nach PRACCHI
A. di Melano	920	nach FRAUENFELDER
S. Giorgio (oberhalb Serpiano)	900	nach FRAUENFELDER
Einzugsgebiet der Morea		
V. dell'Alpe	Pt. 676	} nach unveröffentlichten Kartierungen von Prof. GYGAX
Weg V. di Selvano		
nach Cragno	660–670 m ü. M.	
Ceree (NW Salorino)	760 m ü. M.	

Capolago- und Comogletscher erreichten während des heute nachweisbaren Maximalstandes am Alpenrand eine Höhe von 800 bis 900 m ü. M., bei Mendrisio eine Mächtigkeit von 440 m und im Becken von Chiasso eine solche von 470 m. Die Eismächtigkeit bei Morbio Sup. betrug 310 m, und eine Eiszunge stieß von hier aus, bei einem durchschnittlichen Gefälle des Talbodens von 46‰ und einer im entgegengesetzten Sinne geneigten Eisoberfläche, deren Gefälle lediglich 7‰ betrug, 4,3 km talaufwärts, bis Muggio im Haupttal und bis Mobia im V. della Crotta.

Die Angaben über die Lage der höchsten Einzelerratiker und diejenigen über den Verlauf der Morbio-Rißmoräne zeigen, daß mindestens während der Rißzeit der Capolagogletscher und der ins Becken von Chiasso vorstoßende Ausläufer des Comogletschers zwischen Mendrisio und Castel S. Pietro aufeinanderstießen und sich gegenseitig nach SW drängten.

Verhältnisse wie im Muggiotal bestanden nach RIVA (1957, Karte 1:50000) auch anderswo. Der Leccoarm des Comogletschers schickte beim heutigen Ausfluß der Adda aus dem See einen in die sich gegen den M. Serrada (1875 m) hinaufziehende V. della Galavesa vorstoßenden Ausläufer, der bei Costalottiere zweigeteilt wurde. Der größere Teil stieß von der Kirche Erve aus noch 1570 m nach N, wo er in einer Höhe von 750 m endete. Diese Gletscherzunge besitzt N Bora auf einer Länge von 900 m nur noch eine Breite von 100 m. Weiterhin fällt auf, daß das Eis am Taleingang auf der W-Seite 420 m, auf der E-Seite, offenbar infolge Stauung am M. Spedone (1104 m), 780 m erreicht. Von hier aus stößt es 2,4 km nach N, dabei nur 30 m an Höhe verlierend.

Es ist schwierig, den maximalen Eisstand im Muggiotal genau zu datieren. Entweder stellen die extrem gelegenen Einzelerratiker Ablagerungsrelikte der Mindelvergletscherung dar, welche nach NANGERONT u. a. die größte Vereisung auf der Alpensüdseite ist, oder, dies scheint auf Grund des Verwitterungsgrades wahrscheinlicher, es handelt sich um Zeugen eines kurzen Rißvorstoßes, welcher keine Moränen hinterlassen hat. Zu diesem Schluß gelangen wir auch durch folgende Überlegung: Die drei Faloppio- und die zwei oder drei Stabimoränen dürften

zusammen mit den drei Ceranomoränen als Ergebnis derselben Gletscherschwankung einander gleichzusetzen sein. Da sich nun einerseits die Morbio-Rißmoräne mit den Ceranomoränen verbinden läßt, andererseits weder die Faloppio- noch die Stabimoränen das Rißmaximum repräsentieren, dürfte dieses die Erratiker bei S. Giovanni und im Quellgebiet der Breggia zurückgelassen haben.

Neben den Morbio- und Cortegliamoränen existiert im Becken von Chiasso noch eine dritte Wallmoräne: die Rißmoräne von Vacallo. Ihre Obergrenze liegt N Roggiana auf der E-Seite des V. Codriga auf 510 m, sinkt nach W vorerst nur wenig und befindet sich N Vacallo auf 470 m. Hier biegt die Moräne nach SW und bildet einen Wall, dessen Scheitel (Pt. 360, 318, 301) die langgezogene Häuserreihe von Vacallo trägt und dann nach SE gegen Pt. 297 abbiegt, wo durch Bautätigkeit eine Bedeckung durch Würmgrundmoräne aufgeschlossen wurde. Die W-Grenze der Rißmoräne wird N Vacallo durch den das Dorf durchfließenden Bach markiert, liegt dann aber weiter S am E-Rand von Fontanella (Pt. 320). Die Vacallomoräne stellt auf Schweizer Gebiet die letzte Rückzugsphase des rißzeitlichen Chiassoarmes des Comogletschers dar und entspricht möglicherweise der Corteglia-Rißmoräne des Capolagogletschers. Vor dieser Phase entstanden die Rißbedeckungen der Hügel von Loverciano und Nebbiano (?) sowie die Molinimoräne; diese ist W von Morbio Inf. am linken Ufer der Breggia bei der neuen Zementfabrik als Ausfüllung eines einstigen Nebenbaches der Breggia aufgeschlossen.

Daß unmittelbar W von Morbio Inf. zwischen dem oberflächlich von Ceppo bedeckten Hügel (Pt. 420.1) und der auf Ponteganakonglomerat ruhenden Kirche (Pt. 361) von Morbio Inf. keine tiefreichende Querrinne in der Streichrichtung des Mesozoikums vorhanden ist, geht daraus hervor, daß durch Kanalisationsarbeiten und natürliche Aufschlüsse beidseits des N von Morbio Inf. einsetzenden und nach W zur Breggia fließenden Bächleins die Scaglia bis auf 320 m ü. M. nachgewiesen werden kann.

S der neuen Zementfabrik ist E der Breggia bis zu dem 400 m weiter S liegenden Mäander, wo auf der linken Flußseite, 15 m über dem Wasserspiegel und der Scaglia aufliegend, infolge künstlicher Erdbewegungen ein neuer Aufschluß (Abb. 8) entstanden ist, teilweise mit Blöcken von Ponteganakonglomerat durchsetztes Riß- und Würmmoränenmaterial zu sehen.

Eine Fortsetzung der Vacallo-Rißmoräne auf dem M. Olimpino konnte ich nicht feststellen. Hingegen befindet sich S von Quercino, längs der Straße nach der Ortschaft M. Olimpino ein Rest der das S-Ende der Vacallomoräne überlagernden Würmmoräne, welche bis S von Pt. 314 verfolgt werden kann.

Von den Quartärablagerungen im Becken von Chiasso haben die *Schotter* besondere morphologische und technische Bedeutung. Als Alluvionen unbekannter aber mindestens 30 m betragender Mächtigkeit bilden sie die Ebene von Chiasso und verdeutlichen zudem anschließende Terrassen. Während die niedrigste Terrasse, diejenige von Balerna, eine Höhe von 300 m erreicht und beidseits der Breggia zu sehen ist, kann die nächsthöhere Terrasse von Gorla nur noch W der Breggia festgestellt werden. Die Gorlaterrasse geht nach W über die Flyschschwelle von Coldrerio in die ebenfalls 350 m hohe Ebene von Stabio über. Eine 20 m hohe

Stufe führt auf die nächsthöhere kleine Terrasse von Croce. Die höchste Schotterterrasse, diejenige von Pt. 406 (Friedhof Castel S. Pietro), liegt auf 400 m und ist W der Breggia deutlich, E davon noch in Resten (Hügel N Morbio Inf.) vorhanden. Sie stellt nicht eine eigentliche Terrasse, sondern eine durch Schotter eingeebnete Talung dar, deren mesozoische Ränder bei Loverciano und Vigino zutage treten. Diese Terrassen liegen als Alluvionsformen auf einem durch Erosion und Tektonik geschaffenen gestuften Unterbau aus Mesozoikum, Flysch und Ponteganakonglomerat, welcher durch Breggia und Raggio (Bach W Balerna) aufgeschlossen ist. Die Terrassen von Balerna und Gorla werden durch Schotter gebildet, die in den Kiesgruben N und S Balerna sowie 150 m SW Pt. 308 (S. Lucia) abgebaut werden. Es handelt sich um geschichtete und etwas verfestigte Kalk- und vereinzelt Kristallingerölle mit Zwischenlagen von Sand, die mit einer Neigung von 20–25 Grad nach S fallen. Aus Zurundungsgrad (Gesteinsanalyse Nr. 7), lithologischer Zusammensetzung und aus der Lage geht hervor, daß es sich um Deltaablagerungen der Breggia, vorwiegend moränenfremdes und bezüglich Verwitterung junges Material handelt, um Ablagerungen, welche in einen See geschüttet wurden, der sich beim Eistrückzug im Becken von Chiasso bildete. Die verschiedenen Terrassenniveaus weisen auf verschiedene Rückzugsphasen. Wegen der dammartigen Wirkung des Ponteganakonglomerates von Morbio Inf. wurden die höhern Deltaschotter nur W der heutigen Breggia abgelagert.

Die Deltaschotter von Balerna und die Faloppioschotter (Fig. 5) werden von Rißmaterial bedeckt. Ein Vergleich mit dem Ferretto schließt die Möglichkeit, daß es sich um Prärißablagerungen handeln könnte, aus, und es stellt sich sogar die Frage, ob diese Schotter der Riß- oder der Würmzeit zuzurechnen sind. Die Rißbedeckung der Schotter in der Kiesgrube von S. Lucia beträgt lediglich 1,5 m, gleichviel wie diejenige der Faloppioschotter in der Kiesgrube E Trévano. Eine ähnliche Bedeckung besitzen auch die Schotter der untersten Terrasse W der Breggia. Von einer etwas weniger mächtigen, nun aber nicht mehr als Moräne anzusprechenden Schicht werden auch die Deltaschotter der zweiten (Kiesgruben N Balerna) und dritten (kleine Kiesgrube 130 m E der Wirtschaft Croce) Terrasse bedeckt. Während bei den obern Terrassen diese oberste Schicht als Ergebnis des Bodenbildungsprozesses zu betrachten ist, müssen wir diese Möglichkeit für die unterste Terrasse und die Faloppioschotter ausschließen. Die Herkunft der 1,5 m mächtigen Schicht Rißmaterial, daß es sich um solches handelt, geht aus dem Gegensatz zur Würmgrundmoräne bei Trévano (Fig. 5) und den früher besprochenen Verwitterungsunterschieden zwischen den Moränen der verschiedenen Eiszeiten hervor, könnte noch durch Solifluktion erklärt werden. Falls wir aber diese zur Stützung der Annahme vom Würmalter dieser Schotter beiziehen wollen, erschiene auf Grund der gegenseitigen Lage von Würm- und Rißmoränen bei Morbio Sup. und Merlina (SW Ronago) sowohl bei S. Lucia als auch bei Trévano eine Überdeckung durch Würmmaterial wahrscheinlicher. Da bei den untersten Deltaschottern W der Breggia aus topographischen Gründen Solifluktionsbewegungen nicht in Frage kommen, in den Faloppioschottern relativ stark verwitterte Kristallingerölle und in den Würmmoränen frische Kalkkomponenten überwiegen, scheint es mir vorläufig unumgänglich, Faloppio- und Deltaschotter von Balerna mit der Rißvereisung in Verbindung zu bringen, und am wahrscheinlichsten, sie als Ablagerungen zwischen zwei Rißvorstößen zu betrachten.

Die Terrassen von Croce und Pt. 406 werden vorwiegend durch Ceppo gebildet, welcher in der Brückenrinne (Abschnitt II, A, 3) als höchste, das heißt seinerseits nicht mehr überdeckte Ablagerung, über Würmgrundmoräne liegt und die leicht verschwemmte Fazies der Morbio-Würmmoräne darstellt.

Mindestens vor der letzten Würmvereisung sind auch die Schotter, welche in den beiden Kiesgruben N und S Masliànico zu sehen sind, abgelagert worden. Es handelt sich gleich wie bei Balerna um gut geschichtete Kalkgerölle, welchen in der N Grube in einer Höhe von 280 m Würmmoräne anliegt. Vielleicht ist in einer überlagernden Tasche sogar noch etwas Reißmoräne vorhanden.

Der epigenetische Breggialauf N Chiasso führt durch Schotter, die auf der italienischen Seite von Würmgrundmoräne, auf Schweizer Seite auch von der Vacallomoräne überlagert werden. Zusammen mit den Schottern in der alten Talung zwischen der Bianconerippe von S. Giorgio und Fontanella liegen sie auf dem Niveau der Balernaschotter und entsprechen diesen altersmäßig. Die Tiefe der Breggiarinne zwischen S. Simone und dem NW-Ende des M. Olimpino ist nicht bekannt. Zwei Bohrungen beim Zusammenfluß von Breggia und Faloppia wurden in 30 m Tiefe eingestellt, ohne daß das Anstehende erreicht worden wäre. Dieses erscheint hingegen bei der Brücke von Masliànico (Pt. 222) am rechten Ufer der Breggia und besitzt Spuren fluviatiler Überformung, die nicht durch den heutigen Flußlauf entstanden sein können. Das Anstehende zieht in der Verlängerung der erwähnten Brücke nach SW, bildet den SE-Rand der auf 280 m einsetzenden Schotterterrasse und erscheint wieder an der Landesgrenze. Auch auf der gegenüberliegenden Seite ist diese Schotterterrasse erhalten geblieben. Auf 280 m ü. M. wird sie von der Vacallomoräne überlagert; im Graben S Pt 360 (Vacallo) ist jedoch bis auf 280 m hinunter das Anstehende festzustellen.

C. SCHWELLE VON NOVAZZANO

Die terrassierte Schwelle von Novazzano mit den Ortschaften Brusata, Novazzano, Coldrerio trennt das Becken von Chiasso und die etwa 100 m höherliegende Alluvionsebene von Stabio. Aus dieser fließt die Roncaglia, letztes Überbleibsel einer ehemals bedeutenderen Verbindung zwischen den beiden tektonisch wohl zusammengehörenden Landschaften, durchs V. della Motta nach Chiasso. N dieses Baches besteht die Schwelle zur Hauptsache aus Flysch, unter anderem aufgeschlossen in den Gräben S Coldrerio und W Balerna, S davon aus Moränenmaterial, welches das durch die Roncaglia besonders gut aufgeschlossene, jedoch auch weiter S vorhandene (s. geol. Generalkarte der Schweiz) marine Pliozän überlagert und den Nagelfluhhügeln Pt. 533, Pt. 518 (W und E Bizzarone in Italien), M. Prato (NE Uggiate) anliegt. Dieses Moränenmaterial ist in verschiedenen Gräben bloßgelegt. Es handelt sich weniger um reine Moränen als um umgelagertes, verschwemmtes Moränenmaterial. Verschiedentlich, zum Beispiel im V. Grande auf der Höhe W Casate, sind Sandbänke zu sehen. Die Quartärbildungen auf dem SW Teil der Schwelle von Novazzano sind das Ergebnis der sich während der Eiszeiten in diesem Raum berührenden Moränen der von N und E aufeinanderstoßenden Gletscher. Da diese Vereinigung bald stärker bald schwächer war, wurde diese

Mittelmoräne mehrmals umgelagert. Beim Abschmelzen der Eiszungen kam es, da Moränen, anschließende Berge und Hügel und abschmelzendes Eis geschlossene Wannen bildeten, bei der Schwelle von Novazzano zu An- und Auflagerungen von Schottern, die wir auf Grund ihrer Schichtung und Zusammensetzung als fluvio-glazial, im Becken von Chiasso am Ausgang des Muggiotales sogar als limnisch bezeichnen. Von den zahlreichen Kiesgruben seien erwähnt:

- Kiesgrube S Prella direkt an der Landesgrenze. Die Obergrenze des 30 m hohen Aufschlusses fällt mit einer auf 410 m ü. M. einsetzenden Terrasse zusammen.
- Neue Kiesgrube an der Roncaglia E Genestrerio. Großer Aufschluß mit interessanten Kleinstrukturen.

D. DIE ENDMORÄNEN VON STABIO

Im Dreieck Clivio–Gaggiolo–Stabio hat SENN (1924) zwei Endmoränenwälle und vom Museo Vela bei Ligornetto bis zum M. Oliveto (500 m N Rancate) eine Seitenmoräne, von der er annimmt, es handle sich um diejenige eines jüngsten Rückzugsstadiums, erkannt. Die verschiedenen Wallreste zeugen meines Erachtens von zwei oder drei Riß-Stirnmoränen und einer Würmmoräne.

Der innerste Rißwall ist gut erhalten und zieht von S. Pietro über Monticello (Pt. 439.0), wo durch Terrassierungsarbeiten für einen Weinberg ein großer Aufschluß entstanden ist, nach Monticello (Pt. 382). Den mittleren Wall bilden M. Albanascio, M. Astorio und die Hügel von Bella Cima. Der isolierte Hügel Pt. 385 W Gaggiolo ist zur Hälfte abgetragen worden, und es zeigte sich, daß er durchwegs aus Rißmoräne besteht. Zusammen mit Moränenresten zwischen Gaggiolo und Monticello (Pt. 423) ließe er sich, damit lägen die gleichen Verhältnisse vor wie im Faloppio, zu einem dritten Rißwall rekonstruieren. Auch die Seitenmoräne von Rancate ist, neue Aufschlüsse zeigen dies eindeutig, zur Hauptsache eine Rißablagerung. Einzig ihr SW-Ende stellt eine Würmanlagerung dar. Der Übergang zwischen diesen beiden verschiedenaltigen Moränen ist am Fuße dieser Wallmoräne 300 m NNE Museo Vela festzustellen. Die Rancatemoräne bildet die Fortsetzung der Stirnmoräne von S. Pietro. Weitere Wallrekonstruktionen sind nicht mehr möglich. Der Hügel von Prella besteht aus Nagelfluh, gleich wie diejenigen von Bizzarone und S. Maffeo, auf deren N-Hängen sich keine Moränenreste befinden. Die Umgebung von Besazio ist durch die Tektonik von SW nach NE strukturiert und besitzt auf den einzelnen Erhebungen einen unbedeutenden, aus Riß- und Würmmaterial gebildeten Moränenüberzug.

SW von Clivio (Hügel Pt. 490) setzt eine Würmmoräne ein, welche nach NE zur Schweizer Grenze zieht und in den zur Hauptsache aus Mesozoikum bestehenden Hügel von Ör (Pt. 545) übergeht. Während der letzten Eiszeit waren die Übergänge von Lanzo d'Intelvi ins V. Mara (Moränenaufschlüsse an der Straße von Arogno nach Rovio S Pt. 575 und 529) und von Serpiano nach Meride (Bohrergebnis bei der Fabbr. di Olio. Moräne von S. Silvestro N Meride) eisüberströmt,

und die Moränen von Clivio und Corteglia sind die sichern Belege für das Hauptstadium der maximalen Würmvereisung des Capolagogletschers. Daneben ist an vereinzelt frisch aussehenden Kristallinblöcken und gekritzten Kalken auf eine kurzen und morphologisch wirkungslosen Vorstoß bis in die Gegend von Saltri und zur Vereinigung mit dem Porto Ceresiogletscher zu schließen.

Es ließe sich auch die Auffassung vertreten, daß die Moräne von Clivio als Mittelmoräne zwischen dem Eis von Serpiano–Meride und demjenigen von Stabio entstanden ist.

Die jüngste Rückzugsmoräne im Mendrisiotto quert das Tal des Laveggi S Capolago und ist unter anderem auf der E-Seite der Kantonsstraße bei Segomo zu sehen.

E. FALOPPIO

SAIBENE (1950) stellte im Faloppiogebiet die folgenden fünf in die Nagelfluhhügel von Bizzarone/Uggiate und die Ausläufer des Sasso di Cavallasca eingespannten halb kreisförmigen Moränenbogen fest:

Moräne von Casanova–Albiolo–Olgiate Comasco
Lanza–Pt. 399 (N Olgiate Comasco)
Uggiate–Girònico al Piano
Trévano–Camnago

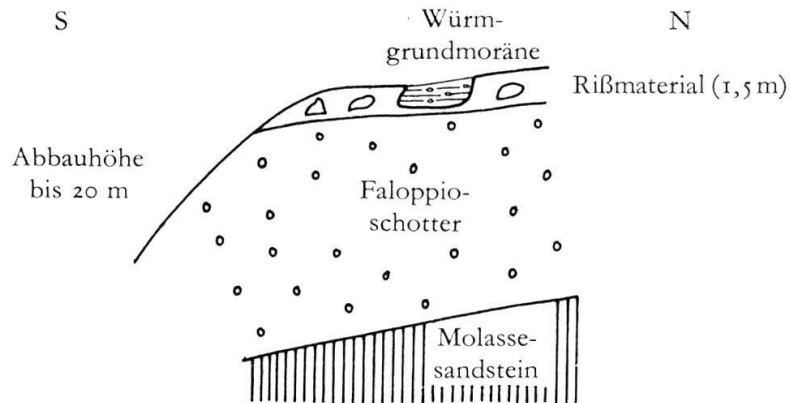
Als älteste Ablagerungen bezeichnet SAIBENE die oligo-miozäne Molasse und fluvioglaziale Schotter, die Ceppo s.s., also Ablagerungen des Günz-Mindel Interglazials darstellen sollen. Die Moränen selbst sind in der Würmzeit entstanden. Sie sind aber, immer nach SAIBENE, nicht Zeugen der größten Eisausdehnung dieser Zeit, denn Würmmaterial liegt noch auf den Wällen von Solbiate–Comasco und Binago, die ihrerseits der Rißzeit zugerechnet werden.

Die Ergebnisse meiner Untersuchungen stimmen mit denjenigen von SAIBENE nur teilweise überein. Die Moränen von Albiolo, Lanza und Uggiate existieren als solche. Der zuletzt genannte Wall ist besonders gut erhalten, lehnt sich bei Uggiate an den M. Prato, bei Parè an den P. Bruciato und trennt das von der Lura nach S entwässerte äußere Faloppiogebiet von dem durch die Faloppia entwässerten inneren. Einblick in Zusammensetzung und Verwitterungsgrad aller drei Moränen geben verschiedentlich Wegeinschnitte und Baugruben. Dabei zeigt sich, daß diese Moränen altersmäßig den Wällen von Stabio gleichzusetzen sind und ebenfalls Rißablagerungen darstellen. Die «Moränen» von Gaggino und Trévano stellen Erosionsformen dar, Relikte einer durch Wasserkräfte reliefierten Schotterebene. Dies beweisen gute Aufschlüsse, die zum Teil erst in jüngster Zeit entstanden sind. Unter anderem seien erwähnt:

- Neue Zufahrtstraße ab Gaggino (N-Ausgang) zur Kiesgrube an der Faloppia.
- Kiesgrube an einem Seitenbach der Faloppia S des Friedhofes von Gaggino.

Besonders deutlich ist die modellierende Wirkung der zuerst nach N und dann nach S fließenden Faloppia zwischen Gaggino und Trévano.

In der Kiesgrube von Trévano (Koord. 719 580/075 600) und im Graben E von ihr ist das in Figur 5 dargestellte Profil zu sehen: Schotter liegen auf Molasse-sandstein und werden von einer 1,5 m mächtigen Schicht Rißmaterial (s. S. 39) bedeckt, welches seinerseits von einem durch Würmgrundmoräne ausgefüllten Graben durchzogen wird. SAIBENE (1950) erwähnt, daß die oligo-miozäne Unterlage dieser Schotter auch bei der Mühle Bottia (SW Drezzo) und an der Faloppia S Trévano aufgeschlossen ist.



Figur 5. Schematische Darstellung der stratigraphischen Verhältnisse in der Kiesgrube von Trévano (Faloppio).

Die Faloppioschotter entsprechen wohl altersmäßig den Deltaschottern von Balerna, bestehen aber im Gegensatz zu diesen aus kristallinreichem Moränenmaterial und sind demzufolge stärker verwittert. Sie bilden eine nach NE geneigte Schotterebene, welche als Terrasse in Resten erhalten geblieben ist und die Ortschaften Camnago (367 m), Gaggino (376 m), Trévano (360 m) trägt; ob sie an den Wall von Ugiate-Parè anschließt oder unter den Faloppiomoränen durchzieht, können wir vorläufig nicht beantworten. E Ronago, diese Ortschaft liegt auf einer Verflachung in der Nagelfluh, bilden die Faloppioschotter die Terrasse von Roncaccio, welcher frisch aussehende, der letzten Eiszeit zuzuordnende Schotter und Sande ohne Rißbedeckung angelagert sind.

Im Faloppio befindet sich der einzige spärliche Rest einer Wallmoräne der letzten Eiszeit bei den Häusern von Merlina (Pt. 360) und zieht hier W der Straße nach N bis zum Graben, an welchem der Friedhof von Ronago liegt. Unmittelbar W dieser Moräne und beidseits des Grabens liegen Reste einer Rißmoräne. Die Würmgrundmoräne über dem S-Teil der Schotter in der Kiesgrube bei Parè (721 300/074 250), der N-Teil wird von gelben, als Ausschwemmung aus der Nagelfluh zu deutenden Sanden bedeckt, weist zusammen mit dem analogen Vorkommen bei Trévano auf einen bis mindestens an den Rißwall von Ugiate-Parè vorstoßenden Gletscher der letzten Eiszeit.

Zusammenstellung einiger Moränen- und Schotteraufschlüsse

Koordinatenangaben nach LK 1:25 000 Mendrisio (Blatt 1373) und LK 1:50 000 Chiasso (Blatt 296).

Ceppo

722 830/079 910/440 Morbio Sup.

Wümmoränen

723 360/080 300/560 Morbio Sup.

719 300/083 880/290 Capolago

715 270/079 800/465 Clivio

719 760/076 470/365 Ronago

724 200/079 470/620 Sagno

Rißmoränen

715 750/079 160/420 Monticello

722 260/079 500/280 Molini

720 500/080 700/410 Mendrisio

720 870/082 300/550 Somazzo

Faloppioschotter

719 580/075 600/320 Trévano

719 500/073 650/350 Camnago

Deltaschotter der Breggia

722 430/078 650/280 S. Lucia

721 810/079 000/340 Balerna

Ferretto (= Mindel)

714 500/067 850/360 Venegono Sup.

710 000/072 000/370 Bizzòzero

714 730/080 700/460 Viggiù } vgl. Textangaben

3. DAS FLUSSNETZ

A. ALLGEMEINES

Das gesamte Luganerseegebiet betrachtend, schreibt ANNAHEIM (1936 a): «Anordnung von Berg und Tal sind heute im großen unabhängig vom Bau des Berges» (zit. S. 12). – «Wunderbar klar sind im Westen des Luganersees die Zusammenhänge zwischen Falten- und Bruchverlauf einerseits und Talbildung andererseits» (zit. S. 434), lautet demgegenüber die Aussage von CADISCH (1953).

Detailuntersuchungen sollen zeigen, welche der beiden Feststellungen im Muggiotal gültig ist. Nachdem in einem vorangegangenen Kapitel die großen tektonischen Linien des Mendrisiotto dargelegt worden sind, wird jetzt untersucht, ob zwischen ihnen und der Anlage des Flußnetzes im Einzugsgebiet der Breggia Zusammenhänge bestehen, ob sich irgendwelche kleintektonische Erscheinungen bemerkbar machen, oder ob wir sagen müssen, das heutige Flußnetz repräsentiere ein übertieftes Entwässerungssystem, welches sich nach den ursprünglichen Gefällsverhältnissen auf den zuerst aus der Thetys gepreßten Sedimenten orientierte.

Die Quellen der Breggia liegen 2 km N des M. Generoso auf 1300 m ü. M. In vielfach gewundenem Lauf fließt sie bis Balerna generell nach S, dann nach einem markanten Richtungswechsel gegen E und bei Cernobbio in den Comersee. Das Längsprofil zeigt den für Alpenflüsse typischen Wechsel zwischen die Fließgeschwindigkeit mindernden Steilen und Flachstrecken mit Tendenz zu Aufschotterung. Diese ist oberhalb des Bergsturzes von Erbonne (Abb. 6) bedeutend, oberhalb der Stufen von Muggio und Motto (W Cabbio) erwähnenswert. Im Gegensatz

zu allen andern Nebentälern ist der Talboden der Vallaccia auf seiner ganzen Länge schuttreich. Das von seitlichen Rutschungen herrührende Material bewirkte zusammen mit der vorübergehenden Stauwirkung wegen des Bergsturzes von Scudellate, der zudem gegen den Anfang einer Breggiasteile niederging, eine Aufschotterung, die von der Straßenbrücke Pt. 725 bis in die Vallaccia hinaufreicht und das Anstehende verdeckt. Weitere Stufen im Laufe der Breggia befinden sich W Pt. 728 (S Rondagno), bei der Mühle 600 m NNW Muggio. Diese als «Stufen» bezeichneten Formen werden von steilen bis senkrechten Felswänden gebildet; ihre größte Höhe von 20 m erreichen diese in den Nebentälern, zum Beispiel W der Häuser von Crotta im V. della Crotta und bei Tur dell'Alpe W Muggio (724000/084650). Diese markanten Stufen zeigen im Gegensatz zu den später zu erwähnenden immer tektonisch ungestörte Schichten und meistens ein Fließen der Bäche über leicht geneigte Schichtflächen. Eine auffallende Ausnahme bildet die Stufe von Dosso dei Crotti. Hier fallen die Schichten am Anfang der Stufe senkrecht und streichen in der Fließrichtung der Breggia. Steilstrecken mit mehreren kleinen Stufen befinden sich zwischen V. Erba Fredda und V. Squadrina, zwischen Erbonne und der Vallacciamündung. Schluchten entstanden bei Càmpora sowie am Ausgang des Muggiotales S Morbio Sup.

Das Flußnetz kann bei niedrigem Wasserstand fast ausnahmslos abgeschritten werden und gewährt wegen der starken Eintiefung und unbedeutenden Schuttführung einen guten Einblick in die kleintektonischen Verhältnisse.

B. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Unsere Untersuchungen haben ergeben, daß über weite Strecken ein Zusammenfallen der Flußläufe und Talanlagen mit tektonisch vorgezeichneten Linien festgestellt werden kann. Es bestehen jedoch keine Anhaltspunkte für die Annahme, daß der Breggialauf von allem Anfang an durch ein und dieselbe tiefgreifende Strukturform bedingt war. Mit zunehmender Übertiefung folgten die Gewässer immer neuen tektonischen Linien, so daß das Flußnetz in seiner heutigen Anlage auch Ausdruck einer vielschichtigen Kleintektonik ist. Daneben spielten auch großräumige morphogenetische Vorgänge eine Rolle. Zu diesen gehören die diluvialen Vereisungen sowie pliozäne Murgänge, die im südlichsten Teil des Muggiotales Flußverlegungen bewirkten. Das Schichtfallen bleibt weitgehend ohne direkten Einfluß auf die Entwässerungsrichtung. Zahlreiche Bäche fließen nie oder nur auf ganz kurzen Strecken im Schichtfallen; so zum Beispiel die W Zuflüsse der Breggia zwischen Càmpora und Casima und oberhalb Erbonne, der vom Bisbino der Schweizer Grenze nach ins V. della Crotta führende Bach oder derjenige im V. Luasca. Die Breggia selbst fließt auf der 13 km betragenden Strecke von der Quelle bis zur Brücke Castel S. Pietro–Morbio Sup. während 2,5 km im Schichtfallen.

C. DIE ABHÄNGIGKEIT DES HEUTIGEN FLUSSNETZES
VON DER KLEINTEKTONIK

Unter Kleintektonik seien Erscheinungen wie Faltung, Überschiebung und Klüftung, deren Ausklingen bereits an Ort und Stelle beobachtet werden kann oder deren Auftreten und Auswirkung auf alle Fälle sehr begrenzt bleibt, verstanden.

Faltung

In dem von mir untersuchten Gebiet gibt es zwei Zonen, in denen kleintektonische Falten besonders häufig sind:

- Gegend zwischen Muggio und Càmpora; dazu V. della Crotta samt seinen Nebentälern.
- Gegend zwischen V. di Erbonne und Graben S V. Erba Fredda.

In der zuerst erwähnten Zone sind diese Faltenhäufungen unterhalb 700–800 m konzentriert. Die Krümmungsradien der Falten sind gering. So konnte ich zum Beispiel, dem Bachbett der V. Cugnolo folgend, zwischen 650–710 m ü. M. auf einer D_{top} von knapp 700 m 9 Antiklinalen feststellen; davon fällt ein dreimaliger Wechsel Synklinale/Antiklinale auf eine D_{top} von ca. 120 m. Die morphologische Wirkung solcher Falten ist unbedeutend. Ihr Studium erweckt aber trotzdem Verständnis für die wechselvolle Abhängigkeit der Morphologie von der Tektonik.

Die zweite Zone unterscheidet sich in doppelter Beziehung von der ersten:

- Sie liegt etwa zwischen 1000 und 1200 m ü. M., also in einer Höhe, wo im übrigen Teil des Untersuchungsgebietes keine Faltenhäufungen mehr vorhanden sind.
- Die Größe der Falten gestattet nur bedingt, hier von Kleintektonik zu sprechen. Die morphologische Wirkung dieser Falten ist bedeutend, auf sie geht die Anlage ganzer Nebentäler zurück.

Die folgende Zusammenstellung zeigt, daß die Kleinfalten zwei verschiedenen Systemen zugeordnet werden können.

Anzahl Messungen	Streuung	Mittlere Achsenrichtung	Bezeichnung
61	N60°W–N100°W	N75°W	Generososystem
27	N30°E–N60°E	N46°E	Muggiosystem

Vereinzelte Messungen ergaben Richtungen von ungefähr N20°E, N70°E und N40°W.

In den wenigen Fällen, wo die Achsenebenen geneigt sind, dominiert Südvergenz. Beispiele: Straße Cabbio–Gaggio auf 780 m, Straße Erbonne–A. di Cerano auf 960 m und ca. 1400 m W der Wasserscheide.

Das Muggiosystem fällt zeitweilig mit der Richtung des Haupttales zusammen. Das Generososystem wird so benannt, weil es im untersten Teil der italienischen

Ostflanke des Generoso am deutlichsten in Erscheinung tritt. Im gesamten Untersuchungsgebiet dominiert dieses Falten-System. Seine Achsen fallen im allgemeinen mit schwacher Neigung nach WNW; es wurden allerdings auch Neigungswinkel von 20° und, bei der Einmündung der V. del Guasto (S Casima), sogar von 30° gemessen. Einzig bei Càmpora wurde an zwei Stellen ein Achsenfallen nach ESE festgestellt. Die N Faltenzone liegt vollständig, die S Zone nur mit ihrem N-Teil innerhalb FRAUENFELDERS «Faltengürtel des M. Generoso», für den der Autor EW-Richtung angibt. E-W bis NW-SE gerichtete Falten sind nach KUHN und VONDERSCHMITT (1953) im hangenden Teil der Generosoüberschiebung vorhanden, SW-NE-Falten im Gebiet S der Überschiebungssirne. Diese NE-Großfalten wären demnach älter als die Überschiebung. Die Faltenzone Muggio-Càmpora kann als Auswirkung dieser Überschiebung oder als disharmonische Faltung innerhalb der Randflexur aufgefaßt werden. Letzteres erscheint wegen der Höhenlage dieser Faltenzone wahrscheinlicher. Zudem dürfte die Stauchungszone S der Stirnpartie der Generosoüberschiebung nur bis Muggio reichen. Generoso- und Muggiosystem kommen sowohl in südlich tiefgelegenen als auch in nördlich hochgelegenen Gebieten vor. Ein Beispiel für den ersten Fall finden wir am Zusammenfluß von Breggia und Breggia della Crotta. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß die im Flußbett festzustellenden Falten in den zu beiden Seiten der Bäche fast senkrecht aufsteigenden Felswänden nicht mehr zu erkennen sind. Im Graben W A. Squadrina auf 1290 m ü. M. sind Muggio- und Generososystem durch je eine Antiklinale vertreten; diejenige des Generososystems überschreitet allerdings die angegebene Streuung und verläuft von NW nach SE.

Das Übereinstimmen der Achsenrichtungen groß- und kleintektonischer Falten läßt auf gemeinsame Entstehungsursache schließen. Das erwähnte örtlich verschiedene Auftreten der beiden Systemrichtungen, das Fehlen des sichern Nachweises eines das Muggiotal querenden Überschiebungsausbisses und irgendwelcher oberflächenmorphologischer Hinweise sind jedoch keine Beweise gegen das Vorhandensein der besprochenen Generosoüberschiebung. Für eine solche sprechen jedoch auch in NS-Richtung erfolgte Überschiebungen und Südvergenzen kleintektonischer Falten.

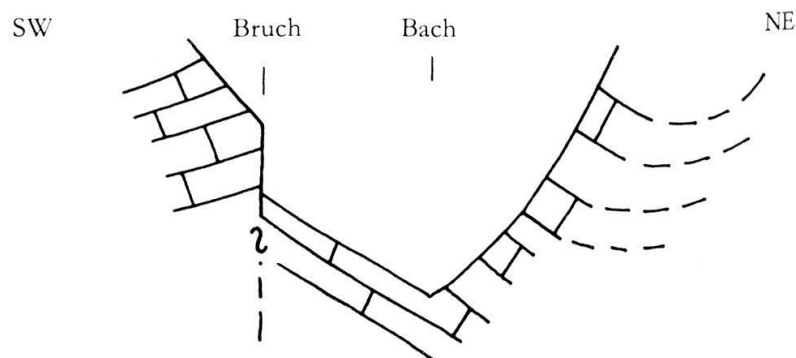
Die in unserm Gebiet vorhandene Abnahme der Faltenzahl mit zunehmender Höhe und die gleichzeitige Zunahme der Faltengröße kann die natürliche Folge der Faltung der mächtigen homogenen Liasschichten sein. Ein durch disharmonische Faltung bedingtes Ausklingen zeigen viele kleintektonische Falten aber auch die von CONCONI (1959), der in seiner Arbeit kurz auf den Faltenbau des S Muggiotales hinweist, beobachtete Falte von «Monte-Caneggio». Der Scheitel einer NW-SE-Antiklinale ist im Mäander der Breggia SE von Monte aufgeschlossen. Anzeichen einer solchen Falte sind aber auf der Caneggioseite, im Gegensatz zur Monteseite, wo infolge lokaler Überschiebungen die Zusammenhänge allerdings nicht ganz eindeutig sind, bereits auf Straßenhöhe nicht mehr feststellbar.

Die Häufung der Kleinfalten in größerer Tiefe wird eventuell auch durch Überschiebungen bewirkt. Es handelt sich im Prinzip um wellenähnliche Erscheinungen, wie sie beispielsweise ein Streichen von Luft über Wasser oder Übereinandergleiten verschiedener Luftschichten auch bewirken können. Der deutliche, den Eindruck einer Reliefüberschiebung erweckende Unterschied zwischen gefaltetem Unterbau und ruhiger verlaufendem Oberbau auf dem Niveau der Breggia bei Craöl (SE Monte) ist so zu erklären. Es liegt allerdings keine zusammenhängende Überschiebung vor, jedoch lassen sich verschiedene kleinere nach S bis SW einfallende Überschiebungsflächen feststellen.

Morphologische Wirkung der Kleinfalten

Die Bäche der V. di Erbonne, der V. Squadrina und der zwischen dieser und der V. Erba Fredda fließende Bach besitzen auffallend parallele Abflußrunsen. Eine gewisse, wohl kluftbedingte Parallelität besteht auch im Einzugsgebiet. Für die Anlage der V. Squadrina können wir eine direkte Abhängigkeit vom Faltenbau nachweisen. Gleiches dürfte für die V. di Erbonne gelten, und es bestehen Anhaltspunkte, daß der erwähnte Graben zwischen V. Squadrina und V. Erba Fredda ebenfalls faltenbedingt ist. Synklinalbedingt ist die Runse, welche 100 m N dieses namenlosen Grabens nach E hinaufzieht.

In der V. Squadrina gilt auf 1080 m das folgende schematische Profil:



Figur 6. Schematisches Profil durch V. Squadrina auf 1080 m ü. M.

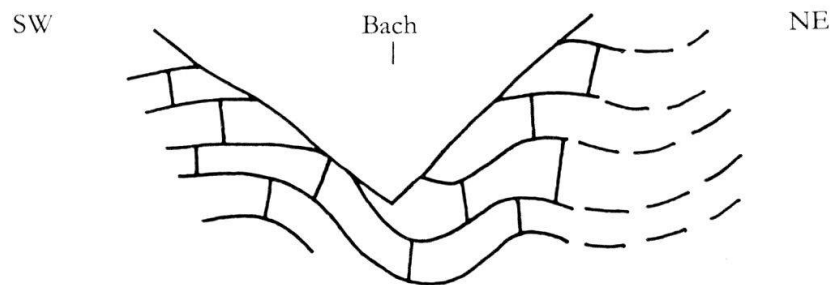
Das Tal ist durch einen infolge starker Zusammenstauchung hervorgerufenen Scheitelbruch entstanden. Es fällt auf, daß der Bach nicht der mutmaßlichen Bruchrichtung folgt, sondern auf der Schichtfläche nach NE abgeglitten ist. Der Bruch verläuft am Fuß der in der Karte eingezeichneten Felswand und gehört zum WNW-Kluftsystem, die Falte zum Generososystem¹. Die Richtigkeit dieser Deutung wird durch eine Beobachtung auf 1210 m bewiesen. Hier findet sich nämlich der Übergang von der Bruch- zur Faltentektonik (Fig. 7).

Ab 1320 m verengert sich der Richtung M. Generoso weisende Haupteinzugsgraben der V. Squadrina. Die Faltentektonik hört auf, das für dieses Gebiet nor-

¹ Auch längs der Luganer Hauptverwerfung hat der Fluß die eigentliche Bruchlinie verlassen. Hier spielten aber petrographische Unterschiede eine Rolle. Die permischen Eruptiva sind offenbar gegenüber dem Lias erosionsanfälliger.

male SW-Fallen setzt ein. Die gleiche Verengung des Grabens mit aufhörender Verfaltung ist auch auf der Höhe von Uggine feststellbar und zeigt die verminderte Erosionsanfälligkeit bei abnehmender tektonischer Beanspruchung. Die Squadrinastörung läßt sich nach E weiterverfolgen. Der Graben N Erbonne zeigt die gleichen tektonischen Verhältnisse wie V. Squadrina und verdankt seine Entstehung derselben Synklinale (Abb. 2).

In der V. di Erbonne liegen die gleichen tektonischen Gegebenheiten vor, wenn auch nicht so offensichtlich wie im eben erwähnten Beispiel. Die Karte gibt die, analog V. Squadrina, auf der rechten Bachseite vorhandene Felswand nicht wieder. Der entlang dem Weg von Erbonne nach A. di Cerano feststellbare wiederholte Wechsel zwischen SW- und \pm NE-Fallen kann als östlichste Auswirkung dieser Falte aufgefaßt werden. Wahrscheinlicher handelt es sich aber nur um oberflächliche Verstellungen durch Rutschungen.

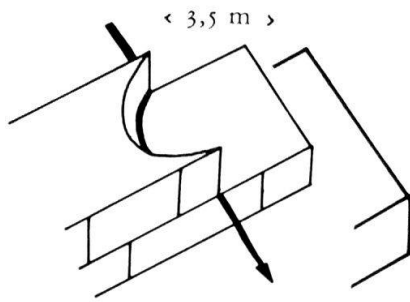


Figur 7. Schematisches Profil durch V. Squadrina auf 1210 m ü. M.

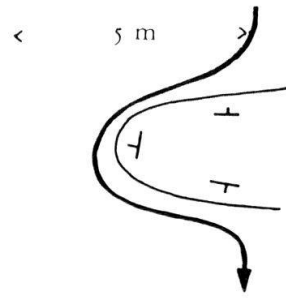
Daß der Graben N V. Squadrina ebenfalls faltenbedingt sein dürfte, geht daraus hervor, daß an zwei Stellen (auf 1090 u. 1270 m) die der Figur 7 entsprechenden Verhältnisse vorgefunden werden konnten, sogar mit einer noch deutlicheren Ausbildung der Synklinale, und daß in der S des Grabens gelegenen Felswand auf 1250 m ein Schichtfallen von 30° gegen SW gemessen wurde.

Der schwach ausgebildete Graben, der N von Carnaa (NW Caneggio) zur Breggia hinunterführt, sowie andere für das Landschaftsbild unbedeutende Zuflüsse im italienischen Teil der Breggia, sind primär durch eine Synklinale bedingt, verlassen diese jedoch öfters auf längeren Strecken. Im folgenden werden einige, teilweise auch auf Verfaltung beruhende Gegebenheiten, die einen Bach aus seiner bisherigen Richtung zwingen können, besprochen.

- a) Auf der S-Seite des Carnaamäanders (NE Càmpora) folgt die Breggia, wie das auch bei andern Bächen festgestellt werden kann, einem Antiklinalbruch.
- b) In der V. Cugnolo ist auf 710 m festzustellen, daß ein Mäander durch eine den Bach querende Antiklinale hervorgerufen wird. Die Ablenkung erfolgt in der Richtung des Axialgefälles (Fig. 9).
- c) Ein ähnlicher Kleinmäander kann auch (V. Luasca, 710 m) durch das Schichtfallen und örtlich begrenzte vergrößerte Erosionsanfälligkeit bedingt sein. Dieses Beispiel zeigt, wie der Fluß erwartungsgemäß die Tendenz hat, im Schichtfallen zu fließen. Wo dies nicht der Fall ist, haben zusätzliche tektonische Einflüsse gewirkt.

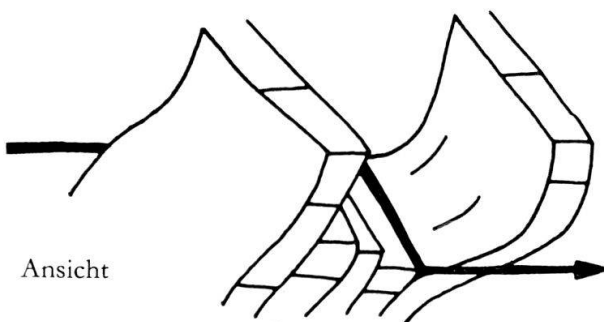


Figur 8. Schichtfallen bedingt Kleinmäander.

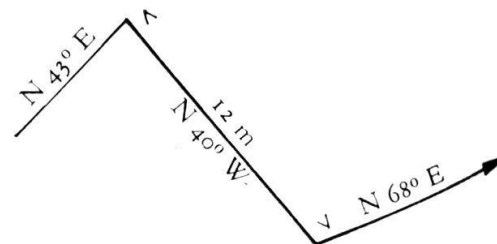


Figur 9. Antiklinale bedingt Kleinmäander.

- d) Ein Bach kann wegen Vergrößerung des Schichtfallens seine Hauptfließrichtung vorübergehend verlassen. Die Versteilung hat das Gestein gegenüber der erosiven Wirkung des Wassers relativ anfällig gemacht und ihm den Weg gewiesen.



Ansicht



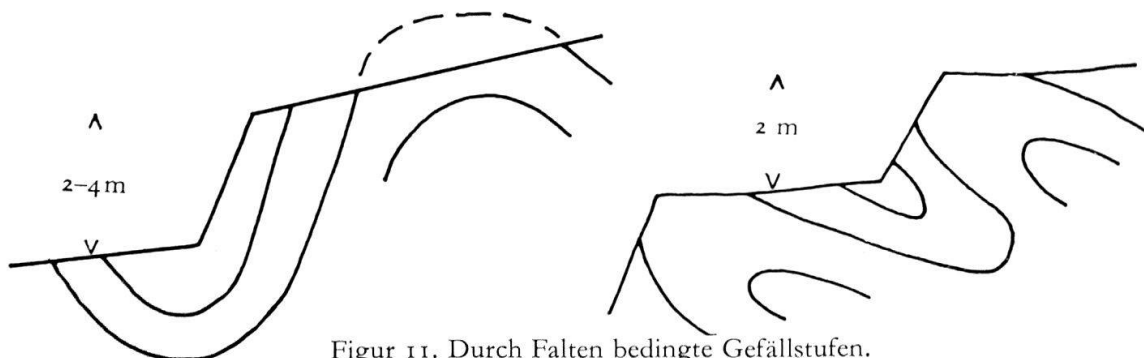
Plan

Figur 10. Vergrößerung des Schichtfallens ändert vorübergehend die Fließrichtung eines Baches (V. dei Pascoli, 610 m ü. M.).

Faltenbau kann auch Gefällstufen hervorrufen. Bei der erwähnten Faltenkonzentration in der V. Cugnolo kommt es mehrmals vor, daß die Schichten von einer Synklinale zur unmittelbar folgenden Antiklinale beinahe senkrecht aufsteigen und eine Gefällstufe bedingen.

Gefällstufen, die durch Falten mit geneigten Achsenebenen hervorgerufen werden, fand ich einzig beim Aufstieg aus dem V. Luasca nach Bonello auf ca. 960 m.

Eine großtektonische Falte ist im V. della Crotta mindestens von Crotta an bis nach Brughee feststellbar und biegt hier nach BERNOULLI (1964) Richtung SW ins Muggiosystem um. Der Scheitel dieser Antiklinale liegt auf der S-Seite des Tales. Eventuell besteht ein Zusammenhang zwischen der primären Talanlage und dieser



Figur 11. Durch Falten bedingte Gefällstufen.

Falte, deren Schenkel ihrerseits in der Richtung des hier dominierenden Muggio- aber auch des Generososystems verfaltet sind. Übergänge zwischen den beiden Systemen sind zum Beispiel W der Mündung des Baches von Uggine vorhanden. Diese Sekundärfalten sind für das heutige Flußnetz oftmals richtungsweisend (Abb. 3). Auf der Höhe von Orsera und Sorima fließt die Breggia della Crotta im Scheitel von Sekundärantiklinalen. Diesen folgt der Fluß jeweils nur auf kurzen Strecken, in den erwähnten Fällen während 40 bzw. 60 m; dann flachen die Antiklinalen aus oder streichen in den Talhang, der Fluß fließt im N-Schenkel der Antiklinale weiter. Durch einen solchen Wechsel des Fließens vom Scheitel in den Schenkel mit gleichzeitigem Abgleiten nach N ist der markante Richtungswechsel 130 m NE des Gehöftes von Crotta entstanden. Als Ursachen derartiger Wechsel kommen in erster Linie kleine Rutschungen in Frage, die den Fluß aus seiner bisherigen Richtung zwingen.

Überschiebungen¹

Zahlreiche Einzelbeobachtungen bestätigen die unter anderem von STAUB (1949) geäußerte Auffassung, daß die Kalkmasse des Generoso einen sehr komplexen Bau besitzt. FRAUENFELDER (1916) nimmt an, das geht aus seiner Tafel der «Sedimentationsverhältnisse im Gebiete der Tessiner Kalkalpen» hervor, daß ursprünglich eine etwa 1000 m mächtige Liasschicht sedimentiert wurde. Die Differenz zu der heutigen Mächtigkeit bis zu 1500 m muß als Folge von Faltung und Überschiebung zu Schuppenbau erklärt werden. Es ist nicht gelungen, die an verschiedenen Orten festgestellten Überschiebungen in einen Zusammenhang zu bringen, der das ganze Untersuchungsgebiet durchziehende Störungen erkennen ließe.

Eine bedeutende Überschiebungszone liegt S der Breggia della Crotta. Zwischen Caneggio und Bruzella hat die Erosion der Breggia verschiedene kleintektonische Überschiebungen aufgeschlossen (Abb. 4, 5), die durch Gebiete ohne zusätzliche tektonische Beanspruchung voneinander getrennt sind. 100 m N der Epigenese von Scarp fällt eine Scherfläche mit schwacher Neigung nach S unter das Niveau der Breggia. BERNOULLI (1964) hat erkannt, daß eine ganze Reihe von Falten und überschiebungsähnlichen Erscheinungen als synsedimentär zu bezeichnen sind. Als solche faßt er zum Beispiel die nördliche Fortsetzung der auf Figur 12 dargestellten tektonischen Störung N Caneggio auf.

Die Überschiebungen

- an der Straße 130 m N des letzten Hauses von Caneggio (Fig. 12),
- im Carnaamäander (Abb. 4),
- am Ufer der Breggia auf der Höhe von S. Antonio (S Caneggio), die südlichste Überschiebung im Muggiotal,
- im V. della Crotta, hauptsächlich diejenige bei Koordinate 727500/083250, gehören zu dieser Zone.

¹ Vgl. dazu die Angaben über die Generosoüberschiebung im Kapitel I, 2 und zu Beginn dieses Kapitels.

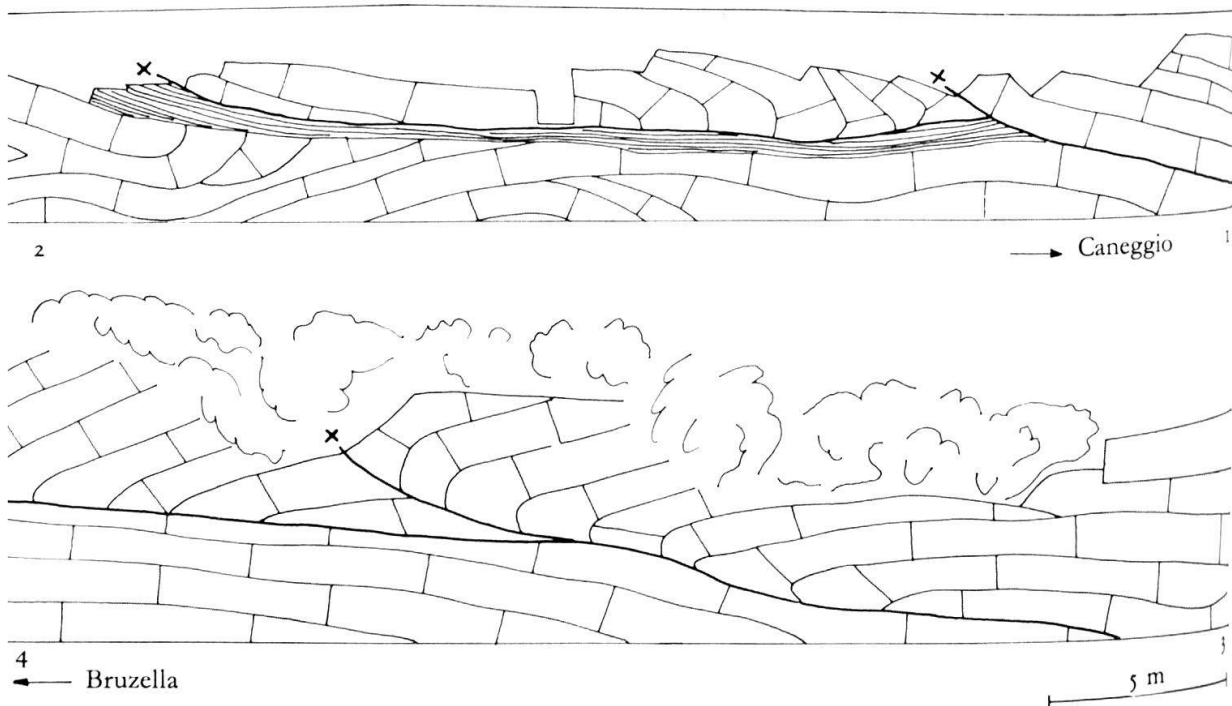
Kleintektonische Überschiebungen wurden bis auf eine Höhe von 720 m festgestellt, sind aber besonders zahlreich unterhalb 600 m ü. M. Aus den Schleppungserscheinungen kann gefolgert werden, daß die Bewegungen vorwiegend in der NS-Richtung, vermutlich von N nach S, erfolgten. Eine morphologische Wirkung der Überschiebungen ist nicht nachweisbar.

Klüftung

Einen geschichtlichen Abriß über die Auffassung der morphologischen Bedeutung der Klüfte gibt BINGGELI (1961). Er zeigt, daß in neueren Arbeiten vermehrt auf die Strukturabhängigkeit des gesamten morphologischen Formenschatzes, aber auch auf die Möglichkeit quartären Entstehungsalters von Brüchen hingewiesen wird. Diese können an präexistente Systeme gebunden sein, die zum Beispiel als Folge isostatischer Ausgleichsbewegungen reaktiviert worden sind.

Im Muggiotal sind der Untersuchung über Zusammenhänge zwischen Klüftung und Talanlage gewisse Grenzen gesetzt. Aus bereits Gesagtem geht hervor, daß nicht Bruch- sondern Faltentektonik unser Gebiet beherrscht; dieses ist zudem über weite Strecken von jüngsten Bildungen bedeckt. Bedeutende, weithin durchziehende Klüfte konnten weder durch Feldbegehungen noch durch Studium von Luftaufnahmen erkannt werden. Auf ein statistisches Erfassen der zahllosen feinen und feinsten Spalten wurde verzichtet. Zahlenmäßig bescheidene Messungen haben aber Gesetzmäßigkeiten und Abhängigkeiten gezeigt, die eine Diskussion rechtfertigen.

Die graphische Aufzeichnung von 130 Klüftmessungen hat mit aller Deutlichkeit vier Spitzen erkennen lassen, deren Ausmittlung die folgenden Werte ergab:



Figur 12. Überschiebung von Caneggio.

Systembezeichnung	Mittleres Streichen
WNW	N77°W
NW	N47°W
NNE	N28°E
NE	N56°E

Das fast vollständige Fehlen von extremen Zwischenwerten und mehrere nachträgliche Bestätigungsmessungen zeigen, daß es sich um Kluftsysteme handelt.

In dem auf Figur 13 wiedergegebenen Abschnitt des Breggiallaufes ist im Gelände direkte Abhängigkeit der Bachrichtung von der Klüftung festzustellen. Die zu beiden Seiten der Breggia steil aufsteigenden Felswände machen in der Natur die brüsken Richtungswechsel augenfällig. Den schmalen «Talboden», dieser existiert im «Abschnitt Nord» überhaupt nicht mehr, bildet eine Schichtfläche, die mit etwa 20° nach SW einfällt, den Bach entsprechend abdrängt, so daß durch einseitige Erosionswirkung die ursprüngliche Bindung der rechten Talseite an Klüfte etwas verwischt wird. Auf der linken Talseite lassen unbedeutende Rutschungen zeitweise den Verlauf des Anstehenden nicht mehr genau erkennen.

Figur 14 zeigt, daß die mittlere Richtung des NNE-Systems ziemlich genau mit dem Verlauf der Epigeneseschluchten von Ponte und Caneggio, welche zudem in einer Linie liegen, übereinstimmt. Dieselbe Linie fällt auch mit der mittleren Flußrichtung zwischen Cabbio und Balerna zusammen und zielt mit ihrer SSW Fortsetzung auf die Pforte zwischen Seseglio und Ronago. Eine Abhängigkeit zwischen einem vielfach unterbrochenen, noch in junger Zeit wirksamen Bruch und der Talanlage muß angenommen werden.

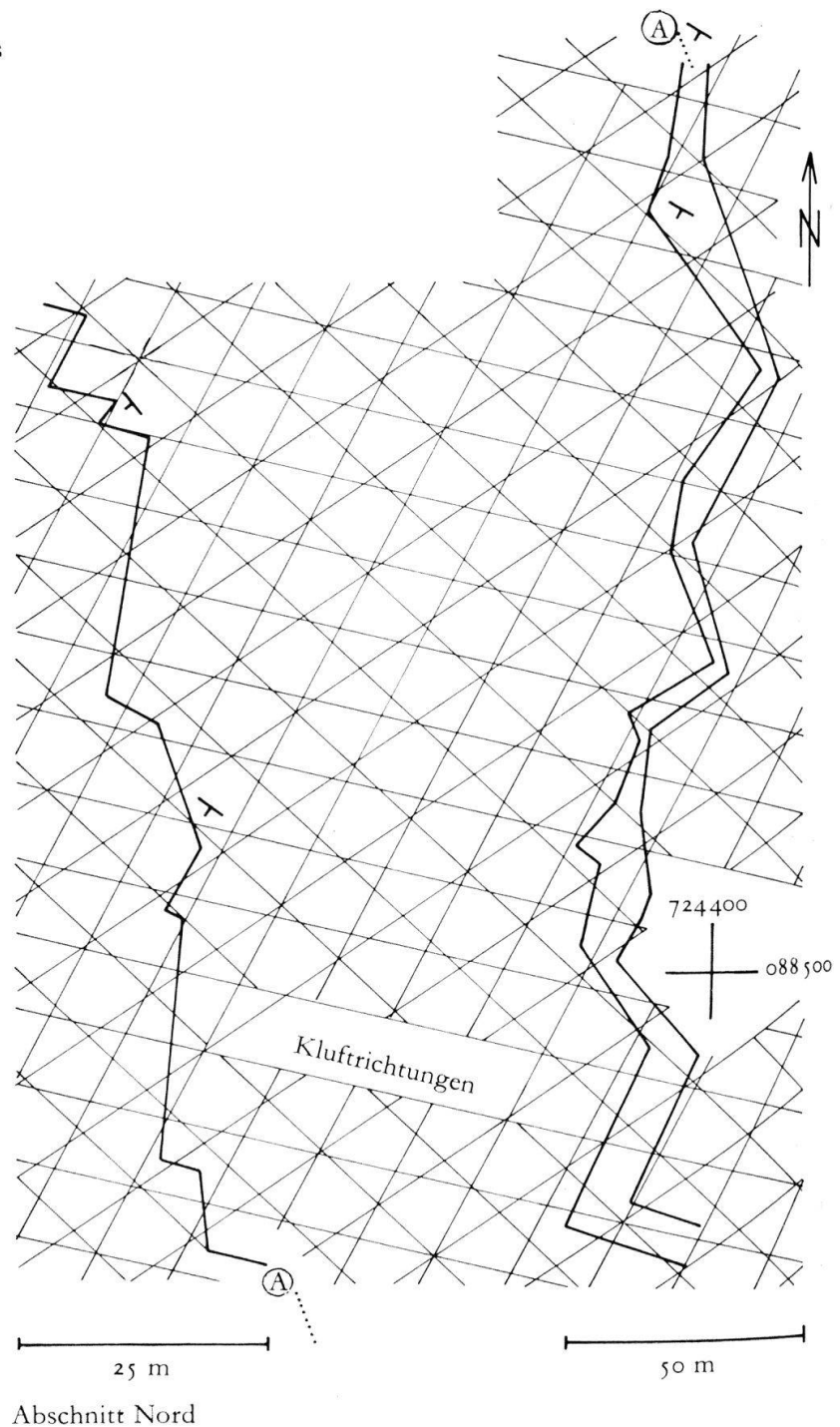
Die Epigenese von Scarp steht in Beziehung zum NW-System.

Der Treppenbau in Bachbett bei Pt. 722 (Landesgrenze NE M. Bisbino) ist durch die Wirkung der Klüftung zu erklären. Die Schichten fallen entgegen der Fließrichtung nach N170°W und bilden bis zu 8 m hohe Stufen, deren Vorderkanten in Streichrichtung liegen und durch das WNW-System vorgezeichnet sind.

Die Richtung des WNW-Kluftsystems stimmt mit derjenigen des Generosofaltensystems praktisch überein. Muggio- und NE-System differieren um 10°. Die Feststellung, daß Bruchbildung von Faltenbau abhängig sein kann, wird somit durch Messungen bestätigt, die Tatsache, daß sich Brüche, zum Beispiel im Graben S Càmpora, manchmal nur bis zu einer bestimmten Tiefe verfolgen lassen, teilweise gedeutet: Brüche entstehen unter anderem in spannungsreichen Zonen über Falten.

Angeregt durch die Ähnlichkeiten im Verlauf des Comer-, Luganer- und Langensees, Parallelität NE und S der Seeumbiegungen bei Argegno, Lugano und Brissago usw., denen gemeinsame Ursachen zugrunde liegen müssen, untersuchte ich ver-

Figur 13. Plan eines
Abschnittes des Breggiallaufes
zwischen V. Squadrina
und V. Erba Fredda.



schiedene geologische Arbeiten über die Südalpen zwischen Lago Maggiore und Generoso im Hinblick auf eine Deutung der Klüftungserscheinungen; als Hinweis auf deren Alter interessierten besonders Angaben, die das Grundgebirge und die vulkanischen Erscheinungen betreffen.

Die Luganer Eruptivmassen sind nach STAUB (1949) an einem großen «Längsbruchsystem», nach CADISCH (1953) an «SW-NE-Strukturen», die letzte Förderung erfolgte aus einer Spalte Brinzio-Figino-Ferrera, emporgedrungen. Beide Autoren

nehmen präexistente, das herzynische Grundgebirge durchsetzende Schwächezonen an, die dem Magma seinen Weg vorzeichneten. BURFORD (1951) weist allgemein auf die NNE-Strukturierung der Zone von Lugano, die etwa dem Einzugsgebiet des Cassarate entspricht, hin. Die Vertikalverstellungen E der NS-gerichteten «Luganer Hauptverwerfung», diese selbst und ihre Parallele am untern Langensee sind im Abschnitt über die Geologie erwähnt worden. VAN HOUTEN (1929) vermutet einen «Lago Maggiore-Bruch», der vom See überflutet in NNE-Richtung von Arona bis Luino reicht. Auch hier kam es zu einer relativen Hebung der W Gebiete.

«Eine ziemlich mächtige horizontale Tufflage mit zahlreichen Einschlüssen zwischen deutlichen Porphyriten» (zit. S. 250) erachtet FRAUENFELDER (1916) als Beweis dafür, daß das Magma nicht durch bereits vorhandene Verwerfungsspalten aufgestiegen ist und daß Spaltenbildung und Intrusion gleichzeitig «längs Linien geringsten Widerstandes» (zit. S. 251) erfolgten. Eine Gesetzmäßigkeit in der Richtung der magmafördernden Klüfte konnte SENN (1924) nicht feststellen. Er erwähnt zwölf vulkanische Gänge und gibt für acht von ihnen die Streichrichtung wie folgt an: viermal NS, je einmal N10°W, N50°W, N25°E, N65°E. Auch FRAUENFELDER macht genaue Angaben: Bei Rovio maß er ein Streichen nach N10°E, welches dann stärker nach E abbiegt, bei Maroggia ein solches nach NE; von diesem zweigt ein System in N Richtung ab. FRAUENFELDER vermutet aber nicht Linear- sondern Zentraleruptionen aus einem Hauptherd bei Porto Ceresio und einem sekundären Krater bei Rovio.

In der Tabelle 4 sind die Angaben verschiedener Autoren über Brüche und permische Vulkangänge in ihren Untersuchungsgebieten zusammengestellt. Es handelt sich durchwegs um tiefgehende Strukturen, an denen häufig tektonische Verstellungen erfolgten. Die Bezeichnungen der Brüche und ihrer Richtung beruhen auf Textangaben; wo solche fehlen, wurden die beigegebenen Karten ausgewertet.

Die Zusammenstellung ermöglicht folgende Schlüsse:

- Das für die Morphologie des Sottoceneri bedeutsame NS-Lineament zeigt sich verschiedentlich in der Richtung von Brüchen und Gängen; es findet sich jedoch nicht im Muggiotal.
- Die größten Abweichungen von den Muggiorichtungen ergeben die Messungen von VAN HOUTEN, dessen Untersuchungsgebiet von unserm auch am weitesten entfernt ist.
- Die von STAUB, BURFORD und CADISCH erwähnten Hauptlineamente sowie die Muggiosysteme werden unter anderem bestätigt. Die Streuung, dies betrifft hauptsächlich das NW-System, ist aber derart, daß es zumindest als fraglich erscheint, ob den auf der Tabelle erwähnten Gängen und Brüchen irgendwelche Gesetzmäßigkeit in den Strukturen des Untergrundes zugrunde liegt.
- Das Alter der Brüche und Gänge kann nur sehr allgemein bestimmt werden. Sicher sind die Strukturen in den mesozoischen Sedimenten in mehreren Phasen

entstanden. So ist zum Beispiel die von LEUZINGER als «Hauptverwerfung» bezeichnete Störung, sie verläuft in leicht gekrümmtem Bogen von Brusimpiano nach Cabiaglio, durch zwei Transversalverschiebungen, die offenbar jünger sind als die Hauptlinie, etwas versetzt worden. Gleiches gilt auch für den von SENN erwähnten «La Barra-Bruch» und die «Querbrüche 1-4». Als bruchbildende Phase wird auch die spätpliozäne Landhebung gewirkt haben. Ob zu einer bestimmten Zeit ein bestimmtes Bruchsystem entstand, kann mit der vorliegenden Zusammenstellung nicht beantwortet werden.

Obschon die Klufrichtungen des Muggiotales in Nachbargebieten auch vorhanden sind, läßt die Streuung der Bruchrichtungen und das Fehlen des für die Morphologie des Sottoceneri bedeutsamen NS-Systems im engern Untersuchungsgebiet keine direkte Abhängigkeit seiner Klüfte von den Strukturen des Untergrundes beweisen. Die Abhängigkeit ist höchstens auf dem Umweg über die Faltenbildung vorhanden, diese selbst in erster Linie durch Vertikalverstellungen in den starren triasischen und paläozoischen Gesteinen beeinflußt.

Tabelle 4. Brüche und vulkanische Gänge zwischen M. Generoso und Lago Maggiore.

Bezeichnung	Richtung	Stratigraphische Verhältnisse	Autor	Bemerkungen
<i>Brüche:</i>				
Valgannabruch	ca. NS	Perm/Trias	S	
Querstörung von S. Michele	ca. NS*+	Krist./Trias	H	
Querstörung von Roggiano	ca. NS*+	Krist./Jura	H	
Bruch 2	N0-5E	Trias/Jura	S	
Besanobruch	ca. N10E	Perm/Trias	S	
Querbruch von Pessina, S-Teil	N13E*	Krist./Trias	H	
N.N. (A. di Duno)	N14E*	Trias/Jura	H	
N.N. (Serpiano)	N20E	Perm/Trias	F	
Laveno-Cantevria-Störung	ENE	Trias/Jura	H	teilweise unterbrochen
Bruch a (Brauerei Poretti)	N35E	Trias	S	
La Barra-Bruch	N35E	Perm/Trias	S	
Verwerfung von Bédéro	N39E*	Glimmerschiefer/Trias	L	Glimmerschiefer = Präkarbon
N.N. (Serpiano)	N50E	Perm/Trias	F	
Hauptverwerfung	ca. N58E*	Perm/Trias	L	
Laveno-Cantevria-Störung W Casere	N65E	Trias/Jura	H	
N.N. (S. Michele)	N66E*	Krist./Trias	H	
N.N. (S. Michele)	N66E*	Krist./Trias	H	
N.N. (A. Calorescio)	N68E*	Trias	H	
Querstörung von Ligurno	N3W*	Krist./Trias	H	
Bruch 4	ca. N5*	Trias/Jura	S	
Querbruch 1	N5-10W	Trias/Jura	S	
Querstörung von S. Martino	N11W*	Trias/Jura	H	
N.N. (Fracce)	N16W*+	Jura/Kreide	H	
N.N. (S. Antonio)	N20W*	Krist./Trias	H	

Bezeichnung	Richtung	Stratigraphische Verhältnisse	Autor	Bemerkungen
N.N. (M. S. Clemente)	N ₂₂ W*+	Jura/Kreide	H	
N.N. (A. Buca)	N ₂₂ W*	Krist./Trias	H	vier parallele Brüche
N.N. (Pizzoni di Laveno)	N ₂₅ W*+	Trias/Jura	H	
Bruch 3	ca. N ₂₅ W	Trias/Jura	S	
Casa Coletti-Bruch	N ₂₇ W*	Trias/Jura	L	
Querstörung von Pianazzo	N ₂₇ W*+	Trias	H	
Rancinaquerverschiebung	N ₃₀ W*	Trias/Jura	L	
Querverwerfung (N Melano)	N ₃₃ W*	Perm/Lias	F	
N.N. (M. Nudo)	N ₃₇ W*	Rhät/Lias	H	
N.N. (M. Nudo)	N ₃₇ W*	Rhät/Lias	H	
Querverschiebung Cureggia-Brè	N ₃₇ W	Trias/Lias	F	
Querbruch von Pessina, N-Teil	N ₃₇ W*	Krist./Trias	H	
N.N. (Punta delle Olive)	N ₃₈ W*+	Trias/Jura	H	
Querverwerfung (S Melano)	N ₃₈ W*	Perm/Trias/Lias	F	
N.N. (Pizzoni di Laveno)	N ₃₉ W*+	Trias/Jura	H	
Transversalverschiebung M. Scerrè	N ₃₉ W*	Perm/Trias	L	
N.N. (Sasso Galletto)	N ₄₉ W*	Trias/Jura	H	
Längsverwerfung der V. Ruina	N ₅₄ W*	Lias	F	
N.N. (Pizzoni di Laveno)	N ₅₅ W*+	Trias/Jura	H	
N.N. (W Pt. 403)	N ₅₀₋₇₀ W*	Karbon/Rhät	H	
Transversalverschiebung von Roncate	N ₇₂ W*	Perm/Trias	L	
N.N. (Querstörung von Rovio)	N ₇₈ W*	Perm/Lias	F	
Verwerfung von Masciago	N ₈₅ W*	Trias	L	
N.N. (S Sasso Merée)	N ₈₆ W*	Trias	L	
Transversalverschiebung von km 14	N ₈₈ W*	Trias	L	
N.N. (A. Caloresco)	ca. EW*	Trias	H	
<i>Vulkanische Gänge</i>				
S. Giorgio-Gebiet	NS	Baryt	S	vier Gänge. Nach Tabelle S. 556
Spaltensystem von Rovio	N ₁₀ E	Quarzporphyr	F	
S. Giorgio-Gebiet	N ₂₅ E	Baryt	S	Tabelle S. 556
S. Giorgio-Gebiet	N ₆₅ E	Baryt	S	Tabelle S. 556
Spaltensystem von Maroggia	NE	Quarzporphyr	F	Ausläufer nach N
S. Giorgio-Gebiet	N ₁₀ W	Baryt	S	nach Tabelle S. 556
S. Giorgio-Gebiet	N ₅₀ W	Baryt	S	nach Tabelle S. 556
Zusammengestellt nach Angaben von:		* = Richtung durch Nachmessung auf Karten- beilage des betreffenden Autors erhalten		
F = A. FRAUENFELDER (1916)		+ = vom Autor als «vermutete Störung» kartiert		
S = A. SENN (1924)		N.N. = Keine Bezeichnung durch den Autor. In Klammern wird eine in der Nähe gelegene Ortsbezeichnung beigelegt.		
L = P. LEUZINGER (1926)				
H = J. VAN HOUTEN (1929)				

D. EINFLUSS VON BERGSTÜRZEN AUF DAS FLUSSNETZ

Wenn sämtliche Gewässer des Untersuchungsgebietes, die Ausnahmen bilden die Breggia bei Muggio und Erbonne sowie die Vallaccia, heute im Anstehenden fließen, so ist dies vor allem auf das steile Gelände und die entsprechend hohe Transportkraft des Wassers zurückzuführen. Bergstürze, Rutschungen oder andere Massenbewegungen, die bei der Entstehung eines Tales eine wichtige Rolle spielen, haben den Lauf der Bäche in der V. di Muggio sicher öfter beeinflusst, als man dies heute feststellen kann. So fließt zum Beispiel N Nosolo (W Bruzella) die Breggia im E-Schenkel einer Muggioantiklinale, biegt dann fast rechtwinklig nach W ab und durchbricht die Falte. Die heutige Schuttanhäufung, an und für sich verschwindend gering, für die Verhältnisse in diesem Abschnitt des Flußlaufes aber immerhin auffallend, legt den Schluß nahe, daß ansehnliche Geröllmassen von der Felswand N Nosolo heruntergestürzt sind und, wohl noch durch den von E herunterfließenden Nebenbach verfrachtet, die Breggia nach W abgedrängt haben. – Daneben kann auch beobachtet werden, wie ein Fluß im Grenzgebiet zwischen Schutt und Anstehendem Tendenz hat, nach Möglichkeit in letzterem zu fließen, da bei zunehmender Übertiefung im Lockermaterial immer neue Rutschungen erfolgen, die den Fluß allmählich gegen den Fels abdrängen, wo eine Tiefenerosion erst recht möglich wird. Im Muggiotal ist dies bei der Reißmoräne von Morbio und dem Bach, welcher gegen das Breggiaknie von Scò fließt, der Fall. Gleiches ist bei Pt. 1057 (1 km NE A. d'Orimento) festzustellen. Es ist somit wahrscheinlich, daß sich Rutschmassen, besonders wenn sie von der Vegetation bedeckt sind, unserer Beobachtung entziehen und wir dazu neigen, den Einfluß von Bergstürzen und ähnlichen Erscheinungen auf die Talbildung zu unterschätzen.

Die Breggia fließt unterhalb Erbonne am Fuße eines Bergsturzes, der von der italienischen Seite herunterfuhr und vorübergehend den ganzen Fluß staute, was zu einer Aufschotterung bis auf die Höhe von 1020 m führte (Abb. 6, LK). Diese ist deshalb so bedeutend, weil Verfaltung und Verwitterung der Felsauflockerung Vorschub leisteten, die Einzugsgebiete der seitlichen Zuflüsse waldfrei und somit einem rasch wechselnden Wasserregime unterworfen sind. In diese Schuttmassen hat sich die Breggia, ihren früheren Lauf nachzeichnend, nach dem Durchbrechen der Sperre eingegraben, ohne aber zwischen 1010 und ca. 900 m das Anstehende zu erreichen.

Der Bergsturz von Scudellate ist in Kapitel II, 1 besprochen worden.

E. EINFLUSS DER VERGLETSCHERUNG AUF DAS FLUSSNETZ

Wenn auch unser engeres Untersuchungsgebiet kaum Spuren einer glazialen Überformung aufweist und seine Entstehung einer tektonisch vorgezeichneten Wassererosion verdankt, so können an Hand von Epigenesebeispielen doch glazial-

bedingte Flußverlegungen, die in ihrem Ausmaß allerdings bescheiden sind, nachgewiesen werden. Diese Beispiele fanden wir nicht, wie man das erwarten könnte, dort, wo die Breggia einen der zahlreichen Mäander bildet, sondern, wo sie in geradem Lauf in der allgemeinen Entwässerungsrichtung fließt.

Epigenese von Caneggio

Ort: E-Seite der Breggia beim Brücklein (Pt. 431) Càmpora–Caneggio. Im Gelände, sogar auf der LK 1:25 000, ist hier ein flacher Rücken zu erkennen, der nach E allmählich in den nach Caneggio hinaufführenden Hang übergeht, nach W hingegen unvermittelt von einer steilwandigen Klamm abgeschnitten wird. In der S-, noch deutlicher in der N-Flanke dieses Rückens finden sich Aufschlüsse von Ceppo, der an seiner tiefsten Stelle 6 m über dem heutigen Flußniveau liegt und eine ehemalige Breggiarinne ausfüllt (Fig. 15). Eine Kluft, welche dem NNE-System (N28°E) angehört und mit 70–80° nach E einfällt, zeichnete der Breggia ihren neuen Lauf vor. Daß es sich um eine Kluft handelt, geht aus dem geradlinigen Verlauf und der großen Tiefenerosion nach der Flußverlegung hervor.

Epigenese von Scarp

Ort: Pt. 475, W der sich in der Nähe des Friedhofes Bruzella befindenden Flurbezeichnung «Scarp».

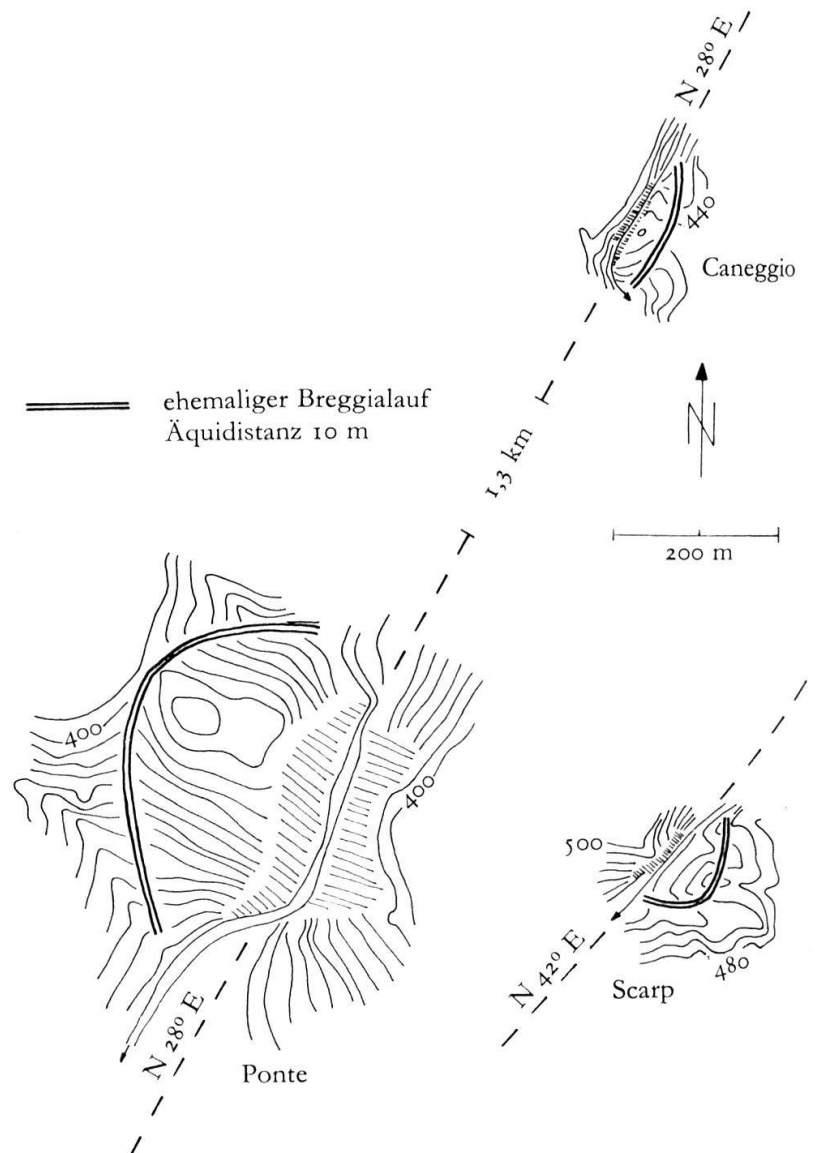
Es handelt sich um ein morphologisches Abbild der Epigenese von Caneggio (Fig. 14). Obschon die wichtigen Aufschlüsse in der N- und S-Flanke des Rückens fehlen, darf aus Analogiegründen auf Epigenese geschlossen werden:

- Das die frühere Flußrinne verschüttende Material findet sich in gleicher Ausbildung wie bei der Epigenese von Caneggio in einem kleinen Aufschluß auf 550 m unmittelbar S der nach Scarp hinaufziehenden Gemeindegrenze.
- Die Vegetation läßt wie bei der Epigenese von Caneggio einerseits auf einen durch Stauwirkung bedingten Wasseraustritt zwischen Füllmaterial und Fels schließen und anderseits auf einen nicht aus Kalkfels bestehenden Untergrund. Daß Graswuchs auf Untergrund aus lockerem, Wald auf solchen aus autochthonem Material hinweist, stellte CANALE (1956) auch in der V. Onsernone fest.
- Die Breggia fand ihren neuen Weg in einer NE-Kluft (N42°E), die nach NW einfällt. Infolge Unterschneidung bildete sich auf der rechten Seite der Breggia eine überhängende Felswand, von der sich Blöcke lösten und auf das linke Ufer des Flusses fielen.

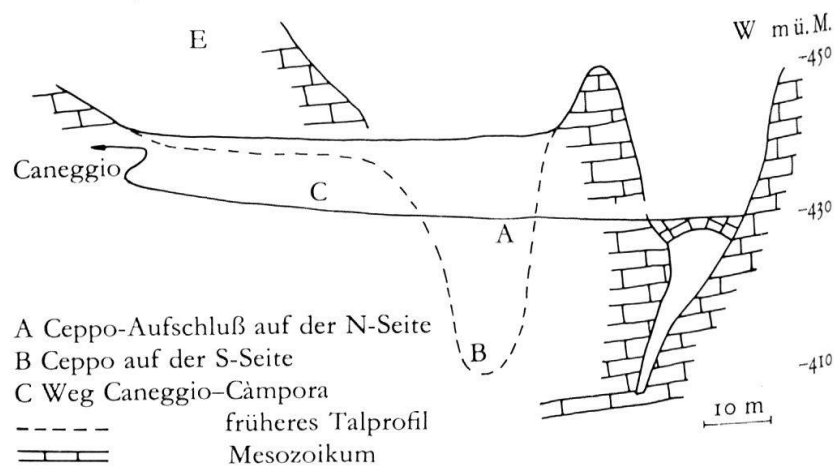
Das Vorkommen kristallinen Materials im Ceppo von Caneggio und Scarp beweist diluviales Alter der Epigenesen; eine Zuschüttung der alten Rinnen während des Rückzuges des Eises nach dessen maximaler Ausbreitung erscheint wegen der relativ hohen Lage des Ceppo von Scarp am wahrscheinlichsten. Ceppoblöcke liegen auch noch im Graben S Càmpora auf 480 m. Bergwärts der abschmelzenden Muggioeiszunge war reichlich Wasser vorhanden, welches Moränenmaterial aus-

schwemmte und zu Ceppo umlagerte. Sedimente, welche bezüglich Korngröße und Schichtung auf limnische Verhältnisse hinwiesen, fehlen.

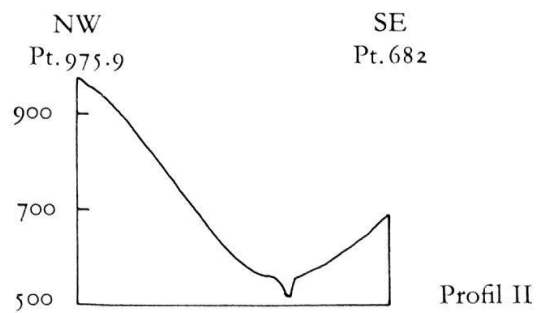
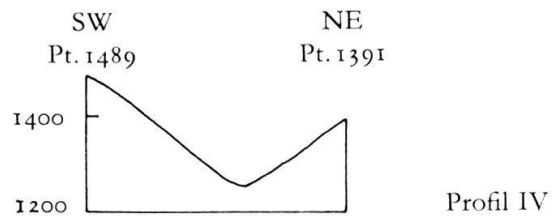
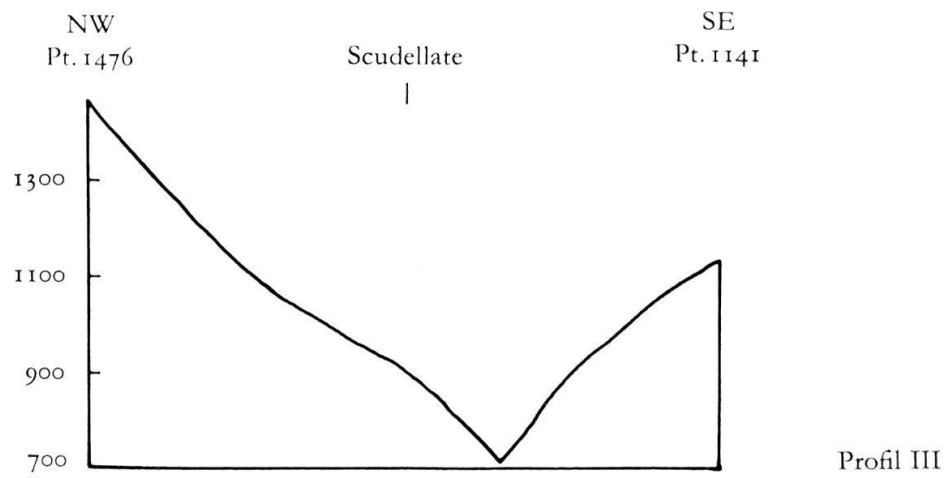
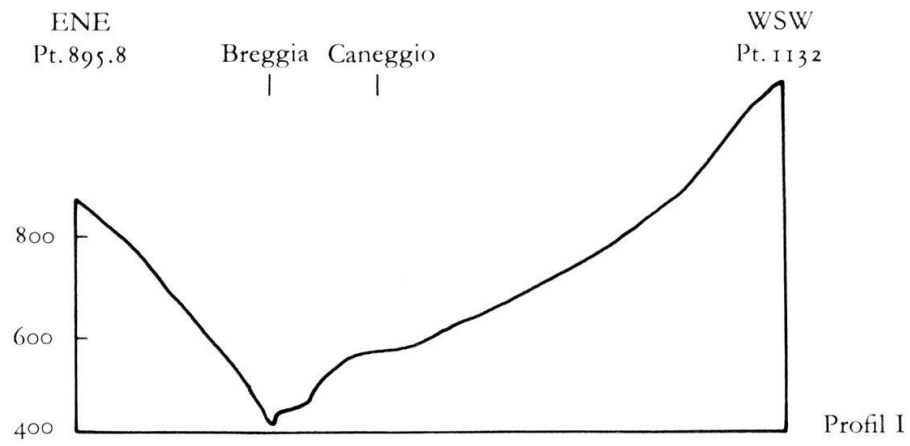
Die Epigenesen von V. della Creda und Ponte werden im Kapitel III, 1 besprochen.



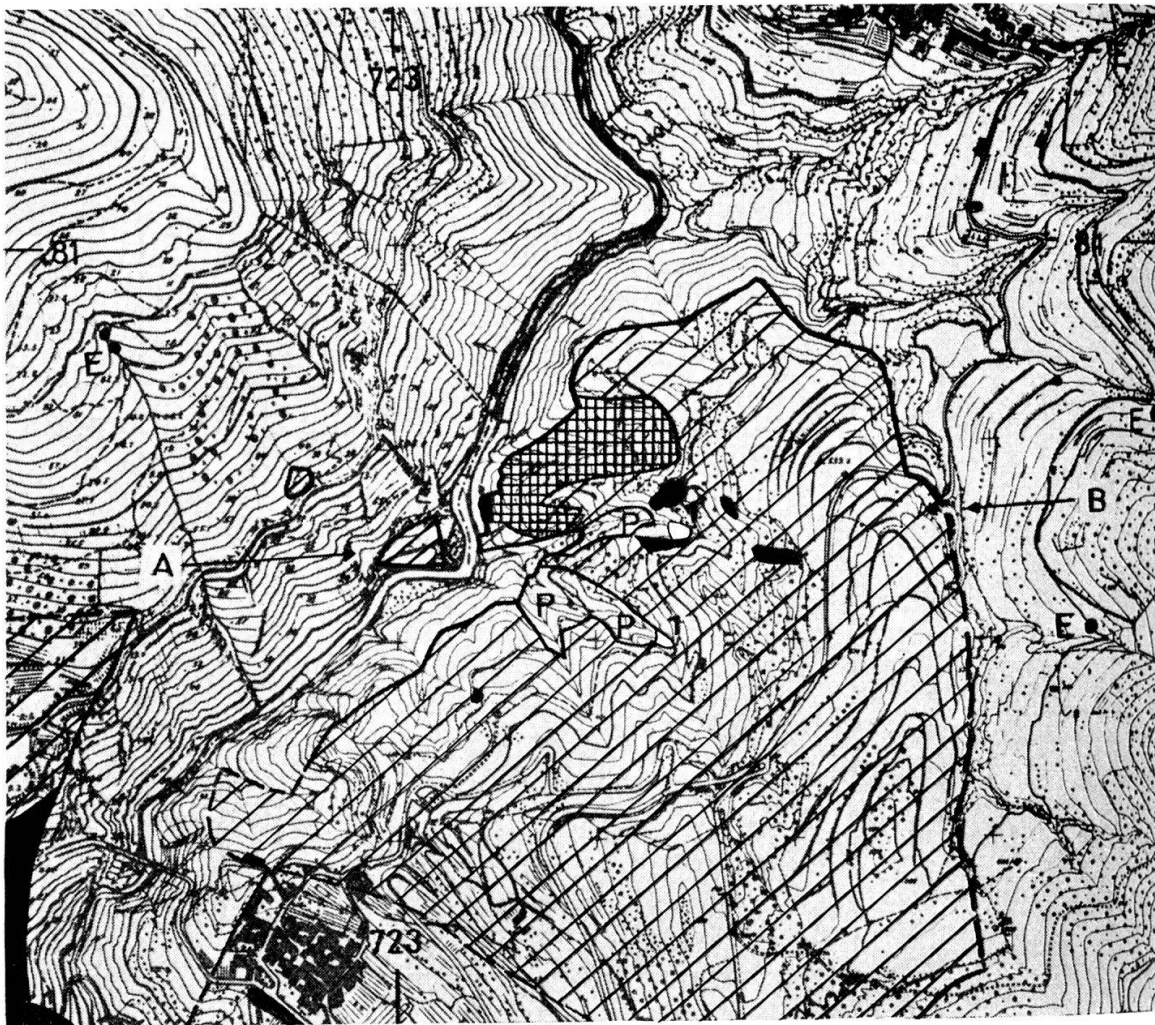
Figur 14. Topographie der Epigenesen von Ponte, Caneggio und Scarp; nach Detailaufnahmen der Eidg. Grundbuchvermessung.



Figur 15. Profil durch die Epigenese von Caneggio.



Figur 16.
Querprofile Valle
di Muggio; zweifache
Überhöhung.



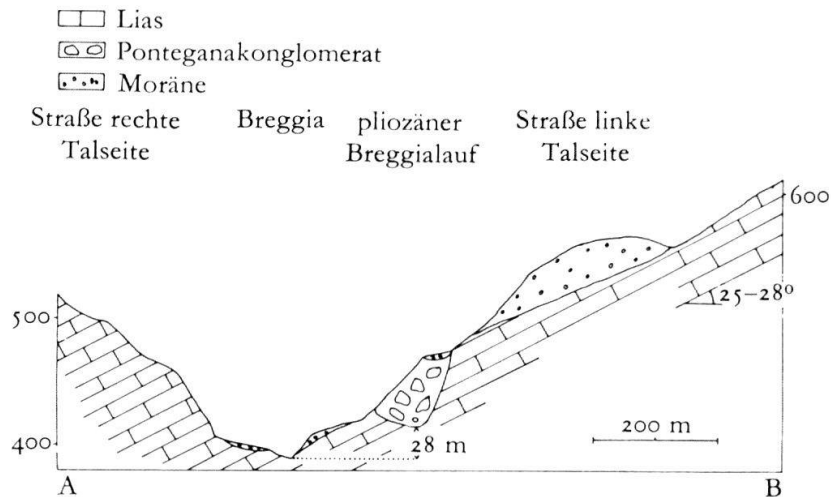
Bewilligung V + D vom 11. 10. 63

- E Erratische Blöcke
- Ceppo
- ▦ Kies-, Sand- und Tonschichten
- ▨ Moräne
- ▭ P Ponteganakonglomerat
- ▭ I Mesozoikum
- Grenze Mesozoikum–Känozoikum
- A – B Profil Fig. 18

— 200 m

Figur 17. Detailaufnahme
im Gebiet des V. della
Creda, NE Morbio Sup.

Figur 18. Profil V. della Creda; zweifache Überhöhung.



4. TALGESCHICHTE

In unserm Untersuchungsraum können vier Teilgebiete unterschieden werden. Aus Figur 16 und den Abbildungen 7 und 8 geht hervor, daß, obschon die Talquerschnitte als Ganzes grundsätzlich verschieden sind, eine Differenzierung der morphologischen Formen weniger in den gleichmäßig geneigten und geformten Hängen der Dossiregion als in den letzten 100–200 m über der Breggia festzustellen ist.

Profil II und Abbildung 7 zeigen eine symmetrische Talanlage, wie wir sie zwischen Muggio und dem Zusammenfluß von Breggia und Breggia della Crotta sowie in etwas weniger augenfälliger Form im V. della Crotta sehen können. Die flachen Schultern über dem heutigen Breggialauf zeigen einen ehemaligen Talboden, der nach einer Flurbezeichnung NE Casima als «Fossoboden» bezeichnet werden soll. Er wurde in einer Phase gesteigerter Erosionstätigkeit zerschnitten. Die dadurch entstandenen Leisten lassen sich flußaufwärts bis etwa zu den letzten von S her ins Tal verfrachteten kristallinen Komponenten, das heißt bis S. Giovanni und Crotta, verfolgen; hier gehen sie in den heutigen Talboden über. Gegen den Ausgang des Muggiotales finden sich weitere Reste dieses ehemaligen Talbodens (s. Profil I), hauptsächlich in Form der verschiedenen Sporne, die von der Breggia umflossen werden, bis gegen V. della Creda, wo der mit Ponteganakonglomerat erfüllte Tallauf als südliche Fortsetzung betrachtet werden muß. Der geringe Höhenunterschied zum Pliozänmeer verlangsamte zusammen mit der Stauwirkung der Murgänge den Lauf des Flusses, was zu einer gesteigerten Seitenerosion und zur Entstehung des Fossobodens führte. Die Molinosteile NW Muggio bildet dessen N-Grenze und bestand wohl schon vor der Pliozäntransgression. Auf dem Fossoboden konnten sich einzelne Zeugen der Eiszeit halten, weil sie hier den verschiedenen Transportwirkungen entzogen waren. Dieser tertiäre Boden ist fluviatil

entstanden und wurde, wie das bei einer derart ausgesprochenen Gletscherrandlage nicht anders zu erwarten ist, vom Eis kaum überformt. Im V. della Crotta ist er wegen der geringeren Wasserführung dieser Breggia nicht so deutlich ausgebildet worden wie im Haupttal und in dessen südlichem Teil wegen der erhöhten Erosionswirkung der vereinigten Hauptbäche stärker zerstört als bei Cabbio. Seine Überhöhung gegenüber der Breggia beträgt im Maximum 60 m und ist eine Folge der spätpliozänen Landhebung. Die bei kleineren Nebentälern regelmäßig vorhandene Mündungsstufe ist zur gleichen Zeit und deshalb entstanden, weil die Erosionsleistung der wasserarmen Nebenbäche hinter derjenigen der Breggia zurückblieb. Bei größeren Nebentälern, V. della Crotta, V. Luasca, Vallaccia, V. dei Pascoli, fehlt eine solche Steile. Während im Falle großer Alpentäler diskutiert wird, ob die Niveauunterschiede bei der Mündung von Nebentälern auch der unterschiedlichen Erosionswirkung des Haupt- und Nebengletschers zugeschrieben werden müssen, ist in unserm Fall eine rein fluviale Genese derselben nachweisbar, da zwischen dem heutigen und dem präglazialen Talboden kein Höhenunterschied besteht.

Das *Typprofil IV* hat im Quellgebiet der Breggia W. A. d'Orimento Gültigkeit. Es handelt sich um ein symmetrisches Talstück, dessen sanfte Formen, ANNAHEIM (1936 a) vergleicht mit einer « Mittelgebirgslandschaft », für große Teile der NE Generosoabdachung typisch sind. In diese Wanne bei Orimento floß Eis aus dem Intelvi, doch muß angenommen werden, daß die Schürfwirkung keine Folgen hatte. Die regelmäßigen Formen sind eher durch Solifluktion entstanden, sind doch Anzeichen von Massenbewegungen im Alpgebiet des italienischen Generosoteiles verschiedentlich zu beobachten.

Profil III verläuft gleich wie die Profile I und II ganz im Anstehenden. Es repräsentiert den Querschnitt des Haupttales zwischen der Quellzone der Breggia und der Molinosteile bei Muggio, also das Gebiet zwischen Orimento und der N-Grenze des Fossobodens. Daneben gilt es für alle Nebentäler und Gräben, besonders für die SE-Seite des Generoso und den stark reliefierten Einzugsessel der Breggia della Crotta, dessen Grenze vom M. Bisbino über den M. S. Bernardo zum Sasso Gordona verläuft. Es ist das Profil mit dem größten Geltungsbereich. Seine V-Form ist das Ergebnis der Wassererosion. Ihre Wirkung richtete sich nach dem Grad der tektonischen Zerrüttung des Untergrundes. Mehrmals verengert sich das Bachbett zu einer unbegehbaren Klamme oder bildet Stufen, die im Sinne GERBERS (1956) als Resistenzsteilen aufzufassen sind. Der gleiche Stufenbau ist auch im Bereich der Profile I und II vorhanden.

Profil I gilt für das Haupttal zwischen Morbio Sup. und der Einmündung des Crottatales. Es zeigt als einziges der vier Profile einen asymmetrischen Bau mit einer steilen W- und einer gestuften E-Seite (Abb. 8). Die Bedeutung der Verflachung auf etwa 600 m als Hauptwirtschaftsträger ist früher erwähnt worden. Sie bot die Voraussetzung für die Erhaltung der Càmporamoräne. Ein Relikt des

Fossobodens, es handelt sich um den Ort der Caneggioepigenese, ist augenfällig. Für die Entstehung der asymmetrischen Form kann höchstens ausnahmsweise das SW-Fallen der Schichten dieser Gegend und somit die häufig festzustellende unterschiedliche Formentwicklung auf der Schichtkopf- und Schichtflächenseite eine Rolle gespielt haben. Für ein allmähliches Abgleiten der Breggia von E nach W bestehen keine Anhaltspunkte; ein solcher Vorgang ist zudem wegen der Übereinstimmung zwischen NNE-Kluftsystem und Hauptrichtung des Flusses S Cabbio auch wenig wahrscheinlich.

Das Einzugsgebiet der Breggia besaß seinen heutigen Reifegrad bereits vor Ablagerung des mittel- bis jungpliozänen Ponteganakonglomerates. Seither erfolgte nur noch eine geringfügige Überformung durch Gletscher, Ausweitung und Über-tiefung durch Bergstürze, Rutschungen und Wasserwirkung. Der Zusammenhang der mesozoischen Schichten, die die heutige Gipfelflur bilden, riß wohl mit dem Einsetzen orogenetischer Vorgänge ab, das künftige Muggiotal begann sich abzuzeichnen. Die Flüsse folgten immer neuen tektonisch vorgezeichneten Schwäche-zonen, im obersten Teil den Klüften, dann sowohl den Syn- und Antiklinalen wie auch den Klüften.

Wenn auch diesbezügliche Studien wertvoll sind, so muß doch gesagt werden, daß die Rekonstruktion ehemaliger Talböden und ihre Verbindung mit orogeneti-schen Vorgängen erhebliche Schwierigkeiten bietet. Ob durch Analysen der Vor-landsedimente eine weitere Klärung möglich ist, bleibe dahingestellt. Bewußt wurde auf eine Einbeziehung der an und für sich problematischen Verflachungen über dem Fossoboden, sie lassen sich sogar in der Gipfelregion des Generoso fest-stellen, in die Rekonstruktion der in Tabelle 5 zusammengefaßten Talgeschichte verzichtet. Wenn diese trotzdem noch, wie dies wohl bei allen ähnlichen Versuchen einer Wissenschaft, die sowohl exakt als auch beschreibend ist, der Fall sein wird, nur eine Möglichkeit darstellt, so darf doch auf Grund morphologischer Tatsachen und erratischer Vorkommen damit gerechnet werden, daß sie den tatsächlichen Verhältnissen recht nahe kommt. Fraglich bleibt, welcher Eiszeit das Kristallin von S. Giovanni und Mobia zuzuordnen ist, und ob nicht doch zur Zeit der größten Vergletscherung eine durchgehende Eisverbindung von N nach S, eventuell nur eine solche durch die Vallaccia, bestanden hat.

Tabelle 5. *Zur Talgeschichte der V. di Muggio seit dem Pliozän.*

Zeitabschnitt	Vorgang	Auswirkung	Relikte
<i>Mittelpliozän</i>	Murgänge	Zuschüttung des Breggialaufes zwischen V. della Creda und Pontegana. Stauung bewirkt Mäandrierung bei Cabbio und im V. della Crotta.	Ponteganakonglomerat Fossotalboden

Zeitabschnitt	Vorgang	Auswirkung	Relikte
<i>Spätpliozän</i>	Landhebung um 300–400 m	Durchschneidung des Fosso- bodens. Das Relief erreicht sei- nen heutigen Reifegrad.	
<i>Größte Vereisung</i> (Rißmaximum?)	Vereisung von S bis Muggio (1) und Mobia (2). Von N dringen Eismassen ins Quellgebiet der Breggia (3) und über den Paß von Cerano (4).	Epigenesen bei Scarp und Caneggio.	Erratikum bei S. Giovanni (1) und Mobia (2), im Gebiet S. C. Boll (3), in der Vallaccia auf 860 m (4).
<i>Rißvereisung</i> Caneggiostadium	Vereisung von S her bis Caneggio.		Erratische Blockkolonie im V. di Bregno, S Caneggio.
Morbiostadium		Entstehung der Moräne zwischen Càmpora, Pt. 609, und Pidriolo.	
Weiteres Rückzugsstadium		Vacallomoräne des Como- gletschers	
<i>Würmvereisung</i> Maximalstadium		Entstehung der Moräne bei Morbio Sup. Kein Eisvorstoß von N ins Einzugsgebiet der Breggia!	
Rückzugsstadium		Capolagomoräne	

III. FLUSSVERLEGUNGEN

Bedeutendere Flußverlegungen als bei Caneggio und Scarp sind im V. della Creda sowie im weitem Untersuchungsgebiet nachweisbar. Dies ist möglich, weil ausgefüllte frühere Bachbette erkannt werden können. Zusammen mit morphologischen und geologischen Erkenntnissen liefern sie die Angaben zur Rekonstruktion des einstigen Flußnetzes und, mit gewissen Einschränkungen, des zeitlichen Ablaufes seiner Veränderungen.

1. FRÜHERE FLUSSLÄUFE AM AUSGANG DES MUGGIOTALES

A. PONTEGANALAUFLAU

Unter Ponteganakonglomerat versteht man seit ALB. HEIM (1906) ein im Becken von Chiasso und im untersten Teil des Muggiotales vorkommendes, vorwiegend grobblockiges, pliozänes Konglomerat, welches aus durchgehend hellgelb entfarbten Liastrümmern, die durch ein feinkörniges Bindemittel zusammengehalten werden, besteht. Die höchstgelegenen Aufschlüsse zeigen im Gegensatz zu denen in tiefern Lagen größere Komponenten, geringere Verfestigung und völlige Strukturlosigkeit. Nach den im Auftrag von HEIM durchgeführten mikroskopischen Untersuchungen sind die Komponenten und das Bindemittel des Ponteganakonglomerates «fast zweifellos» identisch mit dem Lias des Generosogebietes, wo eine gelbe Verfärbung oberflächennaher Kalke verschiedentlich festzustellen ist. VONDERSCMITT (1940) fand im Konglomerat bei Pontegana einzelne, als Ausschwemmung aus der Molasse gedeutete kristalline Gerölle.

Der nördlichste Aufschluß von Ponteganakonglomerat ist im V. della Creda zwischen 415 und 470 m ü. M. vorhanden (Fig. 17). N und S von Morbio Sup. ist das Konglomerat durch jüngere Ablagerungen verdeckt, doch läßt die scharfe Liasbegrenzung am Hügel W von Morbio Sup. zusammen mit dem Aufschluß 100 m SE Pt. 462 (Abzweigung der Straße ins Muggiotal) den Verlauf der einstigen Breggiaschlucht erkennen. Das Ponteganakonglomerat erscheint weiter S erst wieder bei Morbio Inf. und bildet W der Kirche (Pt. 361) den Steilabfall gegen die Breggia. Auf 320 m zeigt links des Bächleins, das von Morbio Inf. zur Breggia hinunterfließt, ein Aufschluß die Auflagerung des Ponteganakonglomerates auf Scaglia. Der erwähnte Steilabfall läßt sich E der Breggia bis nach Ghitello weiterverfolgen, wo Ponteganakonglomerat auf beiden Seiten des Flusses vorhanden ist. N Ghitello liegt Ponteganakonglomerat an einer Stelle in 290, S davon an einer andern in 270 m diskordant auf Scaglia. Von Ghitello läßt sich das Konglomerat ununterbrochen bis zum Hügel von Pontegana verfolgen. Durch

Arbeiten für den Bau der Nationalstraße Nr. 2 sind hier Veränderungen eingetreten und noch im Gange, welche die Ausführungen VONDERSCHMITTS (1940, S. 213–216) im wesentlichen bestätigen, jedoch auch Präzisierungen und Ergänzungen ermöglichen¹.

Ponteganakonglomerat ist zu mehreren Malen aus verschiedenen Bergsturzkegeln teils murgangartig teils fluviatil ins Becken von Chiasso verfrachtet worden. Die älteste Schüttung erfolgte vor der Entstehung der durch Fossilfunde als pliozän datierbaren feinkörnigen Meeressedimente. Die große Masse des Konglomerates am Hügel von Pontegana wird durch zwei 1–1,5 m mächtige Bänder durchzogen, welche durch eine bis zu 3 m mächtige Schicht gut gerundeter Ponteganagerölle getrennt werden und vorwiegend aus sandig-tonigen Ablagerungen, in denen sich auch Kalklagen finden (VONDERSCHMITT, 1940, S. 215), bestehen. Das obere Ponteganakonglomerat läßt eine schwach ausgeprägte Schichtung nach WSW erkennen und dürfte aus dem Schüttungsgebiet bei S. Simone hervorgegangen sein. Am N-Fuß des Hügels von Pontegana folgen auf das kaum geschichtete untere Ponteganakonglomerat gegen ESE sandige, gelbe Mergel und graublaue Tonmergel, deren Obergrenze 6–8 m über der Breggia liegt. Besondere Erwähnung verdient zudem die 6 m über der Breggia auf einer D_{top} von 23 m zwischen den Mergeln und Tonen vorhandene Zwischenlage von Ponteganakonglomerat, die zusammen mit einem ähnlichen, jedoch nur auf einer D_{top} von 7 m festzustellenden Vorkommen innerhalb der Tonmergel das Ergebnis verschiedener Ablagerungszyklen oder spät- bis nachpliozäner Einschwemmung sein kann. Diese Schichten fallen mit 4–7° generell nach S. Eine Ausnahme bildet die Versteilung der auf einer D_{top} von 20 m vorhandenen sandigen Mergel beim W Kontakt mit dem untern Ponteganakonglomerat. Diese ist nach HEIM die Folge der Ablagerung des Konglomerates auf die Mergel. VONDERSCHMITT erkennt, daß nicht Stauchung, sondern Schleppung auftritt, und erklärt diese durch eine Verwerfung, weist aber auch auf die Möglichkeit von Setzungserscheinungen hin. Die neuen Aufschlüsse zeigen, daß eine gewöhnliche Anlagerungserscheinung vorliegt. Oberes Ponteganakonglomerat und marine Sedimente werden zur Hauptsache von Fluvioglazial überlagert. Auf dem höchstgelegenen Konglomerat beim Hügel von Pontegana befindet sich an zwei Stellen zwischen dem Konglomerat und den Schottern ein Rest Würmmoräne. Dieses Würm-Fluvioglazial besteht aus unterschiedlich verwitterten Geröllen, offenbar sowohl aus umgelagerten Faloppio- als auch aus eigentlichen Würmschottern.

Beim Gehöft Polenta auf der linken Breggiaseite ist ein weiterer Kontakt zwischen gefalteter Scaglia und Ponteganakonglomerat aufgedeckt worden. Die

¹ Da Herr V. Longo, cand. geol. ETH, gegenwärtig an einer geologischen Aufnahme des Tertiärs und Quartärs im Becken von Chiasso arbeitet, sich bisher ebenfalls mit dem Ponteganakonglomerat beschäftigte und die weitem Aufschlüsse aufnehmen wird, beschränken wir uns auf die für unsere Arbeit wichtigen Angaben und verweisen im übrigen auf die abschließende Beurteilung und Darstellung durch Longo.

Scaglia wurde an senkrecht stehender Berührungsfläche durch das sich setzende Konglomerat leicht nach unten verbogen.

Ponteganakonglomerat ist auch 250 m NW Pt. 251 (Raggiobrücklein bei Bisio) auf der rechten Seite des Raggio aufgeschlossen. Auf der Höhe von Bisio fließt die Breggia auf 250 m ü. M. im Ponteganakonglomerat, und die im Zusammenhang mit dem Straßenbau durchgeführten Sondierbohrungen haben ergeben, daß die Oberfläche des Konglomerates weiter W bei der Kantonsstraße in 243 m, 200 m E Pt. 251 in 225 m liegt. 120 m S Pt. 251 wurde die Bohrung in einer Tiefe von 216 m eingestellt, ohne daß man auf Ponteganakonglomerat gestoßen wäre. Es ist nicht anzunehmen, daß dieses nach S über die Roncaglia hinausreicht. Ein weiteres Vorkommen dieses Konglomerates befindet sich 150 m E Pt. 341 (S-Ausgang von Morbio Inf.), E des auf der LK angedeuteten Grabens; ein anderes liegt in der Nähe von S. Simone, 330 m NE Pt. 249, an der Stelle, wo der von Fontanella herfließende Bach einen kleinen Mäander bildet. Dieser Bach ist S von Fontanella durchwegs bedeutend, teilweise sogar schluchtartig in Diluvialablagerungen eingetieft. Bei der oben erwähnten Stelle hat er eine Schlucht mit rund 30 m steil abfallenden Wänden gebildet. Bei diesem Aufschluß zeigt sich folgendes:

- Ponteganakonglomerat ist auf der W-Seite des Baches vorhanden und bildet die ganze Schluchtwand. Im N schließt Ceppo, im S Grundmoräne an das Konglomerat an. Auch auf der E-Seite ist am Schluchteingang zuerst Ceppo vorhanden. Dann folgt nach S Ponteganakonglomerat, welches bis in halbe Schluchthöhe reicht, nach oben und weiter nach S aber wieder von Ceppo umgeben ist. Das Ponteganakonglomerat dürfte nach E zu rasch an Mächtigkeit abnehmen und ganz aufhören.
- Am S-Ausgang der Schlucht liegt beidseits des Baches Ceppo, doch ist auf der rechten Bachseite, 60 m S des Schluchtausganges, ein kleiner Biancone aufschluß vorhanden. Es ist dies der gleiche Biancone, welcher die N-Grenze der Terrasse von Pt. 406 (Friedhof Castel S. Pietro), die S-Grenze der Breggiaschlucht von S. Pietro (Abb. 8) und die auffällige Rippe von der Straßenkreuzung Pt. 308 (SE Morbio Inf.) über S. Giorgio gegen Pt. 291 bildet.
- Zwischen N Schluchteingang und Zusammenfluß des Baches von Fontanella und desjenigen von S. Giorgio ist Moräne vorhanden. Typisch, wie sich hier der Graben im relativ erosionsanfälligen Gebiet muldenförmig erweitert!

Auf das Ponteganakonglomerat bei Motta hat uns in freundlicher Weise Herr Prof. VONDERSCHMITT aufmerksam gemacht. Das Gehöft Motta (Pt. 351) befindet sich 350 m S des Bahntunnels zwischen Mendrisio und Balerna. Im Wald N des Bauernhauses finden wir in einem etwa 80 m breiten Streifen mehrere Aufschlüsse von Ponteganakonglomerat, welches Rippen und kleine Stufen, unter anderem am Waldrand W des Hauses, bildet, bis hinunter zur Roncaglia, die 50 m E der auf der LK eingezeichneten großen Kiesgrube auf kurzer Strecke im Ponteganakonglomerat fließt. SW Pt. 351 sind auf 340 m ü. M. beidseits des hier beginnenden Grabens einzelne Blöcke von Ponteganakonglomerat zu sehen. – Handelt es sich bei Motta nochmals um einen Hügel mit einem Kern aus Ponteganakonglomerat, oder sind, ähnlich wie bei S. Antonio, dessen Kirchhügel aus Ceppo besteht, welcher von Ponteganageröllen durchsetzt ist, die einzelnen Vorkommen bei Motta auf diluviale Umlagerungen zurückzuführen? Das Konglomerat wird von Schottern und

grundmoräneartigen Lehmen¹, welche kommerziell verwendet werden, bedeckt. Die Vegetation erschwert die Beurteilung. Größe, Anzahl und Lage der Aufschlüsse bringen uns zur Überzeugung, daß bei Motta nicht einzelne Ponteganablöcke in Diluvialablagerungen liegen, sondern daß das Konglomerat hier an ursprünglicher Lagerstätte ruht und von jungen Bildungen bedeckt ist. Als Hinweis auf die Richtigkeit dieser Deutung kann ein Quellhorizont aufgefaßt werden, welcher sich N Motta etwa 2 m über der Roncaglia befindet. Eine quartäre Verfrachtung von Ponteganakonglomerat aus dem Becken von Chiasso nach Motta scheint auch deshalb wenig wahrscheinlich, weil die Gegend dieses Gehöftes im Einflußbereich des Capolagogletschers lag.

ALB. HEIM war 1906 einzig das Ponteganakonglomerat im V. della Creda und bei Motta nicht bekannt. Schon er vertrat die Auffassung, daß die Auffüllung einer ehemaligen, im N fjordähnlichen Talung vorliege, die bei Pontegana ins Meer mündete; zu ihr zählte HEIM die schottererfüllte Brückenrinne, die die heutige Breggia E Castel S. Pietro quert und ihren Ursprung bei Obino haben sollte. BUXTORF (1924) entdeckte das Ponteganakonglomerat im V. della Creda, gab dessen Ausdehnung, als topographische Unterlage den Siegfried-Atlas benützend, zwischen 430 und 460 m ü. M. an und wies auf die Unterschiede zu den Geröllen der Brückenrinne hin (s. III, 1, C).

Aus den feinkörnigen Pliozänablagerungen im Becken von Chiasso hat FRAUENFELDER (1916) auf schwaches Flußgefälle und weit fortgeschrittene Erosion geschlossen. ANNAHEIM (1936 a) bestreitet die Richtigkeit einer solchen Annahme und glaubt auf Grund seiner Untersuchungen, daß ein Delta vorliege, dessen mehr landwärts gelegene, größere Komponenten von den Gletschern wegtransportiert wurden. Demgegenüber steht fest, daß das Relief bereits zur Zeit der Entstehung des Ponteganakonglomerates seinen heutigen Reifegrad nahezu erreicht hatte. Der pliozäne Talboden ist N Pidriolo mit dem Fossoboden identisch und besitzt ein Gefälle, das etwas geringer als das heutige ist.

Gefälle der Breggia von Molino (NW Muggio) bis Pt. 387 V. della Creda: 39 ‰

Gefälle des pliozänen Fossobodens auf derselben Strecke: 34 ‰²

Im V. della Creda beträgt der Unterschied zwischen dem heutigen und dem pliozänen Talboden 28 m, bei der Zementfabrik höchstens 45 m; dies ergibt für den pliozänen Flußlauf zwischen diesen beiden Punkten ein Gefälle von 69 ‰, für den heutigen ein solches von 81 ‰³. Die heutige Mündungsstelle der Breggia ist demnach bereits im Pliozän angelegt und seither nicht zurückgewandert. Zwischen der Zementfabrik und Ghitello steigt das Gefälle des Ponteganakonglomerates, immer nach den Auflagerungen auf dem Mesozoikum berechnet, auf 77 ‰,

¹ Wie bei andern ähnlichen Vorkommen (im Graben SW Parè, an der Faloppia N Camnago) könnte es sich weniger um Grundmoränen als um den von gekritzten Schottern durchsetzten Niederschlag der sich in diluvialen Schmelzwasserbecken ansammelnden Trübe handeln.

² Beide Angaben beruhen auf einer mittleren D_{top} von 5,5 km.

³ D_{top} in der Luftlinie gemessen.

dasjenige der Breggia sinkt auf 18‰; ab Ghitello fließt die Breggia bis Pontegana über ihrem pliozänen Niveau.

Eine Beschreibung von dem Ponteganakonglomerat ähnlichen Bildungen gibt LEUZINGER (1926). Er stellte am Kirchhügel von Caravate (W M. Campo dei Fiori) «schlechtgerundete Konglomerate und Breccien», in denen kristalline Komponente fehlen, fest, die in Ausbildung und Zusammensetzung dem Ponteganakonglomerat vergleichbar sind. Er datiert sie denn auch als pliozän und nimmt an, daß es sich um fluviatile Bildungen handelt, deren Ursprungsort das W-Ende des Campo dei Fiori sein dürfte.

B. EPIGENESE VON PONTE

Eine ehemalige Breggiarinne führte unter den Häusern von Ponte durch und leitete den Fluß am Ausgang der heutigen Mündungsschlucht bei der neuen Zementfabrik in ihr jüngstes Bett (Fig. 14, 19, Abb. 8). Auf der N-Seite besteht das die frühere Rinne verstopfende Material mindestens oberflächlich aus Ceppo, der in 350 m auf Mesozoikum liegt. Auf der S-Seite ist neben etwas Moräne wiederum Ceppo als Füllmaterial festzustellen. Die Grenze zum Mesozoikum kann nicht genau angegeben werden, dürfte aber nur wenige Meter über dem heutigen Flußlauf liegen. Zuschüttung und Flußverlegung erfolgten präwürm, da von Würmgrundmoräne und Ceppo bedeckte Schotter E der Breggia in einer als Brückenrinne bezeichneten Kerbe vorhanden sind, die bereits über dem Eingang der heutigen Mündungsschlucht liegt.

Am Ausgang der Mündungsschlucht erreichte ein Bach von S. Martino her die Breggia. Er bewirkte die Erosionsgrenze des Ponteganakonglomerates am N-Rand von Morbio Inf. Sein Bett wurde durch Reißmoräne aufgefüllt (Abb. 8) und der Bach in die Camparinorinne umgeleitet; diese wird nach SW durch Ponteganakonglomerat und die Bianconerippe von S. Giorgio begrenzt. Ihre NE-Grenze liegt bei der Gärtnerei E Morbio Inf. und zieht gegen die südlichsten Häuser von Fontanella. Diese Rinne ist hauptsächlich von Ceppo, in den sich die Bäche von Camparino und Fontanella schluchtartig eingetieft haben, dann aber auch von Moräne und jüngster Grundmoräne aufgefüllt.

C. BRÜCKENRINNE

Am Ausgang des Muggiotales sind beim Beginn der Mündungsschlucht beidseits der Breggia etwa 40 m hohe Aufschlüsse vorhanden, die als Reste einer ehemaligen, nun von Schottern ausgefüllten Entwässerungsrinne interpretiert werden können. HEIM (1906) sprach von der «Brückenrinne» und sah in ihr einen von Ponteganakonglomerat zugeschütteten pliozänen Fjord, dessen Ursprung er bei Obino vermutete. BUXTORF (1924) stellte fest, daß die Rinne nicht durch Ponteganakonglo-

merat, sondern durch oberflächlich gelb gefärbte, mit wenig kristallinen Geröllen durchsetzte Kalke ausgefüllt ist. BUXTORF nimmt an, es liege hier der alte Morealauf vor. Dies erscheint jedoch wenig wahrscheinlich, denn zwischen Salorino und Castel S. Pietro ist meist das Anstehende aufgeschlossen, und wir müßten annehmen, daß die Morea E Castel S. Pietro über eine 60 m hohe Stufe gestürzt wäre. Gegen BUXTORFs Deutung spricht auch die Tatsache, daß die Breggia nach der Schüttung des Ponteganakonglomerates W des E Rinnenaufschlusses floß. Die die Brückenrinne ausfüllenden quartären Schotter sind auf der rechten Breggia-seite von der auf der LK eingezeichneten Runse bis zu den Kehren der alten Poststraße auf einer D_{top} von 150 m zu sehen. Auf der gegenüberliegenden Seite sind sie nur gerade in der schmalen Rinne vorhanden. Auf der rechten Flußseite werden sie auf 390 m ü. M. von Würmgrundmoräne (Aufschlüsse längs der alten Poststraße) bedeckt, im E Aufschluß auf der gleichen Höhe an schwer zugänglicher Stelle von 18 m geschichteten und nach S fallenden Lehmen (Grundmoräne?), Sanden und Schottern. Diskordant werden letztere von 6 m Ceppo überlagert. Nach unserer Auffassung handelt es sich bei den Schottern in der Brückenrinne nicht um Ausfüllungen eines tiefeingeschnittenen, von NW nach SE verlaufenden Bachbettes, sondern um solche des Breggialaufes, das heißt um Stauschotter, die von der Breggia in dem Zeitpunkt, als der Nordrand der Eismassen im Becken von Chiasso etwa bei der Brückenrinne lag, dem Gletscher angelagert wurden. Dem Eis entlang floß Schmelzwasser gegen die Breggia und schuf Erosionskerben, in denen die Schotter heute noch erhalten sind. E Castel S. Pietro ist diese Kerbe wieder vorhanden und zeigt zwischen der alten und neuen Poststraße das offenbar hinter den Schottern liegende Anstehende. Es scheint mir am wahrscheinlichsten, die unter der Würmgrundmoräne liegenden Schotter in der Brückenrinne mit den die Epigenesen von Caneggio, Scarp und auch Ponte verursachenden zu parallelisieren und sie der Rißzeit zuzurechnen.

2. MORPHOLOGISCHE BETRACHTUNGEN

Ein Studium der Geländeformen ergibt, daß das Gebiet zwischen Mendrisio und Vacallo ein Hauptlineament in der NW–SE- und ein unbedeutenderes in der N–S-Richtung besitzt. Man erkennt diese Strukturformen, den Lauf der Breggia ausgenommen, in Form von muldenförmig flachen, wenig breiten Tälern, die zum Teil durch kaum wahrnehmbare Talwasserscheiden (Pt. 439, N Loverciano) getrennt sind (Fig. 19). Die Entstehung des Hauptlineamentes ist primär tektonisch-lithologisch bedingt. Orogenetische Vorgänge haben die mesozoischen Sedimente am Ausgang des Muggiotales steilgestellt, worauf durch selektive Erosion eine Rippenlandschaft in der Richtung der von NW nach SE streichenden Schichten entstanden ist. W der Breggia tritt auch in den Mulden vielerorts das Mesozoikum

zutage. Das NW–SE-Lineament verläuft in der Richtung ehemaliger Gletscher-
ränder und wurde durch ihnen entlang fließende Schmelzwasser verdeutlicht. Die
gleiche Erscheinung finden wir, dem andersgerichteten tektonischen Streichen und
Verlauf der Gletscherzungen angepaßt, auch bei Besazio NW Mendrisio.

Das NW–SE-Lineament. Der Hauptzug verläuft von Torre (SE-Ausgang von
Mendrisio) über Nebbiano–Loverciano–N-Rand von Morbio Inf.–Camparino.
Ein zweiter Talzug erstreckt sich von Salorino über Vernora nach Castel S. Pietro.
Die Terrasse von Gorla ist durch einen in der Richtung dieses Lineamentes ver-
laufenden Hügelzug begrenzt.

Das N–S-Lineament. Zu ihm gehört der markante Lauf der Breggia bis Ponte-
gana, die heute von der Faloppia durchflossene Pforte zwischen Ronago und
Seseglio sowie die flache Mulde zwischen Vernora und Loverciano. Schließlich
zieht noch eine Mulde von Morbio Inf., einsetzend zwischen Pt. 341 und dem E
von diesem Pt. liegenden Aufschluß von Ponteganakonglomerat, zwischen S. Gior-
gio und Ligrignano durch nach Pt. 249 (W S. Simone).

Das Becken von Chiasso. Die Entstehung des Beckens von Chiasso, welches gegen
den verkehrstechnisch wichtigen Übergang nach Como führt, ist in erster Linie auf
die Wirkung von Brüchen zurückzuführen. Die marinen Sedimente von Balerna
beweisen, daß die Beckenform bereits im Pliozän vorhanden war, und diejenigen
im Varesotto lassen als wahrscheinlich erscheinen, daß die jungtertiäre Meeres-
transgression aus SW erfolgte.

Das Faloppiogebiet. Der Richtungswechsel der Breggia bei Balerna und der
Durchbruch nach Masliànico deuten darauf hin, daß es sich beim heutigen Unter-
lauf der Breggia nicht um die primäre Flußanlage handelt. Kluftmessungen und
allgemeine morphologische Betrachtungen legen die Vermutung nahe, daß die
Pforte von Seseglio die natürliche Fortsetzung des Muggiotales nach S darstellt.
Mit den heutigen Aufschlüssen ist es aber nicht möglich, dafür den direkten Beweis
zu erbringen. Die Oberfläche des Ponteganakonglomerates liegt nach Bohrer-
gebnissen bei Bisio auf 225 m, der pliozäne Talboden eventuell noch tiefer. Die heutige
Talbodenhöhe bei Seseglio beträgt bereits 250 m und steigt nach SW rasch gegen
300 m an. In den tiefstgelegenen Aufschlüssen finden wir Nagelfluh. Die bedeuten-
den Diluvialablagerungen im Faloppio liegen in einer Erosionsform, die ein weite-
res Anzeichen für den auch von SAIBENE (1950) angenommenen Verlauf der Ur-
breggia gegen Olgiate–Comasco darstellt; durch die Urbreggia wurde auch das
marine Pliozän im Faloppio entfernt.

Erosionsbeträge. Eine Analyse der Erosionsbeträge gibt wegen der komplexen
Verhältnisse keine Hinweise auf den Ablauf der Flußverlegungen, schließt aber
solche, besonders wenn man an das Vorhandensein von Klüften denkt, nicht aus.
Nach JÄCKLI (1957) kann der Betrag der postglazialen Erosion in Schluchten, die
den Unterschied zwischen glazialer Überarbeitung und darunterliegender fluvia-
tiler Erosion erkennen lassen, Fehlschlüsse wegen eventuell vorhanden gewesener

subglazialer Rinnen vorbehalten, bestimmt werden. Nach diesem Autor beträgt die Tiefenerosion in den Schluchten der Albula und des Hinterrheins 4–7,5 mm pro Jahr im Bündnerschiefer und 1–3 mm pro Jahr im Kristallin, die Abtragung an zwecks Flußverbauungen aus Kieselkalk, Kalksandstein oder Breccien erstellten Querswellen 2–5 mm/Jahr, 3–8 mm/Jahr bei Verwendung von Kalk, Dolomit oder massigen Kalkschiefern. – Am Ausgang des Muggiotales bestehen scheinbar andere Verhältnisse. Der pliozäne Talboden liegt hier maximal 28–45 m über dem heutigen, bei Ghitello sogar darunter. Eine Eintiefung unter das glaziale Niveau der Breggia erfolgte höchstens in der Scaglia bei der Molinimoräne, beträgt aber nicht mehr als 8 m. Diese Erosionsbeträge sind durch den geringen Höhenunterschied bis zur Erosionsbasis des Pliozänmeeres, der interglazialen Chiassoseen und des heutigen Comersees bedingt. Dazu mußte die Breggia mehrmals Schotter und Moränen durchschneiden, um ihr einstiges Niveau zu erreichen. Zwischen der Schüttung des Ponteganakonglomerates und dem Beginn der Vereisung liegt die Entstehung eines neuen Bachbettes; während der diluvialen Vorstoßphasen war die Wasserführung der Breggia unbedeutend, da die meisten Niederschläge als Schnee fielen. Dies alles erklärt die geringe absolute Eintiefung der Breggia seit dem Pliozän. Das Becken von Chiasso liegt im Grenzgebiet von Erosion und Akkumulation.

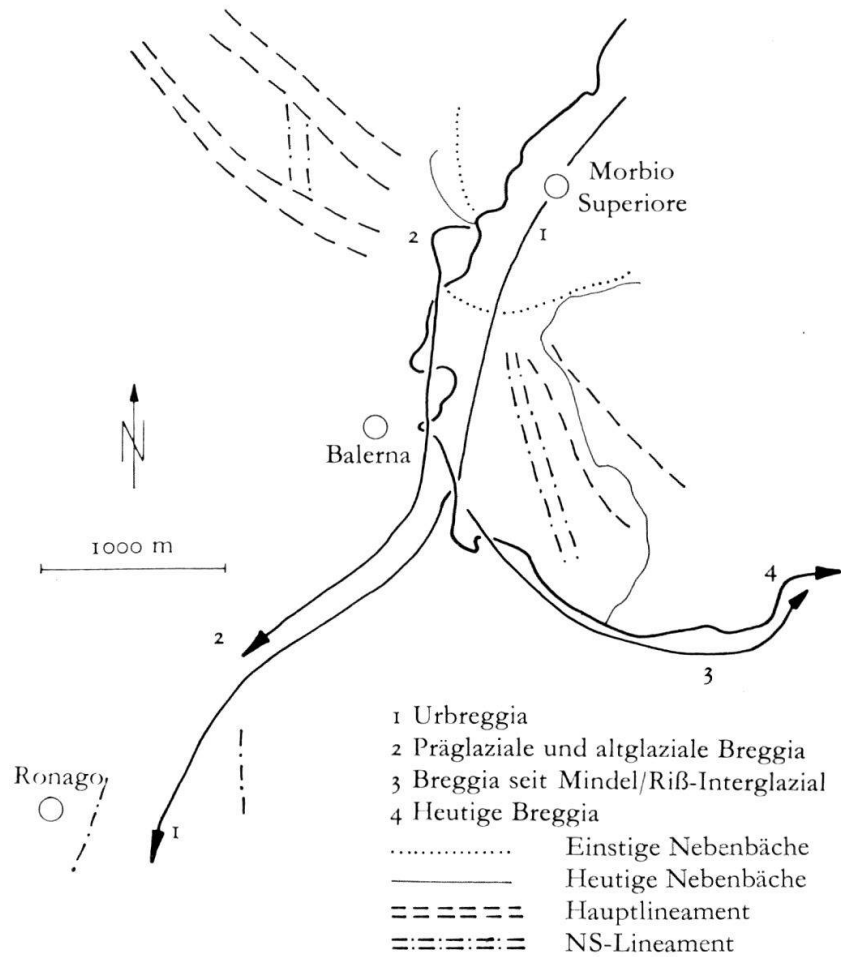
3. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Unsere Kenntnisse der tertiären und quartären Verhältnisse lehren, daß sich verschiedene Breggialäufe rekonstruieren lassen müssen. Diese können sich im gleichen Bett überlagern und stufenlos ineinander übergehen.

- Breggialauf nach der oligozänen Hauptorogenese und vor der mittelpliozänen Meerestransgression (= Urbreggia).
- Breggialauf, der dem Zeitabschnitt entspricht, während welchem sich die zwischen pliozänen und diluvialen Ablagerungen liegende Erosionsfläche bildete (= präglaziale Breggia).
- Interglaziale und interstadiale Breggialäufe.

Der folgende Ablauf der Flußverlegungen erscheint mir am wahrscheinlichsten (Fig. 19): Die Urbreggia entwässerte in direkter Fortsetzung der Richtung ihres Mittellaufes nach Olgiate–Comasco. Murgänge im Mittelpliozän zwangen den Fluß zwischen V. della Creda und Pontegana aus seinem bisherigen Bett nach W und in die Ponterinne. Zwischen Bisio und Pontegana durchbrach er die Schuttmassen und tiefte sich in diese ein. Aus dem Becken von Chiasso wurde der nicht verschüttete altpliozäne Lauf wieder erreicht. Während der Mindelzeit wurde der Abfluß nach Olgiate verunmöglicht; die Breggia erzwang den Weg nach Cernobbio. Seit der im Zusammenhang mit der Rißzeit erfolgten Zuschüttung der Ponterinne

fließt die Breggia ziemlich richtungskonstant, seit dem Riß-Würm-Interglazial auch niveaumäßig gleich wie heute. Die Ablenkung des W von Morbio Inf. in die Breggia mündenden Nebenbaches gegen Camparino ist eine Folge der Rißvereisung.



Figur 19. Ablauf der Flußverlegungen.

Il presente lavoro considera i problemi della morfologia e delle glaciazioni nella V. di Muggio e nella regione sottostante. Con studi morfometrici abbiamo cercato di stabilire le caratteristiche morfologiche del comprensorio della Breggia. Le sue anguste valli, dal profilo trasversale a «V» prevalentemente chiusa, sono orientate da nord a sud e da ovest a est, e la regione si presenta frastagliata, tipicamente incisa da erosione fluviale.

Grazie alla sua altitudine media di soli 949 m s.m., relativamente bassa per il Ticino, quasi tutta la sua superficie può essere sfruttata economicamente. L'attività umana si limita però principalmente alle zone con inclinazione non superiore ai 30°. Esse costituiscono il 52 % della estensione totale ed hanno carattere tipicamente agreste.

Per lunghi tratti è indiscussa la concordanza del corso delle acque e della disposizione degli avallamenti con strutture tettoniche preesistenti; mancano sicuri indizi per poter asserire che l'antico decorso della Breggia sia dovuto a predisposizione strutturale di luogo. Siamo tuttavia convinti che l'antica Breggia abbia convogliato le sue acque in continuazione del suo corso medio, vale a dire direttamente verso Olgiate-Comasco.

Gli accumuli pliocenici del conglomerato di Pontegana determinarono deviazioni di deflusso presso Morbio Sup., provocando una intensificazione dell'azione erosiva laterale che portava all'ampliamento del fondo vallivo i cui resti sono ancora ben visibili tra Bruzella e Muggio (foto 7).

La glaciazione mindeliana deve aver impedito alla Breggia il suo deflusso verso Olgiate, costringendola ad aprirsi un varco verso il lago di Como. Deviazioni di decorso dovute a depositi glaciali sono evidenti presso Scarp (in vicinanza di Bruzella) e sotto Caneggio. Già nel Pliocene il rilievo aveva raggiunto il grado di maturità in cui si presenta oggi.

È alle differenze nel processo di degradazione che dobbiamo la possibilità di distinguere le morene degli ultimi tre periodi glaciali. Il ferretto, attribuito alla glaciazione mindeliana, rappresenta nel Mendrisiotto e nel Varesotto i depositi più vecchi del Quaternario. Nella regione della Faloppia, nella conca di Chiasso e presso Stabio, prevale il morenico rissiano, spesso sotto forma di morenico a cordoni, mentre sono più rari i resti morenici del vurmiano.

Il ghiacciaio dell'Adda copriva la zona in esame da nord con il ramo Porlezza-Capolago e da sud con il ramo di Como. L'altitudine massima del ghiacciaio raggiungeva 800-900 m s.m. nei pressi di Mendrisio e nella conca di Chiasso dove lo spessore del ghiaccio era di 440, rispettivamente di 470 m. Da Morbio Sup., dove si ebbe uno spessore di 310 m, una lingua di ghiaccio si spingeva in contropendenza per 4,3 km fino a Muggio e fino a Mobia in V. della Crotta. Il fondo vallivo ha una pendenza del 47 ‰, mentre la superficie del ghiaccio aveva una inclinazione del 7 ‰. Contemporaneamente, proveniente dall'Intelvi, un terzo ramo varcava l'Alpe di Orimento e penetrava fino nell'alta valle della Breggia. Un quarto passava tra il S. Gordona e il P. della Croce, raggiungendo la Vallaccia.

Concludiamo questo succinto riassunto, accennando ad un particolare interessante. La V. di Muggio figura in una «carta topografica» dell'anno 1400, su pergamena conservata a Strasburgo e raffigurante la regione che va dai laghi subalpini fino a Roma.

ABBILDUNGEN



Abbildung 1¹ Blick vom Dorf Casasco gegen den Sasso Gordona. Am Fuße des Sasso Gordona sind die drei Moränenwälle von Cerano erkennbar.



Abbildung 2 Valle Squadrina. Im Hintergrund der Sasso Gordona. Die quer zur Breggia verlaufende Falten- und Bruchtektonik bedingt die Valle Squadrina und bleibt auch im Gegenhang in abgeschwächter Form wirksam.

¹ Sämtliche Aufnahmen sind vom Verfasser gemacht worden.

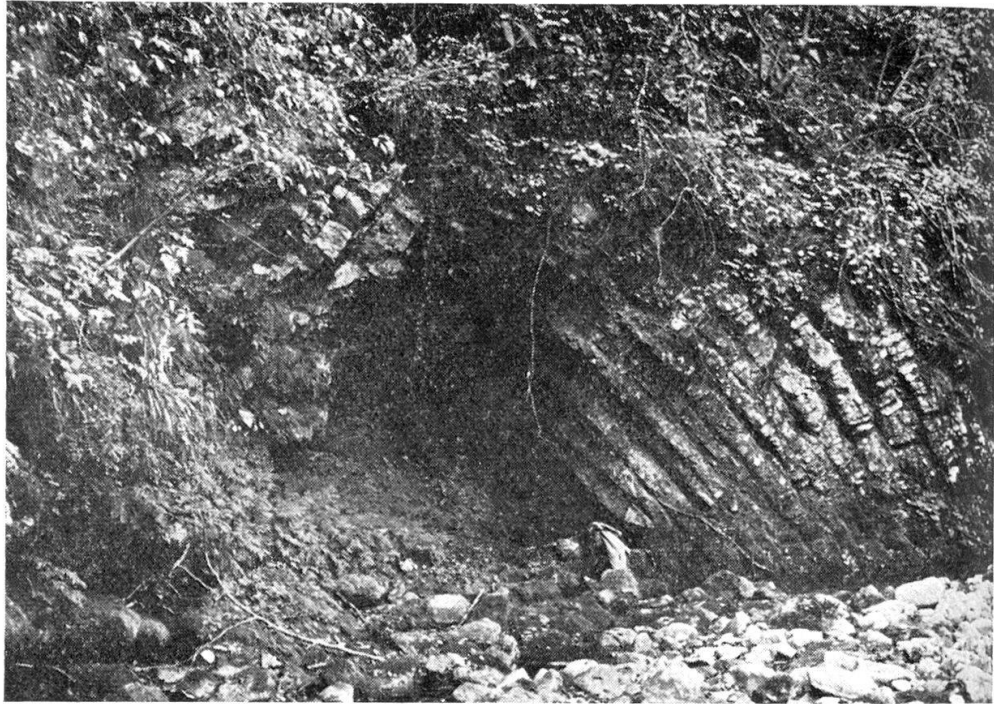


Abbildung 3 Kleintektonische Falte am linken Ufer der Breggia della Crotta. Aufgebrochene Antiklinalen derartiger Falten können für die Richtung kürzerer Flußstrecken bestimmend sein.

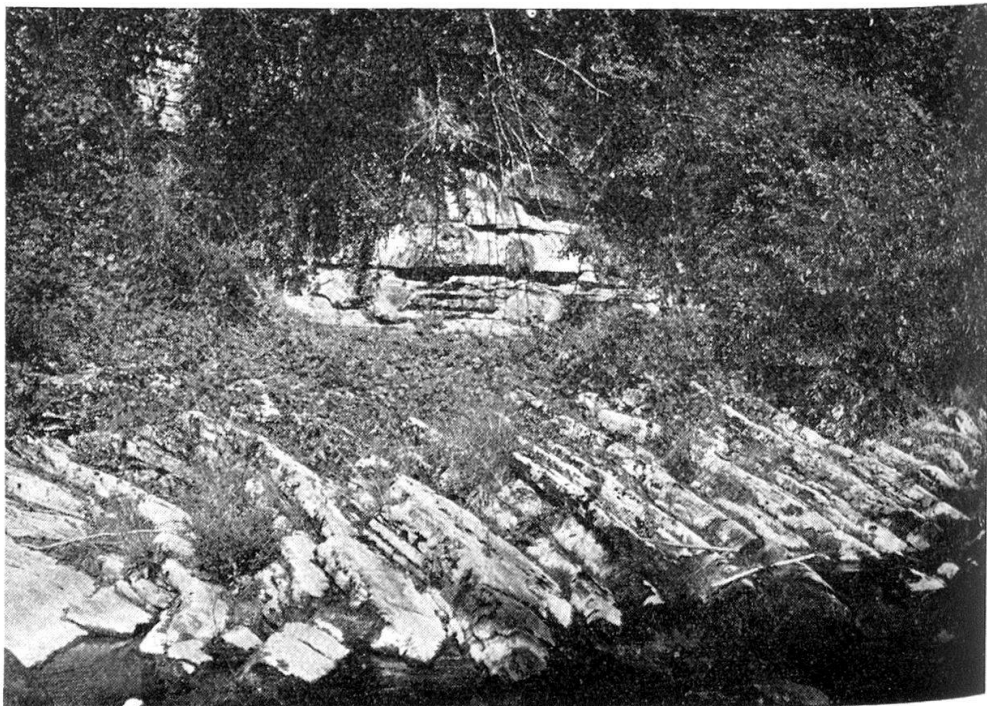


Abbildung 4 Lokale Überschiebung am rechten Ufer der Breggia, an der westlichsten Stelle des Carnaa-mäanders.



Abbildung 5 Lokale Überschiebung in der Felswand W Pt. 475. Die Schleppungserscheinungen lassen auf eine Bewegung in der NS-Richtung schließen.



Abbildung 6 Der quer zur Aufnahmerrichtung verlaufende Talboden der Breggia bei der Einmündung der Valle Squadrina. Der Bergsturz von Erbonne bewirkte eine vorübergehende Abriegelung des Tales und Aufschotterung. In die Schuttmassen hat sich die Breggia nach erfolgtem Durchbruch eingegraben.



Abbildung 7 Blick von Zöch (500 m NE Bruzella) nach N. In der Bildmitte die Ortschaft Muggio, rechts davon Cabbio. Im Hintergrund Scudellate und der schneebedeckte P. della Croce (1491 m ü. M.). Im Vordergrund der Fossotalboden, in den sich die Breggia schluchtartig eingetieft hat. N von Muggio vollzieht sich der Wechsel zum V-Tal.

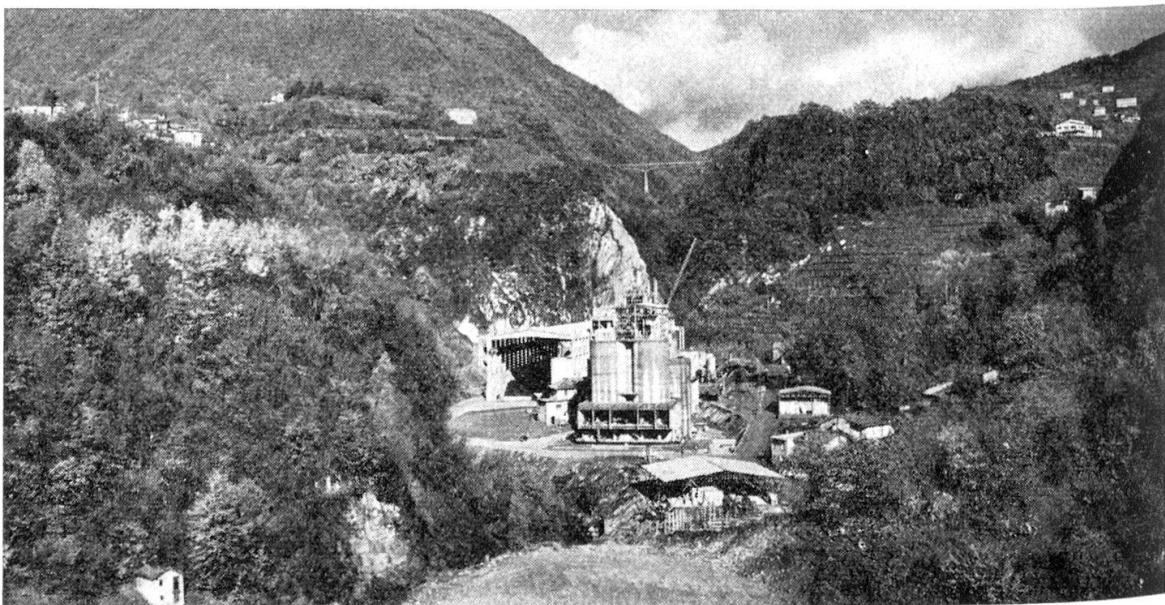


Abbildung 8 Blick von S gegen die Mündungsschlucht der Breggia. Links oben die Häuser von Ponte und Castel S. Pietro. Auf der Höhe der Zementfabrik ist links die Ponterinne und rechts diejenige des Nebenbaches von S. Martino zu sehen. In der Mitte des untern Bildrandes die künstlich planierte Scagliafläche mit einer nordwärts bis zur Zementfabrik verfolgten Moräne. Den Horizont bildet das asymmetrische Querprofil des südlichsten Teiles des Muggiotales.

LITERATURVERZEICHNIS

- ANNAHEIM, H., 1936 (= 1936 a). Die Landschaftsformen des Luganerseegebietes. Geographische Abhandlungen; Dritte Reihe, Heft 8, Stuttgart.
- ANNAHEIM, H., 1936 (= 1936 b). Flußwerk im Sottoceneri. Boll. della Soc. Tic. di Sc. Nat. Vol. 30/31.
- ANNAHEIM, H., 1953. Über Wege und Methoden der geomorphologischen Erforschung des Tessins. Boll. della Soc. Tic. di Sc. Nat. Vol. 47/48.
- BECK, P., 1926. Eine Karte der letzten Vergletscherung der Schweizeralpen. Mitt. der Naturw. Ges. Thun.
- BECK, P., 1933. Über das schweizerische und europäische Pliozän und Pleistozän. Ecl. geol. Helv. Vol. 26/2.
- BERNOULLI, D., 1964. Zur Geologie des Monte Generoso (Lombardische Alpen). Ein Beitrag zur Kenntnis der südalpinen Sedimente. Beitr. Geol. Karte Schweiz, NF. 118.
- BRÜCKNER, E., 1906. Die Höhe der Firnlinie am Hüfigletscher und die Methode der Bestimmung der Höhe der Firnlinie im allgemeinen. Vierteljahrsschrift der Naturf. Ges. Zürich. Vol. 51.
- BURFORD, J., 1951. Les grandes lignes tectoniques du Tessin méridional. Boll. della Soc. Tic. di Sc. Nat. Vol. 45/46.
- BUXTORF, A., 1924. Neue Beobachtungen über die Flußverlegung der Breggia und die Konglomerate von Pontegana. Ecl. geol. Helv. Vol. 18.
- CADISCH, J., 1953. Geologie der Schweizer Alpen. 2. Aufl. Basel.
- CANALE, A., 1957. Geomorphologie der Valle Onsernone. Diss. Bern.
- CASASOPRA, S., 1943. Ultime vicende geologiche nel bacino del Ceresio. Boll. della Soc. Tic. di Sc. Nat. Vol. 38.
- CITA, M.B., 1957. Studi stratigrafici sul terziario subalpino lombardo. Rivista ital. di Paleontologia e Stratigrafia. Vol. LXIII, n° 2-3, Milano.
- CONCONI, R., 1958/59. Geologia della fascia di confine Italia-Svizzera nella zona di Chiasso. Tesi sperimentale di laurea in scienze geologiche. Università di Pavia. Istituto di Geologia. (Manuskript.)
- EBERL, B., 1930. Die Eiszeitenfolge im nördlichen Alpenvorlande. Augsburg.
- EIDG. STATISTISCHES AMT, 1945. Eidg. Betriebszählung, 24. August 1939, Band 6, Bern.
- EIDG. STATISTISCHES AMT, 1960. 4. Eidg. Betriebszählung, 25. August 1955, Band 7, Bern.
- EIDG. STATISTISCHES AMT, 1961. Eidg. Volkszählung 1960, Band 1, Bern.
- FRAUENFELDER, A., 1916. Beiträge zur Geologie der Tessiner Kalkalpen. Ecl. geol. Helv. Vol. 14.
- GERBER, ED., 1956. Das Längsprofil der Alpentäler. Geogr. Helv., Nr. 3.
- GERBER, ED., 1959. Form und Bildung alpiner Talböden. Geogr. Helv., Nr. 3.
- GRENACHER, F., 1949. Die vermutlich älteste Karte mit Darstellungen von Teilen des Tessins. Geogr. Helv., Nr. 1.
- GUTERSOHN, H., 1932. Relief und Flußdichte. Diss. Zürich.
- GYGAX, F., 1934. Beitrag zur Morphologie der Valle Verzasca. Diss. Bern.
- HEIM, ALB., 1906. Ein Profil am Südrand der Alpen, der Pliozänfjord der Breggiaschlucht. Vierteljahrsschrift der Naturf. Ges. Zürich. Vol. 51.
- HIRSBRUNNER, G., 1959. Beiträge zur Morphologie und Hydrologie der Rovana-täler. Diss. Bern.
- V. HOUTEN, J., 1929. Geologie der Kalkalpen am Ostufer des Lago Maggiore. Ecl. geol. Helv. Vol. 22.
- JÄCKLI, H., 1957. Gegenwartsgeologie des bündnerischen Rheingebietes. Beiträge zur Geologie der Schweiz. Geot. Serie, 36. Bern.
- JÄCKLI, H., 1962. Die Vergletscherung der Schweiz im Würmmaximum. Ecl. geol. Helv. Vol. 55/2.
- KÖSTER, E., 1960. Mechanische Gesteins- und Bodenanalyse. München.
- KUHN, E. und VONDERSCHMITT, L., 1953. Geologische und paläontologische Probleme des Südtessins. Ecl. geol. Helv. Vol. 46/2.
- KUROWSKI, L., 1891. Die Höhe der Schneegrenze mit besonderer Berücksichtigung der Finsteraarhorn-Gruppe. Geogr. Abhandlungen, Bd. V, Heft 1. Wien.
- LEUZINGER, P., 1926. Geologische Beschreibung des Monte Campo dei Fiori und der Sedimentzone Luganersee-Valcuvia. Ecl. geol. Helv. Vol. 20.
- NANGERONI, G., 1954 (= 1954 a). I terreni pleistocenici dell'anfiteatro morenico del Verbano e del territorio varesino. Atti della Soc. It. di Sc. Nat. e del museo civico di storia nat. in Milano. Vol. 93, fasc. I-II. Milano (S. 7-106).

- NANGERONI, G., 1954 (= 1954 b). Il morenico del Lario orientale, della Valsässina e della Vallassina (wie 1954 a, S. 179-220).
- NANGERONI, G., 1954 (= 1954 c). Probabili tracce di morene würmiane stadiarie negli anfiteatri del Verbano e del Ceresio. Tipografia A. Nosedà. Como.
- PENCK, A. und BRÜCKNER, E., 1909. Die Alpen im Eiszeitalter. Bd. 3. Stuttgart.
- PFISTER, M., 1921. Stratigraphie des Tertiär und Quartär am Südfuß der Alpen. Diss. Zürich.
- POSER, H. und HÖVERMANN, J., 1951. Untersuchungen zur pleistozänen Harzvergletscherung. Abhandlungen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft. Bd. III. Braunschweig.
- PRACCHI, R., 1954. Il Quaternario del Lario occidentale (wie NANGERONI, 1954 a. S. 111-178).
- REIST, M., 1958. Beiträge zur Morphologie und Hydrologie des Bavonatales. Diss. Bern.
- RIVA, A., 1954. Il «glaciale» della Valle di Rovagnate (wie NANGERONI, 1954 a. S. 211-234).
- RIVA, A., 1957. Gli anfiteatri morenici a Sud del Lario e le pianure diluviali tra Adda e Olona. Atti dell'Istituto geol. della Università di Pavia. Vol. 7. Pavia.
- SAIBENE, C., 1950. L'anfiteatro morenico del rio Faloppia (Como). Bollettino del comitato glaciologico it. N. I = II serie, Torino.
- SCHLÄPFER, A., 1938. Die Berechnung der Reliefenergie und ihre Bedeutung als graphische Darstellung. Diss. Zürich.
- SENN, A., 1924. Beiträge zur Geologie des Alpensüdrandes zwischen Mendrisio und Varese. Ecl. geol. Helv. Vol. 18/4.
- STAUB, R., 1949. Betrachtungen über den Bau der Südalpen. Ecl. geol. Helv. Vol. 42/2.
- VENZO, S., 1952. Geomorphologische Aufnahme des Pleistozäns (Villafranchien-Würm) im Bergamasker Gebiet und in der östlichen Brianza. Geol. Rundschau, Bd. 40.
- VENZO, S., 1961. Rilevamento geologico dell'anfiteatro morenico del Garda (Parte II). Memorie della Soc. It. di Sc. Nat. e del museo civico di storia nat. di Milano. Vol. 13, Fasc. 1. Milano.
- VONDERSCHMITT, L., 1940. Bericht über die Exkursion der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft in den Süd-Tessin. Ecl. geol. Helv. Vol. 33/2.
- WEBER, F., 1955. Abschnitt «Geologie» in: «Lugano und Sottoceneri». PTT Bern. 3. Auflage.
- WILMER, F., 1904. Beiträge zur Kenntnis des diluvialen Addagletschers. Diss. Bern.

