

## Die eiszeitliche Vergletscherung der Südalpen zwischen Dora Riparia und Etsch.

Eine prinzipielle stratigraphische Untersuchung.

Von **Fr. Levy** in München.

### Vorbemerkung.

Nachstehende Ausführungen beruhen auf ausgedehnten Wanderungen, welche ich im März, April und Juli 1914 teils allein, teils in Gemeinschaft mit Dr. Hermann B. Hagen in den Glazialgebieten von Piemont und der Lombardei ausführte. Ihr Zweck war der, einen Vergleich zu gewinnen zwischen den Eiszeitablagerungen auf der Nord- und Südseite der Alpen und die von Penck aufgestellte Gliederung des alpinen Diluviums, die gerade in den Gegenden, wo sie begründet wurde, neuerdings nicht unwidersprochen geblieben ist<sup>1)</sup>, auf der Südseite, wo sie bisher ziemlich allgemein übernommen wurde<sup>2)</sup>, nachzuprüfen. Als eine wesentliche Erleichterung wurde hierbei das Vorhandensein im wesentlichen glazial-geologischer Karten in 1:100000 für fast das ganze fragliche Gebiet von F. Sacco empfunden, deren stratigraphische Auffassung zwar in mehr als einer Hinsicht als willkürlich erscheint<sup>3)</sup>, welche aber doch, vor allem für die Orientierung

---

1) Vgl. meine Ausführungen in *Peterm. Mitt.* 1914. II. S. 190.

2) Sowohl Sacco wie Taramelli haben ihren neueren Arbeiten die Chronologie Pencks neben ihren eigenen Bezeichnungen beigelegt; vgl. T. Taramelli, *L'Epoca glaciale in Italia*. *Atti Soc. Ital. Progr. delle Scienze*, IV. Riunione, Napoli, ottobre 1910. F. Sacco, *I Ghiacciai antichi ed attuali delle Alpi Marittime centrali*. *Atti Soc. Ital. di Scienze naturali* 51, 1912, Tabelle auf S. 102.

3) Vgl. Abschnitt B, S. 335 ff. Die genannten Karten begleiten Saccos Monographien über die „Valle Padana“; vgl. auch bei Penck: „Die Alpen im Eiszeitalter“ 3, Literatur zum 2. Kapitel des 3. Buches. Aneinander anschließend liegen vor die Blätter Anfiteatro morenico di Rivoli (*Boll. R. Com. Geol. d'Italia* 1887, t. IV). — Cono di deiezione della Stura di Lanzo (*Boll. Soc. geol. Ital.* 7, 1888, t. VII). — Terreni terziari e quaternari del Biellese (Sonderdruck des C. A. I. Sektion Biella, 1888, Tafel). — Anfiteatro morenico del Lago Maggiore (*Ann. R. Accad. d'Agric. di Torino* 35, 1892, Tafel). — Anfiteatri morenici del Lago di Como (Ebenda 36, 1893, Tafel); ferner

in den Randgebieten der Moränenzonen, sehr gute Dienste leisten. In einzelnen Fällen stand mir auch anderes Material zur Verfügung, so vor allem für das Talgebiet der Dora Baltea die trefflichen, 1912 erschienenen Blätter der Carta geologica d'Italia 1 : 100 000. Die Begehung erfolgte von Tal zu Tal unter möglichst geringer Anlehnung an Penck, um zu möglichst selbständigen Anschauungen zu gelangen. Nur in Einzelfällen, besonders bei Interglazialfundpunkten, mußte davon abgegangen werden.

Zur Orientierung für das Folgende genügen unsere großen Handatlanten unter Zuhilfenahme der von Penck entworfenen Übersichtskärtchen<sup>1)</sup>. Für genaueres Studium ist die Benützung der italienischen Feldaufnahmen 1 : 25 000 (Tavolette)<sup>2)</sup> unerläßlich; die fraglichen Blätter sind an den betreffenden Stellen aufgeführt. Auf ausführliche Verwertung der vorhandenen Literatur wurde verzichtet; die bis zum Jahre 1906 erschienenen Werke hat Penck angeführt, und seit dem Erscheinen des dritten Bandes der „Alpen im Eiszeitalter“ ist die Glazialstratigraphie Oberitaliens nirgends mehr in nennenswerter Weise gefördert worden<sup>3)</sup>. Es wird hier daher auch von allgemeinen Erörterungen Abstand genommen und auf Pencks einschlägige Ausführungen nachdrücklich hingewiesen.

## A. Regionaler Teil.

**1. Das Gebiet der Dora Riparia.** Tavolette 55, II, NE Almese, SE Giaveno; 56, III, NO Pianezza, NE Venaria Reale, SO Rivoli.

Dort, wo die Dora Riparia das Alpengebirge verläßt und in die weite Niederung der Poebene hinaustritt, wird ihr Tal von einem prächtigen glazialen Amphitheater versperrt. Dies Moränengebiet löst sich von Avigliana an in eine Anzahl von Wällen auf, die den Austritt des Flusses aus dem Gebirge versperren und sich in die letzten Seitentälchen hineinbauen. Die Form der Wälle ist sehr markant, und sie erreichen über 100 m Höhe, wobei sich freilich bei mangelnden tiefen Aufschlüssen

die Blätter Apparato morenico del Lago d'Iseo (Ebenda 37, 1894, Tafel). — Anfiteatro morenico del Lago di Garda (Ebenda 38, 1895, Tafel). Eine Gesamtübersichtskarte 1 : 800 000 enthält das Buch „La Valle Padana“, 1900.

<sup>1)</sup> „Alpen im Eiszeitalter“ (künftig kurz A. i. E. A. zitiert) bei S. 702, 786 und 852.

<sup>2)</sup> In Deutschland erhältlich bei Dietrich Reimer in Berlin (die Grenzblätter sind nicht im Handel!).

<sup>3)</sup> Die Einsicht in die neueste einschlägige Literatur verdanke ich dem lebenswürdigen Entgegenkommen von Prof. W. Salomon in Heidelberg; ihm sowie Herrn Prof. Dr. Sacco in Turin, der mir wertvolle praktische Ratschläge gab, bin ich zu aufrichtigstem Danke verpflichtet, was auch an dieser Stelle besonders betont sei.

nicht entscheiden läßt, inwieweit Kerne anstehenden Gesteins vorhanden sind. Daß solche vorkommen, beweist der stark verwitterte Peridotithügel des Moncuni bei Trana. Ferner schneidet der Sangone zwischen Giaveno und Trana Anstehendes an, das besonders unter Belvedere hervortritt; es ist mir sehr zweifelhaft, ob die fast völlig kalkfreie Block- und Schuttbestreuung der Gegend um Trana als Moräne aufzufassen ist, wie Sacco und auch Penck sowie die offizielle Carta geologica delle Alpi Occidentali (1:400000) tun, da gekritzte Geschiebe nicht zu finden sind und mächtige Schutthalden am Fuße des Monte Pietraborga eher den Gedanken an einen von den südlichen Hängen stammenden Bergsturz nahelegen. Dagegen zeigt der Burghügel von Avigliana prächtige, ostwestlich verlaufende und talabwärts geneigte Gletscherschliffe, und auch die Umgebung der beiden Seen erscheint als typische Glaziallandschaft. Die Moränen, am Sangone nördlich Sangano sowie an der Mont-Cenis-Bahn in neuen Anschnitten zwischen Avigliana und Alpignano vorzüglich aufgeschlossen, führen viel eckiges Material, sind lokal geschichtet und stellenweise locker verkittet. Jeder Anriß zeigt bis zur Oberfläche frisches Material.

Bei Rivalta sind plötzlich die Hänge flacher geböschet und verlaufen allmählich in der Ebene; roter, fetter Lehm bedeckt sie. Anrisse zeigen unter diesem teils lehmigen, teils sandigen Verwitterungsboden, der bis 5 m mächtig wird, rot verwittertes Blockmaterial von kristallinen Gesteinen mit rissiger Oberfläche, dann 10 m tiefer frische, echte Moräne (bester Aufschluß im Hohlweg am Nordostabhang des Truc Monsagnasco). Die Trennung der frischen und der tiefgründig verwitterten Moränenzone ist höchst auffällig und ermöglicht es, leicht und sicher Jung- und Altmoränen zu unterscheiden. Unter den Altmoränen kommt am Garosso di Rivalta südlich Casa Pitlara ein gegen 20 m<sup>3</sup> großer, erratischer Gneisblock vor. Die Grenze zwischen Jung- und Altmoränen verläuft etwa über Reano—Villarbasse—Rivoli—Alpignano—Caselette. Nur im Truc Monsagnasco erreichen die Altmoränen stattlichere Höhen; östlich Rivoli sind sie auf flache Hügel beschränkt, in denen nur ein guter Aufschluß im neuen Bahneinschnitt westlich der Casa Valletta vorkommt, während im übrigen nur brauner, sandiger Lehm zu beobachten ist, unter dem die Bealera di Grugliasco südlich der Mont-Cenis-Bahn Nagelfluh anschneidet. In der Gegend von Rivoli liegt weißgrauer Löß auf Jung- und Altmoränen (auf letzteren an der Straße südwestlich Borgo Uriolo, angelagert im erwähnten Bahneinschnitt westl. Casa Valletta); sandiger, gelber Löß mit typischer Kreuzschichtung wurde auch östlich Villa Buridan beobachtet.

Sehr eigenartige Lagerungsverhältnisse zeigen die großen Anrisse an der Dora Riparia in der Gegend von Pianezza. Westlich Alpignano trifft man echte Jungmoränen ohne irgendwelche Verwitterungsschicht; aber schon an der Brücke der Straße nach Rivoli streicht am Flusse gut geschichtete, feste Nagelfluh von ziemlich grober Beschaffenheit und sehr löcheriger Verkittung aus. Diese Nagelfluh läßt sich nun durchweg auf beiden Ufern talabwärts verfolgen; unterhalb des Ortes Pianezza ist sie in den oberen Teilen weniger gut geschichtet und führt zahlreiche gekritzte Geschiebe. Pianezza selbst liegt auf einem typischen, von braunem Lehm bedeckten Altmoränenhügel; der Lehm bedeckt hier also eine fest verkittete Moräne, die ihrerseits ohne Grenze einen verkitteten Schotter überlagert. Hier bilden Schotter und Altmoräne ein untrennbares Ganzes, aber der Schotter reicht weiter talaufwärts als die Moräne. Noch unterhalb Pianezza zeigt die Nagelfluh sehr

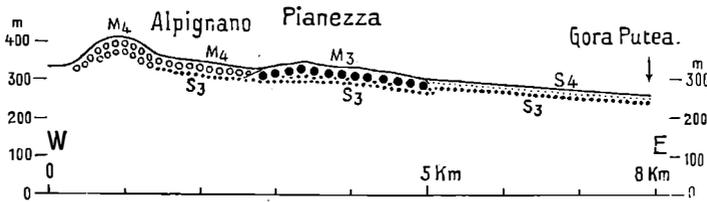


Fig. 1. Schematischer Längsschnitt durch das Diluvialgebiet im Westen von Turin.

Maßstab der Höhen 1 : 20000, der Längen 1 : 100000.

M<sub>3</sub> = Altmoränen, M<sub>4</sub> = Jungmoränen, S<sub>3</sub> = älterer Schotter, S<sub>4</sub> = jüngster Schotter.

grobe Partien. Sie läßt sich dann talabwärts bis nach Turin verfolgen und streicht stets an den unteren Teilen der Uferhänge aus; auch unter der alluvialen Flußbaue taucht sie vielfach unterhalb Collegno hervor. Da die Hänge nirgends völlig aufgeschlossen sind, ist das Hangende der Nagelfluh nicht genau zu erkennen; der lose, nur stellenweise verkittete, unverwitterte Schotter, der in mehreren Kiesgruben längs der Mont-Cenis-Bahn auf der Ebene östlich Grugliasco aufgeschlossen ist, liegt offenbar über der Nagelfluh; doch ist die Grenze zwischen beiden nirgends sicher zu beobachten. Stellenweise reicht loser Schotter bis zum Fluß (so am Prallhang südlich Casa Nuova westlich Lucento, so auch am Prallhang östlich Casa Porta rossa); es ist nicht zu entscheiden, ob er dort einen Erosionseinschnitt in der Nagelfluh ausfüllt oder nur eine lockere Fazies derselben darstellt. Die Verhältnisse liegen hier ähnlich wie im Nordalpenvorland längs der Mangfall<sup>1)</sup> oder der österreichischen Traun.

<sup>1)</sup> Vgl. F. Levy, Das Tegernseevorland. Mitt. Geogr. Ges. München 8, 1913, S. 337ff.

Die Grenze der Altmoränen entspricht genau Saccos allgemeiner Moränengrenze; außerhalb derselben liegt noch ein kleiner Hügel östlich Grugliasco.

Ältere Diluvialablagerungen als die beschriebenen kommen im Bereiche der Dora Riparia nicht vor; es ist bemerkenswert, daß nirgends das Pliozän erscheint.

Fig. 1 zeigt einen schematischen Längsschnitt durch das Diluvialgebiet im Westen von Turin; es sei bemerkt, daß ich über das Verhältnis der losen Schotter der Ebene zu den Jungmoränen mir kein sicheres Urteil bilden konnte.

## 2. Das Gebiet der Stura di Lanzo. Tavolette 56, IV, NO Lanzo Torinese, NE Barbania, SE Ciriè.

Es war mir nicht möglich, die tief im Gebirge liegenden Moränen dieser Gegend aufzusuchen; ich mußte mich auf das Campo di Ciriè und seine Umgebung beschränken. Dasselbe besteht aus „Ferretto“, der jedoch bei weitem nicht den Grad der Zersetzung wie weiter im Norden und Osten zeigt (s. u.): man trifft überall einen ziemlich groben, rein kristallinen, lockeren Schotter von braunroter bis leuchtend karminroter Farbe, mit sandigem Bindemittel und oberflächlich rissigen Geröllen, die jedoch nur mitunter so mürbe sind, daß sie sich schneiden lassen. Auf dem Ferretto liegt 2 und mehr Meter mächtiger, meist blutroter, selten bunter, fetter Lehm, auf dem man im Bereiche des Truppenübungsplatzes von Ciriè nicht selten kleine, frische, gekritzte Serpentinstücke auflesen kann, die offenbar künstlich dorthin gekommen sind. Auffallend sind grobe Blockpartien ohne Schichtung, so östlich des Gneissporns der Papierfabrik von Peano östlich Balangero bis in die Gegend von Pratosecco, vor allem aber in der Gegend nördlich von Ciriè in einem Weganschnitt bei der Villa Chiariglione. Überhaupt führt der Schotter vielfach schlecht gerolltes Material. Seine Oberfläche ist unruhig, hügelig gewellt; man kann unmöglich bestimmte Terrassen darin verfolgen. Ein „Teilfeld“ von 10 m geringerer Höhe könnte höchstens bei Vignali und Novero anerkannt werden; ich glaube aber bei der Einheitlichkeit des Aufbaues, daß diese Terrassierungen sekundärer Natur sind. Die Mächtigkeit der Ablagerung, die unvermittelt rings aus der Ebene aufsteigt, ist sehr beträchtlich und erreicht stellenweise über 80 m; großartige Anrisse zeigt vor allem der Südhang des vom Torrente Fandaglia durchflossenen Tälchens. In diesem liegt das Diluvium auf grünlichen bis braungrauen, sandig-lettingen Mergeln auf, welche nach Sacco dem Villafranchiano (oberstes,

lakustres Pliozän) angehören und deren Oberfläche unter Vauda di Front inferiore in rund 300 m, gegenüber Boschi in etwa 360 m Höhe liegt. Dagegen tritt weiter östlich, nördlich und nordwestlich von Colli sowie in einem vorzüglichen Aufschlusse am linken Hange des Rio del Lombardo nördlich nahe Barbania unter dem Diluvium in 340 m ein gelblicher, lockerer, mäßig feinkörniger Quarzsand hervor, den Sacco zum obersten marinen Pliozän (Astiano) stellt. Dort, wo die Auflagerung nicht unmittelbar zu beobachten ist, ist die Oberfläche des Pliozäns vielfach durch einen Quellhorizont gekennzeichnet.

Die Schotterkegel der Stura di Lanzo stellen offenbar eine Ablagerung dar, die noch wesentlich älter ist als die Altmoränen der Dora Riparia, da sie noch viel tiefer verwittert ist und eines frischen Kernes ganz entbehrt; es ist jedoch hier nicht zu beweisen, daß sie nicht fluviatil, ja nicht einmal, daß sie quartär ist, auch wenn sie diskordant das marine Astiano und das lakustre Villafranchiano überlagert.

• **3. Das Gebiet der Dora Baltea.** Tavolette 42, II, NO Vistrorio, NE Ivrea, SO Castellamonte, SE Strambino; 43, III, NO Azeglio, SO Borgomasino, IV, SO Biella; 56, I, NE Caluso; 57, IV, NO Cigliano.

Das Moränenamphitheater von Ivrea, das größte Glazialschaustück der Alpen, zeigt einen äußerst einheitlichen, klaren Aufbau, dem schon Penck eine sehr zutreffende Beschreibung gewidmet hat<sup>1)</sup>, nachdem es von italienischer Seite mehrfach bearbeitet worden war. Es kann daher hier genügen, einige Einzelheiten aufzuführen. Während die eigentliche „Serra“, der 400 m über Ivrea aufragende, durch seine schnurgerade Oberfläche höchst auffällige nordöstliche Teil des Amphitheaters, überwiegend aus eckigem, grobem Schutt mit nur vereinzelt gerundeten und gekritzten Geschieben besteht und eine gleiche Beschaffenheit auch die öden, an nordische Diluviallandschaften erinnernden „Brics“ (Hügel) und „Regioni“ (Talungen) der Gegend von Borgomasino auszeichnet, findet sich im Bereiche des Moränenastes von Strambino typische Grundmoräne, vielfach durchgewaschen und geschichtet (besonders in Anrissen der neuen Straße von Perosa nach S. Martino), lokal auch etwas verkittet (so am Süd- und Westhang des „Monte“ westlich S. Martino) und in tieferen Bacheinschnitten, vor allem in der tiefen Schlucht des Torrente Boriano und des ihm tributären Rio di Vho, in vielfach höchst großartigen, über 100 m hohen Anrissen erschlossen. Die Moräne legt sich an das Grundgebirge an; bei Preti bricht die Chiusella hindurch. Hier sieht man am rechten Flußufer

<sup>1)</sup> A. i. E. A. S. 762 ff.

prächtige Dioritrundhöcker, die bis zu 350 m aufragen und etwas oberhalb der Brücke an der Straße nach Castellamonte von Moräne überlagert werden; am linken Ufer erscheint der Diorit nur im Flußbett und über ihm erst eine etwa 10 m mächtige brecciöse Konglomeratschicht aus Dioritgeröllen, dann etwa 1 m Kalk voll von Schalenrömmern und kleinen Dioritsplittern, weiter etwa 3 m grünlicher, dichter Kalk und endlich als Hangendstes etwa 10 m gelbbrauner, typischer Quarzsand des Astiano, dessen Oberfläche in rund 320 m liegt. Es liegt hier also ein altpliozänes, in den Diorit eingeschnittenes Tal vor, in welches das mittelpliozäne Meer transgredierte (Fig. 2) und welchem nun die Chiusella folgt. Auch kann man hier erkennen, daß Ausläufer des Gebirges noch ein Stück weit unter die hohe Moräne sich erstrecken.

Leider fehlen am Rande der Moräne in der Gegend von Caluso alle Aufschlüsse, welche erkennen ließen, ob dem morphologisch kaum erkennbaren Übergang zwischen der Moränenzone und der Ebene

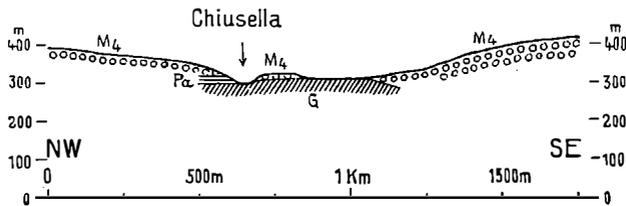


Fig. 2. Profil an der Chiusella im Bereich des Moränenamphitheaters von Ivrea.

Maßstab der Höhen 1 : 20000, der Längen 1 : 25000.

G = Grundgebirge, Pa = Astiano, M<sub>4</sub> = Jungmoränen.

ähnliche stratigraphische Verhältnisse entsprechen. Man ist auf den Durchbruch der Dora Baltea angewiesen, um über dieses wichtige Grenzgebiet Aufschluß zu erlangen; aber auch hier ist das Gebotene sehr spärlich. Am besten dient hier ein tiefer Wasserriß nördlich des Moränenhügels von Mazzè am rechten Flußufer dem Verständnis: oben liegt dort Moräne unter geringmächtiger Verwitterungsschicht; darunter etwa 10 m mächtiger, sehr frischer, stellenweise verkitteter Schotter; darunter mit äußerst scharfer Grenze ein rostbraun oxydierter Schotter mit rissigen, fast ausschließlich kristallinen Geröllen, wobei aber das Material in etwa 5 m Tiefe offenbar frischer wird und geringe Neigung zur Verkittung zeigt. Dreierlei Bildungen liegen hier übereinander: zu unterst zwei verschieden alte Schotter, von denen der untere bereits verwittert gewesen sein muß, als der obere abgelagert wurde, und über dem letzteren die Moräne. Der obere Schotter ist derselbe, der weiterhin die Ebene aufbaut, mit deren Niveau am linken Flußufer seine Ober-

fläche zusammenfällt; einen Kilometer talaufwärts ist er wie auch der liegende, ältere Schotter verschwunden, und die Moräne reicht tief am Hang hinab. Unter der Moräne erscheinen dann dort an beiden Flußufern, eine niedrige, von verschwemmtem Moränenmaterial bedeckte Terrasse bildend, grügelbe Glimmersande des mittleren Pliozäns, deren Oberfläche bei Casa Moglietta in 215 m, bei Vische in 220 m liegt; sie ziehen ostwärts am Innenrande des Moränenwalles entlang und liegen in der Ziegelei südlich Borgomasino in 260 m Höhe. Ihr Liegendes, dunkle, glimmerige, blätterige Tone und Mergel, welche von Sacco dem unteren Pliozän (Piacentino) zugewiesen werden, wird in einer Ziegelei südwestlich Maglione ausgebeutet; nördlich liegt in 250 m Moräne auf diesen Schichten, welche einen deutlichen Quellhorizont bilden. Würde man den Anstieg des Pliozäns von Vische bis Borgomasino (10<sup>0</sup>/<sub>00</sub>) bis in die Gegend von Ivrea sich fortgesetzt denken, so wäre die Höhe des vermutlichen Sockels unter der Serra in rund 350 m anzusetzen, also etwa 300 m unter der Kammhöhe; aber leider ist nördlich von Borgomasino das Pliozän nirgends mehr auf der Ostseite des Amphitheaters erschlossen.

Auch auf der Westseite ist vom Pliozän, von der Chiusella-schlucht (s. o.) abgesehen, nicht viel zu beobachten. Wichtig ist hier das bereits erwähnte, tiefe und enge Tal des Torrente Boriano südwestlich Pransalito. Dort erscheint südlich Casa Gera unter den Moränen in 290 m am rechten Ufer das typische Astiano mit braungelben, feinen Quarzsanden; etwa 50 m talabwärts streicht darunter 10 m tiefer das untere Pliozän — blaugrüne, tonige Glimmersande des Piacentino — aus. Auch im untersten Teil des nördlich Montiglio nach Sento hinaufführenden Hohlwegs trifft man in 300 m die Quarzsande des Astiano, das hier eine kleine Terrasse am Innenrande der Moränen bildet. Hier ist also immer wieder, wenn auch mit Lücken, ein Pliozänsockel der Moränen nachweisbar. Da jedoch das Pliozän im Streichen durchaus ungestört verläuft, so hat die ganze Differenz zwischen der Kammhöhe der Moränen und der Oberfläche des Pliozäns als Moräne zu gelten, deren Mächtigkeit hier also ganz außergewöhnliche Ausmaße erreicht.

Im Innern des gewaltigen Moränenamphitheaters, dessen auffallende, steil geneigte Terrassen Penck mit dem Einsinken der Gletscheroberfläche in Zusammenhang bringt, finden sich lediglich alluviale Anschwemmungen und geringe Reste einer größtenteils aus lockeren braunen Sanden aufgebauten, niedrigen Terrasse (beim Bahnhof Strambino, ferner südlich Cascinette an der Straße von Ivrea nach

Bollengo); jene Sande gehören wohl dem postglazialen See von Ivrea an, dessen Spiegel demnach in mindestens 240 m Höhe lag und vielleicht durch ein heute trockenes Tal im Moränengürtel westlich Mazzè abfloß. Seine Relikte bilden der reizvolle See von Viverone und der kleine Lago di Candia. Der Diorit des Gebirgsrandes, welcher bei Ivrea weit in das Amphitheater vorspringt, ist dort in prächtigster Weise gerundhöckert und birgt mehrere, von hübschen Seen erfüllte Felswannen.

Endmoränen des ausgehenden Eiszeitalters liegen im Gebirge an den Ausgängen der großen Seitentäler wie im Haupttal in der Gegend von Châtillon und reichen dort noch unter 500 m herab. Zweifelhaft ist mir, ob die Moränen bei Arvier in 700 m einer weiteren Phase angehören oder ob eine solche unterhalb der petrographisch bedingten Talweitung von Morgex in 900 m anzunehmen ist; dagegen ist bei Courmayeur in 1200 m ein deutlicher Gletscherhalt zu erkennen. Betrachtet man die mächtigen rezenten Hochstandsmoränen des Brenvagletschers und seiner Nachbarn, die dem ungemein schroffen Südostabfall der Montblancgruppe entströmen, so ist man überrascht, hier im kleinen genau dieselben Verhältnisse beobachten zu können wie draußen bei Ivrea an dem gewaltigen diluvialen canavesischen Amphitheater<sup>1)</sup>.

Kehren wir zu demselben zurück und überschreiten seinen höchsten Teil, die Serra, auf der Straße von Ivrea nach Biella. Hier hat Penck<sup>2)</sup> ein Spezialprofil gegeben, das ich durchaus bestätigen kann: im Hohlweg der alten Straße von der Serra zum Längstälchen von Magnano streicht unter frischem Moränenschutt rostbrauner Lehm aus und etwas tiefer gleichgefärbte Moräne mit sehr stark zersetztem, rein kristallinem Material. Die ganze nordöstlich sich anlehrende Hügellandschaft besteht aus typischer Altmoräne, die tief (am Straßenübergang über den Rio della Valle, wo der frische Kern sichtbar wird, etwa 10—15 m tief) rot verwittert, ganz zersetzt und verarmt ist, nur vereinzelt an den sanften Hängen mit großen Findlingsblöcken bestreut ist und überall eine Decke roten Lehms trägt, während man im Bereiche der Jungmoränen nur in der Gegend von Borgomasino eine 1—2 m mächtige Oxydationszone, nirgends aber echten Lehm sowenig wie Löß beobachten kann. Es ist bemerkenswert, daß die Altmoräne bis fast zum höchsten Kamme der Serra hinaufreicht.

Die „Bessa“, die alten Goldsucher-Schutthalden südlich Mongrando am rechten Ufer der Olobbia, birgt in etwa 360 m einen Kern von

1) Auf die hochinteressanten, ebenso klaren wie wichtigen morphologischen Verhältnisse des Val d'Aosta kann hier nicht eingegangen werden.

2) A. i. E. A. Fig. 96. Vgl. Text S. 765 ff.

anstehendem, in den oberen Teilen rot verwittertem, losem Schotter (westlich der Osteria della Bessa); auch hier ist Penks Beschreibung durchaus zutreffend.

Nördlich der Olobbia trifft man wieder Altmoränen, die hier oft sehr frisch und nur zwischen La Tana und Mongrando typisch entwickelt sind, mit mächtigen rein sandigen Zwischenlagen; darunter taucht nun echter Ferretto auf. Die Altmoränen keilen nach Norden aus: noch bei La Tana sind sie über 60 m mächtig, bei Prella kaum 50 m, bei S. Michele, wo sie an der Ingagna aufhören, keine 40 m. Der liegende Ferretto zeigt hier das Bild völliger Zersetzung bei intensiver Rotfärbung: jeder Bachanriß zeigt lauter glatt durchgeschnittene Gerölle, nur sehr selten lassen sich solche noch ganz und unverletzt herausnehmen; alle Kalke sind verschwunden, die Feldspate kaolinisiert; glimmer- und quarzreiche Gesteine liefern das Material zu dem oft große Teile der Anrisse überkrustenden, feinkörnigen Glimmersand und zu Quarzschotterlagen an Stellen besonders starker Verarmung. In dem großen, von Penck beschriebenen Anriß südlich Fasoletto ist der Ferretto recht kleinstückig und gut geschichtet; südlich Ferruj dagegen sowie im Tale des Rio di Catto und des Rio Tenerello zeigt er meist typische Blockpackung bei seltener Schichtung mit gut gerollten bis nur kantengerundeten, ausschließlich kristallinen Geschieben von teilweise stattlicher Größe, die zum Teil als erratisch zu gelten haben. Diese Fazies des Ferretto gibt sich zwingend als Moräne zu erkennen, auch wenn gekritzte Geschiebe wegen der alles zersetzenden Verwitterung nicht zu finden sind. Vereinzelt grobe Blöcke, die im Ferretto auch noch am Monte Vignolino, ja selbst noch in weit weniger zersetztem Material nahe der Bahn zwischen Torrente Romoglio und Torrente Oremo bei Occhieppo Inferiore vorkommen, stammen vermutlich aus der nächsten Nachbarschaft.

So läßt sich also am Nordostabfall des canavesischen Amphitheaters Pencks Auffassung von drei verschiedenen alten Moränen, die dachziegelartig einander überlagern, voll und ganz bestätigen. In engster Verbindung mit der Ferrettomoräne steht an der Ingagna der Ferretto-schotter und ebenso mit den Altmoränen an der Olobbia der Bessaschotter, dem faziell der liegende Schotter an der Dora Baltea bei Mazzè entspricht; von dem losen, frischen Schotter der Ebene läßt sich nur sagen, daß er nördlich Mazzè an der Dora Baltea unter den Jungmoränen verschwindet. Die Überlagerungen der Moränen auf der Serra und westlich Mongrando, der Schotter an der Dora Baltea beweisen, daß die Verwitterung der einzelnen Ablagerungen bereits bis

zum heutigen Ausmaß vollendet war, ehe die nächstfolgenden darüber gebreitet wurden. Daß am Südost- und Südwestrand des Amphitheaters alle älteren Ablagerungen fehlen, kann durch nachträgliche Zerstörung, mehr aber wohl noch durch Verschüttung mit jüngeren Bildungen erklärt werden, worauf besonders der Doradurchbruch bei Mazzè hindeutet.

**4. Das Gebiet von Cervo und Strona.** Tavolette 43, IV, NO Andorno Cacciorna, NE Bioglio, SO Biella, SE Cossato.

Die Moränen des Gebietes von Biella liegen tief im Gebirge; Penck hat sie gut beschrieben<sup>1)</sup>. Dagegen ergab eine sorgfältige Begehung der Ferretto- und Pliozänvorkommnisse der Gegend einige wichtige neue Tatsachen.

Im Vorland wurde das Vorkommen von rotem Ferretto unter wenig mächtigem, losem, frischem Schotter nördlich Candelo bestätigt. Die Baraggia di Candelo besteht aus rotem Ferretto der gänzlich zersetzten Fazies, welche jedoch östlich der Druma übergeht in eine Fazies mit noch festen Geröllen nach Art des Ferretto im Bereiche der Stura di Lanzo (s. o.). Der Ferretto ist meistens ziemlich kleinstückig und gut geschichtet und wird von 1—2 m mächtigem, rotem bis buntem Lehm bedeckt, dem oben auf der Höhe der eigentlichen Baraggia 1 m graugelber, sandiger Löß aufliegt. Die Mächtigkeit des Ferretto sinkt von über 40 m auf der Westseite bis unter 20 m auf der Ostseite der Baraggia; dort tritt in der Umgebung von Castellengo das Tertiär — gelbe bis rostbraune, glimmerige Quarzsande des Astiano mit einzelnen Linsen grober, eckiger Quarzbreccien — mit einer Oberflächenhöhe von gegen 280 m in vielen großen Anrissen unter dem Ferretto zutage.

Oberhalb Biella schneidet der Cervo durchweg anstehenden Diorit an; sein Tal ist im Vorland nur in Pliozän und Diluvium eingeschnitten, im Gebirge bis in die Basis. Dort gelang folgende bedeutsame Feststellung: der linke Quellarm des Rio Bolome und sein rechter Seitenast schneiden südlich Cossila in rund 500 m Höhe unter zersetztem Gneisblockwerk glimmerigen, rostbraunen Quarzsand an mit einzelnen linsenförmigen Lagen eckiger Quarztrümmer, einen Quellhorizont bildend. Trotzdem Fossilien nicht gefunden wurden, stehe ich nicht an, diese Ablagerung mit dem ihr petrographisch voll und ganz entsprechenden Astiano der Gegend von Castellengo zu identifizieren. Die Oberfläche des Astiano liegt aber dort in 280 m und wäre bei Cossila, entsprechend den Verhältnissen weiter östlich bei Cossato, in 350—360 m

<sup>1)</sup> A. i. E. A. S. 768.

zu gewärtigen; statt dessen liegt sie aber um volle 140—150 m höher und beweist somit eine jüngere Dislokation von dem entsprechenden Ausmaß. — Auf dem Astiano liegt nun auch hier grober, überwiegend aus Gneisen bestehender Ferretto, der mit 40 m Mächtigkeit die Terrasse von Cossila bildet (540 m). Da seine Mächtigkeit durchaus derjenigen des Ferretto am Westrand der Baraggia di Candelo entspricht, so ist er wohl mit jenem identisch. Tiefer liegt unmittelbar auf Diorit, den der Cervo weiter östlich anschneidet, die ebenfalls aus Ferretto aufgebaute Terrasse von Piazza Biella, deren Oberfläche mit 472 m nicht unwesentlich tiefer liegt als diejenige des Pliozäns von Cossila; sie stellt wahrscheinlich die Ausfüllung eines in den Ferretto und das Pliozän von Cossila eingesenkten Erosionseinschnittes dar. Vergleicht man nun die Lagerungsverhältnisse des Ferretto im Vorlande, so sieht man dort entsprechende Verhältnisse: einerseits den hochgelegenen Ferretto der Baraggia di Candelo auf Pliozän, andererseits den von jüngeren Aufschüttungen bedeckten Ferretto am rechten Cervoufer zwischen Biella und Candelo tief in das Pliozän eingesenkt und dasselbe mit seiner Oberfläche nur wenig überragend. Bei dem steilen Gefälle der Baraggia di Candelo von 20‰ würde die konstruktive Höhe des oberen Ferretto bei Biella in etwa 400 m liegen; nimmt man für den unteren Ferretto ein gleiches Gefälle an, so wäre seine Oberfläche bei Biella, entsprechend den tatsächlichen Verhältnissen, in rund 370 m anzusetzen. Tatsächlich liegen nun aber die Ferrettoterrassen bei Biella wesentlich höher, in einem Falle 140 m, im andern um rund 100 m. Bedenkt man, daß Piazza Biella eine isolierte, also von allen Seiten der Erosion und Abtragung stark ausgesetzte Aufragung darstellt, so darf man wohl dort das geringere Ausmaß der Sprunghöhe als sekundär betrachten und den für das Pliozän sichergestellten Betrag der Dislokation auch für die beiden Ferrettoterrassen als ursprünglich vorhanden einsetzen. Sonach ist die Dislokation jünger als der Ferretto, der sich hier in zwei Serien auflösen läßt; es handelt sich bei Biella um eine Verwerfung mitteldiluvialen Alters von 140 m Sprunghöhe. Die Streichrichtung dieser Verwerfung dürfte kaum festzustellen sein; man kann nur sagen, daß bereits östlich Chiavazza bei der Fabrik von Ratto das Tertiär wieder die normale Höhenlage hat. Morphologisch gibt sich die Hebung der Gebirgsscholle nördlich Biella deutlich genug zu erkennen: sowohl Cervo wie Oropa fließen in engen, steilwandigen Tälern, und letzterer bildet besonders bei Favaro eine auch durch den Gesteinswechsel begünstigte Schlucht. Vom Stabilimento Idroterapeutico eröffnet sich ein sehr instruktiver Blick auf die Talentwicklung dieses Gebietes.

Ähnlich den beiden Terrassen von Biella trifft man talaufwärts am Cervo bei Tollegno zwei Terrassen in 480 bzw. 560 m Höhe; die untere besteht, wie Anrisse des Rio Strono südlich Serra zeigen, aus typischem, gänzlich zersetztem, ziemlich kleinstückigem und gut geschichtetem Ferretto, die obere jedoch, wie ein Aufschluß im Hohlweg des von Serra direkt nach Norden führenden Sträßchens lehrt, aus von etwa 1 m rotem Lehm bedecktem Ferretto von grobem, ungeschichtetem, jedoch gut gerundetem Blockwerk. Dieser ungeschichtete Blockferretto baut auch die höheren Terrassen auf, welche die auffallende Talweitung von Andorno umgeben, aber durchweg auf einem ziemlich hohen, bei Miagliano bis über 550 m ansteigenden Felssockel aufsitzen. Die Fazies dieses Ferretto erinnert sehr an die Ferrettomoränen von Mongrando;

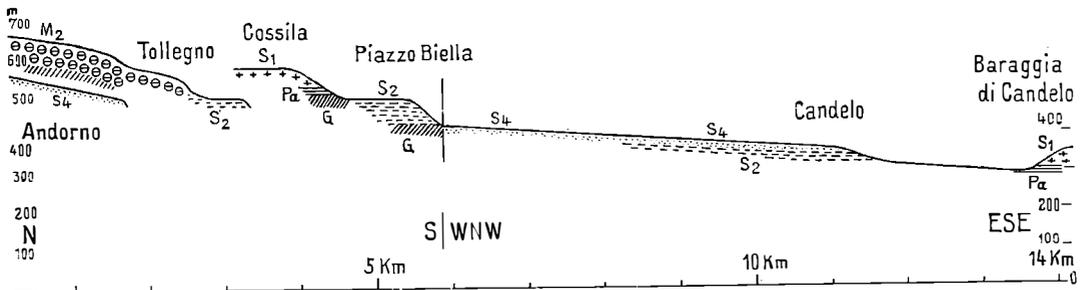


Fig. 3. Profil bei Biella. Maßstab der Höhen 1 : 20000, der Längen 1 : 100000.

Pa = Astiano,  $M_2$  = Moränen des jüngeren Ferretto,  $S_1$  = älterer Ferretto,  $S_2$  = jüngerer Ferretto,  $S_4$  = jüngster Schotter. Längs der Verwerfung um  $110^\circ$  gedreht.

möglicherweise liegt auch hier ein bis Tollegno reichender, terrassierter Moränenwall vor und entspricht die Weitung von Andorno einem sehr alten Zungenbecken, in welches später der lose, frische, ziemlich grobe und gut geschichtete Schotter der Terrasse von Andorno selbst hineingeschüttet wurde<sup>1)</sup>. Es sei übrigens betont, daß bis Cossila hin alle Terrassen und Hänge oberflächlich mit grobem, meist bereits ziemlich zersetztem Gneisblockwerk bedeckt sind, welches wohl als alluvial zu gelten hat; die Grenzen zwischen diesem und echtem Ferretto sind besonders im Bereiche der Blockfazies des letzteren nicht immer leicht zu ziehen. Vgl. Fig. 3.

Im Stronatal reicht der Gneis des Gebirges bis Castellazzo und ist tiefgründig zu rostbraunem Eluvialsand zersetzt, was in großen Anrissen an beiden Ufern besonders in der Umgebung der Wollspinnerei von Crosa sehr gut zu sehen ist. Aber auch hier bildet das heutige

<sup>1)</sup> A. i. E. A. S. 768 f.

Flußtal einen schmalen Einschnitt in eine breite, von 360 m bei Lessona bis 625 m bei Mosso S. Maria ansteigende Talflucht; alle Ortschaften liegen auf der letzteren mit Ausnahme von Valle Mosso Inferiore, das sich an den oberen Beginn des engen, heutigen Tales schmiegt. Bis Castellazzo ist der Fluß in das Anstehende eingeschnitten. Westlich davon trifft man das obere marine Pliozän bis etwa 350 m bei Ronco; dies deutet auf einen Zusammenhang zwischen dem Pliozän und dem breiten, älteren Talboden der Strona, der jetzt, bei tiefer gelegener Erosionsbasis durch Störung der Horizontallage der Pliozänschichten, zerschnitten wird.

**5. Das Gebiet der Sesia.** Tavolette 30, II, NO Varallo, SO Borgosesia, SE Gozzano; 43, I, NE Gattinara.

Penck hat bei einer Besprechung dieses Gebietes die glazialstratigraphischen Verhältnisse durchaus zutreffend gedeutet<sup>1)</sup>. Ergänzend kann ich bemerken, daß die die Terrasse von Civiasco (740 m) bildende mächtige Moräne im Pasconetal, die heute nur in kleinen, schlechten Anrissen östlich Pian della Valle erschlossen ist, aus ganz frischem, teils eckigem, teils rundem, rein kristallinem Material besteht, das teilweise als erratisch auf diesem Talhang und in solcher Höhe zu gelten hat (vor allem Granit); ich kann nicht glauben, daß sie älter ist als die durchaus gleichalterige Moräne östlich der Papierfabrik von Vico im Sesiatal selbst, in welcher sogar ganz zersetzte Granite vorkommen. Kleine Hügel aus grobem Material lassen sich noch 500 m südlich der Wollspinnerei von Quarona nahe der Bahn wahrnehmen; ich glaube, daß erst hier, in 400 m Höhe, das Ende der Jungendmoränen anzusetzen ist, in engstem Zusammenhang mit einer 20 m über der Alluvialterrasse der Sesia aufragenden, aus grobem, frischem Schotter aufgebauten Terrasse, die besonders an der von Isolella zur Sesiabrücke hinabführenden Straße gut aufgeschlossen ist.

Eigenartige Verhältnisse trifft man nördlich Borgosesia in der Umgebung von Cartiglia. Nördlich Cartiglia di Sopra, am Südhang ober dem von Caneto heraufführenden Pfade, trifft man typisches Graniteluvium, während weiter nördlich noch bei Caneto das Grundgestein nackt zutage tritt. Östlich des genannten Weilers von Cartiglia, in einem nach Norden gerichteten großen Bachanriß, steht jedoch Pliozän bis über 500 m hinauf an (braune und graue glimmerige, tonige Sande und Sandsteine, die Sacco zum Astiano und Piacentino stellt) und bildet die Nordostabdachung und den Kamm des Hügels von

<sup>1)</sup> A. i. E. A. S. 767 ff.

Cartiglia. Offenbar lag also östlich von Cartiglia das präpliozäne Sesiatal, während in postpliozäner Zeit der Fluß sich westlich davon in das kristalline Grundgestein eingeschnitten hat. Auf dem höchsten Teil des Hügels von Cartiglia findet sich an einer Stelle (unter dem „a“ von Cartiglia der Tavoletta) über dem rostbraunen Astiano dunkler Verwitterungsboden mit verschiedenen kleineren bis recht stattlichen Geschieben; es ist sehr wahrscheinlich, daß hier der Rest einer älteren Moräne vorliegt. Unmittelbar südlich schließt sich die Terrasse von Pianezza an, deren Aufbau das südlich nach Borgosesia fließende Gewässer in mehreren Anschnitten enthüllt: sie besteht aus einem von rotem Lehm bedeckten, selbst auch rostbraun oxydierten festen Schotter, in welchem nur Granite und einzelne Paragneise völlig zersetzt sind; darunter reicht Granit bis über 400 m, tiefgründig verwittert und zermürbt und nur vereinzelt als fester Fels zutage tretend. Die unregelmäßige Auflagerung des roten Schotters auf Graniteluvium ist besonders gut am Sträßchen von Pianezza nach Borgosesia erschlossen.

Lassen sich so stratigraphisch zwei Moränen und zwei jeweils sich anschließende Schotter unterscheiden, von denen der ältere hinter echtem Ferretto erheblich an Ausmaß der Verwitterung zurücksteht, so bietet die Morphologie zahlreiche Probleme von wesentlich größerer Schwierigkeit. Es kann hier nicht des näheren darauf eingegangen werden; die wahrhaft vorbildlichen Unterschiede in den Formen der vergletschert gewesenen und der unvergletschert gebliebenen Gebiete hat schon Penck eingehend gewürdigt. Ob der sonderbare Felsgrat der Coste della Saggia bzw. die ihn östlich begrenzende Lateralrinne wirklich mit einer Verbauung des Tales durch den Gletscher in befriedigender Weise erklärt ist, mag dahingestellt bleiben; ich selber sehe auch einstweilen keinen anderen Ausweg. Ferner scheint mir die unterhalb Quarona endende Talweitung ein altes Zungenbecken darzustellen; dazu paßt recht gut das auffallende Fehlen des talabwärts so mächtigen Eluviums nördlich Caneto sowie die Lage des Altmoränenrestes von Cartiglia. Dagegen sehe ich gerade im Sesiatal keine Möglichkeit, die Oberfläche des Pliozäns mit älteren, hochgelegenen Talleisten zu verknüpfen; vielmehr finde ich Pencks „pliozänen“ Talboden noch bei Borgosesia in über 600 m Höhe und verfolge ihn bis Serravallo, wo der Piggio Rampanina in 552 m recht wenig zur Lage der Astianooberfläche in rund 400 m nördlich Grignasco paßt. Doch ist zur Lösung dieser Frage hier unbedingt sorgfältige Einzelarbeit erforderlich. — Sehr interessant ist endlich noch das Profil der großen Brüche der Ziegelei westlich Ara: über tief zersetztem und rot verwittertem Grund-

gestein liegen etwa 20 m graue, gut und dünn geschichtete Kalke und Mergel des Piacentino mit deutlichem Einfallen nach NW (!), darüber roter Verwitterungssand oxydierter Schotter der Terrasse von Ara. Es scheint, daß hier einmal präpliozänes Eluvium erhalten geblieben ist; außerdem scheint eine kleine jüngere Störung vorzuliegen.

**6. Das Insubrische Gebiet. a. Das Gebiet der Agogna.** Tavollette 30, II, NE Orta Novarese, SE Gozzano; 31, III, NO Arona, SO Borgomanero; 43, I, NE Gattinara.

Das Tal der Agogna durchschneidet das Gebiet zwischen den Randzonen des verbanischen Moränenamphitheaters und den von mächtigem rotem Lehm bedeckten, aus typischem Ferretto der gänzlich zersetzten Fazies aufgebauten, unfruchtbaren Hochflächen der Baraggia di Ghemme, welche sich nach Westen bis zum Sesiatal erstreckt. Während aber diese Baraggia mit ihrem einheitlichen Aufbau die östlichste Zone von Sesia-ablagerungen darstellt, finden sich östlich der Agogna verschiedenartige Serien verbanischer Herkunft, und zwischen beide schalten sich bei Maggiore teils neutrale, teils sehr schwer bestimmbare Bildungen ein. Schon nördlich des Gebirgsrandes findet sich das cusische Moränenamphitheater.

Von letzterem ausgehend, gewahrt man in der Umgebung des Ortasees nur verhältnismäßig wenig mächtige diluviale Ablagerungen. Am Süden des Sees sieht man typische Jungmoräne, steinig, reich an groben Blöcken und ohne jede Verwitterungsdecke; obwohl eigentliche Aufschlüsse fehlen, kann die Mächtigkeit der Moräne nicht sehr hoch eingeschätzt werden, da das Grundgestein mehrfach zwischen ihr zum Vorschein kommt. Die Jungmoräne geht bei Gozzano in ein Terrassenfeld über, das aus losem, ganz frischem, teilweise sandigem Schotter mit oxydierten Linsen und geringer Humusbildung aufgebaut wird (Aufschluß nördlich an der Straße Gozzano—Auzate, zwischen den Bahnlinien Gozzano—S. Maurizio und Gozzano—Orta). — Betrachtet man nun die Westflanke dieses Terrassenfeldes, das die Agogna nach Süden begleitet und in der Gegend von Motto Florio und Borgomanero in zahlreichen Kiesgruben erschlossen ist, so findet man am Nordwesthang des Monte Lusignana, östlich gegenüber Auzate, in einem Anriß unter steinigem, frischem Blockwerk der Jungmoräne in etwa 380 m einen lockeren, sehr feinkörnigen, stark oxydierten Schotter, in welchem neben festen Geröllen solche mit starker Zersetzung nur eine mehr untergeordnete Rolle spielen. Denselben älteren Schotter trifft man südlich Auzate im Hohlweg zum Rio Grua unter fettem, rotbraunem Lehm,

auf welchem oberflächlich viel augenscheinlich den Moränen entstammendes Blockmaterial liegt; doch schon unter dem Materialschuppen von Trinivella erscheint unmittelbar unter dem verschwemmten Moränenmaterial in 360 m das Pliozän mit blaugrauen bis rostbraunen, sandig-mergeligen Letten des Piacentino. Ebenso zeigt der Steilhang des westlichen Rio Grua-Ufers ausgedehnte Anrisse des Piacentino, das mit 10° nach Süden einfällt und am Hang bis etwa 360 m hinaufreicht. Das Piacentino bildet den Sockel der ganzen hohen Terrasse von Gargallo bis in die Gegend von Borgomanero; es erscheint noch östlich der Ziegelöfen im Süden von Piovino bis gegen 360 m hinauf in einem steilen Wasserriß. Auf der Höhe der erwähnten hohen Terrasse findet sich besonders bei Gargallo überall oberflächlich grobes Blockmaterial, das jedoch teilweise stark zersetzt ist und sich dadurch von dem oberflächlichen Material der Terrasse von Auzate unterscheidet; ich möchte es daher für verschwemmte Altmoräne halten, der z. T. Alluvium des westlich benachbarten Glimmerschiefergebietes beigemischt ist. Unter diesem oberflächlichen Schutt trifft man allenthalben auf der Höhe der Terrasse rotbraunen Lehm von mehreren Metern Mächtigkeit, der in mehreren Ziegeleien nördlich und südlich Gargallo sowie südlich Piovino ausgebeutet wird. In derjenigen nördlich von Gargallo erscheint unter dem Lehm ein deutlich geschichteter, stark zersetzter, mittelstückiger, rotbrauner Schotter mit auffallend eckigen Geschieben. Bei der südlich von Gargallo gelegenen Ziegelei wird der rotbraune Lehm mit 5 m nicht durchsunken; am Terrassenhang zeigt dort ein Wasserriß etwa 15 m unter der Höhe ungeschichtetes, z. T. blockiges Diluvium mit nicht seltenen zersetzten Geschieben, jedoch nicht oxydiert — es erscheint aussichtslos, in dem rein kristallinen Material nach gekritzten Geschieben zu suchen —, dann aber etwa 5 m tiefer rotbraunen Lehm und unter diesem endlich echten, völlig zersetzten Ferretto von rotbrauner Farbe, anscheinend ungeschichtet und mit recht großen Geschieben. Offenbar herrschen hier dieselben Verhältnisse wie westlich Mongrando im Randgebiet des Balteagletschers (s. o.); nur ist hier die Auflagerung von Altmoräne auf lehmbedeckter Ferrettomoräne nicht so gut erschlossen wie dort. Der lehmbedeckte Ferretto ist ost-südöstlich Piovino in einem Wasserriß, weiter südlich am Fahrweg von den Fornaci zur Landstraße Piovino—Vergano über dem oben erwähnten Piacentino kleinstückig und gut geschichtet, an der nördlichen Straßenteilung in Vergano dagegen wieder grob, ungeschichtet und von ausgesprochener Moränenfazies: es liegt hier jene Grenzzone, wo Moränen- und Schotterfazies des Ferretto in innigster Verbindung miteinander stehen. Der Schotterferretto baut

weiter nach Süden, jenseits des von Eluvialsand bedeckten Porphyrsporn von Motto Florio, auch die Terrasse von Colombaro auf; er ist z. B. am Hohlweg westsüdwestlich Convento zum Sträßchen nach Cascina Fasanino mit einer gelbroten Mergelzwischenlage zu beobachten. Dort erscheint unter ihm in 340 m feiner, weicher, gelber Sand des Astiano, während man wenig nordwestlich am Sizzone unter der Cascina Fasana bis zur selben Höhe graue Sande auf grünblauen bis rostbraunen Tönen und Mergeln des Piacentino mit etwa 10° Einfallen gegen Süden antrifft; danach scheint hier die Oberfläche des Pliozäns keine Schichtfläche darzustellen. Am Talboden des Sizzone findet sich eine schmale jüngere Terrasse aus festem, nur lokal oxydiertem, an zersetzten Geschieben (hauptsächlich Granite und Paragneise!) ziemlich armem Schotter, der an einem Prallhang des linken Ufers wenig oberhalb Molino Nuovo etwa 10 m hoch angerissen ist. Das untere Pliozän, welches auch nördlich der Cascina Fagniano am Hang entblößt ist, zeigt am rechten Ufer des Sizzone an der Straße nach Maggiora nahe der Brücke Transgressionserscheinungen in Gestalt von Lagen durchgeschnittener kristalliner Gerölle. In der Tat trifft man schon an der alten Straße nach Maggiora in über 350 m anstehenden, etwas verwitterten Porphyr. Endlich findet sich noch einmal 500 m östlich Maggiora eine stratigraphisch wichtige Stelle, da dort ein gewaltiger, über 50 m hoher Anriß jüngster Entstehung, bei welcher ein westlich der Cascina Perolini auf die Hauptstraße Maggiora—Molino Nuovo mündendes Seitensträßchen auf etwa 100 m ganz weggerissen wurde, den ganzen Hang bis zum Sizzone hinab entblößt. Am Fluß sieht man dort Porphyr, überlagert von Piacentino, dessen Oberfläche in etwa 340 m liegt, und über dem Pliozän bis zur Höhe, unter einer Decke von 5 m gelbbraunem bis buntem, fettem Lehm, sehr grobes und reichlich sandiges Diluvium, das oben zersetzte Gerölle enthält, nach unten aber vollkommen frisch wird und bei deutlicher Schichtung durch auffallend eckige Geschiebe und große Blöcke einen ausgesprochenen Moränenhabitus erhält. Es ist also diese Stelle nicht nur deshalb wichtig, weil hier die Auflagerung des Pliozäns auf Grundgestein entblößt ist, sondern hier liegt auch das äußerste Moränenvorkommen des verbanischen Gebietes nach Westen hin, welches seiner petrographischen Fazies nach unbedingt den Altmoränen zuzurechnen ist. Immerhin ist die Lage dieser Altmoräne, zwischen Ferrettoterrassen und Grundgebirge und in völliger Isolierung, recht eigenartig. Weiter südwestlich trifft man am Nordabfall der Höhe von Boca östlich nahe der Straße bis 370 m gelbe Sande des Astiano, höher rote Verwitterungserde voll

kleiner, gerundeter Porphybruchstücke; die Höhe zwischen Boca und Suloro liegt bereits im Bereiche tiefgründig verwitterten Porphyrs, der an ihrem Nordhang gebleicht und zu eckigem Trümmerwerk zersplittert, auf dem Südhang dagegen bei erhaltener Farbe und Textur zu ganz weichem, lehmigem Eluvium metasomatisiert ist. Auf diesem verwitterten Porphyr liegt bei Boca eine dünne, gelbbraune Lehmdecke; erst außerhalb des Gebirgsrandes (so schon am Straßeneinschnitt nördlich Ronchetto) findet sich mächtiger, rotbrauner Lehm, der die nach Süden sich anschließende, weite Ferrettohochfläche der Baraggia di Ghemme überdeckt.

Östlich der Agogna tritt nirgends der tertiäre Sockel hervor. Östlich Borgomanero ragt über die Ebene der tiefsten Terrassenfläche eine niedrige Terrasse mit stark abgeböschtem Abfall auf; sie besteht,

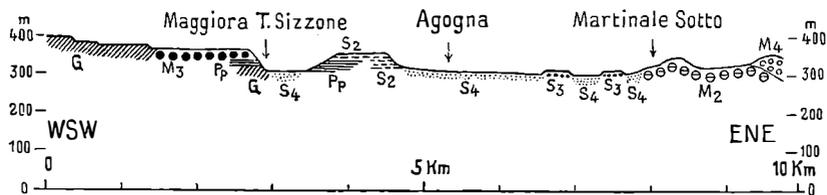


Fig. 4. Profil am T. Sizzone und an der Agogna.

Maßstab der Höhen 1 : 20000, der Längen 1 : 100000.

G = Grundgebirge, P<sub>p</sub> = Piacentino, M<sub>3</sub> = Moränen des jüngeren Ferretto,

S<sub>2</sub> = jüngerer Ferretto, S<sub>3</sub> = älterer Schotter, S<sub>4</sub> = jüngster Schotter.

wie Anschnitte auf der Nord- und Südseite des großen, neuen Friedhofs von Borgomanero dartun, aus losem, grobenteils frischem und gut geschichtetem Schotter, der nach oben zu oxydiert ist und zersetzte Gerölle führt und von etwa 1—2 m gelbbraunem Verwitterungslehm bedeckt ist. Gewaltige Blöcke in diesem älteren Schotter deuten auf unmittelbare Nähe der zugehörigen Moränen. Über diese höhere Terrasse erhebt sich weiter östlich die Ferrettohochfläche von S. Cristina. Ihr Hang war zur Zeit meines Besuches bei Martinale Sopra in den tieferen Lagen mehrfach angeschnitten, in den höheren gänzlich umgegraben. Der Ferretto zeigt hier typische rotbraune Farbe und gänzliche Zersetzung, die jedoch lagenweise, besonders nach unten, recht gering wird; dabei ist fast keine Schichtung zu beobachten, und dem an sich kleinen Material sind große Blöcke beigemengt, unter denen sich oben auf der Höhe ein prächtig gekritztes Serpentinegschiebe fand. Hier läßt sich also einmal der Beweis führen, daß die Blockfazies des Ferretto, die noch östlich bei der Cascina Motto Rosso, wo sie bereits von ver-

schwemmtem Jungmoränenmaterial überstreut ist, vorzüglich zu beobachten ist, in der Tat eine alte Moränenablagerung darstellt; ihre untersten Lagen zeigen auch in den Bachanrissen nördlich Martinale Sopra nicht seltene feste Geschiebe, und dasselbe beobachtet man im Hohlweg östlich Martinale Sotto. Entsprechend der Moränenfazies zeigt der Ferretto bei Martinale eine hügelige Oberfläche; diese wird nach Süden, wo der Ferretto als Schotter erscheint, eben. Weiter nordöstlich betritt man das Gebiet der steinig, lehmfreien, nur oberflächlich oxydierten Jungmoränen des Tessingebiets.

Es lassen sich also im Gebiet der Agogna, zwischen dem cusischen und dem verbanischen Stammgebiet, über dem Pliozän drei Moränen und drei Schotter unterscheiden: wieder ist auch hier die Verbindung zwischen Ferrettoschotter und Ferrettomoränen die innigste, während Jungmoränen und jüngster Schotter scharf aneinandergrenzen; auf einen engen Zusammenhang zwischen Altmoränen und älterem Schotter deuten die Verhältnisse östlich Borgomanero, doch findet sich der ältere Schotter auch innerhalb der Altmoränen bei Auzate. Das Vorkommen von Ferrettomoränen bei Vergano einerseits und bei S. Cristina andererseits sowie von Altmoräne bei Maggiora deutet mit großer Wahrscheinlichkeit darauf hin, daß zu den Zeiten, welchen die Alt- und Ferrettomoränen entsprechen, die cusische und verbanische Eiszunge miteinander verschmolzen waren. Daß die Ferrettomoräne bereits bis zum heutigen Ausmaß verwittert und von Lehm bedeckt gewesen sein muß, ehe die Altmoräne zur Ablagerung kam, beweist die Überlagerungsstelle bei Piovino; ähnliches gilt von Auzate, wo die frische Jungmoräne auf oxydiertem älterem Schotter aufruht. Fig. 4 veranschaulicht schematisch den sehr mannigfaltigen Aufbau des eben besprochenen Gebietes.

**6b. Das Gebiet des Tessin im Vorland.** Tavolette 31, III, SO Borgomanero, SE Borgo Ticino; 44, IV, NE Oleggio.

Das Jungmoränengebiet, welches den Langensee im Süden umspannt und sicher in erheblichem Maße staut, löst sich wie im Bereiche der Dora Riparia (s. o.) in einzelne Systeme von sehr scharf hervortretenden Wällen auf. Sein Aufbau ist im Westen des Tessin durchaus gewöhnlich: steinig, fast rein kristallin, weshalb gut gekritzte Geschiebe selten sind, und höchstens in den obersten Lagen rot verwittert. Am Tessindurchbruch selbst jedoch, vor allem am linken Ufer nördlich Golasecca, bestehen die Moränen in gewaltiger Mächtigkeit aus kreuzgeschichteten, feinkörnigen bis lößartigen, hellen Sanden, in deren höheren Teilen

grobe Schotterbänder vorkommen und in denen vereinzelt kleinere bis sehr stattliche Geschiebe sich finden; sehr schöne und eigenartige Aufschlüsse zeigt in dieser Gegend ein großer, südlich an der Cascina Persualdo mündender Wasserriß. Diese Moränenfazies ist ausgesprochen nordisch und zeigt bezeichnenderweise bei Golasecca auch dasselbe Pflanzenkleid von Birke, Ginster und Heidekraut; in der Gegend der Cascina Gruppetti liegt der Sand auf echter, zäher Grundmoräne auf. Erst weiter im Süden werden die Moränen wieder steinig, sind jedoch noch bei Coerezza von Sandlagen bedeckt; ein Anriß am linken Tessinufer gegenüber Cascina Vernome di Sopra zeigt einige leicht verkittete Lagen. Merkwürdigerweise zeigen alle Anrisse auch im Bereiche der steinigen Moräne ausgesprochene Schichtung, so daß man am Hang über dem Bahnhof Varalpombia, wo die Terrassenlandschaft beginnt, nicht entscheiden kann, ob man noch Moräne (werauf die teilweise sehr großen eingelagerten Blöcke deuten würden) oder bereits den jüngsten Schotter vor sich hat. Lößartiger, heller Sand findet sich auch weiter im Nordwesten südöstlich Glisente und an der Straßenbrücke über die Bahn Arona—Borgomanero westlich davon.

Im eigentlichen Moränengebiet tritt das Liegende der Moränen nur selten zutage. Westlich des Tessin ist hierfür das Tal des Norebaches bei Comignago wichtig, an dessen Südufer am Abhang der Costa Rivaldone eine eigenartige Moränenterrasse mit einer 1—2 m mächtigen Decke von gelbem, zähem Lehm, weiterhin mächtige Schutthalden mit rostbrauner Verwitterungsdecke sich finden. Dort, am rechten Ufer des Baches, erscheint in einem großen, bewachsenen Wasserriß nordwestlich S. Zeno ein loser, stark oxydierter Schotter mit nicht seltenen ganz zersetzten Granit- und Glimmerschiefergeschieben, aber im übrigen gut erhaltenen Geröllen, mit einer vermutlich in etwa 260 m gelegenen Oberfläche. Und am selben Hang sieht man südöstlich Comignago in dem ersten großen Wasserriß westlich des Molinetto unterhalb etwa 290 m typischen, kleinstückigen, gut geschichteten Ferretto mit gänzlich zersetzten, vom Wasser durchgeschnittenen Geröllen und bereits stark hervortretenden festen Quarzen. Es liegt hier also der seltene Fall vor, daß die beiden oberen Schotterterrassen des Vorlandes sich auch unter der Jungmoränendecke noch als solche erkennen lassen. — Östlich des Tessin findet sich im Varesischen vielfach das alttertiäre Grundgestein unter den Moränen; ich habe diese Gebiete nicht besucht.

Am Innenrande des Moränengürtels findet sich im Süden des Langensees eine niedrige, das Alluvium nur um wenige Meter überragende

Terrasse aus losen, feinen Sanden von sehr verschiedenem Material, das in einer Kiesgrube an der Kreuzung der Straße Arona—Borgo Ticino und der Bahn Arona—Sesto Calende ausgebeutet wird, wo aber die Schichtungsverhältnisse nicht zu erkennen sind; es handelt sich hier wohl um Ablagerungen in einen postglazialen Langensee von größerer Seespiegelhöhe als heute. Außerhalb des Moränengebietes trifft man auch im Bereich des Tessin ganz ähnliche Verhältnisse wie an der Agogna (s. o.). In der Gegend von Pombia sieht man hier drei scharf übereinander aufsteigende Terrassen am rechten Tessinufer, von denen die unterste die heutige Flußauflage noch um 50 m überragt. Die höchste Terrasse hat bei Divignano eine flachwellige, weiter nach Süden aber ziemlich ebene Oberfläche; dem entspricht auch ihr Aufbau: unter etwa 5 m rotem, etwas sandigem Lehm zeigt ein großer Bachanriß westlich Varallo am Südhang des Monte Bugno typischen, braungelben Ferretto mit fast ausnahmslos ganz mürben Geröllern, ohne Schichtung, recht grobstückig, mit einer sandigen Einlage, kurz in typischer Moränenfazies, — während die Straße von Divignano nach Pombia beim Abstieg von der Terrasse sowie ein dort von rechts mündendes Seitensträßchen typischen, ganz mürben, rostbraunen Ferretto in echter, kleinstückiger und gut geschichteter Schotterfazies anschneidet. — An diese Ferretto-terrasse, deren Sockel nirgends erscheint, schließt sich nach Osten eine etwa 50 m tiefer gelegene Terrasse an, die bei Pombia leicht gewellt ist und im Castello Monticelli eine weithin sichtbare, wenn auch an sich geringe Aufragung besitzt, weiter südlich aber ebenfalls ganz eben wird. Ihr Sockel besteht aus echtem, rotbraunem, ganz zersetztem, kleinstückigem und gut geschichtetem Ferretto, dessen von rotem, glimmer-sandigem Verwitterungslehm gebildete Oberfläche in dem tiefen Wasserriß östlich des Castello Monticelli in etwa 250 m, in dem großen Anriß südwestlich des Friedhofs von Pombia am linken Hang des von Pombia südwärts führenden Tälchens in etwa 240 m liegt; am letztgenannten Punkte ist der Ferretto als sehr seltene Ausnahme soweit verfestigt, daß sich Handstücke von ihm gewinnen lassen. Auf diesem Ferretto-sockel liegt im erstgenannten Anriß östlich des Schlosses Monticelli gelb angewitterte, von 2 m Verwitterungslehm bedeckte, ungeschichtete Moräne, in den oberen Teilen mit nicht seltenen zersetzten Geschieben, nach unten frischer werdend. Südöstlich des Schlosses, am Anstieg der Straße vom Bahnhof zum Ort Pombia, treten geschichtete Partien in der Moräne auf; im Tälchen, das quer durch Pombia zieht, sieht man groben, teilweise oxydierten Schotter, und im erwähnten großen Anriß südwestlich des Friedhofs von Pombia liegt unmittelbar auf dem Ferretto

grober, fester, nach oben rostbraun gefärbter und zersetzte Geschiebe führender Schotter unter Verwitterungslehm. Wie also die oberste Terrasse eine innige Verbindung zwischen Ferrettoschotter und Ferretto-moränen bei Divignano zeigt, so die mittlere zwischen dem älteren Schotter und den Altmoränen, die beide auf einem einheitlichen Ferretto-sockel aufliegen. — Die unterste Terrasse, 50 m unter der mittleren gelegen, zeigt vor allem am linken Tessinufer bei Castelnovate interessante Verhältnisse. Nördlich der Fähre streicht am Fluß etwa 2 m hoch gelblicher, grober, fester, an zersetzten Geschieben nicht eben armer Schotter aus; höher schneidet die Straße nach Castelnovate groben, festen, oberflächlich leicht oxydierten Schotter an, in welchem zersetzte Geschiebe selten sind. Es handelt sich hier also um eine Auflagerung des jüngsten auf den älteren Schottern. Östlich Castelnovate findet sich an der Außenseite des großen Tessinbogens, etwa nördlich Baracche, das Vorkommen einer Schieferkohle, welche Sacco für Villafranchiano, Penck dagegen für interglazial erklärt hat<sup>1)</sup>. Zur Zeit meines Besuches war die Leite an jener Stelle frisch vom Flusse angerissen und daher in vorzüglicher Klarheit erschlossen, freilich auch schlecht zugänglich. Am westlichsten Punkte sah ich hier folgendes Profil:

s<sub>4</sub>: als Hangendes loser, grober, weißlicher, frischer Schotter der untersten Terrasse, mit einer linsenförmigen, bis ½ m mächtig werdenden Sandeinlagerung nahe der Basis;

t<sub>2</sub>: 2—3 m grünlichgrauer, glimmer- und quarzhaltiger, sehr fetter und zäher, anscheinend steriler Ton;

σ: 2 m grauer bis grünlicher, grober Schotter mit nicht seltenen zersetzten Geschieben, lokal an der Basis mit etwa 5 cm grauem Ton;

k: 1 m schwarze Schieferkohle mit dünnen, grauen Mergelzwischenlagen, die massenhaft Blätter, Gräser und auch Holzreste enthalten (vgl. S. 345);

t<sub>1</sub>: ½ m gelber bis roter, fetter, zäher Ton (Lehm?);

s'<sub>3</sub>: 1 m stark oxydierter Verwitterungssand;

s<sub>3</sub>: bis zum Fluß grober, fester, aber zersetzte Geschiebe führender, stark gelbbraun oxydierter Schotter.

Der basale Schotter s<sub>3</sub> ist die typische Fazies des älteren Schotters, der hier etwas stärker oxydiert ist als weiter westlich bei der Fähre; die Oberfläche des hangenden Schotters s<sub>4</sub> ist an der Leite selbst etwa

<sup>1)</sup> A. i. E. A. S. 787.

um 30 m zu tief, da hier ein alter Mäander vorliegt, und erreicht erst in einiger Entfernung vom Ufer die normale Höhe der unteren Terrasse. Die Kohle (k) keilt flußaufwärts nach etwa 500 m aus, ebenso der hangende graue Schotter ( $\sigma$ ), so daß der untere und obere Ton ( $t_1$  und  $t_2$ ) einander unmittelbar berühren; weiterhin verschwindet erst der liegende Schotter  $s_3$ , dann auch der Ton ( $t_1$  und  $t_2$ ) unter dem Flußspiegel, und dort, wo der Canale Villoresi dem östlichen Teil des großen Flußbogens am nächsten kommt, sieht man an der Leite nur noch den unverwitterten, groben Schotter ( $s_4$ ), der hier wohl starke alluviale Beimengung erfahren hat. Jedenfalls aber bestätigt eine sorgfältige Untersuchung über die Lagerungsverhältnisse der Schieferkohle von Castelnovate durchaus die Ansicht Pencks, nämlich daß dieselbe keinesfalls pliozän ist, sondern zwischen zwei diluvialen Schottern lagert. — Überblickt man nun die einzelnen Ablagerungen außerhalb des Moränengebietes, so gliedern sie sich in derselben Weise wie an der Agogna; doch ist ihre Lagerung verschieden. Der jüngste Schotter ist eingesenkt in den älteren, doch so, daß er auch auf ihm aufruht; seine Mächtigkeit beträgt etwa 50 m. Der ältere Schotter liegt am linken Tessinufer tief unter dem liegenden Ferretto des rechten Ufers, den er aber dort auch noch überdeckt; seine Mächtigkeit muß daher über 100 m betragen haben. Der Ferretto zerfällt in zwei Terrassen, von denen die untere, heute vom älteren Schotter überdeckte, etwa 70 m tiefer liegt als die obere; da diese Terrassierung ursprünglich sein muß (denn der ältere Schotter ist ja tief in die untere Ferrettoterrasse eingesenkt), so ergibt sich die Notwendigkeit, den Ferretto in zwei ineinandergeschaltete Serien aufzulösen, von denen die obere über 50 m, die untere über 60 m mächtig sein muß. Auf den engen Zusammenhang zwischen Schottern und Moränen auch in diesem Gebiete ist bereits hingewiesen worden; nur für die Jungmoränen und jüngsten Schotter läßt er sich hier nicht nachweisen, da auch bei Somma Lombarda die Grenzzone nicht erschlossen ist. Vgl. Fig. 5.

**6c. Das Stammgebiet von Tessin und Tosa.** Zwischen dem cuscischen und verbanischen Gletscherast ist ein Gebiet eisfrei geblieben, dessen Verhältnisse überaus lehrreich sind. Im Bereiche des Monte Mottarone sind der Granit und die ihn als Kontakthof umgebenden Glimmerschiefer tiefgründig verwittert; in den Quelltälern des Pescone trifft man gleichmäßig geböschte Hänge, oft weithin steril mit ausgedehnten Anrissen weißen, feinkörnigen Eluvialsandes, stellenweise auch unterbrochen von Partien grotesker, typischer Blockverwitterung.

Man wird hier lebhaft an die Landschaft etwa des Fichtelgebirges erinnert. Jäh ändern sich diese Formen bei Annäherung an den Ortsee: 1 km östlich Agrano findet sich zuerst Erratikum auf Eluvialsand, dann in etwa 750 m echte, frische Jungmoräne auf festem Anstehenden, in das sich der Pescone mit steiler, enger Schlucht eingeschnitten hat. Weniger schroff ist der Wechsel am Ostabfall der Gebirgsgruppe zum Langensee hin: Moränenmaterial findet sich hier längs der Bahn auf den Mottarone bis etwa 1000 m; aber Verwitterungsschutt des Anstehenden trifft man noch tiefer, bis er unter 900 m hinter den echten Jungseitenmoränen zurücktritt. — Weiter nach Norden, entsprechend dem raschen Anstieg der Oberfläche des cusischen und verbanischen Eisstromes, wird die zwischen beiden gelegene Eluvialzone rasch kleiner;

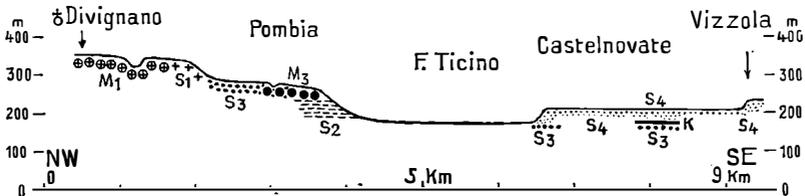


Fig. 5. Profil am Tessin bei Pombia.

Maßstab der Höhen 1 : 20000, der Längen 1 : 100000.  $M_1$  = Moränen des älteren Ferretto,  $M_3$  = Altmoränen,  $S_1$  = älterer Ferretto,  $S_2$  = jüngerer Ferretto,  $S_3$  = älterer Schotter,  $S_4$  = jüngster Schotter, K = Schieferkohle.

am Tosatal kann man etwa ihr Ende ansetzen. (Vgl. hierzu Tavolette 30, I, SE Omegna, II, NE Orta Novarese; 31, III, NO Arona, IV, SO Stresa.)

Über Endmoränen des ausgehenden Eiszeitalters habe ich nur eine Beobachtung bei Airolo machen können, wo eine solche unterhalb des Ortes am linken Tessinufer bei der Osteria an der Bahnbrücke gut aufgeschlossen ist und ein buntes Gemisch von Graniten, Gneisen, Glimmerschiefern, Garbenschiefern, Eklogiten usw. zeigt; sie lehnt sich talabwärts an einen Felsriegel, den der Fluß in schmaler Klamm, Straße und Bahn in Tunneln queren. Merkwürdigerweise finde ich diese typische und schöne Moräne bei Lautensach nicht erwähnt, der sonst zahlreiche „postglaziale“ Moränen im Tessingebiete beschreibt<sup>1</sup>.) — Im Tosagebiet zeigt das Val di Vedro bis oberhalb Iselle nirgends Moränenreste; dasselbe gilt vom Maggiatal unterhalb Bignasco; doch wird dieses nahe dem Ausgang unterhalb Croppo bei einheitlichem Aufbau (Gneis)

<sup>1</sup>) Die Übertiefung des Tessingebietes. Pencks Geogr. Abhandl. 10, 1, 1912. S. 37—42.

von einem Felsriegel durchsetzt, der vielleicht ein stadiales Zungenbecken andeutet. (Vgl. hierzu den Siegfriedatlas der Schweiz, Blatt 503 Faudo; ferner Blatt 495 Basodino, 507 Peccia, 511 Maggia, 514 Locarno; 501 Simplon, 501<sup>bis</sup> Crodo, 534<sup>bis</sup> Domodossola.)

Im Val Vigezzo findet sich bei Re die Fundstelle einer Ablagerung, die von Penck und andern für interglazial erklärt wird<sup>1)</sup>. Die lokale Beschreibung der einschlägigen Verhältnisse ist bei Penck ganz vortrefflich und sein Profil erschöpft die Sachlage durchaus; eine Einzelbeschreibung erübrigt sich hier daher. Es soll nur kurz hervorgehoben werden, daß ebenso klar die Auflagerung der den Nordhang der Rocce del Gridone überkleidenden, größtenteils sehr fest verkitteten Peridotitbreccie auf geschichteter, gekritzte Geschiebe führender Moräne in den Anrissen des Riale del Negro und Riale del Molino zu sehen ist wie ihre Unterlagerung unter einen gut geschichteten, etwa 10 m mächtig werdenden Schotter am linken Ufer der Melezza Orientale bei Folsogno. Bemerkenswert scheint mir die völlige Frische der Liegendmoräne, die am Riale del Motto in echten, meist kleinstückigen, nicht minder frischen Schotter übergeht. Wichtig ist aber, daß der pflanzenführende Ton bei den Case in Busada gegenüber Re in gar keine stratigraphische Beziehung zu der Breccie tritt; es ist nur eine Hypothese, daß er einem durch die Breccie gestauten See sein Dasein verdankt und mit einzelnen unbedeutenden, petrographisch ähnlichen Tonschmitzen in der Breccie gleichaltrig ist. Das zeigt auch schon Pencks Profil. Die zweite Pflanzenfundstelle am Riale del Motto habe ich auch leider nicht gefunden. (Vgl. Siegfriedatlas Blatt 502 Vergeletto, 534<sup>ter</sup> S<sup>a</sup> Maria Maggiore [nur auf dem Überdruckblatt Simplon im Handel!]; Tavolette 16, III, NO S. Maria Maggiore [Grenzblatt!].)

Östlich des Langensees findet sich am Nordhang des Monte Salvatore bei Lugano eine weitere, von Penck als interglazial bezeichnete Ablagerung<sup>2)</sup>. Da Pencks Beschreibung hier unzureichend ist, so sei hier eine genaue Einzelangabe gestattet. An der Drahtseilbahn ist heute nichts mehr zu sehen, da sämtliche Anschnitte völlig vergrast sind. Der als interglazial geltende lockere, graugrüne, lagenweise glimmerig-sandige, an Blattabdrücken sehr reiche Ton ist vortrefflich im unteren Teile des Tälchens von Alta Valle am Bogen der Straße Al Casino—Guidino Superiore erschlossen. Sein Liegendes ist nicht bekannt; überlagert wird er hier in etwa 320 m von kalkreicher, gekritzte

<sup>1)</sup> Vgl. A. i. E. A. S. 816ff. und Fig. 108.

<sup>2)</sup> Vgl. A. i. E. A. S. 814f. und Fig. 106.

Geschiebe führender, frischer Moräne. Höher am Hang findet sich in 400 m westlich an der Salvatorebahn, unmittelbar unter der die Bahn überquerenden Brücke des von Morchino ostwärts führenden Pfades ein kleiner Aufschluß von weißlicher, zäher Seekreide, einem anscheinend sterilen Mergel mit einzelnen Lagen eckiger kristalliner Geschiebe, der von gelblichem, eckigem Kalkschutt bedeckt wird. Auf diesem brecciösen Kalkschutt liegt dort Humus, im Tälchen über Alta Valle aber Humus mit gekritzten Geschieben, der nach Westen zu in echte, überwiegend kalkige Moräne übergeht. In diesem Tälchen reicht die Kalkmoräne auch bis unter das Niveau der Seekreide von Morchino hinab und ist stellenweise fest verkittet; sie überkleidet, wie gute Aufschlüsse bei Pazzallo und Calprino zeigen, den ganzen Nordabfall des Salvatore und enthält westlich des Bahnhofs Paradiso gelbliche Mergel-einlagerungen. In größerer Höhe wird der Kalkschutt fest verkittet, und harte Kalkbreccien überdecken auch vielfach den steilen Ostabfall des Berges. — Die Ziegelei von Noranco westlich Calprino beutet einen graugrünen, wechselnd dicht-fetten und glimmerig-sandigen, völlig sterilen Ton aus, dessen Liegendes wiederum nirgends erschlossen ist; er wird nach oben olivgrün, dann rostbraun und in 320 m überlagert von einem teilweise stark oxydierten, überwiegend kristallinen Schotter mit Deltastruktur und südwestlichem Einfallen, das nach Norden in horizontale Schichtung übergeht bei eckig werdendem Material und Auftreten von tonigen Einlagerungen. Auf dem Schotter liegt eine sehr kalkreiche, stellenweise zu fester Nagelfluh verkittete Moräne unter stattlichem, gelbem Lehm. — Die völlig übereinstimmende Höhenlage der auch petrographisch identischen Tone von Calprino und Noranco macht es äußerst wahrscheinlich, daß sie ein und demselben See ihr Dasein verdanken. Der Deltaschotter von Noranco beweist durch seinen Reichtum an kristallinen Gesteinen eine Flußentwicklung aus den nördlich angrenzenden Gebieten. Da nirgends eine Möglichkeit besteht, für präglaziale Zeit ein seestauendes Moment in über 320 m Höhe nachzuweisen, so liegt der Analogieschluß sehr nahe, für die Spannung des den Tonen von Calprino und Noranco entsprechenden Sees dieselben Verhältnisse anzunehmen wie für den heutigen Luganersee und ihn als durch Moränen gestaut zu erklären. Ein deutlicher Beweis läßt sich solange nicht erbringen, als das Liegende der Tone unbekannt ist; Pencks Angabe, er habe im Tone von Noranco gekritzte Geschiebe gefunden, kann ich nicht bestätigen, sondern ich muß auch diesen Ton für durchaus geschiebefrei erklären. (Vgl. Siegfriedatlas Blatt 540<sup>bis</sup> Agno, 541 Lugano.)

Auf die zahlreichen morphologischen Probleme im Stammgebiet von Tessin und Tosa kann hier nicht eingegangen werden.

**6d. Das Gebiet der Olona.** Tavolette 31, II, NE Malnate, SE Tradate; 32, III, NO Lurate Abbate, SO Appiano.

Am Ostufer des Langensees spielen zum erstenmal mesozoische Gesteine eine bedeutendere Rolle im Gebirgsbau, und östlich des Luganer-sees beginnt das Gebiet einer breiten Entwicklung der kalkalpinen Zone. Die Olona ist der erste Fluß im Laufe der vorliegenden Untersuchungen, dessen heutiges Einzugsgebiet ausschließlich kalkalpin ist und in dessen Bereich alle kristallinen Gesteine heute als erratisch zu gelten haben. In präglazialer Zeit war dies anders: vor der Ablagerung der mächtigen Moränen im Süden von Porto Ceresio war der Olona zweifellos ein großer Talzug tributär, der bis in das kristallinische Gebiet sich erstreckte. Aber vorherrschend sind in allen jüngeren Ablagerungen des Olonagebietes die kalkalpinen Bestandteile, und das ist wichtig für ihre petrographische Fazies: seit der Dora Riparia (s. o. S. 228) spielen hier zum erstenmal wieder Nagelfluhbildungen eine auffallende und wichtige Rolle; die Olona bildet die westlichste Grenze für diluviale Verhältnisse, welche sich denjenigen am Nordrand der Alpen in bedeutendem Maße nähern. Es sei hier gleich eine grundsätzliche Bemerkung gestattet: für feste Nagelfluh ist in einzelnen Teilen der Lombardei die Bezeichnung „Ceppo“ volkstümlich, und gerade an der Olona nehmen zahlreiche Ortsnamen darauf Bezug. Allein an sich ist ein solcher „Ceppo“ durchaus kein stratigraphischer Horizont; bei großem Gehalt an Massenkalken (vor allem der Esinokalk ist hier von großer Bedeutung) können sich auch ganz junge Bildungen sehr fest verkitten, während vorherrschend sandige und dolomitische Bestandteile und andere, weniger augenfällige Gründe auch in alten Ablagerungen den Verkittungsprozeß wesentlich hintanhaltend und beeinträchtigen können. Die härteste, als Baustein verwendete Nagelfluh liegt gewöhnlich unter Ferretto, zu dem sie in einem bestimmten, noch näher darzulegenden Verhältnis steht; sie entspricht der Fazies und dem Alter nach durchaus dem nordalpinen Deckenschotter. In dieser Arbeit soll nun die Bezeichnung „Ceppo“ ausschließlich auf diejenige Nagelfluh beschränkt werden, welche von Ferretto überdeckt wird oder denselben vertritt; auf diese Weise wird, wie schon von Penck geschehen, ein stratigraphisch einwandfreier Begriff gewonnen. Sacco hat dagegen auf seinen Karten fast jede feste Nagelfluh als „Ceppo“ eingetragen und als solchen zum ältesten Quartär oder gar zum Villa-

franchiano gestellt, was gänzlich unhaltbar und daher stratigraphisch wertlos ist.

Westlich der Olona findet sich im Gebiet von Gornate und Castelseprio eine hohe Terrasse, deren Oberfläche aus echtem, leuchtend rotem, gänzlich zersetztem Ferretto unter mächtigem rotem Verwitterungslehm besteht, wie zahlreiche Weganschnitte und Wasserrisse zeigen. Etwa halbwegs zwischen Torba und Castelseprio liegt oben auf der Fläche, von Holzwegen angeschnitten, ein hellgraubrauner, etwa 2 m mächtiger Lehm mit scharfer Grenze auf fast blutrotem Ferretto; in den benachbarten Wasserrissen liegende vereinzelt sehr große, ganz frische Blöcke deuten wie der helle Lehm auf umgelagerte jüngere Moränenbildungen. Unter dem Ferretto erscheint überall der Ceppo als an kalkalpinen Geröllen sehr reiche, aber auch viel ganz frisches kristallines Material führende Nagelfluh, welche in groben Bänken mäßig bis sehr fest verkittet ist und auch lockere Partien aufweist; sie ist mittelstückig und westlich Torba sowie bei Castelseprio gut geschichtet. Unter dem kristallinen Material des Ceppo sind rote Granite und gelbrote Peridotite besonders auffallend. Im Graben westlich Casa Monastero nimmt der hangende Ferretto, der nahe dem Grabenausgang am Nordhang unmittelbar über Ceppo kleinstückig und gut geschichtet ist, plötzlich am selben Hang Moränenhabitus an mit groben, fast rein kristallinen Geschieben und ohne jede Schichtung; auch der liegende Ceppo zeigt hier keine Schichtung, ist aber von normaler Korngröße und enthält keine gekritzten Geschiebe. Beim Schloß von Respiro sieht man am gerade nordwärts führenden Sträßchen unter graubraunem Lehm mit einzelnen eckigen, festen Geschieben rotbraunen Lehm und darunter echten, sehr roten, feinstückigen Ferretto mit guter Schichtung. Weiter nördlich zeigt die nach Gornate Inferiore hinabführende Straße an der Ausbiegung unter dem Schloß Respiro typische, ungeschichtete Ferrettomoräne, die bei der folgenden kleinen Straßeneinbiegung unmittelbar auf etwa 1 m tief von Sprüngen und senkrechten Partien rotbrauner Verwitterung und Auflockerung durchsetztem, mittelstückigem Ceppo aufliegt; der Ferretto scheint hier unmittelbar als Verwitterungsprodukt aus dem Ceppo hervorgegangen zu sein, während sich weiter südlich, bei Castelseprio, über das Verhältnis beider Ablagerungen mangels geeigneter Aufschlüsse nur sagen läßt, daß bald der Ceppo ziemlich hoch an den Hängen hinaufreicht, bald der Ferretto ziemlich tief an ihnen herabgreift. Unmittelbar bei Gornate Inferiore ist der Ceppo wieder gut geschichtet; es liegt hier also die Grenzzone, wo Schotter- und Moränenfazies des Ferretto in typischer Weise in innige Wechselbeziehung zueinander treten,

während der Ceppo zwar auch einen Wechsel von Schichtung und Mangel an Schichtung zeigt, aber bei gleichbleibender Korngröße anscheinend durch völliges Fehlen gekritzter Geschiebe ausgezeichnet ist.

Das Liegende des Ceppo ist nun in dieser Gegend auch mehrfach gut erschlossen. Wichtig ist hier vor allem ein großer Aufschluß an der Straße von Torba nach Castelseprio, etwa 1 km südlich Torba am Nordende des großen Straßenbogens. Hier sieht man oben gelblich verwitterte Nagelfluh und verrutschten rostbraunen Lehm, darunter etwa 10 m echten, frischen Ceppo mit den charakteristischen roten Graniten und gelbroten Peridotiten. Unter dem Ceppo nun in 260 m zeigt sich ein gänzlich unverkitteter, sehr stark zersetzter, grauer, überwiegend kristalliner Schotter mit nur seltenen Peridotiten und roten Graniten und einer Vertiefungen aufweisenden Oberfläche, in welche die hangende Nagelfluh zapfenförmig eingreift. Und ebenso schneidet die Olona sowie wenig südlicher die neue Eisenbahntrasse westlich der Straßenbrücke über die Olona östlich Gornate Infer'ore grauen, stark zersetzten, überwiegend kristallinen Schotter an, der durch das Fehlen der roten Granite, der Porphyre und Peridotite sehr auffällt; er stellt augenscheinlich eine ursprünglich verkittete Ablagerung dar, die aber heute wieder gänzlich aufgelockert ist, und ist mittel- bis sehr kleinstückig. Seine Oberfläche ist hier in gegen 270 m anzusetzen; höher schneidet am rechten Olona-ufer die von Gornate herabführende Straße grobes, frisches Geröll an, das offenbar dem jüngsten Schotter entstammt. Am linken Ufer sieht man bei der Straßenbrücke nur verrutschten Ferretto, höher typischen, fest verkitteten Ceppo und oben, an der Straße nach Somadeo, den frischen, losen jüngsten Schotter. Dieser baut die breite unterste Terrasse östlich der Olona, welcher jede Lehmbedeckung fehlt, auf; er wird in Kiesgruben westlich Casa Masciocchi sowie nordöstlich bei der Kirche von S. Anna, wo er ganz lokal verfestigt ist, ausgebeutet. Unter ihm liegt, wie ein großer Aufschluß am Abstieg der von Tradate herkommenden Straße etwa 1 km östlich Torba zeigt, der Ceppo, größtenteils mäßig fest zementiert und nur lokal in Bausteinfazies; petrographisch und in der Korngröße entspricht er dort durchaus dem hangenden, etwa 5 m mächtigen, jüngsten Schotter, und seine sonst vielfach ganz undeutliche Oberfläche wird meist nur dadurch bestimmbar, daß in ihrer Nähe Klüfte, Höhlen und rudimentäre Schlotte beginnen, welche den Ceppo mehr oder weniger tief durchsetzen.

Östlich des untersten Terrassenfeldes erhebt sich, stark abgebösch und oberflächlich nur undeutlich hervortretend, eine schmale, von mächtigem, rotbraunem Lehm bedeckte Terrasse, auf welcher Tradate

liegt und welche auf Saccos Karte gut hervortritt; ihr Aufbau wird durch Anschnitte des Gradalusbaches südwestlich der Casa Cortelezzi klargelegt: dort erscheint unter 2—3 m rostbraunem Lehm stark oxydierter, aber ganz fester, ziemlich grober Schotter mit einzelnen zersetzten Geschieben und 3 m tiefer etwas verfestigte, lehmiger, echter Ferretto mit gänzlich zersetztem Material.

Östlich dieser schmalen Terrasse erhebt sich abermals eine höhere Stufe und dehnt sich, mannigfach zerschnitten, weit nach Osten aus; sie besteht, wie zahlreiche Anrisse zeigen, aus ziegelrotem bis karminfarbigem Ferretto mit gänzlich zersetzten, mittelstückigen Geschieben und guter Schichtung. Ein frischer Kern erscheint nirgends. Auf dem Ferretto liegt roter Lehm, der in der Ziegelei von Galigona westlich Lurago Marinone in über 5 m Mächtigkeit ausgebeutet wird. Im

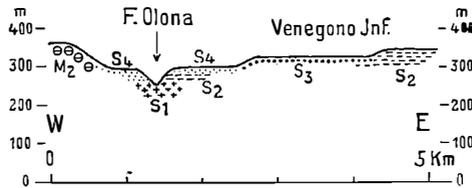


Fig. 6. Profil an der Olona.

Maßstab der Höhen 1 : 20 000, der Längen 1 : 100 000.

M<sub>2</sub> = Moränen des jüngeren Ceppo und Ferretto. S<sub>1</sub> = älterer Ceppo. S<sub>2</sub> = jüngerer Ceppo und Ferretto. S<sub>3</sub> = älterer Schotter. S<sub>4</sub> = jüngster Schotter.

Hangenden der Ferrettofläche findet sich fast überall eine dünne Lage groben, frischen Gesteins, das vielleicht aus dem Moränengebiet verschwemmt ist.

Weiter nördlich, bei Appiano, trifft man Altmoränen mit mehrere Meter mächtiger, gänzlicher Ferrettisierung über einem frischen Kern.

Im Gebiete der Olona ergibt sich also zum erstenmal die Möglichkeit, auf rein stratigraphischem Wege vier Schotter scharf zu unterscheiden. Leider war es mir nicht möglich, dem ältesten, unter dem Ceppo liegenden Schotter auch nördlich Gornate noch nachzuspüren. Der zweite erscheint als feste Nagelfluh, als deren Verwitterungsprodukt sich hier der Ferretto darstellt; in eigenartiger, nicht völlig klarer Weise tritt er als Schotter zu einer Moränenfazies in Beziehung. Die beiden jüngeren Schotter sind in durchaus normaler Weise entwickelt. Die Lagerungsverhältnisse sind so, daß die beiden älteren auf einander liegen, die beiden jüngeren dagegen jeweils dem nächstälteren eingelagert sind. Niveaueverschiedenheiten der Ferrettoflächen beiderseits der Olona dürften auch hier dem Wechsel von Moränen- und Schotter-

fazies entsprechen. Den Aufbau des Olonagebietes in der Umgebung von Tradate möge Fig. 6 veranschaulichen.

**6e. Das Gebiet des Seveso.** Tavolette 32, III, NE Como, SE Cantù.

Der Seveso durchfließt das larische Moränengebiet dort, wo es am weitesten nach Süden reicht; er schneidet seine Basis an und durchfließt außerhalb der Moränen eine zwar schmale, aber charakteristische Terrassenlandschaft. Das larische Moränengebiet zeigt weit weniger als das verbanische die Entwicklung geschlossener Wälle, wie solche die großen piemontesischen Amphitheater auszeichnen; sein landschaftliches Bild ist dasjenige einer über beträchtliche Flächen sich erstreckenden unruhigen Hügelzone, deren große Ähnlichkeit mit nordalpinen Verhältnissen noch dadurch gesteigert wird, daß die mittel-tertiäre Molasse, die weiter nach Westen nur eine gänzlich untergeordnete Rolle spielt und überhaupt nur bis zum Langensee reicht, hier erhebliche Aufragungen bildet und besonders in der Umgebung von Como die eiszeitlichen Aufschüttungen beträchtlich überragt.

Um den Süzipfel des Comersees und die vorgelagerten Molasserücken schlingen sich die Jungmoränen des larischen Gebietes, die wiederum durch das völlige Fehlen einer Lehmbedeckung ausgezeichnet sind. Ihr Aufbau ist durchaus normal und im allgemeinen ziemlich steinig; daß auch in ihnen Partien aus reinem, hellem Sand mit Kreuzschichtung vorkommen, lehrt ein großer Aufschluß östlich am Staatsbahnhof Albate—Camerlata. Verkittung findet sich nur lokal und dann meist in geschichteten Partien (auch in den Sanden von Albate).

Unter den Moränen schneidet nun der Seveso, etwa von der Gegend von Cucciago an, echten, zu fester Nagelfluh verkitteten und in groben Bänken an den Hängen austreichenden Ceppo an. Und dieser Ceppo begleitet den Fluß bis in die Gegend von Cermenate. Sein Hangendes verändert sich: an die Jungmoränen schließen sich etwa 1 km nördlich des Bahnhofs Cantù—Asnago Altmoränen an; nordwestlich der Casa la Fametta bei genanntem Bahnhofs sieht man sie, durch viele zersetzte Geschiebe ausgezeichnet, auf echtem Ceppo unmittelbar aufliegen und bedeckt von einem feinkörnigen, nach Süden einfallenden Schotter. Diese Altmoränen sind auch weiter östlich sehr charakteristisch entwickelt: unter mächtiger, rostbrauner Lehmbedeckung folgt eine Zone verarmter, stark oxydierter und teilweise zersetzter Gerölle von wechselnder Mächtigkeit und darunter frische Moräne mit vielen gekritzten Kalkgeschieben und lokaler Verfestigung. Letzteres zeigt sich am rechten Hang des Tälchens westlich Villa Calvi; der hangende

Lehm und die Verwitterungszone ist am linken Hang des Tälchens, am Hange östlich Villa Calvi sowie weiter nördlich, nordwestlich Casa Vittorino am Hang östlich der Straße Cantù—Montesolaro angeschnitten. Prächtig ist die Altmoräne bis auf den frischen Kern in einer Grube südlich Cantù an der Straßengabelung östlich Villa Roma erschlossen; ähnliches zeigt ein Weganschnitt südlich der Cascina Cristina im Nordosten von Cantù an der Straße nach Alzate.

In der Umgebung der Station Cantù-Asnago ist am Seveso eine niedrige Terrasse entwickelt, in welcher westlich des Bahnhofs sowie nordöstlich Subinago östlich an der Hauptstraße zum Bahnhof Kiesgruben lösen, ganz frischen, teilweise sandigen Schotter ohne Lehmbedeckung ausbeuten; die Terrasse beginnt gerade dort, wo nördlich des

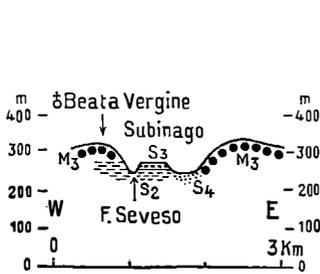


Fig. 7 a. Höhen 1:20 000,  
Längen 1:100 000.

$M_3$  = Altmoränen,  $S_2$  = jüngerer Ceppo,  $S_3$  = älterer Schotter,  $S_4$  = jüngster Schotter.

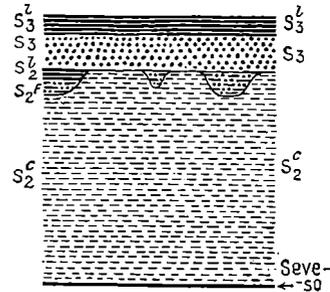


Fig. 7 b. Höhen 1:1000,  
 $S_2^c$  = jüngerer Ceppo,  $S_2^f$  = jüngerer Ferretto,  $S_2$  = Lehm,  $S_3$  = älterer Schotter,  $S_3^l$  = Lehm.

Fig. 7. Profil bei Subinago.

Bahnhofs die Jungmoränen aufhören. Subinago selbst liegt auf einer 35 m höheren Terrasse, welche sich an das dortige Ende der Altmoränen anschließt; ihr Aufbau erhellt aus Anschnitten des von Subinago nordwärts auf die unterste Terrasse hinabführenden Fußweges: bis hoch am Hang streicht echter, gut geschichteter, kalkreicher, mittelstückiger, fest verkitteter Ceppo aus; darüber liegt in taschenförmigen Vertiefungen typischer, gänzlich zersetzter, roter Ferretto, teilweise unter rotem Lehm, und darüber endlich, Ceppo, Ferretto und Lehm diskordant überlagernd, ein fester, sandiger, stark oxydierter, etwa 5 m mächtiger Schotter mit einigen zersetzten Geschieben und bedeckt von etwa 2 m rotbraunem Lehm (Fig. 7b). Weiter südlich, etwa von Cermenate an, findet sich auch in diesem Gebiete eine noch höhere, von Ferretto gebildete Terrassenfläche.

Es treten also auch am Seveso drei Schotter auf, denen außerhalb des Moränengebietes drei Terrassen entsprechen. Dabei erscheint der älteste unter ihnen, dessen Wurzelgebiet tief unter den Jungmoränen begraben liegt, auch hier als feste Kalknagelfluh (Ceppo), und deutlich läßt sich hier bei Subiägo feststellen, daß der fast rein kristalline Ferretto hier nur ein Verwitterungsprodukt des Ceppo darstellt, in den er taschenförmig eingreift. Den beiden jüngeren Schottern stehen hier faziell jeweils völlig gleichwertig die Jung- und Altmoränen gegenüber, ohne daß sich über ihr gegenseitiges Verhältnis hier mehr aussagen ließe, als daß sich die betreffenden Schotter und Moränen gegenseitig regional ausschließen. Vgl. hierzu Fig. 7a.

**6f. Das Gebiet des Lambro.** Tavolette 32, II, NO Erba Incino, SO Carate Brianza, III, NE Como, SE Cantù; 45, I, NO Monza.

Das Gebiet des Lambro umfaßt den westlichsten Teil des brianteischen Moränengebietes. Seine Wälle schmiegen sich dem Gebirgsrande an: über Valbrona und Asso drang ein Ast des Leccoarmes des großen larisch-brianteischen Gletschers in das untere Gebirgsstück des Lambrotales ein, dessen oberster Teil im Bereich eines weiteren, von Magregho kommenden Astes lag. So ist also das ganze Lambrogebiet von brianteischem Eise überflutet und mit erratischem Material bedeckt worden; als solches haben hier alle Gesteine zu gelten, die älter sind als die norische Stufe der Trias (Hauptdolomit), im besondern alle kristallinischen Gesteine; denn auch in präglazialer Zeit mag hier die Hydrographie nicht wesentlich über das heutige Einzugsgebiet des Lambro hinausgegriffen haben. Vor seinem Austritt aus dem Gebirge hat der Lambro ein mächtiges Delta aufgeschüttet, die Ebene von Erba Incino, und dadurch den Lago di Pusiano vom Lago di Alserio getrennt. Beide einst zusammenhängenden Seen erfüllen eine Senke zwischen dem eigentlichen, hier liasischen Gebirgsrand und einem ostwestlich verlaufenden Hügelzug aus jungcretaceischen und eozänen Kalken; gestaut sind sie im Osten wie im Westen von je einem Wall des brianteischen Moränengebietes, stehen also in ursächlichem Zusammenhang mit der Ablagerung der Jungmoränen. Am Südufer des Sees von Alserio streicht über der Casella del Lago sowie beim Fornace westlich Pontenuovo ein blaugrauer, sandiger Ton aus, der bei Pontenuovo nach oben in gut geschichtete gelbe, mergelige Sandsteinlagen übergeht und in etwa 285 m von frischem, fest verkittetem, mittelstückigem, etwa 10 m mächtigem Ceppo überlagert wird, der seinerseits wieder unter echter Jungmoräne liegt. Der völlig sterile Ton wird von Sacco für pliozän erklärt; da jedoch im

ganzen Gebiete der larisch-brianteischen Vergletscherung sicher erwiesene kontinentale Pliozänablagerungen völlig fehlen (vgl. auch unten S. 264), so möchte ich mich dieser Deutung nicht ohne weiteres anschließen. Sollte dieser Ton nicht vielmehr andeuten, daß vor der Ablagerung des Ceppo hier bereits ein See unter den heutigen ähnlichen Verhältnissen, d. h. durch Moränen gestaut bestand?

Auch weiter südlich fließt der Lambro durch Jungmoränengebiet. Wie in der larischen Gegend bei Chiasso und Mendrisio—Balerna, so finden sich auch hier Reste und Zeugen kleiner Zwischenmoränenseen; so sieht man beispielsweise nördlich Molino Baggero östlich an der Straße Merone—Lambrugo frische Moräne unter 5 m fest verkittetem, nach Westen einfallendem Deltaschotter, und bei und nördlich der Cascina Momberto ist die durch viele gekritzte Kalkgeschiebe ausgezeichnete, wie immer gänzlich lehmfreie Jungmoräne selbst deutlich geschichtet und fällt nach Osten ein.

Bei Lambrugo lehnt sich die Moräne an eine Terrasse an, auf welcher jener Ort liegt; sie besteht ganz aus ungemein fest verkittetem, mittel- bis kleinstückigem, mäßig gut geschichtetem Ceppo, der in mauerartigen Wänden besonders gut längs der Bahnlinie nördlich des Bahnhofs von Lambrugo zu beobachten ist; er wird hier als Baustein gebrochen. In einem derartigen Materialhaufen fanden sich am Bahnhof Lambrugo Cepposchollen mit prächtiger, glazial geschliffener Oberfläche; doch gelang es mir nicht, den Ort des Gletscherschliffs selbst zu ermitteln. Nordöstlich bei Cascina Immacolata finden sich auf der flachwelligen, offenbar gerundhöckerten Ceppooberfläche gekritzte Geschiebe; die Straße nach Lurago schneidet Jungmoräne an, die auch am Hang südöstlich Calpuno gut aufgeschlossen ist, während am Hang nordwestlich Calpuno, südlich der Straße Lambrugo—Anzano, unter verwaschener, lehmiger Moräne oberflächlich etwas aufgearbeiteter Ceppo, wenig östlich, nördlich an der Straße westlich bei der Cascina Monticello, frischer, fester Ceppo erscheint. Es liegen hier also die Jungmoränen auf einem Sockel von Ceppo, dessen Oberfläche hier offenbar stark nachträglich glazial überarbeitet worden ist. Ein typischer Jungmoränenwall liegt noch bei Fabbrica Durini. Östlich der Station Brenna—Alzate schneidet die Bahn festen, groben, kaum geschichteten Ceppo an, der ebendort nördlich an der Straße nach Fabbrica Durini von Jungmoräne überlagert wird; und ebenso liegt westlich der Station, besonders gut an der Straße nach Brenna aufgeschlossen, gelbbrauner Schutt mit verwaschener Moräne auf festem Ceppo. Hier liegt die Grenze der Jungmoränen; denn am östlichen Tunnellingang westlich des Bahnhofs

Brenna—Alzate zeigt südlich an der Bahn ein großer Aufschluß festen Ceppo bis zu verschiedener Höhe, darüber, tief in ihn eingreifend und sich eng mit ihm verzahnend, echten, gänzlich zersetzten, gut geschichteten, rotbraunen Ferretto, und auf diesem nur ein kleines Fetzen Jungmoräne. Über dem Tunnel und in dessen Umgebung trifft man weiterhin überall oberflächlich leuchtend roten Lehm; westlich des Tunnels erscheint nördlich an der Bahn über schlechten Ceppoausbissen Ferretto ohne Schichtung und in ausgesprochener, grober Moränenfazies. Weiter nach Westen, etwa bei Fecchio, beginnt die Altmoränenzone des larischen Gebietes (s. o.).

Weiter im Süden treten auch am Lambro Altmoränen auf. Im Norden von Carate Brianza ist an der Straße von Verano nach Agliate nahe der Brücke am rechten Uferhang unter rotbraunem Lehm echte, in den oberen Lagen stark zersetzte, nach unten frischer werdende, aber auch dort noch überwiegend kristalline Altmoräne erschlossen, unter der am Flusse feste, ziemlich grobe, kalkreiche Nagelfluh des Ceppo austreicht. Im Westen von Carate dagegen beginnt schon die weite Fläche der Poebene, in welcher im Südosten und Nordosten von Seregno loser, ganz frischer, lehmfreier Schotter ausgebeutet wird. — In dieser Gegend ist auch das am Lambro erscheinende Liegende des Ceppo von großer Wichtigkeit. Unter Costa Lambro bildet der Ceppo schroffe, höhlenreiche Abbrüche einer größtenteils sehr festen, nach unten lockerer werdenden, kalkreichen, grobbankigen Nagelfluh; unter dieser liegt in etwa 225 m ein sehr auffälliger Quellhorizont, und unter letzterem wiederum streicht in einem vorzüglichen Wasserriß genau östlich des Molino Porrenzello erst etwa 1 m grauer Lehm, tiefer 1 m bunter Lehm und endlich bis zum Fluß etwa 5 m mächtiger, echter, roter, ganz zersetzter Ferretto aus. Weiter nördlich, etwa 250 m südlich La Sega, ehe die von Agliate kommende Straße die dortige kleine Talweitung betritt, sieht man am rechten Hang erst eine verrutschte Partie Gehärgeschutt, dann aber Bänke sehr fester, frischer, ziemlich grober Nagelfluh, die an einer Stelle einer etwa 50 cm langen Linse graugrünen Tones auflagern, unter dem wieder in etwa 225 m echter, ganz zersetzter, gelbbrauner Ferretto erscheint. Weiterhin sieht man diesen Ferretto in ganz unregelmäßiger Wechsellagerung mit einer festen, sehr kleinstückigen Nagelfluh, die durch auffallende Häufigkeit ganz zersetzter Gerölle ausgezeichnet ist. Es handelt sich hier also wieder um einen unter dem eigentlichen Ceppo gelegenen älteren Ceppo samt zugehörigem älteren Ferretto; dieser ältere Ceppo entspricht petrographisch durchaus dem Liegendschotter des Ceppo an der Olona (s. o.). — Nördlich

des Molino del Filo tritt am rechten Uferhang unter verrutschtem Moränenmaterial frischer, grober, fester (jüngerer) Ceppo hervor; er liegt hier in 230 m diskordant über ziemlich steil nach Norden einfallender, in den oberen Schichten etwas geschleppter Molasse (Tongriano). — Endlich liegt bei Agliate am linken Lambroufer eine niedrige Terrasse, auf welcher der Friedhof des genannten Ortes gelegen ist; Kiesgruben am Sträßchen von Molino Porrenzello zur Färberei Villa sowie am Sträßchen von der Kirche zum Friedhof am Abfall dieser Terrasse zeigen, daß sie aus losem, frischem, lehmfreiem Schotter aufgebaut ist. Da nun aber diese Terrasse 30 m tiefer liegt als die aus gleichem Material aufgebaute Ebene westlich Carate und sogar in deren Sockel eingeschnitten ist, ergibt sich hier die Notwendigkeit, den jüngsten Schotter in zwei Serien aufzulösen.

Östlich des Lambro sind die Altmoränen weit verbreitet. Die ganze Umgebung von Bel Dosso ist von braunem Lehm bedeckt; tiefer schneidet ein Weg von der Fabrik Cagnotti nach S. Elisabetta am linken Lambroufer frische Moräne mit gekritzten Geschieben und ausgezeichneter Schichtung an. Am Sträßchen östlich Bel Dosso trifft man eine fast durchweg sehr fest verkittete, kalkreiche Nagelfluh in 270 m, die durch seltene gekritzte Geschiebe und mangelnde Schichtung als Moräne gekennzeichnet wird; sollte es sich hier um eine Ceppomoräne handeln? Ähnlichen ungeschichteten, grobblockigen Ceppo, der aber anscheinend keine gekritzten Geschiebe führt, trifft man an der neuen Staatsstraße Carate—Villa Raverio südlich Rivabella in 265 m; hier wird er in inniger Verzahnung von typischem, rotem, ganz zersetztem Ferretto überlagert. Dieser Ferretto findet sich schon an der Straße westlich bei S. Vincenzo und hat weiter nach Süden und Osten weite Verbreitung. Er ist an der Brücke der Kleinbahn Carate—Villa Raverio über den Rio Peschiera angeschnitten, aber seine mächtige, rote Lehmdecke tritt überall zutage (sie wird z. B. nördlich bei Casa Riva angeschnitten). Über dem roten Lehm findet sich als Ausläufer der Altmoränen eine dünne, oft unterbrochene Decke von braunem, bisweilen steinigem Lehm bis in die Gegend von Casa Riva und Tregasio. Eingesenkt in den Ferretto ist in der Gegend von Rivabella im obersten Tälchen von Contrevaglio eine kleine Terrasse aus ganz lockerem, frischem, lehmfreien Schotter, dessen Oberfläche hier ziemlich genau in das Niveau der aus gleichem Material aufgebauten Ebene westlich Carate fällt; etwa 20 m tiefer findet man ebendort eine dünnbankige, teilweise sehr feste Nagelfluh mit sandigem Bindemittel, weshalb die Gerölle beim Anschlagen vielfach nicht durchbrechen wie in den festen

Partien des kalkig verkitteten echten Ceppo, sondern herausspringen. Diese Nagelfluh stellt meiner Meinung nach hier den älteren Schotter dar, der sonst in diesem Teile des Lambrogebietes offenbar gänzlich fehlt; sie erfüllt vermutlich ein Tal in dem von Ferretto bedeckten Ceppo und wird vom jüngsten Schotter überlagert, während ihr Liegendes nicht erscheint. — Weiter im Osten, im Tal des Torrente della Valle, ist südöstlich Zuccone Robbasacco ziemlich feinkörniger, fester, frischer, kalkreicher Ceppo in engster Verzahnung mit dem hangenden, etwa 20 m mächtigen, typischen Ferretto zu beobachten; hier kann man sehen, daß die Nagelfluh nach oben rot und mürbe wird, ehe sie durch echten Ferretto ersetzt wird. Roter Ferrettolehm wird auch von der von Correzzana kommenden Straße nördlich bei Lesmo angeschnitten und überkleidet bei Lesmo den ganzen, mehrfach gestuften Abfall zur Poebene, deren frischer, loser, lehmfreier Schotter wieder östlich bei Peregallo südlich an der nach Arcore führenden Straße ausgebeutet wird.

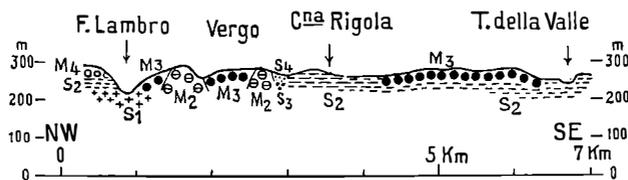


Fig. 8. Profil vom Lambro zum Torrente della Valle.

Maßstab der Höhen 1 : 20000, der Längen 1 : 100000.

M<sub>2</sub> = Moränen des jüngeren Ceppo und Ferretto, M<sub>3</sub> = Altmoränen, M<sub>4</sub> = Jungmoränen, S<sub>1</sub> = älterer Ceppo und Ferretto, S<sub>2</sub> = jüngerer Ceppo und Ferretto, S<sub>3</sub> = älterer Schotter, S<sub>4</sub> = jüngster Schotter.

So zeigt sich also auch im Lambrogebiet die Möglichkeit, rein stratigraphisch und petrographisch vier verschieden alte Schotter zu unterscheiden; zwischen dem ältesten und dem zweiten ist am Lambro echter Ferretto eingeschaltet, und in gleicher Weise ist der zweite Schotter und seine Moränenfazies von den Ausläufern der Altmoränen im Gebiet von Rivabella bis Tregasio getrennt. Das Verhältnis zwischen Moränen und Schottern ist hier wenig ersichtlich; nur für den Ceppo ist es wahrscheinlich, daß er bei Bel Dosso und Rivabella als Moräne entwickelt ist. Auffallenderweise aber trifft man typischen Ceppo in Schotterfazies noch viel weiter nördlich, bis an den See von Alserio; vielleicht ist dies so zu erklären, daß zwischen den Ceppomoränen des brianteischen und larischen Gebietes ein regionaler Hiatus im Bereiche des Lambro klafft. Die Teilung des jüngsten Schotters ist ebenfalls recht eigenartig. Vgl. Fig. 8.

**6g. Das Gebiet der Brianza.** Tavolette 32, II, NO Erba Incino, NE Oggiono, SO Carate Brianza, SE Brivio.

In sehr eigenartiger Weise liegt in der Brianza der Alpenrand an weit entfernten Punkten, je nachdem man ihn geologisch oder morphologisch bestimmt. Der Rand des Hochgebirges liegt bei Erba Incino, bei Pusiano und Suello mit einem hohen Abfall; der Geologe sieht hier nur die Grenze des Lias und rechnet die ganz flachwellige, vielfach unter Diluvium begrabene Vorlandzone bis Inverigo und Missaglia noch zum Alpenkörper, da sie aus cretaceischen und alttertiären Schichten besteht, während er die morphologisch völlig gleichwertige, südlich sich anschließende Zone der tongrischen und jüngeren Bildungen als eigentliches Vorland betrachtet. Östlich Oggiono bildet der im Monte Crocione gipfelnde Pralpèrazug eine beträchtliche Aufragung der unteren und oberen Kreide, und ihm entspricht östlich Missaglia der niedrige Hügel von Montevecchia samt dem Nummulitenkalkzug von Crippa; man könnte hier von einem allmählichen Übergang des Gebirges zum Vorland reden. Die niedrige Vorlandzone im Westen von Oggiono—Missaglia ist völlig mit eiszeitlichen Ablagerungen überdeckt, und zwar handelt es sich durchweg um Jungmoränen, zu denen ich auch, im Gegensatz zu Penck, die völlig frischen Moränen nördlich Crippa sowie am Westhang des Hügels südlich der Cappelletta di Crippa in 440 m Höhe im Südosten von Sirtori rechne. Es ist freilich meist nur ein äußerst dünner Moränenschleier, der hier das Anstehende überkleidet, ja vielfach tritt letzteres zutage und zeigt nur eine Bestreuung mit großen erraticen Blöcken; die scheinbaren „Moränenwälle“ dieses Gebietes sind oft genug lediglich durch Aufragungen des Untergrundes bedingt. Ältere diluviale Ablagerungen scheinen innerhalb der Brianza völlig zu fehlen; nur am Torrente Bevera fand ich bei Molino Crotta unter lehmbedeckter, oben etwas verwitterter, brauner Moräne eine feste, sandige Nagelfluh, welcher aber bei ihrer völligen Isolierung kaum größere Bedeutung zuzusprechen sein dürfte. Im übrigen ist hier Lehm nicht zu finden.

An die oben erwähnten höheren Aufragungen im Osten von Oggiono und Missaglia schmiegen sich die Moränen an, so jedoch, daß der Pralpèrazug sie nicht unwesentlich überragt, während bei den Erhebungen im Norden und Osten von Missaglia eigentlich nur die dem Gebirge abgewandte Seite unvergletschert geblieben ist. Hier nun finden sich eluviale Bildungen von großem Ausmaß. Die jungcretaceischen und eozänen grauen Kalke sind überdeckt von einem leuchtend roten, zähen, mehr oder weniger mächtigen Lehm, der z. B. nördlich der Casa

Novelliera sowie südlich der Cascina Spiazzolo noch völlig die Textur des Anstehenden zeigt und nach unten ganz allmählich in letzteres übergeht; es hat sich also hier gewissermaßen ein Ferretto des anstehenden Kalkes gebildet. Manchmal bewahrt der Lehm sogar die graue bis gelbe Farbe des Anstehenden, wie man z. B. bei der Ziegelei von Valle inferno beobachten kann, wo außerdem das Streichen und Fallen der Schichten (N 20 E + 60° NE) noch mit Sicherheit zu messen ist. Sacco hat hier Villafranchiano kartiert, was sicher irrtümlich ist, wie auch schon aus der von ihm angegebenen, hier gefundenen und ganz rezenten Schneckenfauna hervorgeht. — Ein breites Tal zieht sich zwischen dem eozänen Rücken von Crippa und dem obercretaceischen Kamm von Montevecchia nach Südosten hin; es liegt ganz in der eisfrei gebliebenen Zone. In seinem unteren Teile beutet die Ziegelei von Bagaggera fette, blaugraue Tone aus, die nach oben gelb und sandig werden und in 300 m von etwa 5 m mächtigem, gelbem, fettem Lehm überlagert werden. Die gelben, gut geschichteten Tone stehen auch südwestlich der Cascina Fornace am rechten Ufer des Curonebaches an. Sacco stellt auch dies Vorkommen zum Villafranchiano, kann aber wiederum keinen paläontologischen Beweis erbringen, da die hier gefundenen Landschnecken dazu nicht ausreichen; sollte hier nicht vielmehr eine Talverbauung durch den Brivioast des brianteischen Gletschers vorliegen, dessen Jungmoränen nur wenig östlich in der Umgebung von Sartirana beginnen, während die Lage seiner Altmoränen hier unbekannt ist?

**6h. Das Gebiet der Adda.** Tavolette 32, II, NE Oggiono, SE Brivio; 33, III, SO Caprino Bergamasco; 46, IV, NO Trezzo sull'Adda.

Der südöstlichste Ast des gewaltigen insubrischen Gletschers, in dessen Bereich der See von Lecco und sein Abfluß, die Adda, fällt, steht in bezug auf die Großartigkeit der Moränenentwicklung weit hinter den westlicher gelegenen Gebieten zurück. Überall liegt das Grundgestein in nicht allzu großer Tiefe, oft kommt es zum Vorschein, und selbst am Ende der Jungmoränenzone tritt der Nummulitenkalk des Hügels von Robbiate am rechten und des Monte Giglio bei Vanzone am linken Addaufer nackt zutage. Das Eis ist hier also nicht wesentlich über den geologischen Alpenrand vorgedrungen; ja, da hier die Schichten der oberen Kreide und des Alttertiärs nicht ganz unbedeutende Aufragungen bilden, kann man sagen, daß auch der morphologische Alpenrand vom Eise hier nicht nennenswert überschritten worden ist. Auch außerhalb der Jungmoränenzone liegen die Verhältnisse an der Adda klarer als in vielen anderen Teilen des insubrischen Gebietes.

Westlich bei Paderno ist nördlich an der vom Bahnhof zum Orte führenden Straße lichtrotbrauner Verwitterungsboden mit einzelnen gekritzten Geschieben aufgegraben, und an dem bei Torchio Bellini zur Adda hinabführenden Sträßchen sieht man oben in den höheren Lagen stark zersetzte und rotgefärbte, tiefer frische und teilweise verkittete Moräne; es handelt sich hier um spärliche Reste der Altmoränenzone. Tiefer folgt am Addasteilhang echter, sehr fester, feinstückiger Ceppo mit lokalem Quellhorizont, und ebenso besteht hier das linke Ufer aus typischem Ceppo. Während aber hier der Ceppo auch talabwärts bis zum Fluß herabreicht, erscheint am rechten Ufer unmittelbar oberhalb der kühnen Bahnbrücke von Paderno etwa 15 m über dem Fluß unter dem Ceppo, nach oben mit allen Abstufungen von Verfestigung ganz unregelmäßig in ihn übergehend, ein ganz lockerer, frischer, grober, sandiger Schotter, der ebenso wie der Ceppo überwiegend Kalkgerölle führt, aber auch wie jener an ganz frischen kristallinen Geschieben reich ist. Unterhalb der Brücke führt dieser in Kiesgruben ausgebeutete, lose Schotter große eckige Blöcke, büßt stellenweise seine Schichtung ein und führt einzelne gekritzte Geschiebe; er erscheint somit als Liegendmoräne des hier mit scharfer Diskordanz aufgelagerten Ceppo. Talabwärts reicht auch am rechten Ufer fester Ceppo bis zum Fluß hinab; doch fällt schon in den Klippen des Addabettes — der Landschaft, die nach Taramelli<sup>1)</sup> (dessen stratigraphischer Gliederung ich hier nicht zu folgen vermag) die Staffage zu Lionardo da Vincis berühmter „Gioconda“ (Mona Lisa) geliefert hat — an der Abzweigung des Naviglio di Paderno Mangel an Schichtung und Vorkommen stattlicher, ganz eckiger Blöcke in dem überaus fest verkitteten Ceppo auf, und gekritzte Geschiebe erweisen ihn auch hier als Moräne, die aber hier von dem hangenden Ceppo in keiner Weise mehr zu trennen ist. Weiterhin ist der Ceppo ziemlich gut geschichtet, aber noch dort, wo oberhalb Porto d'Adda der Naviglio di Paderno wieder in die Adda einmündet, stellenweise recht grob; erst von Porto d'Adda an erscheint er am linken Ufer in typischer, mittel- bis kleinstückiger Fazies. Südwestlich der Casa del Rialotto erscheint am linken Ufer eine niedrige Terrasse, die sich fortab mit großer Kontinuität am Fluß entlang talabwärts fortsetzt und durchweg etwa 30 m über dem Flußspiegel sich erhebt; sie liegt bis Porto d'Adda am linken, dann bis zur Mündung des Riale Roggione am rechten, hierauf bis zum Molinetto von Castelletto an beiden, bis zur Cascina dei Frati am rechten, bis zur Mündung des

<sup>1)</sup> Il paesaggio della „Gioconda“ e l'Uomo pliocenico di Castenèdolo. Rendiconti R. Ist. Lomb. Sc. e Lett., **47**, 1914, p. 162—171.

östlich Cerro herabkommenden Tälchens an beiden und endlich bis Trezzo am rechten Ufer und hat eine Durchschnittsbreite von gegen 1 km. Ihr Aufbau ist fast durchweg am Flusse vorzüglich erschlossen, besonders gut am rechten Ufer südlich Porto d'Adda durch den Neubau des Naviglio di Cornate; er zeigt losen, frischen, groben, lehmfreien Schotter, der lagenweise mehr oder weniger fest verkittet ist. Dieser Schotter liegt bei Cascina Solza etwa 20 m über dem Flusse am linken Ufer mit sehr scharfer Grenze auf Ceppo, dessen oberste Lagen hier rötlich verwittert sind, reicht aber von Porto d'Adda an bis zum Fluß hinab. Dort, wo die niedrige Terrasse sich an die hohen Steilwände beiderseits der Adda anlehnt, ist mehrfach prächtig die Anlagerung des losen, frischen Schotters an die ungemein festen, senkrechten Nagelfluhfelsen zu beobachten, z. B. südlich des Molino Roggia bei Suisio am linken und bei der Casa Negretti am rechten Ufer. Der Ceppo baut einheitlich die ganzen Steilhänge auf; nördlich beim Molinetto di Cornate, an der Mündung des Riale Roggione, ist beim Neubau des Elektrizitätswerkes der Società Edison die ganze Wand in über 50 m Höhe erschlossen und senkrecht abgesprengt worden und so die Möglichkeit geschaffen, ihren durchaus einheitlichen Aufbau aus meist äußerst fest verkitteter, nur lokal lockerer, kleinstückiger Nagelfluh zu erkennen, in welcher vereinzelt kleine kristalline Geschiebe in allen Lagen vorkommen und welche mehrfache lokale Mergeleinlagerungen enthält. In verschiedenen Höhen kann man längs der Adda aus dem Ceppo Quellen austreten sehen. Nördlich von Trezzo kann man westlich der Cascina Belvedere in Steinbrüchen, welche über der niedrigen Terrasse den Ceppo an seinem Abfall ausbeuten, in den höchsten Partien der Nagelfluh zahlreiche orgelartige, mehrere Meter tiefe Schlote beobachten, in die im nördlicheren Steinbruch ein ziemlich mächtiger rotbrauner Lehm zapfenförmig eingreift; im südlicheren Steinbruch ist der Lehm offenbar erosiv gekappt und über ihm liegt ein frischer, lockerer Schotter unter abermals etwa 1 m rotbraunem Lehm. Mitten durch den Ceppo zieht sich hier ziemlich konstant ein liches, dünnes Mergelband, während im übrigen solche Mergeleinlagerungen rasch auskeilen; doch die Verfestigung, Korngröße und Zusammensetzung der Nagelfluh ist über wie unter dem Mergelband völlig gleichartig, und frisches kristallines Material ist auch in den tiefsten Lagen unschwer zu finden. In etwa 170 m sieht man in dem nördlicheren Steinbruch unter dem Ceppo eine bis 1 m mächtig werdende Lage von buntem Lehm, der rasch nach Süden auskeilt, und darunter abermals Ceppo von äußerst feinkörniger Fazies; auffallenderweise sind in den obersten Lagen dieses unteren Ceppo die zahlreichen kristallinen

Geschiebe mehrfach stark zermürbt, und mit einer braunen Oberfläche sondert sich dieser untere Ceppo von dem oberen auch dort aufs deutlichste, wo der zwischenliegende Lehm fehlt. Im südlicheren Steinbruch sieht man diesen unteren Ceppo rasch nach Süden untertauchen. Wie an der Olona und am Lambro kommt also auch an der Adda ein Schotter vor, der älter ist als der eigentliche Ceppo; doch scheint nur bei Trezzo ein Rest von ihm erhalten zu sein.

Die Umgebung von Trezzo zeigt auch sonst noch allerlei sehr Bemerkenswertes. Wichtig ist hier vor allem der Cavo dei Campioli und seine Umgebung. Auf der Hochfläche westlich der Adda liegt mächtiger gelbgrauer Lehm, den die Ziegeleien von Gandiana und Bovisa ausbeuten; sein Liegendes ist im Westen bis nach Vimercate nicht zu beobachten. Dagegen erscheint bei der Cascina S. Martino sowie nördlich des Wasserleitungsturmes westlich Cascina Rocca unter dem hellen Lehm leuchtend blutroter, feinkörniger, geschichteter, gänzlich zermürbter Ferretto, unter welchem, von ihm in taschenförmiger Verzahnung überlagert, im benachbarten Cavo dei Campioli typischer, fester Ceppo sich findet. Die Cascina S. Martino wie auch der Wasserleitungsturm liegen am Abfall einer etwa 10 m hohen Terrasse; im Augenblicke, wo der Cavo dei Campioli in die tiefere Terrasse einschneidet, verschwindet mit scharfer Grenze der Ceppo an seinen Hängen. Eine große Kiesgrube nahe westlich der Cascina Rocca zeigt, daß diese tiefere Terrasse aus ganz frischem, nur lokal verfestigtem Schotter besteht, über welchem wenig gelbbrauner, z. T. steiniger Lehm liegt, der nahe dem Cavo dei Campioli lokal etwas mächtiger wird, etwas westlicher aber im selben Graben gänzlich verschwindet, so daß er wohl als verschwemmt zu gelten hat. Und im selben Graben sieht man östlicher, fast unmittelbar unterhalb der Brücke der Straße von Cascina Rocca nach Trezzo, in etwa 175 m den losen, frischen Schotter auf einer Nagelfluh aufliegen; dieselbe ist dünnbankig, höhlig und von lockeren Partien durchsetzt, so daß die Grenze gegen den hangenden Schotter ziemlich undeutlich entwickelt ist. Diese z. T. sehr feste Nagelfluh ist in einem großen Anriß an der Adda oberhalb der Mündung des Cavo dei Campioli erschlossen und dort durch das völlige Fehlen der für den Ceppo charakteristischen senkrechten Abbrüche als von jenem verschieden zu erkennen. Sie erfüllt einen Taleinschnitt im Ceppo, der schon unter dem Kastell von Trezzo wieder in typischer Weise als Halbinsel im Fluß hervortritt und auch am linken Ufer bei den Cave südlich Cerro von frischem, überwiegend losem, nur lokal verkittetem Schotter überlagert wird. Auch der Brembo ist kurz vor seiner Einmündung in die

Adda bei Brembate di Sotto und Ponte S. Vittore in typischen, felseneften Ceppo eingeschnitten, dessen Hangendes, loser, frischer, lehmfreier Schotter, bei Roccolo nördlich an der Straße Brembate—Osio ausgebeutet wird. Auch am linken Addaufer tritt bei Grignano eine 10 m höhere Terrasse in weiter Verbreitung auf.

So lassen sich bei Trezzo deutlich vier verschieden alte Schotter rein stratigraphisch unterscheiden, von denen, abgesehen vom ältesten, auch der zweitjüngste freilich nur in geringem Ausmaß hervortritt. Aber der Umstand, daß auf der Hochfläche westlich Trezzo ein gelbbrauner Lehm offenbar diskordant auf blutrottem Ferretto aufliegt, sowie daß nördlich Paderno Altmoräne das Hangende des Ceppo bildet, macht es wahrscheinlich, daß der gelbbraune Lehm und die ganze oberste Terrasse beiderseits der Adda, auf welche jener Lehm in seiner

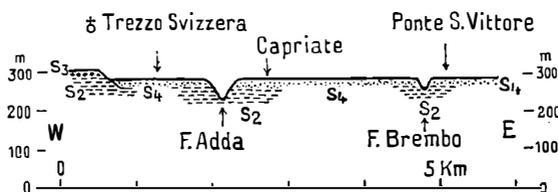


Fig. 9a. Profil an der Adda bei Trezzo.

Maßstab der Höhen 1 : 20 000, der Längen 1 : 100 000.

S<sub>2</sub> = jüngerer Ceppo und Ferretto, S<sub>3</sub> = älterer Schotter, S<sub>4</sub> = jüngster Schotter.

großen Mächtigkeit beschränkt ist, dem zweitjüngsten Schotter entsprechen. Der jüngste Schotter baut die untere Terrasse der Hochfläche auf und liegt an der Adda größtenteils unmittelbar auf echtem Ceppo; Pencks Spezialprofil<sup>1)</sup> kann hier keinesfalls aufrecht erhalten werden. Aus gleichem Material ist die niedrige Terrasse an der Adda aufgebaut, deren Oberfläche an 40 m tiefer liegt als die untere Terrasse der Hochfläche beiderseits des Flusses; der jüngste Schotter muß daher auch hier wie am Lambro in zwei Serien aufgelöst werden. In komplizierter Weise lagern hier die einzelnen Schotter über- und ineinander. Bemerkenswerterweise liegen die Altmoränen unmittelbar auf Ceppo, so daß dessen Ferrettodecke offenbar dort erosiv entfernt worden ist. Mit Moränen tritt nur der Ceppo bei Paderno in sehr deutliche und enge Verbindung. Vgl. hierzu Fig. 9.

**6i. Das Stammgebiet der Adda.** Innerhalb der Jungmoränenzone der Adda liegen zahlreiche kleinere Seen, die ursprünglich wohl alle mit dem Leccoarm des Comersees in Verbindung standen: durch

<sup>1)</sup> A. i. E. A. S. 795, Fig. 103.

die Schuttkegel der von der Südostflanke der Corni di Canzo herabkommenden Wildbäche wurde der Lago di Annone selbständig und ist nun seinerseits im Begriff, durch ausgedehnte Alluvionen, welche sich an die Felskerne von Isella anlehnen, in zwei Seen zu zerfallen; das Delta des Torrente Caldona hat bei Lecco den See von Garlate abgeschnürt, der seinerseits wieder durch das Delta des Torrente Galavesa vom Lago di Olginate getrennt worden ist. (Vgl. Tavolette 32, I, SE Lecco, II, NE Oggiono.) Gewaltige Schuttmassen haben auch im Gebirge das Addatal und den Comerseer in bedeutender Weise postglazial umgestaltet. Wie die Adda mit ihrem Delta den See von Mezzola vom Comerseer abgetrennt hat, so mag der große Schuttkegel des Torrente Bitto bei Morbegno in früherer Zeit den See zurückgedrängt und den Prozeß großartiger Zuschüttung im unteren Teile des oberen

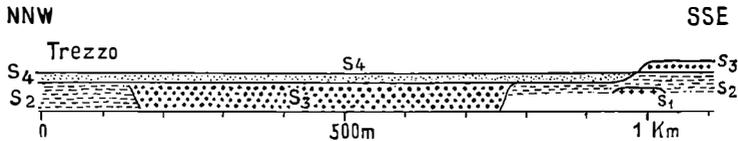


Fig. 9b. Profil bei Trezzo. Maßstab der Höhen 1 : 10 000, der Längen 1 : 12 500. S<sub>1</sub> = älterer Ceppo, S<sub>2</sub> = jüngerer Ceppo, S<sub>3</sub> = älterer Schotter, S<sub>4</sub> = jüngster Schotter. Die weiße Stelle rechts unten entspricht der Terrasse des Schotters S'<sub>4</sub> (= zweite Serie des jüngsten Schotters).

Addatales mächtig gefördert haben. Während die Täler dieses Gebietes dem Morphologen eine Fülle scharf hervortretender Formengruppen zeigen, ist der Diluvialstratigraph hier im wesentlichen zur Untätigkeit verdammt: bis Tirano ist von Endmoränen des ausgehenden Eiszeitalters nichts zu sehen. Dagegen findet man an den Talhängen Moränenreste, so bei Motta an der zum Apricapaß hinaufführenden Straße in 500—600 m. Selbst am Apricapaß ist von Moränen nichts zu sehen, trotzdem oder eigentlich weil dort eine prächtige glaziale Rundhöckerlandschaft vorliegt; und östlich des Passes finden sich im Fiumicellotal die großen Schuttkegel der Umgebung von Còrteno. Dagegen deuten an der rechten Flanke des Veltlin unterhalb Tirano die eigenartigen, wannenförmig vertieften Quelltrichter des Boalzo- und Campionebaches mit ihrem schlauchförmigen Ende, an welches sich in etwa 750 m eine enge Schlucht anschließt, wahrscheinlich auf stationäre Gletscherentwicklungen des ausgehenden Eiszeitalters. (Vgl. hierzu Tavolette 17, I, SE Novate Mezzola, II, NE Colico; 18, I, Sondrio, II, Corno Stella, III, Morbegno; 19, II, NO Malonno, III, Schilpario NO und NE, IV, Tirano SE; sämtlich Grenzblätter! Ferner Siegfriedatlas der Schweiz 524 Brusio.)

(Schluß folgt.)

## **Die eiszeitliche Vergletscherung der Südalpen zwischen Dora Riparia und Etsch.**

Eine prinzipielle stratigraphische Untersuchung.

Von **Fr. Levy** in München.

(Schluß.)

### **A. Regionaler Teil (Fortsetzung).**

**7. Das bergamaskische Gebiet. a. Das Gebiet des Brembo.** Tavoletta 33, I, Clusone NO, III, NE Zogno, SE Bergamo, IV Piazza Brembana NE und SE.

Im Osten des insubrischen Gebietes ist die Durchschnittserhebung des Gebirges geringer; es hat nur unbedeutende Gletscher zu erzeugen vermocht, die tief im Innern des Gebirges stecken blieben. Das Gebiet des Brembo hat Penck nicht besucht<sup>1)</sup>; und Porro, der die dortigen Diluvialbildungen wohl kennt<sup>2)</sup>, hat sie auf seiner im Maßstab 1 : 100 000 veröffentlichten „Carta geologica delle Alpi Bergamasche“ höchst ungenügend eingetragen und in dem der Karte beigegebenen Text<sup>3)</sup> überhaupt nicht erwähnt. Unsere gesamte Kenntnis der diluvialen Vergletscherung des Brembotales ging bisher auf Stoppani<sup>4)</sup> zurück. Saccos Monographien lassen zwischen Adda und Oglio eine Lücke; daher war hier gewissermaßen Neuland zu erforschen.

Der Brembo ist bis zu der Stelle, wo er bei Almenno das Gebirge verläßt, in anstehenden Fels eingeschnitten, und zwar bildet sein Bett im Gebirge eine schmale, steilwandige Schlucht, welche ein bedeutendes Verkehrshindernis bildet. Über ihm liegt in 20 m Höhe bei Almenno eine breite Felsterrasse, deren in scharfer Diskordanz die Schichten des Anstehenden abschneidende Oberfläche besonders gut am rechten Flußufer bei Madonna del Castello hervortritt. In ziemlich demselben

---

1) Vgl. A. i. E. A. S. 838.

2) Vgl. „Das Gebirge zwischen Como- und Iseosee“ in: A. Tornquist, Geologischer Führer durch das oberitalienische Seengebirge. 1902 (Borntraeger). S. 121 ff.

3) Note illustrative della Carta Geologica e delle Sezioni. Mailand 1903.

4) Geologia d'Italia 2 (L'Era neozoica). 1880. S. 122.

Niveau wie diese Felsterrasse liegt ein östlich der Bahn an den Uferhängen des Torrente Gaggio nördlich Villa d'Almè sowie beim Bahnhof Clanezzo erschlossener lehmfreier, grober, ziemlich gleich aus kalkigen wie kristallinischen Geschieben zusammengesetzter, fast durchweg zu sandiger Nagelfluh verkitteter Schotter, der auch oberhalb und bei S. Pellegrino Terzi eine etwa 10 m über dem Fluß gelegene Terrasse aufbaut; gegenüber dem groben, festen, aber oxydierten und von mehrere Meter mächtigem gelbbraunem Lehm bedeckten Schotter, der in der Umgebung von Bergamo in geringer Mächtigkeit das Grundgestein und das marine Pliozän bedeckt, ist er deutlich als jüngster Schotter gekennzeichnet. In großer Deutlichkeit ist die Felsterrasse als nicht sehr breiter Talboden über der heutigen Schlucht des Flusses bis nach S. Giovanni Bianco zu verfolgen; sie liegt bei Almenno in 280 m, bei Zogno in 335 m und bei S. Giovanni Bianco in 470 m, hat also einen Anstieg talaufwärts von 8 bzw. 13‰. Über ihr sind die Hänge ziemlich gleichmäßig abgeböschet und mitunter, wie bei Zogno oder über dem Hauptdolomit von Collo nördlich S. Pellegrino, von rotbraunem Lehm auf einer Lage stark verwitterten Gesteins überkleidet. Der kulissenartige Aufbau des Talbildes, die Form des ausgesprochen V-förmigen Talquerschnittes sind weitere Kennzeichen dafür, daß hier ein nie vergletschertes Gebiet vorliegt. Dabei sind hier im Kalkgebirge die Bergformen oft sehr schroff; stark mitten am Hang austretende Karstquellen sind für einzelne Kalkzonen bezeichnend.

Oberhalb S. Giovanni Bianco setzt bei Orbrembo, genau an der nördlichen Grenze der Raibler Schichten gegen die Serien der mittleren Trias, eine überaus mächtige Gehängebreccienbildung ein, die vor allem im Bereiche des Esinokalkes über 100 m Mächtigkeit erreichen kann. Auf beiden Talseiten sind hier die kahlen, öden Kalkhänge unterhalb ihrer schroffen Abstürze geradezu gepanzert mit ausgedehnten, heute tief vom Flusse angeschnittenen Schutthalden, die durch völlige, sehr feste Verkittung leicht von jüngeren, lockeren Bildungen ähnlicher Art zu unterscheiden sind. Meist bestehen diese Breccien nur aus eckigen, kleinen bis (vereinzelt) sehr großen Bruchstücken des unmittelbar Anstehenden; aber nicht selten kommen auch Porphyrgeschiebe in ihnen vor sowie andere, gut gerollte Geschiebe, und wenig oberhalb Camerata Cornello findet sich in ihnen eine solche Anreicherung großer, runder, vielfach kristalliner Geschiebe, daß es sich hier wohl um eine aufgearbeitete Moränenablagerung handelt, besonders da talaufwärts kristallines Material in den Breccien wieder mehr zurücktritt. Bei La Costa hat sich der Fluß zwischen das Anstehende des linken Hanges

und dessen alte Schutthalde eingeschnitten, welche, wie deutlich zu sehen ist, ihrerseits von der Breccie des rechten Hanges diskordant überlagert wird. Aber auch im Bereiche dieser Breccien liegt das heutige Flußbett des Brembo talaufwärts bis etwa zur Fucina Vecchia südlich Lenna größtenteils im anstehenden Grundgestein. Bei Lenna ändert sich die Physiognomie des Tales durchaus, aber nur an der Mündung des Brembo Orientale und im Tale des letzteren. Eine breite Talaue liegt östlich Lenna als typischer, ebener Aufschüttungsboden, über dem die Hänge des linken Ufers mit schroffen Felsen ohne jede Breccienspur abstürzen. Am rechten Ufer liegt auf anstehendem Muschelkalk, der bei der Kirche von Lenna und längs der Straße Lenna—Valnegrà gut zu beobachten ist, eine ausgezeichnet entwickelte Moräne mit viel kristallinem, aber auch gekritztem Kalkmaterial, die besonders gut hinter dem Hause der Finanzwache nördlich der Kirche von Lenna erschlossen ist. Die höheren Teile des Gehänges liegen bis Valnegrà unter einer Kalkbrecciendecke, auf welcher bis etwa 700 m gewaltige erratische Porphyrböcke zerstreut sind. Im Tälchen östlich Valnegrà ist sehr großblockige Moräne erschlossen; sie bedeckt hier einen Muschelkalksporn, der weit ins Tal hinein vorspringt und bei S. Carlo einen echten Moränenwall vortäuscht. Dieser Sporn ist westlich Cantone vom Flusse in enger Klamm tief zerschnitten; eine mächtige Schutthalde hat bei Pospoda und Cantone das ursprüngliche Flußbett verschüttet und den Fluß zurückgedrängt, so daß er zu einer epigenetischen Talneubildung gezwungen wurde. Bei S. Maria ist ein Servinosporn des rechten, nördlichen Talgehänges bis etwa 700 m deutlich unterschritten und bis noch etwas höher hinauf prächtig geschliffen; und ein ebenso hübsch geschliffener Muschelkalkrundhöcker liegt auch im Talgrunde wenig oberhalb Pospoda. Nach allem liegt also hier das unzweifelhafte Gletscherende mit den Jungendmoränen des Brembo Orientale, und die Talaue von Lenna hat wohl als Zungenbecken zu gelten.

Andere Verhältnisse trifft man oberhalb Lenna im Tale des Brembo Occidentale. Oberhalb Piazza Brembana ist das linke Gehänge mit Breccien überkleidet, auf welchen bis weit über 600 m große Porphyrböcke liegen; wenig nördlich Mulera findet sich östlich über der Straße typische, fast rein kristalline Moräne; ebendort erscheint westlich unter der Straße kalkige Breccie. Weiterhin verschwindet aber talaufwärts wieder alles Moränenmaterial, und ebenso wie unterhalb Lenna sind die Hänge mit Breccien überkrustet, in welchen mitunter Geschiebe mit deutlich pseudoglazialer Schrammung vorkommen, die aber hier, soweit sie im Bereiche des plattigen Muschelkalkes liegen, weniger mächtig

sind, und das schmale Flußbett liegt durchweg in Anstehendem. Das Tal des Brembo Occidentale zeigt oberhalb Lenna keine Spuren früherer Vergletscherung. Bei Piazzolo bildet die Breccie eine auffallend flach talabwärts geneigte Oberfläche; eingelagert ist ihr hier an dem tiefen Bachriß südlich Piazzolo ein etwa 20 m mächtiger, horizontal geschichteter, gelber, ziemlich lockerer Mergelsand, dessen Oberfläche in etwa 680 m liegt und welcher wohl einer lokalen Stauseebildung sein Dasein verdankt. Leider war es mir nicht möglich, noch weiter talaufwärts vorzudringen; vermutlich lag das Ende der Vergletscherung dieses Talgebietes bei Piazzatorre in etwa 850 m, wo eine auffallende Talverbreiterung auf Porros Karte als Quartär bezeichnet ist.

Im Brembogebiet finden sich also tief im Gebirge echte Jungmoränen, welche den weitverbreiteten Breccien stellenweise aufliegen; die Breccien sind also älter als jene. Andererseits findet sich ein gutes Stück talauswärts in den Breccien bei Camerata Cornello aufgearbeitetes Moränenmaterial, das also älter sein muß als die Breccien. Den älteren, äußeren und den inneren, jüngeren Moränen entsprechen am Alpenrande der ältere und jüngste Schotter, von denen der letztere ein Stück weit sich ins Gebirge hinein verfolgen läßt, aber auch noch von der Moränenzone weit entfernt bleibt.

**7b. Das Gebiet des Serio.** Tavolette 33, I, Clusone NE und SE, II, NO Albino, NE Gandino, SO Alzano Maggiore.

Ganz andere Verhältnisse als im Brembogebiet herrschen im Seriotal; obwohl man auch dort erst tief im Gebirge die ersten Gletscherspuren findet. Dort, wo der Serio das Gebirge verläßt, fließt er bereits durch eine breite Talaue, die ihn weit talaufwärts begleitet; und wenn bei den Straßenbrücken von Albino und Cene das Anstehende in seinem Bette erscheint, so geschieht dies nur, weil er an diesen Stellen durch die Schuttkegel des Valle di Albino bzw. des Valle Rossa zur Seite gedrängt worden ist. Erst oberhalb Bondo, in dem engen, dolomitischen Talstück bis Ponte di Nossà, erodiert der Fluß das Grundgestein. Eine sehr konstante Terrasse aus frischem, grobem, lehmfreiem, festverkittetem Schotter zieht vom Gebirgsrande am Fluß entlang talaufwärts; sie liegt bei Nembro in 325 m, bei Albino in 350 m, bei Colzate in 425 m, bei Ponte della Selva in 475 m. Hier ist sie z. T. ungeschichtet und sehr großblockig und tritt offenbar in innige Verbindung mit den gleichfalls fest verkitteten, nur lokal lockeren, lehmfreien, mächtigen, vielfach schräg und unregelmäßig geschichteten Moränen, welche die Hügel der Selva im Westen und Südwesten von Clusone größtenteils aufbauen

und das Ende des Borlezzaarmes des Ogiogletschers darstellen; so sieht man z. B. oberhalb Ponte della Selva echte, lockere Moräne unter der Nagelfluh. Aber im Seriotal oberhalb Ponte della Selva findet sich jene Schotterterrasse wieder, bei Villa d'Ogna in 530 m und bei Ardesio in 593 m; bei Ludrigno ist ihre Nagelfluh höhlig und etwa 1 m unter der Oberfläche von eigenartigen, ziemlich tiefen Schloten durchsetzt. Bei der Talenge von Ponte Nuovo setzt die Terrasse plötzlich aus; hier ist der Esinokalk bis über 700 m hinauf schön glazial geschliffen, und oberhalb der Enge deuten große, runde Porphyrböcke und Gneisgeschiebe auf Moränenreste. Hier liegt also offenbar das der (weiter talaufwärts nicht mehr erscheinenden) Nagelfluh entsprechende Gletscherende. Und hier kann man feststellen, daß die Aufschüttung dieses jüngsten Schotters unbedingt gleichzeitig erfolgt sein muß mit der Ablagerung der Jugendmoränen von Clusone. Hinter den letzteren breitet sich nach Osten ein außerordentlich weites Zungenbecken aus; aber auch das Seriotal bildet bei Clusone eine Weitung, und einzelne, frei am linken Talhang südlich von Ardesio zerstreute große Porphyrböcke deuten darauf hin, daß wahrscheinlich in einer früheren Periode der Seriogletscher sich bei Clusone mit dem Borlezzaarm des Ogiogletschers vereinigte. Sonst ist aber im Seriotal von älteren Moränen nichts zu beobachten. Bei Piario findet sich etwa 10 m über dem Fluß eine schmale und ganz lokale Terrasse mit lockerem, kleinstückigem, deltaartig nach Süden einfallendem Schotter; vielleicht hat hier einmal eine größere Rutschung an dem diluvialen Steilufer des Flusses denselben eine Zeitlang gestaut. — Erwähnt sei noch, daß Gehängebreccien im Seriotal stark zurücktreten; sie finden sich im Hauptdolomit der Talenge nördlich Colzate, vor allem aber wieder im Bereiche des Esinokalkes südlich Ardesio.

Wenn neben den Jungmoränen und dem aufs engste mit diesen verbundenen jüngsten Schotter von Altmoränen nur spärliche Reste vorhanden sind, so finden sich auch von einem älteren Schotter nur noch Bruchstücke. Zwar finden sich mehrfach über der Terrasse des jüngsten Schotters von mächtigem gelbbraunem Lehm bedeckte höhere Terrassenreste, so bei Vertova und Albino mit etwa 30 m Sprunghöhe; aber ihr Kern besteht, wie am Terrassenabfall bei Comenduno zu sehen ist, aus anstehendem Gestein. Wenn man von dem bereits erwähnten älteren Schotter der Umgebung von Bergamo (s. o.) absieht, findet sich außer dem jüngsten Schotter nur an einer Stelle noch eine mächtige ältere Schotterablagerung: es ist die Nagelfluh des Val Gandino, welche durch die unter ihr liegende, von Penck als interglazial, von Sacco

als Villafranchiano, von andern als altquartär gedeutete Schieferkohle von Leffe in der Literatur bereits mehrfach bekanntgemacht worden ist. Penck war für seine Beschreibung und sein Profil<sup>1)</sup> noch fast ganz auf den seit einigen Jahren eingestellten Tagebau am rechten Romnaufer westlich Leffe angewiesen. Seither ist aber der Abbau unter Tag in großem Umfange aufgenommen worden, mehrere tiefe Schächte sind bei Gandino, Leffe und Cazzano abgeteuft worden und haben beim Durchfahren eines höchst mannigfaltigen Schichtkomplexes zahlreiche wichtige Profile geliefert; Pencks Darstellung genügt den Verhältnissen, soweit wir sie heute kennen, in keiner Weise mehr, und es erscheint daher angebracht, eine neue, genaue Einzelbeschreibung des wichtigen Vorkommnisses zu liefern.

Am linken Serioufer erhebt sich gegenüber Vertova eine Terrasse, welche die Schotterterrasse von Colzate (s. o.) um fast 80 m überragt. Sie besteht aus ceppoartig fest verkitteter, grob gebankter Nagelfluh, welche hier offenbar ein altes Tal verschüttet hat; denn während sie bei der Wollspinnerei von Colzate bis zum Serio hinabreicht und bei Casnigo sich an höher aufragenden Hauptdolomit anlehnt, erscheint unter ihr das Grundgestein talabwärts bei der Cascina Somnese in 420 m und steigt südwärts gegenüber Bahnhof Vertova auf 450 m und am rechten Romnaufer auf 470 m, während das linke Romnaufer wieder ganz von Anstehendem gebildet wird. Die Nagelfluh ist bis zur Höhe völlig frisch und oberflächlich von 2—5 m mächtigem, gelbbraunem Lehm bedeckt; ihre Oberfläche liegt südlich Bragate in 525 m, nördlich Ponte di Romna in 490 m, hat also das ganz außergewöhnlich steile Gefälle von 23<sup>0</sup>/<sub>100</sub>. Die sichtbare Mächtigkeit der Nagelfluh am linken Serioufer bei der Wollspinnerei von Colzate beträgt über 110 m. Merkwürdigerweise schneidet im Valle Caldara westlich Cazzano der Bach noch in 500 m anstehenden Fels an. — Im Süden des Torrente Re werden die Verhältnisse verwickelter. Nordöstlich Cascina Rocca zeigt ein Aufschluß östlich an der Straße Cozzano—Leffe unter mächtigem gelbbraunem Lehm gegen 2 m dünnblättrige, sandige, feste Mergelletten, darunter 1 m grauen, etwas sandigen Ton und darunter endlich sehr kleinstückige, etwas brecciöse Kalknagelfluh mit vereinzelt kristallinen Geschieben und von so ausgezeichneter Verkittung wie der festeste Ceppo. Südlich des neuen Bergwerks sieht man bei der Ziegelei östlich an der Straße unter 2 m gelbbraunem Lehm 0,5 m gelbe Mergelletten über 1 m gelben Mergeln, darunter grauen, etwas sandigen Ton; tiefer erscheint etwas westlich am linken Hang des Torrente Re die feste Nagelfluh. Am Ab-

<sup>1)</sup> Vgl. A. i. E. A. S. 839ff. und Fig. 110 und 111.

stieg von der Ziegelei zum Romnatal steht nördlich über der Straße 2 m horizontaler, ziemlich dickbankiger, fester, sandiger Kalk an, der nach unten lettig wird und auf gelben Mergelletten aufrucht. Endlich trifft man in der ertrunkenen Grube des verlassenen Tagebaues westlich Leffe am westlichsten Ende über dem Wasser eine blätterige Schieferkohle, die nach Osten unter graue, nach oben gelb werdende, tonige Mergel untertaucht; höher liegt eine löcherige, höhlige, mäßig feste, lehmfreie Nagelfluh mit lockeren Partien und vereinzelt, z. T. mürben kristallinen Geschieben, durchaus vom Habitus des verkitteten jüngsten Schotters der Terrasse von Colzate, in deren Niveau sie auch hier in 420 m eine kleine Terrasse bildet. Man kann also gut beobachten, wie die feste Nagelfluh des linken Serioufers nach Osten zu sich verkeilt mit mergeligen und tonigen Bildungen von wechselnder Mächtigkeit, und mit diesen selben Bildungen verkeilt sich in tieferen Lagen die Schieferkohle von Leffe. Diese sehr pflanzenreiche Kohle nun besteht, wie aus den Schachtprofilen des neuen Bergwerks südlich Cazzano hervorgeht und wie ich ergänzenden freundlichen Mitteilungen des früheren Leiters, Grubeningenieurs W. Menzel (derzeit in Ribolla, Toscana), entnehme, im wesentlichen aus drei Flözen von 1—2 bzw. 9—12 bzw. 4 m Mächtigkeit; die Sohle des obersten liegt bei dem neuen Bergwerk in 432 m, bei Cazzano in 425 m, bei Gandino in 417 m und bei Leffe in 411 m, diejenige des mittleren oder Hauptflözes bei dem neuen Bergwerk in 398 m, bei Cazzano in 386 m, bei Gandino in 382 m und bei Leffe in 375 m; die Sohle des untersten Flözes ist noch nicht ganz sicher bekannt und dürfte bei dem neuen Bergwerk in gegen 350 m anzusetzen sein. Über dem obersten Flöz liegen reine und sandige graue Mergel mit einzelnen Kohlenschmitzen, nach oben in enger Verzahnung und Wechsellagerung mit der festen Nagelfluh; zwischen dem obersten und dem Hauptflöz finden sich ebenfalls Mergelletten mit eingelagerten sandigen Kohlenflözchen. Unter dem Hauptflöz kommt lokal ein sehr konchylienreicher Sand vor; tiefer folgen bis zum untersten Flöz wiederum Mergel, hier aber manchmal steinig und sehr hart. Das Liegende des untersten Flözes ist nicht bekannt, ebensowenig kennt man bisher die Tiefe, in welcher das Grundgestein ansteht. Auch in den eigentlichen, abbauwürdigen drei Kohlenflözen finden sich Sand- und Mergelschmitzen. Es kann also gesagt werden, daß alle Glieder dieses höchst mannigfaltigen und wechselvollen Schichtkomplexes einschließlich der festen Nagelfluh in so innigen gegenseitigen Wechselbeziehungen zueinander stehen, daß es unmöglich ist, eine chronologisch-stratigraphische Differenzierung bei ihnen durchzuführen; sie müssen allesamt als Bildungen ein und

derselben Periode gelten. Penck hat bereits, meiner Meinung nach mit vollem Recht, darauf hingewiesen, daß Höhenlage und Lehmbedeckung der festen Nagelfluh für dieselbe ein höheres Alter beweisen, als die Nagelfluhterrasse von Colzate besitzt; andererseits muß sie jünger sein als der echte Ceppo, da diesem dort, wo er nicht nachträglich erodiert worden ist, niemals eine mehr oder minder mächtige Ferrettobedeckung fehlt und von einer solchen im Val Gandino keine Spur vorhanden ist. Die Mächtigkeit der limnisch-lakustren Ablagerungen einschließlich der festen Nagelfluh muß maximal zu über 150 m eingeschätzt werden; wie die Oberfläche der Nagelfluh sinken auch die Kohlenflöze nicht unbeträchtlich gegen Leffe hin ab und tun dar, daß hier bereits vor Bildung der Kohle und der Mergel ein tiefes Tal eingeschnitten war, dessen Sohle mindestens 50 m unter dem heutigen Talboden des Serio lag und welches sich bei Colzate mit dem Seriotal vereinigte. Der Umstand, daß diese alte Talmündung heute gänzlich von der festen Nagelfluh ausgefüllt ist, und die Art und Weise, wie die letztere sich mit den limnisch-lakustren Ablagerungen im Val Gandino verzahnt, beweist klar, daß hier erst durch jene mächtige Schotterablagerung und gleichzeitig mit ihr ein See gestaut wurde, welcher erst später durch das heutige Romnatal einen epigenetischen Abfluß erhielt. Der mächtige Aufschüttungsboden des heutigen Seriotales weit außerhalb der Grenzen ehemaliger Vergletscherung, dem oberhalb Colzate eine scharf eingeschnittene Erosionsschlucht gegenübersteht, deutet auf eine junge Senkung des Gebirgsrandes, die aber doch älter ist als die Schotterterrasse des Seriotales; vielleicht ist die außergewöhnliche Mächtigkeit der Ablagerungen im Val Gandino dadurch zu erklären, daß die letzteren während jener Senkung zum Absatz kamen.

**8. Das Gebiet des Oglio.** Tavollette 33, II, NE Gandino, SE Trescore Balneario; 34, III, NO Lovere, NE Pisogne, SO Sarnico, SE Gardone Val Trompia; 46, I, NE Palazzolo sull'Oglio; 47, IV, NO Isèo, NE Gussago, SO Rovato.

Durch das Val Camonica ist ein gewaltiger Gletscher wieder bis an den Gebirgsrand, ja teilweise bis ins Vorland vorgedrungen und hat im sebinischen Moränen-Amphitheater einen stattlichen Zeugen seiner Größe hinterlassen. Da in diesem Gebiete außer Penck und Sacco auch schon Moebus<sup>1)</sup> und ferner Baltzer<sup>2)</sup> sorgfältige glazialstrati-

1) Beiträge zur Kenntnis des Ogliegletschers. Bern 1901.

2) Geologie der Umgebung des Iseosees. Kögens Geol. u. Pal. Abh. N. F. 5, 2.

graphische Einzeluntersuchungen durchgeführt haben, so mögen hier einige Einzelheiten genügen; auf Heß<sup>1)</sup> rein theoretische Rekonstruktionen der Ausdehnung des Ogiogletschers während der vier von Penck unterschiedenen Eiszeiten braucht hier nicht eingegangen zu werden, da ihnen jede tatsächliche Beobachtungsgrundlage fehlt, und eine Kritik seiner morphologischen, auf kartographischem Wege gewonnenen Ergebnisse im innern Val Camonica fällt nicht mehr in den Rahmen dieser Untersuchungen<sup>2)</sup>.

Das Vorlandgebiet des Ogiogletschers ist sehr einfach aufgebaut. Am Südende des Iseosees ist der Gletscher durch den Scagliasandstein des Monte Alto in einen kleinen westlichen und einen großen südlichen Ast geteilt worden. Das Moränengebiet des letzteren, die Franciacorta, zerfällt in zwei scharf zu trennende Teile: eine innere Zone mit mehreren ausgesprochenen Wällen, die von innen nach außen an Höhe zunehmen und im Zuge des Monte di Fantècolo zu einem scharf begrenzten Amphitheater anschwellen — diese Zone ist durch äußerst geringe Verwitterung und Reichtum an gekritzten Kalkgeschieben ausgezeichnet, wenn auch z. B. am östlichen Abfall des Monte di Fantècolo nordwestlich Camignone eine geringmächtige oberflächliche Verarmungszone keineswegs ganz fehlt —, und eine äußere, ganz flachwellige Zone, deren Niveauunterschiede schon von der Höhe des Monte di Fantècolo, mehr aber noch von den Randhöhen des Gebirges aus völlig verschwinden und welche oberflächlich und bis zu einiger Tiefe aus ausschließlich kristallinem, z. T. sehr grobem, rostbraun oxydiertem Material besteht. Es handelt sich hier offenbar um Jung- und Altmoränen, deren gegenseitige Grenze schon von Baltzer völlig richtig gezeichnet worden ist. Außerhalb des Moränengebietes liegen im Süden die Tertiärhügel des Monte Orfano sowie die weiten Flächen der lombardischen Ebene, im Osten bei Provezze Terrassenflächen unter rotbraunem Lehm, dessen Liegendes aber nicht erschlossen ist. Innerhalb der Jungmoränenzone erscheint nordöstlich der Kirche von Borgonato nördlich der Straße Borgonato—Monterotondo eine kleine Aufragung des Anstehenden, an welche sich südwärts die „Mittelmoräne“ von Moebus anschließt. Die Nagelfluh von Cremignane, die nordöstlich des Ortes am Winkel zwischen den Straßen Timoline—Isèo und Clusane—Isèo den bekannten prächtigen Gletscherschliff trägt, läßt nirgends Schichtung erkennen, ist mäßig

1) Die Gletscher. Braunschweig 1904. Karte IV.

2) Vgl. aber dazu Pl. Patrini, Sulla morfologia dei Bacini del Ticino e dell'Oglio. Memorie R. Ist. Lomb. di Scienze e Lett., Cl. di Scienze matem. e naturali **21**, 6, 1914, p. 185—204.

grob und wechselnd verkittet und enthält neben vielen Porphyren auch Gneise und zahlreiche Kalke, von denen am Abfall nördlich unter dem Gletscherschliff ein kleines Stück gekritzelt war, was alles darauf hinweist, daß hier verkittete Altmoräne vorliegt. Ebensowenig wie in der Endmoränenzone findet man auf den Altmoränen noch am Seeufer über Iseo Lehmbedeckung oder in ihnen zersetztes Material: über der sehr auffälligen Terrasse, mit der die frische, an gekritzten Kalkgeschieben reiche Jungmoräne sich bei Pianesse in 520 m an die bunten Liaskalke des Gehänges anlehnt, findet sich vereinzelt in 550 m nochmals geringmächtiges, rein kristallines Moränenmaterial, wie solches an sich auch zwischen den Jungmoränen in 425 m mit teilweise stark zersetzten Graniten und Orthogneisen am linken Ufer des Baches von Il Piano vorkommt; man kann also auch hier mit Sicherheit nur morphologisch die weithin am Gehänge verfolgbare wallartige Jungmoränenterrasse von den das Formenbild nicht beeinflussenden, höher gelegenen, verarmten Moränenresten unterscheiden. Am Torrente Cortelo wie nördlich Sulzano ist die Jungmoräne stellenweise geschichtet und lokal verkittet, aber durchweg lehmfrei. — Der Kamm des Monte Cagnolo ist auf seiner Südseite unvergletschert geblieben und daher dort tief unter mächtigem, dunkelrotem Eluviallehm begraben, jedoch heute von steil eingerissenen Schluchten zerschnitten; vermutlich hat hier eine junge Hebung des Gebirgsrandes stattgefunden, zumal hier in der Gegend von Provezza an jenem eine eigenartige breite, terrassenförmige Felsstufe in rund 300 m sich hinzieht.

Im Bereiche des westlichen Astes des Ogliegletschers, der unweit Sárnico sein Ende fand, hat das tief eingeschnittene Tal des Oglio eine etwas reichhaltigere Schichtenfolge freigelegt. Der Hügel von Montecchio zeigt längs der auf seiner Westseite hinaufführenden Straße lockere, kalkreiche, oberflächlich verwitterte Moräne von derselben Fazies wie am Monte di Fantècolo; dieselbe bildet auch den Gipfel des Hügels. Darunter erscheint auf der Süd- und Ostseite desselben unter grober Blockbestreuung eine feste, löcherige, nur lokal geschichtete Nagelfluh mit teilweise gewaltigen Blöcken. Am linken Oglionufer geht diese Nagelfluh talabwärts ganz allmählich in echten, groben Schotter von entsprechender Verkittung und guter Schichtung über, in welchem der Oglio weiterhin eingeschnitten ist. Dieser verkittete Schotter kommt aber auch oberhalb des Hügels von Montecchio vor und bildet südlich und östlich Seranica di Sotto Nagelfluhwände. Noch gegenüber Fosio streicht am linken Oglionufer Nagelfluh aus; höher trifft man nordwestlich Piantaro in einem großen Aufschluß frische, sandige, z. T. kreuz-

geschichtete und lokal etwas verkittete Moräne. Die Verhältnisse liegen hier offenbar so, daß verkittete Altmoränen von den Jungmoränen überlagert werden. In gleicher Weise sieht man flußabwärts südwestlich Station Capriolo am linken Ufer über der Nagelfluh des älteren Schotter an der Straßenbiegung eine Kiesgrube, welche den frischen, losen jüngsten Schotter ausbeutet. Freilich kann auch dieser stellenweise gut verkittet sein und ist dann vielfach nicht von dem Liegendschotter zu trennen; die schönen und tiefen geologischen Orgeln im letzteren am rechten Hang des Torrente Odria gegenüber Trebecco ermöglichen eine Trennung in der Weise, wie sie aus der von Penck<sup>1)</sup> wiedergegebenen Photographie erhellt. Ältere Ablagerungen fehlen am Oglio; die von den beiden jüngeren Schottern aufgebauten Terrassen zeigen beiderseits des Flusses zahlreiche Abstufungen. — Der Torrente Odria ist westlich Credaro in die anstehende Scaglia am Fuße des Monte della Croce eingeschnitten, welche auch im Süden des Hügels von Montecchio am Feldweg nördlich der Kapelle S. Fermo ansteht; ursprünglich scheint also die Odria weiter nördlich dem Oglio zugeflossen zu sein. — Dort, wo die Straße Credaro—Fontanile den Torrente Odria überschreitet, trifft man am rechten Ufer in den Gruben der Ziegelei von Solarolo unter 5 m rotbraunem Lehm einen grauen, etwas zersetzten Ton, dessen Liegendes nicht erscheint; wenig nördlicher beutet westlich am Sträßchen nach Villongo eine Kiesgrube in einer 5 m höheren Terrassenstufe frischen, lockeren, kalkreichen, lehmfreien Schotter aus. Der graue Ton erscheint nördlich wieder am Prallhang der energischen Ausbiegung des Torrente Odria westlich Solarolo; hier wird er von echter, z. T. locker verkitteter, kalkreicher Moräne überlagert, welche wenig unterhalb der Brücke der Straße Villongo—Fontanile bis zum Wasserspiegel hinabreicht. Weiter talaufwärts kann man den grauen bis gelben Ton in den Anschnitten der Odria bis gegen Pianesse im Val Foresto verfolgen; er liegt hier unter geringmächtigem Alluvialschutt der Talaue, über welche sich bei der Cascina Pasquino und bei Ripa eine stattliche, oberflächlich etwas verwitterte, kalkreiche Moräne erhebt. Dort, wo das von der Cascina Calvarola herabführende Sträßchen östlich der Casa Zucchello den Torrente Odria erreicht, zeigt ein unmittelbar unterhalb gelegener Anriß am rechten Ufer 5 m grauen bis bunten, zähen Ton; darunter taucht hier fast rein kristalline, an Porphyren sehr reiche, ungeschichtete Moräne auf, die an einer Stelle in der obersten Lage völlig zu echtem Ferretto zersetzt, sonst aber ganz frisch ist und in welche vom hangenden Ton schmale Bänder ausgehend talabwärts

<sup>1)</sup> A. i. E. A. Vollbild bei S. 826.

eingreifen. Diese Liegendmoräne entspricht faziell durchaus den gänzlich verarmten Altmoränen der Franciacorta; der Ton von Val Foresto ist also jünger als die Alt- und älter als die Jungmoränen. — Nahe benachbart finden sich im Val Adrara durchaus entsprechende Verhältnisse. Westlich Castione bei Sarnico liegen Moränen, z. T. locker verkittet, nach oben in braunen, steinigen Verwitterungsboden übergehend und mit lokaler, teilweise schräger Schichtung; erschlossen sind sie in mehreren guten Anrissen an den Hängen des Guernatales längs der Kleinbahn Sarnico—Trescore. Darunter streicht am Fluß am rechten Ufer oberhalb an der Brücke der Straße Castione—Credaro verrutschter gelber Mergel aus, besser talaufwärts am rechten Ufer unterhalb an der Kleinbahnbrücke, wo häufige Schilfblätter in ihm vorkommen, noch besser etwas oberhalb der Kleinbahnbrücke am linken Ufer aufgeschlossen, wo der gelbe, z. T. sandige Mergel nach unten in einen zähen graublauen Ton, ebenfalls mit Schilfresten, übergeht. Weiter aufwärts, an der Cantina Rodello, schneidet der Bach sich steil in das Grundgestein ein; aber schon auf der Nordseite des Spornes von Cascina Piazze am linken Ufer erscheint am Fluß wieder gelber Mergel, nach oben verzahnt mit einem eckigen Kalkschotter, darüber Moräne. Große Aufschlüsse liegen im Valle la Nembra nordwestlich nahe der Straße nach Gazzenda und werden von den dortigen Ziegelöfen ausgebeutet: hier sieht man auf Anstehendem einen mächtigen, grauen, nach oben gelb werdenden Ton, überlagert von brecciösem, z. T. verkittetem Schotter aus ausschließlich lokalem Kalkmaterial; dieser Schotter bildet eine Terrasse, welche von den Moränen von Castione talaufwärts an beiden Guernaufem bis über Gazzenda hinaus etwa 50 m über der Guerna sich hinzieht und von geringmächtigem braunem Lehm bedeckt ist. Die Oberfläche des grauen Tones liegt in dem im Valle la Nembra am weitesten talaufwärts gelegenen großen Aufschluß in rund 260 m; der Ton enthält dort kohlige Einlagerungen sowie massenhafte Pflanzenreste (Schilfreste, Blatthäcksel, Haselnüsse, Holz). Auch im Val Adrara gibt es also eine Seeablagerung, die älter sein muß als die Jungmoränen; und wenn auch hier eine Liegendmoräne nicht nachzuweisen ist, kann trotzdem kaum ein Zweifel bestehen, daß es sich hier um eine durchaus entsprechende Bildung handelt wie im nahe benachbarten Val Foresto und daß hier jedenfalls nicht, wie Sacco meint, Villafranchiano vorliegt.

Im Norden des Iseoses hat sich bei Lovere ein Arm vom Ogliogletscher abgezweigt und einerseits durchs Borlezzatal bis zum Serio vorgeschoben, wo er bei Clusone sein Ende fand (s. o.), andererseits nach

Südwesten in das Cheriotal hinein erstreckt. In letzterem trifft man oberhalb Trescore Balneario eine Terrasse aus frischem, grobem, lehmfreiem, fest, aber höhlig verkittetem Schotter, die sich talaufwärts fortsetzt und bei der Cascina del Colle in 300 m, bei Luzzana in 320 m, bei Berzo in 340 m liegt. Bei Grone wird die Terrasse abgelöst von Moränen, die hier nicht als Wall, sondern als hohe Terrasse in 385 m auftreten und als terrassenartige Anlagerungen an die Hänge rasch bei Casazza 450 m und über dem schmalen See von Endine bei Bianzano 600 m und südlich gegenüber Endine über 700 m Höhe erreichen. Ältere Aufschüttungen fehlen im Val Cavallina völlig. Hübsche Rundhöcker finden sich nördlich des kleinen Sees von Gajano, der durch den Schuttkegel des Valle di Palate vom Lago d'Endine abgetrennt worden ist. — Im Borlezatal, dessen Fluß in einem Karstschwindloch nördlich Poltraghò verschwindet, findet sich oberhalb Sellere am linken Ufer am nordwärts ausgebuchteten Prallhang südsüdwestlich S. Rocco, westlich der Mündung des von Ronco Lanzi herabkommenden Baches, das eindeutige Profil, wo die mächtigen Sandmergel von Pianico von ebenso mächtigen Moränen unter- und überlagert werden; wenig talaufwärts befindet sich an der Mündung des von der Casa Longhina aus der Regione la Pelata herabkommenden Baches in die Borlezza die bekannte Pflanzenfundstelle in den weißen Mergeln, welche hier bis zum Fluß hinabreichen. Im übrigen sei für die Lagerungsverhältnisse bei Pianico auf die durchaus erschöpfenden Darstellungen von Baltzer und Penck verwiesen; letzterer hat auch ein gutes Profil geliefert<sup>1)</sup>. Die Breccie von Sellere scheint mir auf der Hangendmoräne zu liegen; an den Hängen des Iseosees östlich der Stretta del Tinazzo sowie unterhalb S. Maurizio enthält sie viel erratisches, auch kristallines, offenbar aus Moränen aufgearbeitetes Material, weshalb Baltzer sie angesichts ihrer sehr festen Verkittung irrtümlicherweise für „Deckenschotter“ hielt.

Aus dem Val Camonica sind mir bis Édolo hinauf keine ausgesprochenen Endmoränen des ausgehenden Eiszeitalters bekannt geworden.

**9. Das Vorlandgebiet bei Brescia.** Tavolette 47, I, SO Brescia, SE Bedizzole, II, NO Castenédolo, NE Calcinato, III, NE Bagnolo Mella.

Aus der weiten Ebene, die sich ununterbrochen vom Gebirgsrande der brescianer Alpen bis zum Po erstreckt, ragen im Süden von Brescia

<sup>1)</sup> A. i. E. A. S. 830ff. und Fig. 109. Vgl. auch R. Lepsius, Einheit und Ursachen der diluvialen Eiszeit in den Alpen. Abh. d. Großh. Hess. Geol. Landesanst. 5, 1, 1910 (S. 88); dagegen Penck in der Zeitschr. f. Gletscherk. 6, 1912, S. 180f.

drei niedrige Erhebungen auf: der Monte Netto sowie die Hügel von Castenèdolo und Ciliverghe.

Der Monte Netto hat auf seiner Westseite, an der in geringer Entfernung die Mella entlangfließt, einen ziemlich steilen Abfall und daher dort nicht seltene brauchbare Aufschlüsse. So ist bei der Straßenbrücke östlich Ponte Gatello der Fuß des Hügel östlich an der Straße nach Capriano angeschnitten: dort sieht man zunächst einen gelben, z. T. festen, sehr feinkörnigen Sandstein bis etwa 105 m; höher folgt über einem etwa  $\frac{1}{2}$  m mächtigen, graugelben Mergel eine sehr kleinstückige Nagelfluh, die neben massenhaften Sedimentärgeröllen auch viele kristalline, vor allem porphyrische Geschiebe führt und nach etwa 3 m nach oben zu rostgelb und aufgelockert wird bei Zersetzung der kristallinen Bestandteile. Wenig südlicher sieht man an demselben Hang die nämliche Nagelfluh, jedoch tiefer hinabreichend und aufliegend auf einem etwa 5 m mächtigen feinen bis groben, vielfach kreuzgeschichteten Sand, der viele Porphybruchstückchen führt, unregelmäßige Lagen tonig-mergeliger Schmitzen enthält und von grauer, in der Verwitterung gelber Farbe ist. Weiter südlich sieht man höher am Hügel, im Hohlweg bei der Casella Raineri, grobe kristalline Steine herumliegen; die Hochfläche des Monte Netto besteht dort aus braunem Lehm, unter dem an einer Stelle bunter, fetter Lehm und benachbart echter, ganz zersetzter, rostbrauner Ferretto ausstreicht. Tiefer, nördlich am Fenile Braga, trifft man kleinstückigen Schotter mit mäßiger Verwitterung unter braunem Lehm, noch tiefer an der Straße gelbbraunen, feinen Sand, der als Sandstein in Wechsellagerung mit Mergelbänken etwas nördlicher, etwa westnordwestlich der Casella Raineri, bis etwa 110 m am Hang hinaufreicht und von rostbraunem Verwitterungssand überlagert wird. Dort, wo nördlich Capriano die Straße unmittelbar den Fuß des Monte Netto berührt, streichen gelbbraune, z. T. sandige Mergel bis etwa 100 m hinauf aus, darüber in Bänken verkitteter, rostgelber, feinkörniger Sandstein mit Kreuzschichtung und deutlichem Einfallen nach Südosten; der Verwitterungsboden enthält kleine Gerölle, die vielfach tektonische Eindrücke und hübsche pseudoglaziale Kritzung zeigen, und dem Sandstein liegt verwitterter, kleinstückiger Schotter in etwa 115 m auf. Am Südhang des Monte Netto trifft man nur braunen Lehm; nur westlich des Fenile Colombaroli kommt echter, ganz zersetzter Ferretto über mittel- bis kleinstückigem, rein kristallinem Schotter sowie benachbart dunkelroter Ferrettolehm an der Straße vor. Auch am Osthang des Monte Netto ist fast ausschließlich brauner Lehm erschlossen; am Straßenbogen westlich des Fenile Mazzola sieht man

braunen, ganz zersetzten Ferretto über grobem, lockerem, fast rein kristallinem Schotter, und dasselbe zeigt sich an der Straße südlich Tesa. — Die Schotterbildungen des Monte Netto zerfallen in zwei Gruppen: erstens in den hangenden Ferretto über einem gänzlich verarmten, recht groben Schotter; und zweitens in die liegende, kalkreiche, sehr kleinstückige Nagelfluh bei Ponte Gatello. Durch die Korngröße erscheint es ganz ausgeschlossen, daß der Hangendschotter nur eine Verarmungszone der liegenden Nagelfluh darstellt; diese Nagelfluh entspricht faziell durchaus dem Liegendschotter des Ceppo an der Olona, am Lambro und an der Adda. Es erscheint daher richtig, auch am Monte Netto das Vorkommen der beiden ältesten Schotterbildungen anzunehmen. Der gelbe, häufig mit Mergeln wechsellagernde Sand und Sandstein ist faziell mit dem Astiano des Hügels von Castenèdolo (s. u.) identisch. Der kreuzgeschichtete grobe Sand zwischen Astiano und liegender Nagelfluh ist eine typisch fluviatile Bildung; hier dürfte es sich um echtes, kontinentales Villafranchiano handeln, obwohl Fossilien anscheinend nicht zu finden sind.

Der Hügel von Castenèdolo ist von Penck<sup>1)</sup> im Anschluß an Cacciamalis Einzeluntersuchungen bereits ausführlich gewürdigt worden. Er ist in seinem ganzen südwestlichen Teile von rotbraunem Lehm bedeckt. Am Einschnitt der Straße von Montichiari nach Castenèdolo sieht man oben leuchtend dunkelroten, typischen Ferretto in engster, sehr lehrreicher Verzahnung mit einer liegenden, sehr kleinstückigen Nagelfluh mit einzelnen gröberen Bänken, in der vor allem Quarze die kristallinen Gesteine vertreten; an ihrer Basis erscheint im Garten einer neuen Villa nördlich an der Straße eine gelbliche lockere Zone in etwa 140 m, die aber in ihrer Zusammensetzung durchaus nichts Abweichendes zeigt. Echter Ferretto unter leuchtend rotem bis braunem Lehm überzieht den ganzen nördlichen Teil des Hügels und ist längs der Straße von Castenèdolo zum Molino Nuovo sehr gut angeschnitten. Sein Liegendes, mit dem er sich wieder taschenförmig eng verzahnt, erscheint erst wieder an der Ostseite der Nordspitze des Hügels an dem nach Punkt 151 m der Tavoletta Castenèdolo hinaufführenden Sträßchen; östlich unterhalb dieses Sträßchens, südlich nahe benachbart der alten, auf der Tavoletta eingetragenen, heute überwachsenen Grube ist in einer neuen Kiesgrube folgendes Profil erschlossen: unter einem klein- bis mittelstückigen Schotter, der teilweise zu festen Nagelfluhbänken verkittet ist, von denen abgewaschene Schollen heruntergebrochen sind, und der abgesehen von einzelnen sehr groben Partien durch das

<sup>1)</sup> A. i. E. A. S. 874f.

Vorkommen nicht seltener, z. T. zermürbter, oft aber ganz frischer kristalliner Geschiebe ausgezeichnet ist, liegt mit wellenförmiger Grenze, die stellenweise durch eine schmale gelbliche bis rostrote Verwitterungszone besonders deutlich wird, ein etwa 3 m mächtiger, durchweg sehr feinkörniger, nirgends verfestigter, lagenweise zermürbter und gelb gewordener Schotter mit nur äußerst seltenen und durchweg ganz mürben kristallinen Geschieben, seinerseits am Boden des Aufschlusses in 135 m unterlagert von gelben Mergelsanden, die nach Cacciamalis und Saccos Untersuchungen dem obersten marinen Pliozän (Astiano) angehören. Es wird also auch der Hügel von Castenèdolo, wie schon Penck und Cacciamali erkannten, aus zwei verschiedenen alten Schottern aufgebaut, von denen der jüngere durch seine Ferretodecke als der eigentliche Ceppo sich erweist; sein Liegendschotter ist hier scharf von ihm zu trennen und auch hier wieder in der normalen, wenn auch lockeren Fazies entwickelt. Dabei ist seine Armut an kristallinen Geschieben gegenüber deren Häufigkeit im Liegendschotter des Monte Netto bemerkenswert und wohl darauf zurückzuführen, daß hier Aufschüttungen des benacischen Gebietes vorliegen, während der Monte Netto dem Bereiche der sebinischen Ablagerungen zuzurechnen sein dürfte. Auch der Hügel von Ciliverghe ist ganz mit rostbraunem Lehm bedeckt; am Sträßchen südwestlich des Fenile della Vita wird echter, brauner, ganz zersetzter Ferretto angeschnitten, der nach unten in eine feste, ziemlich grobe, kalkreiche Nagelfluh des Ceppo übergeht. Sonst fehlen heute alle brauchbaren Aufschlüsse an dem Hügel, an dessen Fuß nicht einmal mehr das liegende Astiano zu beobachten ist.

Nach Cacciamalis Untersuchungen stellen die Hügel von Castenèdolo und Ciliverghe südwestlich streichende Antiklinalen dar. Dasselbe muß auch für den Monte Netto ausgesagt werden: nördlich Capriano steigt das Pliozän hoch am Hang hinauf und taucht auf der Südseite des Hügels völlig unter, während es nach Norden zu noch bei Ponte Gatello, wenn auch nur noch in den obersten Teilen, zu sehen ist. Die Tatsache, daß beim Fenile Ferramonde nicht einmal mehr der Ferretto, sondern nur noch seine Lehmdecke die angrenzende Ebene überragt, macht es mir wahrscheinlich, daß auch noch der Hangenschotter von der Aufwölbung betroffen worden ist, daß diese also jünger ist als der Ceppo.

Die Ebene selbst wird auch bei Brescia von losem, frischem, lehmfreiem Schotter aufgebaut. In einem Aufschluß am rechten Mellaufer etwa westsüdwestlich der Fenili Belasi ist derselbe recht kleinstückig bis ganz feinsandig. In der Umgebung von Montirone zeigt der Boden

eine auffällige Rotfärbung; in einem Aufschluß östlich des Fenile Nassina südlich an der Straße S. Zeno—Montirone kann man sehen, wie etwa die obersten 80 cm des keineswegs oxydierten Schotter von einem dunkelroten, sandigen, durchaus nicht lehmigen Bindemittel durchsetzt sind. Auch im Osten von Castenèdolo findet sich die oberflächliche Rotfärbung des Bodens der Ebene; vermutlich handelt es sich in all diesen Fällen um verschwemmtes Ferrettomaterial von den isoliert aufragenden drei Hügeln. Der Kalk des Gebirgsrandes ist vielfach von rotem Lehm bedeckt, und dieser findet sich dann verschwemmt in ziemlich weiter Erstreckung auf den an das Gebirge grenzenden Teilen der Ebene in der Umgebung von Rezzato.

**10. Das Gebiet der Mella.** Tavolette 34, II, NO Bovegno, NE Collio, SO Cimmo, III, SE Gardone Valtrompia; 47, I, NO Nave, SO Brescia, IV, NE Gussago, SE Travagliato; Blatt Collio ist nicht im Handel.

Im Mellatal (Valtrompia) sind bei der verhältnismäßig geringen Höhe des Einzugsgebietes (im Maximum 2214 m, aber im Durchschnitt unter 2000 m) bis hoch hinauf keine Spuren ehemaliger Vergletscherung zu finden. Schon verhältnismäßig bald oberhalb Brescia verengt sich das Tal, und es wechseln nun enge Durchbruchstellen mit Partien, wo eine schmale Flußauweitung zur Entwicklung kommt; oberhalb Tavernole ist das Gehänge mit stattlichen Muschelkalkbreccien überkrustet. An der Mündung des Bavornatales bei Collio erweitert sich das Tal; Collio selbst liegt auf einer gegen 40 m hohen Aufschüttungsterrasse, deren Material, wie schlechte Aufschlüsse hinter den westlichsten Häusern des Ortes zeigen, überwiegend kristallin und vielleicht glazialen Ursprungs ist. Aber noch talaufwärts findet sich am rechten Hang Muschelkalkbreccie. Zur Zeit meiner Anwesenheit (Juli 1914) hatte eine bei einem Wolkenbruch vom Monte Pezzolina heruntergekommene gewaltige Mure den Fluß in bedeutendem Maße gestaut und veranschaulichte so in trefflicher Weise den Prozeß jünger, inneralpiner Talaufschüttung.

Erst bei S. Colombano nimmt die Landschaft echt glaziales Gepräge an: das Tal erweitert sich und weist mehrfach auffallende Schuttwälle auf, deren Material (hauptsächlich aus Gneisen, Glimmerschiefeln und Verrucano bestehend) einen Entscheid über etwaige glaziale Entstehung freilich nicht zuläßt. Dagegen zeigen sich hier rings am Gehänge in 1400—1500 m flache Nischen, auf deren ebenem Boden Almen liegen und welche wohl Ansätze zur Karbildung darstellen; typisch glazial ausgestaltet und gerundhöckert ist der Quelltrichter im Norden ober S. Colombano.

Auch im oberen Teile des bei Gardone ins Mellatal mündenden Valle d'Inzino hat offenbar ein kleiner Lokalgletscher gelegen. Wenigstens deuten die oberhalb der hohen Steilstufe des Valle Casere in über 1050 m gelegenen Landschaftsformen mit großer Wahrscheinlichkeit darauf hin.

**11. Das Gebiet des Chiese bis zum Alpenrand.** Tavolette 34, II, SE Vestone; 35, III, NO Bagolino, SO Idro; 47, I, NE Preseglie; 48, IV, NO Salò; die meisten nicht im Handel.

Ein gewaltiger Eisstrom ist im Diluvium durch jenes Tal geströmt, das in so auffallender Weise einer der wichtigsten tektonischen Linien der Südalpen, der sog. Judikarienlinie, folgt; aber er hat das Vorland nicht erreichen können. Was in weit bescheidenerem Ausmaße die Täler der Bergamasker Alpen (s. S. 306) zeigen, das wiederholt sich hier in großartigstem Maßstabe: so weit der alte Chiesegletscher reichte, ist das Tal breit und steilwandig, das Gletscherende selbst wird durch ein großes, eben durch seine Größe noch auf lange hinaus vor völliger Zuschüttung bewahrtes Becken bestimmt, in welchem heute der prächtige Idrosee jeden Besucher erfreut, und talabwärts, außerhalb des Bereiches der ehemaligen Vergletscherung, wird das Tal eng, der Fluß schneidet sich in Anstehendes ein, die Hänge sind in weitgehendem Maße abgebösch. Das eigentümliche Zurücktreten echter Moränenbildungen in der Umgebung des eridischen Beckens ist schon Penck aufgefallen<sup>1</sup>); während noch im Seitentale des Caffaro der Talboden bei Bagolino durchaus mit Moränenmaterial ausgekleidet ist, das bei bei Bagolino selbst in 760 m offenbar Endmoränenform annimmt, findet man am Idrosee im wesentlichen nur fest verkittete Muschelkalkbreccien (so bei Anfo und Casa d'Idro), und selbst am See-Ende kann lediglich ein auffälliger Wall zwischen Lempraiò und Idro als Representant der Endmoränen gelten.

Der außerhalb des Vergletscherungsbereiches gelegene Teil des Chiesetales zeigt eine höchst merkwürdige morphologische Entwicklung durch einen ständigen Wechsel von Talweitungen und engen Durchbrüchen, ohne daß hierfür irgendwelche geologische Vorbedingungen durchweg zu erkennen wären; diesen interessanten Verhältnissen kann aber hier nicht näher nachgegangen werden. Immerhin hat dieser Wechsel zwischen Talengen und -weitungen auch glazialgeologische Bedeutung: eine Terrasse aus losem, frischem, lehmfreiem Schotter ist natürlich nur immer in den Weitungen entwickelt, so bei Vestone

<sup>1</sup>) A. i. E. A. S. 885 f.

am rechten Ufer in 360 m, gegenüber Pavone am rechten Ufer in 300 m, gegenüber Clibbio am linken Ufer (unter ziemlich mächtiger rezenter Schuttbedeckung) in 270 m, bei Pompignino am rechten Ufer in 250 m, aber schon von Vobarno ab mehr und mehr von der breit sich entwickelnden Flußbaue zurückgedrängt. Oberhalb Vestone finden sich bei Lavenone noch ziemlich uneinheitliche Aufschüttungen; ich habe nicht entscheiden können, in welchem Zusammenhang dieselben mit den Lokalgletschern des hier mündenden Abbiocolotales stehen. Jedenfalls aber möchte ich, im Gegensatz zu Penck, die unzusammenhängende Entwicklung dieser Schotterterrasse betonen.

In der Umgebung von Sabbio Chiese finden sich an der Vrenda Ablagerungen, die Penck und Sacco mit denjenigen von Lefte (S. 311) verglichen und gleichgestellt haben. Ich kann diese Anschauung keineswegs teilen. Über der anstehenden, stark gefalteten Scaglia, die mehrfach Konglomeratbänke enthält, liegt am linken Ufer des Torrente Vrenda unterhalb Forno bis in die Nähe von Sabbio eine Nagelfluh, deren beste Aufschlüsse am großen, ansteigenden Bogen der von Òdolo nach Preseglie führenden Straße nördlich Forno liegen: man sieht hier ein gänzlich ungeschichtetes Haufwerk gut gerollter, durchweg mäßig großer Geschiebe von durchaus nichtdiluvialem Habitus, bei völligem Fehlen echt zentralalpiner Gesteine; dieses Konglomerat geht im gleichen Streichen über in brecciösen Kalktuff mit mergelig-sandigen Zwischenlagen, welcher bis südlich Forno anzustehen scheint. Die ganze Ablagerung macht einen älteren Eindruck; ich halte sie für jedenfalls älter als die typische diluviale Nagelfluh von Lefte und möchte sie mit Sacco für Villafranchiano erklären. Daß dieses Villafranchiano 200 m tiefer liegt als dasjenige von Salò (s. S. 332), ist durchaus kein Grund dagegen, diese Bildung im Vrendatal auch als solches anzusprechen, wie Penck meint; wir haben nirgends einen Beweis dafür, daß das Pliozän am Südalpenrande überall in derselben Weise und einheitlich disloziert worden ist (vgl. unten S. 337). Bemerkenswerterweise fehlt der Nagelfluh von Sabbio, die auch unterhalb Forno am linken Vrendauer teilweise sehr gut erschlossen ist, jegliche Lehmbedeckung, während das benachbarte Kalkgebirge einen ziemlich einheitlichen Mantel von leuchtend rotem, bis zu 1 m mächtigem Lehm trägt. — Eine wesentlich jüngere Bildung findet sich bei Òdolo südlich des Baches von Cereto hinter einem westlich der Straße Òdolo—Cagnatico gelegenen Hause aufgeschlossen. Es ist ein zu lockerer Nagelfluh verkitteter, mittel- bis kleinstückiger, frischer, lehmfreier Schotter aus überwiegend lokalem, nur mäßig gerolltem Material, dem alle echt zentralalpiner Bestandteile

fehlen. Vermutlich handelt es sich um ein lokales Äquivalent des jüngsten Schotters, der die oben beschriebene Terrasse im Chiesetal aufbaut; freilich liegt er nicht unwesentlich höher (in rund 350 m).

Am Alpenrande ist der Chiese von den Endmoränen des Gardaseegebietes zur Seite gedrängt worden; epigenetisch hat er hier den Monte Covolo wie den Monte San Martino vom eigentlichen Gebirgskörper getrennt. Daß aber die Gardaseemoränen das Chiesetal eine Zeitlang völlig gesperrt und aufgestaut hätten, läßt sich nicht nachweisen.

**12. Das Gebiet des Gardasees.** Tavolette 47, I, NE Preseglie, SE Bedizzole, II, NE Calzinato, SE Montichiari; 48, I, NO Caprino Veronese, NE Breonio, SO Bardolino, SE San Pietro in Cariano, II, NO Castelnuovo Veronese, NE Pescantina, SO Valleggio sul Mincio, SE Villafranca, III, NO Lonato, NE Peschiera, SO Castiglione delle Stiviere, SE Cavriana, IV, NO Salò, NE Toscolano, SO Manerba, SE San Vigilio; 62, I, NO Roverbello, IV, NE Volta Mantovana; die meisten Blätter sind nicht im Handel!

Das Moränenamphitheater des Gardasees ist neben demjenigen von Ivrea das großartigste in den Alpen, und an Ausdehnung ist es das größte der Südalpen. Mit besonderer Sorgfalt hat hier Penck, unter Verwertung einer großen Zahl wichtiger älterer Untersuchungen von deutscher, österreichischer und italienischer Seite, den Aufbau der diluvialen Ablagerungen klarzulegen versucht; und schon der Umfang seiner Ausführungen<sup>1)</sup>, soweit dieselben nur die Stratigraphie im Bereiche des Etsch-Sarca-Vorlandes betreffen, läßt erkennen, welches Gewicht er auf eine genaue Kenntnis gerade dieses Gebietes legte. Es entsprach nicht dem Sinne der hier vorliegenden Untersuchungen, das gesamte große Diluvialgebiet der Gardaseeumgebung, vor allem den ausgedehnten Bereich der Jungmoränen einer erneuten Prüfung durch eingehende Begehung zu unterziehen; wichtig erschien vor allem eine Revision all derjenigen Stellen, von denen verschieden alte Diluvialbildungen in Überlagerung bekannt waren, und darauf wurde dementsprechend das Hauptgewicht gelegt. Und aus demselben Grunde können sich die nachfolgenden Ausführungen über das ganze außerhalb jener Stellen gelegene Gebiet ziemlich kurz fassen; und da eben jene Stellen durchaus peripherisch, am Westrand und in der östlichen Nachbarschaft des benacischen Gebietes liegen, erscheint es zweckmäßig, erst den verhältnismäßig einfach aufgebauten, größten, mittleren Teil desselben

<sup>1)</sup> A. i. E. A. S. 867—889.

zu besprechen, um dann den West- und Ostrand anzuschließen und im Zusammenhang mit dem letzteren noch die Verhältnisse des eigentlichen, heutigen Etschvorlandes kurz zu würdigen.

**12a. Das Gebiet zwischen Chiese und Etsch.** Der gewaltige Moränengürtel, welcher den Gardasee umspannt, besteht bis zu seinem Südrande ausschließlich aus Jungmoränen, neben denen keine älteren Ablagerungen irgendwo zum Vorschein kommen. Die Jungmoränen sind frisch, teilweise recht grob und führen massenhaft gekritztes Material. Fast durchweg sind sie gänzlich locker; nur ganz lokal finden sich verkittete Partien. Rein sandige Partien spielen hier eine ganz untergeordnete Rolle, und dasselbe gilt von Schichtung, die, wo sie auftritt, sich nirgends auf nennenswerte Erstreckung hin verfolgen läßt. Bei den massenhaften Aufschlüssen erübrigt sich ein Eingehen auf Einzelfälle.

An seiner Außenseite wird das Moränengebiet von einer Schotterfläche umgeben, deren Material aus typischem, losem, frischem, lehmfreiem Schotter besteht; zahlreiche Aufschlüsse bei Castiglione delle Stiviere, Guidizzolo, an der Straße von Valeggio nach Villafranca und bei Dossobuono belegen dies. Der Habitus dieser Fläche ist derjenige einer steil nach Süden abfallenden Terrasse; besonders deutlich ist dies am Torrente Tione westlich Villafranca, dessen alluviale Flußauwe, etwa 10 m in die Schotterfläche eingesenkt, ganz allmählich in die Poebene bei Mantua übergeht und deren Oberfläche daher auch als alluvial kennzeichnet.

Der Schotter ist hier, ähnlich wie in der Umgebung von Brescia, oberflächlich bis zu einer Maximaltiefe von 1 m mit einem rostbraunen, sandigen Bindemittel durchsetzt; er selbst ist weder oxydiert noch verarmt. Der rostbraune, steinige Humus dieses Schotters greift lappenförmig in höchst auffälliger Weise in die Randzone des Moränengebietes ein, welchem dieses rostbraune Bindemittel der Oberflächenpartien völlig fehlt; vielmehr gehen die Jungmoränen am Außenrande des Amphitheaters von Lonato bis Custoza in zahlreichen großen Aufschlüssen völlig frisch zutage. Begibt man sich jedoch ins Innere des Moränengebietes, z. B. an dessen dem See zugekehrte Seite bei Salò, Portese, Desenzano oder östlich Bardolino, aber auch südöstlich von Lonato und sonst, so trifft man in großer Ausdehnung auf den Jungmoränen eine  $\frac{1}{2}$  bis 1 m mächtige Verwitterungshaube mit lebhaft oxydierten Gesteinen, aber ohne nennenswerte Verarmung. Es ist offensichtlich, daß dieses oberflächliche Verwitterungsmaterial der Jungmoränen

in den Randgebieten auf das angrenzende Schotterfeld nachträglich herabgeschwemmt worden ist.

Über das gegenseitige Verhältnis der Jungmoränen zu dem sich an sie anschließenden jüngsten Schotter gewährt der tiefe Einschnitt des Mincio bei Valeggio einigen, wenn auch nicht übermäßig klaren Aufschluß. Am rechten Ufer ist die von Montaldo nach Valeggio führende Straße dort, wo sie bei Frati zur Mincioaue sich hinabsenkt, in den hier teilweise fest verkitteten und an kristallinen Geschieben ungemein reichen Schotter eingeschnitten, während an der Stelle, wo sie die Mincioaue selbst erreicht, westlich neben ihr echte Moräne mit gekritzten Geschieben aufgeschlossen ist. Andererseits zeigt am linken Ufer, wo dieselbe Straße von Borghetto nach Valeggio hinaufführt, auf etwa halber Höhe des Hanges ein Anriß echten Schotter, während weiter oben typische Jungmoräne entwickelt ist. Es scheint hier also tatsächlich ein Eingreifen des Schotters in die Moränenzone vorzuliegen, in welcher er sich aber talaufwärts nicht weiter verfolgen läßt; die Aufschlüsse sind aber nicht zusammenhängend und groß genug, um mit Sicherheit entscheiden zu können, ob hier tatsächlich eine derartige „Verzahnung“, wie Penck sie zeichnet<sup>1)</sup>, vorliegt. Daß aber Schotter und Moränen aufs engste zusammengehören, ist zweifellos. Über den Schotter von Portese, der zwischen zwei Moränen liegt, welche Penck beide als Jungmoränen auffaßt, möchte ich bemerken, daß derselbe vor allem an der Punta del Corno so gut und fest verkittet ist, so daß er durchaus den Eindruck eines älteren Schotters erweckt.

**12b. Das Vorlandgebiet des Chiese.** An der von Tormini nach Benecco (einer Frazione von Soprazocco) führenden Straße befindet sich etwa auf halbem Wege dort, wo die Straße am weitesten nach Osten ausbiegt, ein wasserreicher Brunnen. Ungefähr 5 m über ihm befindet sich der Boden einer großen Kiesgrube, welche das Material der typischen, frischen, ganz lockeren, nur von einer dünnen Verwitterungshaube bedeckten Jungmoräne ausbeutet. Der Quellhorizont des Brunnens dagegen wird durch eine ziemlich feste, sehr löcherige Nagelfluh bedingt, welche über dem Brunnen mürbe wird und eine rostgelbe Farbe annimmt; darüber liegt am Hang rote Verwitterungserde. Die Lagerung der letzteren ist hier unklar; dagegen beweist der Quellhorizont des Brunnens, daß die Nagelfluh sicher unter den Jungmoränen liegt. In der Richtung auf Benecco trifft man dann östlich der Straße in einem Graben zwei Kiesgruben, welche nur Jungmoränenmaterial samt dessen Verwitterungs-

<sup>1)</sup> A. i. E. A. Fig. 116, S. 873.

haube aufschließen. Dagegen erscheint südlich des Grabens wieder die feste Nagelfluh, in welcher unschwer gekritzte Geschiebe zu finden sind; mehrere größere Straßenanschnitte zeigen, wie die Nagelfluh nach oben mürbe wird und bei gänzlicher Verarmung und rotbrauner Farbe oben von mindestens 1 m rotbraunem Lehm bedeckt ist. An einer Stelle ist die Verarmungszone ferrettisiert: das rein kristalline Material ist gänzlich zermürbt und von blutroter Farbe. Auf dem Lehm nun finden sich mehrfach frische, teilweise prächtig gekritzte Kalkgeschiebe der Jungmoränen. Offenbar liegen also hier die Jungmoränen auf verwitterten älteren, die ihrer ganzen Fazies nach als Altmoränen zu gelten haben. Dieselben Verhältnisse beobachtet man an der Straße von Tormini nach Villa westlich Caccavero: man sieht dort unten an der Straße die feste Nagelfluh unter einer rostbraunen Verarmungszone, während höher am Hang frische, lockere Jungmoräne ansteht, welche bemerkenswerterweise in der ganzen Gegend abgerollte Blöcke der älteren Nagelfluh enthält.

Von Soprazocco schwenken die Altmoränen nach Südsüdwesten ab; sie entziehen sich der Bedeckung durch Jungmoränen und werden etwa von Bedizzole ab von diesen durch ein breiter und breiter werdendes Feld des jüngsten Schotters getrennt. Faziell nehmen sie in diesem Gebiet einen Habitus an, der demjenigen der Jungmoränen äußerst ähnlich wird; sie sind größtenteils ganz frisch und nur sehr lokal verfestigt, und ihre Verwitterungsdecke besteht meist nur aus einer 1—2 m mächtigen, rostbraunen Verarmungszone ohne nennenswerte Lehmbedeckung. Man könnte vielfach im Zweifel sein, ob es sich wirklich um Altmoränen handelt; lediglich an einzelnen Stellen kann man sich mit Sicherheit davon vergewissern, so vor allem an einem Sträßchen nördlich von Bedizzole zwischen der Casa Lupo und Cantrina (auf der Tavoletta Bedizzole noch als Pfad eingezeichnet), wo die Verarmungszone in 1 m Mächtigkeit zu rotbraunem Ferretto zermürbt und von 1 m graubraunem Lehm bedeckt ist, aber auch in einem Hohlweg westlich Mocasina, der 1 m rostbraunen Lehm als Hangendstes der in unmittelbarer Nachbarschaft, am Abstieg der nach Calvagese führenden Landstraße, typisch erschlossenen Altmoräne anschneidet. Aber anderwärts fehlen diese charakteristischen Merkmale gänzlich; bei S. Tomaso und Bussago sind die Moränen nur oberflächlich oxydiert und nicht einmal verarmt, ja im Hohlweg westlich der Casa S. Marchino (im Nordosten von Ponte S. Marco) gehen sie völlig frisch wie echte Jungmoränen zutage. Oberflächlich freilich, nach ihrer morphologischen Erscheinung, sind sie von jenen sehr leicht zu unterscheiden: die scharf

hervortretenden Wallformen des Jungmoränengebietes machen im Bereiche der Altmoränen einem äußerst flachwelligen Gelände Platz, dessen Moränennatur z. B. in der Umgebung von Bedizzone vielfach lediglich stratigraphisch, d. h. durch den Nachweis gekritzter Geschiebe in den spärlichen Aufschlüssen, erkannt werden kann. Durch seitliche Unterspülung sekundär wieder zu schärferer morphologischer Geltung gebracht, erstrecken sich die Altmoränen südlich Ponte S. Marco als schmaler Hügelzug im Felde des jüngsten Schotters bis Carpenèdolo, wo sie enden.

Unter diesen durchaus nicht in jedem Einzelfalle als solche zu erkennenden Altmoränen liegen noch ältere Bildungen, die an dem linken Steilufer des Chiese von Gavardo abwärts austreichen. Der Hohlweg, der westlich Limone am Fuße des Steilufers entlangführt, schneidet zunächst echten, gänzlich zersetzten, rotbraunen Ferretto ohne jede Schichtung und mit sehr grobem Material an; unweit südlich erscheint am Fluß und in dem am Nordfuß des Monte S. Martino nach Osten hinaufziehenden Graben eine Nagelfluh von äußerst fester Verkittung, am Fluß selbst ohne Schichtung und in ausgesprochener Blockfazies (an der auch kristallines Material neben überwiegend kalkalpinem sich beteiligt), im Graben im allgemeinen mehr mittelstückig und deutlich geschichtet und dort als echter Ceppo zu erkennen. Diese Nagelfluh erscheint auch im Süden der Scagliaklippe des Monte S. Martino an der Straße, die von Lungarina nach Westen zum Chiese führt; dort wechseln in ihr geschichtete und Blockpartien, kristallines Material ist kaum in ihr zu finden, dagegen geht sie nach oben in echten, kristallinen, mürben Ferretto von rotbrauner Farbe über. Der Ferretto, der diese Nagelfluh bedeckt, bildet im Osten und Südosten des Monte S. Martino eine terrassenartige Fläche, über welche bei Muscoline die Altmoränen, die erst bei Loco an den Chiese herantreten (dort sind sie am Sträßchen von Loco nach Basse Sopra gut aufgeschlossen), beträchtlich aufragen. Weiter im Süden wird der Ferretto von den Altmoränen bedeckt; die unmittelbare Überlagerung ist an der von Mocasina zum Chiese hinabführenden Landstraße ausgezeichnet erschlossen, wo unter den hellen, frischen Altmoränen mit scharfer Grenze der rote Ferretto und noch tiefer unter diesem mit allmählichem Übergang der Blockceppo erscheint. Daß am selben Hange oben Altmoräne, tiefer Ferretto und noch tiefer Ceppo austreicht, ist auch in dem Graben nördlich Torre und in den großen Anrissen am Chieseknie bei Cantrina zu beobachten, doch sind dort die Überlagerungsgrenzen selbst nicht zu sehen; dasselbe gilt von dem Graben westlich Casino (zwischen Mocasina und Cantrina),

wo die Altmoräne ziemlich gut verkittet ist und im wesentlichen nur durch die Führung gekritzter Geschiebe von dem liegenden Blockceppo sich unterscheidet. Nach Süden taucht der Ceppo gänzlich unter den Altmoränen unter; sein letztes Vorkommnis liegt nördlich Masciaga in dem Graben östlich der Casa Lupo. — Die Fazies dieses Ceppo und Ferretto, der auch abgesehen von den erwähnten Vorkommnissen vor allem zwischen Mocasina und Cantrina, aber auch im Graben von Basse Sopra und sonst in den tieferen Teilen des linken Chiesesteilhanges in großem Ausmaße erschlossen ist, ist höchst bemerkenswert. Vor allem ist die Schichtung nur lokal von Bedeutung; im allgemeinen ist die Ablagerung, vor allem in den unteren Teilen, als ungeschichtet zu bezeichnen. Dann aber gesellt sich zu diesem Mangel an Schichtung eine so grobe Materialbeschaffenheit, daß man geradezu von einer Blockfazies sprechen muß; dabei ist wichtig, daß, wie bereits erwähnt, auch kristalline Geschiebe von stattlicher Größe vorkommen. Die ganze Beschaffenheit der Ablagerung ist derartig, daß man sie nur als Moräne auffassen kann. Auffallenderweise ist es mir nicht — trotz langen Suchens — an irgend einer Stelle gelungen, einwandfrei gekritzte Geschiebe unter den vielen Kalken der Nagelfluh aufzufinden; diese Tatsache ist doppelt merkwürdig angesichts der Verhältnisse, welche im Liegenden des Ceppo herrschen.

Denn an zwei Stellen ist dessen Unterfläche und Liegendes in ausgezeichneter Weise aufgeschlossen. In dem tiefen, von Cabianco herabkommenden Graben, der nördlich bei Cà Nova das Chiesetal erreicht, ist ein großer Aufschluß nahe seinem Ausgange von Bedeutung; hier sieht man die festen Nagelfluhwände des vereinzelt zersetzte Tonalite enthaltenden Blockceppo mit ausgesprochen diskordanter, leicht wellenförmiger Überlagerung in etwa 190 m Meereshöhe vorspringen über einer zähen, typischen, völlig unverkitteten Grundmoräne; dieselbe ist von außerordentlicher Frische und zeigt auch gegen die Überlagerungsgrenze hin keine Spur von Oxydation oder sonstiger Verwitterung, wohl aber eine bemerkenswerte Anreicherung von völlig zersetzten Tonaliten und Porphyren. In noch klarerer Weise findet man die gleichen Verhältnisse in dem von Calvagese herabkommenden, bei Basse Sotto ins Chiesetal mündenden Graben, besonders in dessen mittlerem Teile: auch hier findet man unter dem hier mehr mittelstückigen und geschichteten Ceppo in etwa 200 m in unmittelbarer, sehr gut aufgeschlossener Unterlagerung die zähe Grundmoräne, die neben vielen prachtvoll gekritzten Kalkgeschieben auch ganz vereinzelt, zermürbte Tonalite enthält. Wie mächtig diese Grundmoräne ist, läßt sich nicht entscheiden,

da ihr Liegendes nirgends erscheint; die vorzügliche Erhaltung der gekritzten Geschiebe verdankt sie wohl dem Umstand, daß sie infolge ihres überwiegend tonigen Bindemittels vor jeder Verkittung zu Nagelfluh verschont blieb. Denn daß diese ungünstig ist, kann man schon an verkitteten Partien der Altmoränen beobachten, die im Vergleich mit den unverkitteten entschieden weniger und weniger gut gekritztes Material enthalten; dasselbe scheint in dem so überaus dicht und fest verkitteten Ceppo zum weitaus größten Teile verschwunden zu sein, obwohl die ganze Fazies den Ceppo hier auch nur als Moräne deuten läßt.

So erweist sich denn Pencks Auffassung von drei verschiedenen älteren Moränen am Chiese als durchaus zu Recht bestehend. Dagegen vermag ich seiner Deutung im einzelnen keineswegs beizustimmen. Geschichtete Partien der Altmoränen, die aber gekritzte Geschiebe führen, möchte ich durchaus noch nicht als Schotter bezeichnen; auch im Ceppo spielt die geschichtete neben der Blockfazies nur eine ganz untergeordnete Rolle (erst von Cantrina ab tritt sie mehr in den Vordergrund). Völlig unmöglich aber ist es, die untersten Teile des Ceppo als „Kalkbreccie“ von diesem loszutrennen und als Äquivalent zu der ältesten Grundmoräne zu stellen. Ein durchziehendes Lehmband, welches eine Teilung des Ceppo rechtfertigen würde, gibt es nicht; Pencks unterster Lehm stellt vermutlich nur eine lokale Ton- oder Mergeleinlagerung im Ceppo dar. Daß in großen Teilen des Ceppo kristallines Material völlig zurücktreten kann, zeigen die Verhältnisse westlich Lungarina; andererseits zeigen gerade die Aufschlüsse von Cà Nova und Basse Sotto, daß noch im unmittelbar Hangenden der untersten Grundmoräne ebensowenig wie in dieser selbst kristallines Material völlig fehlt. Auf Grund des letzteren Unterscheidungen zwischen dem Ceppo und seinem Liegenden vornehmen zu wollen, ist der ganzen Sachlage nach undurchführbar.

Es bleibt noch kurz das Vorkommen kontinentalen Pliozäns in hoher Lage, auf dem Monte S. Bartolomeo bei Salò, zu erwähnen, das Penck für Villafranchiano erklärt hat, welche Auffassung seither von Taramelli<sup>1)</sup> bestätigt und ergänzt worden ist. Das fragliche Vorkommen ist ein Konglomerat, im wesentlichen aus kalkalpinem Material zusammengesetzt, das faziell durchaus der miozänen Molassenagelfluh Oberbayerns gleicht, aber auch große Ähnlichkeit mit der Nagelfluh im Vrendatale zeigt (s. S. 324). Wie letztere ist es von keinem Lehm bedeckt, der aber hier überhaupt fehlt. Die Unterlagerung des marinen

<sup>1)</sup> Sul Lembo pliocenico di San Bartolomeo presso Salò. Rendiconti R. Ist. Lomb. Sc. e Lett. **46**, 1913, fasc. 18—19, p. 963—967.

Pliozäns ist durch mehrfache gute Aufschlüsse längs des Aufstieges vom Dorfe S. Bartolomeo auf den gleichnamigen Berg zweifellos festzustellen. Es handelt sich aber um unteres Pliozän (Piacenzastufe); da das Villafranchiano nun nicht nur auf diesem liegt, sondern auf der Ostseite des Berges auch beträchtlich tiefer hinabreicht, so liegt der Gedanke nahe, daß vor seiner Ablagerung durch Erosion das fehlende Astiano zerstört und ein auch noch unter das Piacentino hinabgreifender Erosionseinschnitt geschaffen war. Eine Störung, welche die eigenartigen Lagerungsverhältnisse des Villafranchiano erklären würde, dürfte sich in dem nahezu schichtungslosen Konglomerat nur schwer nachweisen lassen; auch bliebe das Fehlen des Astiano dann noch ungeklärt. Die heutige Oberflächenhöhe des Villafranchiano beträgt 568 m, die des Piacentino rund 530 m; die Sohlenhöhe ist auf 470 bzw. 500 m anzusetzen.

**12c. Das Vorlandgebiet der Etsch.** Wie im Westen des Gardaseegebietes, so erscheinen auch an seiner Ostseite unter den mächtigen Jungmoränen ältere diluviale Ablagerungen. Zu einer gewissen Berühmtheit ist hier das Valsorda östlich Bardolino gelangt, und das mit Recht; denn in einer Ausdehnung wie wohl nur an wenigen anderen Punkten des gesamten Vorlandes der Alpen sieht man hier die Jungmoränen mit scharfer Grenze auf Altmoränen aufliegen. Die bis zu 50 m mächtigen Jungmoränen, die in der Umgebung von Cavajon völlig frisch zutage gehn, tragen im Valsorda eine dünne, rostbraune Verwitterungshaube; darunter liegt am Pfeiler Torrion und in den gewaltigen An- und Einrissen seiner Umgebung der Volpino, ein grauer, senkrecht klüftiger, ziemlich feinkörniger und mürber Sandstein von durchschnittlich 1 m Mächtigkeit, und darunter die Altmoränen, die in den obersten 20—50 cm rostbraun oxydiert und stark verarmt, auch in ihren tieferen Teilen durch eine gelbliche Farbe vielfach ausgezeichnet sind, im übrigen aber an Frische des Materials, völlig mangelnder Verfestigung und massenhaften gekritzten Geschieben den Jungmoränen durchaus ebenbürtig sind. Das Liegende der Altmoränen ist infolge Anlage zahlreicher Schutzmauern am Grunde des Valsorda heute nicht mehr zu sehen. Die erwähnten prachtvollen Aufschlüsse liegen im oberen Teile des Valsorda, gegen Ari hin; aber auch nahe seinem westlichen Ausgange aus dem Moränengürtel streicht kurz oberhalb der beiden dortigen Cascinen im Bachbett noch einmal der Volpino unter den Jungmoränen aus und unter ihm die Altmoränen mit ihrer Oxydations- und Verarmungszone.

Der Tithonfelsen des Monte Moscal bei Affi trennt den Moränen-gürtel des Gardasees von dem kleinen, aber höchst charakteristischen Amphitheater des Etschtalgletschers bei Rivoli Veronese, welches das ursprüngliche Tal verbaut und den Fluß zu der überaus instruktiven Epigenese der Veroneser Klause gezwungen hat. Die Moränen dieses Amphitheaters entbehren gänzlich einer Verwitterungshaub, sind frisch und locker und stellen somit typische Jungmoränen dar. An sie schließt sich längs der Etsch eine Schotterfläche, das Piano di Monte Alto. Große Anrisse auf ihrem Ostabfall südlich Gajun zeigen oben einen losen Schotter in starker Verrutschung und tiefer eine feste Nagelfluh; völlige Klarheit über die hier herrschenden Verhältnisse schaffen aber die Anschnitte des von der Casa Monte Alto nach Gajun herab-führenden Fußweges: oben führt er durch ganz lockeren, frischen, oberflächlich etwas oxydierten Schotter; dann, in etwa 15 m unter der Höhe, erscheint ein hellgrauer, etwas lettiger, mürber, 20 cm mächtiger Sandstein, und unter diesem liegt eine ziemlich feste, sehr löcherige, grobe Nagelfluh, die in den obersten 30 cm völlig verarmt und rostbraun oxydiert ist. In gleicher Weise also, wie im Valsorda die Jung- und Altmoränen des Gardasees einander überlagern, liegt hier im Etschtal der jüngste auf verwittertem älterem Schotter. Unterhalb der erwähnten großen Anrisse wird der ältere Schotter nahe dem Flusse in einer großen Kiesgrube ausgebeutet; auch hier ist er fast durchweg verkittet, wenn auch nirgends im Ausmaße des Ceppo. Darüber kommt in den Nagelfluhfelsen eine ungeschichtete Blockpartie vor; jedoch habe ich keine gekritzten Geschiebe gefunden.

Die Nagelfluh des älteren Schotters läßt sich nun in ununterbrochenem Zusammenhang an beiden Etschufern bis über Sega hinaus verfolgen. Nach Westen streicht sie in die Randgebiete der Gardaseemoränen hinein, so jedoch, daß zwischen beiden infolge einer Erosionsdiskordanz keine scharfe Grenze mehr besteht; dies läßt sich sehr gut in großen Aufschlüssen zu beiden Seiten der Lokalbahnstrecke Sega—Affi beobachten. Zwischen Affi, den äußersten Jungendmoränen des Gardasees und dem Piano di Monte Alto liegt eine Senke, die mit losem Schottermaterial bedeckt und offenbar erosiver Entstehung ist (s. u.). — Während der jüngste Schotter im Piano di Monte Alto dem älteren Schotter aufliegt, ist er weiter südlich, in der Umgebung von S. Ambrogio di Valpolicella, demselben eingelagert. S. Ambrogio liegt auf einer Terrasse, die, wie eine Kiesgrube südlich des Bahnhofs beweist, aus losem, frischem, nur ganz oberflächlich oxydiertem Schotter besteht und eine Höhenlage von rund 120 m hat; tiefer streicht westlich davon bei Sega an der Etsch

die feste Nagelfluh des älteren Schotter bis etwa 85 m aus, und ein Rest derselben Nagelfluh klebt nordöstlich des Staatsbahnhofs von Domegliara in einem Winkel der Liaswände von S. Zeno bis zu einer Höhe von 150 m. Noch weiter talabwärts verschwindet die Nagelfluh des älteren Schotter, indem ihre höheren Teile offenbar der Erosion zum Opfer gefallen sind, während ihre tieferen unter der Etsch untertauchen; von Parona ab ist der Fluß gänzlich in den jüngsten Schotter eingeschnitten, der mehrfach lokal verfestigt ist.

Betrachtet man aber nun die morphologischen Verhältnisse des Etschtales unterhalb der Veroneser Klause, so findet man vor allem am linken Ufer eine breite Terrasse entwickelt, welche von Volargne über Domegliara und Pescantina und weit über Parona hinauszieht; in ihrer Höhe mündet am rechten Ufer das von der Lokalbahn benutzte Trockental, welches zur Senke von Affi hinaufführt (s. o.). Diese Terrasse liegt bei Volargne ganz in der Nagelfluh des älteren Schotter, jedoch fast 70 m tiefer als deren Oberfläche; bei Domegliara liegt sie etwa 20 m tiefer als die Oberfläche des jüngsten Schotter, der terrassenförmig über ihr aufragt, aber auch noch fast ebensoviel über seiner Unterfläche; bei Parona ist sie ebenfalls ganz in den jüngsten Schotter eingeschnitten. Diese Terrasse ist also unabhängig von den diluvialen Aufschüttungen, die sie diskordant schneidet, und als reine Erosionsterrasse aufzufassen; ihr Vorhandensein beweist eine Tieferlegung der Erosionsbasis in ganz jünger Zeit, sie deutet auf ein alluviales Absinken der Poebene im Etschvorlande.

In bezug auf das Alter des Konglomerates, das nördlich S. Ambrogio ober Zengio zu beiden Seiten der nach Monte und Ceraino führenden Straße ansteht, schließe ich mich Penck und Sacco an und halte es für typisches Villafranchiano; faziell entspricht es durchaus der Nagelfluh auf dem Monte S. Bartolomeo bei Salò (s. S. 331). Ein weiteres Vorkommen findet sich nach Boden<sup>1)</sup>, der die ganze Ablagerung ohne weitere Begründung als „wohl sicher“ zum Diluvium gehörig auffaßt, weiter nördlich ober Vorlagne unterhalb derselben Straße; ich habe die Stelle, die offenbar jetzt ganz überwachsen ist, trotz längeren Suchens nicht wiederfinden können. Immerhin aber ist zu beachten, daß das Villafranchiano auch hier über 300 m Meereshöhe erreicht.

So zeigt das Gebiet des Gardasees eine Fülle wichtiger Erscheinungen. Vor allem bedeutsam ist hier die Feststellung von vier verschiedenen alten

<sup>1)</sup> Die geologischen Verhältnisse der Veroneser Alpen zwischen der Etsch und dem Tale von Negrar. Beitr. z. Geol. u. Pal. Österr.-Ungarns, hgg. von V. Uhlig, C. Diener und G. v. Arthaber, 21. 1908, Heft 3, S. 194.

Moränen, die sich gegenseitig überlagern; aber auch die Überlagerung zweier Schotter im Etschtale ist von Bedeutung, und nicht minder die so überraschend jungen tektonischen Störungen, die sich dort geltend machen. Vergleicht man mit den vorstehenden Ausführungen aber die Angaben von Sacco auf seiner Karte des Gardaseegebietes, so erkennt man dort ganz verblüffende stratigraphische Inkonssequenzen, die ein nicht günstiges Licht auf die Methodik und den allgemeinen Wert seiner diluvialstratigraphischen Aufnahmen werfen.

## B. Stratigraphischer Teil.

Die vorstehenden Ausführungen zeigen eine ganz auffallende stratigraphische Gesetzmäßigkeit im Aufbau des Südalpenvorlandes zwischen Dora Riparia und Etsch. Dieselbe drängt sich jedem ohne weiteres auf, der, auf den vorhandenen, mehr zu allgemeiner Übersicht unternommenen Vorarbeiten fußend, nun von Fall zu Fall eine ganz unbefangene Einzelgliederung versucht und dann die jeweils gewonnenen Ergebnisse untereinander vergleicht. Mehr vielleicht als in irgend einem anderen Alpengebiet stehen sich in Oberitalien die Meinungen erfahrener Glazialforscher gegenüber, und Pencks gewissermaßen zusammenfassende Ausführungen im dritten Bande der „Alpen im Eiszeitalter“ haben vor allem in morphologischen Fragen wenig Anklang bei den älteren Italienern gefunden und auch geologisch besonders Sacco keineswegs zur Aufgabe seiner durchaus monoglazialistischen Anschauungen veranlaßt. Um zur Klärung der stratigraphisch-geologischen Verhältnisse im vorliegenden Gebiete beizutragen, wird es gut sein, erst die gewonnenen Ergebnisse dieser neuerlichen Untersuchungen ganz unvoreingenommen auszuwerten und erst dann zu einem Vergleiche mit den Ergebnissen anderer Forscher zu schreiten.

**1. Das Pliozän.** In weiter Erstreckung läßt sich das marine Pliozän am Südalpenrande in allen beiden Horizonten — Piacenza- und Astistufe — verfolgen; in der Poebene selbst liegt es unter ungeheuer mächtigen Massen diluvialer Aufschüttungen begraben. Vielfach dringt es tief in das Gebirge ein; ein ausgezeichnetes Beispiel einer pliozänen Riasküste bietet vor allem das Sesiatal (S. 238ff.). Präpliozän muß also eine weitgehende Senkung des bereits tief zertalten Gebirges stattgefunden haben, welche bis ins Oberpliozän fort dauerte; daß auch im Mittelpliozän noch lokale stärkere Senkungen mit nachfolgender Meerestransgression stattfanden, zeigt das Beispiel der Chiusellaschlucht

bei Ivrea (S. 231). Voraussetzung für die Annahme einer Senkung des Gebirgskörpers ist natürlich eine konstante Höhenlage des Meeresspiegels.

Konkordant auf den marinen Bildungen liegen in der weiteren Umgebung von Turin die Süßwasserschichten des obersten Pliozän, die scharf von allen Diluvialüberlagerungen sich abhebenden Ablagerungen der lakustren Villafrancastufe. Sie sind in der genannten Gegend weit als geologischer Horizont verbreitet und im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen vor allem als Liegendes des Ferretto im Gebiet der Stura di Lanzo (S. 229 f.) hervorgetreten. Im Gebiet der Dora Baltea fehlt das Villafranchiano völlig, ja bis ins Gebiet von Brescia hinein ist es nicht nachweisbar, sofern man nicht den Ceppo in diesen Horizont stellen und so in geologisch kaum zu rechtfertigender Weise von den jüngeren, genetisch ihm durchaus entsprechenden Bildungen lostrennen will (s. u.). Zwar Sacco stellt auch im insubrischen Gebiete und weiter östlich manche Mergel-, Ton-, Kohlen- u. ä. Vorkommnisse zum obersten, kontinentalen Pliozän; aber einmal sind alle diese Vorkommnisse ohne allen gegenseitigen stratigraphischen Zusammenhang; dann aber ist in jedem Einzelfalle gezeigt worden, daß es sich bei diesen Bildungen gar nicht um prädiluviale Ablagerungen zu handeln braucht, ja mitunter gar nicht handeln kann (vgl. S. 248, 259, 264). Erst bei Brescia und in der Umgebung des Gardasees kommt wieder kontinentales Pliozän vor; hier aber handelt es sich fast durchweg um Konglomerate, die am Monte Netto typische Fluvialstruktur zeigen und deren ganze Verbreitung darauf schließen läßt, daß hier ein gewaltiger Schuttkegel vorliegt (S. 320, 331). Daß auch vereinzelt Diatomeenmergel sich finden<sup>1)</sup>, beeinträchtigt diese Auffassung in keiner Weise, da solche wohl auf Altwässer zurückgeführt werden können. Im Gebiete von Turin liegt das lakustre Villafranchiano konkordant auf dem marinen Astiano; es ist daher stratigraphisch unmöglich, daß das erstere lediglich eine kontinentale Fazies des letzteren darstellt, wie Sacco noch neuerdings sich geäußert hat<sup>2)</sup>. Die Villafrancastufe ist jünger als das obere marine Pliozän. Im Westen, bei Turin, tritt sie als lakustrer Horizont auf; dann fehlt sie vom Orco bis zur Mella, und im Bereiche des Gardasees findet sie sich als ausgesprochen fluviale Bildung. Diese Verhältnisse legen den Schluß nahe, daß nach dem Rückzuge des Meeres der Astistufe im mittleren Piemont ein Binnensee

1) Vgl. Penck in A. i. E. A. S. 874, 878.

2) Vgl. S. 225, Anm. 2, Tabelle der dort angeführten Abhandlung.

bestand, der durch eine breite Festlandzone im Osten begrenzt wurde; der gewaltige Schuttkegel am Ausgange des Etsch-Sarcatales deutet vielleicht an, daß in der südöstlich angrenzenden Gegend ein weiterer See oder Meeresarm, ein Vorläufer der Adria, lag. Das entspricht der Vorstellung, daß nach dem Astiano eine allgemeine Hebung des padanischen Gebietes, jedoch mit ungleicher Intensität erfolgte, so daß während des Villafranchiano zwei größere, flache, geschlossene Seebecken im Osten und Westen der heutigen Poebene bestanden. Auf eine solche Hebung und dadurch bedingte Verstärkung der Erosion vor der Ablagerung des Villafranchiano deuten auch die eigenartigen Lagerungsverhältnisse des letzteren auf dem Monte S. Bartolomeo bei Salò (S. 332). In Piemont liegen die Schichten des marinen und des konkordant aufliegenden kontinentalen Pliozän nicht mehr ungestört horizontal; sie tauchen unter dem Diluvium der Poebene auf und steigen bis zum Rande des Gebirges, ja noch im Innern desselben beträchtlich an (S. 232, 238). Das Diluvium, welches ihnen aufgelagert ist, zeigt dagegen keine bemerkbare nachträgliche Veränderung seines Gefälles. Nach der Ablagerung des Villafranchiano und vor derjenigen der ältesten Schotter- und Moränenbildungen, d. h. am Ende des Pliozäns, ist also abermals eine Periode tektonischer Bewegungen anzusetzen. Diese Bewegungen führten in Piemont zu einer „Aufbiegung“ des Alpenkörpers in seinen randlichen Zonen, wodurch das marine Pliozän mit gebirgswärts zunehmendem Anstieg bis zu beträchtlicher Höhe — im Sesiatal (S. 238) bis über 500 m — emporgehoben wurde. In der Lombardei ist eine solche „Aufbiegung“ nicht nachweisbar; die Verhältnisse im Gardaseegebiet, wo das Pliozän im Gebirge bei Salò über 500 m hoch liegt (S. 332), während es in der Ebene südlich Brescia durch jüngere Aufwölbungen kaum 100 m Meereshöhe erreicht, legen dort vielmehr die Annahme nahe, daß epeirogenetische Bewegungen den Gebirgskörper in beträchtlichem Ausmaß vertikal, und zwar vielleicht schollenförmig in ungleichem Ausmaße (vgl. S. 324), gehoben haben. — Nach diesen tektonischen Störungen, die noch das jüngste Pliozän betroffen haben, hat eine Erosionsperiode eingesetzt; denn es zeigt sich sowohl bei Turin, wo der Ferretto der Stura di Lanzo diskordant auf Villafranchiano wie auf Astiano aufliegt (S. 230), als auch im insubrischen Gebiete, wo der Ferretto im Bereiche der Agogna diskordant das untere und das obere marine Pliozän überlagert (S. 242), daß die Unterfläche des Diluviums keineswegs pliozänen Schichtflächen entspricht, sondern dieselben diskordant abschneidet.

**2. Die Schotter.** Die sorgfältige Analyse der geschichteten Aufschüttungen, welche diskordant über dem Pliozän, aber unter sich konkordant außerhalb des Moränenbereiches die randlichen Teile der Poebene aufbauen, hat zu der Vorstellung geführt, daß in dem Alpenvorlände zwischen Dora Riparia und Etsch vier verschieden alte Schotter zu unterscheiden sind. Als Merkmale, die zur Trennung im einzelnen führten, kamen die petrographische Zusammensetzung, das Ausmaß der Verfestigung zu Nagelfluh, die Bedeckung mit Lehm und der Grad der Verwitterung in Frage. Das erste dieser Merkmale hat nur lokale Bedeutung; am wichtigsten war es am Lambro, wo die kristallinen Geschiebe in allen vier Schottern als erratische zu gelten haben, sowie bei der Trennung der beiden ältesten Schotter an der Olona und bei Castenèdolo (S. 258, 254, 321). Das zweite hat nur sehr relativen Wert und kam vor allem für die Unterscheidung des echten Ceppo in Frage (z. B. S. 267). Die Lehmbedeckung dagegen erwies sich als absolutes Kriterium von hohem Werte, da sie dem jüngsten Schotter überall vollkommen fehlt und ihn dadurch auch dort mit Sicherheit erkennen läßt, wo andere Merkmale, z. B. die Art der Verfestigung, versagen; dagegen liegt auf allen drei älteren Schottern eine mehr oder minder mächtige Lehmdecke, deren Farbe wiederum bei dem zweitjüngsten Schotter braun, bei den beiden ältesten Schottern dagegen entsprechend ihrer Ferrettisierung leuchtend- bis braunrot, auch karminfarben oder bunt zu sein pflegt. Und ebenso ermöglichte der Grad und die Art der Verwitterung in sehr vielen Fällen, vor allem fast überall dort, wo die Schotter ineinander, nicht übereinander gelagert waren und dadurch ihre Oberfläche zutage trat, eine eindeutige Unterscheidung: dem gänzlich unverwitterten jüngsten steht der nur oberflächlich oxydierte und verarmte ältere Schotter gegenüber und diesem wieder die beiden ältesten Schotter, welche in Piemont, wo das kristalline Gebirge is an den Alpenrand reicht, in ihrer gesamten Mächtigkeit zu gänzlich zersetztem Ferretto verwittert sind, während dieser in der Lombardei, wo die kalkalpine Randzone sich breit entwickelt, über den zu Ceppo verkitteten Schottern nur eine mehr oder weniger mächtige, taschenförmig in die Nagelfluh eingreifende Verwitterungsdecke bildet. Infolge dieser Verhältnisse ist es nicht möglich, in Piemont die beiden ältesten Schotter petrographisch zu unterscheiden und sie dort, wo sie möglicherweise übereinander liegen, überhaupt zu trennen; letzteres hat sich dort nur am Cervo (S. 236) und in der westlichen Lombardei am Tessin (S. 248) durchführen lassen, wo die Niveauverhältnisse des Ferretto es unmöglich machen, ihn als eine einheitliche Ablagerung aufzufassen.

Die Tatsache, daß die vier Schotter vielfach treppenförmig ineinandergelagert, „ineinander geschachtelt“ sind, wie dies in besonders schöner Weise am Tessin (S. 245 ff.) sich zeigt, aber auch sonst vielfach, sogar bei den im Gebirge stecken gebliebenen Gletschern gut zu beobachten ist (vgl. S. 311), beweist, daß im Südalpenvorlande, wenigstens so weit es hier untersucht wurde, ein viermaliger Wechsel von Aufschüttungs- und Erosionsperioden stattgefunden hat, wobei die letzte Erosionsperiode rezent ist. Am Lambro und an der Adda (S. 261 und 268) zeigte sich, daß auch die letzte Aufschüttungsperiode lokal von einer Erosionsphase unterbrochen war: der petrographisch einheitliche jüngste Schotter bildet dort zwei verschiedene Niveaus und muß daher in zwei Serien aufgelöst werden. Dabei ist bemerkenswert, daß die Terrassenniveaus vielfach talabwärts konvergieren, trotzdem die Poebene sicher auch während des Diluviums sehr beträchtlich eingesunken ist.

Entweder die Schotter liegen regelmäßig ineinander geschaltet, oder aber sie überlagern einander in völliger tektonischer Konkordanz; sie bilden einen in sich einheitlichen Schichtkomplex. Das gleiche ist oben vom Pliozän und seinen Horizonten gesagt und es ist auch bereits darauf hingewiesen worden, daß zwischen dem lakustren Oberpliozän und dem Ferretto an der Stura di Lanzo ebenso wie zwischen dem marinen Oberpliozän und dem Ferretto an der Agogna eine deutliche Diskordanz besteht: Der Komplex der vier Schotter und das Pliozän sind jedes in sich einheitlich und voneinander durch eine Diskordanz getrennt; es erscheint daher schon aus stratigraphischen Gründen geboten, alle vier Schotter als Ablagerungen eines und desselben geologischen Zeitalters, d. h. als diluvial aufzufassen. Auf den paläontologischen Nachweis kann hier nicht näher eingegangen werden<sup>1)</sup>.

Dort, wo die einzelnen Schotter einander überlagern, sind die Grenzen vielfach nicht scharf. Das liegt daran, daß bei der Ablagerung eines Schotters der als Grundlage dienende ältere Schotter oberflächlich starken Angriffen des fließenden Wassers ausgesetzt war, welchen vor allem die Verwitterungszone des liegenden Schotters mehr oder weniger stark zum Opfer fiel; besonders zwischen dem jüngsten und demnächst älteren Schotter ist oft keine Grenze zu ziehen, wie an der Dora Riparia, am Oglio, im Lambrogebiet und an der Adda (S. 228, 316, 261, 267), Verhältnisse, die in den Nordalpen viel weitergehende Bedeutung

<sup>1)</sup> Vgl. Penck, A. i. E. A. S. 1154.

haben als in den Südalpen, wo immerhin meistens die Lagerung klar zu erkennen ist. In sehr vielen, ja eigentlich den meisten Fällen ist die Verwitterungsdecke samt Lehm des liegenden Schotter wenigstens in Resten noch nachweisbar: so zeigte sich der Ferretto des älteren Ceppo unter dem jüngeren Ceppo in ausgezeichneter Weise am Lambro (S. 260), in Resten auch an der Adda (S. 266) und bei Castenèdolo (S. 321); der jüngere Ferretto unter dem älteren (d. h. dritten) Schotter sehr gut am Tessin (S. 246) und Seveso (S. 257), ferner an der Olona (S. 255); oxydierter älterer unter frischem jüngstem Schotter an der Dora Baltea (S. 231), am Tessin (S. 247) und an der Etsch (S. 333). Aus diesen Überlagerungen geht hervor, daß die Verwitterungsdecken der einzelnen Schotter nicht sekundär, sondern primär sind, d. h. daß sie nicht auf dem Altersunterschied der einzelnen Schotter beruhen, so daß jeweils die älteren Schotter stärker verwittert sind als die jüngeren, sondern daß die Verwitterung jedes einzelnen Schotters bereits bis zum heutigen Ausmaß vollendet war, als der nächstjüngere Schotter abgelagert wurde. Auf die geologische Bedeutung dieser Tatsache wird im nächsten Abschnitt, bei Besprechung der ähnlichen Verhältnisse im Moränengebiet, eingegangen werden.

An mehreren Stellen des untersuchten Gebietes ergaben sich Anhaltspunkte für die Annahme, daß in mitteldiluvialer Zeit tektonische Störungen im Bereiche des Alpenrandes stattgefunden haben. Bei Biella hat eine Verwerfung von 140 m Sprunghöhe den jüngeren Ferretto noch durchsetzt, während der jüngste Schotter dort ungestört liegt (S. 236); bei Leffe läßt die ungewöhnliche Mächtigkeit einer Schotterbildung, die ihrer Fazies nach ein Mittelding zwischen älterem Schotter und jüngerem Ceppo darstellt, auf eine gleichzeitig mit ihrer Ablagerung erfolgte Senkung jenes Gebirgsteiles schließen (S. 313); im Gebiet von Brescia sind die beiden ältesten Schotter samt ihrer Unterlage sattelförmig aufgewölbt worden, während die beiden jüngeren Schotter in jener Gegend ungestört lagern (S. 321). Daraus ergibt sich, daß in die Zeit zwischen der Ablagerung des jüngeren Ceppo und derjenigen des älteren Schotter eine Periode tektonischer Bewegungen fällt, welche im Gebirge teils als Hebungen, teils als Senkungen, im Vorlande als schwache Faltung wirkten. Es liegt nahe, die offenbar sehr junge Hebung des Brembogebietes, die jedoch sicher älter ist als der ältere Schotter (S. 307), ebenso wie einige ebenfalls auf junge Hebungen hindeutende Erscheinungen am Alpenabfall östlich des Iseosees (S. 315) mit eben derselben Störungs-

periode in Zusammenhang zu bringen. Im Hinblick auf diese Störungsperiode möchte ich die beiden ältesten Schotter als älteres Diluvium einheitlich den beiden jüngeren als dem jüngeren Diluvium gegenüberstellen. — Eine ganz junge, alluviale Senkung der Poebene ließ sich für das Etschvorland wahrscheinlich machen (S. 334).

**3. Die Moränen.** Das Gebiet, welches sich unmittelbar an die Endlagen der eiszeitlichen Gletscher anschließt und deren Maximalausdehnung kennzeichnet, bietet in stratigraphischer Hinsicht die größten Schwierigkeiten. Verschieden alte Moränen überlagern einander; vielfach dringen auch ältere Schotter bis tief in das Gebiet jüngerer Moränen ein und werden von ihnen bedeckt. Auch für die Moränen haben die vorliegenden Untersuchungen zur Aufstellung einer Viergliederung geführt. Zu ihrer Unterscheidung kommen dieselben Kriterien in Betracht wie für die Schotter; ferner ist bei ihnen das Vorhandensein gekritzter Geschiebe sowie etwaige Schichtung von Belang. Im höchsten Grade auffallend ist das fazielle und stratigraphische Verhalten der Moränen gegenüber den Schottern. Faziell unterscheiden sich die Moränen untereinander in genau der gleichen Weise wie die Schotter: die Jungmoränen ermangeln, von lokalen Ausnahmen abgesehen (S. 314, 326), durchweg der Verwitterungszone und Lehmbedeckung; sie sind durchaus frisch, am Tessin und bei Como (S. 244, 256) auf große Erstreckung rein sandig, vielfach aus eckigem Oberflächenmaterial ohne gekritzte Geschiebe aufgebaut (so vor allem bei Ivrea S. 230), und nicht selten gut geschichtet (so auf der Westseite des canavesischen Amphitheaters, S. 230, am Tessin, S. 245 usw.). Die Altmoränen sind in den obersten Teilen stark verarmt, mit Ausnahme des Ogliegebietes (S. 315) und großer Teile des Gardaseegebietes (S. 328) mit mächtigem braunem bis rotem Lehm bedeckt und in den kristallinen Gebirgen Piemonts vorgelagerten Gebieten mehrere Meter tief völlig zersetzt und ferrettisiert (S. 227, 233); oberflächlich zeigen sie viel sanftere und ausgeglichene Formen als die Jungmoränen. Die Ferrettomoränen sind in Piemont und der westlichsten Lombardei bis auf den Grund völlig zersetzt und verarmt, dabei oberflächlich meist gar nicht mehr als Moränen zu erkennen; gekritzte Geschiebe sind nur sehr selten in ihnen zu finden (S. 243), und ihre grobe Blockpackung, die sie im insubrischen Gebiete bei bedeutender Entfernung vom Alpenrande ohne weiteres als Moränen kennzeichnet, ist weiter westlich, vor allem bei Biella (S. 237), nicht ohne weiteres von Gehängeschutt und Bergsturzmaterial zu unter-

scheiden. Von der Olona an ostwärts bilden auch die Ferrettomoränen nur eine wechselnd mächtige Verwitterungsdecke auf fest verkitteten Ceppomoränen, welche aber auffallenderweise auch nur sehr wenig gekritztes Material enthalten (S. 253, 261, 265, 331) und an der Adda teilweise ganz locker und gut geschichtet sind. Von den ältesten Moränen sind nur am Chiese scharf unterscheidbare Reste erhalten in Gestalt einer zähen, unverfestigten Grundmoräne unter einer fest verkitteten Ceppomoräne; eine zugehörige Ferrettomoräne ist dort nicht bekannt (S. 330). Über das stratigraphische Verhältnis zwischen Schottern und Moränen muß betont werden, daß beide in den innigsten Beziehungen zueinander stehen. Meist kann man nur sagen, daß die faziell gleich entwickelten Schotter und Moränen sich gegenseitig scharf ausschließen — eine einzige Ausnahme bilden die innerhalb der Altmoränen gelegenen älteren Schotter im Süden des Ortasees (S. 244) —; aber nicht selten sieht man auch, daß sie ineinander übergehen, daß in den Schottern die Schichtung aufhört oder gekritzte Geschiebe sich einstellen oder daß geschichtete Moränen kleinstückiger und gleichmäßiger werden und ihr gekritztes Material einbüßen, ohne daß irgendwo eine Grenze zu ziehen wäre. So geht jener Ferretto der höchsten Tessinterrasse, welcher seiner Lage wegen mit dem ältesten Schotter identifiziert werden muß, ebendort in typische Ferrettomoräne über und kennzeichnet diese dadurch auch als ältere Ferrettomoräne (S. 246); der jüngere Ferretto nimmt die Fazies der jüngeren Ferrettomoräne an der Außenseite des canavesischen Amphitheaters an (S. 234), ebenso bei Biella (S. 237) und im Agognagebiet (S. 244); von Ferretto bedeckter Ceppo entwickelt sich zu ganz entsprechender Moräne an der Olona (S. 253), im Lambrogebiet (S. 260), als reiner Ceppo an der Adda (S. 265); Altmoränen und älterer Schotter erweisen sich als eng zusammengehörig an der Dora Riparia (S. 228), an der Außenseite des canavesischen Amphitheaters (S. 234) und am Oglio (S. 315); die Jungmoränen endlich verbinden sich mit den jüngsten Schottern an der Dora Baltea (S. 231), ferner in ausgezeichneter Weise im Seriotal (S. 310) und auch am Gardasee (S. 327). Das Verhältnis von Moränen und Schottern muß als enge Verknüpfung bezeichnet werden; ihre Gleichzeitigkeit ist durch die Verhältnisse des Seriotales besonders eindringlich bewiesen (S. 310). Daß Schotter und Moränen sich im Sinne Pencks verzahnen, ist nur ausnahmsweise zu beobachten, so zwischen Ceppo und Ceppomoräne an der Adda (S. 265), zwischen jüngstem Schotter und Jungmoränen am Gardasee (S. 327) sowie bis zu einem gewissen Grade an der Dora Baltea (S. 231).

Wie die Schotter liegen auch die verschieden alten Moränen teils neben-, teils übereinander. Vielfach legt sich der Altmoränengürtel außen um die Jungmoränen und wird von diesen nur berührt; das gilt vom Gebiet der Dora Riparia (S. 227), einzelnen Partien des insubrischen und vom größten Teil des Ogliegebietes (S. 314). Nur gelegentlich reichen die Ferrettomoränen über die Altmoränen hinaus; westlich des Tessin ist ausnahmsweise die älteste Moräne am weitesten ins Vorland hinausgebaut. Ferrettomoränen und Altmoränen haben im übrigen meistens ungefähr die gleiche Verbreitung, weshalb bei ihnen Überlagerungen häufig sind; zwischen Jung- und Altmoränen sind solche Überlagerungen viel seltener und gewöhnlich nur auf eine verhältnismäßig schmale Grenzzone beschränkt. Wo die älteren Moränen hinter den jüngeren zurückbleiben, bedecken die letzteren auch noch Teile der zu jenen gehörigen Schotterfelder; eine solche unter Jungmoränen begrabene ältere Schotterterrassenlandschaft findet sich im Süden des Langensees (S. 245).

Auch bei den Moränen läßt sich beobachten, daß ältere Bildungen samt ihrer Verwitterungsdecke von den nächstjüngeren überlagert werden. Für die ältere Ferrettomoräne konnte dies noch nicht nachgewiesen werden; dagegen findet sich Ferrettomoräne unter Altmoräne an der Außenseite des canavesischen Amphitheaters (S. 234) sowie an der Agogna (S. 241), ferner Ferrettomoräne als Verwitterungsdecke von Ceppomoräne im Liegenden einer Altmoräne am Chiese (S. 329); tiefgründig verwitterte Altmoräne unter Jungmoräne auf der Serra von Ivrea (S. 233) sowie am Gardasee (S. 328, 332). Am Oglio liegt ebenfalls Jung- auf Altmoräne, doch ist dort zwischen beiden ebensowenig eine scharfe Grenze zu ziehen wie zwischen den zugehörigen Schottern (S. 316). Mitunter werden auch ältere Schotter samt ihrer Verwitterungsdecke von den nächstjüngeren Moränen überlagert; so liegen Altmoränen auf Ferretto an der Außenseite des canavesischen Amphitheaters (S. 234), am Tessin (S. 245), auf Ferretto über Ceppo im Osten des Lambro (S. 261), so Jungmoränen über verwittertem älterem Schotter im Süden des Ortasees (S. 240) und im Süden des Langensees (S. 245). Andererseits hat sich eine Überlagerung älterer Moränen durch jüngere Schotter nicht nachweisen lassen. Daß Jungmoränen und jüngste Schotter auch auf den ältesten Bildungen liegen, ist nicht verwunderlich, stratigraphisch jedoch nur von untergeordneter Bedeutung; der feste Ceppo ist unter den Jungmoränen am Lambro geschliffen (S. 259), ja dasselbe ist bei einem verkitteten Altmoränenrest im sebinischen Gebiete der Fall, woraus hervorgeht, daß dort die Altmoränen wenigstens

stellenweise schon vor der Ablagerung der Jungmoränen gut verfestigt waren (S. 314).

Es bleibt noch auf die Bedeutung der Tatsache einzugehen, daß dort, wo verschieden alte Serien von Moränen und Schottern einander überlagern, so vielfach die älteren Bildungen samt ihren Verwitterungsdecken von den jüngeren bedeckt sind, daß also, wie schon oben dargelegt wurde, die älteren Bildungen bereits vor Ablagerung der nächstjüngeren bis zum heutigen Ausmaß verwittert waren. Bodenkundlich hat der Ferretto, der sich in den lombardischen Gletschergebieten einwandfrei als Verwitterungsprodukt des älteren und jüngeren Ceppo erweist, als echte Roterde zu gelten; seine Bildung setzt nach bodenkundlichen Gesetzen ein warmes und feuchtes Klima voraus. Dabei ist zu berücksichtigen, daß seit der Ablagerung der jüngsten Schotter und der Jungmoränen keine nennenswerte Verwitterungsdecke sich gebildet hat; man kann also annehmen, daß das zur Bildung der älteren Verwitterungsböden nötige Klima mindestens ebenso warm wie das heutige und wahrscheinlich feuchter war. Dasselbe gilt vom Verwitterungsboden der Altmoränen bei Turin, der auch geradezu als Roterde bezeichnet werden muß; sonst aber ist bei Altmoränen und älterem Schotter die Verwitterung weit weniger intensiv, das für sie nötige Klima vielleicht weniger feucht gewesen. Nun hat sich aber erwiesen, daß Schotter und Moränen eng zusammengehören (s. o.); danach müssen sich auch die Verwitterungsböden der einzelnen Schotter- und Moränenkomplexe gleichzeitig gebildet haben. Die Ablagerung der Moränen und die durch sie bezeugte gewaltige Entwicklung der diluvialen Gletscher in den Südalpen setzt aber dort, wo heute die Gletscherentwicklung auf ein Minimum reduziert ist, ein vielleicht feuchteres, sicher aber wesentlich kühleres Klima als heute voraus, — jedenfalls ein Klima, bei welchem Roterdenbildung ganz ausgeschlossen ist. Die Aufeinanderlagerung von jüngeren Schottern und Moränen auf zu Roterde verwitterten älteren ist schon rein bodenkundlich ein Zeugnis bedeutender klimatischer Schwankungen während des Diluviums. Die vorliegenden Untersuchungen haben zum Nachweis geführt, daß vier Serien zusammengehöriger Moränen und Schotter von drei jeweils dazwischenliegenden, als Roterde zu bezeichnenden Verwitterungsböden getrennt werden. Das zur Roterdenbildung erforderliche Klima schließt schon rein theoretisch jede nennenswerte Gletscherentwicklung aus. Aus alledem ergibt sich der wichtige Schluß, daß im Südalpenvorland zwischen Dora Riparia und Etsch vier Perioden maximaler Vereisung und drei jeweils dazwischen-

liegende Perioden eines feuchtwarmen Klimas mit minimaler Gletscherentwicklung zu unterscheiden sind. Dabei mag darauf hingewiesen werden, daß ganz entsprechende, eluviale Roterde bereits als Basis des unteren marinen Pliozäns im Sesiatale vorkommt (S. 240)!

Nach Ablagerung der Jungmoränen sind im Gebirge noch mehrfach Endmoränen gebildet worden; solche Rückzugsstadien der letzten Vereisung sind im Val d'Aosta (S. 233) gut entwickelt, aber sonst größtenteils unter mächtigem jüngerem Schutte völlig begraben worden (vgl. S. 249, 269).

**4. Die interglazialen Ablagerungen.** Im Bereiche der vorliegenden Untersuchungen sind zahlreiche sog. Interglazialfundorte behandelt worden. Es handelt sich meist um lakustre oder limnische Bildungen, deren Fossilinhalt unvereinbar mit glazialen Verhältnissen ist und deren Lagerung zwischen echten Glazialbildungen sie zu Beweismitteln für diluviale Klimaschwankungen machen soll. Hier war vor allem eine stratigraphische Nachprüfung notwendig; denn in den meisten Fällen ist die nichtglaziale Natur der einzelnen Floren und Faunen fraglos, und es bliebe nur denkbar, daß sie präglazial oder gar — was in den meisten Fällen Saccos Auffassung ist — pliozän (Villafranchiano) seien.

An sechs Stellen des vorliegenden Gebietes sind derartige Bildungen zu untersuchen gewesen: bei Castelnovate, Re, Calprino, Leffe, Villongo und Pianico. Bei Castelnovate zeigte die Tessinleite ein durchaus eindeutiges Profil: zwischen oxydierten älteren und frischen jüngsten Schottern schaltet sich dort eine Schieferkohle, die überreich ist an Gras- und Blattresten (S. 247); leider gelang es nicht, das gewonnene Material so zu erhalten, daß eine Bestimmung möglich gewesen wäre. Und in ebenso eindeutiger Weise zeigt das klassische Profil der Borlezza-schlucht bei Pianico inmitten mächtiger Moränen jene an Pflanzenresten so überaus reichen Mergel, deren Flora schon eingehend erforscht worden ist (S. 318). Anders ist es in Re: hier ist es lediglich möglich, aber keineswegs zwingend notwendig, daß die pflanzenführenden Tone genetisch mit einer zwischen zwei Glazialbildungen liegenden Breccia zusammenhängen (S. 250); und auch bei Calprino liegen Mergel und Tone mit Pflanzenresten unmittelbar auf dem anstehenden Grundgestein und können nur mit einiger Wahrscheinlichkeit, aber durchaus nicht mit stratigraphischer Sicherheit mit einem durch Altmoränen gestauten Luganersee, der älter ist als die Jungmoränen, in Zusammen-

hang gebracht werden (S. 251). Die neuen Bergwerksunternehmungen in Leffe haben auf die dortigen Verhältnisse ein ganz neues Licht geworfen und zunächst den Beweis erbracht, daß die dortigen jungen Bildungen von einer ganz ungewöhnlichen Mächtigkeit (über 150 m) sind und unter die heutige Talau des benachbarten, in jenem Teile nie vergletschert gewesenen Seriotales beträchtlich hinabreichen (S. 313); sie verkeilen sich in sehr deutlicher Weise mit einer Nagelfluh von ebenfalls sehr bedeutender Mächtigkeit, und die ganze Bildung ist bereits oben mit einer sehr jungen Senkung jenes Gebirgsteiles in Zusammenhang gebracht worden; es ist erörtert worden, warum die Nagelfluh mit großer Wahrscheinlichkeit in die Zeit zwischen der Ablagerung des jüngeren Ceppo und des älteren Schotter zu stellen ist, und es kann keinem Zweifel unterliegen, daß die bekannte Flora und Fauna der mit jener Nagelfluh sich verzahnenden limnisch-lakustrischen Bildungen das gleiche Alter besitzt. Endlich konnte festgestellt werden, daß die schon Baltzer bekannten lakustrischen Bildungen bei Villongo von Jungmoränen überlagert werden und auf Altmoränen aufruhn (S. 317); die in ihnen vorkommende Flora, vor allem Haselnüsse, hat kaum unmittelbar am Gletscherrande gedeihen können, und die ganze Ablagerung dürfte der von Pianico gleichzustellen sein. Eingehendes Studium solcher günstig gelegener Gegenden kann wahrscheinlich auch noch anderwärts zur Feststellung entsprechender Vorkommnisse führen. Ein einziges Interglazial, dasjenige im Vrendatal (S. 324), hat der neuerlichen Prüfung nicht standgehalten.

Aus alledem ergibt sich, daß einzelne Interglazialbildungen stratigraphisch in der Tat vollkommen einwandfrei sind, während bei den andern die Wahrscheinlichkeit ihrer interglazialen Natur mehr oder weniger groß ist. Von diesen Bildungen fällt nur Leffe in die Zeit zwischen der zweiten und dritten Vereisung; alle übrigen sind jünger als die Alt- und älter als die Jungmoränen. Aus dem Intervall zwischen der ersten und zweiten Vereisung sind noch keine fossilführenden Ablagerungen bekannt; ein vielleicht hierher zu stellender Ton im oberen Lambrogebiet bei Merone (S. 259) hat einstweilen noch als steril zu gelten.

So wird denn auch von dieser Seite die aus der Petrographie der Schotter und Moränen im Gebiet zwischen Dora Riparia und Etsch gefolgerte Annahme von vier, durch warme Zwischenzeiten voneinander getrennten Vereisungen während des Diluviums selbständig und wesentlich gestützt.

### Schluß.

Es ist im vorstehenden vermieden worden, für die einzelnen diluvialen Ablagerungen andere als ganz neutrale Bezeichnungen anzuwenden, um in möglichst objektiver Darstellung auch zu möglichst objektiven Schlußfolgerungen zu gelangen. Nachdem nun aber eine allgemeine theoretische Vorstellung von der Entwicklung des südalpinen Diluviums auf Grund durchaus selbständiger Erfahrungen erwachsen ist, möge ein Vergleich mit den Anschauungen anderer gestattet sein. Es war im Laufe der Untersuchungen mehrfach Gelegenheit, auf die Unmöglichkeit einer praktischen Durchführung der von Sacco vertretenen monoglazialistischen Auffassung hinzuweisen. Ebenso wenig fand sich eine Bestätigung der von Ampferer<sup>1)</sup> vertretenen, polyglazialen Anschauung, die den einzelnen Schottern ein interglaziales Alter zuschreibt; ein solches schließt schon die bei den sich entsprechenden Schottern und Moränen völlig gleichartige Verwitterungs- bzw. Roterdenbildung aus. Dagegen zeigt sich, daß die schließlich erzielten theoretischen Ergebnisse voll und ganz mit der Lehre Pencks von vier diluvialen Eiszeiten und drei Interglazialzeiten in den Alpen übereinstimmen. Diese Lehre erfährt hier eine nachdrückliche Bestätigung; es zeigt sich keine andere Möglichkeit, den vielfältigen Erscheinungen der diluvialen Stratigraphie in dem hier untersuchten Teile des Südalpenvorlandes gerecht zu werden. Und wenn hier aus prinzipiellen Gründen von jeder Anwendung der Penckschen Nomenklatur zunächst abgesehen wurde, so steht doch nichts im Wege, dieselbe künftig mit derselben Berechtigung wie jede andere geologische Formationsbezeichnung zu gebrauchen. Und ebendasselbe gilt von der „neowürmischen Rekurrenz“ (Kilians<sup>2)</sup>), der die Teilung des jüngsten Schotters am Lambro und an der Adda entspricht. Ja es kann gesagt werden: selten findet man im ganzen Umkreis der Alpen so klare Verhältnisse wie hier, wo mit Hilfe der Verwitterungszonen auch im Falle von gegenseitiger Überlagerung mehrerer Bildungen fast durchweg eine scharfe stratigraphische Gliederung möglich ist; und wer in weiten Gebieten der Nordalpen sich von den vier alpinen Eiszeiten und den drei Interglazialzeiten nicht überzeugen kann<sup>3)</sup>, dem wird solche Anschauung in den Glazialgebieten Piemonts und der Lombardei zur geologischen Notwendigkeit.

1) Über einige Grundfragen der Glazialgeologie. Verh. d. k. k. geol. R.-A. 1912, S. 237.

2) S. Zeitschr. f. Gletscherkunde 6, 1911. S. 45.

3) Vgl. meine Bemerkungen in Mitt. d. Geogr. Ges. München 8, 1913, S. 379f.

Eine tabellarische Übersicht mag noch einmal die stratigraphisch-tektonischen Verhältnisse des untersuchten Gebietes veranschaulichen:

		Formation	Fazies	Tektonik	
		Alluvium	Rezente Schuttbildungen	Ruhe; Senkung im Etschvorland	
Diluvium	Jüngerer	4. Eiszeit (Würm)	Jungmoränen und jüngste Schotter	} Absinken der Poebene	
		3. Zwischeneiszeit	Verwitterungsboden, Lehm, Mergel, Schieferkohle, Breccien		
		3. Eiszeit (Riß)	Altmoränen und ältere Schotter, vielfach verfestigt		
	Älterer		2. Zwischeneiszeit	Lehm, Ferretto aus liegenden Moränen und Schottern; Braunkohle, Nagelfluh, Mergel	Faltung des Vorlandes bei Brescia; schollenförmiges Aufsteigen und Absinken der randlichen Gebirgszone
			2. Eiszeit (Mindel)	Moränen und Schotter des jüngeren Ceppo	} Absinken der Poebene
			1. Zwischeneiszeit	Lehm, Ferretto des älteren Ceppo; Mergel	
			1. Eiszeit (Günz)	Moränen und Schotter des älteren Ceppo	
				Präglazialzeit	(Erosion)
	Pliozän		Villafranchiano	Mergel, Sande, Konglomerate	Ungleichmäßiges Aufsteigen der Poebene
			Astiano und Fossaniano	Marine Sedimente	} Absinken der Poebene und des Gebirgsrandes
		Piacentino	Marine Sedimente		
Mio-pliozän		Messiniano	Marine Sedimente, z. T. grob konglomeratisch	Hebung des eben gefalteten Gebirges?	