

**DIE GEOLOGIE DER WESTLICHEN UND  
SÜDLICHEN ABHÄNGE DES PIZZO DELLA  
PRESOLANA UND DES MONTE FERRANTE**

VON  
**W. A. VISSER**

Mit Tafel 3 und 4

**INHALTSÜBERSICHT.**

	Seite
I. Einleitung . . . . .	108 (4)
II. Stratigraphie . . . . .	113 (9)
1. Muschelkalk . . . . .	113 (9)
A. Unterer Muschelkalk . . . . .	113 (9)
B. Esino . . . . .	115 (11)
2. Carnien . . . . .	116 (12)
A. Unteres Carnien . . . . .	117 (13)
B. Oberes Carnien . . . . .	119 (15)
3. Norien . . . . .	122 (18)
A. Unteres Norien . . . . .	123 (19)
B. Oberes Norien . . . . .	125 (21)
4. Quartär . . . . .	127 (23)
III. Die Petrographie einiger Kalkgesteine . . . . .	131 (27)
IV. Tektonische Breccien . . . . .	136 (32)
V. Magmatische und Hydrothermale Gesteine . . . . .	140 (36)
1. Hornblendedioritporphyrat . . . . .	140 (36)
2. Baryt . . . . .	141 (37)
VI. Tektonik . . . . .	142 (38)
1. Einleitung . . . . .	142 (38)
2. Allgemeine Beschreibung . . . . .	144 (40)
A. Der nördliche Teil . . . . .	146 (42)
a. Die Presolanadecke . . . . .	146 (42)
b. Das Autotochthon . . . . .	151 (47)
B. Die Tektonik des Noriens . . . . .	157 (53)
C. Die Linie Case Paré—Colle della Presolana—Valle dell'Ombra—Giogo . . . . .	159 (55)
3. Tektonische Synthese . . . . .	162 (58)
VII. Die Beziehung zwischen Geologie und Topographie . . . . .	170 (67)
VIII. Exkursionen . . . . .	172 (68)
IX. Literaturverzeichnis . . . . .	176 (72)

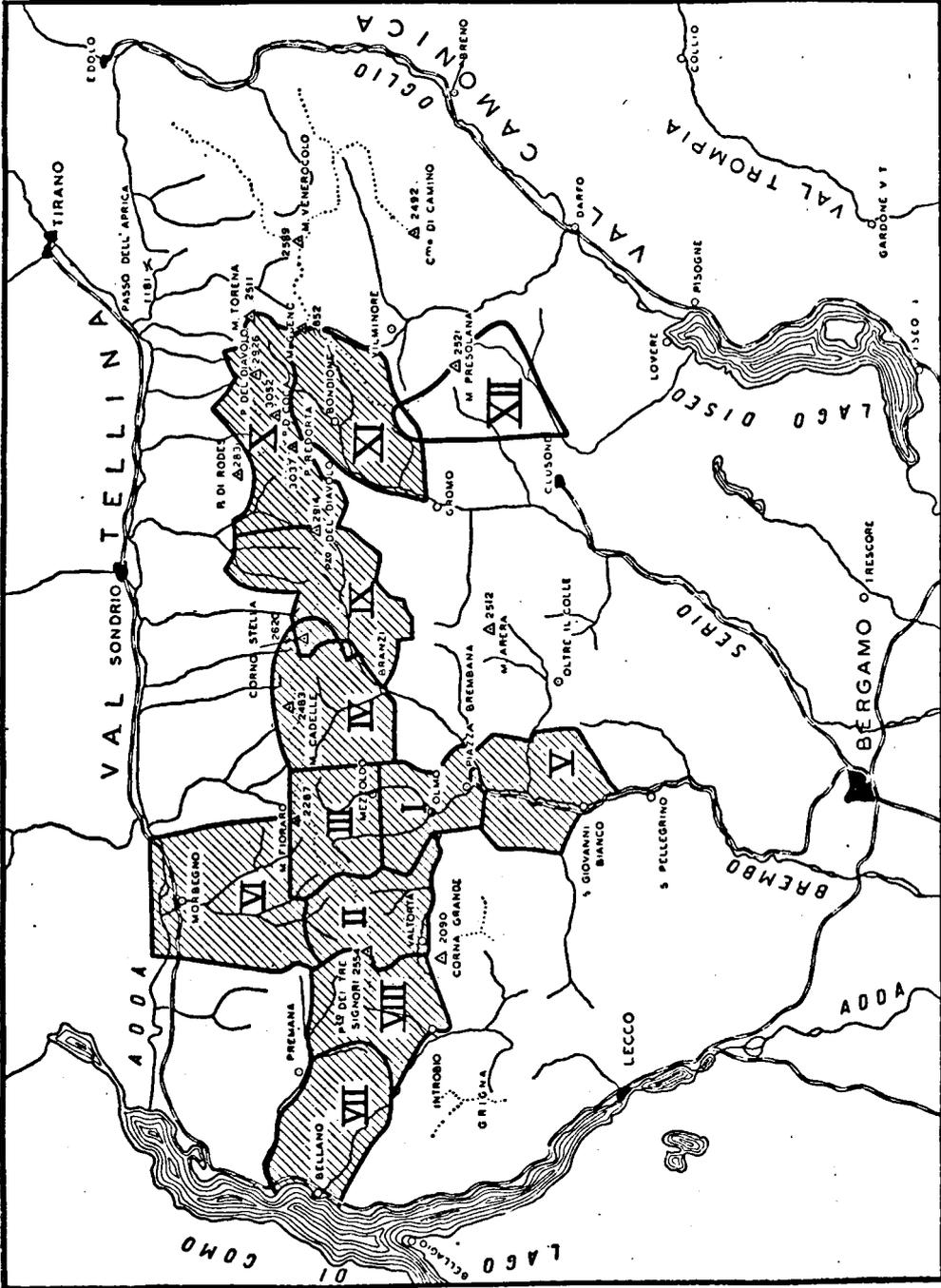


Fig. 1. Uebersichtskarte der Bergamasker Alpen, 1:500.000.

Die auf der Karte eingetragenen Gebiete sind aufgenommen von:

- I J. COSLJN, 1926—1927
- II W. J. JONG, 1926—1927
- III TH. H. F. KLOMPÉ, 1927—1928
- IV J. H. L. WENNEKERS, 1928—1929.
- V G. L. HOFSTEENGE, 1929—1930
- VI S. W. TROMP, 1930—1931
- VII W. L. BUNING, 1929—1931
- VIII R. D. CROMMELIN, 1929—1931
- IX J. J. DOZY, 1931—1932
- X J. J. DOZY und P. D. TIMMERMANS, 1933
- XI J. WEEDA, 1931—1933
- XII W. A. VISSER, 1935—1936

Die vorliegende Arbeit wird auch erscheinen in den „Leidsche Geologische Mededeelingen“, Band IX.

Als „Beiträge zur Geologie der Bergamasker Alpen“ sind bereits erschienen:

- No. 1. J. COSLJN, De Geologie van de Valle di Olmo al Brembo. 1928, L. G. M. II, S. 251—324.
- No. 2. W. J. JONG, Zur Geologie der Bergamasker Alpen, nördlich des Val Stabina. 1928, L. G. M. III, S. 48—104.
- No. 3. TH. H. F. KLOMPÉ, Die Geologie des Val Mora und des Val Brembo di Mezzoldo. 1929, Diss.
- No. 4. J. H. L. WENNEKERS, De Geologie van het Val Brembo di Foppolo en de Valle di Carisole. 1930, L. G. M. III, S. 265—333.
- No. 5. G. L. HOFSTEENGE, La Géologie de la Vallée du Brembo et de ses Affluents entre Lenna et San Pellegrino. 1931, L. G. M. IV, S. 25—82.
- No. 6. S. W. TROMP, La Géologie du Val del Bitto et la Tectonique des Alpes Lombardes. 1932, L. G. M. IV, S. 123—230.
- No. 7. W. L. BUNING, De Geologie van den Cimone di Margno en den Monte di Muggio. 1932, L. G. M. IV, S. 321—399.
- No. 8. R. D. CROMMELIN, La Géologie de la Valsassina et de la Région, adjacente au Nord. 1932, L. G. M. IV, S. 400—459.
- No. 8a. J. H. L. WENNEKERS, The Structure of the Bergamo Alps compared with that of the Northwest Highlands of Scotland. 1932, L. G. M. IV, S. 83—93.
- No. 9. G. L. HOFSTEENGE, Mineragraphisch onderzoek der Loodzinkertsen uit de Bergamasker Alpen. 1934, L. G. M. VI, S. 59—78.
- No. 10. J. J. DOZY, Die Geologie der Catena Orobica zwischen Corno Stella und Pizzo del Diavolo di Tenda. 1935, L. G. M. VI, S. 133—230.
- No. 10a. J. J. DOZY, Ueber das Perm der Südalpen. 1935, L. G. M. VII, S. 41—62.
- No. 11. J. J. DOZY, Beitrag zur Tektonik der Bergamasker Alpen. 1935, L. G. M. VII, S. 63—84.
- No. 12. J. J. DOZY und P. D. TIMMERMANS, Erläuterungen zur Geologischen Karte der Zentralen Bergamasker Alpen. 1935, L. G. M. VII, S. 85—109.
- No. 13. J. WEEDA, La Géologie de la Vallée Supérieure du Serio. 1936, L. G. M. VIII, S. 1—54.

## I. EINLEITUNG.

Das bearbeitete Gebiet grenzt im E an die Wasserscheide der Serio- und Dezzoflüsse zwischen dem Monte Vigna Vaga und dem Monte Scanapá. Auf diesem Bergkamm liegen die höchsten Gipfel: der Pizzo della Presolana, 2521 m, und der Monte Ferrante, 2426 m.

Nach W reicht das Gebiet bis an den Kamm der Cima di Timogno und des Monte Vodala. Diese Grenze zieht sich nach S bis Rovetta in der Valle Gera und nach N bis in die Valle di Sedornia hin, wo unseres Gebiet mit dem von WEEDA kartierten über etwa 2 km zusammenfällt. Die nördlichen und südlichen Grenzen werden von den Valli di Sedornia und Gera gebildet.

Die Kartierung wurde in den Sommern 1935 und 1936 ausgeführt. Zur gleichen Zeit bearbeitete H. C. A. SWOLFS das im W angrenzende Gebiet. An unseren freundschaftlichen Gedankenaustausch und an unser Zusammenwirken werde ich immer sehr angenehme Erinnerungen behalten. Unser kameradschaftliches Zusammensein in 1936 werde ich nicht leicht vergessen!

Im Jahre 1936 hat G. L. KRÖL die Kartierung des im E angrenzenden Gebietes in der Valle di Scalve angefangen, L. C. DORSMAN begann diesen Sommer die Bearbeitung des Gebietes südlich der Valle Gera.

In 1935 wählten wir das Dorf Castione della Presolana in der Valle Gera zum Wohnort. Jedoch nur das Gebiet südlich der Linie Monte Paré—Passo di Olone—Pizzo della Presolana konnte von Castione aus bearbeitet werden. Da nördlich dieser Linie Dörfer fehlen und die Entfernung von der Valle Gera zu gross ist, um jeden Tag zurückgelegt werden zu können, mussten die übrigen Teile des Gebietes vom Zelt aus kartiert werden. In Castione wurden die Ruhetage verbracht.

Im ersten Jahre kampierten wir in der Valle di Olone, 1800 m über dem Meeresspiegel, und hatten ein zweites Lager nahe bei den Quellen der Torrente Ogná in einer Höhe von 1600 m. Von diesen Lagern aus bearbeiteten wir das ganze obere Flussgebiet der Ogná.

Der Teil nördlich des Kammes von Timogno und Ferrante wurde von einem Lager in der Nähe von Baita alta Fontana Mora in 1950 m Höhe kartiert.

Im Lager an den Quellen der Ogná wurde uns während einiger Tage Gesellschaft geleistet von Dr. J. H. L. WENNEKERS, bei alta Fontana Mora von Herrn J. FABER, auf deren Besuche ich grossen Wert gelegt habe. Besonders an diese Lager bewahre ich die unvergesslichsten Erinnerungen.

In 1936 wurde, nun mit den Dörfern Ardesio und Gromo in der Valle Seriana als Basis, unterhalb des Fesso di Rigada, 1500 m, wieder an den Quellen der Ogná und bei Baita bassa Fontana Mora, 1400 m, gelagert. Auch wurden einige Wochen in Castione verbracht.

Als topographische Unterlage für die geologische Karte wurde die Carta d'Italia 1:25.000 benutzt und zwar die folgenden Blätter:

Foglio	34	IV	NE	Pizzo della Presolana
„	34	IV	SW	Rovetta
„	34	IV	NE	Dezzo di Scalve.

Vom ersten Kartenblatt, das den übergrossen Teil des Gebietes darstellt, war schon in 1935 die neue photogrammetrische Aufnahme veröffentlicht; von den übrigen Blättern standen uns zur Zeit nur die berüchtigten Vergrösserungen der 1:50.000 Karte zur Verfügung. Glücklicherweise war im folgenden Jahre auch von diesen Karten die neue Herausgabe erschienen.

Die neue Karte ist in fast jeder Hinsicht sehr gut. Weil die Felsenzeichnung verbessert ist und die Isohypsen, die die vollen Hunderten von Metern angeben, augenfälliger angebracht worden sind, hat sie an Deutlichkeit und Uebersichtlichkeit sehr gewonnen. Die Pfade zeigen aber hie und da Ungenauigkeiten, die Höhepunkte und Häuser sind sehr gut kartiert und deutlich eingetragen worden. Eine grosse Verbesserung ist das neu eingezeichnete Koordinatennetz, das auf den alten Blättern fehlte.

Diese Karte hat eine genaue geologische Aufnahme ermöglicht, was bei der Benutzung der alten Karte nicht immer der Fall sein konnte.

Die geologische Karte PORROS zeigt in diesem Gebiete zwei horizontale Ueberschiebungen, deren Existenz prinzipiell richtig ist, doch deren Grenzen etwas anders verlaufen. Die grosste Ueberschiebung hat unseres Erachtens die Grösse und den Charakter einer Decke, die wir nach dem höchsten und wichtigsten Gipfel im überschobenen Gebiete „Presolana-decke“ genannt haben. Anisien, Ladinien und Carnien sind dort auf Ladinien, Carnien und Norien überschoben worden. Es gibt aber unterhalb dieser Decke noch eine und zwar weniger wichtige und kleinere Ueberschiebung, bei der das autochthone Carnien auf sichselbst überschoben worden ist. Wir haben sie „Ognaüberschiebung“ genannt, da sie nur im Sammelgebiete der Torrente Ogna hervortritt.

Diese Erscheinungen fügen sich ganz gut in die tektonische Synthese, die DOZY (Lit. 7) für die gesammten Bergamasker Alpen gegeben hat.

Die ältesten Untersuchungen in unserem Gebiete sind in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts von VON HAUER, CURIONI, DEECKE, VARISCO und TARAMELLI ausgeführt worden. DEECKE (Lit. 9) besuchte die Valle di Valzurio zur Erforschung des Carniens, die Andern nahmen das Gebiet geologisch auf als Teil ihrer Karten der Provincia di Bergamo oder der Lombardei.

Das ganze Zentrum und der ganze Norden des Gebietes waren auf diesen alten Karten als eine Gruppe „Dolomia infraraibliana“ eingetragen worden, nur eine schmale Strecke zwischen Valzurio, Castione und dem Monte Scanapá gehörte dem Carnien zu, südlich davon lag das Norien.

Detaillierte stratigraphische Aufnahmen sind erst später vorgenommen worden. In 1899 veröffentlichte TACCONI (Lit. 26) einiges über seine Arbeiten in der Gegend der Presolana. Er beschrieb damals alle dort vorkommenden Gesteine und Sedimente, allerdings ohne auf die Tektonik

zu achten. Den Gipfel der Ferrante und den im SE anschliessenden Bergkamm hat er als Esino aufgefasst. Diese Formation liegt aber auf einem niedrigeren Niveau als die Sedimente der Cima Verde, weshalb er diese, obwohl unteres Ladinien kennzeichnende Fossilien darin gefunden waren, den Cassianer Schichten, oberem Ladinien, zurechnete.

Gleich unterhalb dieser Sedimente lag ein Horizont dichter, brecciöser oder homogener Kalke, der von den Einwohnern „il mare in burrasca“, das Meer bei stürmischem Wetter, genannt wurde. Da TACCONI das Gebiet noch als einfach oder wenig tektonisch beeinflusst dachte, konnte er auch nicht auf den Gedanken kommen, dass hier die tektonischen Breccien einer grossen Ueberschiebung vorliegen.

Unterhalb dieses Horizontes fand er einen Kalk mit Mergel einschaltungen, was nichts anderes gewesen sein kann, als das autochthone untere Carnien. Dieses Gestein hat für ihn natürlich ein ladinisches Alter.

Der dolomitische Kalk des Esino der Presolana lag oberhalb der sogenannten Cassianer Schichten der Cima Verde, aber der Fossilieninhalt widersprach einem Carnienalter: die Formation war älter; sie wurde also „Dolomia infraraibiana“ genannt.

Das Carnien liegt nach TACCONI auf zwei Strecken: Giogo—Monte Scanapá—Lantana und Valzurio—Case Paré—il Bigliardo. Westlich von il Bigliardo treten nach seiner Ansicht wieder ältere Gesteine als Carnien zu Tage; in der Valle Merce beschreibt er sogar Anisien.

Gewiss kommt das Carnien auf einigen der erwähnten Stellen vor, aber auch viel Norien. Die Unterschiede der Gesteine hat er sehr gut beobachtet; sie mussten natürlich auf Facieswechsel zurückgeführt werden. Norien oder Hauptdolomit wird der Landstrasse entlang beschrieben und auf den westlichen Abhängen des Monte Scanapá.

MARIANI (Lit. 19) beschrieb einige Monate später im selben Jahre, 1899, mittels neuen Fossilfunden von neuem die Stratigraphie und kommt zu der Schlussfolgerung, dass die Kalke der Presolana genau dieselbe Fauna enthalten als die Kalke von Esino-Lenna und Marmolata, also echte Esinokalke sind.

Dieser Forscher meint, dass die Presolana tektonisch nicht so einfach gebaut ist, wie man es immer gedacht hatte, doch setzt eine oder zwei liegende Falten voraus. Ein Jahr später (Lit. 20) macht er die Annahme, dass es sehr wohl möglich sei, dass flache Ueberschiebungen eine Rolle gespielt haben, wie sie auch schon bei der Grignagruppe und der Resegone bekannt geworden waren.

PORRO (Lit. 21) ist dann der erste, der in 1903 mit Bestimmtheit das Dasein flacher Ueberschiebungen annimmt. Die nach S fallenden carnischen Kalke werden oben horizontal von einer Ueberschiebung abgeschnitten, mittels deren Anisien und Ladinien auf das Carnien überschoben worden sind.

Der Ausbiss dieser Fläche stimmt zwischen Timogno und alta Verzuda im grossen und ganzen mit den von uns aufgenommenen Grenzen der Presolanadecke, zieht sich nach PORRO aber weiter westlich Rigada nach Muschelo und nördlich der Cresta di Valzurio hin, biegt sich dann um 90° nach N um westlich der Cima Verde und des Monte Ferrante,

knickt nördlich der Ferrante um  $180^\circ$  um und geht dann östlich der Ferrante und der Cima Verde wieder nach S.

Zur Erklärung der Lage des unteren Ladinien der Cima Verde auf den jüngeren Gesteinen des Kammes zwischen Monte Ferrante und Cima Verde nimmt er eine zweite höhere und kleinere Ueberschiebung an, die nach S und E im Esino verschwindet.

Wir sehen also eine Kombination der Presolanadecke und der Ognä-überschiebung, vervollständigt von einigen in Wirklichkeit nicht bestehenden Verbindungen, z.B. zwischen Cima Verde und Monte Ferrante und zwischen Muschelo und der Cresta.

Auch stratigraphische Irrtümer unterliefen PORRO, besonders mit der Ladinien-Carniengrenze hat er sich häufig geirrt.

Die Scheidelinie dieser älteren Formationen und des Noriens hat er als eine einheitliche Linie aufgefasst und sie als eine Aufschiebung des Noriens gegen den Esino, die etwa  $60^\circ$  nach S fällt, gezeichnet. Im Gegensatz zu seinen sämtlichen Vorgängern rechnete er den ganzen südlichen Teil des Gebietes zum Norien.

PORRO hat die wichtigsten tektonischen Erscheinungen dieses Gebietes wohl wahrgenommen, aber er hat die einzelnen Beobachtungen nicht in die richtige Beziehung zu einander gestellt. Sein grosser Verdienst ist, dass er der Erste gewesen ist, der das Prinzip der Ueberschiebungstektonik in den Bergamasker Alpen anzuwenden gewagt hat.

Im Jahre 1930 veröffentlichte CACCIAMALI (Lit. 2) eine Arbeit über die Tektonik der ganzen Bergamasker Alpen. Im Gebiete der Presolana hat er in einer Textfigur zwei Ueberschiebungen gezeichnet, die eine geschlossene Form besitzen, und deren Ausbisse, besonders im N, mit denen der Karte PORROS im Allgemeinen übereinstimmen. CACCIAMALI betrachtet die Scheidelinie zwischen Norien und den älteren Formationen als den südlichen Ausbiss der grössten Ueberschiebung, im Westabhang der Valle di Scalve hat er eine Verbindung gezeichnet, deren Richtigkeit feststehen dürfte.

Das Perm nördlich der Valle di Sedornia rechnet er auch zu dieser Ueberschiebung oder wie er sie nennt „falda I C“. Auf diese Frage werden wir im Abschnitt über die Tektonik noch zurückkommen.

Offenbar hat er hier dieselbe tektonische Einheit gemeint, die wir Presolanadecke genannt haben, und hie und da einige Linien zu PORROS Karte hinzugefügt. Die Fehler dieser Karte hat er nicht entdeckt.

Am Ende dieses Kapitels möchte ich Herrn Dr. L. U. DE SITTER meinen aufrichtigen Dank abstatten für die Hilfe und Ratschläge, die er mir im Felde und im Museum während des Vollendens dieser Arbeit hat zuteil werden lassen.

Herrn Dr. J. J. DOZY bin ich sehr dankbar und erkenntlich, da ich unter seiner Führung in 1933 zum ersten Male die Bergamasker Alpen betreten durfte.

Herrn Mr. W. L. HAARDT danke ich recht herzlich für die Korrektur des deutschen Manuskripts.

Dem Zeichner Herrn W. F. TEGELAAR sage ich meinen Dank für die schöne Zeichnung der Karte, Profile und Textfiguren.

TABELLARISCHE / UEBERSICHT DER OBEREN TRIAS

I		II		III		IV		V		VI	
GERMANISCHE TRIAS		ALPINE		TRIAS							
		ALLGEMEINE GLIEDERUNG		In fruehern Arbeiten gebrauchten Namen BERGAMASKER ALPEN		FACIES in den BERGAMASKER ALPEN		IN DIESER ARBEIT GEBRAUCHTE GLIEDERUNG			
KEUPER	NORIEN	( IN HAUPTDOLOMIT-, DACHSTEINER KALK- UND HOCHGEBIRGS- KORALLENKALK- Subbullatus-schichten FACIES )	HAUPTDOLO- - MIT	?		OBERES NORIEN					
	CARNIEN	LUNZ - RAIBLER SCHICHTEN	RAIBLER			OBERES CARNIEN					
MUSCHELKALK	LADINIEN	CASSIANER SCHICHTEN	ESINO	Metallicfero	ESINO	MUSCHELKALK	MUSCHELKALK	MUSCHELKALK	MUSCHELKALK	MUSCHELKALK	MUSCHELKALK
		WENGENER SCHICHTEN									
		BUCHENSTEINER SCHICHTEN	B.S.								
	ANISIEN (= DINARIEN = - VIRGLORIEN )	MUSCHELKALK S.S	MUSCHELKALK	MUSCHELKALK	MUSCHELKALK	MUSCHELKALK	ANISIEN				

Nach Angaben von VON ARTHABER (Lit. 1), DIENER (Lit. 10), HAUG (Lit. 12), PORRO (Lit. 21), SALOMON (Lit. 23) und von Leidener Geologen (Seite 107 (3)).

## II. STRATIGRAPHIE.

In einigen Gegenden der Bergamasker Alpen stimmt die Facies einer ganzen Stufe überein mit der Facies eines einzelnen Horizontes der Stufe anderswo. Die Namen dieser Horizonten sind in der Kolonne III eingetragen worden; sie entstammen der Trias der Ostalpen. Besonders in der Valle Brembana und in ihren Nebentäler sind gewisse Partien dieser Einteilung gleicher Facies wie die ganze Stufe. Für die Triasstufen in den Bergamasker Alpen sind immer die Namen dieser Partien gebraucht worden (Kolonne IV).

Was aber in der Valle Brembana stimmt, stimmt nicht in anderen Gegenden: die Faciesgrenzen stimmen dort nicht überein mit den Grenzen der stratigraphischen Stufen (Kolonne V).

In dieser Arbeit haben wir die Stufen der Kolonne II derartig eingeteilt, dass die stratigraphischen Grenzen den Faciesgrenzen entsprechen (Kolonne VI).

Die alten Namen (Kolonne IV) kann man als Faciesnamen gebrauchen; je nach den Umständen ist in jedem willkürlichen Gebiete eine andere Unterverteilung der Stufen der Kolonne II herzustellen.

### 1. Muschelkalk (Anisien und Ladinien).

Die Gesteine des Anisiens und der zwei unteren Stufen des Ladiniens sind in unserem Gebiete sehr ähnlich, bilden gerne Grassabhänge ohne Entblösungen und sind fast ganz Fossilieer. Es war uns deshalb unmöglich Anisien und Ladinien im Felde mit gewissheit zu trennen; überdem sind beide Horizonte intensiv mit einander gefaltet worden. Die auf Karte und Profilen eingetragenen Grenzen sind deshalb, mit gewissen Ausnahmen, hypothetisch und unsicher.

Darum wird hier in einem Abschnitt der „untere Muschelkalk“, das Anisien und die Buchensteiner- und Wengener Schichten, besprochen werden. Ein folgender Abschnitt wird der höchsten Stufe des Ladiniens, dem Esinokalk, gewidmet sein. In wie weit aber die Untergrenze des Esino der Untergrenze der Cassianer Schichten ähnlich ist, war nicht zu entscheiden.

A. *Unterer Muschelkalk.* Der untere Muschelkalk ist das älteste Gestein unseres Arbeitsgebietes. Merkwürdig ist, dass die höchsten Gipfel und Gräte aus Gesteinen dieser Serie aufgebaut worden sind: Cima di Timogno und Monte Vodala, der Grat nördlich des Monte Ferrante, und der Cima Verde. Diese Vorkommen gehören alle der Presolana-decke an, in derer unterer Muschelkalk und Esino über die carnischen Kalke geschoben worden sind.

Der autochthone untere Muschelkalk steht im äussersten N an. Da dieses Vorkommen schon ausführlich von WEEDA beschrieben worden ist, verweisen wir hierfür nach seiner Dissertation (Lit. 31).

Die Facies des unteren Muschelkalks in der Presolanadecke ist nicht wesentlich verschieden von derjenigen des Autochthons. Der reiche Schichtwechsel, der in der Valle di Sedornia auftritt, hat hier etwas abgenommen. Die typischen grünen Sandsteine, die zwischen gut geschichteten schwarzen bis blauschwarzen Kalken gelagert sind, haben wir in der Decke überall unter dem Esino gefunden.

In der Cima Verde sind diese Sandsteine deutlich entblösst. PORRO hat hier eine *Daonella Lommeli* gefunden, welche Art bezeichnend ist für das untere Ladinien. In den höheren Schichten, die unter der Presolananordwand anstehen, fehlen die Sandsteine. Es sind da schwarze bis blaue dünngeschichtete Kalke, die gelb verwittern, und graublau Tonschiefer.

Im Grat nördlich des Monte Ferrante kommen nur die höheren Schichten vor: dünngeschichtete schwarzblaue Kalke. Gleich unterhalb des Esino der Ferrante sind hellblaue Mergelinschaltungen zwischen-gelagert. Die Kalke sind von weissen Kalzitadern durchsetzt.

Nördlich der Baita alta Remescler fanden wir bei Punkt 1899 einen grünen Sandstein zwischen blauen Kalken, die weiter nach N unmerklich übergehen in die dunkelblauschwarzen von Kalzit durchsetzten Anisienkalke der Cima di Timogno und des Monte Vodala. Nur an dieser Stelle kommt überschobenes Anisien in unserem Gebiete vor. Die Kalke sind dünngeschichtet.

In der Valle di Valzurio kommen die grünen Sandsteine auch vor. Schon DECKE (Lit. 9) hat dieses Gestein als unteres Ladinien bezeichnet. Es gibt hier nur wenig Entblösungen: das anstehende Gestein ist meist von quartären Ablagerungen verhüllt. Die grösseren Aufschlüsse sind auf der Karte aufgezeichnet worden. Es sind gefaltete blaue Kalke, die unter Baumwurzeln aufgeschlossen sind, die Sandsteine sind nicht leicht zu finden.

Nirgendwo können wir also in der Presolanadecke die Grenze Anisiens und Ladiniens mit Bestimmtheit angeben. Nur in der Cima Verde, im Grat nördlich der Ferrante und in der Valle di Valzurio betrachten wir es als gewiss, dass Wengener- und Buchensteiner Schichten anstehen. In der Valle di Valzurio ist etwa 100 m der ganzen Mächtigkeit entblösst. Die Dicke war hier, wie auf anderen Stellen, der intensiven Faltung wegen, nur ungefähr zu bestimmen. Die Mächtigkeit über der Ueberschiebungsfläche war in der Ferrante und in der Cima Verde auf ungefähr denselben Betrag festzustellen.

Die Konstruktion der Profile I, II und III ergab, wie auch bei WEEDA (Lit. 31), für das autochthone untere Ladinien eine Mächtigkeit von 300 m; von ihr dürfte auf Grund der geringen Faciesunterschiede zwischen den autochthonen und den überschobenen Sedimenten die Ablagerungsmächtigkeit des überschobenen unteren Ladiniens wohl nicht wesentlich abweichen.

Wie sich später ergeben wird, ist dieses nicht nur hier der Fall: in allen anderen Formationen sind die Facies des autochthonen und der

Decke völlig gleich. Diese Tatsache wird sich als wichtig erweisen bei der Lösung der Frage der Grösse und Herkunft der Presolanadecke.

B. *Esino*. Das obere Ladinien ist hier aus dem sogenannten Esinokalk aufgebaut worden. Es sind vollkommen ungeschichtete helle, hellgraue oder fleischfarbige dolomitische Kalke mit einer Mächtigkeit von 750 bis 800 m.

Der Esino ist in unserem Gebiete sehr ausgedehnt. Autochthoner Esino erscheint zwischen il Collino und dem Monte Vigna Vaga in W—E Richtung und zwischen den beiden Baite Fontana Mora in N—S Richtung an der Oberfläche. In der Presolanadecke liegt der Esino im Monte Ferrante, in der Cima di Báres und in der Presolana-gruppe. In den Talwänden der Valle di Valzurio liegt der überschobene Esino normal zwischen dem unteren Ladinien und dem Carnien, aber ist der Vegetation wegen ziemlich schlecht aufgeschlossen. Ein kleineres Vorkommen liegt nördlich von Giogo.

Im Felde ist der Esino leicht von seinem Liegenden und Hangenden zu trennen, da dieses sehr eigentümliche ungeschichtete Paket zwischen zwei gut geschichteten Horizonten liegt (Fig. 16).

Die Entwicklung des Esino in der Decke ist der im autochthonen ganz gleich, sogar Mächtigkeitsunterschiede fehlen.

WEEDA (Lit. 31) hat ein stratigraphisches Profil des oberen Ladiniens hergestellt, in dem ein 700 m mächtiges Kalkpaket aufgelagert wird von etwa 300 m dicken verschieden gefärbten geschichteten und mit Mergeln wechsellagernden Kalken. Unseres Erachtens gehören nur die unteren 700 m zum Ladinien, die oberen 300 m sind schon carnisch. Im folgenden Abschnitt kommen wir auf die Ladinien-Carniengrenze zurück.

Geht man den Pfad, der die Baite Fontana Mora verbindet entlang, dann bekommt man einen schönen Eindruck des Esinokalks. In halber Höhe entdeckten wir ein Stück mit undeutlichen Evinospongien.

Die Baita alta Fontana Mora ist auf einer lentikularen Einlagerung eines grobkörnigen fast reinen Dolomits gebaut worden, die nach E und W bald auskeilt, denn weder südlich der Vigna Vaga, noch nördlich des Timogno kommt sie vor. Eine derartige Schicht haben wir auch in der Valle di Valzurio nördlich von Foppa an der Unterseite des überschobenen Esino gefunden.

Fossilien sind selten. In der Valle dell'Ombra fanden wir einige schlecht erhaltene nicht bestimmbare Gastropoden und Korallen. Stücke mit Durchschnitten von Muschelschalen gibt es ziemlich viele.

Nach HORSTEENGE (Lit. 13) treten in der Valle Brembana, westlich von unserem Gebiete, epigenetische metasomatische Erze in den obersten 60 m des Ladiniens, einen geschichteten grauen Kalk, auf. Dieser sogenannte Metallifero bildet dort also den obersten Horizont der ladinischen Stufe. Allgemein werden aber diese Erze, als nur in den Grenzschichten nach den Carnien vorzukommen, aufgefasst.

In unserem Gebiete fehlt ein derartiger Metallifero: wohl sind die Gesteine über dem Esino, die zweifelsohne schon carnisch sind, zum Teil

metasomatisch von Baryten und Metallerzen, die zum Metalliferotypus gehören, impregniert worden.

Die Auffassung, dass die Erze nur im obersten Teile des Ladinien vorkämen, ist also sehr zweifelhaft. In der Valle Brembana wäre der Metallifero noch als stratigraphisches Niveau zu behaupten, jedoch in den übrigen Teilen der Bergamasker Alpen gewiss nicht. TRUEMPY (Lit. 28) hat schon in der Grignagruppe Barytgänge beschrieben, die durch karbonischen Quarzporphyr brechen und zum Teil von sulfidischen Erzen begleitet sind, die nach seiner Ansicht möglicherweise mit der Vererzung des oberen Ladinien in der Valle Brembana in genetischem Zusammenhang stehen. KLOMPÉ (Lit. 17) beschrieb ähnliche Gänge, die in klastischen Gesteinen permischen Alters auftreten.

## 2. Carnien.

Der zentrale Teil des Arbeitsgebietes ist ganz von Schichten der carnischen Stufe aufgebaut worden. Die Sedimente sind im Allgemeinen sehr gut entblösst, die Bachtäler lieferten uns wertvolle Profile, besonders aus dem oberen Carnien. Es handelt sich hier um autochthones Carnien. Die Oгнаüberschiebung hat südlich der Torrente Oigna und in der Valle di Olone das Carnien verdoppelt (Cresta di Valzurio, Fig. 13).

Das Carnien der Presolanadecke steht im Monte Paré-Valsaccograt an, welche Carnienbedeckung nach E immer dünner wird. Bei dem Monte Valsacco erscheint dann der Esino normal unter ihr. Dieses Carnien wird im S abgeschnitten von der Paréverwerfung.

Auch im Grat nördlich von Giogo steht überschobenes Carnien an, aber hier hat die Erosion nur die untersten 100 m übriggelassen.

Giogo steht auf einem höheren mergelartigen Horizont des autochthonen Carniens, der auch im zentralen Teil (der oberen Oigna entlang und in der Valle di Olone) ansteht.

Die Untergrenze des Carniens haben wir, nach einem Vorschlag von H. C. A. SWOLFS, da gezogen, wo die ersten — äusserst dünnen — Mergel einschaltungen in den Kalken auftreten. Diesen verursachen eine Schichtung der Kalke, die im Felde einen sehr typischen Unterschied mit dem massigen Esinokalk bildet (Fig. 16).

Mit den Mergeln hat eine neue Sedimentationsperiode angefangen. Da Fossilien so äusserst selten sind, ist es doch nicht möglich auf rein paleontologischer Grundlage die genaue Ladinien-Carniengrenze festzustellen; deshalb müssen wir uns mit lithologischen Eigenschaften begnügen und darum ist die Grenze dort gezogen, wo ein deutlicher lithologischer Unterschied vorhanden ist.

Schon in 1885 hat DEECKE (Lit. 9) eine Arbeit über den Raibler der Bergamasker Alpen veröffentlicht. Er hat die Valle di Valzurio besucht, wo er die Grenze des Carniens studiert hat. DEECKE hat schon damals vorgeschlagen die Grenze da zu ziehen, wo über der Hauptmasse des Esino die Schichtung deutlich wahrnehmbar wird. Schon 15 m über dieser Grenze fand er die ersten *Myophoria* Kiefersteini.

Auch PORRO (Lit. 21) hat in den geschichteten Kalken südlich von alta Fontana Mora diese Art, die bezeichnend ist für das Carnien, im übereinstimmenden stratigraphischen Niveau gefunden.

Auf diesen Gründen können wir nicht mit WEEDA (Lit. 31) übereinstimmen. WEEDA hat auf seiner Karte die Untergrenze des Carniens nicht weit von Foppa gezeichnet und er hat hiermit übereinstimmend im Texte die unteren Etagen des Carniens zum Ladinien gerechnet. Nur die unteren 700 m seines stratigraphischen Profils sind ladinisch.

Die Obergrenze des Carniens ist tektonischer Umstände wegen nirgendwo normal. Die Gypseinschaltungen, die in den übrigen Bergamasker Alpen bezeichnend sind für den Uebergang nach dem Norien, treten hier nicht zu Tage.

Das Carnien ist in zwei faciell sehr verschiedene Stufen ausgebildet: eine untere, vorherrschend kalkige, und eine obere, vorherrschend mergelige, die mit verschiedenen Bezeichnungen auf der Karte eingetragen worden sind. Die Kalke der unteren Stufe sind derjenigen des oberen Ladinien ähnlich: diese Stufe bildet die Esinofacies des Carniens. Die Schichtfolge der oberen Stufe ähnelt die der Lunz-Raiblerschichten der Ostalpen und stellt die Raiblerfacies des Carniens dar.

Es war uns aber, da das Carnien stark tektonisch gestört worden ist, leider unmöglich das vollständige stratigraphische Profil herzustellen.

Die einzigen Fossilien, die wir gefunden haben, entstammen einer Fundstelle im untersten Carnien, etwa 100 m nördlich der Baita alta Fontana Mora. Da liegen im einem dunkelgrauen Kalk sehr vielen Individuen von *Omphaloptycha princeps* STOPP. sehr dicht aufeinander. Ausser einer Cerithide, *Pustularia sp.*, kommt nur diese Art vor.

A. *Unteres Carnien.* Das Profil des unteren Carniens zwischen alta Fontana Mora und die Ognäüberschiebung, nördlich von lo Zuccone, ist wie folgt entwickelt:

- O. 100 m geschichtete fleisch- bis leberfarbige Kalke mit einigen grauen Schichten, wechsellagernd mit meist äusserst dünnen, bisweilen dickeren, grauen Mergelkalken und Mergeln.
- 40 m geschichtete graue und helle Kalke mit Mergelinschaltungen.
- 60 m blauer geschichteter Kalk.
- U. 100 m geschichteter grauer Kalk mit sehr dünnen blauen gelb verwitternden Mergelinschaltungen.

An der anderen Seite des oberen Ognatales in der Cresta di Valzurio hat der oberste Horizont eine Mächtigkeit von höchstens 400 m. Beide Ablagerungen sind sowohl stratigraphisch wie tektonisch identisch: es sind dieselben Kalke und Mergel, die zur Ognäüberschiebung gehören. Zählt man die Dicke der Carnienvorkommen im N und im S zusammen, dann kommt immer eine Gesamtmächtigkeit von 700 bis 750 m heraus. Diese stimmt auffallend mit der Mächtigkeit des Carniens im Monte Paré, der aber zur Decke gehört. Hier fehlen die blauen Kalke, in den höheren Horizonten treten jedoch auch rote Kalke auf. Sonst ist die Schichtfolge der des Autochthons ganz gleich.

Die unteren 100 m des Carniens zeigen einen merkwürdigen Schichtwechsel, der besonders nördlich von Giogo schön zu studieren ist. Hier liegt das folgende Profil vor:

- O. 15 m geschichteter grauer Kalk mit Mergelinschaltungen.  
 3 m Kalksteinbreccie und Evinospongienkalk.  
 30 m eine wechsellagerung grauer und heller Kalke und Mergel.  
 15 m Evinospongienkalk.  
 10 m Kalksteinbreccie.
- U. 30 m geschichteter grauer Kalk mit Mergeln.

Dieses Profil ist in der Nähe des Eruptivganges aufgenommen worden. Es zeigt sich, dass wir hier, im Gegensatz zu PORRO (Lit. 21), keinen Metallifero gefunden haben.

Die Evinospongien sind Konkretionen, die eine ovoide oder kugelige Form besitzen, im Durchschnitt 2—5 mm messen und nur in vereinzelten Fällen grösser sind (bis 8 mm).

U. d. M. (Fig. 2) wird der konzentrische Bau gut sichtbar: im

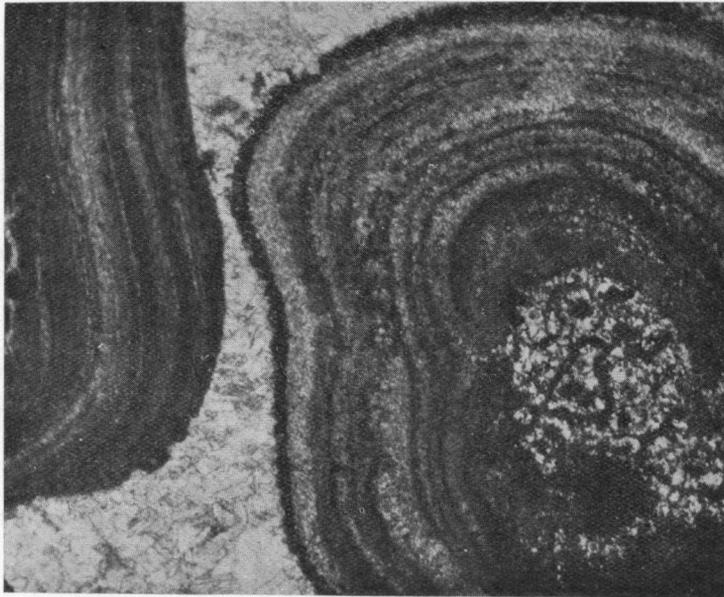


Fig. 2.

Mikrophotographie des Evinospongienkalkes aus dem unteren Carnien von Giogo,  $\times 36$ .

Zentrum, das ungefähr  $\frac{1}{3}$  des Durchschnitts einnimmt, liegt ein Agglomerat feinkörnigen kristallinen Kalzits, vermischt mit einer amorphen tonigen Substanz. Rings umher liegen zwei bis drei Ringe eines feinkristallinen Kalzits, die von demselben tonigen Material getrennt werden. Die Konkretionen liegen dicht aufeinander, aber berühren sich nicht; sie sind eingebettet in dichtem Kalzit, der in ziemlich grosse Körner kristallisiert ist.

Spuren einer organischen Entstehung haben wir nicht finden können. Während COSLIN (Lit. 5) bei einigen Exemplaren eine Diplopora im

Zentrum fand, fehlen diesen in unseren Evinospongien. Diese Konkretionen sind, wie es schon aus dem Profil hervorging, auf einige Schichten beschränkt geblieben.

Bei alta Fontana Mora ist von der eben beschriebenen Wechsellagerung nichts zu entdecken, wohl fanden wir dort die konzentrischen Figuren in den Kalken, die schon von WEEDA (Lit. 31) beobachtet und beschrieben sind.

Das untere Carnien, das im oberen Ognatale (in der Gegend der Baite Pagherola, unterhalb der Ognäüberschiebung) das Autochthon bildet, weist den fleisch- und leberfarbigen Typus auf, der hier unmittelbar unter der mergeligen oberen Stufe liegt. Es tritt da metasomatisch Baryt auf, der abgebaut wird.

Die Facies des überschobenen und des autochthonen unteren Carniens sind einander ähnlich.

B. *Oberes Carnien*. Dieser Horizont ist nicht so schön entblösst wie der untere. Nur in den Bachtälern kann man etwas vom oberen Carnien zu sehen bekommen.

Im oberen Ognatale wird die Grenze mit der unteren Stufe überall von einem 25 m mächtigen gut geschichteten blauen Kalkpaket gebildet. Das Hangendes ist in den folgenden Profilen entwickelt, die an drei verschiedenen Stellen aufgenommen worden sind (Fig. 3):

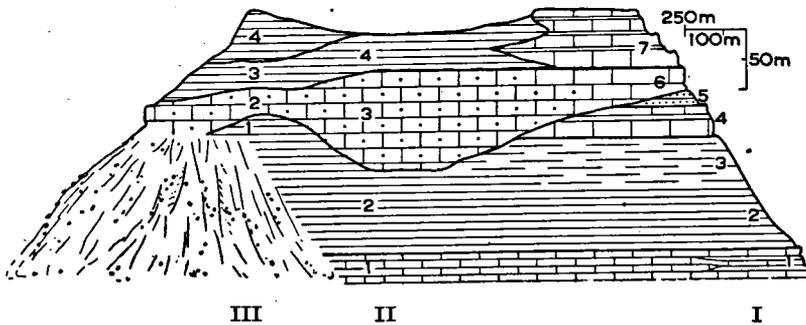


Fig. 3.

Die Facies des oberen Carniens am Südabhange des oberen Ognatales.  
Die Ziffern entsprechen den Nummern der Horizonte der Textprofile.

I. Oberes Ognatal	II. Täler 1423 und 1534	III. Tal 1486.
		4.40 m grüne und violette Mergel mit einer 2 m dicken Gypseinschaltung.
7.55 m grauer Mergelkalk.	4.30 m geschichteter grauer Mergel.	3.20 m geschichteter grauer Mergel
6.20 m hellblauer Kalk.		2.20 m hellblauer Kalk und Sandstein.
5.15 m dunkelgrauer Mergelsandstein.		

I. Oberes Ognatal	II. Täler 1423 und 1534	III. Tal 1486.
4.25 m ockergelb verwitternder Kalk mit blaugrauen Mergeln.	3.75 m hellblauer Kalk und Sandstein.	1.20 m grauer Mergel.
3.40 m undeutlich geschichteter grauer Mergel.	2.75 m geschichteter grauer Mergel.	
2.50 m geschichteter grauer Mergel.		
1.25 m hellblauer Kalk und Mergel.	1.25 m geschichteter hellblauer Kalk.	

Die obersten Horizonte werden in allen Profilen von der Ognäberschiebungsfläche abgeschnitten.

Die Ablagerung macht den Eindruck, als sei sie in einem untiefen Meer entstanden, in dem sich viel Schlamm und terrigenes Material absetzte. Auf dieser Weise sind die grossen Facieswechsel und Mächtigkeitsunterschiede zu erklären.

Das stratigraphische Profil des Fesso di Rigada, ist etwas anders entwickelt. Der untere blaue Kalk enthält im Tale, das nahe bei Punkte 1438 mündet, gelbe Mergeleinschaltungen; der hangende graue Mergel ist da etwa 40 m mächtig und vollkommen ungeschichtet. Etwas nach N, im unteren Teil des Fesso, wechsellagert er mit graublauem gelb verwitterndem Mergelkalk. Ueber ihm folgt in beiden Tälern ein 20—30 m mächtiger Zellenkalk und Mergelsandstein, nach oben in helle Kalke übergehend, deren Hangendes wieder grauer Mergel ist. Dieser wird von der Ognäberschiebung abgeschnitten. Die blauen Kalke haben hier eine knollenartige Oberfläche.

Im Tale, anfangend bei Punkt 1741, sind die zwei unteren Horizonte nicht aufgeschlossen. Hier gibt es eine Wechsellagerung grauer und blauer Mergel, Mergelkalke und Kalke, die alle braungelb verwittern. Das Hangendes ist ein Zellensandstein, der unterhalb der Ueberschiebung liegt.

Auch bei lo Zuccone und bei bassa Verzuda liegt der blaue geschichtete Kalk auf dem unteren Carnien; in seinem Hangenden tritt ein grauer Mergel auf.

Alle bisher beschriebenen Vorkommen beziehen sich auf den autochthonen Carnien im oberen Ognatale unter der Ognäberschiebung. Das obere Carnien dieser Ueberschiebung in der Valle di Olone zeigt ein etwas abweichendes Profil:

Es liegt auf den leberfarbigen Kalken des unteren Carniens ein 70 m dickes Paket dünngeschichteter gelbverwitternder blauer Kalke, in deren höheren Horizonten einige höchstens 10 m mächtige schichtungslose graue Mergelhänke zwischengeschaltet sind. Ihr Hangendes ist ein grauer ungeschichteter Mergel, der 3 m dick ist. Ueber diesem liegt ein dickgeschichteter grauer zu Splintern verwitternder Mergelkalk, von Kalzitaderchen durchsetzt, über dem die Presolanadecke geschoben ist.

Die jüngsten Schichten des obigen Profils (Fig. 3) sind die grünen und violetten Mergel. Die jüngsten in unserem Gebiete zu Tage tretenden

den Ablagerungen carnischen Alters sind aber in der Nähe von Giogo; besonders schön hinter dem dortigen Albergo Franceschetti, und im nördlichen Abhänge des Monte Scanapá entblösst. In Giogo sind es grüne Mergel, wechselnd mit blauen und grauen Mergelkalken, deren Liegendes bei km 50 ansteht: ein geschichteter grauer Mergel.

In wiefern man diese Schichten mit den obersten grauen, und den grünen und violetten Mergeln des vom Punkte 1486 westwärts ziehenden Tales zu korrelieren vermag, wissen wir nicht. Wohl zeigen die Gesteine eine grosse Uebereinstimmung, obwohl es uns als zu gewagt erscheint zwei so weit voneinander entfernte Carnienvorkommen einander ohne weiteres gleichzustellen, auch weil wir schon grosse Facieswechsel in kleinen Abständen kennen gelernt haben.

Folgt man den Pfad nach dem Monte Scanapá, dann kommt man nach den grünen Mergeln, die 50 m mächtig sind, in eine 200 m dicke Wechsellagerung zelliger grauer Mergel, brecciöser mergeliger Sandsteine und gelbverwitternder Mergelkalke.

Diese Sedimente grenzen mit der Scanapáverwerfung ans Norien, wir kennen die normalstratigraphische Uebergang nach dieser Formation also nicht.

Auch in der Presolanadecke kommt das obere Carnien vor: die Case Paré sind auf überschobenem oberem Carnien gebaut worden. Das Gestein ist da schlecht aufgeschlossen. Beim Hause 1187 steht ein dunkelblauer gut geschichteter Kalk an, dessen Hangendes ein hellblauer Mergelkalk ist, auf dem ein grauer Mergel liegt. Wahrscheinlich sind es die unteren Horizonte des oberen Carniens.

Der blaue Kalk verschwindet unter dem Kamme zwischen dem Hause 1187 und den übrigen Häusern der Case Paré und tritt nahe dem östlichsten Hause wieder zu Tage. Weiter nach E, nördlich von Gratarolo, stehen blaugraue Mergel mit Kalkbänkchen an.

Die Gesteine sind gleicher Facies wie wir vom Autochthonen beschrieben haben, die Bedingungen für die Bildung der überschobenen und der autochthonen Sedimenten waren also auch in dieser Stufe nicht merklich verschieden.

Wir können nun das ganze Carnien im folgenden Idealprofil zusammenfassen (Fig. 4):

- |    |    |   |
|----|----|---|
| O. |    | ?   |
|    | 8. | 200 m kavernöse Mergel, brecciöse Sandsteine und Mergelkalke.   |
|    | 7. | 150 m geschichtete graue, grüne und violette Mergel mit Mergelkalken.   |
|    | 6. | 30 m geschichteter grauer Mergel.   |
|    | 5. | 20 m hellblauer Kalk.   |
|    | 4. | 75 m geschichteter grauer Mergel.   |
|    | 3. | 25 m geschichteter hellblauer Kalk.   |
|    | 2. | 600 m örtlich im Liegenden ein blauer Kalk, im allgemeinen eine Wechsellagerung leber- oder fleischfarbiger, heller, grauer, bisweilen roter Kalke mit sehr dünnen Mergelschichten. |
| U. | 1. | 100 m geschichteter grauer Kalk mit Mergeleinschaltungen.   |

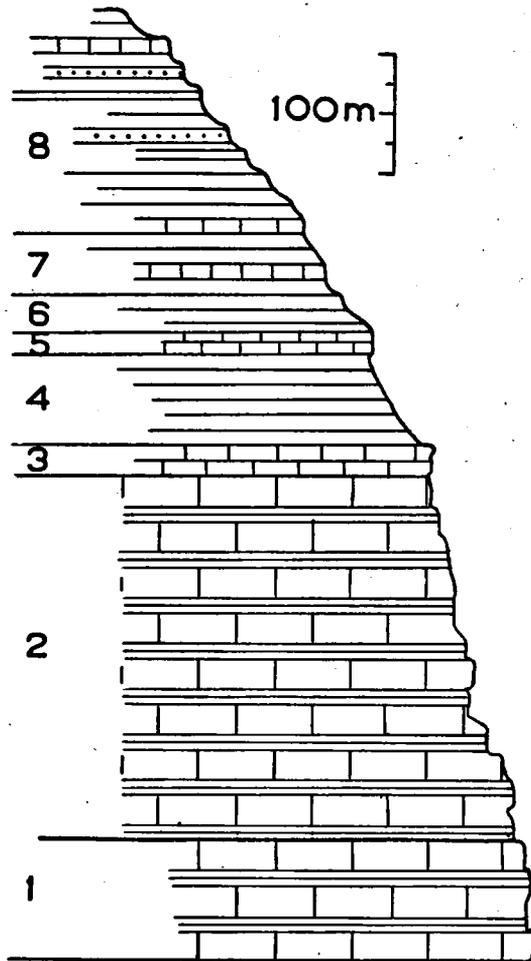


Fig. 4.

Die Schichtfolge des Carniens.

Die Ziffern entsprechen den Nummern der Horizonte der Textprofile auf Seite 121.

### 3. Norien.

Im Gebiet südlich der Linie Case Paré—Colle della Presolana—Giogo sind alle Ablagerungen, ausser den quartären, norischen Alters. An keiner anderen Stelle kommt Norien vor. Es sind die jüngsten tektonisch beeinflussten Sedimente.

Die norische Stufe ist hier hauptsächlich aus Dolomiten oder dolomitischen Kalken und Breccien aufgebaut worden. COSLIN (Lit. 5) gliederte in der Valle Brembana diese Formation in einen mindestens 1000 m mächtigen schichtunglosen graublauen Dolomit, dessen Liegendes brecciöse Dolomite, Zellendolomite und Sande bilden mit einer Gesamt-

mächtigkeit von 10—20 m. Auch JONG (Lit. 15) und HOFSTEENGE (Lit. 13) beschrieben ein derartiges Norien. SALOMON (Lit. 23) fand am Lago d'Iseo das Norien vor als einen grauen massigen kristallinischen Dolomit, dessen untere Horizonte teils brecciös sind.

Hier liegt im Hangenden ein dichter massiger dolomitischer Kalk, von denen die Erosion nur 300 m übriggelassen hat (oberes Norien); sein Liegendes ist aber eine minimal 900 m mächtige Formation gut geschichteter grauer oder grauweißer Dolomite (Unteres Norien).

Das Norien der Valle Brembana und des Lago d'Iseo und das untere Norien aus unserem Gebiete sind in der Hauptdolomitfacies ausgebildet worden. Das obere Norien besitzt aber eine für die norische Stufe ganz abweichende Facies.

Der normalstratigraphische Uebergang zum Carnien ist, wie bereits mitgeteilt, nirgendwo aufgeschlossen, auch die obere Grenze ist hier nicht zu beobachten. Beide Stufen sind im Felde ohne Schwierigkeiten zu trennen, weshalb wir sie mit verschiedenen Bezeichnungen auf die Karte eingetragen haben.

Im Bach bei Rementere wurden in einem Gerölle einige schlecht erhaltene Individuen der *Avicula exilis* STOPP. gefunden. Da der Bach in seiner ganzen Länge in derselben Formation fließt, müssen die Fossilien dem anstehenden Gesteine entstammen.

Diese Stelle ist der einzige uns bekannte Fundort von Norienfossilien in unserem Gebiete. Die obere Stufe ist gänzlich fossil leer.

A. *Unteres Norien*. Die höchste Schicht dieser Stufe ist überall eine graue Dolomitbreccie, die im Monte Scanapá ungefähr 30 m dick ist. Unter dieser liegt an jener Stelle ein 85 m mächtiger ziemlich gut geschichteter grauer grobkörniger Dolomit, der auf einem mindestens 15 m mächtigen grobbrecciösen Horizont liegt. Das Bindemittel ist hier, im Gegensatz zu allen anderen norischen Dolomitbreccien, wo es ein grauer Kalzit ist, braun. Es folgt dann die Scanapáverwerfung.

Auch bei Malga del Campo kommt die oberste Breccie vor, hier in einer Mächtigkeit von 40 m. Sie ist eingeschaltet zwischen dem massigen obersten dolomitischen Kalk und einem dünn geschichteten grobkörnigen Dolomit, der sandig anföhlt. Diese Eigenschaft zeigen alle grobkörnigen Dolomite des unteren Noriens.

Das Liegendes ist eine Abwechslung grauer Dolomite und Dolomitbreccien. Westlich von Cornetto alto ist die oberste Breccie etwas konglomeratisch mit gerundeten Stücken. Unter dem Pizzo Unel, dessen schroffe Abhänge aus oberem Norien bestehen, und bei San Pietro ist die oberste Breccie sandig, ihr Liegendes ist wieder ein grobkörniger Dolomit.

Nordwestlich von Grumelli und östlich von Rusio, wo sich die zwei kleinen Vorkommen der oberen Stufe befinden, kommt die Breccie auch zu Tage. Sie enthält hier tonige und mergelige Einschaltungen und hat eine Mächtigkeit von 40 m. Bei Rusio und bei Punkt 1004 wird ihr Liegendes von einem dünn geschichteten grauen grobkörnigen Dolomit gebildet, der an die Rusioverwerfung angelehnt liegt.

In der Valle di Papa steht nördlich der Verwerfung die oberste Breccie auch an, aber schlecht und nur im unteren Teile entblösst. Die Dicke ist 30—40 m. Nach unten folgt eine dünne Schicht eines kaver-

nösen Gesteins, das auf einem geschichteten dunkelgrauen Dolomit liegt.

Hier liegt dieser Horizont an beiden Seiten der Verwerfung, nahe bei Punkt 926 in der Valle Mercè nur an der Südseite, im N steht die obere Stufe an. Die Sprunghöhe der Verwerfung nimmt also rasch von E nach W zu.

Dieser geschichtete Horizont ist auch einige 100 m östlich des Punktes 1439 aufgeschlossen. Auch hier liegt eine Dolomitreccie im Hangenden unter der oberen Stufe des Noriens. Das Gestein ist hier aber tonig.

Im Gebiete östlich des Monte San Leonardo treten ältere Ablagerungen des Noriens zu Tage. Sie sind von der N—S verlaufende Verwerfung nordöstlich von Castione, der Priona-Merciverwerfung, von den schon beschriebenen getrennt. Eine Korrelation war nicht mit Gewissheit auszuführen.

Oestlich von Castione und im Tale südlich von Rementere kommt in den Flügeln einer Synklinale ein dünngeschichteter (die Schichten sind etwa 10 cm dick) grauer Dolomit vor, der 70 m mächtig ist. Im Kerne der Synklinale liegt ein undeutlich geschichteter grauer bis weissgrauer grobkörniger Dolomit, der dem Pfad von Castione nach Rementere entlang und im Monte San Leonardo ansteht.

Das Liegendes des dünngeschichteten Dolomits ist ein ähnlicher Dolomit wie sein Hangendes im Kerne der Synklinale. In diesem Gestein, das bei Rementere und bei Priona zu Tage tritt, haben wir die Fossilien gefunden.

Beide massige Dolomithorizonte enthalten Zwischenschaltungen und Linsen grauer Dolomitreccien, die die undeutliche Schichtung, die nur aus der Ferne zu beobachten ist, verursachen.

Das Gestein des Monte San Leonardo ist wahrscheinlich zu korrelieren mit den liegenden Ablagerungen der Malga del Campo. Nach oben hin müssten die Breccien dann immermehr in den Vordergrund treten, jedoch ist diese Gleichstellung unsicher und nur auf lithologische Uebereinstimmung gegründet, die Mächtigkeit dieses Horizontes würde dann mindestens 200 m betragen. Beide Vorkommen sind von Verwerfungen getrennt; ein durchgehendes Profil ist auch nirgendwo anders zu finden.

Das Liegendes des Dolomits von Rementere ist ein dickbänkiger Dolomit, der wechsellagert mit ungefähr 50 cm dicken rot verwitternden Mergelbänken, die nahe Pratolongo, Samosso und Pospé anstehen.

Die Mächtigkeit des Horizontes von Rementere hat sich auf etwa 400 m feststellen lassen. Bei Pospé grenzt dieser Horizont an die obere Norien, wo wir also eine Verwerfung voraussetzen. Aber auch weiter nach E kann die untere Stufe unmöglich in Anbetracht des gemessenen Einfallens und der Mächtigkeit der Horizonte wegen normal ohne Dislokationen unter der oberen Stufe liegen. Aus der Profilkonstruktion kamen wir zum Schluss, dass die normale untere Grenze der oberen Stufe nur 100 m über der topographischen Oberfläche bei il Bigliardo liegen kann. Da das Einfallen der Schichtebenen nahe Rementere etwa 50° nach S ist, ist es gänzlich unmöglich, dass die Dolomite von Rementere normal unter den eben erwähnten Grenze liegen können. Leider fehlt dort jede Aufschluss.

Wir haben also der Linie Pratolongo—nördlich von Pospé—Priona entlang eine Verwerfung angenommen, die allerdings hypothetischer Art ist.

Das Liegendes der Dolomite mit Mergeln steht nirgendwo an und ist uns demnach unbekannt.

Wir lassen hier eine tabellarische Zusammenfassung der besprochenen Stratigraphie folgen.

	M. Scanapá	Malga Campo	V. di Papa	Rusio	M S. Leonardo, Rementere	Pratolongo
O	Dolomitbreccie 30 m	Dolomitbreccie 40 m	Dolomitbreccie 30-40 m kavernöses Gestein 1 m	Dolomitbreccie mit Ton und Mergel 50 m		
	undeutlich geschichteter grobk. Dolomit 85 m	dünngesch. grobk. Dolomit	geschicht. grauer Dolomit	geschicht. dunkelgrauer Dolomit		
	grobe Dolomitbreccie 15 m	grobe Dolomitbreccie + grauer Dolomit				
			?	200 m	?	
					undeutlich gesch. grauer Dolomit + Breccien	
					dünngesch. grauer Dolomit 70 m	
					undeutlich gesch. grauerweissgrauer Dolomit + Breccien 400 m	
U.						Dolomit + Mergel 300 m

B. *Oberes Norien*. Diese Stufe besteht aus einer schichtungslosen massigen Ablagerung eines dunkelgrauen, auf angeschliffenen Oberflächen blaugrauen, feinkörnigen dichten dolomitischen Kalksteines, der gänzlich fossilifer ist.

In den unteren Teilen kann er stellenweise fleckig verwittern (M. Scanapá, Punkt 1439, Valle Mercè). Die noch frischen grauen Kalkstückchen werden von braunen mehr oder weniger dicken Aederchen von einander getrennt. Dann und wann weist das in dieser Weise verwitterte Gestein eine grosse Aehnlichkeit auf mit dem Esino, was z. B. in der Valle Mercè der Fall ist.

Das Hangendes dieser Formation tritt nirgends zu Tage. Die Erosion hat in der Valle Mercei, wo die grössten topographischen Höhenunterschiede sind, maximal nur 300 m übriggelassen.

Das folgende Idealprofil ist nun vom gesammten Norien aufzustellen (Fig. 5):

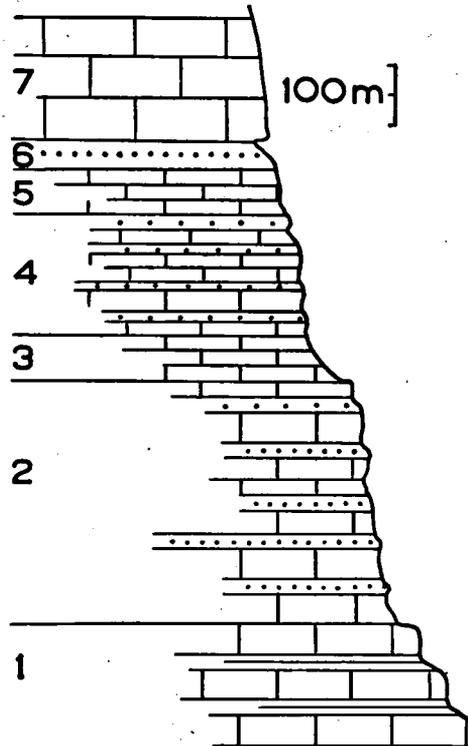


Fig. 5.

Die Schichtfolge des Noriens.

Die Ziffern entsprechen den Nummern der Horizonte der Textprofile auf Seite 126.

- O. 7. >300 m massiger dichter (blau)grauer dolomitischer Kalkstein.  
 6. 45 m graue oder braune Dolomitbreccie.  
 5. 70 m meist dünngeschichtete graue grobkörnige oder dichte Dolomite.  
 4. ?200 m graue Breccien mit grauen Dolomiten.  
 ?  
 undeutlich geschichtete graue Dolomite mit grauen Breccien.  
 3. 70 m dünngeschichtete graue Dolomite.  
 2. 400 m undeutlich geschichtete graue oder weissgraue grobkörnige Dolomite mit grauen Breccien.  
 U. 1. >300 m dickbänkiger grauer Dolomit mit rot verwitternden Mergelbänken.

#### 4. Quartär.

In unserem Gebiete sind deutliche Spuren einer Vereisung zurückzufinden, sowie fluviogla-  
ziale Flussterrassen, alte Firnmulden und Moränen.

Im Tale der Torrente Gera (Fig. 6) liegen vier Flussterrassen, die auf der Karte und in den  
Profilen von oben nach unten mit den Nummern I  
bis IV angedeutet worden sind. Die Gera hat in  
den Terrassen ein klufartiges, nahe Castione 55 m  
tiefes, Tal mit steilen fast senkrechten Wänden  
eingeschnitten.

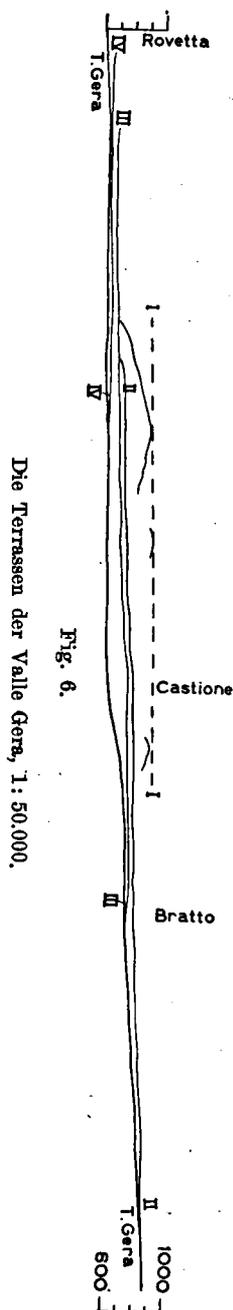
Nur ein kleiner Rest ist von der höchsten  
Terrasse, Terrasse I, auf den Hügeln (911—  
1007 m übers Meer) westlich von Castione übrig.  
Die Erosion hat nur einen runden Hügel geschont,  
an dem keine typische Terrassenform mehr zu er-  
kennen ist. Die Flüsse haben sich tiefe Täler ein-  
geschnitten; südlich von Rementere kommt das  
Norien im Tale sogar unterhalb der Terrassen-  
ablagerung zum Vorschein.

Diese Terrasse ist von der zweiten durch einen  
deutlichen Steilrand getrennt. Die Terrassen II  
und III sind ziemlich schwer zu unterscheiden.  
Nördlich des km 40 (760 m) liegt ein einige Meter  
hoher Steilrand, der die Terrassengrenze bildet und  
zugleich die westlichste Ausdehnung der Terrasse  
II ist. Die Kirche von Castione (870 m) ist darauf  
gebaut worden, das Dorf (864 m) liegt auf der  
Terrasse III. Nahe Bratto kommt der Autoweg,  
der bisher über diese Terrasse geführt hat, nach  
einem langen Abstieg auf die zweite Terrasse, die  
weiter regelmässig und sanft nach E ansteigt bis  
an die westlichen Abhänge des Monte Scanapá und  
die Roccia Rossa von 970 bis ungefähr 1080 m  
Höhe.

Oberhalb km 46 steigt der Weg plötzlich mit  
einigen Schlingen und verläuft dann weiter auf  
den quartären Ablagerungen im oberen Geratale,  
die jedoch nicht zur Terrassenbildung gehören.

Terrasse II ist jenseits der Gera zurückzu-  
finden: Dorga (977 m) und Lantana (1014 m)  
liegen darauf und sie dehnt sich aus bis südöstlich  
von Castione, bis da, wo die Valle di Tede und die  
Valle Gera zusammenkommen. Dieser Terrassen-  
zunge (918 m) liegt offensichtlich höher als das  
Land zwischen Castione und Bratto, durch das der  
Autoweg hindurchführt und das zur Terrasse III  
gehört.

Durch einen steilen Rand, der nahe Rovetta und Fino nicht, aber



an anderen Stellen sehr deutlich und hoch ist, wird die Terrasse III von der Terrasse IV getrennt. Auch oberhalb Fino macht der Weg einen langen ziemlich steilen Aufstieg, mittels dessen man von der Terrasse IV auf der Terrasse III gelangt. Nordwestlich von Onore liegt am Südufer der Gera ein kleiner Rest der Terrasse III (745 m).

Die Terrasse IV, auf denen Fino und Onore liegen (662 m), ist die jüngste. Der Fluss hat sich eine noch nicht sehr tiefe Kluft eingeschnitten. Sie zieht sich bis etwa 1 km nordöstlich von Onore hin (692 m).

Die Terrassen sind grob aber deutlich geschichtet. In den einzelnen Terrassen gibt es keine Unterschiede hinsichtlich Korngrösse und Zusammensetzung. Alle sind aus demselben groben Konglomerat gebildet mit Stücken im Durchschnitt schwankend zwischen 1 cm und einem halben Meter. Die Stücke sind durch Kalzit verkittet worden.

Die Zusammensetzenden Gerölle entstammen immer nur den Gesteinen der unmittelbaren Gegend: Esino, Carnien, Norien und Hornblendedioritporphyr.

Die vier Terrassen vertreten gewiss nicht die vier Eiszeiten. Es erscheint uns annehmbarer, dass das Terrain sich nach dem Plistozän unregelmässigerweise mit Stössen gehoben hat, wodurch der Fluss sich immer weiter in die fluvioglazialen Terrassenablagerungen einschneiden konnte. War nach einer Hebung das Gleichgewicht zwischen der vertikalen Erosion des Flusses und dem Betrag der Hebung eingetreten, dann verbreitete die horizontale Erosion das Tal bis eine Terrassenartige Erosionsrest entstanden war. Eine neue Hebung verursachte eine erneute Einschnidung mit der Bildung einer tieferen Erosionsterrasse.

Verschiedener Art ist die quartäre Ablagerung im SE des Gebietes,



Fig. 7.

Das Quartär von Cassinelli, Aufschluss in der oberen Valle di Campello.

in deren Mitte ungefähr die Malga Cassinelli liegt (Fig. 7). Hier fehlt jede Terrassenbildung, auch liegen die Schotter nicht horizontal, doch

zeigen ein Fallen, das mit der Neigung der Topographie übereinstimmt. Diese Ablagerung ist ähnlicher Zusammensetzung wie die Terrassen. Typisches Grundmoränematerial mit gekritzten Geschieben haben wir aber nicht gefunden.

Auch in der oberen Valle Merci liegt sie und nahe bei Punkt 1439 ein kleineres Vorkommen. Hier sind die zusammensetzenden Stücke deutlich abgerollt. Oestlich der Colle della Presolana ist die Ablagerung mehr als ein brecciöses Konglomerat ausgebildet worden und aus Esino und Norien zusammengesetzt. Bei Cassinelli sind die Stücke zum Teil mehr oder weniger gerundet worden, aber die meisten sind eckig.

Alles deutet darauf hin, dass das Material, sowohl der Terrassen als dieser Ablagerung, nicht über eine grosse Strecke transportiert ist. Die Ablagerung kann sehr mächtig sein: in der Valle di Campello sind die grössten Höhenunterschiede; das Tal ist maximal 60 m tief ohne dass der Untergrund zu Tage tritt.

Wir können nicht annehmen, dass so mächtige Ablagerungen, wie das Quartär von Cassinelli und die Terrassen, nur in dem holozänen Zeitalter gebildet worden sind. Das einheitliche Gepräge alle dieser Ablagerungen deutet auf eine ununterbrochene Entstehung, unabhängig von Eiszeiten, hin. Wahrscheinlich haben in den Glazialzeiten Schmelzwasserbäche und in den Interglazialzeiten kleinere Flüsse in die Täler und auf die Abhänge, die im grossen und ganzen schon den heutigen ähnlich waren, diese Ablagerungen gebildet. Später sind in diesen Ablagerungen der erniedrigten Erosionsbasis wegen tiefe Täler eingeschnitten.

Wahrscheinlich hat dieses Gebiet eine Vereisung gehabt, die zum Flussgebiet des Serio gehörte. Die Theorie, die in der Litteratur sehr verbreitet ist, dass der Oligogletscher (Valle di Scalve) über den Pass von Giogo einen kleinen Nebengletscher in die Valle Gera geschickt hat, können wir nicht bestätigen. In dem Falle sollten oberhalb Bratto erratische Geschiebe aus dem Perm und aus dem Servino vorkommen. Solche Erratika wurden jedoch nicht gefunden.

Uns kommt es viel annehmlicher vor, dass zur Zeit der grössten Vereisung auf den verschiedenen Gebirgsgruppen, die von den grössten Tälern schon damals getrennt wurden, örtliche voneinander isolierte Eiskappen lagen, von denen die kleineren Gletscher, die schon auf grösserer Höhe aufhörten, hinabflossen; die grössten, wie die Gletscher des Brembo, Serio, Oglio, entstanden in den zentralen Bergamasker Alpen und flossen bis beträchtlich weiter nach S hinab. Die Zusammensetzung ihrer Ablagerungen ist ja ganz verschieden von der, die wir hier kennen gelernt haben: es sind keine Mischungen der örtlichen Gesteine, auch Gesteine der ältesten Formationen kommen in ihr vor.

Kleine Gletscher der Presolana-Timognogruppe und ihre Schmelzwasserbäche bildeten das Quartär von Cassinelli und die Terrassen der Valle Gera. Mit dieser Auffassung sind die nicht weite Herkunft und der geringe Transport des Materials geklärt.

Sacco (Lit. 22) zeichnete auf seiner Karte der Glazialablagerungen

der Bergamasker Alpen unterhalb Castione und nahe bei Onore zwei derartige Vorkommen. Was er damit meint, ist uns nicht recht klar. Es gibt da überhaupt kein anders Quartär als die Terrassen, die er aber nicht gemeint haben kann, da diese eine viel grössere Ausdehnung besitzen. Die Terrassen sind nicht auf seiner Karte als solche eingetragen und auch nicht im Texte erwähnt worden.

Oben in der Valle Merzi hat er eine holozäne Ablagerung gezeichnet, nördlich von Giogo eine sichelförmige Endmoräne, die aber gar nicht existiert. Mit dem Holozän hat er offenbar einen Teil des Fluvioglazials gemeint.

Die Valle di Valzurio ist unterhalb Muschelo ganz mit lockerem quartärem Material gefüllt. Auf dem Talboden gibt es stellenweise kleine Aufschlüsse des festen Gesteins, so dass wir den Schluss ziehen dürfen, dass die Ogna diese Ablagerung schon fast ganz durchschnitten hat. Die maximale Mächtigkeit wird dann etwa 40 m sein.

Ein fluvioglazialer Ursprung ist nicht sicher nach zu weisen. Moränen, die in dem Falle bei Muschelo vorkommen müssten, fehlen ganz. Nur zwei sehr kleine Endmoränen liegen ganz oben im Tale, die grösste zwischen den Punkten 1878 und etwa 2028, und eine kleinere südlich des Punktes 1757. Sie sind noch sehr frisch und können nur von jüngeren sehr kleinen Gletschern gebildet worden sein. SACCO (Lit. 22) zeichnete hier auf seiner Karte holozäne Glazialablagerungen, mit denen offenbar diese kleinen Moränen gemeint worden sind. Mit dieser Auffassung können wir völlig einstimmen.

Seine quartäre Glazialablagerung in der Valle di Olone ist aber nur eine rezente Schutthalde.

Die Valle di Mezzo bildet unterhalb des Monte Ferrante eine deutliche Karsohle, die auch auf SACCO's Karte vorkommt (Fig. 13).

Auch im Becken von alta Fontana Morà liegt westlich des Punktes 2849 ein deutlicher Karboden (Fig. 16), den wir auf der Karte, wie den der Valle di Mezzo, als eine Schutthalde eingetragen haben. Sonst fehlt hier jede Spur einer Vereisung. Vielleicht ist die merkwürdige Kulissenbildung des Esino zwischen Vigna Vaga und il Collino auf die Eiserosion zurückzuführen.

Eine ziemlich grosse Endmoräne liegt zwischen der Baita mezzo di Vigna Vaga und dem Monte Vigna Vaga. Es ist ein noch sehr frischer sichelförmiger Hügel, in dem ein Bach eine Kluft eingeschnitten hat.

Von den holozänen Schutthalden wird im Kapittel VII noch die Rede sein. Bemerkenswert sind die Dolinen im Carnienkalke des alta Fontana Morabeckens. Sie messen im Durchschnitt einige Meter und sind ebenso tief.

### III. DIE PETROGRAPHIE EINIGER KALKGESTEINE.

Weder makroskopisch noch mikroskopisch lassen sich zwischen den Kalken und dolomitischen Kalken des Esino und des unteren Carniens eingehenden Unterschiede entdecken, weshalb wir sie hier zusammen besprechen werden.

Die Gesteine stellen eine Mischung dar von Kalzit und Dolomit, die zu einer kryptokristallinen Masse, die stark verunreinigt ist, auskristallisiert sind (Fig. 8, A). Nur bei starker Vergrößerung ist ihr

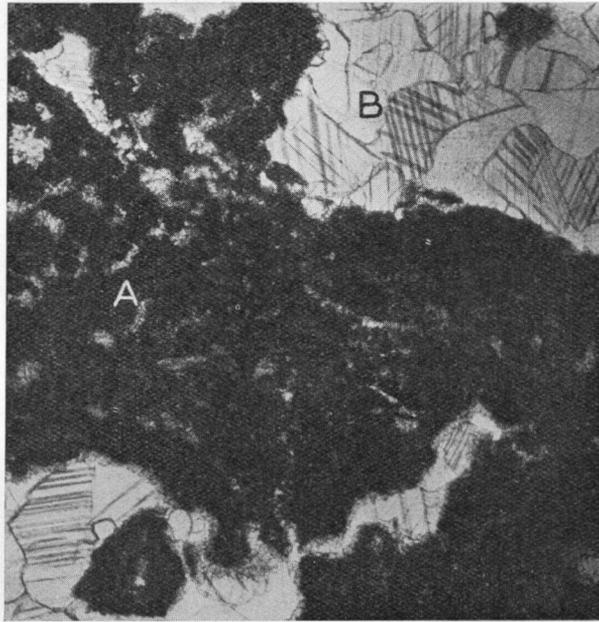


Fig. 8.

Mikrophotographie des dolomitischen Kalkes des unteren Carniens,  $\times 36$ .  
A. kryptokristallinische Masse. B. grobkristallinische Aggregate.

kristallinischer Charakter zu erkennen. Das Mass der Verunreinigung bestimmt die Farbe des Gesteins, die wechselt von dunkel- bis hellgrau oder leberfarbig.

In dieser Grundmasse schwimmen grobkristallinische Aggregate, die meist schon makroskopisch auffallen und in der Sonne glänzen. Auch diese panallotriomorphe bis 0,1 mm im Durchmesser messenden Kristalle sind nicht sauber; sie enthalten kleine Einschlüsse (Fig. 8, B).

Die Gesteine sind alle mehr oder weniger dolomitisch mit einigen Ausnahmen. Aus den vielen von HOLMES (Lit. 14) angegebenen Methoden Kalzit und Dolomit zu unterscheiden, wurde die Methode von MAHLER (Lit. 18), weiter ausgebaut von SPANGENBERG (Lit. 24), ihrer Einfachheit wegen, gebraucht

Nach dieser Methode wird ein verpulvertes Gesteinsmuster in einer verdünnten Lösung (25 g/l) von  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  einige Minuten gekocht. Das  $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$  wird viel schneller angegriffen als das  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , wobei sich das basische Kupferniträt,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3 \text{Cu}(\text{OH})_2$ , bildet, das auf die Kalziumkarbonatkörnchen niederschlägt und diese intensiv grün färbt, während das Magnesiumdoppelsalz unverändert bleibt.

Das in dieser Weise hergestellte, getrocknete, Pulver wurde von uns auf einem Objektglas ausgebreitet, worauf mittels des Integrationstisches die Menge der gefärbten und der farblosen Körnchen bestimmt wurde.

Es zeigte sich, dass das Carnien einen grösseren Dolomitgehalt besitzt als der Esino. Das Carnien enthält 39—44 % Dolomit, der Esino dagegen nur 20—24 %. Bei beiden kommen Ausnahmen vor. Ein Carnienmuster von Baita Pagherola bassa enthält nur 23 % Dolomit, ein anderes der Cresta di Valzurio ausschliesslich Kalzit; im Esino fanden wir Abweichungen von 10,5 % Dolomit (etwa in halber Höhe zwischen den beiden Baite Fontana Mora) und zwei Linsen von reinem Dolomit (Seite 115).

SPANGENBERG (Lit. 24) hat auch eine Methode angegeben den Dünnschliff zu färben, wozu er ihn 5—10 Minuten in einer erwärmten Lösung von Kupferniträt versank. Leider war es uns unmöglich die Dünnschliffe in dieser Weise zu behandeln, da wir sie zugedeckt bekamen. Ein Splitter des zu untersuchen Gesteins wurde aber dazu angeschliffen und glatt poliert. Nach einem Bad in verdünntem HCl entstand ein Relief. Zur Verdeutlichung dieses wurde der Splitter darauf in üblicher Weise mit Kupferniträt behandelt.

Es zeigte sich dann, dass die Verteilung beider Minerale ganz willkürlich ist. Sowohl in der Grundmasse wie in den grobkörnigen Teilen kommt der Dolomit vor.

Organische Strukturen sind selten. Die Untersuchung ihres Dolomitgehaltes ergab keine abweichenden Resultate: 25 % Dolomit im Omphaloptychenkalk von alta Fontana Mora (Carnien), 56 % im Evinospongienkalk von Giogo (Carnien), 49 % im Esinokalk mit Muscheldurchschnitten (Passo di Olone), 9 % im Esinokalk mit Korallenresten (Valle dell'Ombra).

Dass der Dolomitgehalt hier von 9—56 % wechselt, widerspricht die Voraussetzungen, dass die organischen Strukturen durch die spätere Dolomitisation verschwunden seien oder, dass der Dolomitgehalt nur den Organismen zu verdanken sei. Es scheint vielmehr, dass der Dolomit unabhängig von den Organismen entstanden ist. Wir müssen einen chemischen Niederschlag von Kalzit und — mehr oder weniger, je nach den Umständen — von Dolomit aus dem Meerwasser annehmen.

Bei der Voraussetzung einer späteren Dolomitisation müssten wir überall denselben Dolomitgehalt finden oder eine regelmässige Zu- oder Abnahme in einer bestimmten Richtung. Hiervon ist gar nicht die Rede.

Die Unterschiede im Dolomitgehalt sind stratigraphische Unterschiede und überdem nicht in horizontaler oder vertikaler Richtung bedingt.

Es muss sich also um einem anorganischen chemischen Niederschlag von Kalzit und Dolomit in wechselnden Mengen aus dem Seewasser handeln. Die einzigen Unterschieden zwischen dem Esino und dem unteren Carnien sind die Umstände, dass das Carnien einen grösseren Dolomitgehalt besitzt als der Esino und im Gegensatz zum Esino deutlich geschichtet ist. Diese Schichtung wird von Mergelschichtungen verursacht, die dadurch entstanden sind, dass toniger Schlamm mit regelmässigen Unterbrechungen niederschlug, das Kalksediment verunreinigte und so Mergelzweischichtungen bildete.

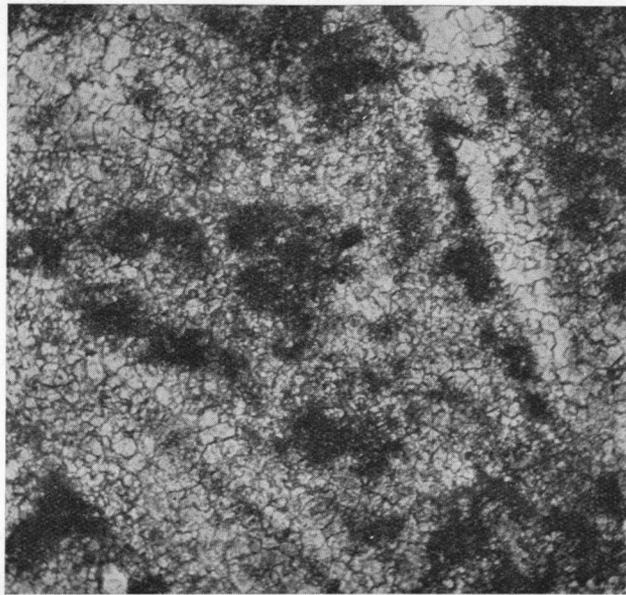


Fig. 9.

Mikrophotographie des Dolomits des unteren Noriens,  $\times 36$ .

Wahrscheinlich war also in der Esinozeit das Land weiter entfernt als im frühcarnischen Zeitalter.

Die andere Formation aus dolomitischen Kalken und Dolomiten ist das Norien. Das untere Norien besteht aus einem grobgeschichteten Paket von reinen oder fast reinen grobkörnigen Dolomiten. Die Schichtung ist entstanden durch die Zwischenschaltung von Breccien, tonigen Schichten oder Mergeln. Auch hier sind Organismen äusserst selten und, wo sie auftreten, ist der Dolomitgehalt nicht abweichend.

U. d. M. zeigt sich der Dolomit von Rementere und von den Häusern westlich von Castione ganz anders als die Gesteine des Esino und des Carniens (Fig. 9). Die Kristalle sind alle nahezu gleich gross (0,03—0,09 mm Durchschnitt; grössere von bis 0,16 mm kommen vor,

doch sind selten). Alle sind panallotriomorphkörnig. Verunreinigungen kommen vor.

Es sind reine Dolomite; in den Dünnschliffen fanden wir einige mikroskopische Hohlräume.

Der Dolomit der dünngeschichteten Facies von Castione, der nur 83 % Dolomit enthält, sieht u. d. M. mehr aus wie Esino oder Carnien: ein kryptokristallinischer, stark verunreinigter Dolomit, in dem stellenweise grobkörnigere Kristallaggregate schwimmen, deren Korngrösse der des reinen Dolomits entspricht.

Das obere Norien ist ein grauer ungeschichteter dolomitischer Kalk mit ungefähr 29 % Dolomit, in dem jede Spur organischer Reste fehlt. U. d. M. erweist er sich als sehr feinkörnig. Die gröberen Teile besitzen eine Korngrösse von etwa 0,06—0,1 mm, die meisten Kristalle sind aber nicht grösser als 0,015—0,02 mm. Verunreinigungen kommen nahezu nicht vor.

Aus demselben Grunde wie beim Esino und beim Carnien, denken wir bei der Entstehung dieser Formation an einen chemischen Niederschlag aus dem Meerwasser. Das untere Norien wurde nahe dem Lande gebildet; terrigenes klastisches Material tritt in der Form von Breccien und Schlamm (tonigen Zwischenschaltungen und Mergeln) auf. Das obere Norien ist weit vom Lande entfernt gebildet, wo das terrigene Material nicht mehr vorkam, also auch keine Schichtung oder Verunreinigung verursachen konnte.

CAYEUX (Lit. 4) zog den Schluss, dass in gewissen Fällen die Dolomitbildung gleich, nachdem die Sedimentation des Kalkgesteines stattgefunden hat, auf dem Meeresboden vor sich geht. Es ist nicht möglich, dass Organismen den ganzen Dolomitgehalt verursacht haben können, eine andere Mg-Quelle muss man unbedingt in Betracht nehmen, besonders wenn die Organismen selten sind.

Dieser Forscher sieht das Seewasser als die Quelle dieses Magnesiums. Die Frage, deren Lösung er sich zur Aufgabe macht, ist wie es möglich ist, dass das Magnesium als Dolomit aus Meerwasser normaler Zusammensetzung niederschlägt: wie sind diese Reaktionen und was sind die Umstände, die diese Reaktionen fördern?

Im Meerwasser kommt Magnesium nur in geringer Menge vor und es werden nicht nur Kalksteine mit einer geringen Menge Magnesium, sondern auch dolomitische Kalke und reine Dolomite gebildet.

Auf die Frage, welcher Art die dolomitbildenden Reaktionen sind, ist es noch nicht möglich eine bestimmte Antwort zu geben. Das Magnesium ersetzt das Kalzium, wenn der Kalk schon ein festes Gestein ist. Diese Substitution geht, wie CAYEUX annimmt, vor sich durch Störung des chemischen Gleichgewichtes auf dem Meeresboden. Die Reaktionen finden statt bei normaler Temperatur und möglicherweise hohem Druck.

Ueber die Umstände, die diese Reaktionen fördern, die also das chemische Gleichgewicht zerstören, ist mehreres bekannt. CAYEUX hat bei seinen Forschungen im Becken von Paris beobachtet, dass, wenn der Meeresboden gehoben wurde, der Dolomitgehalt zunahm. Auch erwähnt er einige rezente Beispiele.

Dolomit wird gerade bei einer Hebung des Meeresbodens in grösseren Mengen gebildet. CAYEUX sagt aber, dass dies zwar keine Erklärung sei für alle Dolomitvorkommen, dass es aber anderseits auch nicht richtig sei, diese Erklärung nur auf das Pariser Becken zu beschränken.

Wie fügt sich diese Theorie in die von uns in den verschiedenen Formationen festgestellten Dolomitgehälte?

Wir haben den Esino kennen gelernt als eine massige Kalkmasse ohne klastisches terrigenes Material. Das untere Carnien war näher beim Lande gebildet worden: toniger Schlamm hat hier zusammen mit dem Niederschlag von  $\text{CaCO}_3$ , das Dasein von Mergeln verursacht. Wir dürfen also auf eine Hebung des Meeresbodens in der frühcarnischen Zeit schliessen, die sich im oberen Carnien behauptet hat. Bei der Bildung dieser Formation trat der Kalkstein ganz in den Hintergrund; es wurden fast ausschliesslich Mergel und Sandsteine gebildet.

Im allgemeinen ist der Dolomitgehalt des unteren Carniens grösser als der des Esino. Wir sehen hier also bei einer Hebung des Bodens eine Zunahme des Dolomitgehaltes.

Im obercarnischen Zeitalter haben wir auf Seite 120 schon ein un-  
tiefes Meer vorausgesetzt, das Land war in der Nähe und Flüsse führten das terrigene Material ins Meer.

Bei der Bildung des unteren Noriens behauptete die Hebung sich, obwohl die Umstände sich wieder geändert hatten.

Auch hier kommen, besonders in den niedrigeren Horizonten, Mergel vor. Dieses spricht für eine Sedimentation in der Nähe des Landes, das Vorkommen von stratigraphischen Breccien — in den höheren Schichten — für eine Bildung in der Nähe einer steilen hohen Küste. Die Hebung des Bodens hat sich also fortgesetzt.

Die Kalkgesteine des unteren Noriens sind reine oder fast reine Dolomite.

Im oberen Norien fehlt jede Spur terrigenen Materials; makroskopisch ist das Sediment dem Esino sehr ähnlich. Das Land war wahrscheinlich wieder weiter entfernt und das Meer tiefer: die Hebung hat aufgehört. Der Dolomitgehalt ist wieder niedriger und entspricht ungefähr dem des Esino.

#### IV. TEKTONISCHE BRECCIEN.

An verschiedenen Stellen auf den Ueberschiebungsflächen, sowohl der Presolanadecke, wie der Ognäüberschiebung, haben wir homogene und polygene tektonische Breccien gefunden.

Auf dem Ausbiss der Decke nahe Baita alta Verzuda trafen wir eine Kalksteinbreccie, aufgebaut aus Bruchstücken eines sehr dichten rötlichen Kalkes, von grobkristallinischem weissem Kalzit gekittet, der aderartig erscheint. Auf der verwitterten Oberfläche liegen sie wie Wülste über dem Gestein: klar erkennt man da, wie sie das ganze Gestein wie ein unregelmässiges Netzwerk durchsetzen.

Nach der Systematik von GRUBENMANN und NIGGLI (Lit. 11) liegt hier ein Kakirit vor. Zufolge einer Dislokation wird das Gestein auf der Bruch- oder Ueberschiebungsfläche zerbröckelt, so dass es in allen Richtungen von Rutsch- und Kluftflächen durchzogen wird. Die Sprünge können von Gesteinspulver oder Neubildungen gefüllt sein. In diesen Fall handelt es sich um einen reinen Kalkkakirit: das ursprüngliche zerbröckelte Gestein entspricht dem dichten Kalk, die Rutschflächen sind mit einer Neubildung, einem rekristallisierten grobkristallinischen Kalzit, gefüllt worden.

Auch u. d. M. zeigt sich diese Struktur. Es sind Teile eines kryptokristallinischen Kalkes, in dem keine Einzelstrukturen wahrnehmbar sind und die offenbar zur Bruchstücken gehören (Fig. 10, A), die von mikroskopisch kleinen oder grösseren mit grobkörnigem kristallinischem Kalzit gefüllten Adern getrennt werden (Fig. 10, B). Die Bruchstücke zeigen scharfe gerade Umriss, die Ecken sind nicht gerundet.

Das Bindemittel, der grobkörnige Kalzit, ist stark kataklasiert. Die Spaltungsebenen sind gekrümmt und manchmal von den anders gerichteten verstellt worden. Undulöse Auslöschung kommt allgemein vor.

Dieses Gestein weist eine oberflächliche Aehnlichkeit auf mit dem ersten Typus der von CAYEUX (Lit. 4) unter dem Namen „cipolin brèche" oder „cipolin mylonitisée" beschriebenen homogenen tektonischen Breccien. Hier gibt es auch fein- und grobkörnige Teile im Dünnschliff. Die ersten stellen aber die völlig zerknautschten und durchgespaltenen Kristalle, die unmittelbar durch eine weitgehende Kataklasierung aus grobkristallinischen Teilen entstanden sind, dar.

Dass beide Gesteine verschieden sind, ist sofort aus der Umrahmung der feinkörnigen Teile ersichtlich: sind sie hier scharf umgrenzt, beim CAYEUXschen Typus sind sie das nicht, da ist die Umrahmung gerundet und bestehen Uebergänge.

Die unveränderten carnischen Kalke sind ebenso kryptokristallinisch wie die umgewandelten. Man braucht also nicht eine Zertrümmerung

der Kristalle anzunehmen, um die Feinkörnigkeit gewisser Partien im veränderten Gestein zu erklären. Im Gegenteil: die scharfen Umriss zeugen mehr für eine Zertrümmerung des Gesteins als Ganzes, also mehr für eine Breccienbildung als für Kataklasierung der Einzelkristalle. Die Grobkörnigkeit des Bindemittels ist der Rekrystallisation des auf den Bruchflächen verpulverten Gesteins zuzuschreiben. Später ist in ihnen wieder eine Kataklaste aufgetreten.

Wir dürfen hier also zwei Phasen in der Bildung dieser Breccie erkennen. Später werden wir sehen, dass die Bildung der Decke auch in zwei, einer sehr wichtigen Hauptphase und einer ganz untergeordneten spätern Phase, vor sich gegangen ist.

Wir möchten noch betonen, dass wahrscheinlich in den Bruchstücken auch eine Umwandlung vor sich gegangen ist, das Gestein macht einen

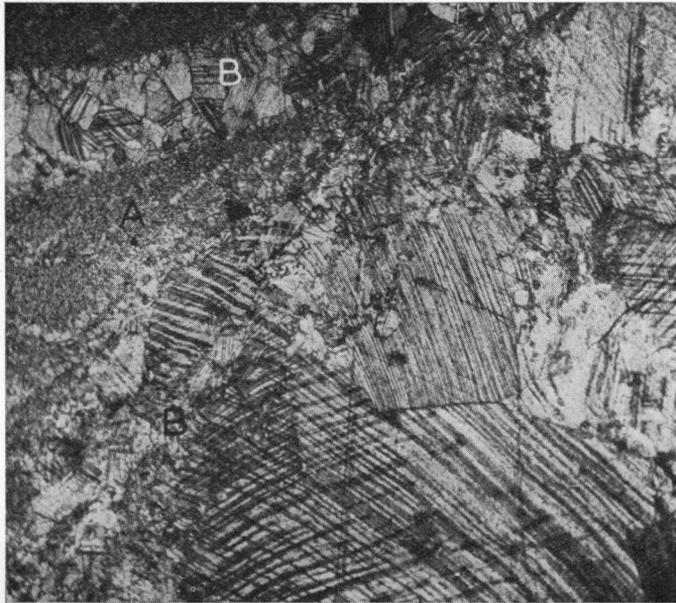


Fig. 10.

Mikrophotographie des Kalkkalkirits von alta Verzuda,  $\times 36$ .

A. kryptokristallinische Bruchstücke. B. grobkristallinische Neubildung.

viel homogenen Eindruck, nicht einen so unordentlichen, wie in den anderen carnischen Kalken. Im Dünnschliff ist das Gestein heller und nicht so verunreinigt.

Nahe bei Punkt 1878 auf dem Ausbiss der Ognäüberschiebungsfläche fanden wir einen ganz mit Harnischen durchzogenen Kalk. Sie besitzen keine bestimmte Richtung, sondern durchqueren das Gestein ganz unregelmässig. U. d. M. zeigte sich, dass dieses Gestein nicht wesentlich verschieden ist von den carnischen Kalken ausserhalb der Ueberschiebungszone. Auch hier eine kryptokristallinische Masse, in der keine

Strukturen wahrnehmbar sind, mit stellenweise grobkörnigen Teilen. In diesen ist Kataklyse aufgetreten, obwohl sie sich nicht in einer so grossen Menge wie im vorigen Beispiel entwickelt haben.

Diese Breccie ist nicht so stark zerbröckelt worden, dass sich mikroskopische Bruchstücke gebildet haben; überdem ist die Substanz auf den Rutschflächen nicht ganz rekristallisiert: nur Harnischbildung hat hier stattgefunden. Die grössten Umwandlungen sind auch in diesen Fall nur auf den Bruchflächen vor sich gegangen, die Bruchstücke selbst zeigen wenige Erscheinungen einer Kataklyse.

Die merkwürdigste tektonische Breccie fanden wir nördlich der Ferrante oberhalb Punkt 2223 auf der Ueberschiebungsfläche der Presolanadecke. Auch bei der Cima Verde kommt dieses Gestein vor. Dies ist „il mare in burrasca“ (Seite 110) von TACCONI (Lit. 26).

Es ist ein sehr unregelmässig geschichteter Mergelkalk: die Schichten verlaufen nicht ganz parallel, die Schichtebenen sind gekrümmt, und bisweilen sogar eckig entwickelt. Die Schichten, deren Mächtigkeit schwankt von Bruchteilen eines mm bis zu einem  $\frac{1}{2}$  cm, sind verschieden gefärbt. Die am meisten vorkommende Farbe ist hellviolettrot, weshalb das ganze Gestein auf den ersten Blick den Eindruck erweckt so gefärbt zu sein. Es gibt auch braune, weisse und gelbe Schichten. Das weisse Material ist rein kalkig, das rote ist Mergelkalk.

Bisweilen ist die Schichtung ganz vorherrschend und gibt dann dem Gestein sein Gepräge. Aber sowohl in vertikaler, wie in horizontaler Richtung kann dies übergehen in weniger deutlich oder fast nicht geschichtete Teile, in denen die weisse Farbe des Kalkes vorherrschend wird.

Möglicherweise haben wir mit der ursprünglichen Sedimentationsschichtung zu tun. Anderswo kommen analoge, sei es regelmässiger geschichtete, Gesteine in der Tat vor, aber nicht auf diesem hohen stratigraphischen Niveau; ausserdem haben wir sie in unserem Gebiete nirgends gefunden. Eine andere Möglichkeit ist, dass die Kalke des unteren Ladiniens und des Carniens und die Mergel des letzteren, die hier alle auf der Ueberschiebungsfläche liegen, intensiv miteinander verknüchtet worden sind und dass hier ein tektonisches Mischgestein vorliegt. U. d. M. zeigt es sich, dass der Mergelkalk eine ganz opake Masse bildet mit stellenweise vereinzelt Kalzitkristallaggregaten, Kalkschichtchen und Linsen (Fig. 11, A). Das ganze Gestein ist unregelmässig von sehr feinen dünnen Aederchen eines hellen feinkörnigen Kalzits durchzogen, die in gar keiner Beziehung zu der Schichtung stehen (Fig. 11, B).

An diesen Aederchen ist deutlich zu sehen, dass im Gestein Bewegungen vor sich gegangen sind. Fast nie gehen sie quer hindurch, sie sind an vielen Stellen abgebrochen worden und dann etwas verstellt. Manche Aederchen sind auf diese Weise in viele Stücke zerteilt worden; auch mit den Kalkschichten und -Linsen ist bisweilen dasselbe geschehen.

Gerade auf den Bewegungsebenen hat sich eine braune Substanz gebildet (Fig. 11, C), die bisweilen auch makroskopisch wahrnehmbar ist. Sie ist ganz opak, amorph und unbestimmbar. Wir können sie als mylonitischer Ueberschiebungston auffassen.

Einen anderen Typus der tektonischen Breccien stellen die polygenen Breccien dar. Hier liegen kleinere und grössere Bruchstücke der Gesteine, die von einer tektonischen Linie getrennt werden, auf der Dislokationsebene in einer Bindemittel von Kalzit.

Nahe beim nördlichsten Punkte des Ausbisses der Presolanadecke auf dem Grat nördlich der Ferrante fanden wir eine Breccie, in der die blauen Kalke des unteren Ladinens und die hellen Kalke des Carniens deutlich erkennbar sind. Das Bindemittel ist ein leberfarbiger Kalzit.

Am Passo di Olone liegt auf der Ueberschiebungsfläche der Decke eine Breccie aus Hornblendedioritporphyrit und Esinokalk zusammen-

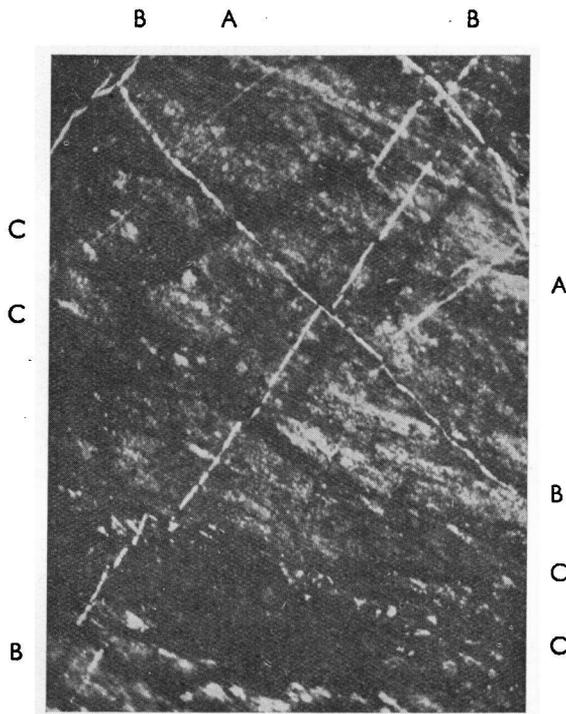


Fig. 11.

Mikrophotographie der tektonischen Breccie des Punktes 2223,  $\times 36$ .

A. Kalkschichten und -Linsen. B. gebrochene Kalzitäderchen.

C. mylonitische Ueberschiebungston.

gesetzt, die von hellbraunem Kalzit gekittet worden ist. Dieses Vorkommen beweist, dass auch nach der Intrusion der Gänge Bewegungen stattgefunden haben.

Auf der Ueberschiebungsfläche der Oгна fanden wir nahe bei Punkt 1846, östlich von Stalle Muschelo, wo unteres Carnien auf die obere Stufe geschoben worden ist, eine Breccie, in der graue, gelbe, violette und grüne Mergel des oberen- und helle Kalke des unteren Carniens von einem braungelben Mergelkalke verkittet worden sind.

## V. MAGMATISCHE UND HYDROTHERMALE GESTEINE.

### 1. Hornblendedioritporphyrit.

Im ganzen Gebiete zerstreut, kommen, obwohl in einer kleinen Anzahl und in geringen Abmessungen, Gesteinsgänge vor. Es ist überall derselbe Hornblendedioritporphyrit intrudiert worden, der im Felde einen recht frischen Eindruck macht, aber dessen Bestandteile, wie es sich u. d. M. zeigt, stark chloritisiert und epidotisiert worden sind.

Südlich von alta Remeseler und westlich des Punktes 1689 treten zwei sehr kleine schlecht entblösste Gänge zu Tage, die in den Esinokalk bzw. in das untere Carnien intrudiert worden sind. Oberhalb alta Fontana Mora liegen Gerölle eines Ganges; das feste Gestein haben wir aber nicht entdecken können.

Der grösste und wichtigste Gang liegt im oberen Carnien im Tale 1534. Im Walde östlich von Stalle Muschelo tritt er an die Oberfläche, verschwindet nach E unter dem Schutt und kommt westlich des Punktes 1534 wieder zum Vorschein.

Das merkwürdigste ist jedoch, dass dieser Gang von der Ognäüberschiebung gestört worden ist. Er bricht auf der Ueberschiebungsfläche ab und ist etwa 50 m nach S in den Sedimenten über der Ueberschiebungsfläche wieder zu verfolgen.

Die tektonische Verstellung des oberen Gangteiles ist viel geringer und ihre Grösse lässt sich nicht vergleichen mit dem Betrag der Ueberschiebung. Offenbar sind die Gänge, nachdem die grossen tektonischen Ereignisse vor sich gegangen waren, intrudiert worden. Nach der Intrusion haben den schon bestehenden Flächen entlang wieder — obwohl sehr kleine — Bewegungen in derselben Richtung stattgefunden.

Das Dasein der Hornblendedioritporphyrit-Esinobreccie des Passo di Olone ist auch diesen Bewegungen zuzuschreiben. Diese Breccie liegt gerade in der Verlängerung des eben beschriebenen Gesteinsganges. Wir dürfen in dieser Breccie also die Fortsetzung des Ganges nach E sehen, die zwischenliegende Strecke ist dann vom Schutt verhüllt. Der Gang bekommt so eine Länge, von deren noch mindestens 1800 m zu verfolgen sind.

Unsere Ganggesteine gehören also ganz zu WEEDA's Gruppe der „filons alpin-tardifs“ (Lit. 31). Das Gestein gehört zu demselben dioritischen Magma, das DOZY (Lit. 6) auch schon aus seinem Gebiete beschrieben hat. Sind die Gänge dort nicht von tektonischen Kräften beansprucht worden, nach SE wird dies immer mehr der Fall: in den zentralen Bergamasker Alpen (DOZY-TIMMERMANS, Lit. 8) findet man dies

stellenweise und im Gebiete WEEDAS (Lit. 31) und in dem unseren ist eine sehr deutliche tektonische Beeinflussung der Gänge zu beobachten.

Makroskopisch besitzen die Intrusivgesteine unseres Gebietes eine helle schmutzig grüne Farbe, in der die dunkelgrünen 4—6 mm langen und  $\frac{1}{2}$ —3 mm breiten Hornblendeinsprenglinge sofort auffallen. Hier und da liegt ein grösserer 5—8 mm in Durchschnitt messender Plagioklas.

U. d. M. zeigt sich, dass die grüne Farbe von sekundärem Chlorit verursacht wird. Dieses Mineral und sekundärer Epidot sind die beiden meist vorkommenden Gemengteile des Gesteins.

Wegen des Epidotes, in den der Plagioklas fast völlig umgewandelt worden ist, ist die Zwillingslamellierung dieses idiomorphen Minerals kaum zu sehen. Die ebenfalls idiomorphen Hornblenden sind meist ganz in Chlorit umgewandelt worden, bisweilen auch in Epidot.

Die Grundmasse ist verhältnissmässig frisch und neben sekundärem Chlorit und Epidot aus hypidiomorphem Quarz und Orthoklas zusammengesetzt. Nebengemengteil ist Haematit, der an seinen Rändern oder auch ganz in Limonit umgewandelt worden ist.

Die Struktur der Grundmasse ist mikrogranitisch, die des ganzen Gesteins holokristallinisch-porphyrisch. Seine Textur ist richtungslos.

## 2. Baryt.

Im oberen Ognatale treten in die obersten Schichten des unteren Carniens metasomatisch Baryterze auf. Sie werden in einigen kleinen untiefen Gruben abgebaut, mittels einer Drahtseilbahn (Teleferica) nach Muschelo geführt, wo das Gestein zermalmt und der reine Schwerspath herausgewaschen wird. Das gesäuberte Erz wird auf Karren nach Villa d'Ogna in der Valle Seriana gebracht und von da weiter abgefertigt.

Der Abbau ist wegen der geringen Menge und der Unreinheit des Baryts wirtschaftlich kaum lohnend.

Bei der Berührung mit dem sedimentären Gestein ist eine starke Vermischung von Baryt und Kalzit oder Dolomit aufgetreten. U. d. M. zeigt es sich, dass zahllose sehr kleine Sedimentkörnchen im Baryt eingeschlossen sind. In der Kontaktzone ist auch viel Eisenerz, wahrscheinlich Haematit, konzentriert worden.

Der Baryt ist in grosse milchweisse Kristalle ausgebildet, die eine ziemlich oft vorkommende Zwillingslamellierung aufweisen.

Das Eisenerz sieht makroskopisch wie silberglänzende Körnchen aus.

Schon früher (Seite 116) ist betont worden, dass diese Erzlagerstätte zum Metalliferotypus gehört. Unseres Erachtens stehen diese Erze mit den der Metalliferokalke in genetischem Zusammenhang.

## VI. TEKTONIK.

### 1. Einleitung.

In unserem Gebiete sind zwei sehr verschiedene tektonische Einheiten zu erkennen, die schon bei einer oberflächlichen Betrachtung der Karte auffallen (Fig. 12).

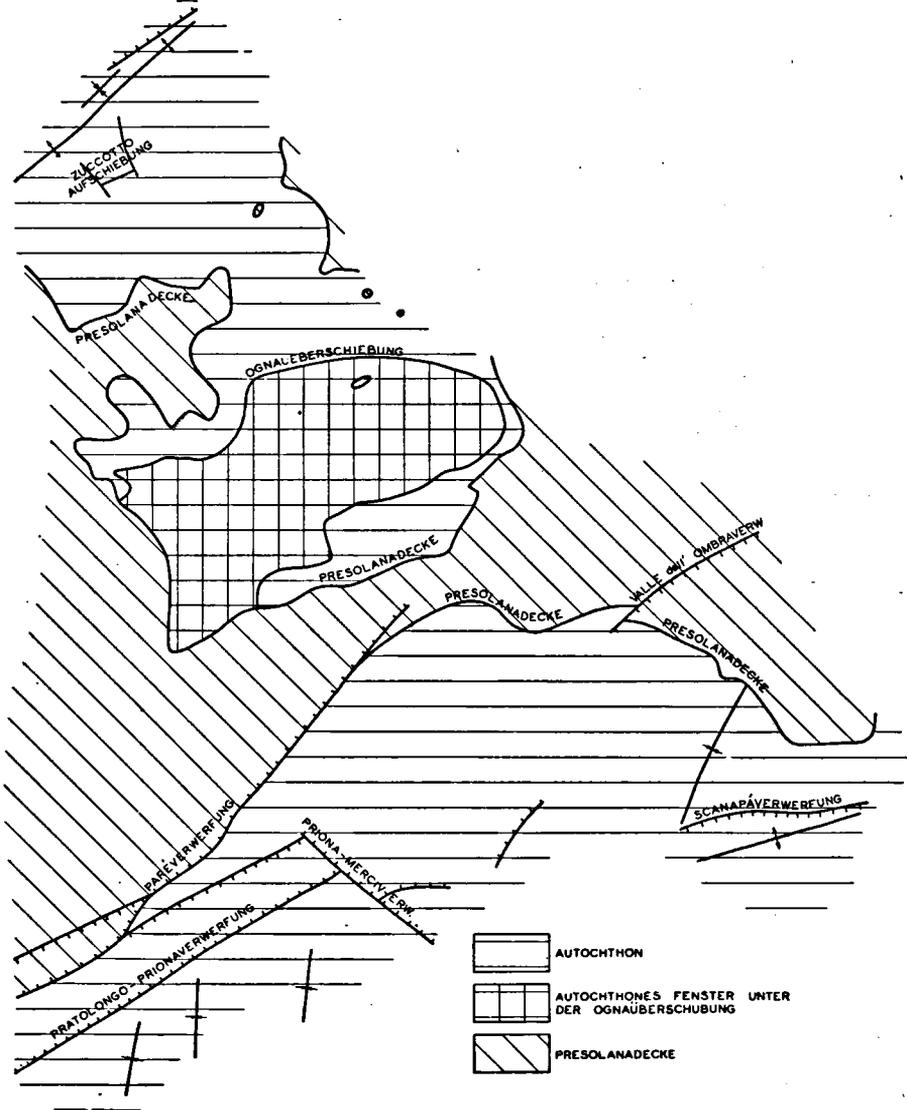


Fig. 12.

Die tektonischen Einheiten und die wichtigsten tektonischen Linien, 1: 75.000.

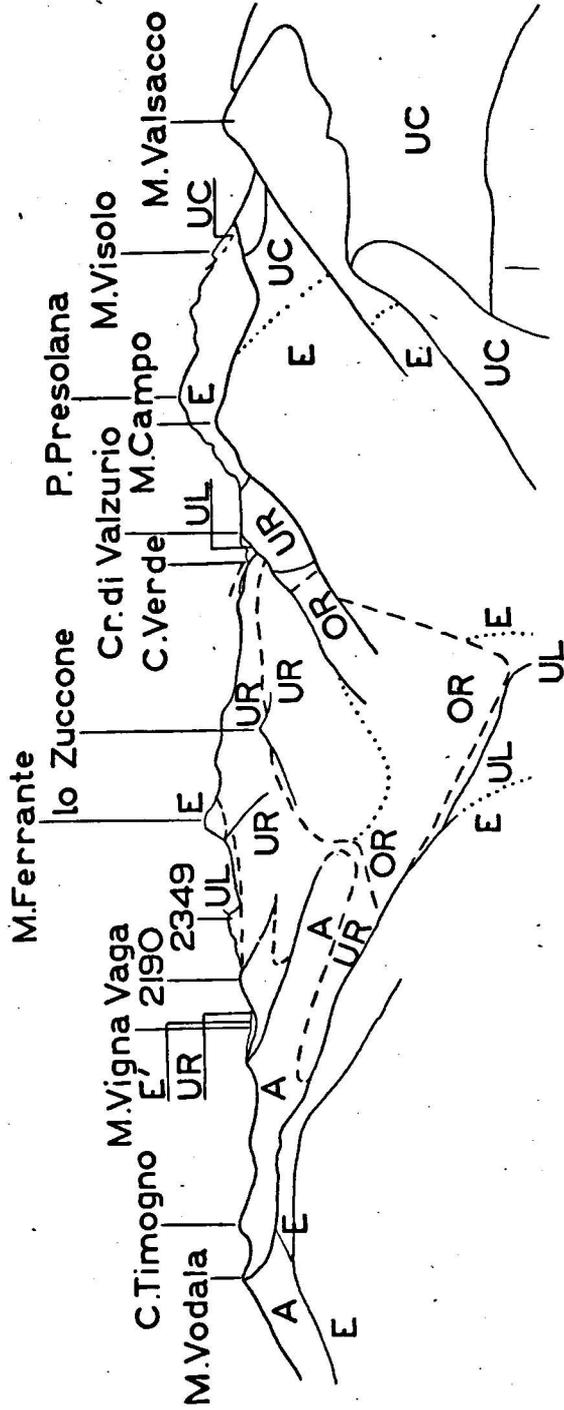


Fig. 13.

Die obere Valle di Valzurio vom Monte Paré.  
 - - - - - Ausbisse der Presolanaecke und der Ognäuüberschiebung.  
 ..... normale stratigraphische Grenzen.  
 Autochthon: E Esino; UR unteres Carnien; OR oberes Carnien.  
 Presolanaecke: A Anisien; UL unteres Ladinien; E Esino; UC unteres Carnien.

Die südliche Region ist von einer Bruch-, die nördliche von einer Ueberschiebungs- und Schuppentektonik gekennzeichnet. Der Teil nördlich der Linie Case Paré—Colle della Presolana—Valle dell'Ombra—Giogo (Fig. 13) ist aus Erosionsresten der Presolanadecke und ihrem autochthonen Untergrunde aufgebaut worden und wird von der eben genannten Linie von dem autochthonen gebrochenen Norien im S getrennt.

Ueber diese Auffassung aber lässt sich streiten: auch für die Hypothese, das Norien sei überschoben, spricht vieles. Der quartären Bedeckung wegen kann man aber keine sicheren Anweisungen bekommen, was in einem späteren Abschnitt noch erörtert wird.

Da wir zum Schluss gekommen sind, dass es am wahrscheinlichsten ist, dass das Norien autochthon ist, ist dieser Auffassung in der Karte, in den Profilen und im Texte gefolgt worden.

## 2. Allgemeine beschreibung.

Alle Sedimente fallen im allgemeinen schwach nach S ab. Wir können die ältesten Formationen also im N erwarten.

Im groben Umrissen treten sowohl im autochthonen Gebiete wie im überschobenen von N nach S gehend, streifenweise angeordnet, immer jüngere Sedimente auf (Fig. 14).

Der schmale autochthone untere Muschelkalkstreifen hat seine südlichste Grenze bei il Collino, bassa Fontana Mora und nördlich der Vigna Vaga; wir finden ihn im überschobenen Gebiete in einer viel grösseren Breite zurück und hier macht er dann den Eindruck ausgewalzt zu sein, denn der Gipfel des Monte Ferrante wird mitten im unteren Muschelkalkgebiet aus Esino aufgebaut, der zum Teil unmittelbar auf dem Carnien liegt.

Der nach S folgende Streifen ist der des Esino, der im Autochthon auch sehr schmal ist: der steilstehende autochthone Esino braucht viel weniger Raum als der überschobene, der eine geringere Neigung besitzt. Er liegt zwischen den beiden Baite Fontana Mora (autochthon) und in beiden Ufern der Valle di Valzurio und in der Presolanagruppe (überschoben).

Die Entfernungen der Nordgrenzen des autochthonen und des überschobenen Esino sind im W einer nordsüdlicher Linie entlang über dem Timogno gemessen 3 km, im E über Ferrante und Presolana 4,8 km. Die Entfernungen der Südgrenzen sind 5, bzw. 5,8 km, wenn man den Monte Visolo als Grenze annimmt. Selbstverständlich treten hier wegen der Verwerfung an der Südseite der Valle dell'Ombra Komplikationen auf. Der Streifenbau ist zwischen Cassinelli und Giogo vollkommen zerstört.

Der autochthone Carnienstreifen ist sehr breit: die Schichten fallen sanft nach S ein, im Gegensatz zu den überschobenen, die sowohl im Monte Paré wie im Monte Visolo viel steiler sind. Im oberen Carnien brechen beide Streifen ab. Das überschobene Carnien — und auch sogar der Esino — wird im S von Verwerfungen abgeschnitten. Norien tritt dann an ihre Stelle und ist da, wie sich später zeigen wird, leicht als der vierte autochthone Streifen aufzufassen.

Die Ueberschiebungsfläche der Presolanadecke senkt sich im allge-

meinen nach S und zwar weniger steil als die Sedimente und gerät also in immer jüngere Formationen. Da die überschobenen Streifen südlich der autochthonen liegen, ist dieses ein Beweis dafür, dass die Bewegung der Decke nach S vor sich gegangen ist, bzw. der Untergrund nach N geschoben worden ist.

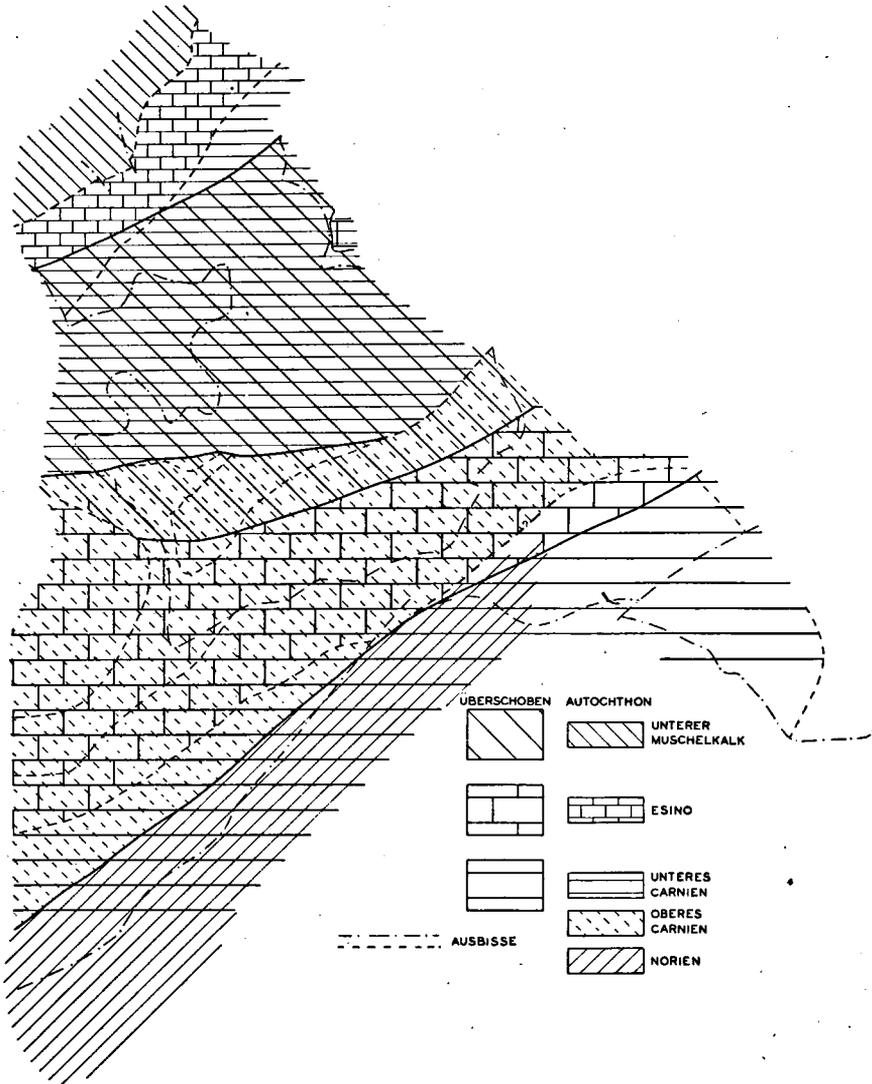


Fig. 14.

Der Streifenbau des Gebietes, 1: 75.000.

Die Richtung senkrecht auf den Grenzen der überschobenen Streifen ist NNW bis NW und stimmt mit der Ueberschiebungsrichtung überein.

Die oben genannten Entfernungen der Streifen geben einen Eindruck von der Grösse der Ueberschiebung, aber sie haben natürlich nur einen allgemeinen Wert. Die Grösse der Verstellung der überschobenen Sedimente ist gering, womit das Fehlen von Faciesunterschieden zwischen autochthonen und überschobenen Sedimenten übereinstimmt.

In unserem Gebiete liegt nur ein kleiner Abschnitt der Presolanadecke. Nach den Beobachtungen der Leidener Geologen BEYERINK, SWOLFS und KROL dehnt sie sich noch weit nach W und E aus.

Im autochthonen liegt noch eine kleinere Ueberschiebung oder Schuppe, die zum Carnien beschränkt geblieben ist. Nach aller Wahrscheinlichkeit ist sie älter als der Decke. Ihre Bewegung ist in südwestlicher Richtung vor sich gegangen.

Die jüngsten tektonischen Kräfte haben Verwerfungen gebildet, die besonders im autochthonen Norien wichtig sind. Die Trennungslinie dieses und des überschobenen Gebietes wird zum Teil von Verwerfungen, zum Teil von Ueberschiebungslinien gebildet.

#### A. Der nördliche Teil.

a. Die Presolanadecke. Schon bei einer flüchtigen Betrachtung der Karte fallen im zentralen und nördlichen Teile des Gebietes die grossen Strecken anisischer Sedimente auf, die dem Carnien aufliegen. Der Verlauf der Grenze zwischen Anisien und Carnien, die nahezu die Höhenlinien folgt, weist auf eine flache Ueberschiebung hin.

Als es uns, den im Sommer 1936 in den Bergamasker Alpen kartierenden Leidener Geologen, deutlich wurde, dass es sich nicht um irgend eine örtliche Ueberschiebung, sondern um eine echte Decke handelte, die man nach E bis in die Valle di Scalve, nach W bis in die Valle Brembana verfolgen konnte, haben wir der Erscheinung den Namen gegeben des höchsten und bekanntesten Gipfels des überschobenen Gebietes, des Pizzo della Presolana.

Die Ausbisse der Decke sind im allgemeinen ganz gut entblösst (Fig. 13). Von il Collino bis zum Fesso di Rigada sind sie sehr gut zu verfolgen, weiterhin ist die Grenze nur in den Bachtälern aufgeschlossen und musste deshalb auf den zwischenliegenden Strecken konstruiert werden. Der letzte Aufschluss befindet sich bei den Regentümpeln nahe bei Baita bassa Remescler, dann verschwindet alles unter dem Quartär. Die Ueberschiebungsfläche ist hier also von 1800 bis auf 1500 m über dem Meeresspiegel gefallen über eine 1 km lange Strecke.

Hat die Fläche (Fig. 15) also in der Timognogruppe eine sehr schwache Senkung nach S, noch südlicher ist ein viel stärkeres Abfallen nach SW zu beobachten (Profile III bis V).

In grosser Ausdehnung liegt hier — im NW — des Anisien auf jüngeren Sedimenten. Das Anisien ist zusammen mit dem unteren Ladinien intensiv gefaltet worden und überall in mehr oder weniger steile Anti- und Synklinalen gegen S in Falten gelegt worden. Auf den Profilen sind diese Falten nur schematisch eingetragen worden. Unter dem Timogno (Profil IV) tritt eine kleine Ueberschiebung auf.

Nahe bei Baita alta Remescler liegt der Esino normal auf diesen Sedimenten. Unten in der Valle di Valzurio erscheint unterhalb des Esino sein Liegendes wieder an der Oberfläche und dieses ist dort sehr

intensiv und unregelmässig gefaltet. Zweifellos liegt der Esino des Südufers der Valle di Valzurio normal auf dieser Formation und bildet die Fortsetzung des Esino von alta Remescler. Das Hangendes des Esino, das untere Carnien, weisst im Monte Paré—Valsaccogrät ein aussergewöhnlich starkes Fallen von 40—50° nach S auf (Profile VI—VIII, Fig. 13).

Der Teil der Valle di Valzurio unterhalb Stalle Muschelo gehört also zum überschobenen Gebiete. Ueber den Verlauf der Ueberschiebungsfläche in der Tiefe waren keine sichere Daten zu gewinnen, man kann nur Vermutungen aufstellen in Analogie mit dem Verlauf im E.

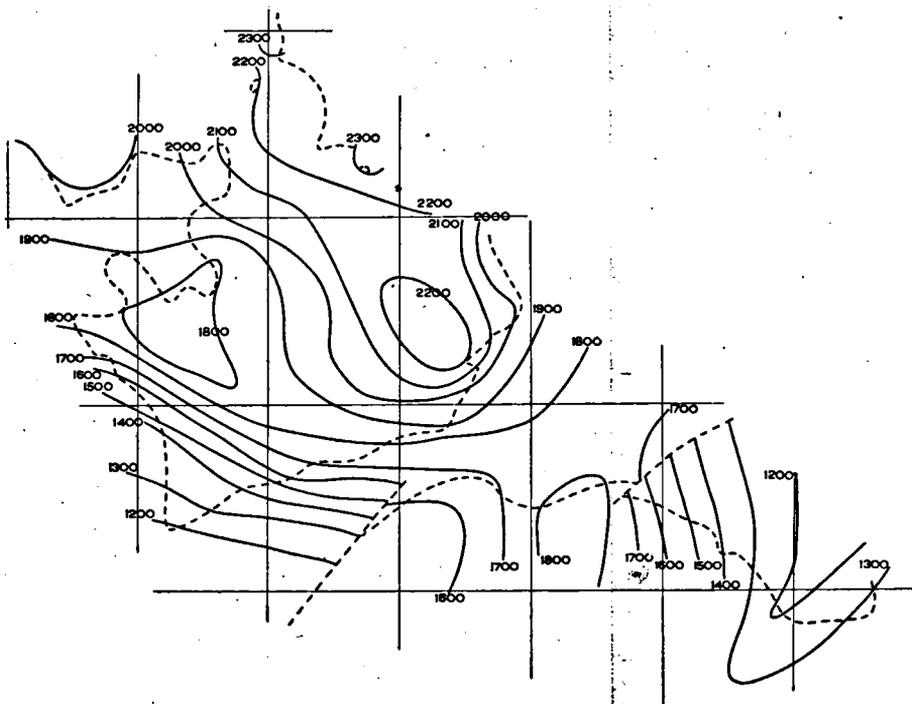


Fig. 15.

Strukturkarte der Presolanadecke, 1:75.000. Isohypsen von 100 m.  
 ---- Ausbisse der Decke.

Auch im Kamme südöstlich des Monte Ferrante zeigt sich ein steileres Abfallen der Ueberschiebungsfläche nach S hin. Im Grat zwischen der Valle di Conchetta und dem Monte Ferrante liegt die Fläche immer zwischen 2250 und 2300 m über dem Meer (Fig. 15); am Passo Scagnello liegt sie nur auf 2075 m, die Fläche hat dann ihre niedrigste Stelle erreicht (Profil I). Der Esino der Presolana, der mit dem der Valle dell'Ombra zusammenhängt, ist also überschoben. Die Ueberschiebungsfläche fällt hier nach E ab.

Besonders in der Gegend des Monte Ferrante ist der Ausbiss der Ueberschiebungsfläche aussergewöhnlich schön aufgeschlossen. Schon

von Ferne fällt der Kontrast zwischen dem dunklen unteren Ladinien und dem weissen unteren Carnien auf (Fig. 16). Wie eine scharfe horizontale Linie ist der Ausbiss in den Gebirgsabhängen ausgeprägt.

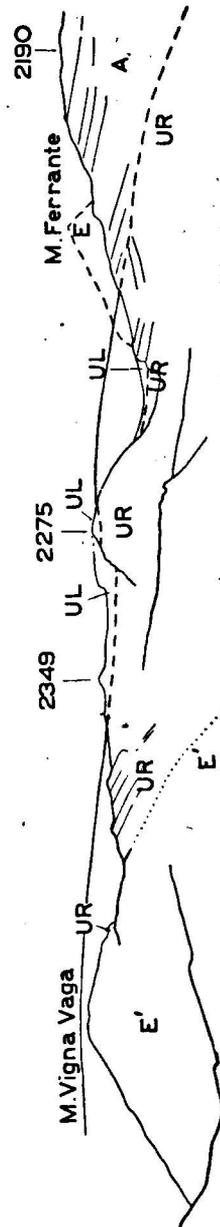
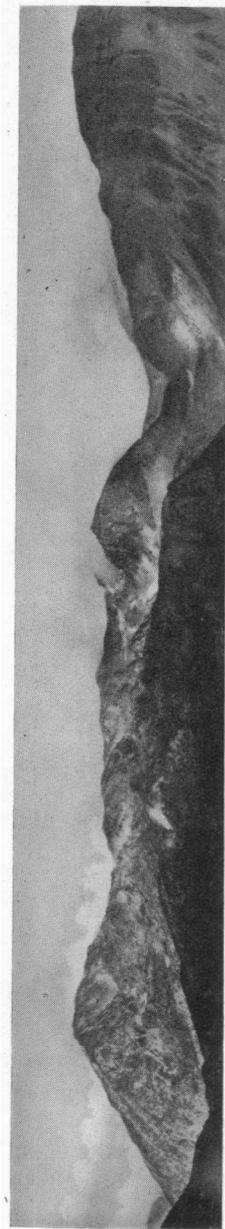


Fig. 16.

Die östliche Seite des Fontana Morabekken.

----- Ausbiss der Presolanadecke.

..... Normale stratigraphische Grenzen.

Autochthon: E' Esino; UR unteres Carnien.

Presolanadecke: A Anisien; UL unteres Ladinien; E Esino.

Auch an der Seite der Valle di Mezzo, wo Esino auf unterem Carnien liegt, ist die Grenze derartig ausgebildet. Schon früheren Forschern

fiel dieser Ausbiss auf, so dass er sogar „la linea della Ferrante“ genannt wurde.

Unter der Presolana besitzt die Ueberschiebungsfläche eine Senkung nach E, was aus dem Verlauf des Ausbisses in der Cresta di Valzurio ersichtlich ist. Dieser Ausbiss ist am nördlichen Abhänge sehr gut wahrnehmbar: die Grenze der geschichteten Carnienkalke und des ungeschichteten Esino ist in der Presolananordwand klar erkennbar, an der Südseite, wo der topographische Abhang und das Abfallen der Schichten einander gleich sind, fällt sie weniger auf, ist aber immerhin noch sehr klar als eine Furche im Terrain ausgeprägt.

Auch in diesem Abschnitt der Decke ist das Liegendes des Esino sehr intensiv gefaltet worden, er selber zeigt aber keine Spur einer tektonischen Beeinflussung. Es sind meistens gegen S liegenden Falten, die die Sedimente bisweilen verdreifacht haben, was besonders deutlich gleich unter dem Esino zwischen Ferrante und dem Passe 2256 oder nahe bei Punkt 2125 der Fall ist.

Das Carnien des Monte Visolo besitzt ein Fallen von  $38^\circ$  nach S, die übereinstimmt mit dem im Monte Paré und stärker ist als irgendwo anders (Fig. 13).

In der Valle di Olone (zwischen Cresta di Valzurio und Pizzo Olone) ist der Ausbiss der Presolanadecke von einer Schutthalde verhüllt, er ist nordöstlich des Pizzo di Olone konstruiert und im Tale unterhalb der Esinowänden im Schutt ohne weiteres eingetragen worden (Fig. 17).

Dass die Ueberschiebungsfläche der Presolanadecke hier wirklich ausbissen muss, ergibt sich aus dem Fehlen einer tektonischen Störung und des oberen Carniens in der Valle dell'Ombra.

Eine Konsequenz dieser Auffassung ist, dass die Ueberschiebungsfläche über der Cresta di Valzurio liegt und von dieser Höhe ein starkes Fallen nach S hat (Profile II, III, Fig. 15).

Nördlich der Cresta fällt die Ueberschiebungsfläche nach N ab, so dass eine Verbindung mit der Ueberschiebungsfläche in der Timogno-Gruppe möglich ist. So wird im oberen Ognatale eine schwach-synklinale Umbiegung der Fläche gebildet.

Auf Profil I, zwischen Ferrante und Presolana, finden wir aber kaum das steile Abfallen nach S, da hier ein nordsüdliches Streichen an die Stelle des üblichen ostwestlichen Streichens getreten ist.

Die Höhe der antiklinalen Umbiegung der Ueberschiebungsfläche über der Cresta (Profile II und III) konnte mittels des Ausbisses der Decke in der Valle di Olone leicht festgestellt werden. Nordwestlich der Cima di Báres ist der Ausbiss wieder auf einer kleinen Strecke aufgeschlossen; hier senkt sich die Grenze von 1900 m nordöstlich des Pizzo di Olone bis 1675 m. In der Profilkonstruktion haben wir vorausgesetzt, dass auch die Achse der Umbiegung in derselben Masse nach W fällt.

Mit diesen Daten und mit Beachtung der kleinen Entblössungen in der Valle di Valzurio war der Ausbiss zwischen Baita bassa Remescler und Cima di Báres ziemlich genau zu konstruieren. Auch der Verlauf der Fläche in den Profilen IV bis VII wurde mit Hinsicht auf diese Angaben konstruiert.

Neben diesen grossen Vorkommen der Decke liegen noch drei ganz

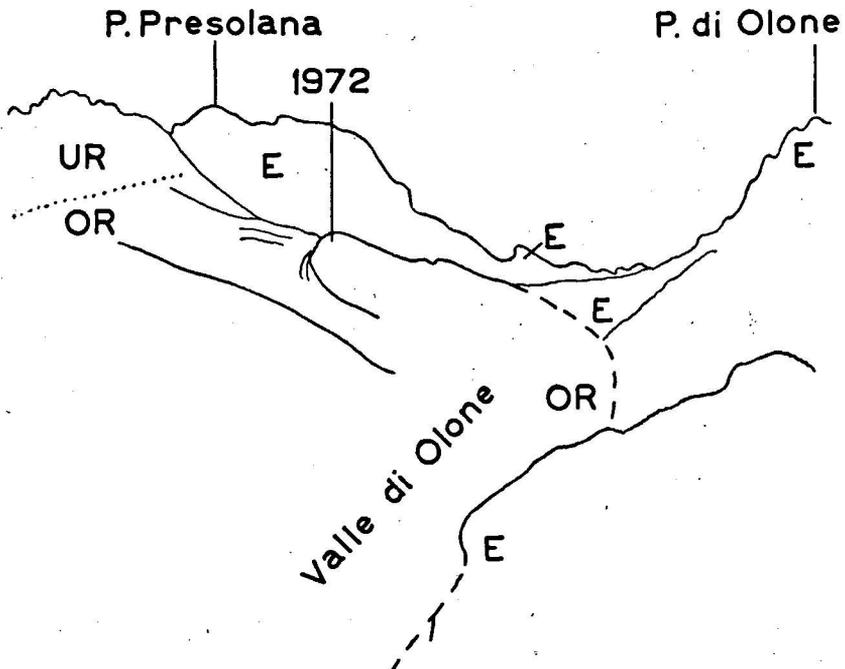


Fig. 17.

Die Valle di Olone nach E.  
 ---- Ausbiss der Presolanadecke.  
 ..... normale stratigraphische Grenzen.  
 Autochthon: UR unteres Carnien; OR oberes Carnien.  
 Presolanadecke: E Esino.

kleine Klippen auf dem Carnien und zwar bei Punkt 2275, Punkt 2318 und etwas nach S auf demselben Kamme.

Auf der Ueberschiebungsfläche sind tektonische Breccien entstanden, die in einem vorigen Abschnitt schon beschrieben worden sind. Merkwürdig ist die Porphyrit-Esinobreccie des Passo di Olone, die postintrusive Bewegungen der Decke beweist.

Zwischen Presolana und Muschelo gibt es, ausser den schon bekannten Wölbungen mit ostwestlichen Streichen, auch eine Wölbung, deren Streichen senkrecht auf jenem steht, was aus Profil B klar ersichtlich ist. Die Umbiegung liegt am östlichen Ende der Valle di Olone und steht offenbar in Zusammenhang mit dem östlichen Einfallen der Decke unter der Presolana.

Den nun folgenden Beschreibungen liegt die Auffassung zugrunde dass das Norien autochthon ist. Diese Auffassung trägt allerdings einen hypothetischen Charakter.

Die ladinischen und carnischen Sedimente nördlich von Giogo sind überschoben, gehören also zur Decke. Die Ueberschiebungsfläche ist in den Profilen I und II fast horizontal gezeichnet worden, hat aber ein Einfallen nach E, wie unter der Presolana (Profile B, C, I, II). Nur bei Giogo ist die Deckengrenze aufgeschlossen und zwar derartig, dass ihr wahrer Charakter nicht ausgesprochen ist. Nach unserer Auffassung biegt dieser Ausbiss bei Donico unter dem Quartär nach N um. KROL hat in der Valle di Scalve Spuren gefunden, die darauf schliessen lassen, dass diese Linie auch dort nach N umbiegt und also eine flache Ueberschiebung darstellt. Das obere Carnien von Giogo ist autochthon.

Mit Hilfe der von KROL gefundenen Daten und der festgestellten Sprunghöhe der Valle dell'Ombra-Verwerfung konnten wir den Ausbiss der Presolanadecke im Quartär von Cassinelli konstruieren.

Diese überschobenen Sedimenten liegen in einer Senke, die von der Verwerfung an der Südseite der Valle dell'Ombra im N begrenzt wird.

Westlicher (Profil III) besteht die Valle dell'Ombra-Verwerfung nicht mehr: dort tritt die Ueberschiebungsfläche ungestört südlich des Pizzo di Corzene und des Pizzo di Olone zu Tage und liegt über dem Pizzo di Cornetto in der Luft.

Auf den Profilen IV bis VII wird die Ueberschiebungsfläche von einer mit  $80^\circ$  nach S fallenden Verwerfung abgeschnitten. Der südliche Block, das Norien, ist gehoben worden, die Sprunghöhe nimmt von E nach W zu. Hier liegen autochthones Norien und überschobenes Ladinien und Carnien aneinander; die Ueberschiebungsfläche lag über dem Norien und ist schon zufolge der Erosion verschwunden.

b. Das Autochthon. Wenn wir den zentralen Teil des Gebietes auf der Karte betrachten ohne auf die Presolanadecke zu achten, fällt uns sogleich die Ognauüberschiebung auf, deren Ausbiss einen fast vollkommenen Kreis bildet. Im Felde ist diese Form sehr gut wahrnehmbar, da der Ausbiss um das beckenförmige obere Ognatal herum verläuft. Aus diesem dem der Höhenlinien ähnlichen Verlauf folgt, dass wir mit einer Erscheinung in einer fast horizontalen Fläche zu tun haben (Fig. 13).

Die Profile I bis V und B geben Durchschnitte der Ueberschiebung.

Im schwach nach S fallenden unteren Carnien ist im N eine nach SW gerichtete Ueberschiebung entstanden, die nach S und W in immer jüngeren Horizonten verläuft, so dass dort das untere Carnien auf das obere überschoben erscheint.

Betrachten wir zuerst die Grenze. Entlang der Linie Fesso di Rigada—Punkte 1689—1994 findet man von N kommend, eine erste Andeutung der Ueberschiebung. Das schwache Einfallen der carnischen Schichten nach S geht hier in ein schroffes Einfallen mit etwa 60° nach SW oder fast nach W über, was deuthlichkeitshalber in den Profilen etwas zu steil eingetragen worden ist.

Die steilen carnischen Schichten bilden der eben erwähnten Linie entlang kleine Steilwänden, unter denen die Gesteine gleich ihr normales Fallen wieder zeigen, ohne dass eine Synklinale vorhanden ist. Es ist hier eine Ueberschiebung aufgetreten.

Nicht in allen Teilen der Linie sind die Erscheinungen klar wahrnehmbar. Im Fesso di Rigada und nördlich der Baita bassa Rigada kann man schön beobachten, wie ein oberes Paket von unterem Carnien flexurartig über ein unteres Paket verschoben worden ist. Bei 1689 ist nur ein plötzlicher steiler Abhang in den Kalken zu beobachten, die dortige Umbiegung der Ueberschiebungsgrenze auf der Karte und diejenige nahe bei Punkt 1730 sind auf die Topographie zurückzuführen.

Von 1798 bis 1998 sind die Erscheinungen wieder deutlich wahrnehmbar; hier fällt die flexurartige Umbiegung auf. Weiter nach E, nordöstlich des Zuccone, ist die Flexur nicht sichtbar. Es hat sich hier eine Steilrand gebildet, der über den autochthonen Sedimenten steht, in denen aber das normale Einfallen der Schichten nach S gut zu sehen ist.

Weiterhin, nahe bei Punkt 1994, biegt sich der Ausbiss nach S um und dann liegt das noch immer schräg stehende untere Carnien auf schwach gefaltetem, gleich unterhalb der Ueberschiebungsfäche unregelmässig in kleinen Falten gelegtem, oberem Carnien.

Weiter nach W ist die Ueberschiebung erst wieder in der Gegend des Punktes 1737 aufgeschlossen: in der steilen Nordwand der Cresta di Valzurio liegen die Sedimente des oberen Carniens wie ein fremdes Stück unterhalb der Kalksteinen des unteren Carniens.

Offenbar liegt der Ausbiss der Ueberschiebung an der Nordseite der Cresta unterhalb der Steilwand und wird dort vom Schutt verhüllt. Nördlich des Punktes 1534 ist der Ausbiss wieder schön entblösst (Fig. 13): der Unterschied zwischen oberem — im Liegenden — und unterem Carnien — im Hangenden — ist deutlich. Die Umbiegungen der Grenze lassen sich topographisch und in Anbetracht des Fallens der Ueberschiebungsfäche erklären.

In der Cresta di Valzurio und in der Valle di Olone ist also eine vollständige Verdoppelung des Carniens vor sich gegangen: unten im oberen Ognatale liegt das obere Carnien, dem in der Cresta die untere Stufe aufliegt. Auf dieser liegt wieder in der Valle di Olone normal das obere Carnien (Profile II, III und B).

Auch in der Anhöhe lo Zuccone, die eine Klippe der Ognäuerschiebung darstellt, hat eine Verdoppelung des Carniens stattgefunden (Profil II): der Gipfel ist vom überschobenen unteren Carnien gebildet.

Unterhalb dieses Carniens liegt das autochthone obere Carnien, das normal das Hangendes bildet des unteren Carniens des oberen Ognatales.

Die Oгнаüberschiebung wird im W und S von der Presolanadecke abgeschnitten, was man aber durch unmittelbare Beobachtung nicht feststellen kann. Konstruiert man den Ausbiss der Oгнаüberschiebung vom Punkte 1486 aus weiter nach W im Quartär, dann ergibt sich, dass nördlich von Punkt 1502 dieser Ausbiss den der Presolanadecke trifft. Die Oгнаüberschiebung wird von der Presolanadecke abgeschnitten. Das Umgekehrte kann natürlich nicht der Fall sein, da nirgendwo in dem unteren Ognatale (Valle di Valzurio) Carnien vorkommt, wohl aber unteres Ladinien.

Auch das nordwestliche Ende der Oгнаüberschiebung wird von der Decke abgeschnitten. Da die anstehenden Gesteine hier nur in den Bachtälern aufgeschlossen sind, war es ziemlich schwer die Verhältnisse richtig festzustellen. Im Tale 1438 wird auf 1600 m über dem Meer die normale Serie des unterhalb der Oгнаüberschiebung liegenden oberen Carniens von unterem Muschelkalk aus der Presolanadecke ersetzt, ohne dass das Carnien aus der Oгнаüberschiebung zwischengelagert ist. Im Fesso di Rigada ist dies jedoch wohl der Fall: hier gibt es zwischen beiden Ueberschiebungsflächen eine schmale Strecke unteren Carniens.

Wir haben hier also folgende Profile:

	1438	Fesso di Rigada
O.	Unterer Muschelkalk	Unterer Muschelkalk
	Ueberschiebungsfläche	Ueberschiebungsfläche (Presolanadecke)
		Unteres Carnien
		Ueberschiebungsfläche (Oгнаüberschiebung)
U.	Oberes Carnien	Oberes Carnien

Im Fesso di Rigada existiert die Oгнаüberschiebung noch; einige wenige 100 m nach S ist ihre Ueberschiebungsfläche verschwunden: da überlagert die Presolanadecke das Autochthon unterhalb der Oгнаüberschiebung (oberes Carnien). Der einzigmögliche Schluss ist, also dieser, dass die Decke die Oгнаüberschiebung zwischen dem Fesso di Rigada und Tale 1438 abschneidet.

Auch aus der Konstruktion des Profiles V ging hervor, dass dort die Luftlinie der Decke niedriger liegt als die der Ueberschiebung, was auch eine Anweisung dahin ist, dass die Oгнаüberschiebung von der Decke abgeschnitten wird.

Die Ueberschiebungsfläche der Oгна liegt nicht ganz horizontal; sie hat eine gewölbte Form (Fig. 18). Es gibt von W nach E eine Steigung von ungefähr 1500 m nahe Muschelo und 1600 m im Fesso di Rigada bis 2000 m über dem Meer beim Passo Scagnello. Ueberdem liegt noch eine E—W gerichtete Wölbung in der Fläche, die ihre Umbiegungslinie östlich und westlich von lo Zuccone hat. In lo Zuccone liegt die Fläche auf 1900 m, gleich nordwestlich des Zuccone auf 1850 m (Profil II). Die Umbiegung kommt auch auf Profil I vor; auf den Profilen III, IV und V unterhalb der Oberfläche, da die Wölbung ostwestlich verläuft und der dortige Ausbiss weiter nach S liegt.

In den Profilteilen südlich dieser Linie erscheint die Ueberschiebungsfläche fast oder ganz horizontal. Das Streichen ist den Profillinien ja fast parallel.

Am westlichen Ende der Cresta di Valzurio biegt der Ausbiss nach S um und senkt sich da über eine Strecke von 375 m Länge um 200 m. Diese sehr beträchtliche Neigung, die verbunden ist mit einer abnormal steilen Stellung der Sedimente der Cresta ( $27-66^\circ!$ ) und sogar der Ueberschiebungsfläche der Presolanadecke (Profile II und III; Fig. 15) und ihrer überschobenen Serie (Profile VI—VIII und I), kann nicht nur eine örtliche Bedeutung haben, sondern hat offenbar auf die jüngere Bewegung der Presolanadecke einen grossen Einfluss ausgeübt.

Stehen die schroffen carnischen Schichten am nördlichen Ausbisse der Ognäuerschiebung nur stellenweise und nur gleich oberhalb der Fläche steil, hier besitzt das ganze maximal 400 m dicke Kalkpaket der Cresta ein steiles Einfallen. Diese Erscheinung ist also viel wichtiger als die Steilstellung am nördlichen Ausbisse. Wir vermuten hier die Stirn der Ueberschiebung.

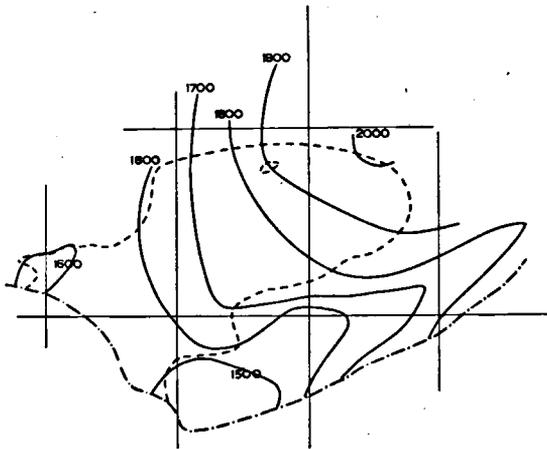


Fig. 18.

Strukturkarte der Ognäuerschiebung, 1: 75.000. Isohypsen von 100 m.

----- Ausbisse der Ognäuerschiebung.

- · - · - Berührungslinie mit der Presolanadecke.

Der Betrag dieser Ueberschiebung nimmt in der Stirn von N gegen S allmählig ab; die Ueberschiebung selber verklingt in den steilgestellten Carnischichten an ihrem Südrande, die von der Presolanadecke abgeschnitten sind (Profile I—V und B).

Als die Presolanadecke gebildet wurde, bestanden die steilen Schichten der Stirn der Ognäuerschiebung schon und selbstverständlich nicht nur hier, sondern auch östlicher und westlicher. Die plötzliche Steilstellung der Presolanadecke in der Valle di Olone und das ausserordentlich steile Einfallen des Carniens des Monte Paré—Valsaccograts und des Monte Visolo finden hier ihre Erklärung: die Sedimente und die Ueberschiebungsfläche der Presolanadecke bekamen während der Bildung der

Decke eine ähnliche Lage wie die schon bestehenden Strukturen im Untergrunde.

Die Richtung der Ognäüberschiebung ist von N—NE gegen S—SW. Die Messungen an den steilen Carnienschichten des nördlichen Ausbisses ergaben ein nordwestsüdöstlichen Streichen der Schichten, eine Richtung, die wohl senkrecht auf der Bewegungsrichtung steht. Die Schichten der Valle di Olone besitzen eine südlichere Richtung des Fallens. Die Linie, an der entlang das untere Carnien sich zum ersten Male auf die obere Stufe legt, hat eine ostwestliche Richtung.

Im S, E und W liegt die untere Stufe des Carniens auf den Mergeln der oberen Stufe, im N ist das untere Carnien nur in sich selbst überschoben worden. Von N nach S nimmt das Mass der Ueberschiebung also schnell zu und beträgt, wie es aus den Abständen der autochthonen und überschobenen Grenzen der oberen und der unteren Stufe hervorgeht, höchstens 1750 m.

Gegen N wird das Mass der Ueberschiebung schnell kleiner; aus der Konstruktion der Profile ergab sich, dass die Ognäüberschiebung im N innerhalb der carnischen Kalke aufhört.

Im Tale 1534 ist ein Hornblendedioritporphyritgang in die oberen carnischen Schichten intrudiert worden, der nahe bei Punkt 1534 von der Ueberschiebung verstellt wird und oberhalb der Fläche, jedoch etwa 50 m nach S verschoben, wieder zu verfolgen ist. Offenbar ist der Gang nach den tektonischen Ereignissen entstanden und hat dabei auch die Ueberschiebungsfläche durchbrochen. Nachher haben wieder sehr kleine Bewegungen derselben Fläche entlang stattgefunden, die den östlichen Teil des Ganges nach S verstellt haben (Profile IV und B).

Profil B ist dem östlichen Teil des Ganges entlang gezogen worden, der Gang erscheint dort also über der Ueberschiebungsfläche wie ein vollkommen fremdes Element, der westliche Teil befindet sich hinter der Zeichnungsebene.

Die Sedimente des oberen Carniens sind gleich unter der Ueberschiebung intensiv und unregelmässig gefaltet worden. Die untere Stufe hat nicht so stark reagiert und hat sein regelmässiges Fallen nach S überall behalten. Wohl sind auf der Ueberschiebungsfläche häufig tektonische Breccien entstanden.

Andere Falten im oberen Ognatale sind auch nur auf das obere Carnien beschränkt geblieben; sie sind nicht wichtig. Südlich des Punktes 1994 liegt eine kleine Synklinale (Profil I), im Tale 1741 südlich der Baita bassa Rigada eine kleine Flexur, in der die Schichten 35° nach S einfallen.

Im übrigen ist das Autochthon sehr einfach gebaut. Das allgemeine südliche Fallen der Schichten wird nur stellenweise von kleinen Falten und Verwerfungen gestört.

Man kann im autochthonen Sedimentenpaket von der Faltungsfähigkeit der verschiedenen Formationen einen guten Eindruck bekommen.

Der massige Esino ist in vollem Umfang steilgestellt worden, nur Diaklase und nahe bei Baita bassa Fontana Mora eine grobe Druck-

schichtung sind wahrzunehmen. Die untere Grenze des Esino fällt fast senkrecht nach S ein, seine obere Grenze  $30-50^\circ$  (Profile I, II, III, Fig. 16).

Ganz anders hat der untere Muschelkalk mit seinen dünngeschichteten kalkigen, tonigen und sandigen Gesteinen reagiert. Er ist in eine Antiklinale gefaltet worden, deren nördlicher Flügel östlich der Baita di mezzo Vigna Vaga von einer senkrechten Verwerfung abgeschnitten wird. Dieser zufolge tritt Esino gegen unterem Ladinien zu Tage (Profil I).

WEEDA (Lit. 31) zeichnete diesen Bruch mit einem Fallen nach S, was aber nicht richtig sein kann. Die Sprunghöhe ist im Profile I klein (150 m), nach E nimmt sie zu, westlich der eben genannten Baita ist sie gleich null geworden. Zur Bestimmung dieser Sprunghöhen haben wir die Angaben WEEDAS hinsichtlich der Esinogrenze nordöstlich der Baita benutzt.

Die Antiklinalachse ist weiter nach W durch Messungen zu ermitteln. Im Profil II liegt das untere Ladinien normal auf dem Anisien, dessen Grenze wir der Karte WEEDAS entnommen haben. Südlich der Antiklinale muss also eine synklinale Umbiegung liegen, die jedoch weder von WEEDA noch von uns wahrgenommen worden ist.

Die Messungen ergaben eine nordostsüdwestliche Richtung der Achse, sie verschwindet nach W aus unserem Gebiet; im Profil III gibt es nur noch den südlichen Flügel; die antiklinale Umbiegung liegt weiter nach N.

Bei lo Zuccotto ist das untere Ladinien zwischen zwei NW—SE bis N—S gerichteten Verwerfungen auf den Esino geschoben (Profil II). Die Grenze des Esino liegt hier weiter nach S als sonst und ausserdem fallen die unter-ladinischen Schichten hier nach N ab. Im kleinen Gipfel, etwa 100 m nördlich des Zuccotto, ist das Einfallen wieder normal nach S. Dazwischen ist die Umbiegung sichtbar. Nach WEEDA (Lit. 31) liegen der Esino und sein Liegendes normal, liegt aber die Dislokation im unteren Ladinien. Da die Umbiegung in der Tat von uns wahrgenommen ist, ist unsere Auffassung vorzuziehen.

Das untere Carnien hat sich viel starrer verhalten. Nur die Ognäüberschiebung ist hier wichtig, sonst fallen die Schichten ganz regelmässig nach S ab. Zwischen alta Fontana Mora und Foppa liegt eine sehr schwache Synklinale (Profil II). In der Valle di Mezzo und zwischen den Punkten 2104 und 2200 liegen zwei sehr kleine Verwerfungen, deren Sprunghöhen und Ausdehnung nicht nennenswert sind.

Zum Autochthon gehört auch die Cresta di Valzurio und das untere Carnien südlich des Passo di Scagnello. Wie bereits erwähnt, fallen die dortigen Schichten ohne weitere Komplikationen steil nach S ab.

Das obere Carnien der Valle di Olone liegt ganz normal auf der unteren Stufe, aber zeigt nahe bei Punkt 1972 eine intensive Faltung. Die Schichten sind steil zu einer Antiklinale aufgefaltet worden, deren Kern gebrochen ist. Das Bächlein der Valle di Olone läuft dieses Bruches entlang (Fig. 17).

Eine andere Falte liegt im Fesso di Rigada oberhalb 1600 m. Das Gestein ist hier in eine Synklinale mit seilen Flügeln gefaltet worden.

Auf dem Boden des Fesso kommt das jüngste Gestein im Kerne der Synklinale zum Vorschein (Profil V). Die tektonischen Verhältnisse sind hier schwer zu erkennen, da das Gestein schlecht entblösst ist und man nur in den Bachtälern etwas zu sehen bekommen kann.

#### B. *Die Tektonik des Noriens.*

Im Norien liegen einige steile Verwerfungen, die der Tektonik dieses Gebietsteiles ein ganz anderes Gepräge geben, als wir anderweitig kennen gelernt haben (Fig. 12). Sie besitzen fast alle ein ostwestliches Streichen. Ausserdem ist hier eine auf den Hintergrund tretende Faltung mit ungefähr NE—SW bis N—S laufenden Achsen, die besonders deutlich westlich des Monte San Leonardo die Sedimente in flache, stellenweise steilere Anti- und Synklinalen gelegt hat (Profil C). Im gebiete des Monte Scanapá und Giogo sind eine Antiklinale und eine Synklinale, die eine westlichere Richtung besitzen, zu erkennen (Profile I, II und III). Diese Faltungstektonik ist älter als die Verwerfungen, da sie von diesen beeinflusst worden ist.

Westlich des Monte San Leonardo liegen zwei Antiklinalen, die von einer Synklinale getrennt werden (Profil C). Wie aus den Messungen hervorgeht, weisen alle Achsen ein Abfallen in südlicher Richtung auf. Nördlich der W—E verlaufenden Pratolongo-Prionaverwerfung ist von diesen Falten nichts mehr zu erkennen.

Der Monte Scanapá ist eine steile Antiklinale, deren Kern (unteres Norien) im Gipfel des Berges zu Tage tritt und deren Flügel (oberes Norien) die westlichen und östlichen Abhänge bilden. Die antiklinale Achse hat eine NE—SW Richtung und bildet eben hier eine kleine Kuppel, so dass auf den Profilen I und II auch eine E—W gerichtete Umbiegung eingezeichnet werden musste.

Das obere Carnien von Giogo fällt schwach nach NW ein, das Norien der Roccia Rossa zeigt im allgemeinen ein Fallen nach S. Wir können hier also eine Synklinale konstruieren (Profile I und II), die nach den Streichen der Schichten in nordostsüdwestlicher Richtung, ungefähr in der Richtung der Valle Gera, liegt.

Der südliche Flügel dieser Synklinale, der zugleich der nördliche Flügel der Scanapáantiklinale ist, wird von der Scanapáverwerfung, die südlich von Giogo Carnien und Norien trennt, abgeschnitten.

Die Verwerfung, die am meisten auffällt, ist die N—S laufende Priona-Merciverwerfung, die alle ostwestlich gerichteten Dislokationen abschneidet und offenbar die jüngste ist (Profil C). Mit den Pratolongo-Priona- und Scanapáverwerfungen ist sie die wichtigste. Diese Verwerfungen haben die grössten Sprunghöhen.

Beim Hause 1181 werden die beiden norischen Stufen von einer Verwerfung getrennt, die noch weiter nach E zu verfolgen ist. Sie ist bei diesem Hause klar erkennbar und besitzt da eine Sprunghöhe von 150 m. Die Sprunghöhe nimmt aber rasch nach E ab und bald verläuft der Bruch nur noch im unteren Norien. Er ist im Bergkamme südlich des Punktes 1213 wie eine niedrige steile Wand zu beobachten. Die Sprunghöhe beträgt dann etwa 100 m, der südliche Flügel liegt immer noch am niedrigsten. Nördlich von il Bigliardo ist, wie sich aus der

Konstruktion des Profils VII zeigte, die Verstellung umgekehrt und liegt dieser Flügel am höchsten. Hier ist die Sprunghöhe 25 m.

Südlich des Pizzo Unel (Profil VI) liegt eine Verwerfung, deren Sprunghöhe 75 m beträgt, zufolge der der südliche Block gehoben worden ist.

Diese beide Verwerfungen werden von der Priona-Merciverwerfung abgeschnitten. Wahrscheinlich ist der östliche Bruch die Fortsetzung der Verwerfung zwischen Punkt 1181 und il Bigliardo.

Das obere Norien des Pizzo Unel bildet eine Bruchwand, in deren Fortsetzung die Valle Mercei ein doppeltes Knie macht, in dem der Fluss seine normale nordsüdliche Richtung verliert und plötzlich von E nach W fließt.

Die Sprunghöhe südlich von la Pisterla ist ungefähr 150 m (Profil V), weiter nach E kann man aber nichts mehr von der Verwerfung zu sehen bekommen. Die launenhafte Abwechslung unteren und oberen Noriens nahe bei Baita alta Cornetto ist der Topographie zuzuschreiben. Die Erosion ist hier bis etwa an die Stufengrenze fortgeschritten und hat hie und da die untere Stufe schon entblösst (Profil IV). Der Bruch fällt überall senkrecht ein.

Das Existieren der Pratolongo-Prionaverwerfung ist in einem vorhergehenden Abschnitt (Seite 124) schon erörtert worden (Profile VII und VIII). Es folgen hier nur einige Angaben in Bezug auf Sprunghöhe und Einfallen. Die Sprunghöhe ist leicht aus den Mächtigkeiten der Horizonte des Noriens, die auf beiden Seiten der Verwerfung liegen, abzuleiten. Wir bestimmten nahe Pospé eine Sprunghöhe von etwa 700 m, die nach E hin abnimmt bis sie nördlich des Monte San Leonardo etwa 300 m beträgt.

Da wir nicht über genaue Angaben betreffs ihres Verlaufes im Felde verfügten, haben wir diese Verwerfung senkrecht vorausgesetzt.

Der Bruch ist östlich der Priona-Merciverwerfung nicht mehr zu verfolgen. Diese ist offenbar die jüngste Erscheinung. Sie ist gut im Felde wahrnehmbar: im selben topographischen Niveau wie das (mittlere) untere Norien westlich des Bruches liegt östlich des kleinen untiefen Prionatales die obere Stufe. Das untere Norien fällt steil nach SW ein.

Diese Verwerfung, die offensichtlich senkrecht einfällt, besitzt eine Sprunghöhe, die wir nahe bei Punkte 898 auf 300 m schätzen. Die Sprunghöhe muss, da nördlich von Punkte 1124 das obere Norien an beiden Seiten des Bruches in gleicher Höhe über dem Meere liegt, rasch nach N abnehmen. Nach S verschwindet die Verwerfung unter dem Quartär.

Die Verwerfung zwischen den Punkten 1004 und 926 ist westlich der Priona-Merciverwerfung nicht zu verfolgen. Diese und diejenige nahe Roccia Rossa müssen vorhanden sein, weil das untere Norien südlich dieser Brüche mit seinem Einfallen von  $37^\circ$  nach S nicht in nördlicher Richtung unter das dort anstehende obere Norien verlängert werden kann.

Die Sprunghöhen dieser Verwerfungen sind nicht gross: die der östliche beträgt maximal 200, die der westliche maximal 125 m. Die untere Grenze der oberen Stufe dürfte nicht weit südlich der Quar-

tärgrenze unter den Terrassenbildungen liegen (Profile IV, V und VI). Jedoch kommt südlich des Quartärs überall die untere Stufe zum Vorschein, wahrscheinlich zufolge der Scanapásynklinale, deren Achse im Tal der Gera liegt.

Wie es aus den Ausbissen zu ermitteln ist, fällt die östliche Verwerfung unter  $80^\circ$  nach S, die westliche unter  $60^\circ$ .

Die östlichste Verwerfung, die Scanapáverwerfung (Profile II und III), ist im Felde nicht als solche wahrzunehmen, sondern es sind hier, wie sich schon im Abschnitt über die Stratigraphie zeigte, von dem unteren Norien nur die obersten Horizonte entwickelt. Die Annahme eines Bruchs ist hier also allerdings gerechtfertigt. Seine Sprunghöhe beträgt im E etwa 650 m, nimmt aber nach W ab; die Verstellung ist nahe bei km 46, wie es aus der Konstruktion des Profils II hervorgeht, sogar umgekehrt geworden!

Die Verwerfung schneidet hier gerade die Achse der Scanapásynklinale. Sie besitzt ein Fallen von ungefähr  $80^\circ$  nach N.

C. *Die Linie Case Paré—Colle della Presolana—Valle dell'Ombra—Giogo.*

Diese Linie bildet unseres Erachtens die südliche Grenze der Presolanadecke. Wie wir bereits gesehen haben, ist nicht mit Bestimmtheit anzugeben, wo diese Grenze liegt (Seite 144); aber es gibt gewisse Anweisungen, dass das Norien autochthon ist. Die Konsequenz dieser Auffassung ist, dass die Ueberschiebungsfläche der Decke über dem Norien in der Luft liegt. Diese Formation ist in diesem Falle gehoben. Gehörte das Norien zum überschobenen Gebiete, so würde es gesunken sein.

Als Grenze der Presolanadecke und des autochthonen Gebietes verdient diese Linie eine eingehendere Beschreibung.

Sie besteht aus drei verschiedenen Einheiten (Fig. 12) und zwar von E nach W:

1. Der Ausbiss der Presolanadecke zwischen Valle dell'Ombra und Giogo und eine steile Verwerfung an der Südseite dieses Tales, deren Sprunghöhe von E nach W abnimmt; der südliche Block ist gesunken (Profile I und C),

2. Der Ausbiss der Presolanadecke zwischen den Punkten 1744 und 1524 (Profil III), und

3. Westlich des Punktes 1524 eine mit  $80^\circ$  nach S fallende Verwerfung, deren Sprunghöhe von E nach W zunimmt; das Norien ist gehoben (Profile IV—VIII).

Die Aufschlüsse sind im östlichen Quartärgebiete so spärlich, dass der wahre Charakter der Dislokation, die nördlich von Giogo aufgeschlossen ist und Esino und oberes Carnien trennt, nicht zu bestimmen ist. Nach einer mündlichen Mitteilung von Herrn KROL hat er Anweisungen gefunden, dass diese Verwerfung nicht gerade nach E senkrecht zur Richtung der Valle di Scalve weiter geht, sondern in der westlichen Talwand nach N umbiegt. Die Dislokation bekommt dann den Charakter einer Ueberschiebung, durch die Esino auf oberem Carnien liegt. Ueber-

dem steht diese Linie nördlicher im Zusammenhang mit der Presolanadecke, so dass es sehr wahrscheinlich ist, dass wir hier mit einem Stück der Ueberschiebungsfläche zu tun haben.

Uns war der Ausbiss der Decke also an drei Stellen bekannt: westlich der Presolana in der Cresta di Valzurio, in der Valle di Scalve und bei Giogo, überdem war die Sprunghöhe der Valle dell'Ombra-Verwerfung aus dem Verlauf der oberen Grenze des Esino im Monte Visolo und im Pizzo Plagna leicht zu ermitteln. Mit Hilfe dieser Angaben liess sich die Grenze der Decke unter dem Quartär von Cassinelli konstruieren.

Wegen der Mächtigkeit des Carniens und der des unteren Noriens ist es ganz ausgeschlossen, dass das Norien an der Westseite dieses Quartärs normal auf dem Carnien der Ostseite liegen könnte. Die Schichten müssten dazu fast senkrecht stehen, wofür nirgendwo eine Anweisung besteht.

Man muss also eine Dislokation voraussetzen und dann kann nur die Presolanadecke in Betracht kommen. Es gibt hier also eine deutliche Anweisung dass die Ueberschiebungsfläche der Decke über dem Norien liegt.

Die Valle dell'Ombra-Verwerfung fällt, wie man es in den Felsen nördlich des Punktes 1968 zu konstatieren vermag, senkrecht ein; ihre Sprunghöhe ist im E ungefähr 500 m und nimmt nach W rasch ab: im Norien des Monte Cornetto ist nichts mehr von einer Verwerfung zu merken. Eine Umbiegung der Esinowänden am Pizzo di Corzene vorbei ist bei einer derartigen Verwerfung kaum anzunehmen.

Jedoch der Esino des Pizzo di Corzene und das Norien des Monte Cornetto können auch nicht normal zueinander liegen. Es ist möglich, dass sie von einer Verwerfung getrennt werden, aber dann gibt es sofort Schwierigkeiten in Hinsicht auf ihre Verlängerung nach E und W. Die Valle dell'Ombra- und Paré-Verwerfungen sind so verschieden, dass es unmöglich ist, diese nach E bzw. nach W so weiter zu konstruieren, dass am Pizzo di Corzene entlang eine Verbindung der Bruchstücke einer möglich einheitlichen Verwerfung hergestellt wird, während ein Ausbiss der Presolanadecke leicht zu konstruieren ist (Profil III).

Aus der Konstruktion zeigte sich, dass es mit Rücksicht auf die Mächtigkeiten beider Formationen und in Anbetracht einer Steilstellung der Schichten (was stimmt mit unseren Auffassungen über die Stirn der Ognäuerschiebung) möglich ist, dass das autochthone obere Carnien der oberen Valle di Valzurio und das untere Norien des Monte Cornetto normal hinsichtlich einander liegen. Wie eine fremde Masse hat der Esino, sowohl Carnien wie Norien, das also den vierten autochthonen Streifen bildet (Fig. 14), überschoben.

Die Valle dell'Ombra-Verwerfung schneidet diesen Ausbiss nahe bei Punkte 1744 ab. Er tritt aber nordwestlich des Punktes 1630 wieder zu Tage (Profile I und II).

Die westliche Einheit der Linie ist die Paré-Verwerfung, die unter einem Winkel von etwa  $80^\circ$  nach S einfällt. Die carnischen Schichten sind auf der Bruchfläche nach unten geschleppt worden, was auf ein abgesunken Sein des südlichen Blocks hinzudeuten scheint. Dies wäre im Widerspruch zu unserer Auffassung, wobei das Norien gehoben ist.

Wahrscheinlich ist diese Schleppung auf spätere tektonische Bewegungen zurückzuführen.

Die Sprunghöhe der Verwerfung ist im W sehr gross (650 m), nimmt schnell nach E ab und ist etwa bei Punkt 1736 gleich null. Die Ueberschiebungsfläche der Presolanadecke hebt sich im nördlichen Block immer höher bis sie in der Valle di Olone auf gleicher Höhe liegt wie in der oberen Valle Merci (Profile VIII—IV).

Wäre das Norien in der Tat gesunken, dann würde die Sprunghöhe dieser Verwerfung sehr gross sein: im W liegen Carnien und Norien nebeneinander, weiter nach E Esino und Norien. Die Sprunghöhe würde von W nach E zunehmen und da ungefähr von gleicher Grösse sein, wie die gesammte Mächtigkeit eines Teiles des Esino, des ganzen Carniens und des unteren Noriens; also mindestens 2500 m betragen.

Diese Verwerfung muss dann in der oberen Valle Merci und nördlich und nordwestlich der Colle della Presolana die Grenze zwischen Esino und Norien bilden. Dies ist streitig mit einer möglichen Konstruktion des Profiles III, aber auch mit dem Einfallen der Verwerfung, das 80° nach S beträgt. Zur Konstruktion der Umbiegung in der oberen Valle Merci ist dies zu steil; eine Verlängerung nach NE kommt gar nicht im Frage. Das heisst, dass diese Auffassung nicht richtig sein kann.

Zwischen den Häusern 1181 und 1187 liegt eine Schutthalde, die die Deutlichkeit der Verhältnisse etwas beeinträchtigt. Scheinbar geht die Paréverwerfung hier nördlich des Schutts gerade nach W weiter und trennt nördlich der Case Paré (autochthones) oberes und (überschobenes) unteres Carnien. Wäre das obere Carnien der Case Paré wirklich autochthon, so wären oberes Carnien und oberes Norien von einer südlich der Häuser verlaufenden Verwerfung getrennt, deren Sprunghöhe etwa der Gesamtmächtigkeit des oberen Carniens und des unteren Noriens entspricht, eine sehr beträchtliche also. In der Fortsetzung dieses Bruches liegt im unteren Norien eine Verwerfung, die eine sehr kleine Sprunghöhe besitzt, denn sie trennt die obersten Schichten des unteren Noriens und die untersten Teile der oberen Stufe. Es ist also sehr unwahrscheinlich, dass sie beide Stücke einer selben Verwerfung sind. Ausserdem ist das Einfallen des oberen Carniens nahe 1187 derartig, dass es unmöglich unter dem Norien des Punktes 1181 liegen kann. Das Carnien fällt nach SW ein und auch ist die Entfernung zu klein für die Mächtigkeit der Formationen.

Unteren Schutt liegt eine Verwerfung versteckt, die, wie der Bruch südlich der Case Paré, Norien und Carnien trennt und eine entsprechende Sprunghöhe besitzt. Auch die grosse Verwerfung nordöstlich der Schutthalde hat diese Eigenart, wenn die Verwerfung nördlich der Case Paré ihre Verlängerung wäre, so verlöre sie dort plötzlich diesen Charakter.

Es ist also besser, das Carnien der Case Paré der Decke zuzurechnen und dessen Südgrenze südlich der Case Paré und zwischen den Punkten 1187 und 1181 nach NE zu ziehen.

Hiermit stimmt ausserdem die Mitteilung von Herrn SWOLFS überein, der westlicher nichts von der nördlichen, aber wohl etwas von der südlichen Verwerfung hat beobachten können.

Die kleinen Verwerfungen, die in täuschender Weise in der Fort-

setzung der Paréverwerfung liegen, sind unbedeutend und besitzen nur eine kleine Sprunghöhe (Profile VII und VIII).

Die Sprunghöhe der nordwestlichen beträgt höchstens 75 m; die südöstliche Verwerfung ist schon beschrieben worden.

Auf der geologischen Karte ist die südliche Grenze der Presolanadecke im östlichen Teile unseres Gebietes nördlich von Giogo recht deutlich. Dagegen lässt die Paréverwerfung im W. zweierlei Erklärung zu. Entweder muss hier die Presolanadecke südlich der Verwerfung abgesunken sein und dann müsste die Sprunghöhe mindestens 2500 m betragen; oder aber muss dieser Verwerfung entlang das südliche Gebiet gehoben sein. In diesem Falle beträgt die Sprunghöhe im W 650 m und nimmt nach E ab, muss das Norien wie autochthon aufgefasst werden und liegt die südliche Fortsetzung der Presolanadecke in der Luft. Diese Auffassung schien uns wahrscheinlicher und ist in Karte und Profilen gefolgt worden.

### 3. Tektonische Synthese.

Die wichtigste tektonische Erscheinung unseres Gebietes ist die Presolanadecke. Anisien, Ladinien und Carnien sind da auf Ladinien, Carnien und Norien überschoben worden. Die Richtung der Ueberschiebung konnten wir gegen SSE bis SE bestimmen. Den Abstand über den die Sedimente im Verhältnis zu ihrem unmittelbaren Untergrunde verstellt worden sind, stellten wir auf 3—5 km fest.

Die Presolanadecke dehnt sich noch weit nach E und W über die Grenzen unseres Gebietes aus. Ihre Wurzel ist uns nicht bekannt, sie dürfte jedoch nicht weit nach N entfernt sein: Ueberschobenes und Autochthon sind in ähnlicher Facies entwickelt, sind also nicht weit voneinander gebildet worden.

Logischerweise kann man die Wurzel, da in unserem Gebiete keine einzige Andeutung einer Wurzelregion zu finden ist, im nördlich anschließenden Gebiete, dem von WEEDA (Lit. 31) kartierten, erwarten, jedoch es wurden davon dort nicht, und auch nicht noch weiter nach N, die geringsten Anzeichen gefunden.

Das Anisien der Gegend des Passo della Manina ist nach WEEDA's Karte sicher autochthon und hängt vollkommen zusammen mit dem Ladinien und dem Carnien des Fontana Morabeckens. Die Grenze dieser Formationen und des Perms wird von der „Valcanale-Bondioneverwerfung“ gebildet, einem schwach nach S einfallenden Aufschiebung, durch den, nach Dozy (Lit. 7), die Trias im Verhältnis zum Perm nach N verschoben erscheint.

Es hat, wie WEEDA (Lit. 31) bemerkte, das kristallinische Grundgebirge sammt dem Perm ganz anders auf die tektonischen Kräfte reagiert als die Trias. Nach Dozy (Lit. 7) ist dieses verschiedenes Verhalten dadurch entstanden, dass die Trias mittels des Servino, der einen schönen Gleithorizont bildete, als ein Paket festen Gesteins über das Perm nach N geschoben erschien. Dozy dachte sich, dass durch einen Zusammenschub der Sedimente, im Folge einer Druckrichtung von N gegen S, Grundgebirge und Perm in Falten und Schuppen gelegt wurden;

das Mesozoikum aber zufolge des Servinogleithorizontes die allgemeine südliche Bewegung nicht mitmachte und in Bezug auf seinem unmittelbaren Untergrunde nach N verschoben wurde (Valtorta-Cusioverwerfung und Valcanale-Bondioneverwerfung).

Aus diesem Gedankengange folgt unseres Erachtens, dass es unmöglich ist, dass eine Struktur aus dem Mesozoikum sich bis ins Perm hinzieht, wie CACCIAMALI (Lit. 2) es vorausgesetzt hat bei der Presolanadecke. Er fasste die Valcanale-Bondioneaufschiebung als die Fortsetzung der Presolanaüberschiebungsfläche auf. Die Verwerfung müsste dann nach dieser Auffassung horizontal liegen oder sogar sanft nach N einfallen, was aber mit auch schon damals bekannten Tatsachen und Wahrnehmungen ganz im Widerspruch ist.

Da Mesozoikum und Palaeozoikum eine unabhängige Tektonik besitzen, dürfen wir die Wurzel der Presolanadecke nicht in den alten Formationen suchen; hat sie je existiert, dann lag sie im Mesozoikum selbst und ist jetzt, da überall nördlich unseres Gebietes schon Palaeozoikum zu Tage tritt, schon vor langer Zeit bei der Erosion verschwunden.

DOZY (Lit. 7) betont aber nachdrücklich, dass im mesozoischen Kalkpaket der Bergamasker Alpen auch Strukturen mit einer von N gegen S gerichteten Bewegung vorkommen können, wenn ein Gleithorizont fehlt. Wenn der Servino in einer abweichenden Facies ausgebildet worden ist, setzen die Strukturen des Untergrundes sich ungestört ins Mesozoikum fort. Tritt aber in der mesozoischen Schichtfolge ein Gleithorizont (z.B. Raibler oder Rhät in einer geeigneten Facies) auf, dann können in ihr auch Bewegungen gegen N entstehen.

Die Presolanadecke bildet ein schönes Beispiel einer Struktur im Mesozoikum mit einer Bewegung gegen S. Hier fehlt jeder Gleithorizont; es kann also gar keine Rede davon sein, dass die überschobene Serie bei der allgemeinen Bewegung zurückgeblieben ist.

Derartige Bewegungen kommen in den Bergamasker Alpen häufig in den mesozoischen Sedimenten, mit oder ohne Beanspruchung des Servino, vor: die Presolanadecke, die löffelförmigen Aufschiebungen COSLJNS (Lit. 5) und die Schuppen in der Grigna (TRUEMPY, Lit. 28).

Bei der Betrachtung der Tektonik der Bergamasker Alpen müssen wir also drei Einheiten scharf trennen:

1. Das Grundgebirge und das Perm mit ihren Bruchflächen, Aufschiebungen und Schuppen mit einer Bewegung gegen S,
2. Das Mesozoikum, in dem die Ueberschiebungstektonik intensiver ist, in dem sogar kleine Decken auftreten können; auch mit einer Bewegung gegen S,
3. Eine Bewegung von S gegen N von der zweiten Einheit über die erste längs der Valtorta—Cusio- und Valcanale—Bondioneschubflächen, wobei der Servino zum Gleithorizonte diene.

Unseres Gebiet gehört ganz der zweiten Einheit an. Nach einem Versuch zur Bestimmung des relativen Alters der beobachteten Erscheinungen, werden wir probieren die tektonischen Phasen dieser Einheit mit denjenigen der anderen, wie sie von DOZY (Lit. 6) und WEEDA (Lit. 31) angegeben wurden, in Verbindung zu bringen.

Die Ognäüberschiebung und die Presolanadecke sind offenbar die ältesten Erscheinungen. Sie schneiden nirgendwo andere Strukturen ab, die Presolanadecke wird aber von Brüchen verworfen. Die Ognäüberschiebung ist vielleicht gleichen Alters, wahrscheinlicher aber ein wenig älter als die Decke.

Die Bewegung der Ognäüberschiebung ist von N—NE nach S—SW vor sich gegangen, die Verstellung der Sedimente beträgt nur 1750 m. Wir vermuten, dass ihre Stirn sich unter der Valle di Olone befindet. Sie wird im W und im S von der Presolanadecke abgeschnitten.

Ueber der Stirn und ihren steilgestellten Schichten war deutlich ein aussergewöhnlich steiles Fallen der Ueberschiebungsfläche der Decke zu erkennen. Hier, wo die Ueberschiebungsfläche über diesen Schichten abfällt, hat sich in ihr eine Flexur gebildet. Bald bekommt sie nach S ihre normale Lage wieder zurück. Auch die überschobenen Sedimente sind steilgestellt worden (das Carnien des Monte Paré—Valsaccokammes und des Monte Visolo).

Jedoch lassen diese Beobachtungen nicht einwandfrei auf ein grösseres Alter der Ognäüberschiebung als der Presolanadecke schliessen. Möglicherweise ist die Ognäüberschiebung gleich alt wie die Decke; sie wäre dann als eine Teil- oder Zweigdecke im Autochthon aufzufassen.

Dass die Ognäüberschiebung aber nicht wie eine Schlepplungserscheinung der Decke aufgefasst werden kann, folgt unseres Erachtens aus die Tatsache, dass wir für beide eine verschiedene Richtung der Bewegung feststellen konnten.

Dass im Monte Paré—Valsaccokamme, mehrere Kilometer von der Berührungslinie beider Ueberschiebungen entfernt, an einer Stelle, wo nichts von der Ognäüberschiebung zu erkennen ist, ihr Einfluss auf die Decke noch nachzuweisen ist, deutet auch darauf hin, dass die Ognäüberschiebung schon existierte, als die Presolanadecke gebildet wurde.

Möglicherweise hat die Presolanadecke die Ognäüberschiebung etwas verstärkt.

Zwischen der Bildung beider Ueberschiebungen sind keine anderen tektonischen Erscheinungen aufgetreten. Wir dürfen sie also zu einer Phase, der der Ueberschiebungen, zusammenfassen.

Nahe bei der Case Paré und in der Valle dell'Ombra wird die Decke von zwei E—W verlaufenden steilen Verwerfungen abgeschnitten, die offenbar jünger sind.

Das Bruchsystem der Case Paré besteht aus drei Verwerfungen: die wichtigste, die Paréverwerfung, verwirft die Decke; die anderen besitzen eine viel kleinere Sprunghöhe und liegen in der Verlängerung der Paréverwerfung, die dort zwei Biegungen macht.

Die ungefähr N—S verlaufende Priona—Merciverwerfung ist in ihre Richtung eine Ausnahme in unserem Gebiete. Sie ist offenbar jünger als die anderen, verwirft oder verstellt sie alle.

Wir haben hier also eine zweite Phase der tektonischen Bildung unseres Gebietes kennen gelernt: die Phase der steilen Verwerfungen.

Eine merkwürdige Lage besitzen die Falten des Noriens im S und

des unteren Muschelkalks im N von unserem Gebiete. Ihre Achsen sind N—S bis NE—SW gerichtet, was auf eine senkrecht darauf gerichtete Pressung hindeutet. Die Achsen laufen ungefähr parallel mit der Valcanale—Bondioneaufschiebung, die nach WEEDA (Lit. 31) nördlich unseres Gebietes in einer nordnordöstlichen Richtung verläuft. In der Valle Seriana biegt der Aushiss dieser Aufschiebung aus der westöstlichen Richtung in diese um. Nach WEEDA ist sie die älteste tektonische Erscheinung seines Gebietes.

Diese Faltung im Autochthon ist älter als die Verwerfungen, von denen die Falten abgeschnitten werden. Wir möchten sie ein grösseres Alter als der Phase der Ueberschiebungen zuschreiben: sie stellen dann die älteste tektonische Beanspruchung in unserem Gebiete dar.

Zufolge einer Pressung, die hier aus NW kam, wurde die Valcanale—Bondioneaufschiebung gebildet; das Mesozoikum schob auf dem Perm nach N hin. Zur selben Zeit entstanden in den palaeozoischen (Dozy, Lit. 6) und in den mesozoischen Sedimenten Falten, die dieselbe Richtung besitzen wie die grosse Aufschiebung.

Später wurde die Presolanadecke zufolge eines Druckes aus etwas nördlicherer Richtung über diesem schon gefalteten Untergrunde geschoben.

Nachdem alle bisher beschriebenen Bewegungen vor sich gegangen waren, wurden Gesteinsgänge intrudiert, die nach Dozy (Lit. 6) wohl mit den Tonalitintrusionen des Adamello, von Sondrio und des Bergells in Zusammenhang zu bringen sind. Danach haben in unserem Gebiete noch kleinere Bewegungen stattgefunden, die auch in anderen Teilen der Bergamasker Alpen beobachtet worden sind.

Wir haben nahe bei Punkt 1534 eine Verstellung eines Ganges schon kennen gelernt, die Esino-Porphyrbreccie des Passo di Olone kann nur von postintrusiven Bewegungen gebildet worden sein. Die „Schleppung“ des Carniens an der Paréverwerfung ist wohl diesen Bewegungen zuzuschreiben. Vielleicht ist das Norien etwas zurückgesunken oder es hat eine weitere Zusammenpressung der Decke stattgefunden.

Nach WEEDA (Lit. 31) ist die kleine Aufschiebung nahe lo Zuccotto auch zu jener Zeit entstanden, was uns in Anbetracht der geringen Abmessungen der Erscheinung sehr wahrscheinlich vorkommt.

Diese postintrusiven Bewegungen haben sehr kleine Dislokationen verursacht, sind in Wichtigkeit nicht mit der praeintrusiven zu vergleichen und haben meistens nur schon bestehenden Flächen entlang einen Einfluss ausgeübt.

Vielleicht ist die zweite Kataklase der tektonischen Breccie von alta Verzuda (Seite 137) dieser Phase zuzuschreiben.

Diese Bewegungen stellen die vierte tektonische Phase unseres Gebietes dar.

Wie sind diese beschriebenen Vorgänge in die Tektogenese der Südalpen hineinzufügen?

Nach STAUB (Lit. 25) und WEBER (Lit. 30) kann man in dieser Tektogenese zwei Phasen unterscheiden:

1. Die Frühinsubrische, die die wichtigste ist und der wir das Dasein der insubrischen Linie verdanken, an der entlang die Südalpen unter die schon existierenden Ostalpiden und Penniden geschoben wurden. Durch Widerstand dieser Gebirgsmasse wurde in den Südalpen eine Falten- und Schuppenstruktur mit Bewegungen von N nach S geschaffen. Diese Faltung fand gegen Beginn des Miozäns statt und ist die Hauptphase der Südalpenfaltung gewesen.

2. Die Spätinsubrische Phase, die nach den Intrusion eines dioritischen Magmas vor sich ging. Sie hat auch die miozäne Molasse-Nagelfluh, der Erosionsprodukt der Hauptphase, beansprucht und steilgestellt. Sie verstärkte die Erscheinungen der Hauptphase und ist nach WEBER frühpliozänen Alters.

Wir können jetzt die tektonische Geschichte unseres Gebietes wie folgt in Uebereinstimmung mit der allgemeinen Tektogenese zusammenfassen (Fig. 19):

A. Frühinsubrische Phase (Hauptphase), Frühmiozän:

1. Bildung von Falten mit einer NE—SW Richtung der Achsen,
2. Bildung von Ueberschiebungen mit einer Bewegungsrichtung von NW—NNE nach SE—SSW,
3. Bildung von steilen Verwerfungen.

B. Spätinsubrische Phase (postintrusiv), Frühpliozän:

4. Kleine Bewegungen meistens an schon bestehenden Flächen entlang.

DOZY (Lit. 6) und WEEDA (Lit. 31) haben für ihre Gebiete eine zeitliche Gliederung der Erscheinungen festgestellt, die WEEDA (Lit. 31) wie folgt korreliert hat:

DOZY	WEEDA
	A. Bildung von gesenkten und gehobenen Massiven. (Perm-Triasaufschiebungen).
1. Bildung von Anti- und Synklinalen.	
2a. Bildung von Brüchen, vertikale Bewegungen der zwischen den Brüchen liegenden Blöcke, die Bruchflächen werden steilgestellt.	B. Bildung von steilgestellten Brüchen und Aufschiebungen. (Pressung von N nach S oder von NW nach SE).
b. Oberflächlicher Zusammenschub, Schuppenbildung.	
c. Stärkere Zusammenpressung, Steilstellung der Aufschiebungsfläche. (Bewegungen gegen S).	C. Aufschiebungen und Faltungen, Pressung von NNE nach SSW.
	D. Kleine spätere Bewegungen.

Auf Seite 163 haben wir betont, dass man bei der Betrachtung der Tektonik der Bergamasker Alpen drei Einheiten scharf trennen muss:

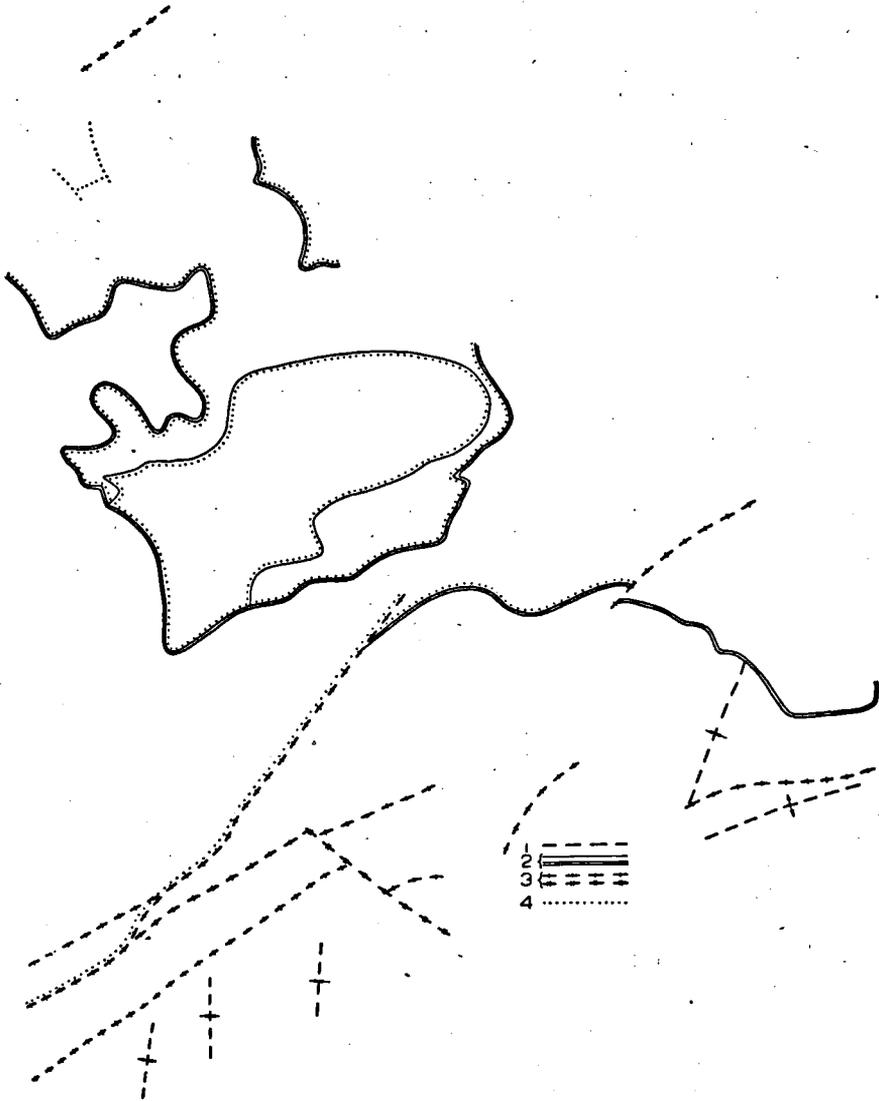


Fig. 19.

Die Chronologie der tektonischen Erscheinungen.

- Frühinsubrisch:
1. - - - - - Faltung im Autochthon.
  2. ——— Ognäverschiebung.
  - = = = Presolanadecke.
  3. -|-|- steile Verwerfungen mit einer ostwestlichen Richtung.
  - ||-||- Priona-Merciverwerfung.
- Spätinsubrisch:
4. ..... kleine Bewegungen an schon bestehenden Flächen entlang.

1. Grundgebirge und Perm,
2. Gegen S gerichtete Ueberschiebungen in den mesozoischen Sedimenten,
3. Eine gegen N gerichtete Ueberschiebung der ganzen zweiten Einheit über die erste.

Das Gebiet von DOZY (Lit. 6) gehört ganz der ersten Einheit an, das Gebiet von WEEDA (Lit. 31) zu alle drei und zwar: seine Phase A hat die Aufschiebung von Trias über Perm gebildet, gehört also zur dritten Einheit; die Phasen B und C, nach seiner Meinung nicht scharf trennbar, haben die Einheiten 1 und 2 beeinflusst, wie auch seine Phase D.

Vergleichen wir nun diese Phasen mit den von uns gefundenen, die alle der zweiten Einheit gehören:

Wir haben einen Zusammenhang gefunden zwischen der Faltung unserer Phase 1 und der Aufschiebung der Phase A von WEEDA und sie als gleichaltrig aufgefasst. Es liegt kein Grund vor DOZYS Phase 1 nicht hiermit zu korrelieren: derselbe Druck hat in den Einheiten 1 und 2 eine schwache Faltung verursacht und in der Einheit 3 die Trias auf dem Perm nach N zurückgeschoben.

Die Perm—Triasaufschiebung nördlich unseres Gebietes ist in unserer Phase 1 entstanden und vermutlich haben auch während unserer Phase 2 noch Bewegungen dieser Aufschiebung entlang stattgefunden. Wir müssen wohl in Anbetracht nehmen, dass die Richtung, die die Valcanale—Bondioneaufschiebung hier besitzt, nur eine örtliche ist. Die normale Richtung derartiger Aufschiebungen ist W—E, also eine Pressung aufweisend, die mehr übereinstimmt mit der, die die Phase 2 von DOZY und die Phasen B und C von WEEDA schuff.

Diese Phasen von WEEDA sind einwandfrei mit unserer Phase 2 zu korrelieren. In der zweiten Einheit wurden also Aufschiebungen, Brüchen, Falten und die Presolanadecke zur gleicher Zeit gebildet.

Während des Ausklingens der tektonischen Kräfte wurden im Mesozoikum steile Verwerfungen gebildet (zweite Einheit, unsere Phase 3).

Im Palaeozoikum wurden Verwerfungen und Schuppen gebildet.

Die Phase D von WEEDA ist ohne weiteres unserer Phase 4 gleichzustellen. Diese Phase hat überall in den Bergamasker Alpen kleine Bewegungen verursacht.

Zusammenfassend gelangen wir zur folgenden Uebersicht der Tektonogenese der Bergamasker Alpen:

- |  |   |   |
|--|---|---|
| 1. tektonische Einheit:<br>Grundgebirge und<br>Perm. | 2. tektonische Einheit:<br>Bewegungen gegen S<br>in den mesozoischen<br>Sedimenten. | 3. tektonische Einheit:<br>Ueberschiebung der 2.<br>Einheit über die 1. |
|--|---|---|

A. Frühinsubrische Phase (Hauptphase), Frühmiozän:

- |  |  |
|--|--|
| 1. Bildung von Antiklinalen und Synklinalen                                | Zurückbleiben des Me-<br>sozoikums über dem<br>Servinogleithorizont.               |
| 2. Bildung von Verwer-<br>fungen und Schup-<br>pen.<br>Bewegungen gegen S. | 2. Bildung von Decken<br>und kleinen Ueber-<br>schiebungen.<br>Bewegungen gegen S. |
| 3. Bildung von steilen<br>Verwerfungen.                                    | Das Mesozoikum er-<br>scheint nach N über<br>das Palaeozoikum über-<br>schoben.    |

Intrusion von Gängen eines dioritischen Magmas.

B. Spätinsubrische Phase, Frühpliozän:

4. Kleine Bewegungen, meistens an schon bestehenden Flächen entlang.

## VII. DIE BEZIEHUNG ZWISCHEN GEOLOGIE UND TOPOGRAPHIE.

Das Anisien und das untere Ladinien mit ihren dünngeschichteten Kalken und anderen ziemlich weichen Gesteinen bilden meist mit Grass bewachsenen sanfte Abhänge. Nur in den höchsten Teilen des Gebirges bildet der untere Muschelkalk schroffe, obschon niedrige, Wände, die wegen der Lockerheit des Materials ziemlich schwer zu begehen sind (Fig. 16).

Ein ganz anderes Bild zeigt der ungeschichtete Esino. Er ist im Felde leicht von den anderen Formationen zu unterscheiden durch seine steilen vegetationslosen Wände aus immer gleichen weissen Gestein aufgebaut. Die Vigna Vaganordwand ist 500 m hoch (Fig. 16); alle Wände in der Presolanagruppe bestehen aus Esino (Fig. 17). Die Gräte und Wände aus Esino gebildet, haben scharfe, schwer zugängliche, Gipfel und Abhänge. Das Pflanzenkleid fehlt fast immer, nur die Wände der Valle di Valzurio machen eine Ausnahme.

Die gutgeschichteten nach S fallenden Carnienkalke bilden nach N steile Wände mit einem infolge der Schichtung treppenartigen Aufbau. Die südlichen Abhänge verlaufen meist ganz in der Schichtungsebene und bilden dann flach abfallende Wiesen (Fig. 13).

Schöne Beispielen sind die Cresta di Valzurio, der Paré-Valsaccogrät und der östlichste Kamm nördlich von Giogo. In der Valle di Scura und in der Valle di Mezzo wird der Talboden von der Schichtebene gebildet, die Talwände sind fast senkrecht und treppenartig.

Wie die Esinowände bilden die des unteren Carniens viel Schutt und Geröll, dessen wichtigste Vorkommen beim Carnien nur auf der nördlichen Seite liegen, während der Esino an allen Seiten von Geröllhalden umgeben ist, weil diese Kalke vollkommen ungeschichtet sind.

Das obere Carnien und das untere Norien sind aus Mergeln und Dolomiten aufgebaut worden. Diese Formationen bilden sanfte Grassabhänge mit tief eingeschnittenen Flussbetten. Im Gebiete östlich des Monte San Leonardo treten im unteren Norien Wildbächer auf, deren Täler vollkommen vegetationslos sind.

Das ungeschichtete obere Norien bildet wieder Wände. Die Flüsse haben besonders in diesen Gestein tiefe Schluchten eingeschnitten. Diese Felswände aus oberem Norien bilden einen auffallenden Gegensatz zu den darunter folgenden sanften Abhänge des unteren Noriens.

Die Quartärformationen bilden sanfte Wald- oder Grassabhänge mit bisweilen (Valle Gera) cañonartige Flusseinschnitte.

Der Einfluss der Intrusivgesteine auf die Topographie ist deutlich in der Valle di Olone zu beobachten. Zwischen den Punkten 1534 und

1648 liegt ein Gang im Bachbett. Gerade dieses Gestein ist von der Erosion am stärksten angegriffen worden: da, wo der Gang verläuft, ist eine sehr steile, enge und tiefe Kluft in den carnischen Kalken entstanden.

Von den tektonischen Erscheinungen zeigen die Ausbisse der Presolanadecke einen ausgesprochenen Einfluss auf die Topographie (Fig. 13 und 16).

Im N sind es die sanften Grassabhänge des unteren Muschelkalkes, die mit den weissen steilen Wänden des unteren Carniens kontrastieren. Wie eine scharfe horizontale Linie ist der Ausbiss ihrer Ueberschiebungsfläche schon aus der Ferne wahrzunehmen. Vom Monte Paré, der 7 km entfernt ist, hat man darauf eine wundervolle Aussicht (Fig. 13).

Der untere Muschelkalk liegt wie eine dunkle Kappe mit schrägen Abhängen auf den steilen hellen Carnienwänden.

Der Ausbiss der Ognäüberschiebung hat besonders im N einen grossen Einfluss auf die Topographie ausgeübt. In der Valle die Scura und in der Valle Mezzo ist deutlich zu beobachten, wie die topographische Neigung, die ebenso gross ist wie die der Schichten, plötzlich der Umbiegung der Schichtebenen über der Ueberschiebung folgt. Da ist eine Steilwand entstanden, wodurch die genannten Täler als Hängetäler entwickelt sind.

Hier liegt also ein Beispiel vor, dass Hängetäler durch tektonische Umstände gebildet werden können.

Auch nördlich und nordöstlich von lo Zuccone haben die flexurartig gebogene Kalke der Ognäüberschiebung eine steile Wand über dem sanften mit dem Fallen der Schichten korrespondierenden autochthonen Carnienabhang gebildet.

Der Paréverwerfung entlang ist auch eine steile Wand gebildet. Die Bruchfläche aus carnischen Kalk tritt zwischen der Case Paré und Malga del Campo wie eine Steilwand zwischen den Grassabhängen des unteren Carniens des Monte Paré—Valsaccograts und des unteren Noriens im S zu Tage.

Südlich der Case Paré und nördlich von Grattarolo ist im Norien auch eine steile Wand gebildet worden. Hier liegt die härteste Formation an der südliche Seite der Verwerfung, westlich der Häuser lag sie an der Nordseite und wurde die Wand an der Seite gebildet.

Der Bruch in der Verlängerung der Paréverwerfung nach E ist durch kleine Wände gekennzeichnet. Vom Hause 1187 bis il Bigliardo ist auf einer geraden Linie in jedem nordsüdlichen Kamme einen nach E niedriger werdenden steilen Rand zu beobachten. Nicht nur die Verwerfung ist hier in der Topographie ausgesprochen, sondern auch die Sprunghöhe.

Ihre Verlängerung an der östlichen Seite der Priona—Merciverwerfung ist ausgebildet in der Südwand des Pizzo Unel und im doppelten Knie der Valle Mercei, in dem die Stromrichtung plötzlich E—W wird.

Das NW—SE verlaufende Talstück der Valle Mercei ist der Priona—Merciverwerfung entlang gebildet.

## VIII. EXKURSIONEN.

Am leichtesten ist das Gebiet zu besuchen vom Dorfe Castione della Presolana aus. Im Tale der Torrente Gera bekommt man dann einen schönen Eindruck der Terrassenbildungen dem Bach entlang.

Verfügt man zum Uebernachten nicht über ein Zelt, dann ist es möglich von Castione in einem Tage den kleinen Flecken Valzurio im gleichnamigen Tale gleich unterhalb Spinelli oder den Rifugio Albani des Club Alpino Italiano, eine bewirtschaftete Hütte der Section Bergamo, zu erreichen. In Valzurio, das auch ziemlich schwer mit einem kleinen Auto von Villa d'Ogna in der Valle Seriana her zu erreichen ist, ist eine kleine Trattoria con Alloggio. Die Hütte ist auch von Vilminore in der Valle di Scalve in wenige Stunden zu Fuss erreichbar.

Am folgenden Tage geht man nach N: über den Passo degli Omini oder die Valle Seura nach alta Fontana Mora und von dort durch die Valle di Sedornia nach Gromo im Seriotale. Einen vollständigeren Eindruck bekommt man, wenn man den zweiten Tag vom Rifugio nach Valzurio, oder dieselbe Strecke in entgegengesetzter Richtung, wandert und erst am dritten Tage nach Gromo weiterzieht.

Besitzt man ein Zelt, dann kann man sich den langen extra Spaziergang nach Valzurio oder auf die Hütte ersparen, da es viele recht gute Kampierstellen entlang der Ogna oberhalb Pagherola bassa gibt. Die Ogna hält sogar in der trockensten Zeit genügend Wasser, das aber an manchen Stellen unter den Geröllen verschwinden kann.

Von Castione nach N stehen zwei Wege offen: der landschaftlich schöne durch die ober-Norienkluff der Valle Merce abschliessend mit einem 300 m hohen Aufstieg am Grassabhang nach dem Passo di Olone; oder der geologisch interessantere über Priona, die Malghe Spina und Campo nach dem Passo. Auf diesem Spaziergang bekommt man einen sehr guten Eindruck des unteren- und oberen Noriens und überdem schaut man nach NW auf die Wand der schroffstehenden unter-Carnienkalke der Paréverwerfung.

Auf dem Passo di Olone liegt die merkwürdige Esino-Porphyritleucitebreccie. Schon vorher hat man eine schöne Aussicht auf die Presolana-gruppe und ihre rauhen Esinowände. Auch im Báres—Olonegrat kann man den Esino gut wahrnehmen.

Jenseits der Valle di Olone und im Tale liegen unteres- und oberes Carnien topographisch und tektonisch unter diesem Esino. Leider ist die Ueberschiebungsfäche von Schutt verhüllt. Auf dem Talboden kann man die untersten Schichten des oberen Carniens studieren und hat von

da auch ein schönes Panorama auf die kleine Verwerfung bei Punkt 1972.

Man folge dem Pfad nach Baita 1503; in den Bächen 1534 und 1423 sind höhere Horizonte des Carniens gut aufgeschlossen. Im ersten Bach liegt der grüne Porphyrit in den Kalken und Mergeln intrudiert. Von der Baita ist die Ognäüberschiebung an den Abhängen gut zu beobachten: das untere Carnien liegt auf der unregelmässig gefalteten oberen Stufe.

Diejenigen, deren Ziel Valzurio ist, folgen nun der Mulattiera nach Stalle Muschelo, die teilweise durch die hellen und grauen Kalke des unteren Carniens führt. Nach Muschelo, wo sich die Waschanstalt der Baryterze, die von einer Teleferica hierher geführt werden, befindet, geht der Pfad durch quartäre Ablagerungen. Nahe Grescala ist das untere Ladinien hie und da unter Baumwurzeln entblösst; hat man Glück, dann ist es möglich grüne Sandsteinstückchen zu finden. An der anderen Seite des Tales sind nach einer eingehenderen Betrachtung die Esino- und Carnienkalke voneinander zu unterscheiden.

Diejenigen, die zu kampieren oder nach der Hütte zu gehen wünschen, folgen dem Pfad, der von Baita 1503 nach N führt, Bach 1423 überquert und nach etwa 100 m in den Wiesen verschwindet. Weiter nach N wandernd, erreicht man leicht die Ognä, die Kampierstellen an ihrem Ufer und den Pfad von Pagherola nach Passo Scagnello, Rifugio Albani und weiter nach Vilminore.

Vom Pfad hat man nach rückwärts ein schönes Panorama der Nordwand der Cresta di Valzurio, in der die Schichtung des Carniens gleich auffällt. Auch das kleine Stückchen intensiv gefalteten autochthonen unteren Carniens von Punkt 1737 ist von da schön zu beobachten.

Im N ist „la linea della Ferrante“ (der Ausbiss der Presolanaüberschiebungsfläche an der Südseite des Monte Ferrante) sehr auffallend.

Dem Pfad folgend trifft man nacheinander auf autochthonen unteren Carnien und ein Stück oberen Carniens gleich unterhalb der Ognäüberschiebung. Der Ausbiss der Ueberschiebungsfläche, die sich durch rötliche dichte tektonische Breccien kennzeichnet, ist von Punkt 1934 sehr schön nach S und W wahrzunehmen.

Der Passo Scagnello liegt gleich neben der Ueberschiebungsfläche der Presolanadecke. Auch hier sind Autochthon und Decke leicht zu trennen. Die Sedimente des unteren Ladinien, deren grüne Sandsteine in merkwürdigem Gegensatz stehen zu den blauen Kalken, bilden eine dunkle Kappe auf den weissen Kalken des Carniens.

Hat man Zeit drie Tage in unserem Gebiete zu verweilen, dann kann man den zweiten Tag von Valzurio nach der Hütte gehen oder umgekehrt. Man hat dann Gelegenheit lo Zuccone zu besuchen mit seiner merkwürdigen Folge der carnischen Stufen und die Barytbergwerke zu besichtigen. Die Arbeiter sind sehr freundlich und gerne bereit Besuchern die Gruben zu zeigen.

Vom Lager aus ist es möglich in einem Tag den Fesso di Rigada, dessen Umgebung jedoch sehr schlecht aufgeschlossen ist, die Cima di Timogno und den Monte Vodala, wo man das Anisien studieren kann, zu besuchen, oder auch den Monte Ferrante und die Cima Verde:

Ladinien, Carnien und die Presolanadecke. Es ist möglich mit dem letzten Ausflug einen Besuch an die Baryt und lo Zuccone zu verbinden.

Nur die Sennhütten sind durch Pfade verbunden. Ueberall anderswo ist das Terrain leicht zu begehen, mit Ausnahme der Abhänge unter der Ferrante.

Den folgenden Tag kann man über verschiedene Wege zur Baita alta Fontana Mora gelangen. Eine schöne Tur ist auch die Wanderung von Valzurio nach Muschelo und von da zur Baite bassa und alta Rigada. Im Bach nördlich von bassa Rigada ist die Ognäüberschiebung im Streichen und Fallen der unteren Carnienschichten zu beobachten.

Beim Weg von alta Rigada über den Passo degli Omini nach alta Fontana Mora trifft man zwei Mal auf den Ausstrich der Presolanadecke mit seinen rötlichen tektonischen Breccien und man bekommt ausserdem einen klaren Eindruck vom Anisien und Carnien.

Vom Rifugio Albani und dem Passo Scagnello den Ausbiss der Ognäüberschiebung folgend, erreicht man alta Verzuda und hat von dort eine schöne Aussicht auf den Ausbiss der Ueberschiebung. Nördlich von Zuccone ist gut zu beobachten wie die autochthonen Kalke unter die überschobenen wegschiessen.

Von hier nach alta Fontana Mora gibt es verschiedene Wege: der Passo degli Omini oder der Pass 2104. Die Tur vom Passo Scagnello über den Grat der Ferrante und der Vigna Vaga nach dem Pass der Valle Conchetta ist, obwohl geologisch interessant, ungeübten Bergsteigern nicht zu empfehlen.

Im Becken von alta Fontana Mora sind die umgebenden Abhänge wundervoll aufgeschlossen. Im E (Fig. 16) liegt der weisse Esinosteinklumpen der Vigna Vaga, im S aufgelagert von stellenweise gefaltetem sanft nach S abfallendem gut geschichtetem unterem Carnien. Diese Formation wird weiter nach S von einer scharfen horizontalen besonders gut erkennbaren Linie — dem Ausbiss der Ueberschiebungsfläche der Presolanadecke — begrenzt. Ueber dieser Linie liegt der dunkle überschobene untere Muschelkalk.

Im SE liegt die merkwürdige Klippe 2200, deren Spitze von grassbewachsenem überschobenem Anisien aufgebaut wird, das in scharfen Gegensatz ist zu den schroffen weissen Carnienabhängen darunter.

Im Pass 2104 liegt unteres Carnien. Westlich davon in den Abhängen der Spitze 2190 ist die tektonische Diskordanz von Carnien und Anisien sehr gut zu beobachten: Carnien und Anisien besitzen ganz verschiedenes Fallen und Streichen.

Im Timogno—Collinograt ist das Anisien intensiv gefaltet und unter dem Timogno sogar in sichselbst überschoben worden. Auch hier ist die Ueberschiebungsfläche deutlich wahrzunehmen.

Man beachte hier noch die Dolinen und Regenteiche in den carnischen Kalken. Einige Meter nördlich von alta Fontana Mora befindet sich gerade über der unteren Grenze des Carniens die einzige wichtige Fossilienfundstelle dieses Gebietes, wo in den grauen Kalken auf wenigen Quadratmetern die grossen Gastropoden dicht aufeinander liegen.

Der Pfad nach bassa Fontana Mora führt ganz durch den Esino, dessen Grenze mit dem davon sehr verschiedenen unteren Ladinien einige

100 m südlich der Baita gut aufgeschlossen ist. Die Schichten fallen hier fast senkrecht nach S ein.

Es gibt nordöstlich der Baita noch eine ganz gute Lagerstelle.

Der Pfad führt weiter nach N ganz durch das untere Ladinien, dessen Grenze gegen das Anisien nicht deutlich zu beobachten ist.

Von Cassinelli führt eine breite Mulattiera durch die Valle di Sedornia in die Valle Seriana.

Es ist empfehlenswert diese Exkursionen im Juli oder August zu machen, da sonst die Gefahr gross ist, dass man wegen des Schnees nichts zu sehen bekommt.

## IX. LITERATURVERZEICHNIS.

1. ARTHABER, G. VON. Die alpine Trias des Mediterran-Gebietes. Frech's Mesozoikum, 2. Teil, Band I, 1908.
2. CACCIAMALI, G. B. Morfogenesi delle Prealpi Lombarde, Brescia 1930.
3. CAYEUX, L. Introduction à l'Etude pétrographique des Roches sédimentaires, Paris 1916.
4. — Les Roches Sédimentaires de France, Roches Carbonatées, Paris 1935.
5. COSIJN, J. De Geologie van de Valle di Olmo al Brembo, L. Geol. Med., II, 1928.
6. DOZY, J. J. Die Geologie der Catena Orobica zwischen Corno Stella und Pizzo del Diavolo di Tenda, L. Geol. Med. VI, 1935.
7. — Beitrag zur Tektonik der Bergamasker Alpen, L. Geol. Med. VII, 1935.
8. DOZY, J. J. und TIMMERMANS, P. D. Erläuterungen zur geologischen Karte der Zentralen Bergamasker Alpen, L. Geol. Med. VII, 1935.
9. DEECKE, W. Beiträge zur Kenntnise der Raiblerschichten der Lombardischen Alpen, N. Jahrb. Min. Geol. Pal. III, Beilage-Band.
10. DIENER, C. Leitfossilien der Trias, Berlin 1925.
11. GRUBENMANN, U. und NIGGLI, P. Die Gesteinsmetamorphose I, Berlin 1924.
12. HAUG, E. Traité de Géologie II, Les Périodes géologiques 1, Paris 1908—1911.
13. HOFSTENGE, G. L. La Géologie de la Vallée du Brembo et de ses Affluents entre Lenna et San Pellegrino, L. Geol. Med. IV, 1931.
14. HOLMES, A. Petrographic Methods and Calculations, London 1920.
15. JONG, W. J. Zur Geologie der Bergamasker Alpen, nördlich des Val Stabina, L. Geol. Med. III, 1928.
16. KITTL, E. Die Gastropoden der Esinokalke, nebst einer Revision der Gastropoden der Marmolatakalke, Ann. K. K. Hofmuseums XIV, 1899.
17. KLOMPÉ, TH. H. F. Die Geologie des Val Mora und des Val Brembo di Mezzoldo, Diss. Leiden 1929.
18. MAHLER, O. Ueber das chemische Verhalten von Dolomit und Kalkspat, In. Diss. Freiburg i. Br. 1906.
19. MARIANI, E. Appunti geologici e paleontologici sui Dintorni di Schilpario e sul Gruppo della Presolana, Rend. R. Ist. Lomb. Serie II, vol. XXXII, 1899.
20. — Nuove Osservazioni geologici e paleontologici sul Gruppo della Presolana e sulla Cima di Camino, Rend. R. Ist. Lomb. Vol. XXXIII, 1900.
21. PORRO, C. Alpi Bergamasche, Carta geologica, rilevata dal 1895 al 1901, 1: 100.000. Note illustrative della Carta geologica, Milano 1903.
22. SACCO, F. Il Glacialismo Lombardo, l'Universo XVII, 1936.
23. SALOMON, W. Die Adamellogruppe, Abh. K. K. R. Anst. Wien, 1908, 1910.
24. SPANGENBERG, K. Die künstliche Darstellung des Dolomits, Zschr. Kryst., Bnd. LII, 1913.
25. STAUB, R. Der Bau der Alpen, Bern 1924.
26. TACCONI, A. Alcune Notizie geologiche sul Gruppo della Presolana, Rend. R. Ist. Lomb. Serie II, vol. XXXII, 1899.
27. TARAMELLI, T. Carta Geologica della Lombardia, 1: 200.000, Milano 1890.
28. TRUEMPY, E. Geologie der Grignagruppe, Ecl. Geol. Helv. vol. 23, 2, 1930.
29. VARISCO, A. Carta Geologica delle Prov. di Bergamo, Bergamo 1881.
30. WEBER, F. Geologie, in Poststrassen im Südtessin, Eidg. Postverw. 1936.
31. WEEDA, J. La Géologie de la Vallée supérieure du Serio, L. Geol. Med. VIII, 1936.