

Tektonische Übersicht

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **23 (1930)**

Heft 2

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die höchste Erhebung des Grignagebietes ist die Grigna settentrionale (2410 m), welche das ganze Gebiet beherrscht. Sie steht ungefähr in der Mitte eines Grates, der nordost-südwestlich verläuft und an dessen Enden der Pizzo della Pieve im Osten und der Sasso Cavallo im Westen liegen. Parallel zu diesem Grate verläuft weiter nördlich die Kette des Mt. Croce, vom Pizzo Cainallo (Cima dei Cic) zum Cima di Palagia. Senkrecht dazu streicht die Kette des Pizzo della Pieve und Cima di Pallone, durch die Val Molinera unterbrochen, zum Pizzo Cainallo und, der Val-sassina parallel, über die Pizzi di Parlasco (Sasso Mattolino) zum San Defendente, von dem aus ein Grat sich allmählich gegen Bellano hin senkt. In derselben Richtung verläuft ein Grat von der Grigna settentrionale zum Mt. Croce gegen Esino inferiore hin und ebenfalls vom Cima di Palagia zum Mt. Fop gegen Varenna.

Von der Grigna settentrionale führt direkt gegen Süden ein schmaler Grat über den Scudo und den Buco di Grigna zur pyramidenförmig aufgebauten Grigna meridionale (2184 m), die nach allen Seiten gleich schroff und steil abfällt und nur gegen Westen einen kurzen Grat entsendet, der im Zucco di Pertusio endigt.

Ganz im Süden erhebt sich der Coltignone, der gegen die Grigna meridionale hin flach abfällt und das „Pendolina-, Plateau“ bildet, dagegen im Süden aus fast senkrechten Felswänden sich aufbaut, die gegen Lecco abfallen.

Die reichhaltige ladinische Fauna des Esinokalkes und -dolomites, welche das ganze Gebiet berühmt machten, beschränkt sich in der Hauptsache auf die Umgebung von Esino, insbesondere auf die Bergmassen des Mt. Croce und der Cima dei Cic.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das ganze Gebiet durch die mächtigen Massen ladinischer Riffgesteine charakterisiert ist, welche die z. T. recht wilden und schroffen Erhebungen aufbauen, durch die jungen, tiefeingeschnittenen schluchtartigen Täler und letzten Endes auch durch den Gegensatz zu den anstossenden Regionen, welcher durch die Verschiedenartigkeit der Gesteine und z. T. auch der Tektonik bedingt ist. Im Nordosten liegen kristalline Gesteine, im Osten Hauptdolomit, im Süden Raiblerschichten und im Westen Hauptdolomit, Raibler und Rhät (Alta Brianza und Galbiga).

Tektonische Übersicht.

1. Historisches.

Die ersten drei Profile durch Teile der Grignagruppe stammen von A. ESCHER v. D. LINTH (41, Taf. X, Fig. 22, Profil XIV und XV). Zwei Profile sind durch die Gegend von Esino gelegt und sollen die Lagerung des „Muschelkalkes“ (Raiblerschichten mit *Gervillia bipartita* MER.) und des Esinokalkes darstellen. ESCHER beobachtete ganz richtig als Erster die Verwerfung, welche vom Kirhhügel bei

Esino gegen den San Defendente und ein Stück weit in die Valsassina zieht, brachte aber damit unrichtigerweise die Schichten der *Daonella Moussoni* MER. mit den Raiblerschichten in stratigraphischen Zusammenhang (t_2 im Profil XIV) und kam dadurch zur Anschauung, dass der „Muschelkalk“ (Raibler!) gegen den Dolomit hinaufgerückt sei. Es ist dies um so merkwürdiger, da ESCHER die normale Auflagerung der Raiblerschichten auf Esinokalk bei al busso und bei den prati d'agueglio selbst gesehen haben muss, wo nicht die geringste Spur einer tektonischen Störung vorhanden ist.

ESCHER war weiterhin der Erste, welcher Überschiebungen im Grignagebiet erkannt hat; er stellte fest, dass bei der Alpe di Era in der Val Meria (Profil XV) Esinodolomit unter Muschelkalk auftritt und erklärt diese Erscheinung folgendermassen: „... so ist es wohl nicht zu gewagt, diesen Dolomit (gemeint ist der zur mittleren Grignaschuppe gehörende Esinodolomit) dem des Mt. Croce und Moncodino beizuzählen und seine jetzige Lagerung unter dem Muschelkalk als Folge einer Überschiebung oder Überkipfung zu betrachten.“

1876 gibt BENECKE in seiner ersten Publikation über Esino (10, Tafel 21) ein kleines Profil wieder von Parlasco nach Esino inferiore, welches die normale Lagerung der Schichten in der Valsassina und die Überlagerung der Raiblerschichten auf „Wettersteinkalk“ (Esinokalk) darstellt und andeutet, dass gegen Süden die Raiblerschichten auf dem Kalk des Mt. Croce liegen.

Eine erste umfassende Darstellung des ganzen Grignagebietes stammt von BENECKE aus dem Jahre 1884 (11). BENECKE teilt die Bergmassen zwischen Lecco und Bellano in zwei Schollen ein, eine nördliche mit der Grigna sett., und in eine südliche mit der Grigna merid. als Hauptgipfel. Die Überschiebungslinie lässt er im Westen in der unteren Val Meria in ostwestlicher Richtung beginnen. Gegen die Alpe di Era hinauf soll dann die Überschiebung an einer Verwerfung absetzen und im Sattel zwischen Grigna sett. und Grigna merid. weiter gegen Osten hin bis ins Becken von Pasturo gehen.

Der Bruch zwischen Perm und Esinodolomit südlich Introbio wurde richtig erkannt (schon von GÜMBEL [45] erwähnt), ebenfalls derjenige zwischen Raiblerschichten und Esinokalk direkt im Westen von Ballabio (dieser letztere Bruch wurde in allen folgenden Arbeiten nicht berücksichtigt und auch nicht kartiert, obschon er eine für die Tektonik sehr wichtige Erscheinung darstellt).

Den Mt. Melma östlich von Lecco fasste BENECKE als Hauptdolomit auf, der an einer Verwerfung längs einer Linie Lecco-Ballabio an den Esinokalk des Coltignone grenze.

Die Tektonik des ganzen Gebietes in den Hauptzügen richtig zu deuten gelang erst PHILIPPI im Jahre 1896. Er erkannte den

Verlauf der nördlichen Überschiebung von Lierna an unter der Tagliata durch zur Alpe di Era und zum Bucco di Grigna hinauf; von hier an ostwärts betrachtete er die Überschiebung als teilweise übergreifend auf die rechte Talseite des Val dei Grassi Longhi. PHILIPPI wies als Erster nach, dass zwischen den Esinodolomitmassen der Grigna meridionale und dem Esinokalk des Coltignone eine zweite südlichere Überschiebung vorhanden ist, die oberhalb Mandello beginnt und ostwärts über das Pendolina-Plateau gegen Balisio hinunter verläuft. Er stellte ferner eine dritte südlichste Überschiebungslinie fest, die von Lecco an über Laorca und südlich unter dem Mt. Melma gegen den Resegone hinaufzieht.

Die Verdoppelung des Calimerokalkes oberhalb Pasturo erklärte er als Grabenversenkung; die Wengenerschichten liess er ob der cp. vecchia an einem Bruch aufhören. Der Bruch zwischen Esinodolomit und Raibler-Plattenkalken am Manavello hat er z. T. richtig beobachtet, ebenso die Stellung der abgesunkenen Massen des Zucco della rocca.

Neben der Längsfaltung, welche die drei Grignaüberschiebungen verursacht hat, nahm PHILIPPI in der Richtung West-Ost noch eine Quersfaltung an, welche das flache Abfallen der Schichten gegen den Comersee hin und den z. T. steilen Absturz gegen Osten bedingt haben soll.

An den tektonischen Anschauungen PHILIPPI'S wurde bis zu meinen Untersuchungen nichts mehr geändert. TARAMELLI gab in seinem Werke „I tre laghi“ eine tektonische Skizze des Comerseegebietes, ohne dabei neue tektonische Elemente gefunden zu haben.

2. Gesamteinteilung.

Die Dinariden, soweit sie unmittelbar an die Alpen anschliessen, werden von R. STAUB in folgende Zonen gegliedert (107, p. 654):

- I. Zone der Euganeen.
- II. Venezianische Zone.
- III. Lombardische Einheit.
- IV. Norddinarische Schuppen.
- V. Insubrische Antiklinale.
- VI. Karnische Kette.

Die Zone der Euganeen und die venezianische Zone treten nur östlich des Gardasees auf. Am Aufbau der bergamaskischen Alpen beteiligen sich hauptsächlich die lombardische Zone aussen und die norddinarischen Schuppen alpineinwärts, die auf der insubrischen („orobischen“, „bergamaskischen“) Antiklinale liegen, welche eng mit den orobischen Mulden zusammenhängt. Nach R. STAUB sind die orobischen Mulden eine westliche Fortsetzung des karnischen Drauzuges.

Die lombardische Einheit verhält sich zu den norddinarischen Schuppen wie Gewölbe zu Mulde (107, p. 656). Die Grenze zwischen diesen beiden tektonischen Elementen zieht R. STAUB vom Iseo-see zum Südrand der Alta Brianza, im speziellen folgt sie direkt südlich der Grignagruppe der grossen Überschiebung, welche PHILIPPI (85) von Morterone an über den passo della Passata südlich des Resegone bis zum Mt. Melma im Becken von Lecco feststellte. Das Gebiet der Grigna selbst ist aus Schuppen aufgebaut, die alle zu den norddinarischen Elementen gehören und tektonisch wie faziell den Alpen am nächsten stehen.

3. Lokalgliederung.

Es lassen sich in der Grignagruppe folgende Schuppen unterscheiden:

Schuppe der Grigna settentrionale im Norden	= Nordschuppe (1)
Zwischenstück der Costa Riale	= Rialeschuppe (1a)
Schuppe der Grigna meridionale	= Mittlere Schuppe (2)
Hauptdolomitschuppe des Resegone	= Resegoneschuppe (2a)
Schuppe des Coltignone	= Südschuppe (3)

Südlich daran anschliessend, ausserhalb des Grignagebietes, folgt: Verkehrt liegende Schichtfolge am Alpensüdrand zwischen Lecco und Villa d'Adda (4).

Zwischen 1 und 1a oder 2 liegt die Überschiebungsfläche I (Überschiebungsfläche der Nordschuppe).

Zwischen 1a und 2 liegt die Überschiebungsfläche Ia (Überschiebungsfläche der Rialeschuppe).

Zwischen 2 und 2a liegt die Überschiebungsfläche IIa (Überschiebungsfläche der Resegoneschuppe).

Zwischen 2 und 3 liegt die Überschiebungsfläche II (Überschiebungsfläche der mittleren Schuppe).

Zwischen 3 und 4 liegt die Überschiebungsfläche III (Überschiebungsfläche der südlichen Schuppe, identisch mit der Trennungslinie zwischen norddinarischen Schuppen und lombardischer Einheit).

Neu bei dieser Einteilung ist die Abtrennung der Rialeschuppe, deren Elemente PHILIPPI als normal der Mittelschuppe angehörend betrachtete; ferner wird der Resegoneschuppe eine gesonderte Stellung eingeräumt.

Am Aufbau der Schuppen 1, 1a, 2, 3 beteiligt sich in der Hauptsache Ladinien, im Gegensatz zur Resegoneschuppe, die fast nur aus Hauptdolomit besteht. Als Gleithorizont diente bei 1, 2, 3 der obere Buntsandstein, der an den Überschiebungsflächen stellenweise erhalten blieb; bei 1a und 2a wirkten die Raiblerschichten als Schmiermittel.

4. Lage der Überschiebungsflächen.

Die Überschiebungsfläche der N-Schuppe (I) tritt zwischen Lierna und Val dell' acqua fredda zutage (s. Tafel XI, Fig. 5). Oberhalb Sornico fällt sie flach mit $10-15^{\circ}$ gegen NE ein, um dann plötzlich gegen die Tagliata hinauf steil gegen Süden anzusteigen. Von der Tagliata an gegen Osten liegt sie wieder flacher und zeigt NW-SE-Streichen mit durchschnittlich $30-40^{\circ}$ N-Einfallen. Sie schneidet den Esinodolomit der Grigna meridionale unter einem Winkel von 20° diskordant ab. Vom Val dell' acqua fredda gegen Pasturo lässt sich die nördliche Überschiebung nicht mehr feststellen, muss aber zwischen Unteranisien der Nordschuppe und Esinodolomit der mittleren Schuppe liegen (s. Karte) und steht wahrscheinlich mit dem Bruche in Verbindung, der von der Ponte chiuso an nach Averara zieht.

Die Überschiebungsfläche der Rialeschuppe (Ia) trennt sich kurz unterhalb des Scudo von derjenigen der Nordschuppe ab und stellt bis zum Ausgang des Val dell' acqua fredda eine steil nach Norden einfallende Bruchfläche dar, die in einer späteren Phase durch tangentialen Druck noch verschoben wurde (Tafel XI, Fig. 3 u. 4); Tafel XII, Fig. 16). Weiter gegen Westen liegt die Überschiebungsebene flacher und weist $20-40^{\circ}$ Nordeinfallen und nordost-südwestliches Streichen auf. Die Riale-Überschiebung vereinigt sich mit der nördlichen Überschiebung südlich Pasturo (s. Karte).

Südlich der Grigna merid. zieht die Überschiebung zwischen der mittleren und südlichen Schuppe durch (Tafel XI, Fig. 2-6, Tafel XII, Fig. 12 u. 17). Zwischen Maggiana und Balisio fällt die W-E streichende Überschiebungsfläche mit 20° gegen Norden ein und bildet mit den Schichten der Coltignoneschuppe einen Winkel von $5-10^{\circ}$. Von Balisio an ostwärts setzt sie sich an einer steil N-fallenden Bruchfläche fort (Tafel XI, Fig. 2) und steht in Verbindung mit der Überschiebungslinie, welche PORRO (94) von Maggio an gegen N westlich unter der Corna grande durch zeichnet. PORRO (93) nahm an, dass die Raiblerschichten zwischen Balisio und Maggio normal unter dem Hauptdolomit der Resegoneschuppe lägen (PORRO's Profil c). Die Raibler des Beckens von Barzio gehören aber tektonisch zum Esinodolomit der Ponte chiuso, zu Schuppe 2, und nicht zum Resegone-Hauptdolomit. Sie fallen nicht gegen Süden, sondern steil gegen Norden ein.

Die Resegone-Überschiebung (IIa) fällt mit der Überschiebung II zwischen Val del Geron und Corna grande zusammen. Vom Val del Geron an bis zum Passo della Passata hinauf ist die Resegoneschuppe gegenüber der mittleren und südlichen Grignaschuppe abgesunken (Esinokalk des Mt. Erna = Esinokalk des Mt. Melma und des Coltignone, Raiblerschichten von Ballabio und Torrente Grigna = Raiblerschichten des Pendolina-Plateaus, Haupt-

dolomit des Resegone = Hauptdolomit der Corni di Nibbio, s. Tafel XII, Fig. 18—20). Oberhalb Ballabio sup. beträgt die Sprunghöhe ca. 200 m und im südlich gelegenen Torrente Grigna nahezu 1000 m. Die Bruchfläche fällt steil mit 60—80° gegen Osten ein, während das Axialgefälle in der Südschuppe von Val Calolden an ostwärts 35—40° beträgt. Dadurch erscheint das Absinken der Resegoneschuppe zum Teil flexurartig. Oberhalb Ballabio sup. zeigt der Hauptdolomit Staffelbrüche, die ein treppenförmiges Abfallen bedingen (s. Karte). Längs der Bruchfläche wurde der Hauptdolomit tangential nach Süden verschoben und benützte dabei die Raiblerschichten als Gleithorizont, weshalb diese vom Torrente Grigna an südwärts nur noch als schmales, ganz ausgedünntes Band vorhanden sind. Diese Linie IIa, welche vom Val del Geron zum Zucco Campeï hinauf zieht und weiter gegen Süden unter den Corni di Nibbio nach Ballabio inf. in den Torrente Grigna und zum Passo della Passata geht, wurde bis jetzt nicht als Überschiebung angesehen.

Die Überschiebung III fällt mit 10° gegen Norden ein und zieht sich vom Südfuss des Coltignone und Mt. Melma (Überschiebungskontakt von Anisien der Schuppe 3 mit Raiblersandsteinen der lombardischen Einheit 4) zum Passo della Passata hinauf.

5. Fortsetzung der Überschiebungen und Schuppen nach Osten.

CACCIAMALI (23, 24) hat als erster versucht, tektonische Parallelisationen in den lombardischen Alpen zu ziehen, z. B. auch zwischen West- und Ostufer des Comersees. Es ist dies eine sehr schwierige, im Detail wohl unmöglich zu lösende Aufgabe. Der folgende Satz PHILIPPI's (83, p. 1668) muss heute noch bestätigt werden: „Die Sedimentgebirge der Lombardei stellen nicht einen einheitlich gebauten Wall dar, sondern sie bestehen, um beim Bilde zu bleiben, aus einzelnen Bastionen, deren jede nach einem anderen Bauplan aufgeführt ist.“ Merkwürdig ist es z. B., wenn CACCIAMALI (26, p. 1) behauptet: „Nell' alta Brianza ecco l'anticlinale M. S. Primo-Magreglio, messa a giorno per avvenuta abrasione della coltre; più oltre l'anticlinale è nascosta dapprima sotto le Grigne e poi sotto Sodadura ed Aralalta.“ Es ist meiner Ansicht nach ausgeschlossen, dass irgend ein tektonisches Element unter der Grignagruppe durchziehen könnte.

Die Überschiebungen I, Ia, II, IIa vereinigen sich alle schliesslich in dem Bruche, welcher von der Ponte chiuso nach Averara verläuft. Damit verschwinden gegen Osten die Schuppen 1, 1a, 2 und 3; in der Val Brembana liegen nach der Karte von PORRO (94) Raiblerschichten und Esinokalk normal unter Hauptdolomit und sind nicht geschuppt, was einen Beweis abgibt dafür, dass sich kleinere tektonische Elemente in den lombardischen Alpen nicht auf weite Strecken hin parallelisieren lassen.

Die Überschiebung III wurde von PHILIPPI (85) bis Morterone festgestellt. Nach der Karte von PORRO geht sie bis ungefähr zum Mt. Aralalta, weiter östlich liegen Rhät und Lias normal auf Hauptdolomit. Es bleibt die Frage offen, wo dann die eigentliche Trennung zwischen norddinarischen Schuppen und lombardischer Einheit weiterhin durchgehen soll.

Die wichtigste Erscheinung ist die, dass östlich der Grignagruppe das anschliessende Gebiet ausschliesslich von der in der Hauptsache aus Hauptdolomit bestehenden Resegoneschuppe aufgebaut wird, welche dort die Grignaschuppen teils überfahren und teils tangiert hat.

6. Fortsetzung der Überschiebungen und Schuppen nach Westen.

Die tektonischen Elemente der Grigna setzen sich auch gegen Westen nicht fort. Es herrscht ein auffallender Gegensatz zwischen dem Aufbau des östlichen und westlichen Comerseeufers (Linie San Abbondio–Menaggio–Bellaggio–Lecco), welchen Umstand verschiedene Forscher hervorgehoben haben (u. a. BENECKE, PHILIPPI, BECKER, RASSMUS). Allgemein nahm man einen unbeobachtbaren Bruch an, der ungefähr in der Mitte des Seebeckens von Lecco verlaufen sollte. Es ist mir nun gelungen, Elemente des Westufers auch am Ostufer zu entdecken, indem ich das norische Alter des Dolomites von Borbino nachweisen konnte. Es zeigte sich dadurch, dass der ursprünglich zur Südschuppe gehörende Hauptdolomit des Resegone nicht nur im Osten der Coltignoneschuppe abgesunken ist (s. Karte und Profile, Tafel XII, Fig. 18 u. 19), sondern auch im Westen, und zwar auf ganz analoge Weise. Daraus ergibt sich, dass der Hauptdolomit der Corni di Canzo und derjenige von Bellaggio und Menaggio derselbe ist wie der des Resegone.

Das Westufer des Comersees von San Abbondio bis Menaggio und Argegno ist einfach gebaut. Die Schichten fallen zuerst ziemlich steil, dann südlich von Menaggio allmählich flacher nach Süden ein und bilden vor Argegno ein kleines Gewölbe, welches die mächtigen Liasmassen der Alta Brianza und des Mt. Generoso trägt. Von Bellaggio bis Lecco dagegen herrscht Falten tektonik. Kompliziert gebaute Schuppen treten erst am Südrand der Alta Brianza auf. Die Tektonik des Westufers zeigt sich dadurch als grundverschieden von derjenigen der Grigna. Einzig die Abschnitte Bellano–Varenna östlich und San Abbondio–Madonna della pace westlich lassen sich ihrem Aufbau und ihrer Zusammensetzung nach parallelisieren. Die Schichten, Werfenien, Anisien und Ladinien, auf beiden Seeseiten vorhanden, fallen analog nach Süden ein. Es stimmen damit Elemente der Nordschuppe mit solchen des Westufers überein. Da nun der Hauptdolomit bei Menaggio derselbe ist wie der des Resegone, so folgt daraus, dass in der normalen

S-fallenden Schichtreihe zwischen San Abbondio und Argegno die Grignaschuppen gar nicht vorhanden sind; denn es liegen dort eben nachweislich Stufen ungestört übereinander, welche in der Grigna einenteils in der Nordschuppe und andernteils erst in der Südschuppe auftreten. Die Überschiebungslinien I und II setzen sich somit nicht nach Westen fort. Gleiche Bedeutung wie die Linie IIa besitzt der Bruch, welcher den Hauptdolomit von Borbino vom Esinokalk des Coltignone trennt, aber dieser Bruch hat am westlichen Ufer auch kein Äquivalent. Einzig die Überschiebung III lässt sich weiter nach Westen verfolgen. Nach RASSMUS (96, p. 94) geht sie über Canzo nach Como und ist gekennzeichnet durch Überschiebung von Mittel- und Unterlias auf flyschartige Kreide.

7. Aufbau der Schuppen.

a) Nordschuppe. Die Nordschuppe bildet eine Synklinale, deren Axe in nordwest-südöstlicher Richtung von Olivedo über Perledo und Esino nach der Alpe di Cainallo und zur Grigna setentrionale hinaufzieht. Das Axialgefälle von Südosten gegen Nordwesten beträgt durchschnittlich 10—20°. Denkt man sich dieses axiale Abfallen über den Comersee hin fortgesetzt, so müsste man auf dem westlichen Ufer bei Menaggio auf jüngere Gesteine treffen, als in der Grigna vorhanden sind, und in der Tat ist dort die untere und mittlere Trias auf ein Minimum beschränkt und zudem gegenüber dem orobischen Kristallin um einige 100 m abgesunken. Es ist auch anzunehmen, dass die synklinale Verbiegung der Nordschuppe mit ihrem nach Westen gerichteten Axialgefälle auf ein sekundäres Einsinken gegen Westen zurückzuführen ist, welches erst deutlich am Westufer beim Sasso Rancio in Erscheinung tritt.

Ein analoges Absinken der Nordschuppe findet sich auch am Osthang der Grigna sett., ist aber hier gegen Osten gerichtet. Das Axialgefälle beträgt dort 5—10° und ist wahrscheinlich durch den Bruch bedingt, welcher von der Ponte chiuso nach Averara zieht und eine Sprunghöhe von einigen 100 m besitzt.

b) Rialeschuppe. Die Rialeschuppe ist als ein Klemmpaket zwischen der nördlichen und mittleren Schuppe entwickelt. Sie war besonders grosser tektonischer Beanspruchung ausgesetzt und zeigt deshalb im Detail einen sehr komplizierten Bau.

c) Mittlere Schuppe. Die mittlere Schuppe hat keilförmigen Bau. Sie ist am breitesten in der Richtung Zucco Pertusio-Zucco di Miseola und verschmälert sich rasch gegen Osten, wo im Val del Geron (Tafel XI, Fig. 3 u. 4) nur noch ein kleiner Relikt vorhanden ist. Vorherrschend ist die Streichrichtung E-W. Das Axialgefälle beträgt von der Grigna merid. westwärts 20° und ostwärts 10°.

d) Resegoneschuppe. Die Resegoneschuppe beteiligt sich am Aufbau der Grignagruppe nur unwesentlich. Sie bildet zwischen

Passo della Passata und Maggio ein flaches Gewölbe, dessen Scheitel ungefähr über dem Valle Boazzo liegt (Tafel XI, Fig. 1).

e) Coltignoneschuppe. Die Coltignoneschuppe bildet eine flach $10\text{--}15^\circ$ nach Norden einfallende starre, ungefaltete Platte. Die Streichrichtungen verlaufen ungefähr senkrecht zu denjenigen der Nordschuppe, nämlich NE–SW. Vom Val Calolden an ostwärts ist die Schuppe flexurartig verbogen und grenzt schliesslich an der schon erwähnten Bruchfläche an die Resegoneschuppe (Tafel XII, Fig. 18 u. 19). Vom Val Calolden bis zum Comersee lässt sich ein nach Westen gerichtetes Axialgefälle von $20\text{--}30^\circ$ feststellen. Verlängert man die Richtung dieses Axialfallens über den Lago di Lecco, so kann es einen nicht wundern, dass am westlichen Ufer nicht Ladinien, sondern Hauptdolomit ansteht, zumal dieser schon bei Borbino auf Grignagebiet infolge einer vertikalen Verschiebung (Bruch) bei Borbino auftritt (Tafel XII, Fig. 18 u. 19).

8. Schubrichtungen.

Die synklinal verbogene Nordschuppe zeigt vorwiegend NW–SE laufende Streichrichtungen. Offenbar wurde sie in der Richtung NE–SW auf die Schuppen 1a und 2 überschoben. Die Heteropien innerhalb der Schuppe geben keine Anhaltspunkte für die Feststellung der Schubrichtung; denn in der südalpinen Trias vollziehen sich die Faziesänderungen nicht wie z. B. im Helvetischen, wo sie in bestimmter Richtung als Ausdruck der primären Ablagerungsverhältnisse auftreten, sondern sie verlaufen „regellos“, am häufigsten von W nach E, welche Erscheinung schon FRAUENFELDER (43) deutlich hervorgehoben hat.

Die Streichrichtungen der mittleren Schuppe weisen darauf hin, dass hier der Schub mehr in der Richtung N–S wirkte, während die südliche Schuppe auf einen NW–SE gerichteten Schub schliessen lässt.

Wahrscheinlich sind die Grignaschuppen eher auf Unter- als Überschiebungen zurückzuführen, wobei mehr die Gestaltung des nördlich vor den Dinariden liegenden Gebietes die Anlage der tektonischen Elemente bedingte als der effektiv nach Süden abweichende Druck. So ist es z. B. möglich, dass der im NE der Grignagruppe liegende Dioritstock von Cortabbio stauend wirkte und so die Schuppenstruktur verursachte, ähnlich wie im Osten in grösserem Masstabe das Massiv des Adamello z. T. Anlass gab zur Bildung der Judicarienlinie.

Die Streichrichtungen der drei Hauptschuppen (1, 2, 3) lassen den Schluss zu, dass die Schubrichtung nicht einheitlich war. Man kann die Anlage der Schuppen als aus einer Drehbewegung hervorgegangen auffassen, die durch differenzierte Verteilung des ursprüng-

lich N-S gerichteten Schubes entstand, indem sich innerhalb der einer Faltung sich widersetzenen starren Platte ladinischer Riffgesteine Spannungen ansammelten, die sich schliesslich in der Richtung des geringsten Widerstandes auslösten.

Die relative Bewegung der einzelnen Schuppen zueinander ist meist gering und übersteigt nirgends das Ausmass von 6—8 km.

9. Brüche.

Ebenso wichtig für die Gestaltung der lombardischen Alpen sind neben den Überschiebungen Brüche, die sich im allgemeinen in Längs- und Querbrüche gliedern lassen und Sprunghöhen zeigen, die auf kurzer Strecke rasch ändern können und im Maximum ca. 1000 m betragen. Besonders die Querbrüche haben viel zur Segmentierung des ganzen Gebietes beigetragen, im speziellen die Orientierung der Täler mitbedingt. Für die Grignagruppe sind besonders drei Brüche von Bedeutung:

I. Zwischen Balisio und Torrente Grigna ist der Hauptdolomit gegenüber der mittleren und südlichen Schuppe an einer 60—80° nach Osten einfallenden z. T. flexurartig ausgebildeten Fläche abgesunken.

II. Oberhalb Borbino ist der Hauptdolomit gegenüber dem Esinokalk der Coltignoneschuppe abgesunken. Der Kontakt der beiden Gesteine ist verdeckt. Die Bruchfläche wurde durch die 60—70° nach Westen abfallende Felswand gebildet, welche zwischen Valle di Rialba und dem obersten Teil des Val Monastero liegt und schon von weitem als auffallendes Felsband erscheint.

III. Der Bruch, welcher von der Ponte chiuso nach Averara verläuft und steil gegen Süden einfällt, greift nördlich Baiedo auf Grignagebiet über. Er lässt dort permische Konglomerate und Esinodolomit aneinandergrenzen und bedingte das östliche Einfallen der Schichten im Becken von Pasturo.

Der Verlauf der Brüche steht meist nicht in direktem Zusammenhang mit den einzelnen Schuppen. Die Brüche sind jedenfalls jünger (z. B. durchschneidet der Bruch, welcher sich von Balisio bis unter den Mt. Erna erstreckt, die tektonischen Elemente 3 und 4). Häufig wurden nachträglich die Bruchflächen noch zu horizontalen Verschiebungen benützt, so besonders in der Resegoneschuppe zwischen Balisio und Ballabio. Es lässt sich somit folgende Phasenfolge der tektonischen Bewegungen ableiten:

1. Als erste Phase der tektonischen Bewegungen muss in der Grignagruppe die Überschiebung der einzelnen Schuppen angesehen werden. Die starren, in der Hauptsache aus ladinischen Riffgesteinen bestehenden Massen wurden übereinandergeschoben, z. T. verbogen, ohne dass sie dabei merkbar zerbrachen.

2. In einer späteren Phase entstanden die verschiedenen Bruchsysteme, deren Anlage sich zum grössten Teil unabhängig von den bestehenden Überschiebungen vollzog. Die längs oder quer verlaufenden Brüche bedingten gegenseitige Verstellungen der Schuppen.

3. Als letzte Phase müssen horizontale Verschiebungen der durch die Verwerfungen getrennten Klötze angenommen werden, und zwar benutzten die bewegenden Kräfte hierbei die bestehenden Bruchlinien.

10. Gesamtcharakter der Grigna-Überschiebungen als Rückfaltungen.

Im Grignagebiet lässt sich die Südbewegung der Dinariden wohl am schönsten feststellen. Es treten hier im wesentlichen drei nach Norden einfallende klargegliederte Schuppen auf, die östlich und westlich nicht mehr vorhanden sind. Es handelt sich bei dieser Schuppung der ursprünglich mehr oder weniger einheitlichen dinarischen Tafel um Rückfaltungen, die durch die Stauung vor den alpinen Wurzelzonen entstanden sind, wobei in der Grignagruppe das dinarische Kristallin in die Faltung nicht direkt einbezogen wurde. Es ist aber anzunehmen, dass Brüche von der Grösse desjenigen im Torrente Grigna bis ins Kristallin hinunterreichen.

Die Intensität der Rückfaltung war in den Dinariden, im speziellen in den lombardischen Alpen, nicht überall gleich gross. Im allgemeinen nimmt sie von West nach Ost zu. Westlich des Comersees war sie am kleinsten, also gerade da, wo nördlich davon in den Alpen die grösste Kulmination im Längsprofil auftritt. S-gerichtete Überschiebungen grösseren Ausmasses kommen erst im Grignagebiet vor, allerdings sind es nicht Dislokationen von der Grösse der Deckenschübe in den Alpen.

Lokale Anzeichen für gesamte Nordbewegung der Dinariden sind in der Grignagruppe nicht vorhanden. Nach R. STAUB spricht für die ursprüngliche Nordbewegung der dinarischen Massen der gegen die Alpen vorstossende Bogen der Dinaridenkette im gesamten zwischen Langensee und Bacher.

11. Orobische Antiklinale und orobische Mulden. Frage der Abgrenzung von Dinariden und Alpen.

Die nördliche Grignaschuppe ist als Teil des Südschenkels der sogen. orobischen Antiklinale aufzufassen, welche PORRO (93) von der Valsassina ostwärts bis in die Gegend von Schilpario feststellte. Westlich des Comersees fehlt diese Antiklinale und ist erst wieder vom San Salvatore an vorhanden (insubrische Antiklinale).

Der Nordschenkel der orobischen Antiklinale (Perm und Buntsandstein) wird zwischen Taceno im Westen und Mt. Zerna im Osten von kristallinen Gesteinen überfahren und erst östlich des Mt. Zerna

bis zum Mt. Venerocolo sind eigentliche Mulden nördlich der Antiklinale zu treffen. Diese sogen. orobischen Mulden stellen nach R. STAUB die Fortsetzung des karnischen Drauzuges dar und bilden die Grenze zwischen Dinariden und Alpen, insbesondere zwischen dinarischem Kristallin und solchem der Wurzelzone der hochostalpinen Silvretta-Decke.

Direkt im Norden der Grignagruppe ist die Überschiebung* von Kristallin auf Perm, sowie sie von Taceno an ostwärts vorliegt und die alpin-dinarische Grenze darstellen soll, nicht mehr vorhanden. R. STAUB glaubt, dass sich diese im Norden der Grigna bis jetzt nicht festgestellte tektonische Linie im Triaszug von Dongo fortsetzt, welcher aber nicht direkt in der Verlängerung der östlichen Überschiebung liegt, sondern mehrere Kilometer weiter nördlich vorkommt und seinem Verlauf nach eher gegen den Triaszug von Dubino-Cercino hin tendiert als gegen die orobischen Mulden. Die eigentlichen orobischen Mulden sind am Westufer des Comersees nicht mehr vorhanden. Es scheint mir eher wahrscheinlich, dass die Überschiebung zwischen Mt. Zerna und Taceno sich am Westufer des Comersees nicht bei Dongo, sondern nördlich des Sasso Rancio fortsetzt, wo die Trias gegenüber dem Kristallin mehrere 100 m abgesunken ist.

Jedenfalls liegt keine scharfe Trennung zwischen Alpen und Dinariden im Norden der Grigna vor. Bekanntlich sind LUGEON, KOBER, JENNY u. a. der Ansicht, dass der Triaszug von Dubino-Cercino die alpin-dinarische Grenze darstellt und das südlicher gelegene „insubrische“ Kristallin zu den Dinariden gehört. In diesem Fall würde von Tirano an westwärts die Wurzel der Silvretta-Decke als vollständig ausgequetscht zu betrachten sein und die ganze breite Zone, welche R. STAUB auf seiner Alpenkarte der Silvretta-Wurzel zuteilt, wäre als kristalline Unterlage der Dinariden anzusehen.

Stratigraphie.

A. Kristalline Gesteine.

1. Historisches.

Die Verbreitung der kristallinen Gesteine links der Pioverna zwischen Bellano und Introbio ist schon auf der Karte von STOPPANI (1860, 110) im grossen und ganzen richtig angegeben. STOPPANI beschreibt die Gesteine nicht, sondern führt sie nur in der Legende an als „Roches cristallines stratifiées“ (Micaschiste, Taleschiste, Gneiss, Syenite usw.).