Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 28 (1948)

Heft: 1: Festschrift P. Niggli zu seinem 60. Geburtstag den 26. Juni 1948

Artikel: Aktuelle Fragen im alpinen Grundgebirge

Autor: Staub, R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-23052

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 14.07.2025

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

Aktuelle Fragen im alpinen Grundgebirge

Von *R. Staub,* Zürich-Fex

Wenn ich mich hier zur Skizzierung einiger Probleme aus dem gewaltigen Bereiche des alpinen Grundgebirges entschliesse, so geschieht dies zunächst gemäss einem mir seit meinen Studienjahren in der Schule ULRICH GRUBENMANNS selbstverständlich gewordenen Brauch, im besonderen aber auf Grund einer seither immer wieder geübten und stets wieder neu gepflegten Beschäftigung mit diesem Gegenstand im Verlaufe meiner weiteren Forschungsarbeit in den zentralen Alpen. Über 35 lange und schöne Jahre hinweg sich erstreckende Studien in den verschiedensten Teilen der Zentralalpen, vor allem aber meine eigentlichen Feldaufnahmen in ihrem in der Mitte der Kette gelegenen rätischen Abschnitt, lenkten ganz von selbst meine Aufmerksamkeit mehr und mehr von der als Grundlage jeder weiteren Erkenntnis ja unerlässlichen rein petrographischen Betrachtungsweise der alpinen Kristallingebiete zu den grossartigen allgemein geologischen Problemen derselben hin: zur Bemühung um die nähere Erkenntnis der Altersfolge dieser kristallinen Serien, zur Entwirrung des durchaus verschiedenaltrigen Baues derselben, zum Versuch der Rekonstruktion der ursprünglichen voralpinen Verbände innerhalb des alpinen Grundgebirges oder wiederum zum Studium der Rolle des so heterogenen kristallinen Unterbaues der alpinen Zone bei den alpinen Dislokationen. Studien über Alter und Art der Metamorphosen im alpinen Gesamtraum, über Alter und Wesen der alpinen Eruptivmassen, über die Vorgänge bei deren Intrusion und Erstarrung, über deren spätere Veränderungen, ihre jeweiligen Kontaktwirkungen und deren Alter gingen eigentlich ständig neben den rein petrographischen Untersuchungen einher und ergaben so eine mit der Zeit immer eindrucksvoller werdende Aufgliederung des ungeheuren Stoffes. Geologie und Petrographie verwoben sich hier einmal mehr zu einem einzigen unauflösbaren Ganzen, und kein wirklicher Fortschritt der Erkenntnis schien möglich, ja nicht einmal denkbar, ohne das stete Zusammengehen der beiden Disziplinen. Ohne Geologie keine petrographische Grund-

erkenntnis, ohne Petrographie kein gesicherter geologischer Fortschritt; diese alte Parole ULRICH GRUBENMANNS und ALBERT HEIMS gilt auch heute noch, nach noch so gewaltiger Differenzierung der beiden Wissenszweige, als eine unumstössliche Selbstverständlichkeit.

Eine auch nur einigermassen erschöpfende Betrachtung der geologischen Probleme im alpinen Grundgebirge müsste den an dieser Stelle gebotenen Rahmen weit aufsprengen. Es können daher hier nur einige wenige Probleme desselben herausgegriffen werden, deren Behandlung gleichfalls nur Fragment und Skizze bleiben muss. Fragment und Skizze, die vorderhand zu weiterem Forschen anregen sollen, in nächster Zeit aber einmal näher ausgebaut werden möchten.

Abgrenzung des alpinen Grundgebirgsbegriffes

Was ist eigentlich als alpines Grundgebirge zu betrachten?

Ostalpen, Schweizeralpen und Westalpen ergaben hier aus ihren Schichtverbänden zunächst recht verschiedene Abgrenzungen dieses Begriffes. Während im Ostabschnitt der Kette, im besonderen am Nordrand der ostalpinen Zentralzone und in den östlichen Südalpen, aber auch im Bereich der östlichen Steiermark, um Graz, das Grundgebirge sich deutlich beschränkt auf die metamorphen Serien, die älter sind als das wenigstens als Caradoc noch nachgewiesene tiefere Silur, im Prinzip somit allermindestens wohl als vorsilurischen Alters zu gelten haben, wird im schweizerischen Alpensektor als sog. Grundgebirge meist sämtliches Kristallin der autochthonen Zone, der zentralalpinen Deckenkerne und der Südalpen bezeichnet, und von diesem „Grundgebirge" meist nur ausgenommen das nicht oder kaum metamorphe Karbon. In den westlichen Alpen jedoch, während langer Zeit auch in den Deckenkernen der penninischen Zone der Schweizeralpen, wurde das „Grundgebirge" vielerorts noch bis in das Karbon, stellenweise sogar bis in das Perm hinaufgerückt; so wie einst, ja zum Teil auch heute noch, die kristallinen Schiefer im unteren Teil des Glarner Verrucano, d. h. jene „kristallinen" tieferen „Verrucanogesteine" an der Basis des Sernifites und des Ilanzer Verrucano, gleichfalls mit ins Perm gesetzt wurden, obschon sie bestimmt weit älter sind. Zum kristallinen Grundgebirge wurden weiter, im schweizerischen wie im westalpinen Sektor, auch die ausgedehnten Intrusivkörper vom Typus der Pelvoux-, der Mont Blanc-, der Aare- und Gotthardgranite, der Roffnagesteine, der Bernina- und Albulamasse usw. gerechnet,

zum Teil sogar auch noch die Ergüsse jener Magmen, d. h. die verschiedenen Porphyre, Porphyrite, Diabase und Melaphyre, obschon von denselben seit langem bekannt ist, dass es sich um spät-hercynische, d. h. etwa oberkarbone, zum Teil bestimmt aber schon um intrapermische Gesteinskörper handelt.

Vom eigentlichen Grundgebirge blieb somit nur ausgeschlossen das sog. „Jungkristallin" der Alpen, d. h. das metamorphe Mesozoikum der Schistes-lustrés-Zonen des alpinen Zentralraumes im eigentlichen Penninikum, von Korsika, Elba und den apuanischen Alpen bis in die Hohen Tauern hinauf; die magmatischen Serien der alpinen Ophiolithe und die Granit- und Tonalitkörper der sog. jungalpinen Massive vom Typus Bergell und Adamello, samt den tertiären Ergüssen des Vicentin und der Euganeen, und der oststeirischen Vulkane; dazu die sicher mindestens postrhätischen Gangsysteme des Ortlergebietes und der Bergamasker Alpen. Manches aber blieb daneben zweifelhaft in seiner Abgrenzung; so viele Amphibolite und Serpentine, Olivinfelse und Peridotite, bei denen eine Entscheidung, ob mesozoisch, ob älter, infolge Mangels an zweifelsfreien mesozoischen Kontakten nicht möglich war; oder abermals bei der Zuteilung mancher tief im alpinen Bau liegender Gneis-Serien, wo alte zum mindesten vorpermische Massen durch die späte alpine Metamorphose neu umgeprägt erscheinen, vor allem im Tessin etwa.

Das Alter der jungalpinen Massen konnte genauer festgelegt werden, und zwar an Hand der Beziehungen zum alpinen Decken- und Faltenbau. Die Intrusion der jungalpinen Magmen kann dabei schon begonnen haben in der oberen Kreide, weil schon damals ein Teil der ostalpinen Decken über den südpenninischen Elementen lag, d. h. bereits in einer Position, die heute vom Bergellermassiv diskordant durchbrochen wird; aber die Hauptphase dieser Intrusionen und vor allem auch die endgültige Erstarrung dieser Massen fällt bestimmt erst etwa in das höhere Alttertiär, auf jeden Fall erst in eine Phase nach erfolgter Deckenverfaltung und der Steilstellung der Wurzelgebiete. Erst vom obersten Oligozän an, wahrscheinlicher sogar erst im Miozän, gelangten Gerölle dieser jungalpinen Gesteine in die damals sich bildenden jungtertiären Molassekonglomerate des Alpensüdrandes.

Auch die obere Altersgrenze der Ophiolithe ist heute weitgehend bestimmt: durch Kontaktmetamorphose von Ophiolithen, vor allem von Diabasen, Gabbros und Serpentinen an den oberjurassischen Radiolariten der Plattadecke einerseits, durch das Vorkommen

von Ophiolithgeröllen in fossilführendem Cenoman andererseits. Glaucophanführende fossilbelegte Oberkreide am Innenrand der Vanoise, am Col de la Leysse besonders, zeigt, zusammen mit den im Kreide-Flysch liegenden Spätophiolithen der Brekziendecke, der Simmendecke oder des nördlichen Apennins etwa, dass die ophiolithische Magmenförderung auch in der Kreide noch weiterging, und gewisse Unterschiede in der Metamorphose der mesozoischen Grüngesteine verschiedener penninischer Decken weisen darauf hin, dass neben den sicher etwa in die Unterkreide fallenden Haupt-Ophiolithintrusionen des Oberpenninikums vielleicht auch schon ältere Intrusionsphasen, besonders in der mesozoischen Umhüllung des Mittelpenninikums, stattgefunden haben mochten. Die Intrusion der Ophiolithe mag im Prinzip in ganz verschiedenen Stadien der Geosynklinalphase eingesetzt haben; oft schon recht bald nach der ersten kräftigen Differenzierung des alpinen Zentralraumes in Schwellen und Tröge im unteren und besonders im mittleren Lias, oft aber erst weit später, etwa im Malm und der Unterkreide. Immer aber drangen diese ophiolithischen Magmen relativ rasch vor, längs den Schubbahnen der wandernden Geantiklinalen und den Schichtflächen der mesozoischen Sedimente, besonders der penninischen Schieferserien, so rasch, dass saure Endprodukte der Differentiation sich nirgends entwickeln konnten. Gewisse Unterschiede in der metamorphen Facies der Ophiolithe scheinen auf eine solche zeitlich weitgespannte Streuung der Intrusionsvorgänge dieser basischen Magmen hinzuweisen, so das Vorherrschen der eigentlichen klassischen Prasinite und vor allem auch der Amphibolite in den mittelpenninischen Ophiolithserien gegenüber den vielfach wesentlich anders gearteten Prasinitserien und der Entwicklung der Diabase in den ober- und hochpenninischen Sippen, daneben auch die Gegensätzlichkeit zwischen den normalen Serpentinen der letzteren und den Serpentinen vom Malencotypus, vielleicht auch die Gegensätze zwischen den beiderseitigen Gabbros, u. a. das Vorherrschen von Fuchsitgabbros in den mittelpenninischen Ophiolithrevieren, zusammen mit dem besonderen Auftreten der glaucophanhaltigen Glieder u. a. m. Daneben aber sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass diese Gegensätzlichkeiten in der Ausbildung der Ophiolithe verschiedener Deckensysteme an sich auch anders erklärbar sind, mit Metamorphose in verschieden tiefen Stockwerken und primär-magmatischen Verschiedenheiten etwa; dass Prasinite vom klassischen Typ der mittelpenninischen auch im hochpenninischen Raum sich noch in weiter

Verbreitung finden und dass Gabbros, die fast ununterscheidbar voneinander erscheinen, im einen Falle sicher zu den mesozoischen Intrusivmassen als integrierende Bestandteile gehören, im andern aber deutlich weit älter sind, wie ihre Durchaderung mit aplitischen Gneisen der Malojaserie etwa eindrücklich demonstriert. Und dasselbe gilt von vielen Ultrabasica, deren Alter ein durchaus verschiedenes sein kann und die trotzdem absolute Gleichartigkeit der petrographischen Ausbildung zeigen. Dass im weiteren die Erstarrung innerhalb dieser Ophiolithkörper sicher nicht überall gleichzeitig vor sich ging, zeigt wohl der Umstand, dass am einen Orte die Kontaktprodukte, in Form der Kalksilikatfelse etwa, durchaus massig geblieben sind, an anderen Orten aber durchwegs eine ganz ausgesprochene Tektonisierung und sogar Kristallisationsschieferung aufweisen. Dies gilt vor allem etwa für die massigen Kalksilikatfelse des Oberengadins gegenüber jenen geschieferten des Oberhalbsteins, die beide in derselben Plattadecke liegen und sich doch so verschieden verhalten. Geologisch-petrographische Probleme harren somit in diesen Ophiolithgebieten der Alpen noch in Menge ihrer zukünftigen Lösung.

Im westalpinen und im schweizerischen Abschnitt spielen im sog. „Grundgebirge" der Alpen bekannterweise eine ausgedehnte Rolle die Eruptivgesteinskörper der hercynischen Intrusionsphasen, vor allem die gegenüber dem übrigen Grundgebirge weit weniger metamorph erscheinenden, ja vielfach noch durchaus massig texturierten Eruptivfolgen der autochthonen Massive, der Dent Blanche, der Err- und der Bernina-Decke, des Roffnagebietes und so fort. Für fast alle diese Massen ist heute ein späthercynisches Alter gemäss ihren Kontaktverhältnissen an karbonischen Gesteinsserien erwiesen. Im besonderen gilt dies auch für die Intrusivmassen der Err- und der Bernina-Decke, die noch vor wenigen Jahren von CORNELIUS als möglicherweise weit älter betrachtet wurden. Gesteine vom Typus ihrer quarzporphyrischen Randfacies treten aber im Oberengadin, vor allem an der Diavolezza, in einwandfreien Schollenkontakt mit karbonischen Schiefern, Arkosen und Konglomeraten, ganz ähnlich wie die entsprechenden Eruptiva des Tödigebietes. Diese Eruptivfolgen sind somit weit jünger als das sicher mindestens vorsilurische Grundgebirge der Ost- und Südalpen; sie gehören daher streng genommen bei weitem nicht mehr zum eigentlichen Grundgebirge, sondern sind demselben nur weit später, allerdings auf das allerinnigste einverleibt worden.

Mit dem axialen Untertauchen der Bernina-Deckengesellschaft im südlichen Bünden verschwinden diese jüngeren spätpaläozoischen Eruptivsippen tektonisch unter den weit älteren Kristallinserien der höheren ostalpinen Deckenelemente; sie finden sich jedoch wieder als die Roffnagesteine der Venedigermasse im hinteren Zillertal, vor allem in der Tux, in Form der Mauterndorfer Granite, in Form wohl auch der Kerngesteine des Semmerings, wenn jene, wie etwa der Kirchberger Granit, nicht doch bereits höheren Alters sind. Die Intrusiva im Kristallin des oberen Veltlins, von Le Prese und Bolladore, jene des Corno di Campo im Puschlav, jene von Gomagoi im oberen Vintschgau mögen gleichfalls, wenigstens zum Teil noch, hieher gehören, in den Südalpen wohl die Granite der Cima d'Asta. Die vielen granitischen Gneise der oberostalpinen Zentralzone aber sind, schon nach ihrer ganzen Metamorphose, besonders jedoch nach ihren weiteren Verbandsverhältnissen, ganz bedeutend älter, sie erst gehören dem echten Grundgebirge vorsilurischen Alters an.

Es sind somit bestimmt die nach schweizerischen Normalbegriffen zum kristallinen Grundgebirge gehörig betrachteten, spätherzynischen Intrusivmassen genau wie die postherzynischen Porphyrgebiete vom Typus Lugano, Kärpf, Bergamasker Alpen, Bella Luna, Diavolezza, Bozen und so fort vom eigentlichen effektiven Grundgebirge im allgemein gebräuchlichen Sinne zu trennen, und zwar mit durchaus gleicher Begründung, wie dies für die triadischen Ergüsse z. B. seit allem Anfang geschah, und es ist als eigentliches alpines Grundgebirge, in Anlehnung an den europäischen Norden, an Böhmen, an Sardinien, Spanien, Südfrankreich, die Bretagne oder Canada und so fort, nur jenes metamorphe Gebirge zu betrachten, das nachweisbar unter den ältesten fossilführenden paläozoischen Sedimenten liegt.

Im baltischen Norden bildet das metamorphe Grundgebirge die Basis des untersten Kambriums, desgleichen in der Montagne Noire; in Sardinien, Spanien, der Bretagne oder in Böhmen fehlt einesteils vielfach das unterste Kambrium und machen sich weiter grosse Lücken in der kambrischen Sedimentation geltend. Vielfach stellen Produkte ausgedehnter kambrischer Rumpfebenen sich ein, oder mächtige Sandsteinserien, die auf ein sandlieferndes Hochgebiet in der Nachbarschaft, d. h. etwa zwischen Sardinien und Böhmen, hinweisen. Es dürfte somit eine das Kambrium umfassende mächtige Schichtlücke ohne weiteres im späteren Alpengebiet als Ausdruck einer ausgedehnten Festlandszone vorhanden gewesen sein. Im Silur erkennen wir

in den karnischen Alpen eine gegenüber der böhmischen Entwicklung nur sehr lückenhafte Schichtreihe. Sie beginnt dort, übrigens auch bei Graz und in der nördlichen Grauwackenzone, erst mit dem Caradoc, d. h. dem oberen Ordovicium, während in Sardinien wiederum bereits die Arenig-Stufe des unteren Ordoviciums als ältestes Silur erscheint. Es macht sich somit im Gebiete der späteren Alpen auch im unteren Silur noch deutlich eine gewisse Hochzone im Gefolge der kambrischen bemerkbar, deren letzte Ausklänge vielleicht gerade in der Zone von Graz vorliegen, wo ja das ganze Silur überhaupt nur äusserst lückenhaft entwickelt ist.

Für die weitere Altersdeutung des alpinen Grundgebirges werden diese Beziehungen zur ausseralpinen Nachbarschaft nun von grosser Bedeutung. Es ist seit langem bekannt, dass die die eigentliche Basis des alpinen Altpaläozoikums bildende sog. Quarzphyllitgruppe des alpinen Grundgebirges einen ganz bedeutend geringeren Metamorphosengrad aufweist als die tieferen Kristallinserien des Gebirges. Es stellte sich daher zunächst die prinzipielle Frage, ob nicht in dieser Quarzphyllitgruppe, der Ostalpen zum mindesten, die Äquivalente des Kambriums vorliegen könnten, oder ob es sich hier nicht vielmehr bereits um noch ältere und damit vorpaläozoische Bildungen handle.

Der Entscheid in dieser Frage dürfte heute nicht schwer sein. Sehen wir doch in der ganzen näheren Umgebung der Alpen, wo das Kambrium effektiv als solches nachgewiesen ist, dasselbe stets in nicht-metamorpher und durchaus normaler Sedimentfacies entwickelt, genau wie das karnische Silur gleichfalls eine normale und nicht-metamorphe Sedimentgruppe darstellt. Des weiteren erkennen wir aber vielfach an der Basis dieses fossilführenden Kambriums der ausseralpinen Gebiete eine ganz ähnliche nur schwach metamorphe Schieferserie, wie sie in unserer Quarzphyllitgruppe vorliegt, d. h. eine Schieferfolge, die von dem älteren eigentlichen „echten" Kristallingebirge sehr deutlich getrennt erscheint. Wir stehen somit hier, aber erst in der Basis des Kambriums, vor einem durchaus analogen Einsetzen der metamorphen Bildungen in Epi-Facies wie an der Basis des karnischen Untersilurs. So ist es in Böhmen, so in der Bretagne, so in Sardinien und Spanien. Von irgend einer Orogonese zwischen Kambrium und Silur, die überhaupt allein eine bestimmte Metamorphose des Kambriums gegenüber dem normalen Silur rechtfertigen könnte, ist in allen diesen alpinen Nachbargebieten

nichts zu sehen. Ganz auffallende Analogien aber ergeben sich nun im alpinen Grundgebirge mit der Gliederung des altbekannten nordischen Grundgebirges an der Basis des baltischen Kambriums.

Im vorkambrischen Grundgebirge des baltischen Schildes erscheinen als oberstes Glied die vielfach mit dem untersten Kambrium bereits konkordanten blauen Tone von St. Petersburg, zum Teil in Mächtigkeiten bis zu 300 m und mehr; darunter, nur schwach gefaltet und zerbrochen, aber scharf diskordant über einem weit metamorpheren und damit viel älteren Gebirge liegend, die Gruppe des jotnischen Sandsteins, in Südschweden und Norwegen vielfach bekannt als die Gruppe der „Sparagmitformation": Sandsteine, Arkosen, Konglomerate, Brekzien mit basischen Ergüssen und Porphyren. Im darunter diskordant, d. h. steilgefaltet zutagetretenden eigentlichen baltischen Grundgebirge folgt als nächstälteres Glied die durch ihren Reichtum an Kalken, Dolomiten, Metabasiten und deren metamorphen Derivaten besonders auffallende jatulisch-kalevische Stufe der sog. Kareliden, darunter, als tiefstes Algonkium, mit Kohlenresten u. a., die bothnische Formation. Erst unter dieser, oder wo diese fehlt, unter den kalevisch-jatulischen Serien, liegt das tiefste nordische Grundgebirge mit seiner gewaltigen Injektion und Granitisation, das Gebiet der tiefsten sog. katarchäischen Gneis- und Glimmerschiefer-Reviere. Das ist die seit den Untersuchungen SEDERHOLMS klassisch gewordene und durch die Arbeiten WEGMANNS neubestätigte Dreiteilung des nordischen Grundgebirges, in dem zum allermindesten eine grosse Hauptdiskordanz an der Basis der jotnischen Formationsgruppe liegt, eine zweite die Züge der Kareliden von den abermals weit älteren der Svekkofenniden trennt. Ein weiteres charakteristisches Glied der mittleren Abteilung bilden die Gruppe der Leptite und die Hälleflinten-Formation.

Eine überraschend ähnliche Gliederung zeigt bekanntermassen auch das indische Präkambrium. Das Vindhyan-System entspricht in jeder Richtung, nach Gesteinsinhalt, Grad der Metamorphose, diskordanter Lagerung dem jotnischen Komplex des baltischen Schildes; das Cuddapah-System dem tiefern Algonkium der bothnisch-kalevisch-jatulischen Formation Nordeuropas, das sog. Prä-Dharwar-System jenem der katarchäischen Gneise Schwedens und Finnlands. Es scheint so die Aufgliederung des präkambrischen Grundgebirges als Folge eines durchaus

gleichartigen Ablaufes der erdgeschichtlichen Ereignisse über weiteste Strecken eine durchaus analoge gewesen zu sein.

Die gleichen Züge und eine durchaus analoge Gliederung in drei Hauptkomplexe zeigt nun aber bei näherem Zusehen auch das vorkambrische Grundgebirge der Alpen.

Versuch einer stratigraphischen Aufgliederung des alpinen Grundgebirges

Sobald wir vom jungkristallinen Gebirge, d. h. von den jungalpinen Intrusiva, Tuffen und Laven, von den Ophiolithen, den jungmetamorphen Serien der alpinen Schistes-lustrés-Zone und dem Gefolge der spätherzynischen Eruptivgesteine absehen, gestalten sich die Dinge im restierenden eigentlichen alpinen Grundgebirge des Präkambriums, d. h. im wirklichen Altkristallin, um vieles einfacher.

Zunächst kann festgestellt werden, dass die primären Hauptmetamorphosen der alpinen Grundgebirgs-Serien, genau wie jene des übrigen europäischen echten Grundgebirges, bereits mindestens vorkambrisch abgeschlossen waren. Alle spätere Überprägung mit jüngeren Umwandlungen vermochte im Prinzip diese Grundmetamorphosen des alpinen Altkristallins nicht mehr völlig zu verwischen, und alle diese Grundgebirgsserien tragen auch heute noch unweigerlich den Stempel jener ersten grundlegenden Hauptmetamorphosen der vorkambrischen Zeit. Spätere Kontaktwirkungen an jüngeren Intrusivmassen haben lokal wohl die alten Mineralbestände oder auch nur nur die Strukturen und Texturen, daneben auch den lokalen Chemismus etwas umgeformt, jüngere Dislokationen gewisse primärmetamorphe Züge entstellt oder gestört, im besonderen etwa die gewaltige alpine Durchbewegung der Kristallinkerne der grossen Decken; Mylonitisierung oder gar Diaphthorisierung haben lokal, wenn auch oft in grösseren Teilgebieten der Alpen, die alten Strukturen, Texturen und auch zum Teil die alten Mineralbestände umgeformt, im Sinne einer zerstörend wirkenden, retrograden, rückläufigen Metamorphose etwa; in den grössten Tiefen des alpinen Baues machen sich junge Granitisations-, Injektions- und Einschmelzerscheinungen geltend, aber der eigentliche Grundcharakter des alpinen Grundgebirges, erworben in vorkambrischer Zeit, wurde durch alle diese Vorgänge nicht aufgehoben, nur modifiziert. Altes Katagestein lässt sich auch heute noch, nach grausam erlebter alpiner, ja teilweise auch schon herzynischer Dis-

lokationsmetamorphose, noch immer als einstiges Katagestein erkennen; die sog. „alten Marmore" des alpinen Grundgebirges haben ihren eigenartigen Charakter als teils hochmetamorphe karbonatische Sedimente der vorkambrischen Zeiten durchaus beibehalten, und die alten Epigesteine, vom Charakter der Quarzphyllitgruppe etwa, sind durch diese späteren Ereignisse, Orogenesen und Intrusionsvorgänge der herzynischen und der alpinen Zyklen, von kontaktlichen Beeinflussungen in den Randzonen der jüngeren Eruptivkörper und lokalen Mylonitisierungserscheinungen abgesehen, ebenfalls nicht wesentlich anders geworden. Im besonderen aber ist eine uralte Ordnung im kristallinen Grundgebirge der Alpen nicht wesentlich angetastet oder auch nur halbwegs verschleiert worden, und sind auch uralte Diskordanzen innerhalb des Grundgebirges als solche, obwohl solche Diskordanzflächen in der Folge gerne als Gleitflächen benutzt wurden, durchaus erkennbar erhalten geblieben.

Betrachtet man das alpine Grundgebirge vorpaläozoischen Alters als Ganzes, so fällt sofort auf eine erste deutliche Zweiteilung nach dem Grad der Metamorphose. Den Quarzphyllitgesteinen mit fast ausschliesslichem Epicharakter stehen die tiefern, aber deutlich höhermetamorphen Kristallinserien gegenüber. Dieser Gegensatz im Grad der Metamorphose zeigt sich zwischen der Quarzphyllitgruppe und dem tieferen Kristallin des oberostalpinen Zentralkörpers und der penninischen Serien der Hohen Tauern, er dokumentiert sich aber ebenso klar auch in den Schweizeralpen und den Westalpen, als Gegensatz zwischen der relativ schwach-metamorphen Casannaschiefergruppe einerseits, dem tieferen Hauptkristallin sowohl der ostalpinen wie der penninischen Decken und sogar in den autochthonen Zentralmassiven andererseits.

Der vor nunmehr bald 100 Jahren aufgestellte Begriff der Casannaschiefer ist im Lauf der Jahrzehnte viel zu stark erweitert und damit verwässert worden. Sein Schöpfer THEOBALD gebrauchte ihn, ausgehend von den kristallinen Serien des Casannapasses, ausschliesslich für nach ihm „halbmetamorphe" kristallinische Gesteine. Er beschränkte diesen Begriff ganz deutlich auf solche gewissermassen „minderwertige" kristalline Schiefer, d. h. auf solche, deren Umwandlungsgrad wir heute als epimetamorph bezeichnen. In diesem Sinne sei fortan der Casannaschiefer-Begriff wieder klarer abgegrenzt: nur epimetamorphe relativ schwach umgewandelte kristalline Schiefer sollen weiter als Glieder der

Casannaschiefergruppe bezeichnet werden. Phyllite, Glimmerschiefer und Gneise mit den typischen Mineralien der Epizone, d. h. mit Serizit, Muskowit, Chlorit, auch Graphit, Chloritoid und geringem Granatgehalt etwa gehören hieher, und zwar sowohl Ortho- wie Paragesteine. Der Typus der Malojaserie, der grünglimmrigen Adulagneise, der klassischen Sesiagneise, der Schiefer von Losone im Tessin, der Muskovit-Granatglimmerschiefer der Tambo- und der Surettadecke, der Caraleserie im Berninagebiet, der Landecker-, Innsbrucker- und Pinzgauer-Phyllite, der weniger metamorphen Glieder der Edoloschiefer, der Pustertaler Phyllite u. a. m. gehört in diesen Bereich. Diese Casanna-Serie besteht aus epimetamorphen Sedimenten, und zwar besonders aus ehemaligen Sandsteinen, Arkosen und Tonschiefern, sehr untergeordnet auch aus epimetamorphen Mergeln und Kalklagen, als den Äquivalenten der eigentlichen jotnischen Formation des Baltikums oder der Sparagmite; aber in dieser Sedimentärserie liegen auch, und zwar in der grossen Mehrzahl der Fälle, genau wie im europäischen Norden in konkordantem Verbande, epimetamorphe Granite, Porphyre, Diabase, Gabbros und Ultrabasica. Das sind die Malojagneise eruptiven Ursprungs, die Orthogneise der Caraleserie und des Strettakristallins in der Berninagruppe, jene des Casannagebietes, die jüngeren Orthogneise der Suretta, die Gabbros an der Basis der Malojaserie, die Grünschiefer-, Serpentin- und Chloritschieferlagen und -linsen in dieser epimetamorphen Serie. Serizit, Muskovit, Chlorit, Epidot, Zoisit, Chloritoid, Graphit sind neben Quarz und Feldspat die charakteristischen Hauptmineralien aller dieser epimetamorphen Glieder der Casannaschiefer-Gruppe, und Biotit, Staurolith, Disthen, grosse Mengen von Granat, Hornblenden, Andalusit, Sillimanit, Cordierit, sind hier, mit einziger Ausnahme der nächsten Nachbarschaften der jüngeren Eruptivkörper, nicht zu finden. Alle jene daneben auch Biotit führenden weiteren Schiefer, die im besonderen im Wallis und den Westalpen, in erster Linie von Woyno und Argand, ebenfalls noch als Casannaschiefer bezeichnet wurden, sind von der wirklichen Casannaschiefer-Quarzphyllitgruppe abzutrennen; sie gehören zur Hauptsache bereits älteren und höhermetamorphen Serien des alpinen Grundgebirges an, in welchen eben der Biotit neben Quarz und Feldspat bereits die Hauptrolle spielt.

Der eben skizzierten, durchaus epimetamorphen Casannaschiefer-Gruppe als jüngstem oberstem Glied des alpinen Grundgebirges, das in den karnischen Alpen, bei Graz und auch

in der nördlichen Grauwackenzone die alte Grundlage des Untersilurs bildet, stehen die höhermetamorphen Glieder, und zwar durchwegs die Hauptglieder des eigentlichen alpinen Grundgebirges gegenüber. Hier kommt der Biotit zur Herrschaft, der in der echten Casannaschiefer-Gruppe praktisch völlig fehlt; hier ist das Reich der höher-metamorphen Biotit- und Zweiglimmergneise, vom Typus der Zentralgneise zwischen Hohen Tauern, Bergell, Monte Rosa, Gran Paradiso und cottischer Masse etwa, oder vom Typus der Streifengneise, der älteren Augengneise der Silvretta, des Ötztals, der Muralpen, der Languardgruppe, oder in den autochthonen Zonen etwa des Erstfelder Gneises, der Gneis-Schieferhüllen des Aarmassivs und der Gotthardgranite, und so fort. Hier finden sich, am einen Orte mehr, am anderen weniger, die zu hochmetamorphen Amphiboliten, Eclogiten oder Olivinfelsen umgewandelten alten „Ophiolithe", vom Typus der Silvretta, des Ötztals, des Sustengebietes, der Tödigruppe, des Gotthard, des westlichen Aarmassivs, der alten Amphibolite der Tambodecke, des Seengebirges, der Zone von Ivrea und der Stronazone zum Teil, im Osten jene der Muralpen u. a. m. Hier finden sich weiter die mannigfachen Paragesteine hochkristalliner Tracht, die Sillimanit- und Biotitschiefer, die Kinzigite, die Andalusit- und Staurolithschiefer, die berühmten Disthen-Staurolithgesteine des Tessins, die Biotitquarzite, Perlgneise, die Morbegnoschiefer u. a. m. der ostalpinen Region. Anzeichen jüngerer Umprägungen sind wohl an vielen Orten vorhanden, aber immer schimmert der alte, durch Meso- oder sogar alte Katametamorphosen zustandegekommene ursprüngliche Meso- und Katamineralbestand durch alle diese späteren Störungen durch. Der Biotit ist ein sozusagen allgemeines Kennzeichen dieser höhermetamorphen älteren Kristallinserien gegenüber der Casannaschiefer-Gruppe, in der vor allem der Muskowit, der Serizit, der Chlorit das Feld beherrscht. Von ganz ähnlichen Gegensätzen hat im übrigen V. M. GOLDSCHMIDT seit langem aus dem norwegischen Grundgebirge berichtet.

Der Gegensatz zwischen diesen beiden Hauptserien des alpinen Grundgebirges ist nicht überall gleich scharf ausgeprägt. Er kann stellenweise verwischt und verwässert werden. Aber an der grossen Hauptbeziehung zwischen diesen beiden Hauptgruppen des alpinen Alt-Kristallins, nämlich an dem fundamentalen Altersunterschied derselben, ist nicht im geringsten zu zweifeln: die Casannaschiefer-Gruppe bildet das stratigraphisch

jüngste Glied des alpinen Grundgebirges, die „Biotitserien" bilden deren weit ältere Unterlage.

Ein weiterer auffallender Zug in der Gliederung des alpinen Grundgebirges liegt im Folgenden:

Über weiteste Strecken ist heute dieses Grundgebirge durchaus frei von jeglicher Spur karbonatischer Bildungen. In gewissen Abschnitten jedoch schalten sich auffallende karbonatische Elemente im normalerweise kalkfreien Grundgebirge ein, in Form mächtiger Marmor- und Kalksilikatfels-Serien: es ist das Auftreten der berühmt gewordenen sog. „alten Marmore". Nicht dass diese Karbonatgesteine und deren Kalksilikatfels-Derivate jeweilen allein in bestimmten Zonen vorherrschten, sondern diese alten Marmore und Kalksilikatfelse sind mit anderen hochkristallinen Schiefern, mit Biotitschiefern, Amphiboliten, Kinzigiten usw. stratigraphisch auf das engste verknüpft und sehr oft auch mit alten Pegmatiten und Apliten durchwachsen. Es sind die altberühmten Schiefer-Marmorserien der Valpelline und von Fedoz, die Schiefer-Marmorgesteine der Bellavistaserie in der Berninagruppe, die Gesteine der Tonaleserie, die Gruppe der Laasermarmore und jener des Schneeberges bei Sterzing, die alten Marmorserien im Süden der Tauern, der Brettsteinzüge der östlichen Alpen, in der autochthonen Zone der Schweizeralpen jene der Aiguilles Rouges und des Gasternmassivs, der Nordabdachung des Aaregranites, die Kalksilikatfelse von Maigels im Gotthardmassiv u. a. m. Auf jeden Fall im sonst „kalkfreien" Grundgebirge eine ganz auffallende Gesellschaft.

Welches aber ist die nähere Stellung dieser „Marmorserien" gegenüber den beiden übrigen Hauptabteilungen des alpinen Grundgebirges?

An vielen Orten fehlt diese Marmorserie dem alpinen Grundgebirge vollständig und liegt die Casannaschiefer-Gruppe, wo sie überhaupt noch vorhanden, d. h. nicht in vorsilurischer Zeit bereits wieder abgetragen worden ist, direkt auf der tieferen Grundserie der hochmetamorphen Gneise und Glimmerschiefer. An anderen Orten schaltet sie sich ein, bald in geringer, bald in grosser Mächtigkeit, eben in den oben genannten Hauptmarmorserien der Alpen. Auch ihre innere Gliederung kann sehr verschieden sein, und die Zahl der vorhandenen eigentlichen Marmorzüge unterliegt grossen Schwankungen. Die Tonaleserie im Norden des eigentlichen Tonalepasses liegt mit ihren Marmoren deutlich auf den Biotitgesteinen des basalen Grundgebirges der Tresero-Tre-Signori-Gruppe,

jene des Puschlav an der Basis der eigentlichen Casannaschieferfolge. Die Fedozserie tritt stratigraphisch überall an der Basis der Casannaschiefer-Gruppe der Malojaserie auf, sie liegt jedoch in der oberen Val Malenco ebenso deutlich abermals tieferen Gneisen, Kinzigiten und Glimmerschiefern der alpinen Grundserie auf, oft durch das Zwischenmittel der sog. gleichfalls hochmetamorphen Murettoquarzite. Dies bis hinüber auf die Nordseite des Murettopasses. In der Surettadecke liegen Spuren der gleichen Fedozserie im Hangenden der Zentralgneisgruppe des Fornogebietes, an der Cima di Vazzeda und Cima di Rosso etwa, und es bleibt noch unsicher, ob nicht auch gewisse Marmore der Adula ebenfalls in die gleiche stratigraphische Stellung hineingehören und nicht mesozoisch sind. Ähnliches liegt in wenigen isolierten Marmorvorkommnissen östlich der Valle di Lei vor, die zwischen Biotitserien und grünglimmerigen Casannagesteinen eingeschaltet erscheinen, und im Tessin liegen in abermals durchaus ähnlicher Weise die Marmorserien der südlichen Zone von Bellinzona stratigraphisch durchaus deutlich unter den eigentlichen Casannaschieferfolgen der Val Morobbia als der jüngsten Abteilung der Kristallinbasis des Joriozuges. In den Muralpen gehören die Marmorserien der Brettsteinzüge in die tiefere, steilgefaltete, weit ältere Kristallinserie als die darüber liegende Quarzphyllitgruppe. Die Marmorserien der Valpelline liegen unter den Epigesteinen der Dent Blanche-Casannaschiefer und ihren jüngeren Eruptivfolgen, und auch im Aarmassiv halten sich diese Marmorreste immer deutlich an das tiefere „Biotitgebirge".

Es steht somit an Hand genügend gesicherter Tatsachen fest, dass die eben genannten alten alpinen Marmorserien sich deutlich einschalten zwischen das eigentliche basale, tiefste und älteste Grundgebirge der Alpen im Liegenden und die Casannaschiefer-Gruppe im Hangenden. Nach ihrer Metamorphose gehören sie unbedingt zum alpinen Basalkomplex, nach der Lagerung aber nicht immer. Diese Marmorserien nehmen im alpinen Grundgebirge ganz eigentlich eine stratigraphische Mittelstellung ein. Sie liegen stellenweise deutlich diskordant unter der Casannaschiefer-Gruppe, an anderen Stellen wieder nicht. Im grossen ganzen entsprechen sie, nach ihrem Gesteinsinhalt sowohl wie nach ihrer Stellung im alpinen Grundgebirge, immer an der Basis der am ehesten als jotnischen Alters erkannten Quarzphyllit-Casanna-Gruppe, am allerehesten den kalevisch-jatulischen

Kalk-, Dolomit- und Marmorserien, sie führen auch durchaus ähnliche Basica wie die Metabasite des Nordens sie darstellen. Die merkwürdigen Pyroxen führenden Murettoquarzite könnten dabei sehr wohl die tiefste Abteilung dieser stratigraphischen Mittelserie sein, entsprechend etwa den bothnischen Stufen des Nordens, doch wird ein wirklicher Entscheid hier, infolge der alpinen Lagerungsstörungen und jüngeren Intrusionen in diesem Gebiet, noch auf längere Zeit kaum sicher genug zu treffen sein.

Neben diesen klassischen Marmorserien in der mittleren Abteilung des alpinen Grundgebirges gibt es aber doch auch noch andere, weit jüngere, die nicht mehr deutlich, und durch ihre höhere Metamorphose unterschieden, unter den Casannaschieferfolgen, d. h. den epimetamorphen Gneis-Glimmerschiefer-Phyllit-Serien liegen, sondern innerhalb derselben. Die Epi-Marmore der Sobretta bei Bormio scheinen hieher zu gehören; des weiteren die Glaucophanmarmore im Epikristallin der vordersten Valle di Lei im Aversertal, ein Teil der sog. Eisendolomite in den Pinzgauer Phylliten, die Marmorvorkommnisse im Gipfelbau des Pizzo Tambo u. a. m. Es enthält somit auch die jüngste Abteilung des alpinen Grundgebirges, eben die Casannaschiefer-Gruppe, gleichfalls, wenn auch nur in spärlichem Ausmass, noch metamorphe Kalk- und wohl auch Dolomitgesteine. Dasselbe aber ist auch der Fall in der skandinavischen Sparagmitformation, so dass auch diese obere Abteilung von „Grundgebirgskalken" keineswegs ohne ihre deutlichen nordischen Äquivalente bleibt.

Eine weitere besondere, wenn auch bisher anscheinend nicht so stark verbreitete Sondergesellschaft kristalliner Schiefer bilden im alpinen Grundgebirge, und zwar deutlich eher mit dem tieferen Grundkomplex verknüpft, die Hälleflint- und Leptitgesteine. Unter denselben nehmen vor allem metamorph gewordene Bändertone eine auffallende Stellung ein. Desgleichen etwa grobe Konglomerate und Sandsteine, gleichfalls stark metamorph. Ich fand solche schon vor Jahren in den Kristallinkernen des unteren Bergells, WEGMANN erwähnt sie aus der Zone des Grossen St. Bernhard, wo sie neuerdings wieder gefunden worden sind; des weiteren kenne ich sie in sehr schöner Ausbildung aus dem alten Kern der Campodecke im oberen Puschlav. Diese in jeder Beziehung dem alpinen Grundgebirge sonst fremden Hälleflintgesteine schlagen einmal mehr eine willkommene Brücke vom alpinen zum nordischen Grundgebirge.

Fügt man nun alle die genannten Eigentümlichkeiten in der wei-

teren Gliederung des alpinen Grundgebirges zusammen, so ergibt sich wohl beinahe zwingend die sehr grosse Analogie mit dem altehrwürdigen Grundgebirge des Nordens. Dreiteilung des Grundgebirges im grossen, hier wie dort; auffallende Gegensätze in der Metamorphose des obersten Grundgebirges gegenüber jener der tieferen Serien, abermals in beiden Bezirken. Lokalisierung der Karbonatserien besonders auf die mittlere Abteilung des Grundgebirges, hier wie dort; Abschneiden eines älteren Baues durch die „Transgression" der obersten Abteilung, wobei zonenweise die mittlere Serie infolge Abtrages auf älteren Hochgebieten fehlt und die oberste Abteilung sich gleichmässig teils über die Marmorserien, teils direkt über die tieferen Kristallinkomplexe hinweglegt. Anzeichen alter Verwitterungszonen in den obersten Schalen des alten Unterbaues, unter der jotnischen Formation im Norden, unter der Casannaschiefer-Gruppe und in deren tiefsten Lagen in den Alpen.

Schliesslich tritt im alpinen Grundgebirge auch in grossartigem Ausmass die Existenz eines quer zum alpinen Streichen unter der Casannaschiefer-Gruppe hervortretenden uralten und intensiven Faltenbaues im Hochkristallin in Erscheinung, der diskordant von den Casannaschiefer-Serien abgeschnitten wird. Daneben weist die durchaus lokale, immer wieder unterbrochene Verbreitung der mittleren Marmorserien des Grundgebirges unter der Basis der Casannaschiefer-Gruppe auch auf weitere, eher flach ausgeprägte etwas jüngere vorjotnische Falten hin, in denen die Marmorserien am Grunde relativ seichter Mulden vor dem vor-jotnischen Abtrag bewahrt geblieben sind. Auf solche lokale Mulden im alten Unterbau der Casannaschiefer-Serien deutet u. a. wohl die merkwürdige Lokalisierung der Hauptverbreitung der eigentlichen Marmorserien der Margna-Decke auf den Raum Margna-Gipfelbau—Val Fedoz—Piz Fora—Piz Tremoggia hin, in dessen südliche Fortsetzung die Marmorserien des Pizzo Senevedo und des Margnawurzel-Abschnittes im Süden der Disgrazia wohl gleicherweise nicht nur zufällig fallen. Sowohl westlich der Margnakette wie östlich der Tremoggiagruppe treten diese Marmorserien entweder ganz ausserordentlich an Bedeutung zurück oder verschwinden, wie im ersteren Falle, überhaupt ganz. In den östlichen Alpen jedoch scheinen die alten Marmorserien regelrecht in einen enggepressten und steilstruierten Faltenbau des

basalen Hochkristallins einbezogen zu sein, wie dies vor allem aus der alten Tektonik der Muralpen etwa hervorgeht.

Das alles lässt das so mannigfache Grundgebirge der Alpen in einem durchaus neuen Licht erscheinen. Dieses alpine Grundgebirge ist heute nicht mehr einfach nur aufzuteilen in den Anteil jüngerer Eruptivfolgen und ältere kristalline Schieferserien von Ortho- und Paracharakter, sondern es ist heute durchaus möglich, das alpine Grundgebirge bis zu einem hohen Masse auch stratigraphisch näher aufzugliedern. Seit langem kannte man ja schon durchaus verschiedenaltrige Gneise und Paraschiefer, man konnte sie petrographisch auseinanderhalten und gliedern in jüngere und ältere. Heute aber zeigen sich Wege zu einer viel weiteren stratigraphischen Auflösung des alpinen Grundgebirges. Man wird in Zukunft gerade diese Dinge weiter zu prüfen haben, aber auf dem nunmehr offenkundig gewordenen Wege weiterschreiten können. Die bis heute übliche Aufteilung des Grundgebirges in Ortho- und Paragesteine, in saure und basische Glieder, in höher und weniger metamorphe Kristallinfolgen genügt dem eigentlichen Verständnis des Grundgebirges nicht mehr. Vielmehr müssen wir versuchen, diese gewaltige Kristallinmasse des alpinen Grundgebirges nun systematisch auch dem Alter nach, wenn zunächst vielleicht auch nur in grossen Zügen, weiter aufzuteilen. Ein jungalgonkisch-jotnischer Teil wird von den tieferen Kristallinkomplexen nun immer klarer abzutrennen sein, und unterhalb der subjotnischen Basisfläche wird der näheren Verbreitung und der Stratigraphie der jatulischen und der älteren Komplexe weiter nachgespürt werden müssen. Eine Reihe von Dingen, die nicht mehr nur rein petrographisch zu erfassen sind, wird in den Vordergrund des Interesses gerückt werden müssen, vor allem die Spuren alter und ältester Konglomerate, die Spuren alter Überreste merkwürdiger Schichtungserscheinungen, Kreuzschichtung, Feinschichtung, um nicht sogar zu sagen „Jahresschichtung", in den Hälleflinten etwa, oder endlich die Andeutungen oder das eigentliche Auftreten wirklicher stratigraphischer Diskordanzen in der alpinen Kristallinserie. Eine prachtvolle Aufgabe steht hier noch für lange Zeit vor einer jungen Generation, die von Petrographen und Geologen vereint zu lösen sein wird, eine Aufgabe, die erneut an tausend Fäden ins schimmernde Zentralgebirge der Alpen lockt.

Auf Grund meiner Erfahrungen in den Kristallingebieten der zentralen Alpen stehe ich aber

bereits heute nicht an, in denselben die verschiedenen Abteilungen des nordischen Grundgebirges zu sehen. Der tiefste Teil desselben, mit dem Typus der eigentlichen Zentralgneise und ihrer tieferen Schieferhüllen, der Tessinergneise, der Silvrettagneise etwa, entspricht dem archäischen Basalkomplex im Präkambrium des baltischen Schildes; der mittlere Teil mit den klassischen Marmorserien vom Typus Tonale, Fedoz, Valpelline darf den kalevisch-jatulischen Gesteinsfolgen der alten Kareliden Finnlands gleichgesetzt werden; die Casannaschiefer-Quarzphyllit-Gruppe mitsamt allen ihren verschiedenartigen Einschaltungen ist das getreue Abbild der jotnischen Formation des Nordens. Archäische, unter- und oberalgonkische Glieder sind so am Aufbau des alpinen Grundgebirges in wechselndem Ausmass beteiligt, und vieles, was noch vor wenigen Jahren im kristallinen Grundgebirge der Alpen als „metamorphes Paläozoikum" betrachtet worden ist, ist heute mit absoluter Sicherheit in das präkambrische eigentliche Grundgebirge zu stellen.

Das gilt vor allem für die verschiedenen Abteilungen der Casannaschiefer-Gruppe, deren jüngste Glieder im schweizerischen Penninikum nur allzugerne ganz einfach dem Karbon zugerechnet worden sind. Ein Teil dieser graphitreichen obersten oder fast obersten Kristallinserien mag ja wohl auch gemäss den Verbandsverhältnissen und vermittelst lithologischer Übergänge in die penninischen Anthrazitformationen dem Karbon noch zugezählt werden. Für einen andern Teil dieser jüngsten Kristallinbildungen des Penninikums aber steht wohl mit ebenso viel Recht die Frage durchaus offen, ob hier nicht eigentliche epimetamorphe Äquivalente der oberalgonkischen dunklen Tonschieferfolgen, d. h. etwa Analoga zur Serie der blauen Tone von St. Petersburg vorliegen könnten. Aber gerade hier werden nur minutiöseste vergleichende Studien über weite Gebiete, unter Berücksichtigung der verschiedenen oft feinsten Abstufungen der Metamorphose zu wirklich gesicherten Resultaten führen können, eine Aufgabe, die umso schwieriger wird, als eben zu den gerade hier an sich bescheidenen vorkambrischen Umwandlungen, sehr leicht an und für sich ebenfalls in diesem Grade mögliche alpine Überprägungen dieser Gesteinsfolgen treten können. Petrographische und geologische Aufgaben also gerade in diesem so bescheiden erscheinenden obersten Grenzniveau des alpinen Grundgebirges der Zentralalpen in Hülle und Fülle.

Nur ein kurzer Hinweis auf einige Dinge möge hier noch zur weiteren Stützung des Vorgetragenen angefügt sein, die, mir zum Teil schon längst bekannt oder auf der geologischen Karte der Bernina-Gruppe bereits dargestellt, im vergangenen Sommer neuerdings überprüft worden sind.

Es betrifft dies den Fund ausgedehnter Konglomerate im Casannaschiefer-Anteil der Surettadecke in Valle di Lei, die Feststellung einer uralten Kreuzschichtung in der gleichen Casannaserie und endlich eine deutliche Diskordanz an der Basis der Casannaschiefer-Gruppe im Raume des Campo-Deckenkernes zwischen Puschlav, Livigno und Bormio, nebst der Feststellung einer alten Verwitterungszone unter der gleichen Basis der Casannaschiefer-Gruppe, im Oberengadin und in Val Viola.

Die erwähnten Kristallinkonglomerate der Valle di Lei gehören nicht etwa einem zweifelhaften Verrucano oder etwas ähnlichem an, auch nicht einem metamorphen Karbon, sondern dieselben liegen deutlich in der eigentlichen, auf die Metamorphose weit älterer Arkosen zurückgehenden grossen Paragneismasse der vorderen Valle di Lei, im eigentlichen kristallinen Deckenkern der Surettadecke. Sie wurden dabei vorderhand gefunden in den vorderen Teilen der sog. Stellamasse, vor allem im Bereich der Alpe della Palù und weiter talaus. Dabei zeigen auch die betreffenden Paragneise und Gneisquarzite, immer nur epimetamorph, überaus klar das Phänomen einer sehr deutlichen uralten Kreuzschichtung. Konglomerate und kreuzgeschichtete Arkosen und Sandsteine somit im Kernkristallin der Surettadecke, in der Casannaschiefer-Gruppe, in einer stratigraphischen Stellung, die durchaus jener der nordischen Sparagmite entspricht. Das Ganze liegt dabei deutlich unter der sog. Zona grafitica, die im Bergell das Kristallingebirge der Surettadecke krönt, und unter den Äquivalenten des Perms, das mit abermals weit weniger metamorphen Konglomeraten und Quarziten erst über der Zona grafitica an der Basis der eigentlichen Surettatrias im Bereich der Gletscherhörner etwa liegt. In diesen Sparagmiten der Valle di Lei liegen auch die Glaucophanmarmore an der alten Lei-Brücke im Avers und die dortigen Glaucophaneclogite.

Die oben genannte grosse Diskordanz an der Basis der Casannaschiefergruppe ist in allererster Linie deutlich erkennbar im Gebirge zwischen Val di Campo, Val Viola und dem Foscagnopass zwischen Bormio und Trepalle-Li-

vigno. Zwei Dinge fielen hier schon lange auf: die durchwegs verwirklichte alte Steiltektonik in der Kette zwischen Corno di Campo, Paradisino, Monte Val Nera, Corna di Capra, Pizzo Zembrasca und Pizzo Filone einerseits, die im Grunde der Val Viola Bormina sich bis in die Basis des Monte Corno im Süden des Foscagnopasses seit Jahren feststellen liess, und die diesem vertikalstruierten Gebirge unvermittelt aufgesetzte, durchaus flach gelagerte Casannaschiefer-Platte des Monte Corno selber. Überschiebung oder Diskordanz, blieb seit 1936, wo ich diese Dinge erstmals sah, die offene Frage.

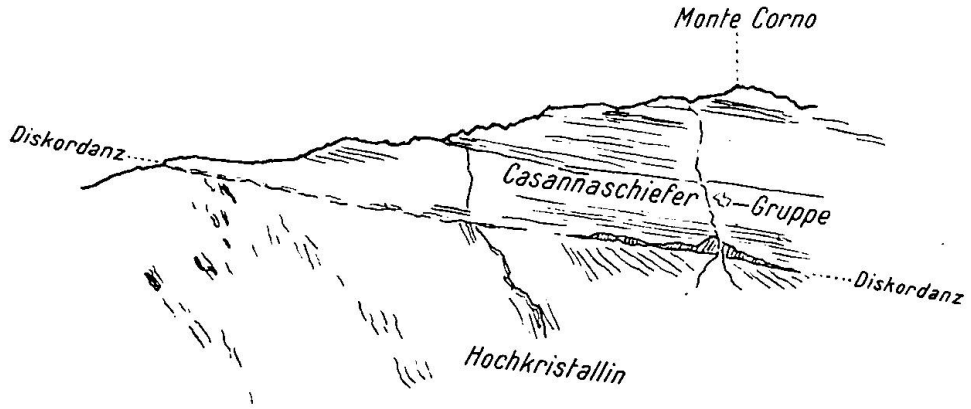

Fig. 1. Diskordanz am Monte Corno

Heute ist die Diskordanz am Monte Corno durchaus sichergestellt. Es liegt dort, gerade gegenüber den schimmernden Eiskaskaden der gewaltigen Cima di Piazzi, ganz klar eine flach gelagerte Platte der Casannaschiefer-Gruppe als normales Liegendes von Verrucano und Trias der Ortlerzone durchaus diskordant auf dem weit höher metamorphen und überaus steilgestellten tieferen Grundgebirge der zentralen Campo-Paradisino-Zembrasca-Gruppe. Einem im ganzen fast ausschliesslich meridionalen Streichen im tieferen hochkristallinen Unterbau steht das fast normale Alpenstreichen dieser Zone in der Casannaschiefer-Platte des epikristallinen Oberbaues der Cornogruppe gegenüber. Die Grenze beider Komplexe, zum Teil übrigens bereits dargestellt auf der tektonischen Beiskizze der Berninakarte, ist klar zu erkennen; sie wurde von mir begangen, dem ganzen West- und Südhang des Monte Corno entlang. Von Westen her reicht die gegen Norden streichende steilstruierte Basalserie vom Pizzo Filone über P. 2813 und den Colle di Vallaccia durch die Westhänge des Monte Corno,

den Corno la Resa und P. 2703 südlich des Monte Corno bis an den Fuss der eigentlichen Gipfelgräte, immer mit dem älteren stärker metamorphen biotitführenden eigentlichen Campokristallin. Am Fuss der Gipfelgräte setzt, mit schwarzgrauen Casannaschiefern und auffällig rotbraun verwitterten quarzreichen Schiefern und sogar eigentlichen Sandsteinen, wie sie vielfach auch in den basalen Teilen der Malojaserie in der Margna- und der Fora-Kette vorkommen, die epimetamorphe Casannaschiefer-Platte mit klarer Diskordanz ein. In gewissen Abschnitten beträgt die Winkeldiskordanz um die 50°, an andern Stellen sinkt sie auf 30° und weniger zurück. Dazu kommt noch die Diskordanz des Streichens, die bis zu 90° gehen kann. Der Diskordanzfläche folgen zum Teil, in Linsen ausgezogen, aplitische Gänge, und in gewissen Abschnitten wurde die alte Diskordanzfläche, ganz ähnlich wie in vielen Fällen die postherzynische an der Basis des Verrucano, zu einer scharfen Gleitfläche. Das ändert aber nicht das Geringste am Dasein dieser gewaltigen Diskordanz und an der beidseits derselben herrschenden und für deren Deutung grundlegenden verschiedenmetamorphen Facies des Grundgebirges: die obere flache Platte liegt diskordant auf steilgefaltetem, weit höher metamorphen Grundgebirge, die Casannaschiefer-Gruppe über dem älteren eigentlichen Hochkristallin. In der östlichen Paradisinogruppe sind in dieses hochkristalline Grundgebirge des Basalelementes die weit weniger metamorphen Hälleflintbildungen in Form der sog. „älteren Casannaschiefer" der Berninakarte eingeschaltet; sie greifen dort in steilen Zügen weit durch das biotitführende Hochkristallin hindurch. Die Diskordanz am Monte Corno fällt somit zeitlich zwischen diese Hälleflintbildungen und die Entstehung der eigentlichen „jüngeren", d. h. der echten Casannaschiefer.

Mit diesen letzten Hinweisen, die der weiteren Stützung des Vorgetragenen dienen mögen, seien die vorliegenden Betrachtungen für einmal geschlossen. Mögen dieselben zu neuem Forschen in den wundervollen Kristallingebieten der Alpen anregen. So mag es wohl gelingen, dieses ganze alpine Grundgebirge einst viel tiefer zu erfassen, als dies heute möglich ist und seine ungeheure Vielfalt einem weiteren Verständnis entgegenzuführen. Der Weg zu diesem neuen hohen Ziel der Alpengeologie ist ein gangbarer und hoffnungsvoller, aber es bleibt vieles noch zu tun.

Eingegangen: 28. Januar 1948.