

Zeitschrift: Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft
Herausgeber: Aargauische Naturforschende Gesellschaft
Band: 17 (1925)

Artikel: Über das Grundgebirge des Schwarzwaldes
Autor: Niggli, Paul
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-172029>

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: 11.01.2026

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

Über das Grundgebirge des Schwarzwaldes.

Von Paul Niggli.

Unter besonderer Berücksichtigung der Arbeiten von Ed. Bloesch,
S. K. Ray und H. Suter.

Am Aufbau unserer Alpen haben praeromische Gesteine hervorragenden Anteil. Sie bilden das Gerüste der Zentralmassive, sie sind der Hauptbestandteil der penninischen und großer Teile der ostalpinen Decken. Dieses «Altkristallin» unseres Hochgebirges ist nicht immer leicht zu deuten. Die alpine Faltung hat nicht wie in ihrem Ausläufer, dem schweizerischen Jura, nur das postkarbonische Deckgebirge in Mitleidenschaft gezogen, der Faltentiefgang ist ein viel mächtigerer, die altkristallinen Grundgebirgssockel selbst sind zu Massiven aufgetürmt, zu Faltendecken ausgepreßt oder zu riesigen Schubmassen ausgewalzt worden. Wenn daher der Petrograph und Geolog Teile des alpinen Altkristallin zu untersuchen hat, so liegen ihm Gesteine vor, die mehrfach im Laufe der Erdgeschichte in Perioden großer Umwälzungen hineingezogen wurden. Und alle diese großen, den Bau der äußeren Lithosphäre veränderten Ereignisse haben ihre Spuren hinterlassen. Der Forscher muß gewissermaßen versuchen die Geschichte eines Bauwerkes zu entziffern, das zu verschiedenen Zeiten in intensivster Weise umgeändert wurde, aus dem Bruchstücke entfernt und durch andere ersetzt wurden, und über dessen einzelne Phasen der Entstehung nichts näheres bekannt ist. Bei diesem Stand der Dinge braucht es uns nicht zu verwundern, wenn Meinungsverschiedenheiten bestehen über den Anteil, der die verschiedenen Epochen an dem Zustandekommen der heute erkennbaren Gesteinsausbildung haben.

Da hinsichtlich der Lagerungsverhältnisse unzweifelhaft die alpine Faltung, das heißt die letzte Periode der Umwälzungen, bestimmend ist, lag es nahe anzunehmen, daß auch die jetzige Gesteinsbeschaffenheit als solche in der Hauptsache das alleinige Produkt der tertiär alpinen Gebirgsbildung darstelle. Diese Auffassung ist aber ebensosehr unrichtig wie die gegenteilige Behauptung, nach der die Gesteine in sozusagen tertiär unveränderter Form vorliegen sollen.

Methodisch ergeben sich zwei Wege, die zu einer möglichst objektiven Beurteilung der Verhältnisse führen können:

Erstens. Die gesteinsumformenden Kräfte der letzten Faltungsepoke müssen aus einem Studium der Metamorphose *postpermischer* Gesteine erschlossen werden. Gesteine dieses Alters haben von zwei Umwälzungen nur die jüngste mitgemacht. Alle sekundär erworbenen Eigenschaften sind daher in Zusammenhang mit dieser Dislokation zu bringen.

Zweitens. Über den Zustand in dem sich *praepermische* Gesteine *vor* der alpinen Faltung befanden, gibt eine Untersuchung *benachbarter Gebiete* Auskunft, die von dieser tektonischen Umformung nur wenig oder gar nicht beeinflußt wurden.

Derartige Hilfsuntersuchungen verfolgen somit den Zweck, die letzte in Frage kommende Periode metamorphosierender Wirkung getrennt zu studieren und gleichzeitig in Erfahrung zu bringen, in welchem Zustand das sogenannte Grundgebirge sich vorher befand. Naturgemäß muß bei der Übertragung der gewonnenen Gesichtspunkte sorgfältig vorgegangen werden. Die jungen Sedimente werden bei der alpinen Faltung etwas anders reagiert haben als die alten schon vorher (hercynisch) gefalteten Gesteine, und die von der jungen Gebirgsbildung verschont gebliebenen Erdrindenteile brauchen nicht genau den gleichen Bau aufzuweisen, wie er im Alpengebiet herrschend war. Berücksichtigt man jedoch diese Möglichkeiten, so liefern beide Untersuchungsarten wertvolle Fingerzeige zur Beurteilung unseres alpinen Altkristallins.

Aus diesen Erwägungen heraus erschien es mir in erster Linie wünschenswert, die Bündnerschieferregionen der Alpen einerseits, die benachbarten Mittelgebirge andererseits petrographisch zu bearbeiten. Über Ergebnisse von Studien letzterer Art soll im folgenden berichtet werden.

Den Zentralalpen am nächsten liegt das Grundgebirge des *Schwarzwaldes*. Ja es greift im Gebiete von Laufenburg über die Schweizergrenze und nimmt am Aufbau der nördlichsten Partie des Kantons *Aargau* teil. Die gewaltigen Sprengarbeiten, die zum Bau des Kraftwerkes Laufenburg nötig waren, verschafften einen selten günstigen Einblick in die Struktur dieser alten Gesteinsmassen, und die während der ganzen Bauperiode von *Dr. E. Bloesch* und dem Verfasser ausgeführten Untersuchungen führten zur Aufnung eines außerordentlich umfangreichen Materials, das zur wissenschaftlichen Bearbeitung Herrn *H. Suter*

übergeben wurde. Hatten schon Herr Bloesch und der Verfasser zwecks Vergleichsstudien ihre Begehungungen auf den gesamten südlichen Schwarzwald ausdehnt, so tat dies Herr Suter in noch eingehenderer Weise. Er wurde unterstützt von Herrn *S. K. Ray*, der anschließend das Gebiet des Albtales petrographisch bearbeitete. Der mittlere und nördliche Teil des Schwarzwaldes ist durch die badischen und württembergischen Landesgeologen in ausgezeichneter Weise untersucht worden, mehrere Schüler des besten Kenners des Schwarzwaldes, Herrn Prof. Dr. *A. Sauers*, haben außerdem Einzelprobleme behandelt. So gelang es leicht auf kurisorischen Streifzügen auch über den Aufbau dieser Teile des Grundgebirges Klarheit zu erlangen. Es soll daher an dieser Stelle versucht werden in zusammenfassender Weise über das Grundgebirge des Schwarzwaldes Bericht zu erstatten.

Kennzeichnend für den Schwarzwald ist, daß *Gneiß* und *Granit* weitaus die herrschenden Gesteinsarten sind. Glimmerschiefer und Phyllite, die beispielsweise im sächsischen Erzgebirge neben der Gneisformation verbreitet sind, fehlen fast völlig. Auch das sogenannte Übergangsgebirge, bestehend aus wenig umgeprägten Sedimenten, die in den Epochen unmittelbar vor der hercynischen Gebirgsbildung abgelagert wurden, tritt sehr zurück. Diese Verhältnisse erinnern an den Bau unserer nördlichsten Zentralmassive, insbesondere des Aarmassives, wie von verschiedenen Forschern mehrfach hervorgehoben wurde. Spärliche Reste altpalaeozoischer, zum Teil allerdings bloß kulmischer Sedimente in der Gegend von Baden, im Klemmbachtal, vom Belchen bis nach Lenzkirch, im Gebiet des Blauenabbruches, in der Nähe von Offenburg usw. machen es wahrscheinlich, daß das Übergangsgebirge wenigstens teilweise auch hier ausgebildet war, jedoch (sicherlich vor Ablagerung des Rotliegenden) fast völlig erodiert wurde. Von allen deutschen Mittelgebirgen ist wohl der Schwarzwald dasjenige, das uns infolge des heutigen Fehlens der Glimmerschiefer und Phyllitregion, sowie des Zurücktretens der Formation des Übergangsgebirges, den *tiefsten* Einblick in das Altkristallin gestattet. Berücksichtigt man, daß die Serie der «Casannaschiefer», die dem Alter nach zu einem großen Teil mit dem Übergangsgebirge parallelisiert werden muß, im Gotthardmassiv bereits stärker als im Aarmassiv entwickelt ist, um in einzelnen penninischen Decken zu deutlicher Ausbildung zu gelangen, so erscheint sehr wahrscheinlich, daß

zwischen Odenwald und Penninikum nach der oberkarbonischen (hercynischen) Gebirgsbildung ein eigentlicher *ältester Grundgebirgskern emporgestaut war*. Er schirmte die polarwärts gelegenen Teile Eurasiens von der mediterran-alpinen Faltung ab, bestimmte deren nördlichste Grenzlinie, war eine der Ursachen für die Abzweigung und Abscherung des Jura-gebirges. Und so ist es kein Zufall, daß das nördlichste alpine Zentralmassiv und das nördlichste der zentralen Mittelgebirge des eurasiatischen Vorlandes tiefstgelegene Teile des europäischen Festlandes beobachten lassen.

Den Graniten und ihren Begleitgesteinen kommt im Schwarzwald und im Aarmassiv karbonisches Alter zu. Die sie erzeugenden Magmen sind in das Gneisgebirge eingedrungen. Wir wollen daher zunächst die Gneisformation für sich betrachten.

a) *Die Gneisformation des Schwarzwaldes.*

Wir müssen versuchen eine Reihe von Fragen zu beantworten, die sich beim Studium des schwarzwälderischen Grundgebirges aufdrängen. Aus welchen Gesteinen haben sich die Gneise und ihre Einlagerungen durch Metamorphose gebildet? In welche Periode der Erdgeschichte fällt die Gneisifizierung? Welcher Einfluß auf die Gesteinsausbildung hatte das Empordringen der oberkarbonischen Granitmagmen?

Daß die Gneise keine einheitliche Masse darstellen, wurde schon frühzeitig erkannt. A. Sauer hat am schärfsten und glücklichsten zwei Haupttypen auseinander gehalten, die er nach Gebieten vorherrschenden Vorkommens *Schapbach-* und *Renchgneise* nannte. Genetisch glaubte man in den Schapbach-gneisen Orthogesteine, das heißt alte Eruptivgesteine, in den Renchgneisen jedoch Paragesteine, das heißt metamorphe Sedimente zu erkennen. Als man nun jedoch die Ausscheidung dieser Gneisvarietäten durchführen wollte, stieß man an verschiedenen Orten auf Schwierigkeiten. So glücklich an sich die Zweiteilung war, es ließ sich feststellen, daß durch sie nur zwei *Endtypen* einer mannigfaltig variablen Entwicklungsreihe charakterisiert werden. Zwischenglieder eigentümlicher Ausbildung waren schwer zu klassifizieren und führten zu dem zunächst rein formal zu bewertenden Begriff der *Mischgneise*. Der genetischen Deutung dieses Begriffes und der ihm zu Grunde liegenden Beobachtungstatsachen galten im besondern die Untersuchungen der letzten 15 Jahre.

Als Ganzes weist hinsichtlich des *Mineralbestandes* der Gneiskomplex höchst einfache Verhältnisse auf.

Hauptmineralien sind Quarz, Kalifeldspat, Plagioklas (meist Oligoklasalbit bis Andesinlabradorit), Biotit. Als Übermengenteile, die lokal zu wesentlichen Bestandteilen werden können, sind zu erwähnen: Granat, Sillimanit, Cordierit (meist als Fahlunit pseudomorph in Chlorit Sericit umgewandelt), Hornblende, Turmalin, Graphit. Nur sporadisch treten Andalusit oder Disthen auf. Die Nebengemengteile sind die üblichen, nämlich: Apatit, Zirkon, Rutil, Titanit, Orthit, Ilmenit, Hämatit, Magnetit, Pyrit, Magnetkies, Spinell. Eigentliche Muskowitgneise oder Zweiglimmergneise sind nicht vorhanden. Wo Muskowit auftritt ist er fast durchwegs als ausgebleichter Biotit zu deuten. Chlorit, Sericit, Epidot und Zoisit fehlen natürlich nicht völlig, spielen jedoch keine größere Rolle als in jedem an sich unveränderten Tiefengestein. Der Mineralbestand der Schwarzwälder Gneise ist also ein typisch *katazonaler*. Er ist wesentlich einfacher und homogener als derjenige der Gesteine des Aarmassives oder gar des Gotthardmassives. Vor allem sind in diesen Zentralmassiven Muskowit, Sericit, Epidot, Klinozoisit, Chlorit, Chloritoid, Staurolith, Disthen relativ weitverbreitet. Der Vergleich mit dem Schwarzwald macht es deshalb bereits wahrscheinlich, daß ein erheblicher Teil dieser Mineralien bei der alpinen Faltung neu gebildet wurde.

Zwischen typischen Schapbachgneisen und Rengneisen gibt es keine durchgreifenden mineralogischen Unterscheidungsmerkmale. Indessen sind die Rengneise im allgemeinen feldspatärmer und glimmerreicher als die Schapbachgneise, sie führen häufiger Sillimanit und Cordierit, etwas seltener Orthit. In quarzreichen Schapbachgneisen ist der Granat oft reichlich vertreten, während er allerdings mehr nur lokal (Kinzigitgneise, Kinzigte) auch in weniger SiO_2 -reichen Rengneisen auftritt. Rein quarzitische, graphitführende, sowie seltene marmorartige Einlagerungen sind Rengneisarealen eigen.

Die als charakteristisch geltenden Schapbachgneise sind meist mehr oder weniger dickbankig, lagenförmig oder schliebrig ausgebildet. Die Textur ist körnig-streifig, lagig granit- oder aplitähnlich, lenticular, verworrenfältelig bis schliefig, gebändert. Man unterscheidet leukokratische *Granulite* von gewöhnlichen *Biotitgneisen*.

Die Rengneise variieren in ihrer Ausbildung stark. Sie sind oft feinstreifig bis schiefrig, struppig bis flaserig. Doch treten neben glimmerschieferähnlichen Gesteinen auch hornfelsartige und feinkörnige Varietäten (z. B. Cornubianite) auf. Eine Fältelung insbesondere der glimmerreichen Abarten ist oft vorhanden.

Es ist zunächst nachzuprüfen, ob sich in *chemischer Hinsicht* die typischen Vertreter beider Gneismassen voneinander unterscheiden. Es liegt heute ein ziemlich umfangreiches Analysenmaterial vor. Viele Analysen stammen aus den *Dittrich'schen* Laboratorien oder aus dem mineralchemischen Laboratorium des mineralogisch-petrographischen Institutes der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich.

Zum Vergleich der chemischen Verhältnisse sind die Molekularzahlen von:

$\text{Al}_2\text{O}_3 = al$, $\text{FeO} + \text{MgO} + \text{MnO} = fm$, $\text{CaO} = c$, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = alk$ auf die Summe 100 umgerechnet worden. *si* gibt die auf gleiche Basis berechnete Molekularzahl von SiO_2 . Die molekularen

Verhältnisse $\frac{\text{K}_2\text{O}}{\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}} = k$ und $\frac{\text{MgO}}{\text{FeO} + \text{MgO} + \text{MnO}} = mg$ sind ebenso wie das Verhältnis $\frac{c}{fm}$ angegeben. Die Tabel-

len I und II geben über die Untersuchungsergebnisse Aufschluß. Die Variationsbreite in SiO_2 , das heißt *si*, ist für Schapbach- und Rengneise ungefähr die gleiche. In beiden Fällen handelt es sich um relativ kalkarme Gesteine mit einem sehr häufig unter 15 liegenden *c*-Wert. Dennoch zeigt eine genauere Betrachtung typische Unterschiede. Die quarzreichen (quarzitischen bis cornubianitischen) Rengneise, die im allgemeinen hornfelsartig oder feinstreifig ausgebildet sind, lassen sich glücklicherweise sehr gut von den Granuliten unterscheiden. Es ist bei ähnlicher hoher *si*-Zahl *fm* in den Rengneisen viel höher, während *alk* im allgemeinen niedrigere Werte annimmt. Das *mg*-Verhältnis ist in den Granuliten variabler als in den quarzreichen Rengneisen. Anderseits variiert *k* in der letzteren stärker und ist oft niedriger als in den ersten. Die Granulite weisen typisch granitischen (aplit-engadinitgranitischen) Chemismus auf, wenn auch oft *al* durch Zersetzungsvorgänge relativ angereichert erscheint. In Übereinstimmung mit den Beobachtungen im Felde sind diese Schapbachgneise somit tatsächlich als *Orthogesteine*, ursprüngliche Eruptivgesteine, anzusprechen. Die chemischen

Tabelle I. Eigentliche Schapbachgneise, Orthogneise des Schwarzwaldes.

si	al	fm	c	alk	k	mg	c/fm	
463	41,5	10,5	4	44	0,51	0,19	0,38	Glimmergranulit. Wildschapbachtal.
425	50	11	2	37	0,58	0,50	0,18	Normaler, etwas unfrischer Granulit. Albtal.
411	42	15	6,5	36,5	0,51	0,33	0,44	Etwas Sillimanit führender Schapbachgneis, westlich Baiersbronn.
401	49,5	11,5	8,5	30,5	0,49	0,22	0,71	Granulit. Vorgelbach.
380	44,5	14	12	29,5	0,64	0,09	0,84	Sillimanitführender Schapbachgneis, westlich Baiersbronn.
294	38,5	24	12	25,5	0,27	0,45	0,51	Glimmerreicher, körnig-schuppiger Gneis. Wildschapbachtal.
246	34	25,5	13,5	27	0,30	0,32	0,53	Normaler Biotitgneis. Hechtsberg bei Hausach.
234	31,5	32	12	24,5	0,30	0,28	0,37	Schapbachgneis, Rappeneck bei Freiburg.
178	26,5	44	13,5	16	0,39	0,35	0,31	Plagioklasgneis mit Biotit und Hornblende. Teufelsmühl.
104	20,5	59	15,5	5	?	0,49	0,26	Bytownitgneis mit Hornblende. Jakobsbrunnenteich.

Tabelle II.

Eigentliche Renggneise, Paragneise des Schwarzwaldes.

<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>c/fm</i>	
597	35,5	31	4	29,5	0,31	0,43	0,12	Feinkörniger, quarzitischer Gneis. Schappbachthal.
460	33,5	28,5	15	23	0,25	0,38	0,52	Cornubianitgneis, dichter Biotitgneis. Murgtal. Südschwarzwald.
432	40	27,5	11	21,5	0,69	0,47	0,41	Feinstreifiger, etwas Hornblende führender Gneis. Laufenburg.
402	43	25,5	5	26,5	0,58	0,38	0,19	Feinstreifiger Biotitgneis. Laufenburg.
400	47	23,5	10	19,5	0,35	0,35	0,42	Biotit-Hornblendegneis. Laufenburg.
390	34,5	30,5	9,5	25,5	0,22	0,32	0,29	Cornubianitgneis, dichter Biotitgneis. Murgtal, Südschwarzwald.
384	39,5	26,5	11,5	22,5	0,36	0,41	0,42	Glimmergneis. Jägerhäusle bei Freiburg.
358	39	26,5	9	25,5	0,27	0,33	0,34	Feinkörniger Renggneis. Unterer Gelbach. Oberwolfach.
344	36	30	6,5	27,5	0,41	0,34	0,21	Renggneis. Fahrstraße Hirzberg-St. Ottilien bei Freiburg.
281	41,5	26	7	26	0,35	0,47	0,26	Biotitgneis mit Cordieritpseudomorphosen. Luisenhöhe. Freiburg.
271	33	36	10	21	0,33	0,48	0,29	Feinstreifiger Fältelgneis. Rote Fluh. Laufenburg.
263	40	33	3,5	23,5	0,44	0,44	0,10	Sillimanit-Glimmergneis. Oberwolfach.
247	33	36	9	22	0,41	0,48	0,24	Feinstreifiger Fältelgneis. Rote Fluh. Laufenburg.
239	36	42	3,5	18,5	0,43	0,45	0,09	Pelitischer Glimmergneis mit Cordieritpseudomorphosen. Bahnhof Waldkirch.
234	39	36,5	4	20,5	0,48	0,40	0,11	Sillimanit-Cordieritgneis. Oberwolfach.
191	32	44	8	16	0,43	0,50	0,18	Granat-Graphitgneis, Kinzigt. Schenkenzell.
155	29	45,5	6	19,5	0,56	0,36	0,13	Cordieritgneis. Murgtal. Südschwarzwald.
307	45,5	19,5	14,5	20,5	0,33	0,42	0,72	Granatführender Glimmerplagioklasgneis, Bohrer bei Freiburg.
304	47,5	17	20,5	15	0,21	0,52	1,24	Plagioklasgneis mit Strahlstein, Disthen, Muskowit. Neustadt.
282	55,5	18	14	12,5	0,29	0,10	0,79	Glimmergneis. Rengthal bei Freiersbach.
238	38	26	16,5	19,5	0,41	0,37	0,64	Granat-Biotitgneis. Yach bei Elzach.
196	45,5	23,5	20	11	0,25	0,25	0,85	Glimmerreicher Renggneis. Rengthal bei Freiersbach.

Verhältnisse, die den Renchgneisen von $si=600$ bis 350 eigen sind, kommen bei Eruptivgesteinen nicht vor. Sie entsprechen den Beziehungen, die man in tonigen Sandsteinen oder sandigen Tonen findet. Sedimentogene Sericitalbitgneise weisen ganz analoge Zahlenwerte auf. Die analysierten quarzitischen, cornubianitischen und feinstreifigen Renchgneise sind somit zweifellos *Paragesteine*. Vielleicht daß in einzelnen Fällen (z. B. $si=593, 402, 387, 358$) die Alkalien etwas hoch sind, es mag dann bereits eine pneumatolytische Alkalizufuhr erfolgt sein.

Die echten Schapbachgneise mit einem si zwischen 300 und 200 besitzen granitischen, jedoch relativ natronreichen Chemismus. Letzteres läßt auch verstehen, daß lokal plagioklastreiche Gneise auftreten. Im ganzen kann es sich sehr wohl um Orthogensteine handeln. Die Renchgneise von si 350 bis si 150 lassen sich zu zwei Gruppen vereinigen. Die eine ist sehr kalkarm ($c < 12$) *fm* und *al* sind ungefähr gleich groß, meist ist ein erheblicher Tonerdeüberschuß über die Summe $c+alk$ vorhanden. Abgesehen davon, daß in einzelnen Fällen die Alkalien unter denen K_2O ($k!$) immer reichlich vertreten ist, etwas höhere als die normalen Werte erlangen (Alkalizufuhr!), handelt es sich um chemische Verhältnisse, wie sie tonigen Sedimenten zu kommen. Auch diese Renchgneise sind in der Hauptsache unzweifelhafte Paragesteine, vielleicht dann und wann bereits etwas pneumatolytisch alkalisiert. Kalkreicher und alkaliärmer ist eine zweite Gruppe von Renchgneisen. Der hohe *al*-Gehalt läßt auch hier keinen Zweifel über den sedimentogenen Ursprung. Das Substrat war jedoch etwas mergeliger.

So zeigt sich, daß die analytisch-chemische Untersuchung sehr wohl imstande ist den ursprünglichen Charakter typischer Schapbach- und Renchgneise abzuleiten. Sie ist, verbunden mit einer zweckmäßigen Berechnungsweise, das beste Mittel um Ortho- von Paragneisen zu unterscheiden. Sie bestätigt, daß am Aufbau des Grundgebirges des Schwarzwaldes alte Eruptivgesteinskomplexe und sedimentäre, metamorphosierte Gesteinsmassen Anteil haben.

Die Tabellen I und II enthalten jedoch eine ganze Anzahl von Analysen *nicht*. Diese sind in der Hauptsache von Gesteinen ausgeführt worden, die schon im Felde weder dem einen noch dem andern der beiden Grundgneise zugeordnet werden können. Sie sind früher bereits *Mischgneise* genannt worden. Zunächst zeigt nun die Zusammenstellung entspre-

Tabelle III.

Mischgneise (Injektionsgneise zum Teil) des Schwarzwaldes.

	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>c/fm</i>	
	399	38	21	10	31	0,61	0,09	0,45	Flasrig bis lagig injizierter, roter Gneis. Rote Fluh. Laufenburg.
	397	42	17	10	31	0,52	0,32	0,59	Weißen, stark injizierter Gneis. Rote Fluh. Laufenburg.
	378	41	20	10	29	0,47	0,45	0,46	Ebenlagig injizierter, roter Gneis. Rote Fluh. Laufenburg.
	353	36,5	24	9	30,5	0,45	0,25	0,37	Feinkörniger «Renchgneis» Hirschbächle bei Freiersbach.
10	338	38	23	10	29	0,51	0,41	0,41	Lagiger, roter Gneis. Rote Fluh Laufenburg.
	301	42,5	22,5	9,5	25,5	0,33	0,27	0,41	Biotitgneis fraglicher Herkunft. Haslach.
	256	39	26	5	30	0,57	0,20	0,20	Renchgneis von Oberwolfach, jedoch wohl alkaliert.
	362	27,5	34,5	16,5	21,5	0,46	0,26	0,48	Flasrig-lagig injizierter weißer Gneis. Hohwand. Laufenburg.
	355	39	22,5	17	21,5	0,17	0,38	0,77	Lagiger Gneis. Hohwand-Brücke. Laufenburg.
	327	40	25,5	13	21,5	0,41	0,53	0,51	Orthitführender Schapbachgneis. Vielleicht rein eruptiv. Wildschapbachtal.
	326	38	24,5	16	21,5	0,43	0,41	0,65	Lagig injizierter weißer Gneis. Hohwand-Brücke Laufenburg.

chender Analysen in Tabelle III, daß tatsächlich als Ganzes genommen auch der Chemismus ein mittlerer zwischen Ortho- und Paragesteinen (I und II) ist. Wieder lassen sich eine kalkärmeren und eine etwas kalkreichere Gruppe unterscheiden. Die erstere besitzt im allgemeinen höheres *fm* oder kleineres *c* als

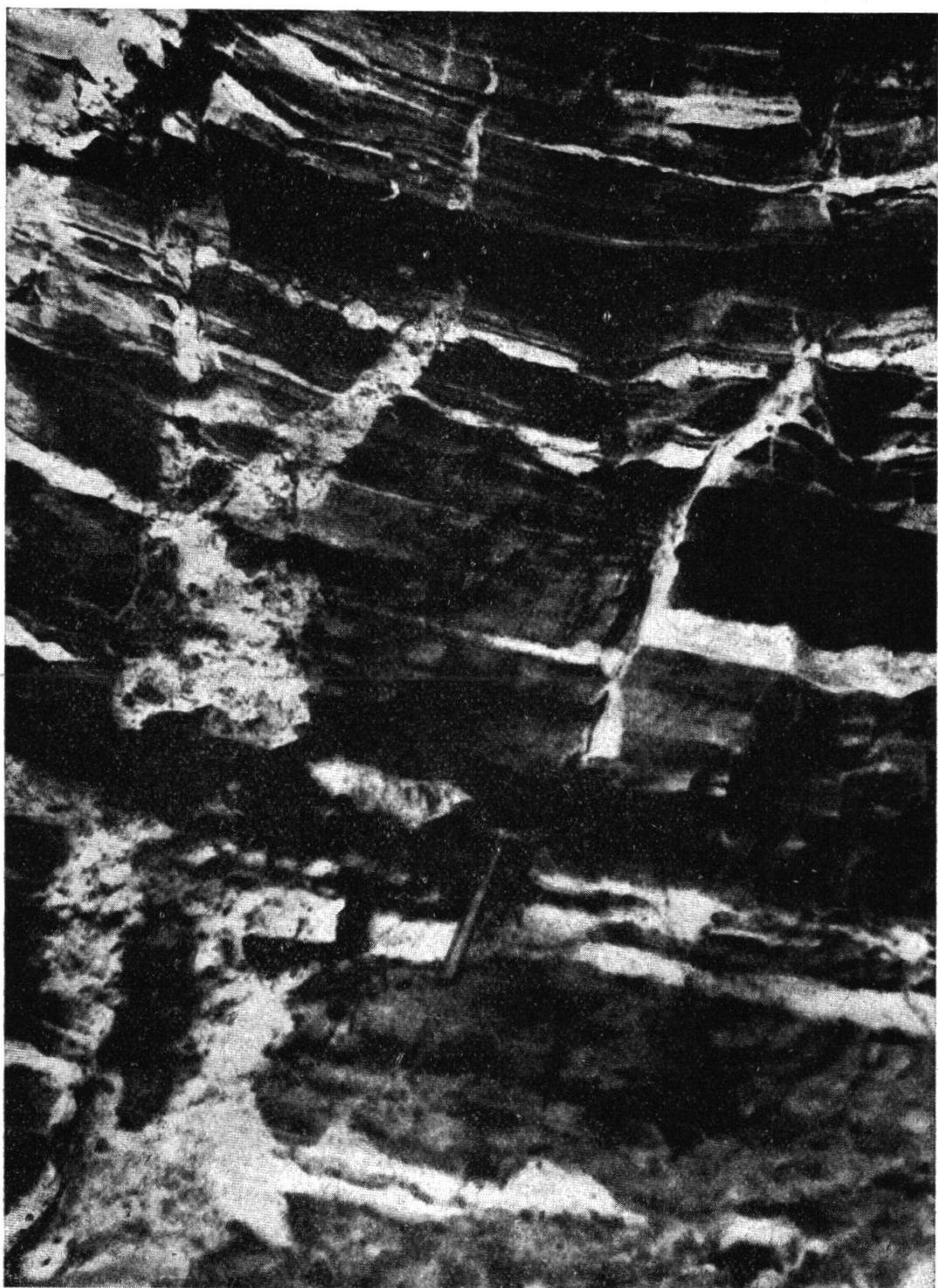


Fig. 1. Injektion eines Pegmatitganges in den Gneis des Laufenplatzes bei Laufenburg.

in *si* ähnliche Gesteine der Tabelle I. Anderseits ist *alk* höher und *fm* kleiner als in typischen Renghgneisen. Auch die Gesteine der zweiten kalkreicher Gruppe enthalten mehr *alk* als die entsprechenden, meist zugleich tonerdereichen Gesteine der Tabelle II. Die Mischgneise sind somit auch im chemischen Sinne Mittelglieder, in ihnen scheint eruptives und sedimentäres Material vermischt zu sein.

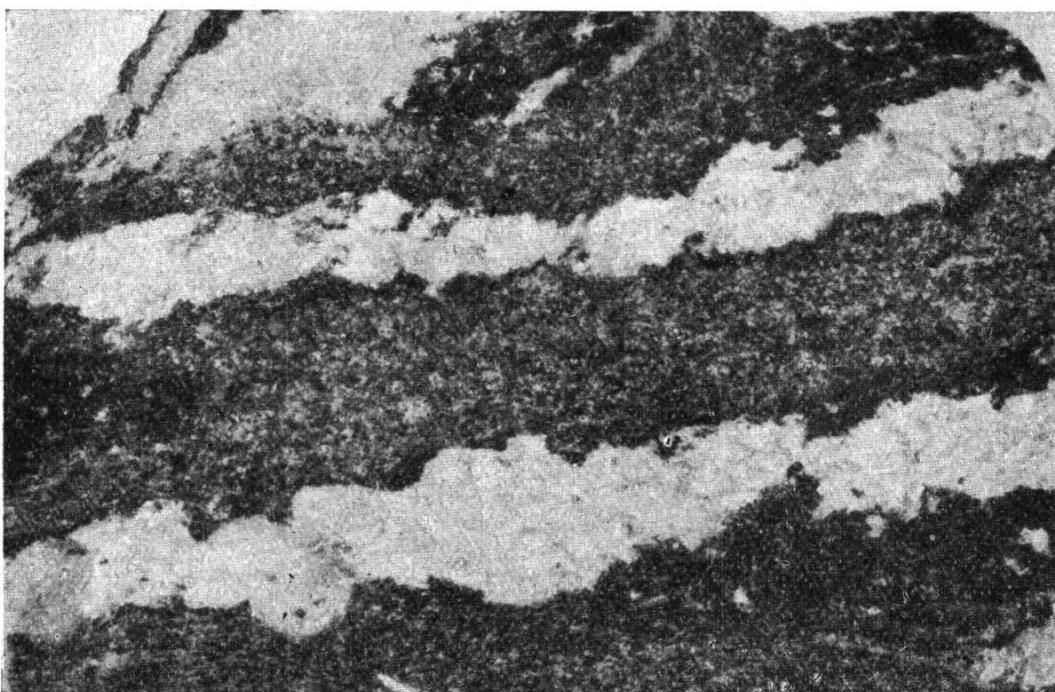


Fig. 2. Hohwandgneis mit Injektionsadern und Biotitsaum.
Laufenburg. Maßstab ca. 4 : 7. H. Suter.

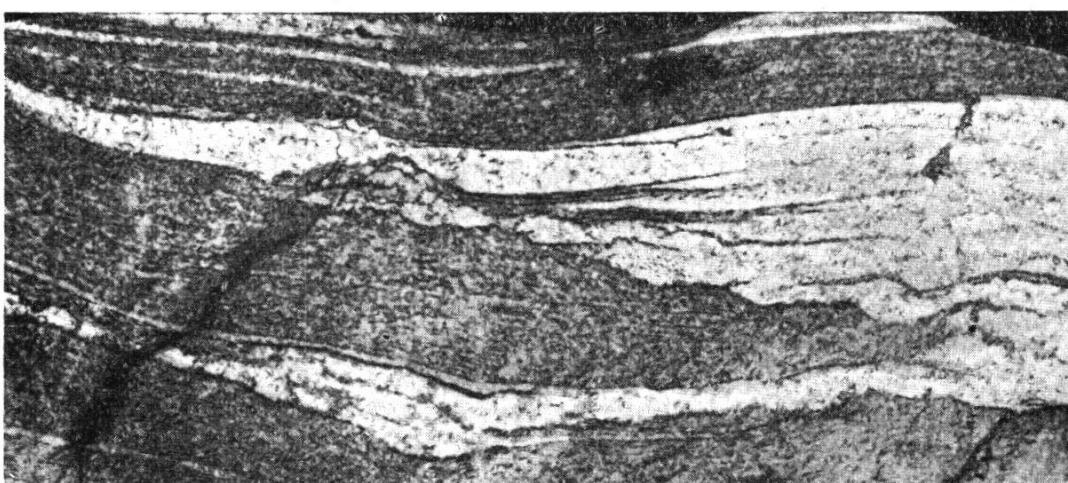


Fig. 3. Aufblätterung von Hohwandgneis durch Aplit und Pegmatit.
Man beachte die einfachen und ruhigen Formen der Adern und
Gneislagen im Gebiete des Aplites. Stark verkleinert. H. Suter.

Wie sie genetisch zu deuten sind, hat in ausgezeichneter Weise die Untersuchung der so charakteristischen Gneise der «Roten Fluh», «Hohwand» und «Alten Brücke» von Laufenburg durch *H. Suter* gezeigt. Um einen Überblick über die ungeheure Mannigfaltigkeit der Ausbildungsweise dieser Gesteine zu erlangen, gehen wir am besten von der Betrachtung der Photographie, Figur 1 aus. Sie zeigt das Eindringen eines weißen pegmatitsch-aplitischen Ganges in den Gneis. Man

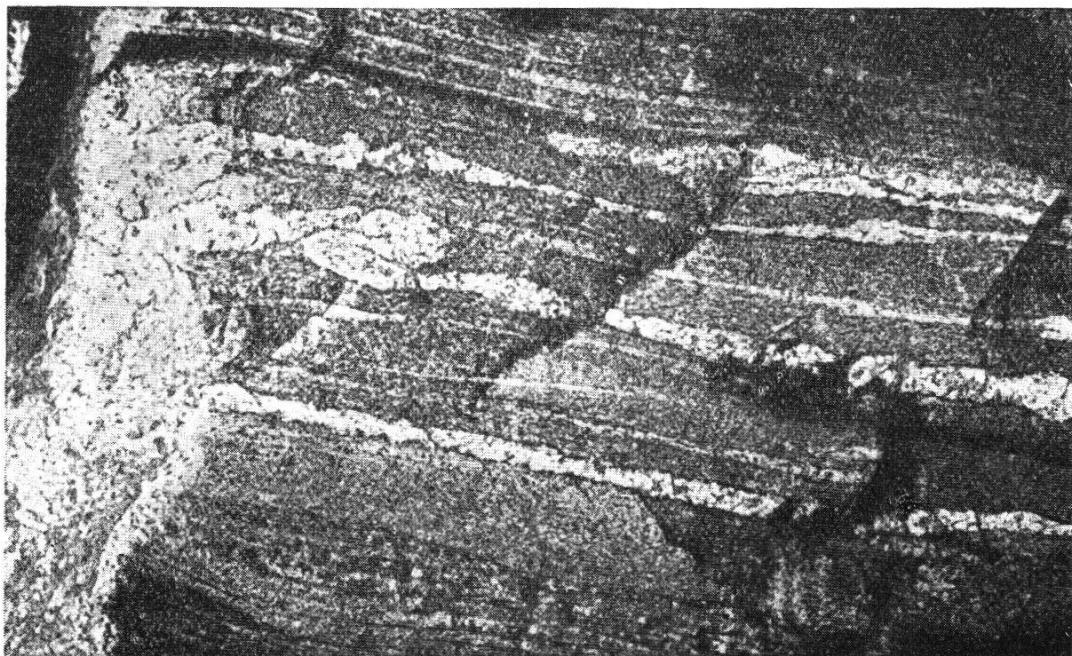


Fig. 4. Injektion im Hohwandgneis. Ptygmatische Fältelungen.
Gneisblock, Laufenburg. Stark verkleinert. H. Suter.

sieht, wie die magmatische Lösung in den Gesteinskomplex injiziert wurde, zunächst quer durch die schwach nach rechts geneigte Schieferung, wie jedoch parallel dieser Schieferung Adern ausstrahlen, die sich linsenförmig verdicken und plötzlich wieder auskeilen. Sie ergeben mit den Queradern ein netzartiges System. Einzelheiten zeigen die Figuren 2, 3 und 4. Figur 2 zeigt wie pegmatitische Quarz-Feldspatadern von unregelmäßiger Gestalt in mehr oder weniger parallelen Zügen den massig dichten Gneis durchsetzen. Am Rande ist der Biotit des Substrates sehr häufig grobblätterig (Schwarzer Biotitsaum). Die Adern sind innig mit dem Gneis verschweißt. Sind sie mehr aplitisch (feinkörnig) struiert, so sind die Formen ruhiger. Fig. 3 zeigt sehr schön wie der Gneis durch das eindringende Eruptivmaterial aufgeblättert wird. Aus ihr ist auch ersichtlich wie neben den größeren Adern feinste, schmale

Lager weißen Materials auftreten, die schließlich einen homogen erscheinenden, lagig-streifigen Mischgneis erzeugen. Daß solche Feldspat-Quarzlagen tatsächlich vom Eruptivanteil ausgehen, ist an der einen Ader gut erkennbar. Auch die Figur 4 läßt sehr gut den Zusammenhang zwischen pegmatitischer Gangmasse (links) und Durchaderung bis Durchstreifung konstatieren. Interessant ist die Fältelung der mittleren Ader. Es ist das die sogenannte *ptygmatische* Fältelung von der auch Figur 5 ein schematisches

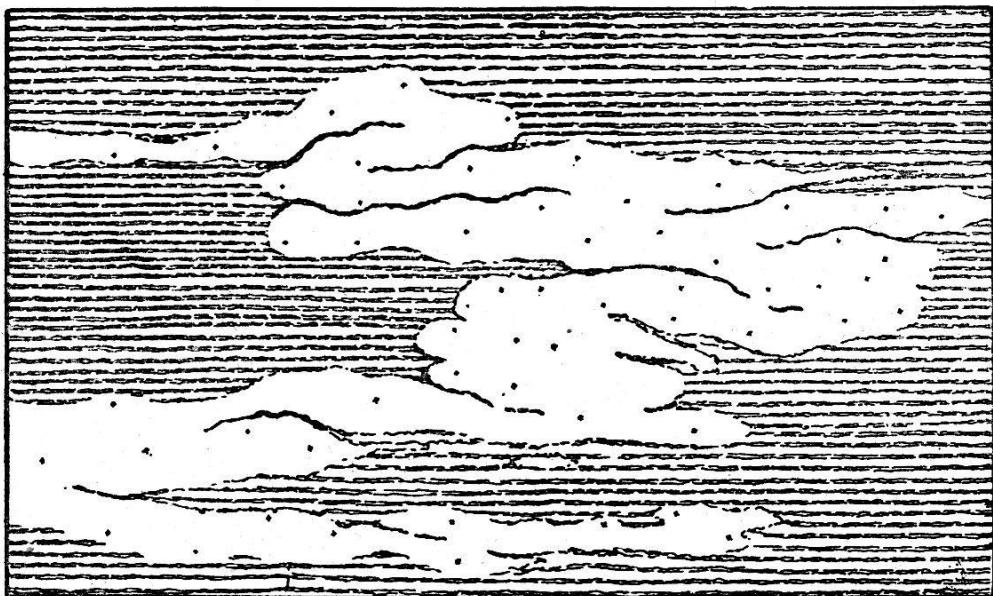


Fig. 5. Schema der ptygmatischen Fältelung. Maßstab ca. 1 : 4.
Nach H. Suter.

Bild darstellt. In den beiden zur Darstellung gebrachten Fällen ist sie leicht zu deuten. Es handelt sich um eine besondere Intrusionsform. Das Vordringen der Lösungen in einer Richtung wurde durch irgendwelche Umstände verhindert, im spitzen Winkel drangen sie rückwärts, um an günstigeren Stellen wieder die alte Richtung einzuschlagen.

Alle diese Bilder sind für sogenannte *Injektionsgneise* typisch. Pegmatitisch-aplitische, teils sehr dünnflüssige, fluide Lösungen haben einen alten Gesteinskomplex intensiv durchdrungen und geaderte bis lagige Gesteine geschaffen. Obschon sich oft in der Struktur Substrat und injizierter Anteil unterscheiden, hat doch eine innige Verschweißung stattgefunden. Es darf nicht angenommen werden, daß die zwischen den Hauptadern liegende Gesteinsmasse noch durchwegs unveränderter Renngneis sei. Gerade Figur 4 zeigt deutlich, wie auch in ihr feinste Äderchen auftreten und wie in Zügen, augenartig

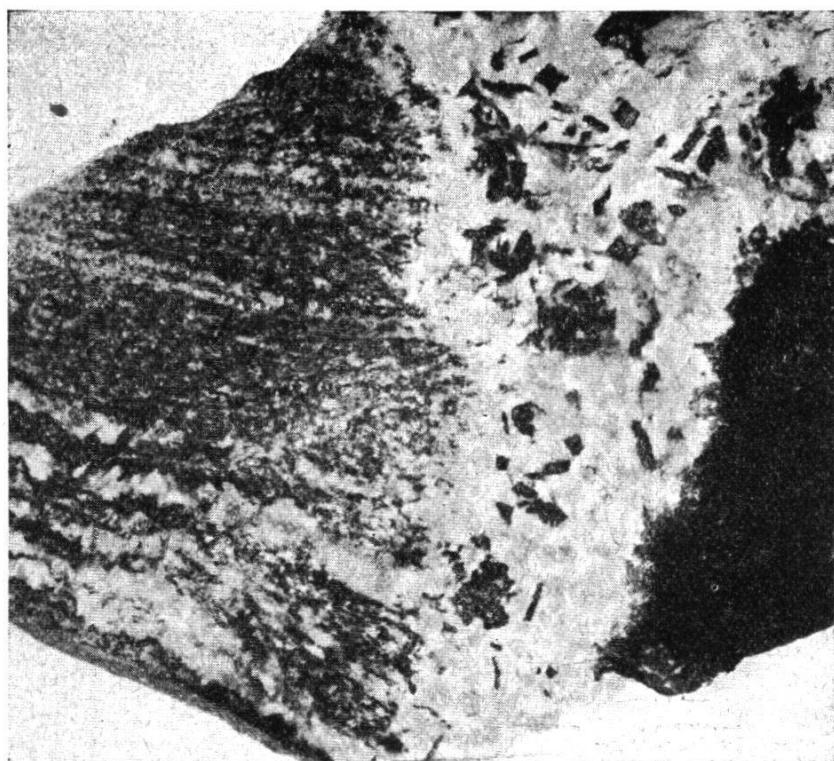


Fig. 6. Kontakt zwischen weißem Pegmatit und Hohwandgneis.
Ausbildung von divergentblättrigem Biotit (Laufenburg).
Maßstab ca. 2 : 3. H. Suter.

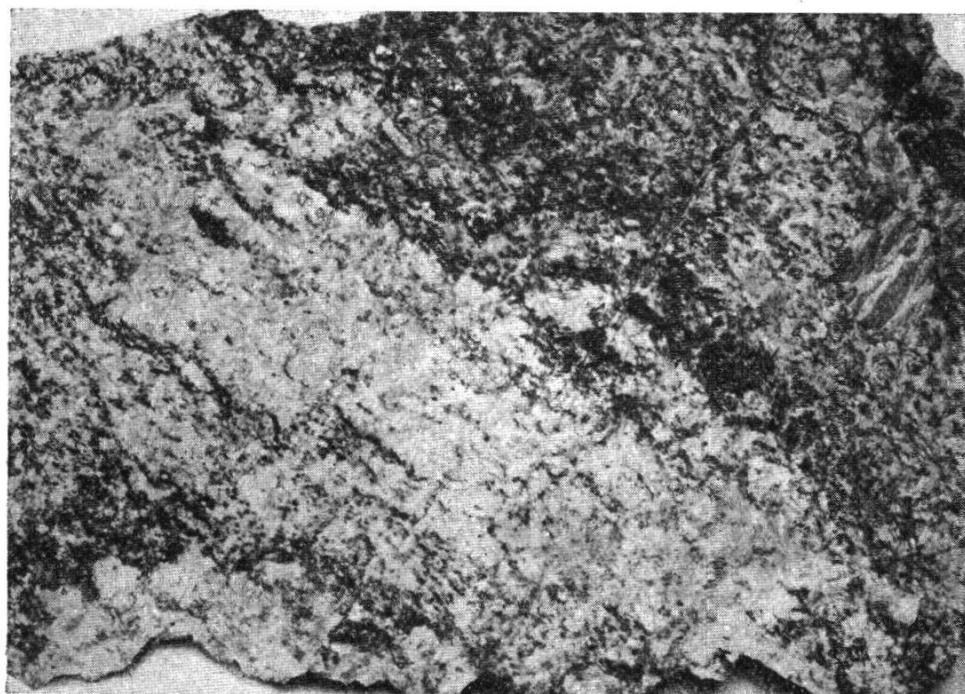


Fig. 7. Hochinjizierter Hohwandgneis (weiße Injektion).
Laufenburg. Maßstab ca. 2 : 3. H. Suter.

größere Feldspäte sich entwickelt haben. Das ganze Gestein wurde von den Dämpfen und fluiden Lösungen imprägniert und kristallisierte, oft unter Stoffaufnahme, um. Die in Fig. 3 erkennbare Aufblätterung hat sich mancherorts bis in die feinsten Details ausgewirkt. Aber auch die magmatischen Lösungen haben aus dem umgebenden Gestein Stoffe aufgenom-

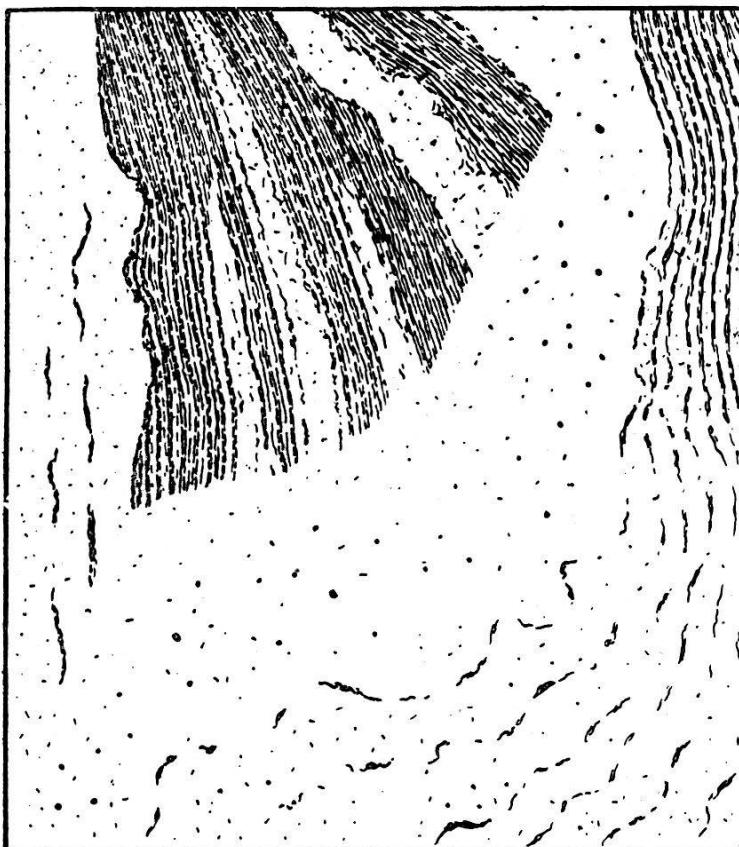


Fig. 8. Weiß injizierter Gneis (Hohwandserie) von der Brücke Laufenburg.
Aufblätterung ruhig und spärlich im Gebiet des Aplites (feinpunktiert),
unruhig im Gebiet des Pegmatites (gröber punktiert).

Nach H. Suter.

men. Die an sich glimmerarmen Pegmatite führen dann divergent-strahligen Biotit oder grünschwarze Hornblende. Figur 6 zeigt eine solche pegmatitische Querader mit dem links gelegenen deutlichen Resorptionsrand. Es entstehen schließlich schlierige Gneise, die als *Resorptions-* bis *Einschmelzgesteine* zu deuten sind. Allerdings muß betont werden, daß es nicht immer leicht ist, diese Ausbildungen von denen zu unterscheiden, die als *Imbibitionsgneise* bezeichnet werden müssen (bei denen also eine allgemeine Durchtränkung durch fluide Lösungen und Dämpfe eine Umkristallisation unter Stoffzufuhr zur Folge hatte).

Figur 7 ist für solche Gneise typisch. Der unten links gelegene Teil besteht vorwiegend aus Eruptivmaterial mit stark verwischten Resten des lagigen Gneises. Oben rechts ist extrem stark feldspatisierter Gneis erhalten geblieben.

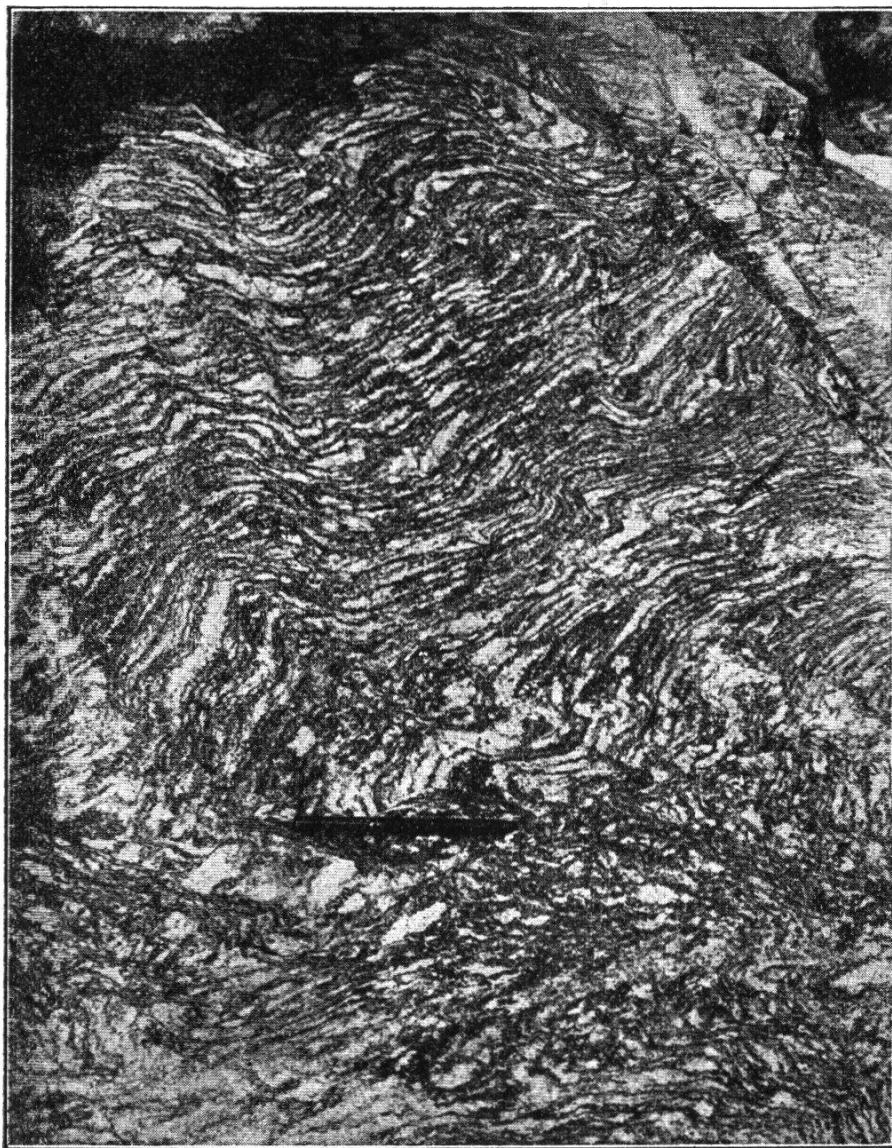


Fig. 9. Schlieriger Rote-Fluhgneis. Bad. Bahnhof Kl. Laufenburg.
(Füllfederhalter als Vergleichsgröße).

Figur 8 zeigt, wie die verschiedenen Stadien der Injektion, Durchtränkung und Resorption nebeneinander auftreten können. Im oberen Teil ist lagig injizierter Gneis zu sehen. Der Pegmatit von dem sie ausgehen, hat auf der entgegengesetzten Seite unter Aufblätterung das Substrat weitgehend resorbiert und ein schlieriges Mischgestein geschaffen.

Bei allgemein intensiver Beeinflussung des Substrates durch das Eruptivmaterial entstehen flasrig-körnige, ortho-

gneisähnliche, flasrig-lagige, schlierige bis pegmatitähnliche Gesteinsvarietäten, die zwischen Injektionsgneis im engen Sinne und Orthogneis bis Pegmatit alle Übergänge aufweisen. Mikroskopisch sind Myrmekitbildung, Siebstruktur des Biotites und des Kalifeldspates wahrnehmbar.

Es sind das Gesteine, die nur in unmittelbarer Nähe von größeren Eruptivmassen bei lang andauerndem Kontakt mit heißer, an leichtflüchtigen Bestandteilen reicher, magmatischer

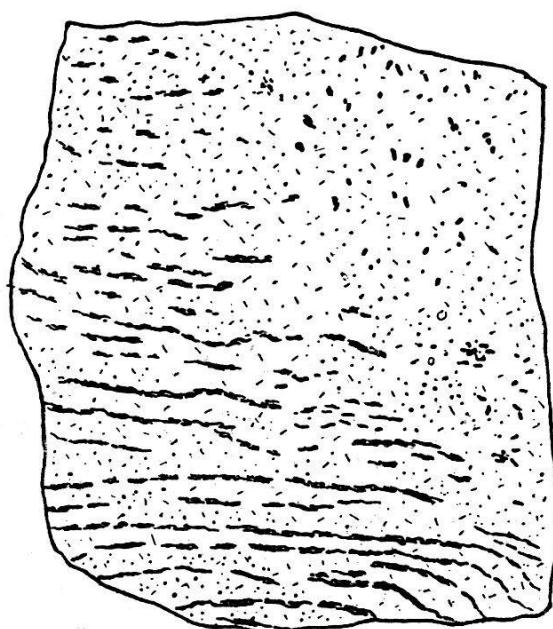


Fig. 10. Extrem lagig injizierter Gneis der Roten Fluh. Kontakt mit Aplit (rechts oben), Reste von Biotit (schwarze Striche) im Aplit. Etwas verkleinert.
Nach H. Suter.

Lösung sich bilden können. Fig. 9 zeigt das Bild eines gefältelten Schlierengneises. Würde dieses Gestein auf weite Strecken gleichmäßig ausgebildet auftreten, so ließe es sich makroskopisch als Orthogneis deuten.

In den bis jetzt beschriebenen Laufenburgergneisen war das injizierte Quarz-Feldspatgemenge stets von weißer Farbe. An der «Roten Fluh» treten jedoch ähnliche Gesteine auf, bei denen der Feldspat rötlich gefärbt ist. Neben gefältelten lagigen bis flasrigen Gneisen finden sich hier merkwürdig dicklagige Gneise die weit vorwiegend aus aplitischem Material bestehen, unterbrochen von feinen, jedoch plötzlich anschwellenden, biotitreicher Lagen. Man ist gezwungen an lagerförmige aplitische Intrusion parallel den Schieferungsflächen zu denken, wobei starke Resorption wirksam war (Fig. 10).

Die Laufenburgergneise zeigen somit alle Stadien von einfach durchaderten Injektionsgesteinen bis zu intensiv unter Zufuhr magmatischer Lösungen und Dämpfe umgeprägten Mischgesteinen. Neben Ortho- und Paragesteinen sind mit Sicherheit am Aufbau des Schwarzwaldes Injektionsgesteine beteiligt.

Diese sind nicht auf den Südschwarzwald beschränkt. Es genügt einige von *H. Suter* gezeichnete Bilder zu reproduzieren, um darzutun, daß auch in nördlicheren Gebieten ganz ähn-



Fig. 11. Injektion von feinkörnigem Granit in granulitischen Gneis. Moosbach, ob Happach. Maßstab ca. 1 : 6.

liche Phaenomene auftreten (Fig. 11, 12, 13, 14). Im übrigen sei auf die Arbeiten der deutschen Schwarzwaldgeologen verwiesen, die jedoch nicht selten die Beobachtungstatsachen etwas anders gedeutet haben.

Hinsichtlich des *Alters der Injektion* und der *Natur des Substrates* zur Zeit der magmatischen Beeinflussung läßt sich folgendes sagen. Die Hauptinjektion im Gebiet von Laufenburg ist unzweifelhaft jünger als die Dislokation, die den Gneis in seine jetzige Lage brachte. Sie hängt sicherlich mit den pegmatitischen und aplitischen Gängen zusammen, die ihrerseits dem Albtalgranitmassiv angehören. Die weiße Injektion ist älter als die rote, von der sie durchsetzt wird. Sie scheint zum Teil während und gegen das Ende der hercynischen Faltung vom eigentlichen Granitherde ausgegangen zu sein. Ihr

folgte unmittelbar die Intrusion der oberkarbonischen Granite. Die vom flüssigen Magmarest abwandernden aplitisch-pegmatitischen Lösungen injizierten von neuem die Gneise, auf weiße Injektionsadern folgten die aplitischen roten. Die Granitmassive selbst zeigen Injektionswirkungen und randliche Resorptionen. Diese Phaenomene treten jedoch gegen den Norden hin zurück. Im nördlichen Schwarzwald, zum Teil aber schon im Albtalgebiet, ist unzweifelhaft Injektion und Aufschmelzung von *den* Magmen aus zu konstatieren, von denen die Granulite

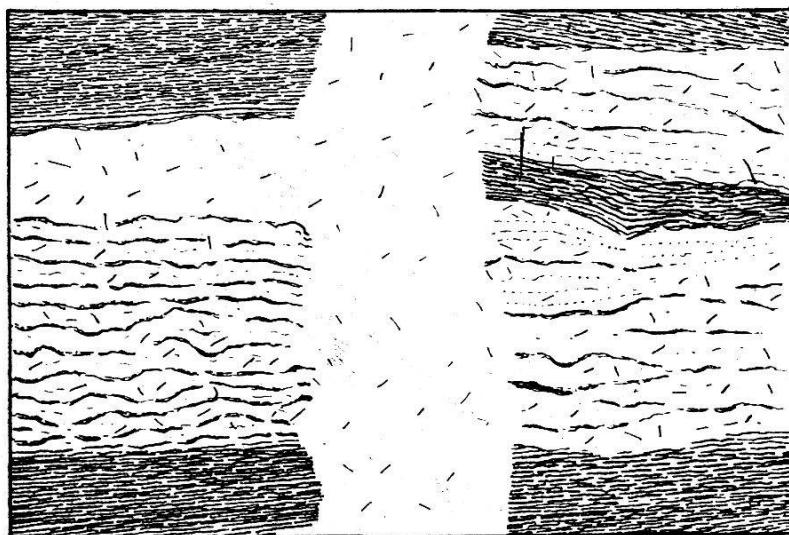


Fig. 12. Pegmatische Injektion in den Gneis des Hechtberges. Maßstab zirka 1 : 8.

und eigentliche Schapbachgneise abstammen. Diese ist vor der hercynischen Faltung erfolgt. Das Grundgebirge des Schwarzwaldes weist somit außerordentlich komplizierte Verhältnisse auf. *Mehr*fach hat eine intensive Beeinflussung der Gesteine durch magmatische Lösungen stattgefunden. Die jetzigen Renschgneise sind sehr alte Gesteine. Das Grundgebirge ist *polymetamorph*. Mindestens zur Zeit der hercynischen Injektion lagen die Gneise schon vor. Die Gneisifizierung ist *älter* als die hercynische Injektion. *Diese hat die Gneise als solche nicht geschaffen sondern nur umgebildet.* Auch während der Faltung mußte das heute sichtbare Grundgebirge tief gelegen haben. Es ist nur an wenigen Orten meso- bis epizonal umgewandelt. Es ist nicht ein einfach dislokationsmetamorphes oder ein einfach kontaktmetamorphes Gebirge. Die jetzige Gesteinsausbildung ist das Resultat mehr-



Fig. 13. Injektion eines weißen Ganges in Gneis. Hechtsberg.
Maßstab ca. 1 : 6.

facher Metamorphosen, von denen die älteste sicher praekul-
misch, vielleicht kambrisch oder praekambrisch ist.

Das alles zeigt uns, daß die Grundgebirge vom Typus des Schwarzwaldes sehr schicksalsreichen Erdrindenteilen angehö-
ren. Wir dürfen in unseren alpinen Zentralmassiven nicht jede Erscheinung auf die jüngsten Epochen beziehen wollen, auch hier lagen Gneise der verschiedensten Art schon zur Ober-

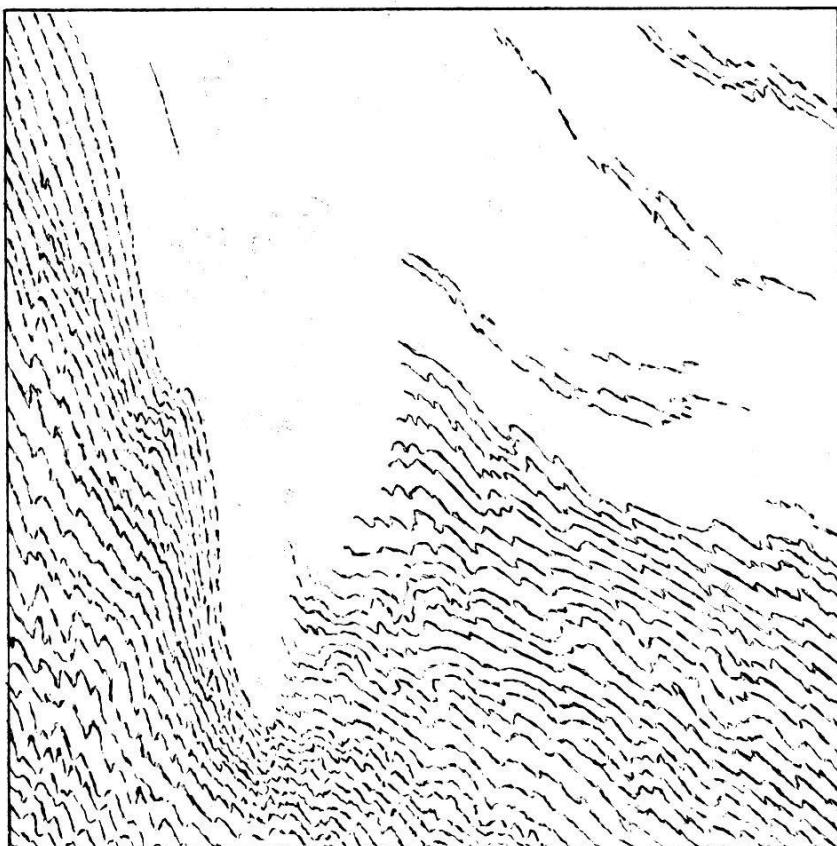


Fig. 14. Aufblätterung des Fältelgneises durch aplitisches Material.
Maßstab etwa 1 : 5.

karbonzeit vor. Anderseits sehen wir gerade wie die Phaenomene der Sericitisierung etc., der Zerrkluftbildungen dem Schwarzwalde völlig fehlen. Sie sind die typische Erscheinung der zentralmassivischen, *alpinen* Metamorphose, der gleichen Metamorphose, die die Fülle der meso- bis epizonal umgewandelten jüngeren Gesteine, vom Charakter den glimmerschieferähnlichen Bündnerschiefer geschaffen hat. Nichts vermag so sehr unsere immer noch nicht einheitlichen Ansichten über die alpine Metamorphose und ihre verschiedene Auswirkung abzu-
klären, wie ein Vergleich: Schwarzwald, Aarmassiv, Gotthard-
massiv, Tessinerdecken, Berninagebiet.

Ortho-Para-Injektions-Imbibitions- und Einschmelzgneise bauen die Hauptmassen des schwarzwälderischen Grundgebirges auf. Es ist ein kalkarmes Gebiet. Nur sehr untergeordnet, wenn auch weitverbreitet, finden sich in diesem Gneisareal kalkreichere *Einlagerungen*, die *Amphibolite* und *Kalksilikatgesteine*. Die ersten sind im Gebiet von Laufenburg in ausgezeichneter Weise entwickelt, es soll daher auch auf sie etwas näher eingegangen werden.

Die Amphibolite und Kalksilikatgesteine treten im Grundgebirge in Form von linsigen Einlagerungen auf. Die Hauptmineralien sind Hornblende, Plagioklas, Granat und Biotit, zu denen sich Kalifeldspat, Quarz, Pyroxene, Prehnit, Vesuvian, hie und da auch Zoisit, Epidot, Disthen, Muskowit, neben Accessorien gesellen. Seltene Serpentingesteine, Talk-Karbonatgesteine, Marmore vervollständigen das Bild, das diese Einlagerungen darbieten. Auch diese Gesteine liegen somit in einer metamorphen Facies vor und die Frage nach der ursprünglichen Natur des Gesteinmaterials ist auch für sie zu beantworten. Eine Anzahl dieser Gesteine ist unbedingt, wie Lagerungsform und Strukturrelikte beweisen, aus basischen Eruptivgesteinen, vorzugsweise Gabbrodioriten bis Grabbros hervorgegangen. *F. Schalch* hat dies bereits vor Jahren für die *Amphibolite* des Maisachtals dargetan und die Untersuchungen im Laufenburger Grundgebirge zeigten, daß auch hier derartige Amphibolite und *Eklogitamphibolite* auftreten. Im Albtal gelang es *S. K. Ray* einen neuen Typ von Ortho-Einlagerungen aufzufinden, einen typischen *Hornblende-Anorthosit*. Anderseits hat *H. Rosenbusch* in mehreren Abhandlungen ähnliche Einlagerungen, z.B. auf der Fehren bei Neustadt, als Paragesteine (umgewandelte Dolomitmergel usw.) gedeutet. Daß eine solche Herkunft in den Bereich der Möglichkeit fällt, zeigen Plagioklasaugitgneise im Reichenbachtal, sowie zerstreute, kleinere linsenförmige Marmor- und Kalksilikatvorkommnisse. Es liegt nahe, auch hier die analytisch-chemische Untersuchungsmethode zur Trennung von Ortho- und -Paragesteinen zu Hilfe zu nehmen. Tabelle IV zeigt die Molekularwerte der zweifelsohne als Eruptivgesteinabkömmlinge zu deutenden, amphibolitischen Einlagerungen, zusammen mit denen des Amphibolperidotites von Ehrsberg und des Hornblendeanorthosites von Tiefenstein. Der Chemismus entspricht durchaus denjenigen von basischen Eruptivgesteinen. Tabelle V vereinigt Molekularwerte von Einlagerungen, die man bis heute als um-

Tabelle IV.
Ortho-Amphibolite, Anorthosite, Peridotite des Schwarzwaldes.

	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>c/fm</i>	
134	25	45	21,5	8,5	0,38	0,38	0,47		Bronzitamphibolit. Schenkenzell.
130	20,5	46	26,5	7	0,10	0,23	0,58		Amphibolit. Laufenburg.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
119	22	41,5	26	10,5	0,18	0,52	0,62		Biotitamphibolit mit Pyroxen. Maisachtal.
118	20,5	43	23,5	13	0,38	0,52	0,54		Amphibolit. Maisachtal.
112	22,5	45	22	10,5	0,47	0,57	0,49		Granat-Biotitamphibolit. Maisachtal.
112	24	43,5	23	9,5	0,37	0,53	0,52		Amphibolit. Albtal.
109	21,5	46	25	7,5	0,36	0,66	0,55		Amphibolit. Maisachtal.
106	21,5	44	27	7,5	0,14	0,62	0,61		Granatamphibolit. Maisachtal.
100	27	38	25,5	9,5	0,19	0,65	0,68		Eklogittamphibolit. Laufenburg.
121	45,5	6,5	40	8	0,35	0,19	6,2		Hornblende-Anorthosit. Tiefenstein. Albtal.
59	4	89	6,5	0,5	0,40	0,83	0,07		Amphibolperidotit. Ehrsberg.

gewandelte Sedimentgesteine gedeutet hat. Unzweifelhaft ist bei ihnen die Mannigfaltigkeit in den chemischen Verhältnissen eine größere. Der dichte Amphibolit von der Fehren bei Neustadt ($si=125$) ist das einzige Gestein, das chemisch dem Orthogestein aus dem Maisachtal sehr nahe steht. Das ist jedoch kein Beweis dafür, daß es gleichfalls eruptiver Herkunft sei, denn in Wirklichkeit versagt hier die analytisch-chemische Unterscheidungsmethode. Es läßt sich leicht zeigen, daß bei der Entkarbonatisierung von Mergeln ganz ähnliche Molekularverhältnisse resultieren müssen. Anderseits sind aber auch die übrigen kalkreicheren Gesteine nicht, wie *H. Rosenbusch* glaubte, ihrem Chemismus nach eindeutig als Paragesteine bestimmbar. Das schien so lange wahrscheinlich als nur Amphibolite von gabbrodioritischen bis gabbroidem Charakter bekannt waren. Da nun aber auch im Schwarzwald anorthositische Gesteine gefunden worden sind, ist nicht ausgeschlossen, daß die gesamte Differentiationsserie von ossipitischen, pyroxenitgabbroiden, anorthositgabbroiden bis anorthositischen Magmen im Grundgebirge eingelagert ist. Nun zeigen in der Tat manche Gesteine der Tabelle V einen Chemismus der dem anorthositgabbroiden (z. B. $si=152, 139, 98$) dem pyroxenitgabbroiden (z. B. $si=108$) oder dem ossipitischen (z. B. $si=78$) sehr nahe steht. Es muß daher von Neuem überprüft werden, ob nicht auch die Tabelle V Orthogesteine enthält. Eine Bemerkung von *Deecke* in der «Geologie von Baden» läßt ersehen, daß übrigens bereits *Rosenbusch* in den letzten Jahren die Vorkommnisse der Schollacher Kirche als eruptiven Ursprungs ansah. Die Vorkommnisse von Neustadt mögen teils rein eruptiv, teils tuffogen sein.

Unzweifelhaft sind also im Grundgebirge des Schwarzwaldes neben Paragesteinen kleinere Komplexe metamorpher, basischer, gabbroider bis anorthositischer und peridotitischer Eruptivgesteine eingelagert. In welcher Zeit wurden diese Magmen intrudiert? Im Übergangsgebirge, das unmittelbar vor und während der hercynischen Faltung abgelagert wurde, und das zum Teil durch die oberkarbonischen Granite intensiv kontaktmetamorphosiert ist, treten sowohl in der Gegend von Baden, als auch im Lenzkirchgebiet Grünschiefer und Amphibolschiefer auf, die metamorphen Diabasen und Diabastufen entsprechen. Wie in allen großen Faltengebirgen ist somit auch hier, unmittelbar vor der hercynischen Faltung und vor der Granitintrusion basisches Magma gefördert wor-

Tabelle V. Verschiedene Einlagerungen im Grundgebirge des Schwarzwaldes.

<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>c/fm</i>	
176	32	28	26,5	13,5	0,17	0,48	0,94	Kalksilikatfels. Gengroßhof.
125	25	43	24,5	7,5	0,31	0,61	0,57	Dichter Amphibolit. Fehren-Neustadt.
108	25	39,5	28	7,5	0,21	0,54	0,70	Amphibolit mit Disthen usw. Fehren. Neustadt.
78	31,5	35,5	32	1	0,12	0,35	0,90	Granat-Anorthosit-Amphibolfels. Schollacher Kirche.
1	152	42,5	17,5	34	6	0,53	0,12	1,9
26	139	40	17	30,5	12,5	0,19	0,56	1,8
								Granat-Plagioklasamphibolgneis. Nördl. Lastadt.
								Amphibolit mit Disthen, Spinell, Muskowit, Prehnit. Fehren.
								Neustadt.
	98	37	20	38	5	0,66	0,20	1,5
								Spinellhaltiger Amphibolit. Schollacher Kirche.
331	21	29	44,5	5,5	0,60	0,44	1,5	Plagioklasaugitgneis. Hasenhof. Reichenbachital.
122	27,5	20,5	41,5	10,5	0,13	0,70	2,1	Strahlstein führender Prehnit-Albitfels. Fehren. Neustadt.
103	28	20	48	4	0,33	0,52	2,3	Plagioklas-Augitfels mit Gehlenit. Furtwangen.
95	7,5	51,5	35,5	5,5	0,26	0,53	0,69	Amphibolit bis Amphibolfels. Laufenburg.
77	20,5	57,5	20,5	1,5	0,29	0,54	0,36	Granatfels mit Hornblende und Glimmer. Fehren. Neustadt.

den. Da im Gebiet von Ehrsberg und Tiefenstein gabbroide bis anorthositische Schollen in Granit schwimmen oder am Granitkontakt sich anhäufen ist nicht ausgeschlossen, daß auch sie, wie manche Serpentine des südlichen Schwarzwaldes, zu dieser hercynischen Gebirgsbildung gehören. Aber es ist kaum beweisbar, daß alle ähnlichen Einlagerungen in den *Gneisen* der gleichen Periode angehören. Es ist zu erwarten, daß auch vor der Intrusion des den heutigen Orthogneis liefernden Magmas ähnliche Intrusionen oder Extrusionen stattgefunden haben, gefolgt von einer älteren Gebirgsbildung. Vielleicht entstammt die Großzahl der Einlagerungsamphibolite dieser, in ihrem Alter unbestimmbaren Periode magmatischer Aktivität.

b. Die karbonischen bis dyadischen Eruptivgesteine.

Ist der Beginn der hercynischen Geosynklinalbildung und Faltung durch das Empordringen basischer Magmen gekennzeichnet, so ist das Ende der Gebirgsbildung durch die Intrusion großer *Granitmagmen und ihrer Begleiter* charakterisiert. Das Kärtchen Fig. 15 nach *H. Suter* und *S.K. Ray* zeigt die Verbreitung dieser Gesteine im Süden. Im Schwarzwald hat sich wiederholt, was von so vielen alten und jungen Faltungsbirgen bekannt ist: jedem orogenen Cyklus entspricht ein ganz bestimmter Cyklus der magmatischen Aktivität und Differentiation. Die Hauptgranite zeigen im wesentlichen keine kataklastischen Phaenomene, sie erstarrten am Schlusse der Faltung, nur die intensiv injizierenden, gepreßten Granite vom Typus Lenzkirch sind mit Sicherheit etwas älter. (*Bubnoff*) Sie mögen ungefähr dem Alter nach der granulitischen Phase im Erzgebirge entsprechen. Vielleicht daß auch in den spärlichen vorkulmischen Schiefern bereits Quarzporphyre, Porphyrite und Porphyrbreccien stecken. In der Hauptphase der Magmenintrusion treten neben großen *Granitstöcken* besonders im Norden *syenitische Gesteine* als deren Differentiationsprodukte auf. Während *Granitporphyre* und *aplitische Ganggranite* allgemein verbreitet sind, findet man im Süden an Stelle der syenitischen Gesteine häufiger *Lamprophyrgänge*. Als *Glimmer-dioritporphyrite* sind sie bereits im Gebiet von Vöhrenbach gut entwickelt. Das Gebiet der Laufenburger Stromschnelle ist von besonders vielen Apliten und Lamprophyren durchsetzt. Eine Detailskizze nach den Aufnahmen von *E. Bloesch* und *P. Niggli* gibt über die Gänge und Amphibolite des alten Gebietes der Stromschnelle Auskunft. (Fig. 16.) Die Sprengungen

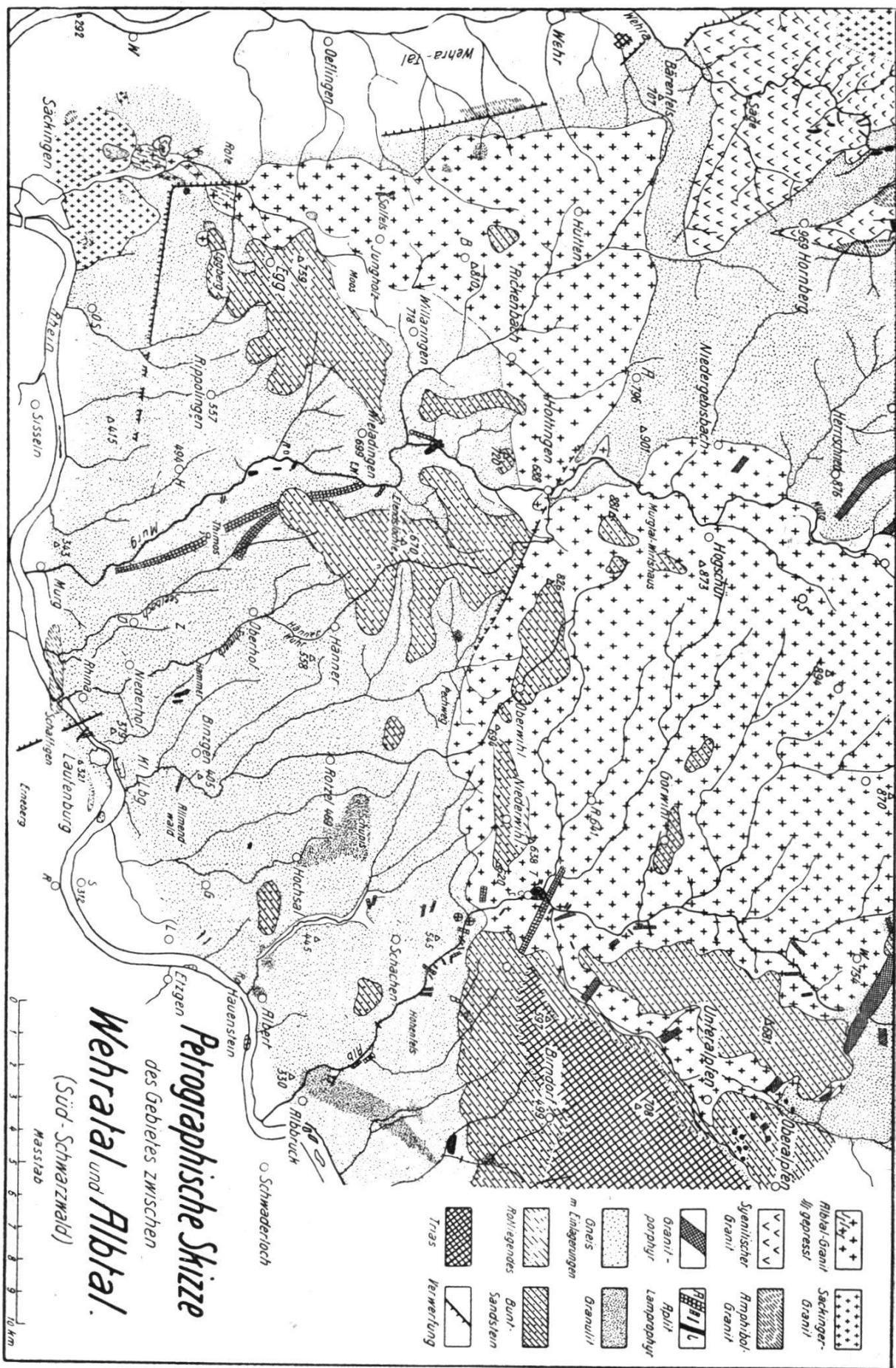


Fig. 15. Granit- und Gneisareal im Schwarzwald. Nach O. H. Erdmannsdörffer, H. Suter, S. K. Ray.

haben außerordentlich frisches Material dieser Gänge geliefert, und durch die gleichzeitige Untersuchung des Albtalgebietes durch S. K. Ray ist der südliche Schwarzwald nun

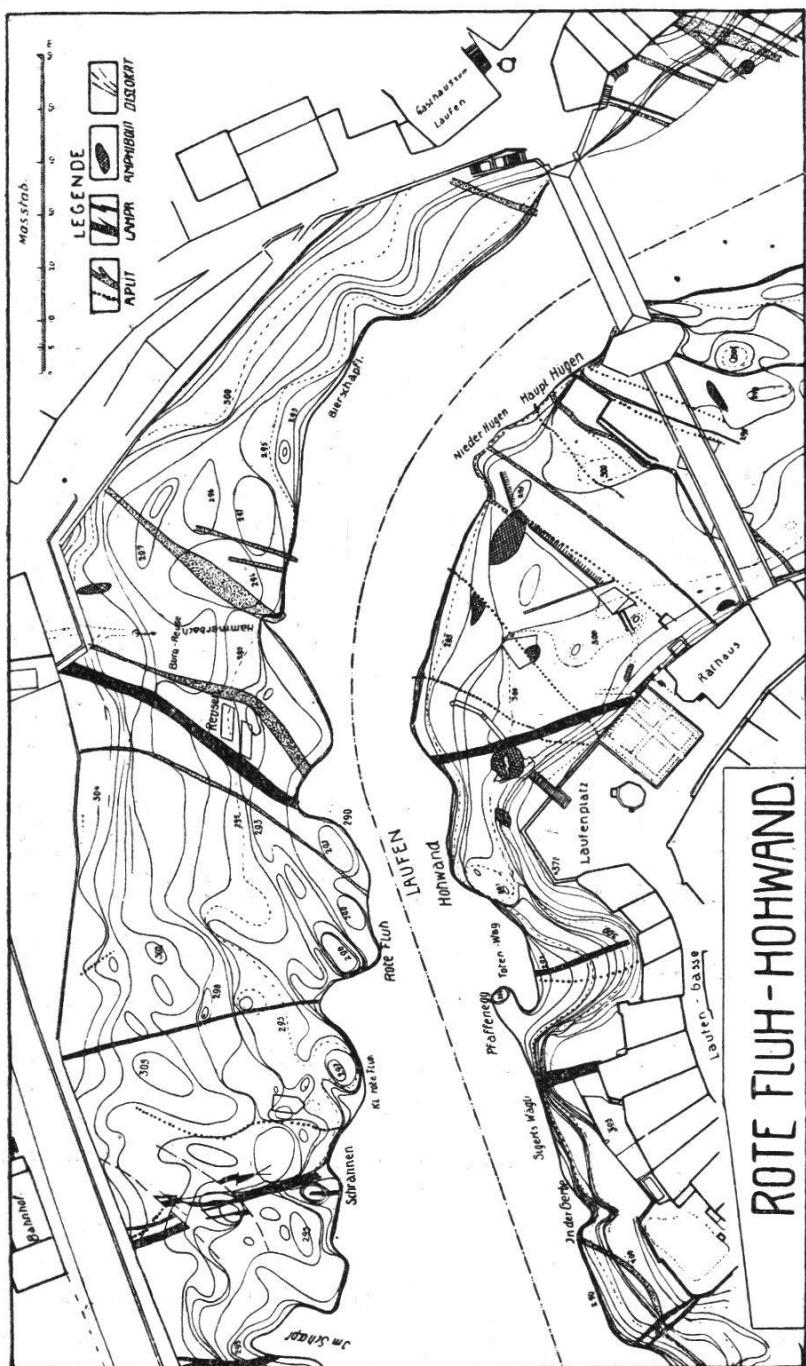


Fig. 16. Detailskizze des Gebietes Rote Fluh-Hohwand der Stromschnelle Laufenburg vor den Sprengungen. E. Bloesch und P. Niggli in H. Suter Diss.

auch in bezug auf die Eruptivgesteine gut bekannt geworden. Von großem Interesse war die Feststellung, daß nicht nur die Aplite, sondern auch die Granitporphyre im Albtalgebiet älter als die Lamprophyre sind. — Im übrigen darf jedoch die chemisch-petrographische Untersu-

Tabelle VI.

Karbonische bis dyadische Eruptivgesteine des Schwarzwaldes.
a Aplit, Quarzporphyre, Granite.

si	al	fm	c	alk	k	mg	c/fm
525	48	5,5	5	41,5	0,78	0,07	0,86
514	50,5	8,5	2	39	0,48	0,23	0,23
481	52	6	0	42	0,26	0,13	0,07
459	51	8	4	37	0,49	0,32	0,50
449	48	10,5	3	38,5	0,62	0,30	0,26
448	46,5	7	8	39	0,41	0,35	1,05
448	47,5	15,5	2	35	0,56	0,14	0,11
426	46,5	11,5	7,5	34,5	0,61	0,26	0,64
425	51,5	3	5,5	40	0,56	0,16	1,73
423	49,5	9	7,5	34	0,76	0,0	0,88
421	47	7,5	2,5	43	0,48	0,17	0,32
421	51,5	10,5	4,5	33,5	0,59	0,10	0,43
419	53	5	8,5	33,5	0,57	0,01	1,7
410	48	9	8	35	0,46	0,22	0,81
389	48	9	5,5	37,5	0,59	0,60	0,65
375	46,5	10,5	8,5	34,5	0,37	0,23	0,79
369	45	12	7	36	0,48	0,27	0,60
368	47	11,5	4,5	37	0,37	0,46	0,40
328	44	21	4	31	0,59	0,29	0,20
311	37,5	22,5	8	32	0,76	0,48	0,36
308	39	30	4	27	0,42	0,35	0,13
306	42,5	21	10	26,5	0,48	0,28	0,47
305	40,5	23,5	7,5	28,5	0,69	0,40	0,32

si	al	fm	c	alk	k	mg	c/fm
291	39	24	7,5	29,5	0,44	0,44	0,31
288	36	20	11	33	0,39	0,55	0,53
288	40,5	23	7,5	29	0,54	0,27	0,33
283	39	21	16	24	0,57	0,54	0,76
279	43	25,5	6,5	25	0,64	0,44	0,25
270	38	25	12	25	0,41	0,52	0,47
217	33	30,5	16,5	20	0,41	0,46	0,53

Granit. Zwieselberg. Ottenhöfen.
Randfacies des Albtalgranites. Schöpfelbach.

b) *Syenitische, lamprophyrische Gesteine und Schlierenbildungen.*

256	38	31	14,5	16,5	0,58	0,48	0,46	«Glimmerdioritporphyrit». Rohrbach. ? zersetzt.
252	40	31	11	18	0,29	0,53	0,35	«Glimmerdioritporphyrit». Lippenhof. ? zersetzt
210	30,5	28	14	27,5	0,40	0,57	0,50	Lamprophyr. Sommerau. Triberg.
203	38	24,5	15,5	22	0,55	0,05	0,61	Glimmerporphyry(it). St. Märgen.
197	31	27,5	21,5	20	0,42	0,50	0,78	Lamprophyr, Laufenburg.
197	32,5	33	14	20,5	0,44	0,53	0,43	Dichter Syenit. Büchereck. Farenkopf.
197	29	33	18	20	0,52	0,54	0,54	Lamprophyr, Wehratal.
182	25,5	46,5	11,5	16,5	0,53	0,66	0,24	Glimmersyenit. Frohnau.
180	24,5	39,5	16,5	19,5	0,61	0,59	0,42	Lamprophyr (Minette). Wehratal.
167	24,5	46,5,	16,5	12,5	0,54	0,62	0,35	Lamprophyr (Minette). Laufenburg.
143	20	46	14	20	0,53	0,75	0,31	Lamprophyr (Minette). Laufenburg.
140	21	52,5	17	9,5	0,60	0,62	0,32	Lamprophyr. Albtal.
130	21,5	48	14	16,5	0,72	0,64	0,29	Durbachit. Durbach.
259	26	44	6	24	0,66	0,58	0,14}	Schlieren im Albtalgranit.
240	36	25	19	20	0,40	0,42	0,76}	Schlieren im Wehratalgranit.
74	10,5	59	24,5	6	0,32	0,39	0,42	Schlieren im Wehratalgranit.

chung des ganzen Gebiete's noch lange nicht als abgeschlossen gelten. In der Tabelle VI sind eine Reihe von Analysen der hercynischen Eruptivgesteine auf ihre Molekularwerte berechnet worden. Es sind nicht alle Analysen gleichwertig, manche wurden zudem an unfrischen Gesteinen ausgeführt. Trotzdem zeigt sich deutlich wie der gesamte Schwarzwald

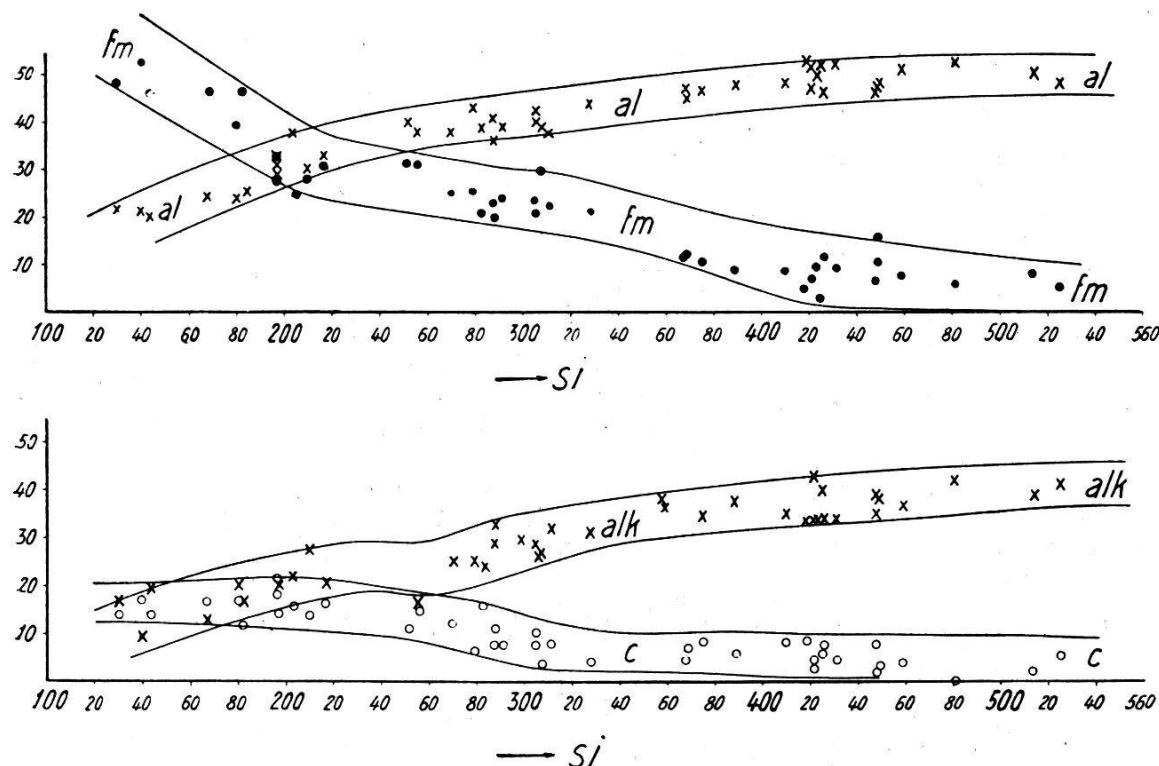


Fig. 17. Chemische Verhältnisse der oberkarbonischen Eruptivgesteine des Schwarzwaldes.

in dieser Zeit eine große petrographische Einheit bildete. Selbst die bis ins Oberrotliegende reichenden *Quarzphorphyrgüsse* ordnen sich in das allgemeine Schema ein. Alle Gesteine gehören ein und derselben, durch charakteristische Differentiation ausgezeichneten Magmenprovinz an. Schon die tabellarische Zusammenstellung lässt erkennen, wie im allgemeinen mit sinkendem *si*, *al* und *alk* abnehmenden, *fm* zunimmt, *c* bleibt im allgemeinen niedrig, wächst jedoch auch etwas mit sinkendem *si*. In den Figuren 17 a, b sind diese Werte *al*, *alk*, *fm* und *c* der *si*-Zahl gegenübergestellt. Es ist ersichtlich wie die Variation gegenüber *si* sich in bestimmten Grenzen hält. Aus diesen beiden Figuren lassen sich Mittelkurven zeichnen, die über die Abhängigkeit von *al*, *alk*, *fm* und *c* vom Kiesel säuregehalt in groben Zügen Auskunft geben. Diese Kurven

sind in Figur 18 zu einem Bild, einem sogenannten *Differentiationsdiagramm* vereinigt. Es gibt zugleich über den allgemeinen Verlauf der chemischen Sonderungsprozesse im Magma Auskunft, jener Prozesse, die zur Bildung verschiedener Gesteinsvarietäten führten.

Im kleinen kann man die Ausbildung neuer Mineralkombinationen am schönsten an den *Schlieren* studieren, die gerade im Albtalgranit recht häufig sind. Ins Große übertragen haben ganz ähnliche Prozesse die Begleitgesteine der Granit-

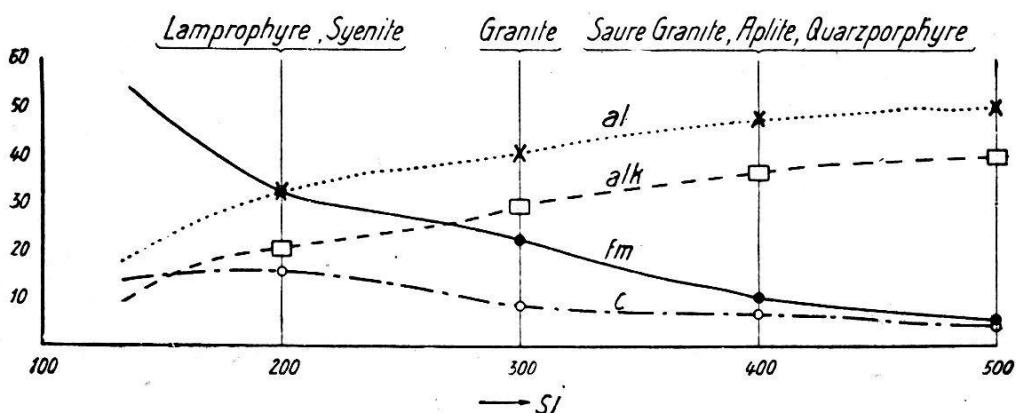


Fig. 18. Differentiationsdiagramm (Typus) der oberkarbonischen magmatischen Aktivität im Schwarzwald.

massive geschaffen. Die Gesteinsvergesellschaftung ist eine sogenannte *pazifische mit mediterranem Einschlag*. Charakteristisch ist der flache Verlauf der c-Kurve bei relativ steilem Anstieg von *fm*. Ist schon das Grundgebirge des Schwarzwaldes kalkarm, so ist es im ganzen auch die hercynische Erupтивgesteinssmasse. Damit steht wohl im engsten Zusammenhang, daß die Labradorporphyrite, wie sie in den Vogesen so reichlich auftreten, fehlen. Ein einziges Vorkommen von Weisselbergit im Elzachtal ist bekannt. Die dyadischen Ergußgesteine sind überwiegend echte, kalkarme Quarzporphyre. Auch das Aarmassiv weist ähnliche Differentiationsverhältnisse auf, während im Verrucano zwischen Aarmassiv und Gotthardmassiv bereits relativ basische Ergüsse gefunden werden können. Im übrigen hat, bei ähnlicher Gesamtdifferentiation jede der Einheiten: Schwarzwald, Vogesen, Aarmassiv und Gotthardmassiv, ihre individuelle Besonderheit.

Wir sehen so, wie sich in großen Zügen ähnliches Geschehen in verschiedenen Teilen der Erdrinde abspielte. Die geologische Bedingtheit der Gesteinsausbildung ermöglicht Vergleiche

wertvoller Art. So wenig sich jedoch zwei Erdrindenteile geologisch-tektonisch genau gleich verhalten haben, so wenig stimmen sie petrographisch in allen Einzelheiten überein. Jedes Gebiet einer geologischen Einheit muß zunächst für sich untersucht und bewertet werden. Die Gesteinsbeschaffenheit, die so häufig für das morphologische und wirtschaftsgeographische Verhalten bestimmend ist, gilt es zu beschreiben und genetisch zu deuten. Noch ist der Schwarzwald in dieser Hinsicht lange nicht genügend erforscht, nur die Hauptzüge des Aufbaues seines Grundgebirges sind uns bekannt. Aber das Bekannte genügt, um uns zu zeigen, daß hier alte Teile der Erdrinde mehrfache Umbildungen erfahren haben, die in den Perioden magmatischer Intrusion und Faltung ihre Höhepunkte erreichten.

Einige Literaturangaben, besonders über den südlichen Schwarzwald.

- Blösch, E. Zur Tektonik des Schweiz. Tafeljuras. Neues Jahrb. f. Min. B. Bd. XXIX, 1910.
- Die große Eiszeit in der Nordschweiz. Beiträge. Geolog. Karte der Schweiz N. F. 31. 1911.
- Brändlin, E. Zur Geologie des nördlichen Aargauer Tafeljura zwischen Aare und Fricktal. Verhdl. Naturf. Ges. Basel. Bd. XXII 1911.
- Deecke, W. Geologie von Baden. Berlin, Gebrüder Bornträger 1916.
- Haffner, O. Über die Sedimentgneise des Schwarzwaldes. Diss. Tübingen 1919.
- Meigen, W. und Kummer, R. Beitrag zur Kenntnis der Gneise im Südschwarzwald. Chemie der Erde I. 1915.
- Niggli, P. Das kristalline Grundgebirge bei Laufenburg. Jahrb. Oberrh. gel. Ver. N. F. Bd. 2, 1912.
- Ray, S. K. Geological and Petrographic Studies in the Hercynian Mountains around Tiefenstein. Diss. Zürich 1925.
- Sauer, A. Das alte Grundgebirge Deutschlands. C. R. IX. Congr. géol. internat. 1903.
- Schwenkel, H. Die Eruptivgneise des Schwarzwaldes. Tscherm. Min. Petr. Mitt. Bd. 31, 1912.
- Suter, H. Zur Petrographie des Grundgebirges von Laufenburg und Umgebung. Schweiz. Min. Petr. Mitt. Bd. IV. 1924.
- Walter, H. Über die Stromschnelle von Laufenburg. Viertelj. Naturf. Ges. Zürich 46. 1902.
- Weinschenk, E. Die Nickelmagnetkieslagerstätten im Bezirk St. Blasien Z. prakt. Geol. 1907.

Ferner verschiedene Abhandlungen von S. Bubnoff, H. Rosenbusch, H. Phillips, O. H. Erdmannsdörffer in den «Mitteilungen Bad. Geol. Landesanstalt» Bd. I—VIII, sowie die Erläuterungen zu den bereits erschienenen Blättern der geolog. Karte von Baden und Württemberg.

Die Fig. 1—10 und 16 entstammen der in den Schweiz. Min. Petr. Mitt. erschienenen Arbeit von Hans Suter. Die Fig 11—14 sind von H. Suter gezeichnet worden, hier jedoch zum ersten Male reproduziert. Die Fig 15 ist eine Umzeichnung der Kartenskizze, die sich in der Dissertation von H. Suter befindet. Völlig neu sind die Figuren 17 und 18.
