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

Band: 64 (1984)

Heft: 1-2

Artikel: Neue Aufschlüsse im schweizerischen Anteil des Schwarzwälder Grundgebirges

Autor: Büchi, E. / Buletti, M. / Niggli, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-49534

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

Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 64, 49–65, 1984

Neue Aufschlüsse im schweizerischen Anteil des Schwarzwälder Grundgebirges

von *E. Büchi*[1], *M. Buletti*[2] und *E. Niggli*[2]

Abstract

Exposures in a new 220 m long gallery in Laufenburg (Ct. Aargau, Switzerland) are described. The gallery traverses rocks of pre-Triassic crystalline basement, which are part of the Schwarzwald massif. The prominent rocks are banded and often migmatic biotite-gneisses (with intercalation of numerous amphibolites). At least two generations of granitoid, pegmatitic to aplitic, dykes cross the gneiss-complex. The older pegmatites seem to be directly connected with concordant lenses and layers of the leucosome of migmatites; the old concept of "injection" seems not so far fetched. Injection phenomena are, however, not incompatible with the concept of anatexis, which includes migration and injection.

A modification of MEHNERT's definition of migmatite is given.

Dykes of kersantitic lamprophyre and semilamprophyre (three chemical analyses of main and of trace elements are shown) are the youngest magmatic dykes; surprisingly they are the most radioactive rocks in the gallery.

Keywords: migmatites, geochemistry of lamprophyres, southwestern German Massif, regional geology of Ct. Aargau

Einleitung

Das kristalline Grundgebirge des Schwarzwaldes taucht im Rheintal, von Säckingen bis Waldshut, unter das auflagernde Mesozoikum nach Süden ab; an einigen wenigen Stellen ist dieses Kristallin auch auf Schweizer Gebiet noch aufgeschlossen. Fig. 1 zeigt solche Vorkommen bei Laufenburg sowie nördlich und nordöstlich von Etzgen. Die schönen Aufschlüsse in der Rheinschlucht bei Laufenburg sind seit 1914 (Aufnahme des Betriebes des Hochrhein-Kraftwerkes Laufenburg und Stauung des Rheins) nicht mehr sichtbar. 1908 bis 1911 entstanden hervorragende, temporäre Aufschlüsse wegen der Sprengarbeiten

[1] Geologisches Institut, Universität Bern, Baltzerstrasse 1, CH-3012 Bern.
[2] Mineralogisch-Petrographisches Institut, Universität Bern, Baltzerstrasse 1, CH-3012 Bern.

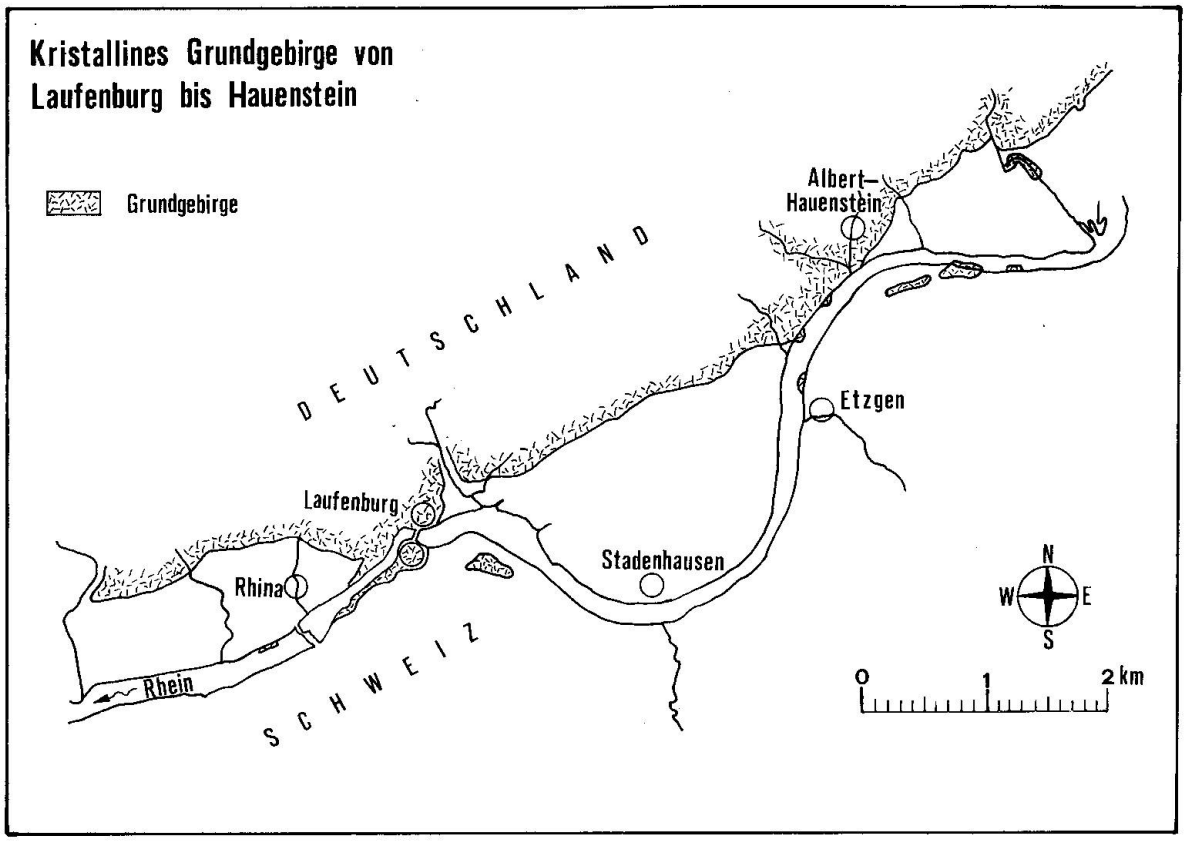

Fig. 1 Aufschlüsse im kristallinen Grundgebirge, von Laufenburg bis Hauenstein.

für das Kraftwerk; sie wurden von P. NIGGLI und ED. BLÖSCH untersucht und von H. H. SUTER (1924) monographisch behandelt.

Hochmetamorphe Gneise und Amphibolite werden von zahlreichen hellen, granitoiden Gängen durchschwärmt; migmatische Gesteine sind häufig. Dunkle, lamprophyrische Gänge sind die jüngsten Magmatite dieses Kristallinbereiches. P. NIGGLI hat 1924 im Werk «Die Gesteinsmetamorphose» von U. GRUBENMANN und P. NIGGLI die Migmatite von Laufenburg als Injektionsgesteine gedeutet; Fig. 75, 76 und 77 im genannten Buch sind Bilder von Aufschlüssen bei Laufenburg. Nach 1945 erschienen wichtige Arbeiten deutscher Petrographen über das Schwarzwälder Kristallin im allgemeinen, mit einer neuen Interpretation der migmatischen Bildungen: sie wurden als Produkte partieller Aufschmelzung gedeutet und als «Anatexite» (unterteilt in Metatexite, Diatexite und Palingenite) bezeichnet (z. B. HOENES et al, 1949; WIMMENAUER, in HÜTTNER und WIMMENAUER, 1967). Schon HOENES (1948) hat nun aber mit allem Nachdruck darauf hingewiesen, dass die Laufenburger «Metatexite» sich von den gewöhnlichen Schwarzwälder Anatexiten mit den meist eutektischen Quarzfeldspatbeständen unterscheiden. Das Laufenburger Gebiet darf daher sicher auch weiterhin das besondere Interesse der Petrographen beanspruchen.

Wir möchten nun auf neue, vorzügliche Aufschlüsse aufmerksam machen, die beim Bau eines Stollens, im Rahmen eines Kanalisationsprojektes unter dem Städtchen Laufenburg (AG), in den letzten Jahren entstanden sind. Der 220 m lange Stollen ermöglicht das Studium des Gneis-Grundgebirges, der vielen granitoiden Gänge und anderer Gesteine. Der Stollen (Lage siehe Fig. 2) ist zum grössten Teil nicht verkleidet; immerhin sind 30 m mit Spritzbeton abgedeckt (u.a. ist auch der Lamprophyr bei m 110 nicht mehr sichtbar). Der Stollen ist auch heute, nach der Inbetriebnahme der neuen Abwasserreinigungsanlage, noch begehbar. Die Erlaubnis hiezu muss frühzeitig beim Gemeinderat der Stadt Laufenburg (CH-4335 Laufenburg) eingeholt werden.

Der Stollen wurde mechanisch mit einer Vollschnitt-Tunnelbohrmaschine aufgefahren und besitzt deshalb einen kreisrunden Querschnitt, mit einem Durchmesser von 2,25 m. Die stellenweise zu beobachtende Rillung in der Stollenwand ist auf die Bearbeitung durch die Warzen-Bohrwerkzeuge der Maschine zurückzuführen. Der Stollen hat gekrümmte Gestalt und verläuft mehr oder weniger parallel zum Rhein, mit einem seitlichen Abstand von 5 bis 35 m vom

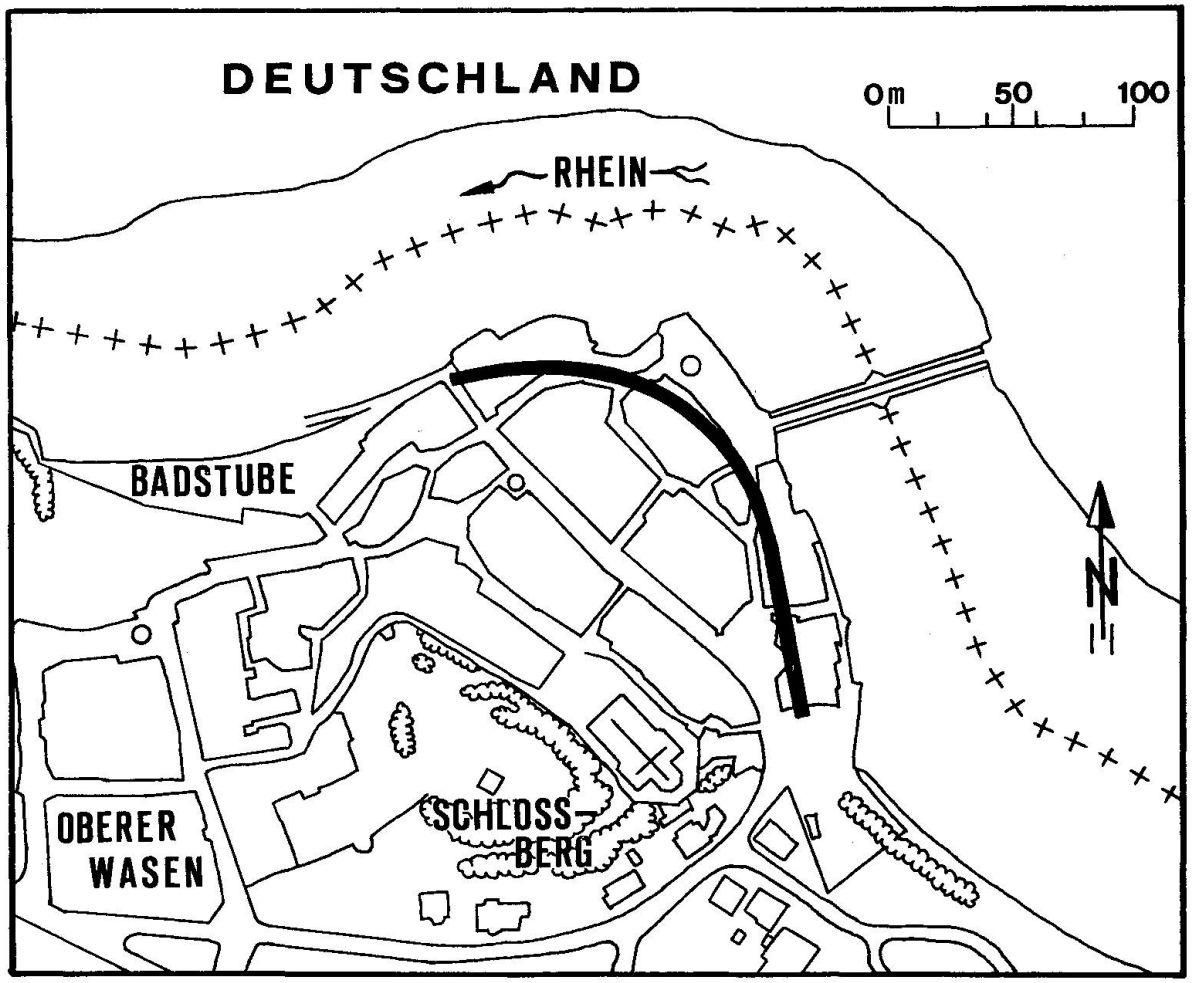

Fig. 2 Lageskizze des Stollens von Laufenburg.

Fluss. Die Felsüberdeckung beträgt nur gerade 1 bis 5 m. Die geologischen und radiometrischen Stollenaufnahmen wurden im Jahre 1980 von E. Büchi und H.J. Moser durchgeführt.

Zur verwendeten petrographischen Nomenklatur ist zu bemerken, dass wir versuchten, Bezeichnungen zu verwenden, die nicht durch petrogenetische Interpretationen allzusehr belastet sind. So werden Gesteinsnamen wie «Injektionsgneise», «Metatexite», «Gneisanatexite» nicht verwendet, obwohl die beiden letzteren Bezeichnungen in der Schwarzwälder Literatur heute sehr viel gebraucht werden. Wir verwenden dagegen u.a. den Terminus «Migmatit», und zwar im Sinne MEHNERTS (1968), der die ursprüngliche «Definition» von SEDERHOLM (1907) berücksichtigt. Wie MEHNERT (S. 229) erwähnt, gibt es viele Definitionen und Redefinitionen des Gesteinsnamens Migmatit. Wir erlauben uns trotzdem, hier eine Modifikation der Mehnertschen Definition vorzuschlagen, nämlich:

Migmatite sind grobgemengte, endogene, nicht-vulkanische Gesteine, bei denen eine der aufbauenden Gesteinsarten granitoide Zusammensetzung hat und meist aplitisch oder pegmatitisch ist.

Grobgemengte Gesteine (= chorismatische Gesteine H. HUBER, 1943) bestehen im grossen Handstück aus zwei oder mehr Gesteinsarten (= Mineralaggregaten), die sich im Mineralbestand unterscheiden. Zu den chorismatischen Gesteinen gehören auch Konglomerate (exogen!), feingebänderte Sedimente, Bündnerschiefer mit Carbonat-Quarzadern usw.

Der Unterschied zur Definition von MEHNERT liegt vor allem darin, dass der «country rock» (Hauptgesteinsanteil) nicht mehr oder weniger metamorph sein muss, sondern auch als Magmatit vorliegen kann. Ausschliessen möchten wir allerdings vulkanische Gesteine. Migmatite nach der obigen Definition können auf sehr verschiedene Art und Weise entstehen: durch partielle Anatexis, durch Injektion von granitischem Magma ins Nebengestein, durch metamorphe Segregation (Lateralsekretion), durch Umkristallisation eines bändrigen Sedimentes (mit oder ohne Anatexis), sogar auch durch Umkristallisation von Bändern mit variabler Sauerstoff-Fugazität und durch «magma mixing» im plutonischen Niveau.

Wir haben versucht, in den Stollenaufschlüssen vor allem die Beziehung zwischen den hellen granitoiden Gängen und den Migmatiten zu studieren; besonderes Augenmerk galt sodann der Frage, ob es mehr als eine Generation der hellen Gänge gibt. Der Stollen-Aufschluss eignet sich sicher für eine detaillierte mineralogisch-geochemische Untersuchung; die Migmatitbildung kann hier vorzüglich untersucht werden. Allerdings muss das Problem der Probeentnahme gelöst werden.

Für die Lokalisierung von Proben und Beobachtungen sind jeweils die Laufmeter im Stollen angegeben, und zwar vom Südportal (= Laufmeter Null) aus gemessen. Figur 3 ist ein geologisch-petrographischer Stollenplan.

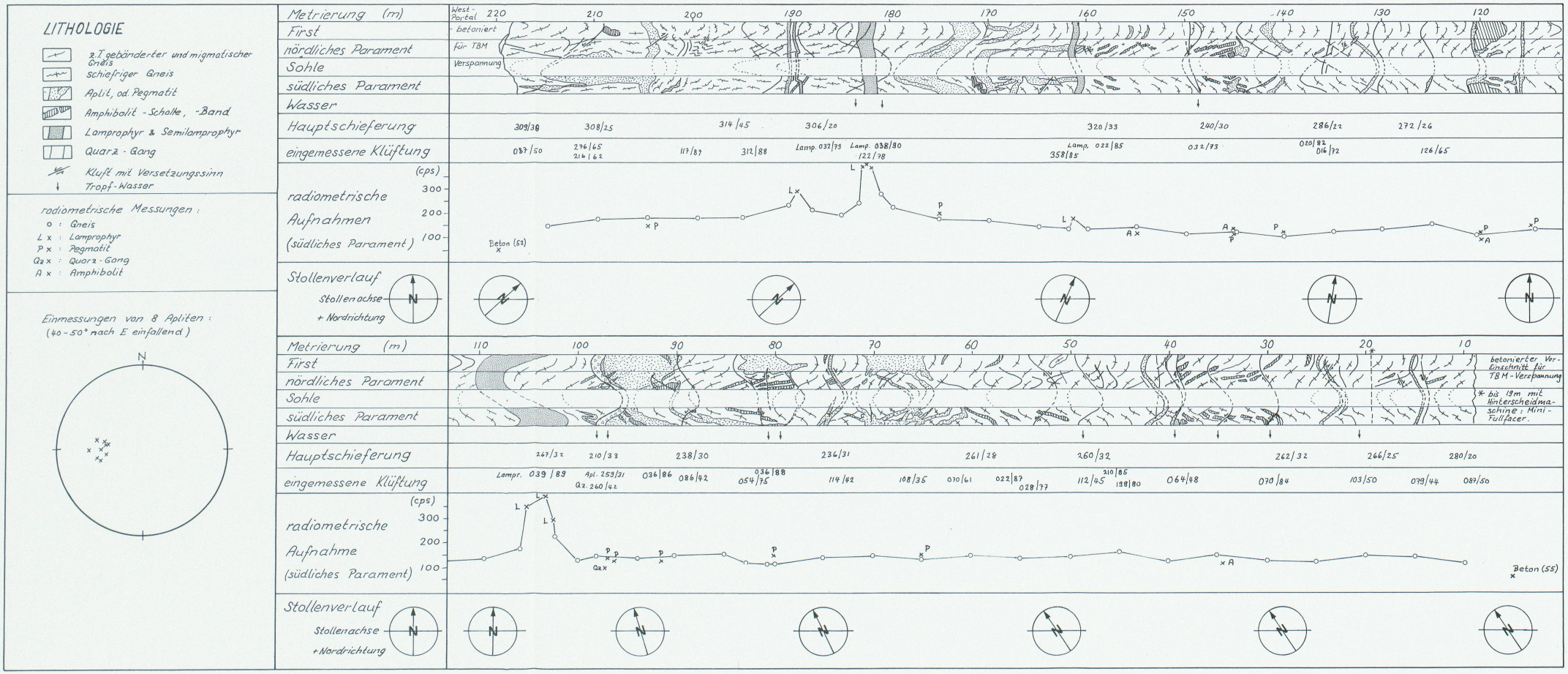

Fig. 3 Geologische und radiometrische Stollenaufnahmen. Das Südportal liegt rechts unten im Plan, bei Laufmeter 0.

Leere Seite
Blank page
Page vide

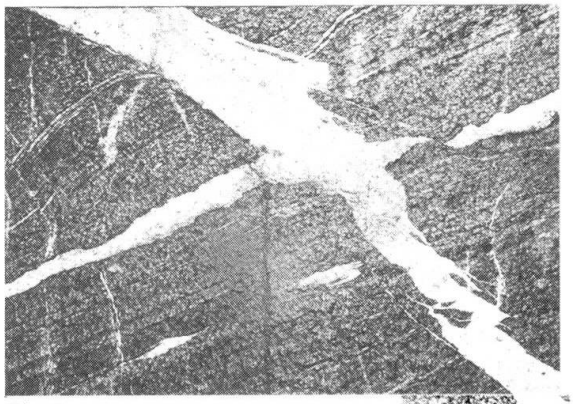

Fig. 5

Fig. 6

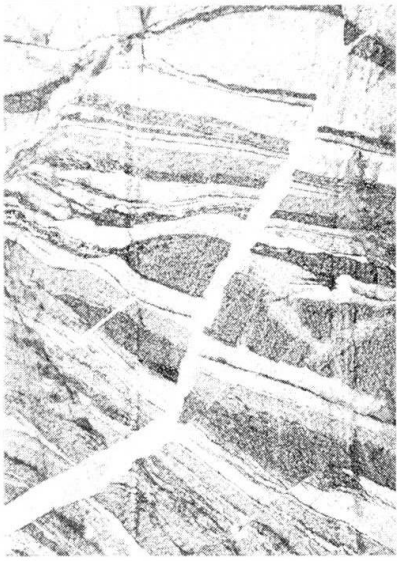

Fig. 4

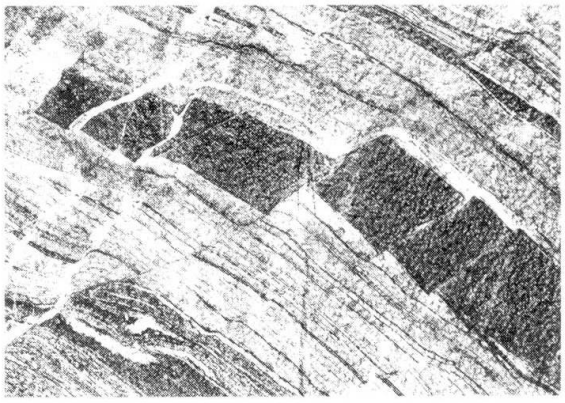

Fig. 7

Fig. 4 Bei m 155, rechtes Parament.
Weisser Aplit durchschlägt hellen, gebänderten bis migmatischen Gneis und boudinierten Amphibolit. Kurze Bildkante entspricht 1,00 m.
Fig. 5 Bei m 133, rechtes Parament.
Von diskordantem Pegmatit gehen konkordante Adern aus ins Nebengestein. Lange Bildkante entspricht 1,00 m.
Fig. 6 Bei m 133, rechtes Parament.
Vom gleichen Pegmatit, wie derjenige von Fig. 5, führt eine diskordante Ader ins Nebengestein. Fig. 5 und Fig. 6 überlappen sich teilweise. Lange Bildkante entspricht 1,00 m.
Fig. 7 Bei m 146, linkes Parament.
Zerbrochenes und staffelförmig versetztes Amphibolitband. Wohl gleichzeitige Bildung heller Adern. Lange Bildkante entspricht 1,10 m

BEOBACHTUNGEN ÜBER DIE ART DES AUFTRETENS HELLER, GRANITOIDER GÄNGE, ADERN UND DER LEUKOSOME IN MIGMATITEN

Viele der Feststellungen von H. SUTER und P. NIGGLI konnten bestätigt werden. Es gibt ohne Zweifel nicht einfach eine einheitliche Generation von aplitisch/pegmatitischen Bestandsmassen. Gangkreuzungen von nicht gleichzeitigen Gängen kommen vor, siehe z. B. Fig. 10. Bei den diskordanten, gangartigen Bildungen sind oft Kriterien zu beobachten, die auf eine Spaltenfüllungsnatur des Gangmaterials hinweisen («Offset»-Erscheinungen, gedrehte Schollen usf.). Dies belegen Fig. 4 und Fig. 10. Ferner kann nun aber mehrfach beobachtet werden, dass von diskordanten Gängen aus konkordante Adern ausgehen, die wechselnde Dicke haben, anschwellen und ausdünnen, wobei das Gefüge der Gneise sich dem Rand der Ader anschmiegt (Fig. 5!). Man darf also nicht den Migmatiten einfach die Gänge als etwas genetisch Verschiedenes gegenüberstellen. Offen möchten wir die Frage lassen, ob nicht wenigstens ein Teil der Migmatitbildung etwas älter ist als die ersten granitoiden Gänge; wir haben aber dafür keine *zwingenden* Gründe gefunden.

H. SUTER und P. NIGGLI kamen deshalb zum Schluss, dass wohl Gänge wie Migmatite durch Injektion von Magma oder magmatitischer Lösungen entstanden seien. Die Aufschlüsse im Stollen von Laufenburg zeigen auf alle Fälle, dass das helle, granitoide Material mobil war und sicher mindestens im Meter- und Dekameterbereich gewandert ist.

Die hier gemachten Beobachtungen entsprechen übrigens denen, die auch SEDERHOLM in Migmatit-Gebieten Skandinaviens gemacht hat: er betont mehrfach, dass diskordante Gänge und konkordante Adern und Linsen genetisch zusammengehören können. Es ist selbstverständlich trotzdem möglich, dass auch die Laufenburger Gesteine in einem Grossbereich regionaler, partieller Aufschmelzung entstanden sind; das granitoide Material wäre zwar nicht zwangsläufig in der nächsten Umgebung ausgeschmolzen worden, könnte aber ein Produkt der Anatexis in einem weiteren Bereich sein. Die anatektische Schmelze neigt sofort zu Wanderungen und wird in Stellen niedrigen Druckes oder in sich öffnende Hohlräume eindringen. Die Nebengesteine sind übrigens unter Bedingungen der hochgradigen Amphibolitfazies metamorphisiert worden, für die ja der Beginn der Anatexis typisch ist. Offenbar gleichzeitig mit der Bildung und Kristallisation der granitoiden Gänge fanden «ptygmatische» Fältelungen und «Faltungen» statt. Besonders eindrücklich ist die grosse isoklinale S-förmige «Falte» eines Pegmatits bei m 98 (Fig. 8). Die Amphibolite verhielten sich rigider als die Gneise, sind oft zerbrochen (Fig. 7 und Fig. 9) oder boudiniert (Fig. 4). Manchmal ist granitoides, mobiles Material in die beim Zerbrechen entstandenen Hohlräume eingewandert (Fig. 9).

H. SUTER und P. NIGGLI unterschieden eine «weisse» und eine «rote» Injektion. Es trifft sicher zu, dass jüngere Pegmatite und Aplite oft (aber nicht im-

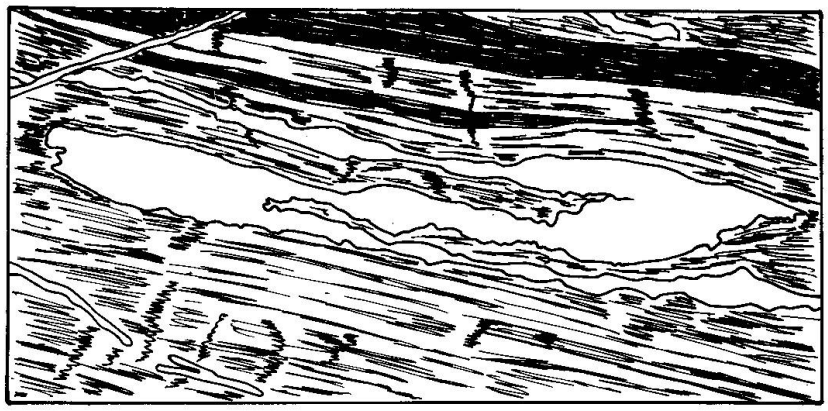

Fig. 8

Fig. 9

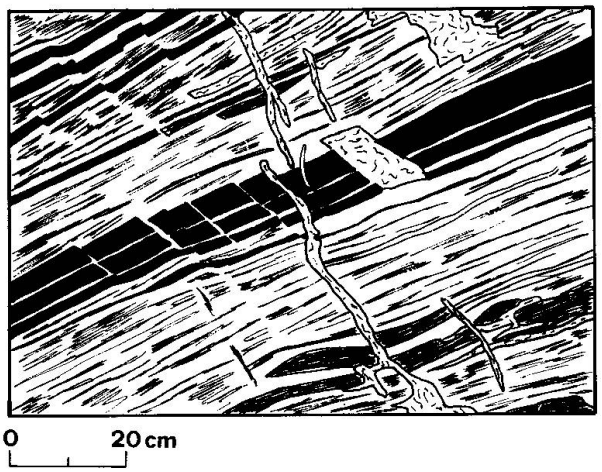

Fig. 10

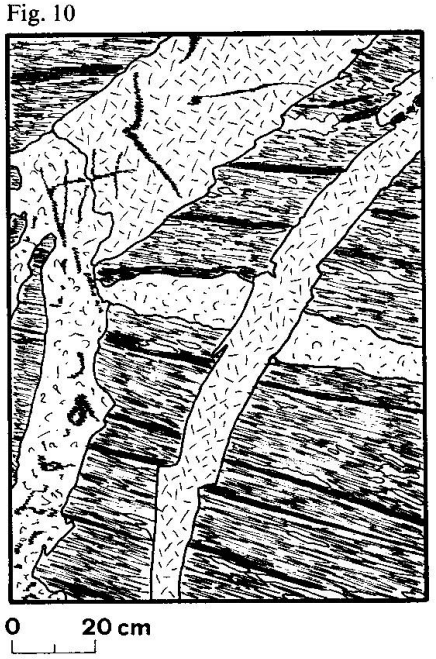

Fig. 11

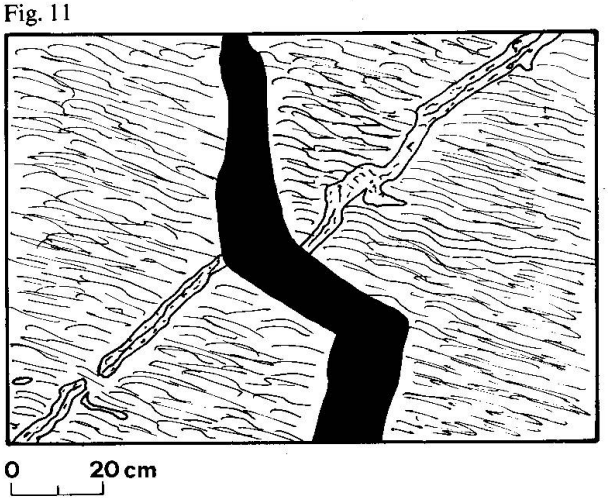

Fig. 8 Bei m 98, grosse liegende isoklinale «Falte» eines weissen Pegmatits.
Fig. 9 Bei m 146, Bändergneis mit Amphibolitband. Zwei Generationen von Pegmatiten: die jüngeren, deutlich diskordanten Pegmatite durchsetzen etwas grobkörnigere, konkordante Pegmatite. Beim Zerbrechen des Amphibolitbandes Bildung granitoider Gänge.
Fig. 10 Bei m 75, roter Aplit durchschlägt weissen konkordanten Pegmatit.
Fig. 11 Bei m 188, Lamprophyrgang (geknickt, schwarz gezeichnet) durchschlägt Gneis und rosafarbenen Aplit.

mer) rosa oder rot gefärbt sind. Die jüngsten Aplite (rot bis blassgelb) durchziehen den Gesteinsverband recht geradlinig. Die ältesten Pegmatite stehen in Zusammenhang mit der Migmatitbildung, die ihrerseits mit der katazonalen, wohl altpaläozoischen Metamorphose in Verbindung steht. Aufgrund unserer Beobachtungen konnten wir nicht feststellen, um wie viel jünger die jüngere Generation der (oft rötlichen) Pegmatit- und Aplitgänge ist. Es ist möglich, dass die jüngsten Gänge zum Ganggefolge spätvaristischer Granite gehören.

Kurze makroskopische und mikroskopische Beschreibung der Gesteine

Es war wegen der Art des gewählten technischen Verfahrens (Tunnelbohrmaschine) nicht möglich, beim Vortrieb Handstücke mit genau bekannter Lokalisierung zu sammeln. Auch nachher war und ist es wegen der glatten Stollenwände nicht leicht, Proben zu entnehmen. Die nachstehenden kurzen und vorläufigen Bemerkungen beruhen auf einer recht kleinen Zahl von Handstücken.

H. SUTER (1924) hat die Gesteine von Laufenburg ausführlich beschrieben und auch chemisch untersucht. Wir verweisen ausdrücklich auf diese Arbeit und geben im Nachstehenden nur eine kurze Beschreibung. Neu sind Anorthitgehalts-Bestimmungen an Plagioklasen mit der Elektronenmikrosonde.

Die Hauptschieferung der Gesteine fällt mit 20–25° nach WSW ein; sie liegt parallel zur Bänderung der Gesteine.

BIOTITGNEISE (HANDSTÜCKE VON m 19, 39, 50, 81 UND 159)

Sehr oft sind diese hell- bis dunkelgrauen Gesteine gebändert; alle Übergänge zu migmatischen Gneisen sind zu beobachten. Hornblende ist fast immer anwesend. Es handelt sich meist um hornblendeführende Biotitgneise; die Korngrössen der Hauptgemengteile variieren von 0,2 bis 5 mm. Quarz (um 40 Vol.-%), Plagioklas (Oligoklas; 30–35 Vol.-%), Kalifeldspat (5–10 Vol.-%), Biotit (rotbraun; teilweise chloritisiert, 10–15 Vol.-%), Chlorit (5–10 Vol.-%), grüne Hornblende (0–5 Vol.-%) sind die Hauptbestandteile. Als Nebengemengteile stellten wir Zirkon, Titanit, Apatit, Orthit, opake Gemengteile und in einem einzigen Schliff Granat, reliktisch in Plagioklas, fest. In stark pegmatitisch durchaderten Biotitgneisen scheint Kalifelspat Plagioklas zu verdrängen. – Es handelt sich wohl um Metasedimente (Grauwacken), die einer metamorphen Umwandlung in der hochgradigen Amphibolitfazies unterworfen waren. In der neueren Literatur über das Schwarzwälder Grundgebirge wird diese katazonale Metamorphose in das Altpaläozoikum gestellt («kaledonisch»).

AMPHIBOLITE (HANDSTÜCKE m 19 UND 50)

Dem Biotitgneis (mit seinen migmatischen Varietäten) sind 2–30 cm mächtige Amphibolitbänder eingelagert. Stellenweise sind die Amphibolite von einer bis 1 cm breiten biotitreichen Zone begrenzt; im angrenzenden Gneis folgt dann meist ein 1–2 cm breites leukokrates Band. Im frischen Handstück erscheint der Amphibolit dunkelgrün. Hauptgemengteile sind grüne Hornblende (55–65 Vol.-%), Plagioklas (um 30% An, 35 Vol.-%) und Biotit (inkl. sekundärer Chlorit, bis 5 Vol.-%). In manchen Biotitstapeln sind kleine Linsen von Prehnit ausgebildet. In einer Probe stellten wir Diopsid fest. Quarz ist nur in dünnen Quarzadern zu beobachten. Nebengemengteile sind reichlich Titanit, opake Gemengteile in z. T. grossen Körnern und gelegentlich Apatit und Zirkon. Opake Erzkerne werden manchmal von Titanit umsäumt. Die Amphibolitbänder sind oft zerbrochen, von Staffelbrüchen in Blöcke zerlegt und ferner auch boudiniert. Zwischen den «Boudins» sind oft granitoide «Metatekte» zu beobachten.

Die *migmatischen* Gneise sind im wesentlichen Bändermigmatite, die aber an vielen Stellen auch ader- bis netzartiges Leukosom zeigen (Proben von m 19 und m 50). Es ist sehr wohl möglich, dass ein Teil (aber nur ein Teil) der Bänderung primär-sedimentär ist. Die Metamorphose und die partielle Aufschmelzung akzentuierten dann diese Bänderung noch (siehe dazu auch JOHANNES, 1982). Die dunkleren Lagen stimmen mineralogisch mit den schon beschriebenen Biotitgneisen überein. Im Leukosom sind Quarz, Kalifeldspat (gelegentlich ist Mikroklingitterung sichtbar) und Plagioklas Hauptgemengteile. Myrmekitbildungen sind recht häufig. Biotit und Hornblende skelettartig ausgebildet) sind Nebengemengteile.

Für einen Teil der konkordanten, z. T. linsigen Leukosome konnte, wie schon erwähnt, ein direkter Zusammenhang mit diskordanten Pegmatitgängen festgestellt werden. Das granitoide Material ist auf alle Fälle oft *nicht* aus der unmittelbaren Umgebung durch partielle Anatexis beziehbar. Es fanden Wanderungen mindestens im Dekameterbereich statt. Es muss auch zugegeben werden, dass im Aufschluss die «Injektions»-Hypothese von P. NIGGLI und H. SUTER keineswegs als absurd erscheint. Mindestens ein Teil der Leukosome ist, nach der Terminologie von SCHEUMANN (1936, 1937), als *Entekt* zu bezeichnen.

STARK SCHIEFRIGE, HELLGLIMMERFÜHRENDE BIOTITGNEISE BIS GLIMMERSCHIEFER

Bei m 190 bis m 204 sind die Gneise sehr schiefrig und führen Hellglimmer. Zonenweise ist eine ausgeprägte Kleinfältelung zu beobachten. Die Klüftung ist engständig; die Gesteine zeigen starke Verwitterungserscheinungen. Quarz

(0,6–0,8 mm gross, 35–40 Vol.-% des Gesteins), Plagioklas (0,3–1,2 mm, An-Gehalt 15, 30–35 Vol.-%), Biotit (5–10 Vol.-%), Hellglimmer (5–10 Vol.-%) und Chlorit (5–10 Vol.-%) sind Hauptgemengteile. Kalifeldspat kommt vor, ist aber selten. Der Hellglimmer ist wohl eine retrograde Bildung meist aus Sillimanit und mit einer Phase starker Deformation verknüpft. Daneben sind zu Schichtsilikaten zersetzte, ehemalige Cordierite zu beobachten. Es handelt sich also um retrograd veränderte Sillimanit-Cordierit-Gneise.

PEGMATITE

Diese grobkörnigen, granitoiden Gänge kommen in mindestens zwei Generationen vor. Ihre Art des Vorkommens ist schon beschrieben worden. Hauptgemengteile sind Quarz (u.d.M. undulös auslöschend, mit suturierten Korngrenzen, mit vielen Fluid-Einschlüssen), Plagioklas (siehe weiter unten) und Kalifeldspat (z.T. perthitisch, manchmal mit schwach sichtbarer Mikroklingitterung) sind in allen untersuchten Proben vorhanden. Die älteren, weissen Pegmatite sind nach unseren vorläufigen Untersuchungen weniger reich an Kalifeldspat als die jüngeren, rötlichen Gänge. Biotit (z.T. chloritisiert) ist Nebengemengteil. Der Plagioklas ist fast immer von Hellglimmermineralien durchsetzt; polysynthetische Verzwillingung ist stets vorhanden.

Die nähere Bestimmung der Plagioklase einiger Proben erfolgte mit der Elektronen-Mikrosonde. Die Plagioklaskörner sind im allgemeinen recht homogen.

Der weisse Pegmatit von m 75 besitzt Plagioklase mit An 14; der Or-Gehalt ist maximal 3,3%. Der weisse Pegmatit von m 150 hat Plagioklase mit einem durchschnittlichen Anorthit-Gehalt von 33%, Or erreicht maximal 2,8%. Der Plagioklas des roten, wohl «jungen» Pegmatits bei m 92 hat im Mittel einen Anorthitgehalt von 20%; Or erreicht maximal 2%. Schmale Randzonen sind albitreicher, An sinkt unter 5%.

Zum Vergleich sei mitgeteilt, dass die Plagioklase der migmatischen Gneise (etwas hellere Bänder des Melanosoms) bei m 19 und m 50 einen Anorthit-Gehalt von 30 bis 33% besitzen; Or erreicht maximal 3,6%. Einer der weissen Pegmatite hat einen sehr ähnlichen Plagioklas wie die migmatischen Gneise.

APLITE

Wie schon erwähnt, durchschlagen rote bis blass gelbliche Aplite recht geradlinig die Gneise und die Pegmatite (siehe auch Fig. 10). Sie zerfallen beim Anschlagen mit dem Hammer in kleinwürfelige Bruchstücke.

Auch die Aplite bestehen im wesentlichen aus Quarz, Plagioklas und Kalifeldspat. Nebengemengteile sind Biotit (z.T. chloritisiert), seltener Muskowit sowie opake Gemengteile. Die Plagioklasbestimmungen mit Elektronen-Mi-

krosonde ergaben für die Aplite bei m 42 und m 75 fast reinen Albit (An-Gehalt: 0%, Or bis 3,3%). Der Aplit bei m 75 durchschlägt übrigens einen weissen Pegmatit, der Plagioklas mit An 14 besitzt.

Der Aplit bei m 64 hat Plagioklase mit einem An-Gehalt von 0–5,4%. Wie Fig. 3 zeigt, ergaben die Einmessungen der Gangwände der Aplite, dass diese einem alten Kluftflächensystem, das mit Fallwinkeln von 40–45° recht genau gegen Osten einfällt, folgen.

LAMPROPHYRE UND SEMILAMPROPHYRE

An vier Stellen durchschlagen Gänge von basischem bis intermediärem Chemismus die Gneise und die sauren Gänge. Die Gangwände fallen mit 80–85° nach NNE ein. Sie sind in «kaltes» Grundgebirge eingedrungen: sie zeigen schnell abgekühlte Ränder («chilled margins»). Jeder der vier Gänge ist verschieden von den anderen. Makroskopisch ist oft Biotit erkennbar. Nach den chemischen und den mineralogischen Befunden handelt es sich um Lamprophyre und Semilamprophyre, wie sie im Schwarzwald sehr verbreitet sind (WIMMENAUER, 1973). Die Gänge besitzen Mächtigkeiten von 15–250 cm. Sie sind intensiv zerklüftet. Es handelt sich sicher um Spaltenfüllungsgänge; die geometrischen Kriterien von E. NIGGLI (1952) für intrusive Gänge können festgestellt werden. Dies zeigt z. B. Fig. 11: mit «offset» (Versetzung) des älteren, rosafarbenen Aplitgangs und Parallelität der abgeleiteten Dilatationsrichtungen (Laufmeter 188).

Drei der Gänge wurden chemisch untersucht, nämlich diejenigen bei m 110 (= L 110), m 161 (= L 161) und m 182 (= L 182).

MAKROSKOPISCHE UND MIKROSKOPISCHE BESCHREIBUNG DER CHEMISCH UNTERSUCHTEN PROBEN

L 110 *(Semilamprophyr).* Das rostig verwitternde Gestein lässt makroskopisch zahlreiche kleine Biotite (bis 1 mm gross) erkennen. Im frischen Zustand hat das Gestein eine braune bis dunkelgraue Farbe. Vereinzelt auftretende, rosa- bis orange-farbene Flecken bestehen aus Oligoklas, wie röntgenographisch nachgewiesen werden konnte.

Mikroskopisch sind als Hauptminerale brauner Biotit (mit Sagenitgittern), leistenförmiger Plagioklas und ein eigenartig garbenförmiger, arboreszierender Feldspat (wohl Kalifeldspat) sowie Quarz erkennbar. Reichlich ist als Nebengemengteil nadelförmiger Apatit vorhanden. Nach Diffraktometeruntersuchungen überwiegt Plagioklas (29 Gewichts-%) über Kalifeldspat (11 Gewichts-%).

L 161 *(Semilamprophyr).* Das rostig verwitternde, frisch dunkelgraugrün erscheinende Gestein zeigt makroskopisch bis 5 mm grosse, dunkelgrüne Flek-

ken, die wenigstens zum Teil eckig begrenzt sind. Die genannten Flecken bestehen zur Hauptsache aus Quarz und einem opaken Mineral; es handelt sich wohl um Pseudomorphosen. Die Form lässt es als möglich erscheinen, dass ursprünglich Olivin vorgelegen hat. Hauptmineralien sind wiederum Biotit (randlich chloritisiert) und Plagioklas; Apatit ist wichtiger Nebengemengteil. Der diffraktometrische Befund zeigt, dass auch hier Plagioklas (21 Gewichts-%) über Kalifeldspat (7 Gewichts-%) vorherrscht.

L 182 *(Lamprophyr, Kersantit).* Das schwach porphyrische Gestein lässt schon makroskopisch bis 2 mm grosse Biotite erkennen. Es verwittert rostigbraun, im frischen Zustand ist es grünschwarz. Mikroskopisch fällt auf, dass neben dem in grösseren Kristallen vorkommenden braunen, pleochroitischen Biotit ein nur wenig pleochroitischer, hellerer Biotit in rundlichen Aggregaten, oft zusammen mit Carbonat und opaken Mineralien vorhanden ist. Der dunklere Biotit ist oft randlich ausgefranst und führt fast immer ein Sagenit-Gitter. – Man hat den Eindruck, dass es sich um eine Globularstruktur handelt; VELDE (1969) und ZIMMERLE (1977) haben Entmischung im flüssigen Zustand für die Entstehung solcher Gefüge in Lamprophyren verantwortlich gemacht.

Plagioklas zeigt leistenförmige Querschnitte. Der Kern ist immer serizitisiert, der Rand hingegen klar. Nur in geringen Mengen ist Quarz vorhanden. Calcit ist wichtiger Nebengemengteil; feine Apatitnadeln treten recht häufig auf.

Nach den Ergebnissen einer Diffraktometer-Analyse überwiegt Plagioklas (14 Gewichts-%) über Kalifeldspat (6 Gewichts-%); es handelt sich also um einen Kersantit.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Resultate der chemischen Analyse der drei Lamprophyr-Proben wiedergegeben. Die Haupt- und Spurenelemente wurden, so weit möglich, mit der Röntgenfluoreszenzmethode bestimmt; FeO wurde colorimetrisch und CO_2 coulometrisch analysiert.

Wie schon die mikroskopische Untersuchung gezeigt hat, sind die drei Gesteine recht verschieden, passen aber gut in die Reihe Lamprophyr-Semilamprophyr–Porphyrit, wie sie W. WIMMENAUER (1973) aus dem Schwarzwald beschrieben hat. L 182 ist in jeder Hinsicht ein «echter» Lamprophyr: hohe normative Farbzahl, normativer or-Gehalt von 23.34, hohe Gehalte an Cr (1021 ppm), Ni (273 ppm) bei hohen Gehalten an Sr (315 ppm), Ba (1765 ppm) charakterisieren ihn. Auffallend ist auch der für ein basisches Gestein recht beträchtliche Uran-Gehalt (19 ppm). Auch der nicht unbeträchtliche CO_2-Gehalt (2,18%) ist typisch für Lamprophyre.

L 110 und L 161 fallen schon ausserhalb der Variation der eigentlichen Lamprophyre, wie sie W. WIMMENAUER festgelegt hat. Sie können als Semilamprophyre bezeichnet werden (im Sinne W. WIMMENAUERS).

Überraschende Resultate lieferte die radiometrische Stollenaufnahme, die mit Hilfe eines Szintillometers (Saphymo-Srat, SPP 2-NF) durchgeführt wurde.

CHEMISCHE ANALYSEN DER LAMPROPHYRE UND SEMILAMPROPHYRE

Tabelle 1 Hauptelemente in Gew.-%

	L 110	L 161	L 182	Fehler (1 σ)
SiO_2	60.13	62.25	52.42	±0.6%
TiO_2	1.04	1.44	1.09	±0.01%
Al_2O_3	16.34	15.10	13.20	±0.2%
Fe_2O_3	2.92	3.61	2.37	±0.2%
FeO	2.35	2.32	4.35	
MnO	0.08	0.06	0.13	±0.01%
MgO	3.86	4.07	9.00	±0.07%
CaO	2.41	1.58	5.23	±0.04%
Na_2O	2.70	2.44	1.58	±0.08%
K_2O	5.48	4.67	3.95	±0.02%
P_2O_5	0.59	0.60	0.80	±0.01%
H_2O^+	1.63	1.87	2.77	
CO_2	0.05	0.05	2.18	
Total	99.58	100.06	99.07	

Tabelle 2 Spurenelemente in ppm

	L 110	L 161	L 182	Fehler (1 σ in ppm)
Nb	24	24	28	± 5
Zr	325	400	293	±10
Y	39	52	39	± 5
Sr	442	177	315	± 7
U	14	9	19	±10
Rb	294	289	298	± 6
Th	30	18	40	± 4
Pb	26	14	96	± 5
Ga	20	19	19	± 4
Zn	82	138	235	± 5
Cu	33	30	51	± 3
Ni	106	114	273	± 5
Co	30	40	48	± 6
Cr	295	444	1021	± 5,7,12
V	144	197	193	±13
Ce	242	99	239	±30
Nd	97	27	108	±30
Ba	1549	1199	1765	±20
La	100	99	72	±20
Sc	24	34	35	± 4

Tabelle 3 Molekularwerte nach P. NIGGLI

	L 110	L 161	L 182
si	212.5	233.0	144.0
al	34.0	33.0	21.5
fm	35.0	40.5	52.0
c	9.0	6.5	15.5
alk	22.0	20.0	11.0
k	0.57	0.56	0.62
mg	0.58	0.56	0.71
qz	+ 26.0	+ 53.0	0.0

Tabelle 4 CIPW-Norm (Variante mit Bildung von cc [Calcit] aus CO_2 + CaO und mit H_2O = «Hydrous» CIPW-Norm)

	L 110	L 161	L 182
Q	14.19	22.57	9.67
C	3.11	4.71	3.78
or	32.38	27.60	23.34
ab	22.85	20.65	13.37
an	7.78	3.60	6.93
wo	0.00	0.00	0.00
di	0.00	0.00	0.00
hy	9.95	10.14	26.89
ol	0.00	0.00	0.00
mt	4.23	3.50	3.44
il	1.98	2.73	2.07
hm	0.00	1.20	0.00
ap	1.40	1.42	1.89
cc	0.11	0.11	4.96
H_2O	1.63	1.87	2.77
Total	99.62	100.10	99.12
Normative Farbzahl:	17.56	18.99	34.92

(Normative Farbzahl = di + hy + ol + mt + il + hm + ap)

Gneise, Amphibolite, Aplite und Pegmatite unterscheiden sich nur wenig; niedrige Werte um 150 cps überwiegen. Drei der Lamprophyrgänge indessen (m 110, m 182 und m 189) zeigten erhöhte Radioaktivität (bis 370 cps!). Schon die chemische Analyse hatte ja recht hohe Werte für Uran ergeben (bis 19 ppm!). Auch diese Beobachtung ordnet sich gut in die Kenntnis der Schwarzwälder Lamprophyre ein: diese zeigen sowohl «basaltophile» Tendenzen (hohe Cr-, Ni-Gehalte) als auch «granitophile» Tendenzen (hohe Ba-, Sr-, U-Gehalte). Interessant ist, dass nach Mitteilung von Prof. Th. Hügi und Dr. T. Labhart die Meta-Lamprophyre der Alpen nie erhöhte Radioaktivität zeigen. Es stellt sich die Frage, ob dies eine Folge von Stoffwanderungen bei der Metamorphose ist oder ob die Spurenchemie der Lamprophyre primär von Region zu Region verschieden ist.

QUARZGANG

Bei m 96/97 durchschlägt ein Quarzgang den Gneis. Er verläuft parallel zu einem Aplitgang und ist mit diesem in direktem Kontakt. Ob der Quarzgang jünger oder älter als die Lamprophyre ist, kann nicht entschieden werden. Wir halten ihn für das jüngste Gestein im Stollenaufschluss. Er ist ca. 30 cm breit. Im Aufschluss war eine offene Kluft sichtbar, in welcher dünne, prismatische Quarzkristalle (bis 1 cm lang) vorkamen.

Die mikroskopische Untersuchung zeigte, dass die Quarzkörner stark undulös auslöschen und z. T. zerbrochen sind; sie besitzen perlschnurartig aufgereihte Fluid-Einschlüsse. Äderchen sind mit feinkörnigem Quarzgewebe besetzt. Die opaken Gemengteile (wenige Körner) sind nach dem röntgenographischen Befund Arsenopyrit.

Die mikroskopischen Beobachtungen zeigen, dass auch das wohl jüngste Gestein im Stollen nach der Bildung noch Stress unterworfen war.

RADIOAKTIVITÄTSMESSUNGEN

Die Messungen wurden im Stollen direkt am Felsen mit einem Scintillometer Saphymo-Srat, SPP-2-NF, Serie 8, Nr. 483F durchgeführt. In Fig. 3 sind die Resultate dargestellt. Die höchsten Radioaktivitätswerte zeigen überraschenderweise die Lamprophyre. Die nachstehende Tabelle gibt die Durchschnittswerte für die verschiedenen Gesteinstypen wieder:

	Strahlungsintensität in cps
Gneis	130
«alter» Pegmatit	103
junger Pegmatit	122
Aplit	162
Lamprophyr	344
Quarzgang	87

VERSUCH EINES ALTERSSCHEMAS DER LAUFENBURGER GESTEINSBILDUNGEN UND IHRE ENTWICKLUNG

7) Quarzgang
6) Lamprophyre und Semilamprophyre
5) rote bis gelbliche Aplitgänge
4) meist rötliche Pegmatite
3) meist weisse Pegmatite, sowohl diskordant wie konkordant, z. T. «verfaltet»
2) Metamorphose und Anatexis in der hochgradigen Amphibolitfazies, überleitend zu 3
1) Sedimentation des Paragneis-Protolithen, Bildung basischer Tuffe oder/und Laven (Protolithe der Amphibolite (Altpaläozoikum oder Präkambrium)

1) ist das Älteste, 7) das Jüngste

ZUR EINORDNUNG DER SERIE VON LAUFENBURG IN DIE GRUNDGEBIRGS-LITHOLOGIE-GLIEDERUNG VON W. WIMMENAUER

W. WIMMENAUER (1980) hat versucht, die vorvaristischen Paraserien des Schwarzwaldes (Präkambrium nach WIMMENAUER) lithologisch in Serien zu gliedern. Dabei müssen natürlich spätere anatektische Beeinflussungen unberücksichtigt bleiben.

Die Laufenburger Gneise mit ihren zahlreichen Amphibolitbändern können der Serie H (Assemblage of Bad Griesbach) zugeordnet werden. Serie A (Monotonous paragneiss series) und vor allem Serie F (Gneiss assemblage of the Murg valley) kommen weniger in Frage. In der Serie F sind Kalksilikatgesteine und Pyroxengneise typisch, die in Laufenburg fehlen.

Es muss aber betont werden, dass die Gneise von Laufenburg häufig Hornblende führen und sich dadurch von den sehr verbreiteten Plagioklas-Quarz-Biotit-Paragneisen des Schwarzwaldes etwas abheben.

Verdankungen

Wir danken der Stadt Laufenburg für die Erlaubnis, den Stollen mehrfach begehen zu können. Das Ingenieurbüro F. Koch, im besonderen Herr Hofmann, war stets hilfsbereit. Bei den Stollenaufnahmen waren die Herren H.J. Moser sowie J. Ganguin und C. Wenger beteiligt (alle drei Bern); auch ihnen danken wir herzlich, ebenso Herrn Dr. R. Oberhänsli für Hilfestellung bei den Arbeiten mit der Elektronen-Mikrosonde, Herrn Dr. I. Mercolli für die chemischen Analysen der Lamprophyre, Herrn Dr. J. Meyer für manche Diskussionsbeiträge und Herrn J. Megert für photographische Arbeiten. Wir danken Herrn Prof. Peters (Bern) dafür, dass er uns früh auf den beabsichtigten Stollenbau aufmerksam gemacht hat.

Der Hilfsfonds des Mineralogisch-petrographischen Institutes Bern gewährte einen Beitrag an die Spesen der Feldarbeiten. Wir danken auch dem Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Projekt 2.484-0.79), ohne dessen finanzielle Unterstützung ein Teil der Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Literaturverzeichnis

BARTHEL, F. und MEHNERT, K.R. (1970): Die Verteilung von Uran und Thorium im Marlsburger Granit. N.Jb.Miner. Abh., 114, p. 18–47.

BREWER, M.S. und LIPPOLT, H.J. (1972): Isotopische Altersbestimmungen an Schwarzwald-Gesteinen, eine Übersicht. Fortschr..Min. 50, 2, p. 42–50.

GROSCHOPF, R., KESSLER, G., LEIBER, J., MAUS, H., OHMERT, W., SCHREINER, A. und WIMMENAUER, W. (1977): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Freiburg im Breisgau und Umgebung 1:50000. Stuttgart.

GRUBENMANN U. und NIGGLI, P.: Die Gesteinsmetamorphose. Bornträger, Berlin, 538 S.

HEUSSER, H. (1926): Beiträge zur Geologie des Rheintales zwischen Waldshut und Basel (mit besonderer Berücksichtigung der Rheinrinne). Beiträge zur Geologie der Schweiz, Neue Folge, Liefg. 57/II.

HOENES, D. (1948): Petrogenese im Grundgebirge des Schwarzwaldes. Heidelberger Beitr. Mineral. Petrogr. 1, 121-202.

HOENES, D., MEHNERT, K.R. und SCHNEIDERHÖHN, H. (1949): Führer zu petrographisch-geologischen Exkursionen im Schwarzwald und Kaiserstuhl. Stuttgart, p. 1-30.

HUBER, H.M. (1943): Physiographie und Genesis der Gesteine im südöstlichen Gotthardmassiv. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 23, p. 72-260.

HÜTTNER, R. und WIMMENAUER, W. (1967): Erläuterungen zu Blatt 8013 Freiburg, Geologische Karte von Baden-Württemberg, 1:25000. Stuttgart.

JOHANNES, W. und GUPTA, L.N. (1982): Origin and evolution of a migmatite. Contrib. Mineral. Petrol. 79, p. 114-123.

MEHNERT, K.R. (1968): Migmatites and the origin of granitic rocks. Elsevier, Amsterdam.

MEHNERT, K.R. und BÜSCH, W. (1982): The initial stage of migmatite formation. N.Jb. Miner. Abh. 145, p. 211-238.

METZ, R. und REIN, G. (1958): Erläuterungen zur Geologisch-petrographischen Übersichtskarte des Südschwarzwaldes 1:50000. M. Schauenburg Verlag, Lahr.

NIGGLI, E. (1952): Stereometrie et mise en place de filons. Bull.Soc. Geol. France 2, p. 215-223.

NIGGLI, E. (1953): Zur Stereometrie und Entstehung der Aplit-, Granit- und Pegmatitgänge im Gebiet von Sept-Laux (Belledonne-Massiv s.l.), Leidse Geol. Meded., Deel XVII, p. 215-236.

NIGGLI, P. (1911): Die Differentiation im Südschwarzwald. Centralblatt 1911, S. 438.

NIGGLI, P. (1912): Das kristalline Grundgebirge bei Laufenburg. Jahrb. Oberrhein. geol. Ver. N.F., Bd. 2.

NIGGLI, P. (1925): Über das Grundgebirge des Schwarzwaldes. Mittl. Aargauer Naturforsch. Ges., 17, p. 1-35.

SCHEUMANN, K.H. (1936): Zur Nomenklatur migmatitischer und verwandter Gesteine. Tschermaks Mineral. Petrogr. Mitt. 41, p. 297-302.

SCHEUMANN, K.H. (1937): Metatexis und Metablastesis. Tschermaks Mineral. Petrogr. Mitt. 48, p. 402-412.

SEDERHOLM, J.J. (1907): On granite and gneiss. Bull.Comm.geol.Finl. 23. Ins Englische übersetzt und herausgegeben in: J.J. SEDERHOLM (1967): Selected works, granites and migmatites, Oliver and Boyd, Edinburgh.

SUTER, H.H. (1924): Zur Petrographie des Grundgebirges von Laufenburg und Umgebung (Südschwarzwald). Schweiz..mineral..petrogr. Mitt. 4, p. 93-336.

VELDE, P. (1969): Minettes et kersantites. Une contribution à l'étude des lamprophyres. These, Univ. de Paris.

WIMMENAUER, W. (1967): in R. HÜTTNER und W. WIMMENAUER, Erläuterungen zu Blatt 8023 Freiburg, Geologische Karte von Baden-Württemberg, 1:25000. Stuttgart, 1967.

WIMMENAUER, W. (1973): Lamprophyre, Semilamprophyre und anchibasaltische Ganggesteine. Fortschr. Miner. 51, p. 3-67.

WIMMENAUER, W. (1980): Lithology of the Precambrian in the Schwarzwald. N.Jb. Miner. Mh. 1980, 8, p. 364-372.

ZIMMERLE, W. (1977): Sphärische Texturen aus den kristallinen Umrahmungen des Oberrheingrabens. Oberrhein. Geol. Abh. 26, p. 88-133.

Manuskript eingegangen 28. März 1984.