

Zusammenfassung

Zum Problem der Genese der schwarz-, grau- und grüngefärbten Quarzporphyre im Halleschen Eruptionsgebiet

Die groß-, mittel- und feinkristallinen Halleschen Quarzporphyre stehen in engen Beziehungen zu Sedimenten des Siles und Autun. Neben normalen Färbungen treten unter bestimmten Bedingungen auch Dunkelfärbungen (Schwarz-, Grau- und Grünfärbungen) auf. Diese Färbungen können unter den reduzierenden Einflüssen wassergefüllter, schlammhaltiger Becken, deren Haushalt vom Magma aufgewältigt wurde, ferner durch Transvaporisationserscheinungen, hydrothermale und propylitartige Beeinflussungen bedingt werden. Beim mittelkristallinen Quarzporphyr werden darüber hinaus Dunkelfärbungen auch infolge Wiedererhitzung durch großkristallinen Quarzporphyr mit verursacht. Ausgliederungen von speziellen Quarzporphyrtypen (etwa als gesonderte Decken oder Ströme) nach ihrer Farbgebung sind nicht berechtigt.

Summary

On the problem concerning the genesis of the black, grey and green quartz porphyries in the Halle area of eruption

The Halle quartz porphyries of coarse, medium and fine grain are closely related to the Silesian and Autunian sediments. Apart from normal colourings there are also dark colorations (black, grey and green) occurring under certain conditions. These colorations may be due to the reducing influence of water-filled muddy basins worked over by magma, but also to transvaporization phenomena, hydrothermal and propylite-like influences. In addition, in case of medium-grained quartz porphyry, dark colorations are caused by coarse-grained quartz porphyry as a result of reheating. Distinction of special quartz porphyry types (e. g. as separate nappes or currents) according to colouring is not justified.

Резюме

О проблеме генезиса чёрных, серых и зелёных кварцевых порфиров в вулканическом районе Галле

Крупные, средние и мелкие кристаллические кварцевые порфиры находятся в тесной связи с осадками силеза и отена. Наряду с нормальной окраской при определённых условиях встречаются более

Zum Problem der Genese der schwarz-, grau- und grüngefärbten Quarzporphyre im Halleschen Eruptionsgebiet

Mit 3 Abbildungen, 3 Photos und 1 Tabelle im Text

Autor:

Prof. Dr. habil. ROLF ALBERT KOCH
Technische Hochschule Leipzig
Dozentur Ingenieurgeologie
703 Leipzig
Karl-Liebknecht-Straße 132

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd 4
Seite 29...44
VEB H. Haack Gotha/Leipzig 1979

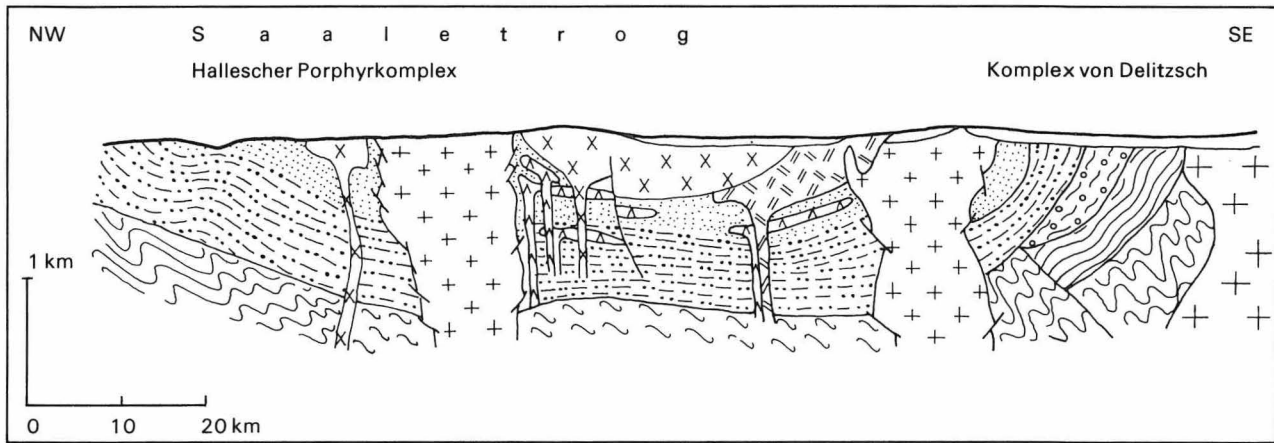
тёмные оттенки (чёрные, серые, зелёные). Эти оттенки могут быть обусловлены редуцирующими условиями наполненных водой и илом котловин, равновесие которых раскреплено магмой, а также явлениями трансвапоризации или гидротермальным и пропиловидным влиянием. Причиной тёмных оттенков у среднекристаллических кварцевых порфиров может быть также повторное прокалывание крупнокристаллическими кварцевыми порфирами. Выделение специальных типов кварцевых порфиров (напр. в качестве особых покровов или потоков) по их окраске неоправдано.

1. Einleitung

Das etwa 900 km² umfassende Hallesche Eruptionsgebiet liegt im nordwestlichen Bereich der saxonischen Zone des varistischen Gebirges. Die auftretenden magmatischen Gesteine stehen in engen Beziehungen zu Sedimenten des Siles und Autuniens eines Troges, der sich in einem Teilbereich der Mitteldeutschen Schwelle im Sinne von BRINKMANN (1948) bildete. Nach KOCH (1963, 1964 a, 1966, 1975) schied sich zunächst eine Reihe von Porphyriten („Andesiten“) aus, bevor die Halleschen Quarzporphyre („Rhyolithe“) entstanden. Die Grundtypen dieser Gesteine sind „großkristallin“, „mittelkristallin“ und „kleinkristallin“. In der Regel sind diese Quarzporphyre in den verschiedensten Tönungen braun bis rötlich gefärbt. Demgegenüber fallen Schwarz-, Grau- und Grünfärbungen besonders auf. Sie können – entgegen noch vor kurzem bestehenden Ansichten – an jeden Grundtyp gebunden sein. Im Zusammenhang mit der Genese der Quarzporphyre sei diesen Dunkelfärbungen in der vorliegenden Arbeit Beachtung geschenkt.

2. Zur Entstehung und petrographisch-stofflichen Kennzeichnung der Halleschen Quarzporphyre

Nach KOCH (1975) begann die Entstehung der Halleschen Quarzporphyre mit der Intrusion des großkristallinen Types. Der Intrusionsbeginn fand vermutlich bereits am Ende des Siles statt. Die Hauptintrusionsphase erfolgte jedoch erst während des Autuniens. An ihrem Ende entstanden effusiv die mittelkristallinen Quarzporphyre von Schwerz–Quetzdölsdorf nordöstlich von Halle. Der großkristalline Quarzporphyr hinterließ in den nördlichen Gegenden von Halle eine Reihe von Hangendkontakten an oberen Wettiner Schichten des Siles und an Halleschen Schichten des Autuniens. Die Basisschichten der letztgenannten Einheit waren während des letzten Abschnittes des intrusiven Magmaaufstiegs schon gebildet. Die



-  Quartär, Tertiär
-  Rotliegendes
-  Siles
-  Andesite
-  Rhyolithe, mittelkristallin
-  Rhyolithdecken, kleinkristallin
-  Rhyolithe, großkristallin
-  Frühmolasse (Visé)
-  Kambrium vom Delitzsch
-  Altpaläozoikum
-  Metamorphite
-  Granite

Abbildung 1
Schnitt durch die Vulkanitkomplexe von Halle
nach SCHWAB 1970

Genese der oberen Halleschen Schichten überdauerte jedoch die Intrusion des granitporphyrtigen Quarzporphyrs. Sie verlief etwa synchron mit der Tiefenabkühlung des Magmas. Mehrfach fanden im Halleschen Eruptionsgebiet auch effusive Durchbrüche des großkristallinen Quarzporphyrs statt. So wurde der mittelkristalline Quarzporphyr kurz nach seiner Entstehung von dem weiterhin intrudierenden großkristallinen Quarzporphyr effusiv in Stöcken und Gängen am Windmühlenberg zu Schwerz durchbrochen. Nach Abschluß der Sedimentation der Halleschen Schichten kam es in weiten Teilen des Halleschen Eruptionskomplexes zur Bildung kleinkristalliner effusiver Quarzporphyre (Abbildung 1). Von den zahlreichen Aufschlußstellen ist die N-S-gerichtete Spaltenzone des Petersbergvulkans am bedeutendsten.

Petrographische und stoffanalytische Untersuchungen über die Magmatite sind in der Vergangenheit oftmals angestellt worden. Viele Fragen hinsichtlich der Gesteinsgenese blieben jedoch offen. Auch neigte man betreffs der Gesteinsenteilung zu Unter- und Überdifferenzierungen. Die Arbeiten von LASPEYRES (1864), HAASE (1909, 1938, 1941 a, b), SCHWAB (1970), KOCH (1962 a, b, 1963, 1964 a, 1975) u. a. geben wichtige Zusammenfassungen über den bisherigen petrographisch-geologischen Erkenntnisstand. Bis vor kurzem galt es als gegeben, daß großkristalline Quarzporphyre eine mikrogranitische, mittel- und kleinkristalline Quarzporphyre dagegen eine symplektitisch-granophyrische Grundmasse besitzen. KOCH (1962 a, b) wies jedoch nachdrücklich darauf hin, daß in kleinkristallinen Quarzporphyren „Phasen“ großkristalliner Art vorkommen können, die verschiedenartig zu deuten sind. In seiner letzten Arbeit (KOCH 1975) führte er aus, daß großkristalline Quarzporphyre ebenfalls eine symplektitisch-granophyrische, mittelkristalline Quarzporphyre dagegen auch eine mikrogranitische Grundmasse besitzen können.

Zahlreiche Untersuchungen haben gezeigt, daß sich der Mineralgehalt und der Chemismus (SiO_2 -Anteil > 70 Vol.-%) der einzelnen sauren Gesteinstypen – trotz gewisser stofflicher Schwankungen – ähneln. Eine Fülle petrographischer Details belegt, daß reliktsche Strukturen von Fremdgesteinen in den Porphyren enthalten sind. Sie stammen von ein- und angeschmolzenem Fremdmaterial. Der Verfasser (KOCH und FISCHER 1961; KOCH 1963, 1964 a, b, 1967 a, b) und andere Autoren haben auf den Reichtum permokarbonischer Sedimentfetzen sowie auf vereinzelt

nachweisbare Paragneisxenolithe und Magmatiteinschlüsse verwiesen. Sicherlich stammt der Stoffhaushalt der Porphyre aus einem einheitlichen Magma. Es wird als hybrid angesehen (HOPPE, KUNERT und SCHWAB 1965; SCHWAB 1970).

In den nachfolgenden Betrachtungen wird der Genese der Dunkelfärbungen (Schwarz-, Grau- und Grünfärbungen) von Quarzporphyrrpartien besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Diese Farbgebungen haben in der Vergangenheit zu Überdifferenzierungen in der Einteilung der Porphyre geführt, so bei den klein- und mittelkristallinen. Andererseits waren sie bis vor kurzem bei den großkristallinen Quarzporphyren nicht bekannt. Deshalb verdienen Betrachtungen über ihre Genese Erwähnung.

Die Farbtonungen der Quarzporphyre – sowohl die „normalen“ braunen bis rötlichen als auch die schwarzen, grauen und grünen – werden durch Fe^{2+} bzw. Fe^{3+} in oxidischen Mineralien und Silikaten bedingt. Der Farbton hängt nicht nur von der Art der Mineralien, sondern auch von ihrer Korngröße, Kornballungsdichte und Lagerung im Gestein ab. Oft sind die färbenden Partikel nur in Staubform $< 5 \mu\text{m}$, oft auch in Partikeln von $> 5 \mu\text{m}$ Größe eingelagert. Die färbenden Bestandteile können nicht selten in mehreren Generationen auftreten. Rötliche und braune Farbtonungen werden durch die Vorherrschaft von Hämatit bzw. Martit, Grau- und Schwarztonungen durch Mineralien der Magnetit-Ulvitreihe (mit ihren Enteisungsprodukten), ferner durch dichtgeballte kleinste Hämatitkörner sowie durch Biotit (mit seinen Zersetzungsprodukten), Braunfärbungen dagegen durch Limonit hervorgerufen. Die auffälligen grünen Färbungen gehen auf das Vorhandensein von Chloriten (vor allem von Pennin und Prochloriten), von Illiten und Hydroglimmern sowie verschiedentlich auf feinstverteilte Mineralien der Magnetit-Ulvitreihe zurück (WASTERNAK u. a. 1960; KOCH 1967 a, b; KELCH 1963, 1966; u. a.).

Der Eisenerzanteil („Ferritanteil“) der Gesteine ist für die magnetischen Eigenschaften verantwortlich. Hier sei auf die Höhe der Suszeptibilitäten verwiesen, wie sie in überaus zahlreichen Bestimmungen von BRÄUER (1952), BRANDT (1959), WAGNER (1959), SÄRCHINGER, PESCHEL und WEINHOLD (1960), WAWRZIK (1962) sowie KOCH

u. a. (unpubliziert) abtaxiert wurden. Die gängige Erzpartikelanzahl der Individuengrößen 5 bis $20 \mu\text{m}$, die auch der Verfasser bevorzugte, ist kein zuverlässiges Maß für die linear-adäquate Größe der Suszeptibilität, da für diese auch die Partikelfraktionen $< 5 \mu\text{m}$ eine erhebliche Rolle spielen. Die hier mitgeteilten Durchschnittswerte für die Quarzporphyrtypen zeigen im allgemeinen, daß sich die Suszeptibilitäten bei den groß- und feinkristallinen Quarzporphyren gleichen, während sie bei den mittelkristallinen deutlich erhöht sein können.

Die Genese der Farbgebungen und entsprechenden Mineralbildungen hängt von den spezifischen Platznahmebedingungen und Erstarrungsverhältnissen der Schmelze ab. Die nachfolgenden Kapitel sollen dazu beitragen, nach unserem bisherigen Kenntnisstand die Dunkelfarbgebungen der Halleschen Quarzporphyre zu klären.

3. Zur Genese der Dunkelfärbung der mittelkristallinen Quarzporphyre

Die „Dunkelfärbung“ der Magmatite (Schwarz-, Grau- und Grünfärbung) wurde zuerst bei den mittelkristallinen Quarzporphyren vom Windmühlenberg bei Scherz (nordöstlich von Halle) beobachtet. LASPEYRES (1864) – der die Gesteine als feinkristallin betrachtete – sprach von ihnen als der ursprünglichen Form der Glutflußgesteine des halleschen Eruptionsgebietes. Auffällig war seit langem der Übergang von schwarzem zu braunrotem Quarzporphyr mit fließenden Grenzen. LASPEYRES (1864) nahm an, daß die Quarzporphyre durch „Eisenoxydulsilikate“ (in Form winzigster Glimmer, Augite und Hornblenden) in der Grundmasse schwarz gefärbt seien. Verwitterung und Zersetzung hätten erst später durch erhöhte Oxydation die Porphyre braunrötlich gefärbt. Magnetit sei in den Gesteinen nicht nachweisbar.

Die Hypothese von LASPEYRES wurde nach mehreren Jahrzehnten von HAASE (1904, 1938, 1941 a, b) energisch bestritten. Nach ihm ist in den Gesteinen Magnetit primär enthalten, während

Mittelwerte	Erzpartikel 5 bis 20µm/cm ²	Suszeptibilitäten: Ablenkung in pars ⁻¹ Fanselausche Waage
klein- kristallin (rot bis bräunlich)	3700	15 ... 300
groß- kristallin (rot bis bräunlich)	3700 ... 4700	40 ... 350 ¹
mittel- kristallin (rot bis bräunlich)	4500 ... 6000	45 ... 410
mittel- kristallin (rot bis grau und schwarz)	3500	540
mittel- kristallin (grau bis schwarz und grün)	3500	200 ... 760

¹ Sonderfall Fuchsstein: 530.

Tabelle 1

Augite und Hornblenden fehlen. Die braunen und schwarzen Gesteine im Raume Niemberg–Schwerz–Quetz gehören zwei Porphyrröten an. Zunächst habe ein Erguß braunrötlicher Lava stattgefunden. Als die Lava noch nicht ganz erstarrt war, sei bei Schwerz ein Nachschub schwarzgefärbter Schmelze erfolgt. Das braunrote und das schwarze Material hätten sich danach auf Hunderte von Metern vermischt. Schließlich sei diese Einheit von einem Gang großkristallinen Porphyrs durchbrochen worden, der sich deckenförmig über den Hügel breitete. Aber schon 1949 bestritt SCHÜLLER die von HAASE angenommenen Lagerungsverhältnisse. Nach ihm hätte der Schwerz-Quetz Porphyrröten den älteren (!) großkristallinen Porphyrröten metamorph aufgeschmolzen. Dadurch seien die Orthoklase des Schwerz-Quetz Porphyrröten sanidinisiert worden. Sanidin hätte sich freilich auch primär gebildet. 1954 nahm KOCH Anschauungen vorweg, die er 1975 in noch gültiger Form begründete.

Die Anschauungen von LASPEYRES, HAASE und SCHÜLLER lassen sich in der damals vorgetragenen Form nicht halten, wenn sie auch wertvolle Erkenntnisse beinhalten. Eine Verwitterung bzw. Zersetzung der Schwerz-Quetz Gesteine im Sinne von LASPEYRES (1864) ist nur in den

obersten Gesteinszonen möglich. Sie hat auf dem Wege keineswegs mittelkristalline Gesteine erfaßt, die mehrere hundert Meter Mächtigkeit erreichen.

Auch HAASES Hypothese der Dunkelfärbung (1941 a, b) ist als überholt anzusehen. Da die mittelkristallinen Quarzporphyre nahezu identische stoffliche Parameter haben (Rohdichte, Reindichte, Porenvolumen, Porenziffern, Chemismus), erscheint es unvorstellbar, daß ein „schwarzer“ Nachschub mechanisch in der Lage war, die bereits viskose erkaltende Lava zu durchdringen. Auch ist es mit HAASES Konzeption unvereinbar, daß im südwestlichen Hauptbruch des Windmühlenberges braunroter Porphyrröten und schwarzbrauner Übergangsporphyrröten (im Sinne von KOCH 1975) – getrennt durch eine Zone großkristallinen Porphyrröten – nebeneinander liegen und an anderen Aufschlußstellen schwarzes Gestein von braunschwarzem und braunrotem überlagert wird. Aber auch SCHÜLLERS Annahme ist geologisch nicht haltbar. Nirgends belegen die ausgedehnten Aufschlußfronten, daß am Windmühlenberg Schwerz-Quetz Porphyrröten (mittelkristallin) den großkristallinen von unten her durchdrang und aufschmolz. KOCH (1975) hat im Gegenteil nachgewiesen, daß an mehreren Stellen der großkristalline Typ mit unregelmäßigen schmalen Kontakten den kaum verfestigten mittelkristallinen Quarzporphyrröten durchschlagen hat.

Der intensive Farbwechsel einschließlich der Dunkelfärbung der mittelkristallinen Quarzporphyre muß auf wesentlich andere Weise als bisher erklärt werden. Zunächst sei festgestellt, daß diese Quarzporphyre eine effusive Einheit (wenn wohl auch mit mehreren Eruptionstellen) bilden. Dafür sprechen ihre vorwiegend, wenn auch nicht ausschließlich symplektitische (granophyrische) Grundmasse sowie der rasche Wechsel von Sanidin- oder Orthoklasvormacht (einschließlich Mikrokin- und Perthitgehalten) bei den Phenokristen am Windmühlenberg, ferner der vom Verfasser ermittelte fließgenetische Aufbau (noch unpubliziert) und das Vorkommen von Tuff bzw. Tuffit über dem normalen Quarzporphyrröten in der Bohrung von Dammendorf.

Es besteht kein Zweifel, daß der mittelkristalline Quarzporphyrröten permokarbonische Gesteine des Untergrundes durchbrochen hat. Davon zeugen ein am Gelsenberg bei Niemberg gefundener

meterlanger, quarzit- bis arkoseartiger Xenolith und weitere Einschlüsse am Windmühlenberg. Ob sie den Halleschen Schichten (Zwischensediment) des Autuniens oder älteren Schichten angehören, ist nicht belegbar. Den Habitus der Quarzporphyre könnte man am besten dadurch erklären, indem man Effusionen in einer von limnischen Seen bedeckten Landschaft annimmt, wie diese auch aus anderen Teilen des Halleschen Porphyreareals (etwa durch die Ausbildung oberer Wettiner Schichten im Bereich zwischen Löbejün–Plötz–Petersberg oder Hallescher Schichten im Raum Petersberg–Sennowitz–Halle) bekannt ist. In dieser Landschaft wirkten sowohl die exogenen Einflüsse der flachen Seen als auch endogene Faktoren aus den Zufahrtswegen des Magmas auf die endgültige Ausbildung der Quarzporphyre.

Die Farbverteilung der mittelkristallinen Porphyre äußert sich darin, daß bei Niemberg im SW und bei Quetzdölsdorf im NO braunrote, bei Schwerz am Windmühlenberg braunrote, braunrotschwarze sowie schwarze und vergrünte („dunkle“) Porphyre in wechselvollster Lage auftreten (KOCH 1975). Bei Dammendorf folgen in einem Bohrloch von oben nach unten 20 m mächtige schwarzgrüne Tuffe bzw. Tuffite, 30 m mächtige schwarzgrüne und schwarzbräunliche und schließlich mehrere Hunderte Meter mächtige braunrote Quarzporphyre.

Die Genese der Färbungen sei wie folgt gedeutet: Die Laven des mittelkristallinen Porphyrtyps traten teils zu Lande mit der Atmosphäre, teils mit den Wassersäulen flacher limnischer, Huminsäuren enthaltender Becken in unmittelbare Verbindung. Die Wasserbedeckung bedingte ein schwach saures Milieu, das nur ein relativ niederes Redoxpotential (ROP) besaß. Die Laven, die mit der freien Atmosphäre in Berührung traten, waren höheren Oxydationsbedingungen – und damit weit stärkeren Hämatitbildungen – als jene Massen ausgesetzt, die in die schlammgefüllten Seebecken drangen, Wasser und Schlamm verdrängten, in sich aufnahmen und das Wasser verdampfen ließen. Die Wässer bewirkten – nicht zuletzt durch ihre Huminsäuren unter aktiver Mitwirkung des Kohlenstoffs und durch andere chemische Verbindungen –, daß zum großen Teil nicht nur Fe^{3+} -Mineralien (Hämatit), sondern auch Fe^{2+} - sowie $\text{Fe}^{2+/3+}$ -haltige Mineralien (Glieder der Magnetit-Ulvit-Reihe, Biotite und Chlorite) gebildet wurden.

Die Aufwältigung der verdrängten Massen erfolgte entsprechend den morphologischen Gegebenheiten inhomogen. Dabei kam es zu transvaporisationsartigen Erscheinungen (vgl. SZÁDECZKY-KARDOSS 1958, 1959, 1963). Die Gesteine des Schwerzer Windmühlenberges beherrschten dabei schon auf kurze Strecken stärkeres Temperaturgefälle. Es war bestimmend für die Bildung von Orthoklasphenokristen mit Sanidin-zonen und -kernen. Die starken Farbänderungen auf kürzestem Raum zeugen von dem überaus schwankenden Sauerstoffangebot, das exo- und endogene Faktoren vermittelten.

Wie die Farbverteilung im Quarzporphyr des Bohrloches Dammendorf belegt, ist im gesamten Extrusionsraum eine weitestgehende Farbangleichung mit zunehmender Tiefe erfolgt. Insgesamt herrschten in Teufen > 100 m Oxydationsbedingungen des endogenen Bereichs. Das Sauerstoffangebot war hier so groß, daß sich die Erzpartikel vorwiegend als Hämatite ausscheiden konnten. Daneben ist etwa zeitgleich auch ein Anteil von „Magnetit“ ausgeschieden worden. In diesen Tiefenbezirken ist mit einer Verschiebung des pH-Wertes in den neutralen oder leicht alkalischen Bereich bei mittlerem ROP zu rechnen. Der in ihnen länger verbleibende Wärmehaushalt mit seinen überkritischen wasserhaltigen Restlösungen ließ Fe^{3+} migrieren und die Feldspäte des Gesteins vielerorts blutrot färben. Im Dammendorfer Bohrloch betraf diese Rotfärbung eine Mächtigkeit von nahezu 400 m.

Auf eine etwas andere Genese sind die Dunkelfärbungen mittelkristalliner Gesteine zurückzuführen. Diese Partien sind nach KAEMMEL, SCHWAB und SEYDEWITZ (1970) reich an Mikroklin- und Perthitbildungen. Diese Partien liegen in unmittelbarer Nähe großkristalliner Durchbrüche. In den Gesteinen haben bevorzugt Umwandlungen von Mineralien der Magnetit-Ulvit-Reihe zu Rot-eisen stattgefunden. Vielerorts blieb im Bruch jedoch diese Oxydation unvollkommen, so daß aureolenhaft um den großkristallinen Stock im SO und an anderen Stellen des Hauptbuches braunrot-schwärzlicher „Übergangsporphyre“ entstand (KOCH 1975). Während der Gesteinsverfestigung migrierendes Eisen hat vielerorts in der Durchbruchsnähe Feldspäte blutrot gefärbt.

Sehr auffällig sind bei Schwerz Vergrünungen schwärzlich-grauer und braunrot-schwärzlicher

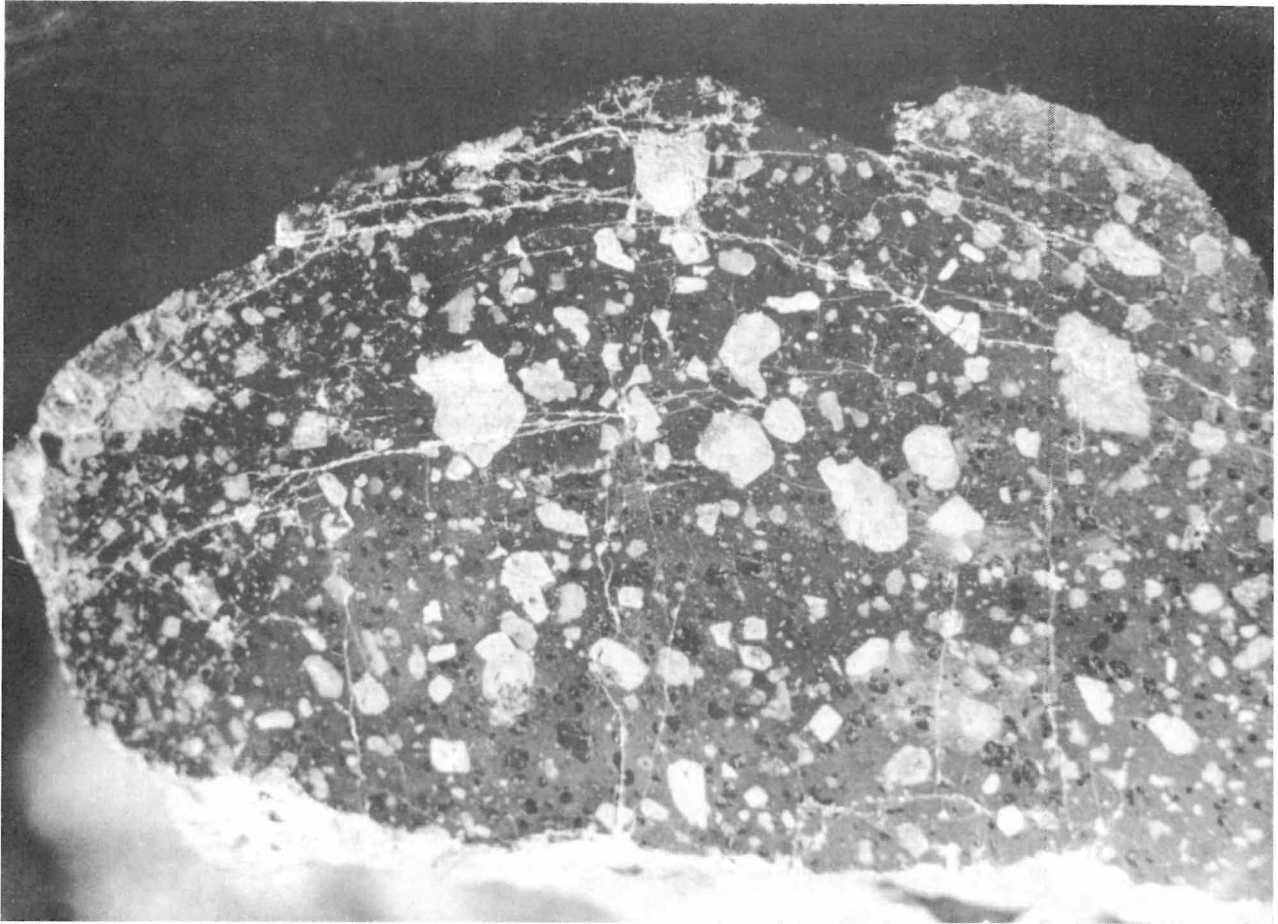


Photo 1

Blauschwarze Varietät des großkristallinen Quarzporphyrs im SW (Zone G) des Windmühlenberges (Hauptbruch) bei Schwerz; links überleitend in tiefdunklen Übergangsporphy (Photo KOCH)

Partien des mittelkristallinen Gesteins. Man denke an LASPEYRES (1864) Begriff „grüner Porphy“. Die Bereiche sind reich an Magnetiten, Chloriten und Biotiten, wobei die erstgenannten Mineralien primär oder durch Biotitdestruierung entstanden sein können. Die intensivsten Vergrünungen kommen im SW des Bruches an der Grenze zu einem großkristallinen Durchbruch vor. Das vergrünte Gestein ist pseudotuffartig – vor allem durch Feldspatzeratz – umgewandelt worden. Die Zersetzungsprodukte bestehen aus Tonmineralien der Kaolinit-Illit-Gruppe. Hier haben Aufheizungseffekte des großkristallinen Quarzporphyrs ihre Wirkung ausgeübt. Man kann von Propylitisierungsvorgängen im vorwiegend hydrothermalen Temperaturbereich sprechen. Darauf weist auch die Fülle der assoziierten sekundären Mineralien wie Kalzit, Fluorit, Baryt, Bleiglanz, Hämatit, Limonit, Serizit, Illit und Talk hin.

4.

Zur Genese der Dunkelfärbung großkristalliner Quarzporphyre

Die Dunkelfärbung großkristalliner Quarzporphyre ist auf analoge Weise wie die der mittelkristallinen Gesteine zu deuten, zumal beide Gesteinstypen bei Schwerz in unmittelbarer Nähe liegen. In der Regel werden die großkristallinen Quarzporphyre durch Fe^{3+} -Mineralien braunrot gefärbt. Oft besitzt die Färbung auch einen violettroten bis grauroten Stich. Dieser ist ebenfalls wie die Farbgebung der grauschwarzen bis schwarzgrauen Varietäten auf einen beträchtlichen Anteil von $\text{Fe}^{2+/3+}$ -Mineralien neben Fe^{3+} -Oxiden zurückzuführen.

Am Schwerzer Windmühlenberg kommen die Dunkelfärbungen im großkristallinen Quarzporphyr vor allem in scharf begrenzten, ver-



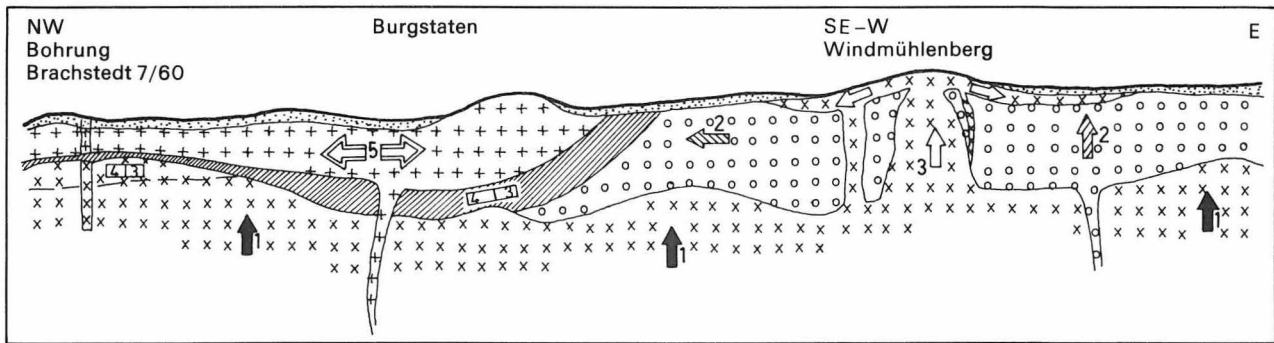
Photo 2
Schwarzgrüngefärbte, hydrothermal beeinflusste Spalten im großkristallinen Quarzporphyr im SE des Hauptbruches Windmühlenberg (Zone F) bei Scherz
(Photo KOCH)

tikaltendierenden Klüften im großkristallinen SO-Stock sowie in einer 2 m breiten Gangzone zwischen groß- und mittelkristallinem Porphyrr des Südwestbruches vor (Photo 1). Die schwarzgrünen Kluftzonen heben sich deutlich von der Umgebung ab (Photo 2). Die Klüfte und Spalten waren durch Magmenabkühlung aufgerissen. Noch während der Erstarrung zirkulierten durch die Spalten heißwässerige Lösungen. Sie verursachten Reduktionen im eisenoxidhaltigen Gestein. Eine auffällige Magnetitbildung (Mineralien der Magnetit-Ulvit-Reihe) und Chloritisierung (Primärbildung und Produkte von Biotitdestruierung) waren die Folge. Die endogenen, aufsteigenden alkalischen Lösungen bewirkten mithin Propylitisierungen. Dabei wurde auch die oben erwähnte 2 m breite Gangzone zum größten Teil zermulmt und teilweise zu silikatischen Tonmineralprodukten heterogener Art zerlegt. Auffällig bleibt es, daß auch der sekundäre Mineralgehalt des begleitenden großkri-

stallinen, braunroten bis grau violetten Gesteinstyps für Propylitisierung spricht. Er äußert sich im Vorkommen von Serizit, Talk, Wad, Limonit, Hämatit, Chlorit, Kalzit und Orthoklas.

Außerhalb des Raumes von Niemberg-Scherz-Quetz kommen Schwarz- und Grünfärbungen großkristallinen Quarzporphyrs in der Bohrung Brachstedt 7 nordwestlich von Brachstedt vor. Das Gestein wurde bisher infolge dunkler Partien mit dem schwarzen, mittelkristallinen Quarzporphyr von Scherz parallelisiert. (KAMPE, REMY und SEYDEWITZ 1961; KOCH 1963, 1964 a, 1966, 1975). Es liegt jedoch kein Grund vor, das Kennzeichen der Farbgebung für die Typenzuordnung überzubetonen.

In der Bohrung herrscht die Lagerungsfolge: 0 bis 58 m Quartär und Tertiär, 58 bis 192 m feinkristalliner Quarzporphyr, 192 bis 197 m fraglicher, zweifellos überbohrter Gesteinsverband (Hallesche Schichten?), 197 bis 523 m großkristal-



- x x x Grobkristalliner Quarzporphyr
- ▨ Hallesche Schichten des Autuniens
- ↑₁ Magmatische Bewegungsphase
- 4 3 Sedimentationsphase, beginnend in Phase 3, diese jedoch überdauernd
- o o o Mittelkristalliner Quarzporphyr
- . . . Tertiär, Quartär
- ↑₂ Magmatische Bewegungsphase
- + + + Kleinkristalliner Quarzporphyr
- ↑₃ Magmatische Bewegungsphase
- ↑₅ Magmatische Schlußphase, nach Phase 4 einsetzend

Abbildung 2
Prinzipiskizze — Verbandsverhältnisse im Raum
Brachstedt-Schwerz (schematisch),
ca. 2fache Überhöhung

liner Quarzporphyr. Würden Hallesche Schichten tatsächlich in geringer Mächtigkeit vorliegen, so könnte ihr Verbandsverhältnis dadurch erklärt werden, daß ein Teil der ursprünglich mächtigeren Sedimente wieder abgetragen wurde, bevor der kleinkristalline Quarzporphyr den restlichen Teil bedeckte (Abbildung 2).

Der anstehende grobkristalline Quarzporphyr ist in seinen oberen Partien schwarz bzw. blaugrau gefärbt und fällt durch intensivere Rötung der Feldspatphenokristen auf. In den unteren Partien wird die braunrötliche Färbung der Grundmasse zur Regel. Unabhängig von der Farbgebung besitzt das Gestein fast durchgängig mikrogranitische Grundmasse. Auch die Variabilität seines Quarzanteils (in den oberen Partien quarzreicher, in den unteren quarzärmer) ändert daran nichts. Hier liegt mithin echtes grobkristallines Gestein vor, das strukturell den Merkmalen der klassischen Halleschen Gesteinstypeneinteilung gerecht wird. Geologisch ergibt sich die Konsequenz, daß — im

Gegensatz zu den bisherigen Auffassungen — grobkristalliner Quarzporphyr den Raum zwischen Oppin—Plößnitz—Brachstedt—Niemberg—Windmühlenberg Schwerz unterteuft. Der Quarzporphyr mag im Untergrund in verästelnden Lagerungsformen vorhanden sein. Er kann nur durch ein engmaschiges Bohrnetz hinreichend erfaßt werden. Westlich von Niemberg wurde er vom kleinkristallinen Porphyrt überlagert.

Die Dunkelfärbung der oberen Porphyrtpartien rührt wiederum von der Dominanz von „Magnetiten“ (Mineralien der Magnetit-Ulvit-Reihe) gegenüber Hämatit, untergeordnet auch von Chloriten und Biotitzersatz her. Es wird angenommen, daß die Schmelze — analog wie am Schwerzer Windmühlenberg — eine wassergefüllte Senke aufwältigte und dadurch ähnlichen reduktionsfördernden Bedingungen (schwach saures Medium bei relativ niederen ROP-Werten) unterworfen war, wie sie in Kapitel 3 erwähnt wurden. Die Sedimentation Hallescher Schichten könnte dabei durchaus die Abkühlung der oberen Partien des Magmatits überdauern haben. KOCH (1962 a, b) hatte bereits vor einiger Zeit eine derartige „Überdauerung“ am Material der Sennewitzer Tiefbohrung nördlich Halle aufgezeigt.

5. Zur Genese der Dunkelfärbung kleinkristalliner Quarzporphyre

Die kleinkristallinen Quarzporphyre sind seit den grundlegenden petrographischen Untersuchungen HAASES (1909, 1938) öfter speziellen Betrachtungen unterworfen worden. Von Anfang an wurde

dabei auch der Färbung der Quarzporphyre Beachtung geschenkt. Wenn diesem Material dabei verschiedentlich eine zu große Bedeutung zugemessen wurde, so ist hier der Einfluß des ersten modernen Systematikers der Halleschen Quarzporphyre erkennbar. Die beobachteten Dunkelfärbungen äußerten sich in Vergrünungen des Porphyrs in Halle-Nord (Gestüt Kreuz, Klausberge, Krähenberg, Reilsberg, Weinberg, Garten der ehemaligen Saalschloßbrauerei, Steinmühle), ferner bei Döckritz, Brachstedt, Dobis, Wettin, Petersberg und Hohnsdorf. Schwarzfärbungen kommen weit seltener vor und spielen nur im Gebiet von Trotha–Dölauer Heide–Lettin (mithin im NW von Halle) eine größere Rolle.

Stellvertretend für die Fülle dunkel gefärbter feinkristalliner Quarzporphyre sei auf die Farbgebung und die Lagerungsverhältnisse am Kuhberg in der Dölauer Heide, am Heidengrab bei Lettin, im Schurfschacht Wettin bei Dobis und im Petersbergmassiv verwiesen.

Der Kuhberg

Nach HAASE (1938) und den später berichtenden Wissenschaftlern kommen Dunkelfärbungen des feinkristallinen Porphyrs zwischen Halle und Lettin, dabei besonders am Kuhberg in der Dölauer Heide vor. Hier geht unterhalb der oberflächennahen Verwitterungs- und Zersetzungszone (mit Destruierungsprodukten aus der Kaolinitgruppe und aderförmig angeordnetem Limonit) schwarzgraues bis blauschwarzes Gestein nach unten zu mit unscharfen \pm horizontalen Grenzen in braunroten Quarzporphyr über. HAASE (1938; 1941 b) nahm an, daß der braunrote Porphyr einer von Halle-Nord bis zum Petersberg reichenden Decke zuzurechnen ist. Als diese noch nicht erkaltet war, hätte sich über sie etwas jüngere schwärzliche Lava gelagert. Sie hätte einer weiteren Decke angehört, deren Stirn erst bei Wettin geendet habe.

Die HAASEsche Deutung kann in der alten Form nicht aufrechterhalten werden. Die Abfolge zwischen dunkel und normal gefärbtem Quarzporphyr ist keineswegs auf eine Verschlierung zweier noch nicht abgekühlter Laven zurückzuführen. Sowohl die schwarzen als auch die rotbraunen Partien weisen ein einheitliches Fließ- und Kufbild auf. Das schwarzgraue Gestein ist reich an primären Magnetit (Mineralien der Magnetit-Ulvit-Reihe) sowie an aus Biotitzerset-

zung entstandenem Magneteisen. Die Biotitzersetzung reichte darüber hinaus bis zur Limonitskeletrierung. Der Hämatitgehalt tritt stark zurück. Die Genese der Dunkelfärbung ähnelt der im Schwerzer Bruch. Auch die feinkristalline Schmelze ist in ein Seegebiet geringer Wassersäule gedrungen und wältigte Schlammassen an der Oberfläche Hallescher Schichten auf. Im sauren Medium kam es infolge der Wirkweise von Kohlenwasserstoffen, von Stickstoff und anderen chemischen Verbindungen zu Reduktionsbedingungen, die in der Einflußzone des Wassers die Bildung von $Fe^{2+/3+}$ -Mineralien zuließen. Unterhalb dieser Einflußzone war jedoch erhöhte Oxydationsmöglichkeit vorhanden. So bildeten sich nach der Tiefe zu vorwiegend Hämatitpartikel, die das braunrote Gestein färbten.

Das Heidengrab

Seit HAASES Forschungen (1915; 1938) wurden auffallende Vergrünungen des feinkristallinen Quarzporphyrs am Heidengrab bei Lettin immer wieder festgestellt. Sie treten lagenartig – fast horizontal – in einer Porphyrwand auf. Das Gestein ist in den vergrünerten Partien völlig zersetzt und sticht stark von festen rötlichen Gesteinsbänken ab, die es „schichtähnlich“ unterteilen. Die zersetzten Partien bestehen vor allem aus losen Kristallaggregaten von Orthoklasen, Plagioklasen, auffälligen Glasfragmenten und werden durch Chlorite, destruierte Biotite und $Fe^{2+/3+}$ -haltige Erze gefärbt. HAASE und alle Untersuchenden – bis auf den Verfasser – haben die Zersetzungen als Kristalltuffe eines Stratovulkans gedeutet. KOCH (1963, 1964 a, 1966), dem später SCHWAB, KRUMBIEGEL u. a. folgten, hat gegen diese Deutung Einspruch erhoben. Nach ihm sind die Dimensionen der Zersetzungszone und „Bänken“ derart gering (Zentimeter- bis Dezimeterbereich), daß sie echten stratovulkanartigen Lagen nicht entsprechen können. Bei den Phänomenen handelt es sich vielmehr um Pseudotuffe und -agglomerate im Sinne von SZÁDECZKY-KARDOSS (1958, 1959). Sie sind durch Transvaporisationserscheinungen bedingt. Unmittelbar unter dem feinkristallinen Quarzporphyr ist Liegendesediment aufgeschlossen. Es besteht aus Tonschiefern (mit geringen Quarz-, Glimmer- und Feldspatgehalten) der Halleschen Schichten, die in Kontaktnähe graugrünlich bis braunrötlich gefärbt sind. Die Schmelze, die das

Nebengestein überglitt, übte eine Hitzewirkung auf ihr Liegendes aus. Dabei wurden der Wassergehalt und andere leichtflüchtige Stoffe des Nebengesteins durch sie aktiviert. Eisenschüssige Lösungen bedingten die Bildung von Chloriten, die nicht nur „lagenartige“ Partien des Porphyrs, sondern auch seine Flanken und das Liegende färbten. Der als problematisch angesehene „Glasgehalt“ in Kügelchenform dürfte auf hydrothermale Faktoren zurückzuführen sein. Bei jäher Abkühlung der Schmelze löste sich Gesteinsglas in kleine Glaspartikel auf. Möglicherweise erfolgte die Erstarrung in einem flachen wassergefüllten oder austrocknenden Becken der limnischen Landschaft.

Schurfschacht Dobis bei Wettin

In einem Schurfschacht auf Kupferschiefer bei Dobis nordwestlich Wettin wurde 1954 von KOCH (1967 b) ein 20 m breiter Quarzporphyrgang nachgewiesen (Streichen 120°...130°; Fallen $\pm 45^\circ$ SW). Der Gang durchbricht permiosilesische Sedimente (obere Wettiner Schichten oder Hallesche Schichten). Sie bestehen in Kontaktnähe aus quarz-, glimmer- und feldspatführenden Schiefer-tonen, in größerer Entfernung aus tonhaltigen, feldspat- und glimmerführenden arkoseartigen Sandsteinen. Die in der Regel lichtgrau, graugrün bis braunrot gefärbten Sedimente sind bis zu 1,5 m vom Kontakt entfernt stärker vergrünt. Die Vergrünung betrifft auch die Xenolithe aus dem Nebengestein im Porphyrt.

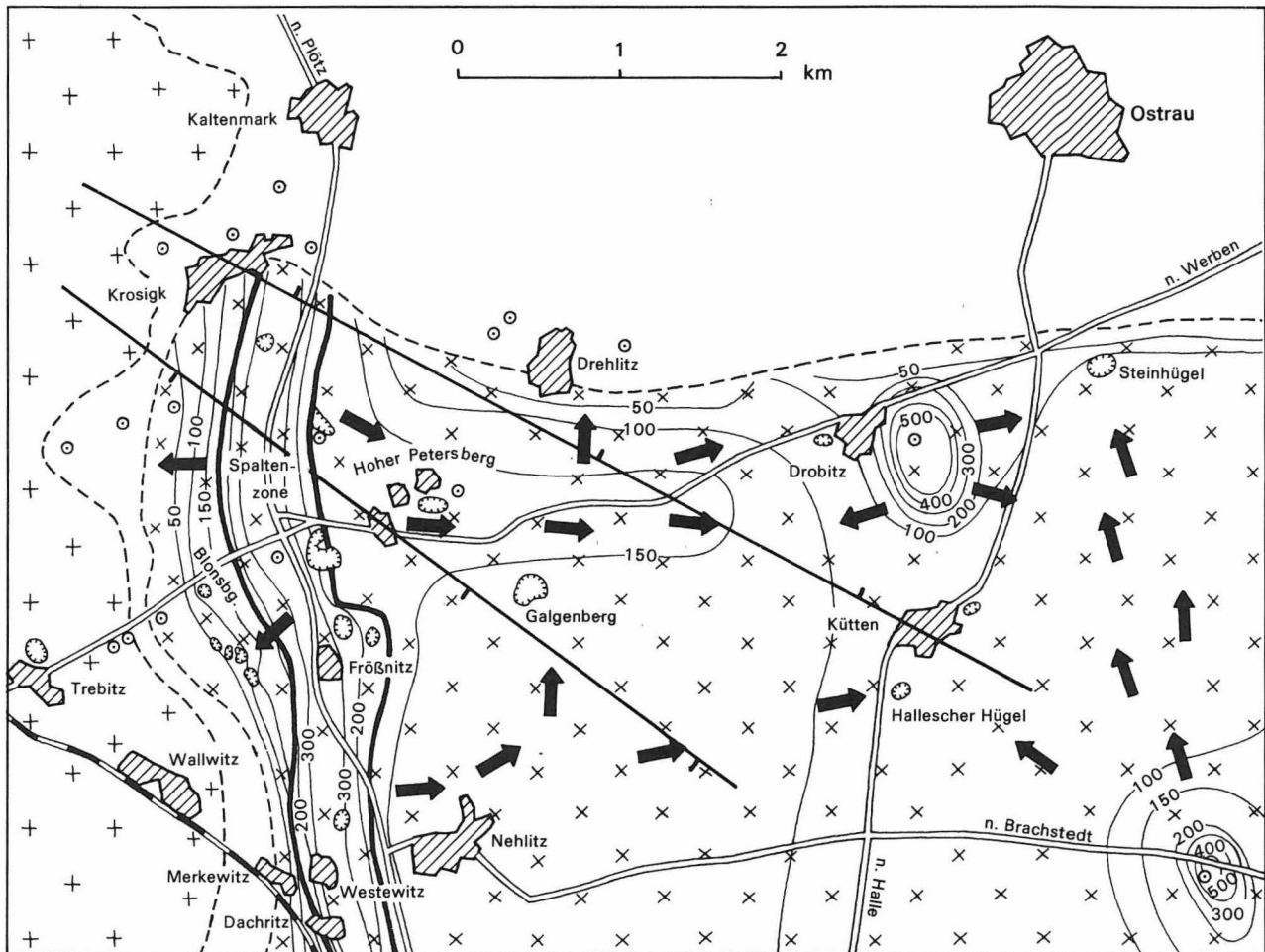
Normalerweise ist der Gang braunrot bis dunkelbraunrot gefärbt. Diese Färbung rührt von Hämatit her, das sich stellenweise zu Limonit umgewandelt hat. Der Porphyrt weist im Zusammenhang mit einer starken sekundären Mineralführung stellenweise intensive Grünfärbungen auf und ist in vielen Partien bis zu Pseudoagglomerat- und Pseudotuffbildungen zermulmt. Die intensiven Beeinflussungen stammen wohl nur zum geringen Teil aus mobilisierten flüchtigen Stoffen des Nebengesteins. Sie sind hauptsächlich auf aszendente kieselsäurehaltige Lösungen zurückzuführen.

Die Vergrünungen werden vorwiegend durch hydrothermale, propylitartige Wirkweisen verursacht. Während der Erstarrung des Ganges lag anscheinend ein mittleres Redoxpotential vor. Die Grünfärbungen sind auf reichliche Chloritführung

und auf Reduktionen feinverteilter Eisenrahms zurückzuführen. Bei der hydrothermalen Beanspruchung kam es zonenweise zu Bleichungsvorgängen unter Wegführung von Alkalien, Mg und vor allem Fe, das auf benachbarten Klüften wieder als Hämatit und Limonit ausgeschieden wurde. Während der Erstarrung erfolgten Kaolinisierungen und Serizitisierungen der Feldspateinsprenglinge, ferner stärkere Kalzitisierungen, Biotitdestruierungen zu Mineralien der Magnetit-Ulvit-Reihe, sekundärem Chlorit und Epidot sowie intensive Verkieselungen. Diese Verkieselungen sind parallel oder kurz nach den Vergrünungen entstanden. In Salbandnähe können sie in Quarzform die Porphyrgrundmasse völlig oder netzartig kristalloblastisch-amöboid erfassen. Am auffälligsten sind zahlreiche zentimeter- und dezimeterdicke vertikaltendierende grüne, bräunlichrote und rote Chalzedontrümer. Sie sind karneol-, jaspis- und achatartig ausgebildet und werden stellenweise wiederum von feinen Quarztrümmern durchsetzt. Die endogene Entstehung aller Farbphänomene – also auch der Vergrünungen – ist mithin dominierend.

Das Petersbergmassiv

Im Petersbergmassiv und seinem unmittelbar östlich angrenzenden Bereich sind an verschiedenen Ausbruchsstellen Hallesche Schichten von feinkristallinen Quarzporphyren durchbrochen worden (Abbildung 3). Die Schichten unterteufen das Gebiet muldenförmig (KOCH 1963, 1964 a). Auf Grund des Nachweises von Pflanzenfossilien wie *Callipteris conferta*, *Callipteris naumannii*, *Ernestioendron filiciforme* usw. sind die Schichten in das Autunien zu stellen. Sie werden von Wettiner Schichten des Stephaniens unterlagert. Die Sedimente unter den Quarzporphyren bestehen wie die zahlreichen Xenolithe des Effusivgesteins aus silikatischen Tonmineralien der Kaolinitgruppe, oft auch aus Lagen mit stärkerem Quarz- und Feldspatgehalt sowie Anteilen von Biotit, feindispersen Erz, Akzessorien und Hornstein-einlagerungen. An den Kontakten treten deutliche Frittungen auf. Die Sedimente sind bräunlich in dunklen Tönungen, lichtgrau, rötlich-grünlich, graugrün und weißlich gefärbt. Die bräunlichen Tönungen werden durch Hämatit bedingt, der an die Matrix gebunden ist. Auch die tonmineralartigen Destruierungsprodukte der Feldspäte, die



- + + Unterer Hallescher Porphyry
- Hallesche Schichten (Autunien)
- x x Oberer Hallescher Porphyry
- ➔ Fließrichtungen
- / Verwerfungen

Abbildung 3
Isopachen- und Fließrichtungskarte des
Petersberger und Kütten-Ostrauer Quarzporphyrs

chloritischen der Biotite sowie die limonitischen der Erze haben den Farbton beeinflusst. Die Schichten gehören einer limnischen, gyttjähnlichen Fazies an. Die Senken der Landschaft, in der sie entstanden, waren wassergefüllt. Sie unterlagen jedoch auch Austrocknungen.

In den bekanntesten Bohrungen des Gebietes (Petersberg 6/57, 9/60, Blonsberg 628/59, Brachstedt 4/60, 5/60 und 7/60) sind öfter Dunkelfärbungen der Quarzporphyre in der Nähe von Liegendkontakten nachgewiesen worden. Im Kontaktbereich dieser Bohrungen hat der Porphyry mit unregelmäßigen Lagerungen und mit Apo-

physen die Sedimente beim Emporsteigen durchbrochen. Schmelze und aufgeweichtes Sediment vermischten sich in Grenzbereichen (Photo 3). Der in der Regel braunrot gefärbte Magmatit wird oftmals von weißlich-bräunlichen, weißgrauen oder grauroten unregelmäßigen oder auch schwarzen, zuweilen reliefartig betonten Bändern und Inseln durchzogen. In den unteren Teilen der Bohrsäulen kam es öfter – wie in Bohrung 6/57 der nördlichen Spaltenzone des Petersbergvulkans – zu intensiven Vergrünungen, in denen graue, schwarze und weißliche Farbinseln ausgespart sind. Im untersten Dekameter herrscht verschiedentlich schwarzgrauer Porphyry vor, der mit aufflasernden Sedimentfetzen übersät ist.

Das durchbrochene Medium der limnischen Landschaft wird schwach sauer bis neutral gewesen sein, während das Redoxpotential mittelhoch war. Infolge der deutlichen Reaktion des Magmas mit dem Nebengestein kam es zu Transvaporisationseffekten. In Verbindung mit der Mobilisation des Wassers aus den Sedimenten



Photo 3
Petersberger Quarzporphyr mit unscharfer Grenze zu Schiefertone aus dem unterrotliegenden Zwischensediment („Hallesche Schichten“), Bohrung Petersberg 9/60 (Photo KOCH)

verursachten Lösungen auf azendenten Bahnen Propylitisierungseffekte mit Dunkelfärbungen des Gesteins. Es kam dabei in der unteren Porphyryzone – mithin in der Nähe der thermisch beanspruchten Sedimente – zu verstärkter Bildung von Mineralien der Magnetit-Ulvit-Reihe, zu Biotitneubildungen, ferner zu intensiver Chloritisierung, stellenweise zu Kalzitisierungen und Verkieselungen. Diese erfaßten die ganze Grundmasse, füllten jedoch auch klaffende Klüfte des Eruptivgesteins. In höheren Partien des Porphyrs bedingt wiederum die Dominanz von Hämatit die braunrötliche Farbgebung. Die azendenten und aggressiven Lösungen haben ferner zu tonsilikatischen Destruierungsprodukten der Feldspäte und somit

zu Bleichungszonen im Gestein geführt. Die Biotite wurden zu Chlorit, Leukoxen und Erz (Magnetit, Limonit) zersetzt.

Die geschilderten Bildungsweisen scheinen generell Eruptionsbereiche des feinkristallinen Gesteins zu kennzeichnen. So bestehen nicht nur analoge Beziehungen zum Wettiner Raum (Schurfschacht bei Dobis), sondern auch zu den Quarzporphyren von Hohnsdorf nördlich Plötz (REINSCH 1960¹, KELCH 1963). Oft kam es bei thermischen Beeinflussungen limnischer Sedimente zu örtlichen Reduktionen des Eisens, so daß hier Fe²⁺- bzw. Fe^{2+/3+}-Mineralien farbgebend wurden.

Literatur

- ADLER, G.
Ergebnisbericht über erdmagnetische Untersuchungen im Gebiet Hallesche Mulde. Ber. VEB Geophysik, Leipzig 1962.
- ANDRAE, C. J.
Erläuternder Text zur geognostischen Karte von Halle a. d. Saale. Halle 1850.
- BAIER, E.
Lamellenbau und Entmischungsstrukturen der Feldspäte. Zschr. Kristallographie, 73, 1930, S. 465...560
- BEDERKE, E.
Probleme des permischen Vulkanismus. Geol. Rdsch., 48, 1959, S. 10...18.
- BEYSCHLAG, F., und K. v. FRITSCHE
Das jüngere Steinkohlengebirge und das Rothliegende in der Provinz Sachsen und den angrenzenden Gebieten. Abh. Preuß. geol. Landesanst., N.F., 10, 1899.
- BEYSCHLAG, F., und W. SCHRIEL
Beitrag zur Kenntnis der Steinkohlenbildungen im Saalegebiet bei Halle. Jb. Preuß. geol. Landesanst. f. 1921, 42, 1922, S. 307...340.
- BRANDT, G.
Geophysikalische Untersuchungen am Porphyry in der Halleschen Mulde. Leipzig: Diplomarbeit 1959.
- BRÄUER, H.
Relative Suszeptibilitätsmessungen an Porphyren der Halleschen Mulde. Ber. VEB Geophysik, Leipzig 1952.

¹ Bei WASTERNAK u. a. 1960.

- BRAUSE, H., GOTTE, W., und H. DOUFFET
Gesetzmäßigkeiten in der Saxothuringischen Zone des Variszikums und ihre Beziehungen zu älteren Orogenen.
23. Intern. geol. Congr., 3, 1968, S. 199...212.
- BRINKMANN, R.
Die Mitteldeutsche Schwelle. Geol. Rdsch., 36, 1948, S. 56...66.
- BÜRG, G.H.
Charakterisierung der grünsteinartigen Andesitfazis, ihre Ursachen und Beziehungen zur Kaolinisierung und Verkieselung. Zschr. prakt. Geol., 39, 1931, S. 161...173.
- CHUKHROV, F.V.
On mineralogical and geochemical criteria in the genesis of Red Beds. Chem. Geol., 12, 1973, S. 65...67.
- EIGENFELD, F., und M. SCHWAB
Zur geotektonischen Stellung des permosilesischen subsequenten Vulkanismus in Mitteleuropa. Zschr. geol. Wiss., 2, 1974, S. 115...137.
- GAEDEKE, R.
Beiträge zur Petrographie der porphyrischen Gesteine in Mitteldeutschland. Wiss. Zschr. d. MLU Halle, math.-nat. R., 9, 1960, S. 115...129.
- GRIM, R.
Clay mineralogy. New York, London 1953.
- GRUNEWALD, V., und L. BAUMANN
Der Einfluß paläohydrologischer Faktoren auf die Metallverteilung im Permosiles der nördlichen Saalesenke. Zschr. angewandte. Geol., 22, 1976, 10, S. 441...447.
- HAASE, E.
Über ein neues Vorkommen von Serizit und Talk. Zschr. Naturwiss., 76, 1903, S. 431...439.
—: Kann der Porphyry von Scherz als die Urform der Halleschen Porphyre angesehen werden? Zschr. Naturwiss., 77, 1904, S. 354...358.
—: Beiträge zur Kenntnis der Quarzporphyre mit kleinen Kristalleinschlüssen aus der Gegend nördlich von Halle (S.). N. Jb. Miner., Geol. u. Paläont., Bd 28, 1909, S. 50...149.
—: Die mutmaßliche Ausbruchsstelle eines Porphyrvulkans bei Halle (Vortrag 14. 5. 1914). Zschr. Naturwiss., 86, 1915, 1, S. 45...47.
—: Der Porphyry an der Steinmühle in Halle. Zschr. Naturwiss., 91, 1937 a, 3, S. 165...171.
—: Über den grünen Tuff im Klausberge. Zschr. Naturwiss., 91, 1937 b, 3, S. 184...188.
—: Die hallischen Porphyre. Jb. hall. Verb., N.F., 16, 1938, S. 77...116.
—: Die Probleme des Porphyrys von Scherz. Nova Acta Leopoldina, N.F., 10, 1941 a, S. 283...310.
—: Die Altersfolgen der vulkanischen Decken in der Gegend von Halle an der Saale. Zschr. Naturwiss., 95, 1941 b, S. 1...16.
- HOEHNE, K.
Kontaktwirkungen an den Porphyrdurchbrüchen im Waldenburger Porphyrgelände. Zschr. prakt. Geologie, 50, 1942, S. 30...37.
- HOFFMANN, F.
Übersicht der orographischen und geognostischen Verhältnisse vom nordwestlichen Deutschland. Leipzig 1830.
- HOPPE, G.
Die Verwendbarkeit morphologischer Erscheinungen an akzessorischen Zirkonen für petrogenetische Auswertungen. Abh. deutsch. Akad. Wiss. Berlin, Kl. Bergbau etc., 1, 1963, S. 1...130.
- HOPPE, G., KUNERT, R. und M. SCHWAB
Zirkone aus Gesteinen des mitteldeutschen Permokarbons II. Die Altersstellung des Auerbergporphyrs im Harz. Geologie, 14, 1965, 7, S. 777...813.
- HOPPE, G., und M. SCHWAB
Zirkone aus Gesteinen des mitteldeutschen Permokarbons I. Zirkone aus Sedimenten und Tuffen der Umgebung von Wettin (Hallescher Permokarbonkomplex). Geologie, 13, 1964, 9, S. 1059...1079.
- HOYNINGEN-HUENE, E. v.
Das Permokarbon im östlichen Harzvorland. Freib. Forsch. H., C93, 1960.
- JASMUND, K.
Die silikatischen Tonminerale. Weinheim 1955.
- KAEMMEL, TH., SCHWAB, M., und H.-J. SEYDEWITZ
Mineralogische Untersuchungen an Kalifeldspäten der rhyolithischen Gesteine von Scherz. Ein Beitrag zur Diskussion um die Endomorphose der Halleschen Porphyre. Zschr. angewandte Geol., 16, 1970, 11/12, S. 471...478.
- KAMPE, A., und W. REMY
Mitteilungen zur Stratigraphie im Raume des Petersberges bei Halle. Monatsberichte deutsch. Akad. Wiss. Berlin, 2, 1960, 6, S. 364...374.
—: Ausbildung und Abgrenzung des Stephanien in der Halleschen Mulde. Monatsberichte deutsch. Akad. Wiss. Berlin, 4, 1962, 1, S. 54...68.
- KAMPE, A., REMY, W., und H.-J. SEYDEWITZ
Mitteilungen über im östlichen Teil der Halleschen Mulde erbohrtes Autunien.
Über einige Magmatite im engeren Raum der Halleschen Mulde. Monatsberichte deutsch. Akad. Wiss. Berlin, 3, 1961, 9, S. 503...523.
- KELCH, H.
Mineralogisch-petrographische Untersuchungen am Rhyolith vom Typ Hohnsdorf nördlich Halle (Saale). Geologie, 12, 1963, 4, S. 401...438.
—: Die mineralogischen Ursachen der Färbung und Verfärbung in permischen Vulkaniten. Autorref. Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss., B., Mineral. Lagerstätten, 11, 1966, 4, S. 503 f.

- KLAUS, D.
Neue endogene Kontakte aus dem Westteil des Halleschen Porphyirkomplexes. Ber. geol. Ges. DDR, 9, 1964, 2, S. 259...267.
- KOCH, R. A.
Über großkristalline Phasen in feinkristallinen Halleschen Quarzporphyren. Manuskript. Geol. Inst. Karl-Marx-Universität Leipzig 1954.
—: Die Anschauungen über die Eruptionsfolgen und die Ausbruchsstellen der Halleschen Vulkanite in der geologischen Forschung. Ber. geol. Ges. DDR, 6, 1962 a, 3, S. 413...426.
—: Die relativen Altersbeziehungen zwischen dem großkristallinen und dem feinkristallinen Halleschen Quarzporphyr. Ber. geol. Ges. DDR, 6, 1962 b, 3, S. 427...437.
—: Der vulkanische Aufbau und die Gesteinseigenschaften des Petersberger Quarzporphyrmassivs im Rahmen seiner geologischen Stellung im unterrotliegenden Halleschen Eruptionsgebiet. Weimar: Habil.-Schr. 1963.
Kurzfassung: Wiss. Zschr. der Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar, 11, 1964 a, S. 195...198.
—: Der Dobiser Quarzporphyrangang im Schurfschacht Wettin. Ber. geol. Ges. DDR, 1964 b, Sonderheft 2, S. 63...73, 135...141.
—: Die Eruptionsfolgen und die Ausbruchsstellen der Halleschen Vulkanite. Wiss. Zschr. d. Hochschule f. Bauwesen Leipzig, 1966, 4, S. 198...206.
—: Zur Petrographie und Mineralogie des Petersberger Quarzporphyrs. Ber. deutsch. geol. Wiss., B., 12, 1967 a, 3, S. 267...278.
—: Kontakterscheinungen zwischen Petersberger Quarzporphyr und seinem Nebengestein. Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss., B., 12, 1967 b, 4, S. 417...427.
—: Über das zonenweise Durchbrechen des feinkristallinen Landsberger Quarzporphyrs durch den mittelkristallinen Quarzporphyr am Windmühlenberg zu Schwerz.
Betrachtungen zur Eruptionsfolge im Raum Niemberg—Schwerz—Quetzdölsdorf nordöstlich Halle. Zschr. geol. Wiss., 3, 1975, 12, S. 1533...1557.
- KOCH, R. A., und K. FISCHER
Die Bedeutung des Fundes eines Gneiseinschlusses im feinkristallinen Quarzporphyr von Löbejün. Geologie, 10, 1961, 1, S. 81...89.
- KNOTH, W., und M. SCHWAB
Abgrenzungen und geologischer Bau der Halle—Wittenberger Scholle. Geologie, 21, 1972, 10, S. 1153...1172.
- KORSHINSKI, D. S.
Über die Abhängigkeit der Mineralumwandlung in den vulkanogenen Formationen von der Tiefenlage. Ber. geol. Ges. DDR, 7, 1962, 1, S. 14...22.
- KORSHINSKI, D. S.
Das Verhalten des Wassers bei magmatischen und postmagmatischen Prozessen. Ber. geol. Ges. DDR, 1963, Sonderheft 1, S. 67...77.
- KRUMBIEGEL, G., u. a.
Saalestadt Halle und Umgebung. Teil 1: Geologische Grundlagen. Teil 2: Geologische Spazier- und Wanderwege in und um Halle. Halle 1974.
- KUNERT, R.
Die Zusammensetzung der permokarbonischen Sandsteine im östlichen Harzvorland. Beiträge Geol., 1, 1959, S. 35...46.
- LASPEYRES, H.
Beitrag zur Kenntnis der Porphyre und petrographische Beschreibung der quarzföhrnden Porphyre in der Umgebung von Halle (Saale). Zschr. deutsch. geol. Ges., 16, 1864, S. 367...460.
- LAVES, F.
Al/Si-Verteilung, Phasen-Transformationen und Namen der Alkalifeldspäte. Zschr. Krist., 113, 1960, S. 265...296.
- LINSTOW, O. v.
Die geologischen Verhältnisse von Bitterfeld und Umgebung (Carbon, Porphyr, Kaolinisierungsprozeß, Tertiär, Quartär). N. Jb. Miner., Geol. u. Paläont., Beil.-Bd 33, 1912, S. 754...830.
- MÖBUS, G.
Tektogenese und Magmatismus im Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik. Geologie, 17, 1968, 6/7, S. 631...641.
- PERELMAN, A. J.
Geochemie epigenetischer Prozesse, Berlin 1972.
- PESCHEL, G.
Beziehungen zwischen den Suszeptibilitäten von Gesteinshandstücken und den Ablenkungswerten an Feldwaagen. Ber. VEB Geophysik, Leipzig 1954.
- PIEHLER, H.
Neue Erkenntnisse über Art und Genese des Vulkanismus der Äolischen Inseln (Sizilien). Geol. Rdsch., 52, 1967, S. 102...126.
- REMY, W., und W. KAMPE
Ausbildung und Abgrenzung des Autunien in der Halleschen Mulde. Monatsberichte deutsch. Akd. Wiss. Berlin, 3, 1961, 7/8, S. 394...408.
- RITTMANN, A.
Die Bimodalität des Vulkanismus und die Herkunft der Magmen. Geol. Rdsch., 57, 1967, S. 277...295.
- SÄRCHINGER, H., PESCHEL, G. und S. WEINHOLD
Ergebnisbericht über petromagnetische Untersuchungen am Kernmaterial von Bohrungen in der Halleschen Mulde. Ber. VEB Geophysik, Leipzig 1960.
- SCHÜLLER, A.
Der Porphyr von Schwerz. Ein Beitrag zur Kenntnis der Endomorphose der Halleschen Porphyre. Abh. geol. Landesanstalt, N. F., 21, 1949, S. 15...20.

- SCHULTZKY, J.
Der Pseudoaplitgang von der Burgstraße in Halle. Jb. hall. Verb., N.F., 6, 1927, S. 108...116.
- SCHULZ, J.
Beiträge zur Kenntnis des Rotliegenden und Karbon bei Halle und Wettin. Jb. hall. Verb., N.F., 14, 1936, S. 153...184.
- SCHWAB, M.
Der geologische Aufbau des Halleschen Porphyrkomplexes. Hercynia, N.F., 1, 1963/64, 2, S. 164...185.
—: Zur Gliederung der rotliegenden Sedimente im Nördlichen Saaletrog. Hall. Jb. f. mitteldeutsche Erdgeschichte, 9, 1967, (1969), S. 9...18.
—: Die Beziehungen der subsequenten Vulkanite des Permosiles zum variszischen Orogen, dargestellt unter besonderer Berücksichtigung des Halleschen Vulkanitkomplexes. Geologie, 19, 1970, 3, S. 249...280.
- SCHWAB, M., und A. KAMPE
Stratigraphie und Fazies des Permokarbons von Halle. Exkursionsführer z. 10. Jahrestag Ges. DDR, 1963, S. 213...235.
- SCHWAB, M., und B. MEISSNER
Zur geotektonischen Stellung und Petrogenese des Halleschen Porphyrkomplexes. Ber. dtsh. Ges. geol. Wiss., B., Mineral. Lagerstätten, 11, 1966, 4, S. 497f.
- SIEGERT, CH.
Zur Petrochemie der Vulkanite des Halleschen Permokarbonkomplexes. Geologie, 16, 1967, 10, S. 1122...1135.
- STEINER, W.
Zur Geologie des Halleschen Porphyrkomplexes. Geologie, 9, 1960, 5, S. 492...512.
- SZÁDECZKY-KARDOSS, E.
On the Petrology of Volcanic Rocks and the Interaction of Magma and Water. Acta Geol. Acad. Sci. Hungar, 5, 1958, S. 197...233.
—: Über Migrationserscheinungen magmatischer und metamorpher Gesteinsprozesse. Freib. Forsch. H., C3, 1959, S. 66...82.
—: Wasser und Magma. Ber. geol. Ges. DDR, 1963, Sonderheft 1, S. 49...65.
- TISCHENDORF, G., und H. UNGETHÜM
Über die Bedeutung des Reduktions-Oxydationspotentials (Eh) und der Wasserstoffionenkonzentration (ph) für Geochemie und Lagerstättenkunde. Zschr. Geologie, 13, 1964, 2, S. 125...158.
- WAGNER, F.-W.
Zwischenbericht über die Ergebnisse der erdmagnetischen Vermessung der Halleschen Mulde. Manuskript. VEB Geophysik, Leipzig 1959.
- WASTERNAK, J., u. a.
Abschlußbericht über die 1959 durchgeführten Untersuchungen auf Vererzungen in den vulkanischen Gesteinen des Unterrotliegenden im Raum Plötz—Löbejün nördl. Halle. Ber. Zentr. Geol. Inst., Berlin 1960.
- WAWRZIK, H.
Ergebnisbericht über relative Suszeptibilitätsuntersuchungen in der Halleschen Mulde. Ber. VEB Geophysik, Leipzig 1962.
- WEBER, B.
Beiträge zur Frage der Stratigraphie und des Vulkanismus im Rotliegenden des Stadtgebietes von Halle (Saale). Halle: Diplomarbeit 1967.
- WEIGELT, J.
Die mitteldeutschen Steinkohlenablagerungen. Jb. hall. Verb., N.F., 2, 1920, S. 1...49.
- WEISSERMEL, W., u. a.
Geologische Karte von Preußen und benachbarten Thüringer Staaten. Bl. Landsberg, erläutert von W. WEISSERMEL. Preuß. Geol. Landesanstalt, Berlin 1908/09.
- WEYL, R.
Krustenbau und sialischer Vulkanismus. Geol. Rdsch., 56, 1967, S. 369...372.