

Das Quarzgefüge in der Thayakuppel

Von DUŠAN NĚMEC *)

Mit 23 Abbildungen.

Summary

The quartz fabric of the tectonites of the Moravian Thaya Dome, occurring on the territory of Austria, is dealt with. That of the tectonites of the Czechoslovak part of the dome has been described in previous papers. The basic type of the quartz pattern is the so-called "Moravian" type which may be characterized as an ac-girdle cleft near the c fabric axis, displaying moreover two maxima II. The symmetry is orthorhombic, being, however, mostly reduced to monoclinic and triclinic owing to the uneven development of the maxima II and the girdles. The preferred orientation is more pronounced in the reduced northern and southern wings of the dome which were more intensively deformed, whereas in the wider central part it is less marked; in some places the quartz fabric was even isotropized. At the time of the deformation to which the preferred orientation in the tectonites was due, the tectonic transport was uniformly oriented in the direction NW-SE. The ruling process was a passive one and was associated with recrystallization. Some features of the quartz patterns may be most conveniently explained by a considerable plasticity of Moravian tectonites.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wird das Quarzgefüge in der moravischen Thaya-kuppel, sofern sie in Österreich liegt, beschrieben. Der in der Tschechoslowakei liegende Teil der Kuppel wurde vom Verfasser schon früher gefügeanalytisch bearbeitet. Den Grundtyp des Quarzgefüges stellt hier der sogenannte moravische Typ dar, der sich als ein um die c-Gefügeachse aufgespaltener ac-Gürtel mit ausgeprägten Maxima II charakterisieren läßt. Die Symmetrie der Gefügebilder ist rhombisch, sie wird aber meistens infolge ungleicher Belegung der paarigen Maxima II oder der Gürteläste um c auf monoklinische bzw. triklinische herabgesetzt. Die Quarzeinregelung ist mehr in dem stark deformierten eingegengten Süd- und Nordflügel der Kuppel ausgeprägt, dagegen ist der Regelungsgrad in dem verbreiterten Mittelabschnitt der Kuppel kleiner und Quarz wurde hier stellenweise sogar entregelt. Der tektonische Transport während der quarzeinregelnden Prozesse hatte annähernd die Richtung NW-SE. Die Quarztektonite entstanden während der Dynamometamorphose durch passive, mit Rekrystalli-

*) Adresse des Autors: Geindustria Jihlava, Jiráskova 2, ČSSR.

sierung verbundene Einregelung. Einige Merkmale der Gefügebilder lassen sich durch beträchtliche Plastizität der moravischen Gesteine während der die Quarzeinregelung erzeugenden Prozesse erklären.

Einleitung

In den Jahren 1959—1963 veröffentlichte der Verfasser die Ergebnisse der Quarzgefüge-Untersuchungen im Moravikum und in dem benachbarten Moldanubikum auf dem Gebiete der Tschechoslowakei. Dank der Freundlichkeit des Herrn Prof. Dr. KÜPPER, Direktor der Geologischen Bundesanstalt in Wien, dem ich bei dieser Gelegenheit herzlich danke, war mir auch ein Besuch des Moravikums im niederösterreichischen Waldviertel ermöglicht, so daß ich jetzt in der Lage bin, das Quarzgefüge der moravischen Gesteine sowohl in der Thayakuppel als auch im ganzen Moravikum zusammenfassend zu charakterisieren. Dies ist das Ziel der vorliegenden Studie. Größere Anzahl der Gesteinsproben wurde aus den Bittescher und Weitersfelder Gneisen entnommen, während aus dem benachbarten Moldanubikum nur stichprobeweise einige wenige Stufen entnommen wurden (vgl. Abb. 18).

Die geologischen Verhältnisse in der Thayakuppel sind aus den klassischen Arbeiten F. E. SUSS' und seiner Schüler, wie L. KÖLBL, K. PRECLIK und L. WALDMANN, die in den Vorkriegsjahren die ganze Kuppel gründlich untersucht haben, gut bekannt und man braucht auf sie nur hinzuweisen. In der Nachkriegszeit wurde diesem Gebiete seitens der österreichischen Geologen leider nur wenig Aufmerksamkeit gewidmet, so daß man sich über die Ergebnisse der jüngsten geologischen Untersuchungen des Moravikums viel eher aus Arbeiten tschechischer Autoren belehren kann. Es ist vor allem die von A. DUDEK (1958) tschechisch zusammengefaßte „Übersicht über die geologischen und petrographischen Untersuchungen in der Böhmischo-Mährischen Anhöhe und im niederösterreichischen Waldviertel“, dann die Kollektivarbeiten „Tectonic development of Czechoslovakia“ (1960) und „Regional geology of Czechoslovakia I“ (1966). Zwar betreffen sie hauptsächlich die Verhältnisse in der CSSR, doch sind viele Ergebnisse auch auf das Moravikum im Waldviertel übertragbar.

Bittescher Gneise

Von den Bittescher Gneisen, die das typischste und meist verbreitete Gestein des Moravikums darstellen, wurde auf dem Gebiete des Waldviertels insgesamt 13 Proben untersucht. Gründliche petrographische Charakteristik dieses Gesteines geben mehrere Autoren, wie F. E. SUSS (1912), L. KÖLBL (1921) u. a., so daß ihre weitere Beschreibungen ausbleiben kann. Es handelt sich um erstaunlich monotone, leukokrate, zweiglimmerige Augengneise, wahrscheinlich dynamometamorph umgewandelte Granitporphyre. Die untersuchten Proben wurden meist dünngeplättet, besonders stark aber diejenigen aus dem geschleppten verjüngten Südflügel der Kuppel. Granitisches Aussehen besitzen nur einige Proben aus der Nähe der Staatsgrenze, wo die Kuppel an Breite zunimmt. Alle Proben zeigten eine in den Schieferungsflächen liegende Strömung, die durch Wechsel-

lagerung dunkler und lichter Streifen und durch Unebenheiten zustande kommt. Nur ausnahmsweise aber ist die Striemung mehr ausgeprägt als die Schieferung, so daß das Gestein in einen Stengelgneis übergeht.

Der in den Bittescher Gneisen vorkommende Grundtyp der Quarzeinregelung wurde vom Verfasser in seinen früheren Arbeiten als „moravischer Typ“ bezeichnet. Er läßt sich als ein um die c-Gefügeachse aufgespaltener und durch Maxima II verstärkter ac-Gürtel beschreiben (Abb. 1, 2). Zusammenhängende ac-Gürtel erscheinen nur ausnahmsweise, und zwar nur bei wenig ausgeprägter Einregelung, wo die die c-Gefügeachse umschließenden Gürteläste zusammenfließen (Abb. 3). Häufiger sind die infolge der Reduktion eines Astes entstandenen Schiefgürtel (Abb. 4). Die Belegung der Gürtel ist ungleichmäßig, obwohl der Verlauf der Gürtel ununterbrochen ist.

Die Maxima sind weniger lagenkonstant als die Gürtel und lassen sich meist als lokale Verstärkungen der Gürtel auffassen. Dichter mit Maxima belegt ist der Gürtelabschnitt um die a-Achse, unter Betonung der Lage des Maximums II (Abb. 5), seltener des Maximums I (Abb. 4). Isolierte Maxima ohne Gürtel kommen überhaupt nicht vor, reine einschichtige Zerschierung fand also nie statt. Nur ausnahmsweise sind die Maxima mehr ausgeprägt als die Gürtel (Abb. 5).

Die Symmetrie der Gefügediagramme ist rhombisch (Abb. 6), seltener infolge ungleicher Belegung der paarigen Maxima II monoklinisch (Abb. 5). Den häufigsten Fall stellt aber die triklinische Symmetrie dar, die durch ungleiche Belegung der Gürteläste um die c-Gefügeachse zustande kommt (Abb. 4). Die megaskopisch wahrnehmbare Striemung fällt mit der b-Achse des Quarzgefüges zusammen, wie immer auch die Symmetrie des Quarzgefüges sein mag. Die Formung des Grob- und Quarzgefüges war also homotaktisch.

Die festgestellten Quarztektonite lassen sich fast ausnahmslos als dreidimensional bezeichnen. Dies trifft auch für die Schiefgürtel zu, da sich diese meist nicht durch Großkreise approximieren lassen, sondern der Gürtel zeigt ein Umbiegen an der annähernd 50° von der a-Achse entfernten Stelle. Gerade die Neigung des Schiefgürtels von der c-Achse unter Beibehaltung des ursprünglichen Koordinatenkreuzes deutet auf die Anteilnahme von Teilbewegungen auch in der Richtung der b-Gefügeachse hin.

-
- Abb. 1. Quarz, Bittescher Gneis, Geras, 285 Quarzachsen, $0,5-1-2-3$ ($-4^0/0$).
Abb. 2. Quarz, Bittescher Gneis, Grünberg, 285 Quarzachsen, $0,5-1-2-3$ ($-5^0/0$).
Abb. 3. Quarz, Bittescher Gneis, Heufurth, 170 Quarzachsen, $0,5-1-2-3,5$ ($-4,5^0/0$).
Abb. 4. Quarz, Bittescher Gneis, Rodingersdorf, 285 Quarzachsen, $0,5-1-2-3-5$ ($-6,5^0/0$).
Abb. 5. Quarz, Bittescher Gneis, Fernitz, 230 Quarzachsen, $0,5-1-2-3,5$ ($-5^0/0$).
Abb. 6. Quarz, Bittescher Gneis, Messern, 300 Quarzachsen, $0,5-1-2-3$ ($-4,5^0/0$).
Abb. 7. Quarz, Bittescher Gneis, Mallersbach, 165 Quarzachsen, $0,5-1-2-3,5$ ($-4^0/0$).
Abb. 8. Quarz, Bittescher Gneis, Mallersbach, 137 Lamellenlote, $0,5-1-2-4-6,5$ ($-11^0/0$).
Abb. 9. Quarz, Weitersfelder Gneis, Weitersfeld, 340 Quarzachsen, $0,5-1-2-3$ ($-3,5^0/0$).
Abb. 10. Quarz, Weitersfelder Gneis, Waschbach, 225 Quarzachsen, $0,5-1-2-3$ ($-4^0/0$).
Abb. 11. Quarz, quarzitischer Hornfels, Neukirchen, 285 Quarzachsen,
 $0,5-1-2,5-4-6$ ($-7,5^0/0$).
Abb. 12. Quarz, quarzitischer Hornfels, Maria Dreieichen, 155 Quarzachsen,
 $0,5-1-2-3,5$ ($-6^0/0$).

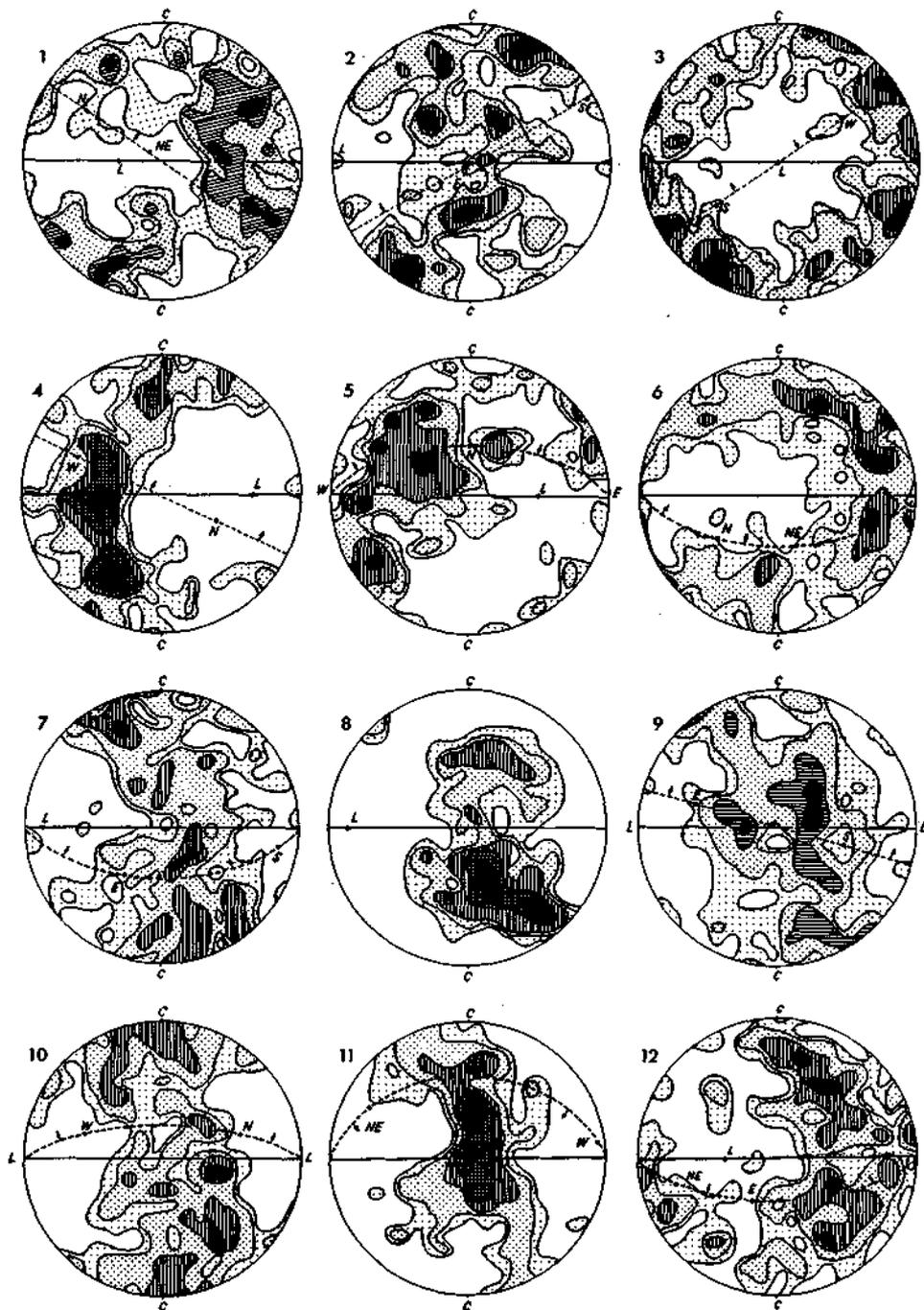


Abb. 1—12.

Alle Theorien fordern für rhombische Symmetrie einen Kompressionsdruck senkrecht zu ab bei feststehendem Deformationskreuz, was also auf Plättung hindeutet. In mehreren von uns betrachteten Fällen, besonders bei den Schiefgürteln, kamen aber noch rotationelle Straine dazu, wenn auch die Schiefgürtel keine reine B-Tektonite im strengen Wortsinne sind, was sich durch die AVA monomineralischer Quarzgesteine beweisen läßt.

Bittescher Gneise aus der Umgebung von Vranov (Frain) in der ČSSR, die an das von uns betrachtete Gebiet unmittelbar anschließen, untersuchte hinsichtlich ihres Quarzgefüges A. DUDEK (1962). Seine Charakteristik des Gefüges weicht in einigen Punkten von der oben angegebenen ab. So hält er die Gesteine für B-Tektonite mit zusammenhängenden ac-Gürteln, ihre Symmetrie betrachtet er als monoklinisch usw. Wahrscheinlich ist dies dadurch verursacht, daß der Regelungsgrad der Bittescher Gneise in der Umgebung von Vranov unvorzüglich ist, so daß hier einige für die Typisierung des Gefüges sehr wichtige Merkmale, wie die Aufspaltung der ac-Gürtel um die c-Gefügeachse, nicht so deutlich auftreten.

In den betrachteten Proben der Bittescher Gneise beobachtet man keine mikroskopischen Merkmale, die sich mit dem Typ der Gefügebilder korrelieren ließen. Es besteht aber ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Korngröße und dem Regelungsgrad. Quarz ist in den Bittescher Gneisen des verjüngten Südflügels der Kuppel, etwa südlich der Linie Mödring—Doberndorf, feinkörnig, seine Korngröße schwankt zwischen 0,1—0,15 mm. Der Regelungsgrad ist hier größer (Abb. 4, 5) als bei anderen Proben der Kuppel, in denen die Größe der Quarzkörner bis zu 0,5 mm ansteigt (Abb. 2, 3, 6). Schließlich zeigt die Probe von Ralsdorf, wo die Quarzkörner bis zu 2 mm groß sind, schon eine statistische Isotropie des Quarzgefüges. Die betreffende Probe sowie auch diejenige aus dem nahe gelegenen Schirmannsdorf, die auch der Quarzeinregelung entbehrt, weicht megaskopisch nicht von allen übrigen Bittescher Gneisen ab. Beide zeigen z. B. ausgeprägte Striemung sowie andere Merkmale, die auch auf eine dynamometamorphe Durchbewegung hindeuten. Man kann also voraussetzen, daß die statistische Isotropie ihres Quarzgefüges durch Entregelung entstand, die an eine posttektonische, mit beträchtlicher Stoffwanderung verknüpfte Rekristallisierung gebunden war.

In den untersuchten Proben der Bittescher Gneise ist Quarz vollkommen rekristallisiert, seine Körner weisen gerundete Umrisse auf. Die einzige Ausnahme bildet eine von Mallersbach stammende Probe, die Spuren einer kräftigen nachkristallinen mechanischen Beanspruchung trägt. Quarz ist in ihr undulös zerstückelt, wobei seine Stengel manchmal um starre Feldspatkristalle gebogen sind. Die Quarzkörner sind verzahnt und fein suturiert. Die postkristalline Deformation scheint nicht grundsätzlich die Quarzeinregelung zu beeinflussen, da sowohl der Charakter des Gefügebildes als auch sein Regelungsgrad (Abb. 7) nicht von Gefügebildern der aus der Umgebung des Probeentnahmeortes stammenden Proben abweicht. Die Deformation erzeugte aber in den Quarzkörnern ausgeprägte subbasale Deformationslamellen (Abb. 8 — ein Summationsdiagramm aus zwei senkrecht zueinander geschnittenen Schliffen). Die Lamellenlote

belegen zwei in die *ac*-Ebene fallende und mit der *a*-Gefügeachse 40° einschließende Maxima. Dies ist ein sowohl aus den natürlichen als auch in den künstlich hergestellten Tektoniten (vgl. H. C. HEARD, L. C. CARTER, 1968) bekanntes Lamellengefügebild. Dieses Regelungsbild entstand in dem betrachteten Falle auf dieselbe Weise wie in anderen moravischen Gesteinen, bei denen gezeigt werden konnte (D. NEMEC, 1968), daß die Lamellen in einem schon eingeregelter Quarzgefüge infolge einer jüngeren Deformation entstanden, indem sie nur in den gegen die Streßeinwirkung günstig orientierten Körnern erzeugt wurden. Daher steht in der betreffenden Probe von Mallersbach das scharfe Lamellengefüge in schroffem Gegensatz zu dem wenig ausgeprägten Regelungsbild der Quarz-*c*-Achsen, die ein Gürtelbild belegen. Das Lamellenbild zeigt zugleich eine Abhängigkeit von der Belegungsichte des *c*-Achsen-Gefüges (dieselbe ungleichmäßige Belegung der einander entsprechenden Abschnitte). Die Unabhängigkeit der jüngeren Deformation von älteren, die das Achsengefüge erzeugte, macht sich auch bei den Rissen bemerkbar. Sie durchsetzen stellenweise das Gestein, wobei die Quarzkörner von verschiedener Orientierung sowie die Feldspäte in gleichbleibender Richtung durchgeschnitten werden. Die Lote zu den Rissen sind um einen in der *S*-Fläche liegenden Punkt angehäuft (die Risse stehen also meist senkrecht zu der Schieferungsfläche), der mit der *a*-Gefügeachse den Winkel von 40° einschließt, also eine in bezug auf *a* allgemeine Lage besitzt.

Weitersfelder Gneise

Von den Weitersfelder Gneisen samt ihren nördlichen Ausläufern, die K. PRECLIK (1926) Pleißinger Gneise nannte, wurden insgesamt vier Proben entnommen. Petrographisch wurden sie schon von F. E. SUESS (1912) gründlich beschrieben. Es handelt sich um leukokrate zweiglimmerige Augengneise, die sowohl megaskopisch als auch mikroskopisch den Bittescher Gneisen sehr ähnlich sind. Sie zeigen stets eine ausgeprägte, an die Schieferungsflächen gebundene Striemung. Mikroskopisch weisen die untersuchten Proben kristalloblastische Strukturen ohne Spuren nachkristalliner mechanischer Beanspruchungen auf. Die Quarzkörner sind gerundet und manchmal von größeren Dimensionen. Das Quarzgefüge entspricht demjenigen der Bittescher Gneise (Abb. 9, 10). Es handelt sich um einen senkrecht zur Striemung stehenden *ac*-Gürtel, der um die *a*-Gefügeachse durch die nicht allzu ausgeprägte Maxima verstärkt ist und sich um die *c*-Gefügeachse in zwei Äste spaltet, die miteinander kleine Winkel (höchstens 50°) einschließen. Symmetrie der Gefügediagramme ist fast rhombisch, sie geht aber manchmal infolge ungleicher Belegung der Gürteläste in triklinische über (Abb. 9). Übergänge von Kreuzgürtelbildern zu den *B*-Gürteltektoniten werden angedeutet, entweder durch eine undeutliche Aufspaltung des *ac*-Gürtels um die *a*-Achse (Abb. 9), oder durch Zusammenschmelzung der Gürteläste um die *c*-Gefügeachse, und zwar auch bei verhältnismäßig ausgeprägter Quarzeinregelung (Abb. 10). Im letzterem Falle entstehen schon echte Eingürtel-*B*-Tektonite, bei deren Deformation rotationeller Strain bestimmend war.

Die Glimmerschieferzone und das Moldanubikum

Aus Gesteinen der Glimmerschieferzone, die das Moravikum umsäumt, wurden 3 Proben geschieferter zweiglimmeriger quarzitischer Hornfelse aus der Umgebung von Horn und Messern und 2 Proben Biotit-Hornfelsgneise aus dem Streifen an dem verengten Südflügel der Thayakuppel untersucht. Lineation ist bei ihnen nur bei stark verschieferten Typen sichtbar. Ihre Strukturen sind kristalloblastisch. Spuren mechanischer Beanspruchungen zeigt unter ihnen nur der Hornfels von Neukirchen. In allen untersuchten Proben ist Quarz scharf eingeregelt, wobei seine Gefügebilder mit ihren Grundzügen denjenigen aus dem Moravikum beschriebenen entsprechen. Die Symmetrie der Gefügebilder ist rhombisch oder infolge ungleicher Belegung der Gürtel triklinisch (Schiefgürtel — Abb. 11). In jenen Proben, wo die Quarz-c-Achsen Schiefgürtelbilder zeigen, behält die megaskopisch wahrnehmbare b-Achse weiterhin die Funktion der Rotationsachse bei; keine dem Quarzgefüge entsprechende Symmetrieverminde-

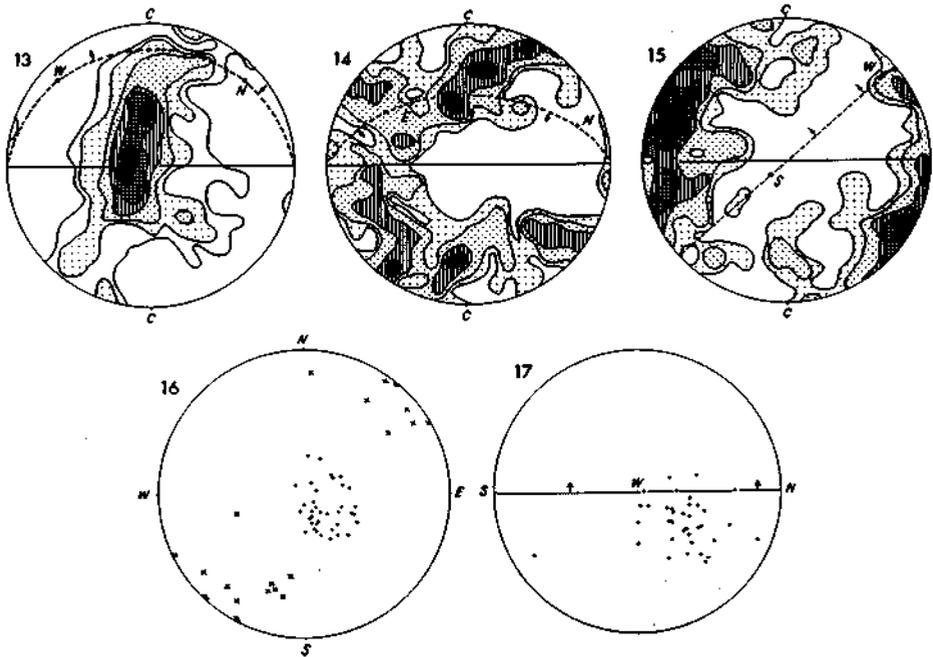


Abb. 13—17.

Abb. 13. Quarz, Biotitquarzit, Drosendorf, 340 Quarzachsen, 0,5—1—2—3—5—7 ($-10,5\%$).

Abb. 14. Quarz, Hornfelseinlagerung im Kalkstein, Eibenstein, 240 Quarzachsen, 0,5—1—2—3 (-4%).

Abb. 15. Quarz, Biotit-Sillimanit-Gneis, Münichreith, 305 Quarzachsen, 0,5—1—2—3—4 ($-5,5\%$).

Abb. 16. Lote zu den Schieferungsflächen (Kreischen) und Strömungen (Kreuzchen). Bittescher Gneise aus der ganzen Thayakuppel. Stereographische Projektion, untere Halbkugel.

Abb. 17. Transportrichtungen bei der Quarzeinregelung in Bittescher Gneisen aus der ganzen Thayakuppel. Stereographische Projektion.

rung ist im Glimmergefüge wahrnehmbar. Die Maxima sind in den Quarzgefügebildern zerstreut, es wurden auch Maxima II (Abb. 12) und Maxima I (Abb. 11) beobachtet. Maxima I könnte in den betreffenden Proben auf die Anteilnahme von Schubbewegungen in der zusammengesetzten Deformation, die die Einregelung erzeugte, hindeuten.

Aus den lichten moldanubischen Zweiglimmer-Orthogneisen wurden 3 Proben aus dem Gebiete zwischen Drosendorf und dem Moravikum entnommen. Quarz ist darin entweder ohne Einregelung oder diese ist nur schwach. Dabei belegen die Quarzachsen zwei unter dem Winkel von 90° sich kreuzende Gürtel, was ein typisches Merkmal der moldanubischen Quarztektonite ist.

Für einen moldanubischen Biotitquarzit aus Drosendorf ist teils ein starkes Maximum I (Abb. 13), teils triklinische, durch ungleiche Ausbildung der Gürtel verursachte Symmetrie (Schiefgürtel) typisch. Ein Biotithornfels von Eibenstein zeigt ein Gürtelbild, das demjenigen der moravischen Gesteine ähnlich ist (Abb. 14), nämlich einen ac-Gürtel um a- und zwei die c-Gefügeachse umspannende Gürteläste. Die untersuchte Probe stammte aus einer etwa 20 cm mächtiger Einlagerung in moldanubischen Kalksteinen. Das Gestein ist unverschiefert, Quarz zeigt darin keine Spuren postkristalliner Beanspruchung. Sein für die moldanubischen Tektonite ungewöhnlicher Gefügetyp ist vielleicht durch die nicht üblichen Bedingungen seiner Metamorphose bedingt (Deformation einer schmalen Lage in Kalksteinen, also in einem außerordentlich plastischen Milieu). Von den sechs untersuchten Proben moldanubischer Gneise und Granulite zeigte nur die Biotit-Sillimanit-Gneise von Münichreith eine Quarzeinregelung. Sein Gefügebild ist recht typisch für das Moldanubikum — ein ausgeprägtes Maximum I mit angedeuteten Okl-Gürteln (Abb. 15). Es handelt sich offensichtlich um eine passiv erzwungene Regelung, das Gestein wurde stark postkristallin unter Entstehung von kristalloplastischen Strukturen beansprucht. Quarz wurde dabei zerstückelt, Biotit zerdrückt und in Scherflächen, die sich um große Feldspatkörner umbiegen, zerschliffen. Als ein Beweis der ursprünglichen statistischen Isotropie der Orientierung der Quarze dient der Einschlussquarz der Feldspäte, der zum Unterschied von dem Außenquarz keine Spuren mechanischer Beanspruchung zeigt und dessen Achsen gleichmäßig ohne Anhäufungen das Gefügediagramm belegen.

Die im Moravikum und in der Glimmerschieferzone des Waldviertels beobachteten Verhältnisse entsprechen vollkommen denjenigen, die in den gleichen Gebieten der ČSSR festgestellt wurden. Das ursprüngliche Merkmal moldanubischer Metamorphite ist die statistische Isotropie ihrer Quarzorientierung, was mit den in diesen Gesteinen augenfälligen Zeichen starker Stoffwanderungen und chemischer Rekonstitutionen in tiefen Erdstockwerken gut im Einklang steht. (Entstehung der Schieferung ist hier mit starker, z. T. anatektischer Migmatisierung verbunden.) Quarz wurde hier nur in einigen Bewegungszonen durch passive postkristalline Beanspruchungen eingeregelt. In der Glimmerschieferzone entspricht das Quarzgefüge inkompetenter Gesteine den moravischen Gesteinen, nur das für die moldanubischen Tektonite so typische Maximum I erscheint hier öfters als in den moravischen Gesteinen.

Regionale Verhältnisse im Moravikum

Abbildung 16 zeigt die Lage der Schieferungsflächen und der Striemung gefügeanalytisch untersuchter Bittescher Gneise aus der ganzen Thayakuppel. Wie ersichtlich, liegen die Schieferungsflächen meist flach, mit der Horizontalebene bilden sie die Winkel von 10 bis 40°. Die Fallrichtungen sind verschieden, so, wie sich die Kuppel umbiegt, nur die Richtungen nach SE fehlen gänzlich, infolge des bekannten Baues der Kuppel. Die Striemung liegt stets in den Schieferungsflächen und besitzt eine einheitliche, von den Fall- und Streichrichtungen der Schieferungsflächen unabhängige Lage, worauf schon mehrere Autoren aufmerksam machten (vgl. z. B. L. KÖLBL, 1921). Dies deutet auf eine einheitliche Prägung des Gefüges in der ganzen Kuppel hin.

Das synoptische Diagramm in Abbildung 19 zeigt die Lagen der a-Gefügeachsen der Quarzdiagramme der Bittescher Gneise aus der ganzen Thayakuppel, die zugleich den Richtungen des tektonischen Transportes entspricht, wobei es sich um einen restringierten oder unrestringierten Transport im Sinne W. H. FAIRBAINS (1949) handeln kann. Dieser Transport war während der quarzeinregelnden Prozesse auffallend einheitlich und hatte die Richtung annähernd NW-SE. Er steht also mit dem aus der Striemung abgeleiteten Bewegungsbild im Einklang. In Abbildung 18 sind die Transportrichtungen in die Horizontalebene projiziert. Diese Abbildung zeigt zugleich, daß die Transportrichtungen in den Bittescher Gneisen einheitlicher sind als in der Glimmerschieferzone, wo sie stellenweise sogar quer zu ihrem Verlauf im Moravikum stehen. Besonders auffallend ist das in der Umgebung von Vranov, worauf schon L. WALDMANN (1933) aufmerksam machte.

Der Charakter der Quarzgefügediagramme der Bittescher Gneise ist im Waldviertel derselbe wie in dem auf dem Gebiete der ČSSR liegenden Teile der Thayakuppel. Nur die Maxima II sind im Waldviertel nicht so gut ausgeprägt, was aber wahrscheinlich nur durch den unterschiedlichen Deformationsgrad bedingt ist. In den beiden geschleppten verengten Flügeln der Thayakuppel, sowohl in dem nördlichen als auch in dem südlichen, war die Deformation intensiver, worauf schon der Gesamtcharakter der Gesteine schließen läßt (vgl. z. B. K. PRECLIK, 1926). Und in der ČSSR nehmen diese stark tektonisch beanspruchten Gesteine den überwiegenden Teil der hier vorkommenden Bittescher Gneise ein (vgl. Abb. 18). In dem verbreiteten Zentralabschnitt der Thayakuppel, etwa zwischen Mallersbach und Kravsko, ist die Quarzeinregelung minder deutlich und Quarz wurde stellenweise sogar entregelt.

Der Vergleich der Thaya- und Svatkakuppel zeigt nicht nur den gleichen Gesamtcharakter des Quarzgefüges, sondern auch viele regionale Ähnlichkeiten im Detail. Der Svatkagneis ähnelt z. B. dadurch den Weitersfelder Gneisen, daß unter ihren Gefügebildern auch typische unaufgespaltet ac-Gürtel vertreten sind. Ähnlich wie in der Glimmerschieferzone um die Thayakuppel sind auch in der Glimmerschieferzone vom nördlichen Abschnitt der Svatkakuppel Gefügebilder mit sehr ausgeprägten Maxima I und angedeuteten Schiefgürtel vertreten (vgl. Abb. 14, 30 in D. NEMEC, 1961). Auch für das Waldviertel gilt ein wichtiges regionales Merkmal des ganzen Moravikums, nämlich die einheitliche geogra-

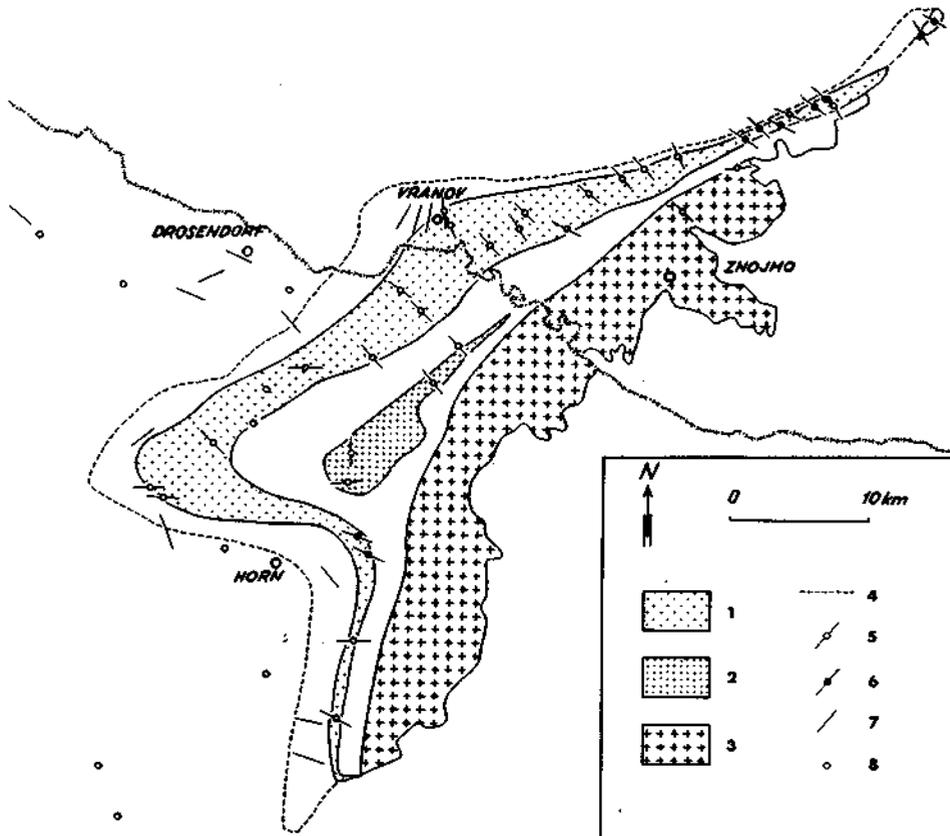


Abb. 18.

Abb. 18. Mikrotektonische Übersichtskarte der Thayakuppel (die geologische Situation nach F. E. SUESS, 1912).

1 — Bittescher Gneise, 2 — Weitersfelder Gneise, 3 — Thayabatholith, 4 — gestrichelt die Grenze der Glimmerschieferzone gegen das Moldanubikum. 5 — Richtungen des tektonischen Transportes bei der Quarzeinregelung moravischer Gesteine, 6 — dasselbe bei besonders scharfer Quarzeinregelung, 7 — Richtungen des tektonischen Transportes bei der Quarzeinregelung der Tektonite aus dem Moldanubikum und aus der Glimmerschieferzone, 8 — Proben ohne Quarzeinregelung.

phische Lage der verstärkten Gürteläste des Quarzgefüges. Die Schieferungsflächen der moravischen Tektonite liegen in der Nähe der Horizontalebene, wobei die Richtung des tektonischen Transportes während der quarzeinregelnden Prozesse annähernd E-W war. Bei ungleicher Ausbildung der Gürteläste gilt fast ohne Ausnahme, daß der ungefähr nordwärts über die Horizontalebene und südwärts unter die Horizontalebene gerichtete Gürtel verstärkt ist, der entgegengesetzte Gürtel dagegen unterbesetzt ist. Dies ist z. B. in Abbildung 4 und 6 (Bittescher Gneise) sowie Abbildung 9 (Weitersfelder Gneis) ersichtlich und es gilt auch für die Glimmerschieferzone. Dadurch wird eine erstaunliche Einheitlichkeit des

einwirkenden Streßfeldes in einem sehr ausgedehnten Areale, dessen Länge 140 km übertrifft, belegt.

Die Entstehungsart des Quarzgefüges im Moravikum

Abgesehen von Lagen und Knauern des Sekretionsquarzes in moravischen Gesteinen, die wahrscheinlich zum Teil paratektonisch kristallisierten, wurde Quarz im Moravikum passiv unter Beteiligung von Rekristallisierung eingeregelt. Als Beweis der ursprünglichen statistischen Isotropie der Quarzorientierung in Bittescher und Weitersfelder Gneisen dient der Einschlußquarz der großen Feldspat-Augen, der durch seine Ummantelung der Einregelung entzogen wurde, und zwar auch in den Proben mit so ausgeprägter Einregelung des Außenquarzes wie im Falle der Abbildung 4.

Zur Beurteilung der Entstehungsart des Quarzgefüges moravischer Gesteine kann der Vergleich mit den Verhältnissen im Moldanubikum sehr behilflich sein. Das Moldanubikum verhielt sich als eine verhältnismäßig starre Scholle, in deren metamorphen Gesteinen Quarz ursprünglich ohne Einregelung war³⁾. Während der varistischen Epoche entstanden an einigen besonders kräftigt tektonisch beanspruchten Stellen verhältnismäßig schmale aber lange Deformationszonen, in denen Quarz passiv eingeregelt wurde. Es handelt sich bei allgemeiner Betrachtung öfters um kräftige Bewegungen zwischen starren Backen, also um Schubbewegungen. Dadurch würde sich das häufige Erscheinen des starken isolierten Maximums I (vgl. Abb. 19), dessen Zustandekommen gewöhnlich als eine Folge kräftiger einschariger Zerschering gedeutet wird, erklären lassen. Daneben sind

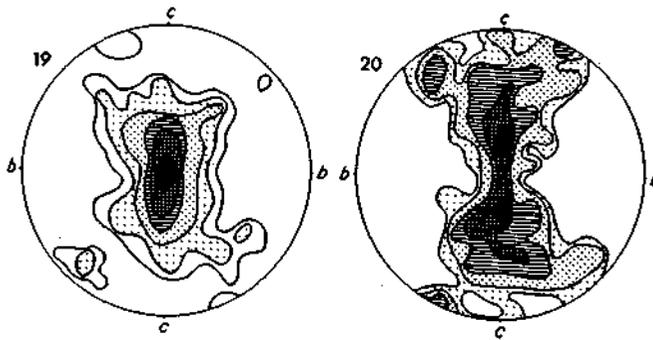


Abb. 19 und 20.

Abb. 19. Sammeldiagramm der Maxima über 3% Belegungsdichte aus den moldanubischen Deformationszonen, die mit dem Moravikum im Berührung stehen. 325 Maxima aus 132 Diagrammen. 0,5—1—2—4—6—11 (—15,5%).

Abb. 20. Sammeldiagramm der Maxima über 3% Belegungsdichte, Bittescher Gneise aus dem ganzen Moravikum. 258 Maxima aus 93 Diagrammen. 0,5—1—2—3,5—5 (—6%).

³⁾ Nur in einigen Metamorphiten des nördlichen Teiles des Kernes der Böhmisches Masse, wie z. B. bei den bekannten Stengelgneisen von Doubravčany, ging die Quarzeinregelung Hand in Hand mit der Entstehung des jetzt blastischen Grobgefüges des Gesteines vor sich. Sonst wurde allgemein das Quarzgefüge nachträglich dem älteren Grobgefüge der Gesteine aufgebracht.

für die moldanubische Scholle Zweigürtelbilder mit dem Öffnungswinkel 90° und mit der rhombischen Symmetrie typisch. Diese hohe Symmetrie könnte auf Anteilnahme von Plättung bei Beanspruchung der betreffenden Proben, die durch gleichmäßige Kompressionsdrucke der starren Backen der Deformationszonen bedingt wären, hindeuten. Die deformierten Gesteine weisen zwar manchmal auch Striemung auf, doch kam es bei der Deformation zu keinen ausgeprägten Rotationen. Es kam zu keiner synmetamorphen Durchfältelung usw.

Das Moravikum stellt eine breite tektonisch stark durchbewegte Zone dar, an derer Zusammensetzung in beträchtlichem Maße plastische Gesteine wie Glimmerschiefer, Phyllite usw. teilnahmen. Diese Plastizität war wahrscheinlich auch für die Prozesse, die das Quarzgefüge der Gesteine geprägt haben, von großer Bedeutung. Keine ausgeprägten Schubbewegungen fanden hier statt und isolierte Maxima I kommen hier fast gar nicht vor. Auch die Quarzgefügebilder moravischer Gesteine weisen öfters rhombische Symmetrie auf, die der Einwirkung eines senkrecht zur Schieferung stehenden Kompressionsdrucks, also einer

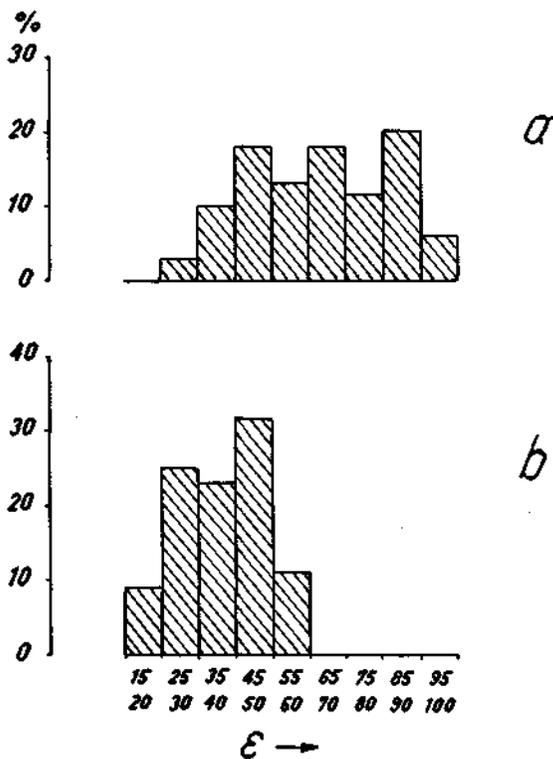


Abb. 21.

Abb. 21. Der Winkel ϵ der paarigen Maxima der Quarzgefügediagramme in der ac-Ebene, über die a-Achse gemessen.

a — Moravische Gesteine und monomineralische Quarzgesteine der Glimmerschieferzone (68 Proben).

b — moldanubische Gesteine.

Plättung, zugeschrieben werden könnte. Auch der im Moravikum sehr verbreitete Gefügetyp mit zwei Maxima II (vgl. Abb. 20), die miteinander den Winkel von 80° einschließen ²⁾, wird gewöhnlich als charakteristisch für Plättung angesehen. Aber in den Quarzgefügediagrammen stellt man meist verschiedene Abweichungen von der rhombischen Symmetrie fest, wie ungleiche Belegung der Maxima II ³⁾ oder der Gürtel, so daß monoklinische oder triklinische Symmetrie entsteht. Gerade dies könnte auf die Plastizität der moravischen Gesteine zurückgeführt werden. Eine beträchtliche Anteilnahme rotationeller Strains an der Deformation, die das Quarzgefüge moravischer Gesteine formte, macht sich bemerkbar durch ausgeprägte Streckung der Gesteine, die im Extremfalle zur Bildung von Stengelgneisen führt, und durch Einengung des Öffnungswinkels der Gürtel in den Quarzgefügebildern. Im Extremfalle resultieren die ac- und Schiefgürtel.

Die geschilderten Verhältnisse im Ostteil der Böhmisches Masse entsprechen also in mancher Hinsicht denjenigen, die im sächsischen Granulitgebirge beobachtet wurden (J. H. BEHR, 1964): In den tiefer liegenden Granuliten ist die

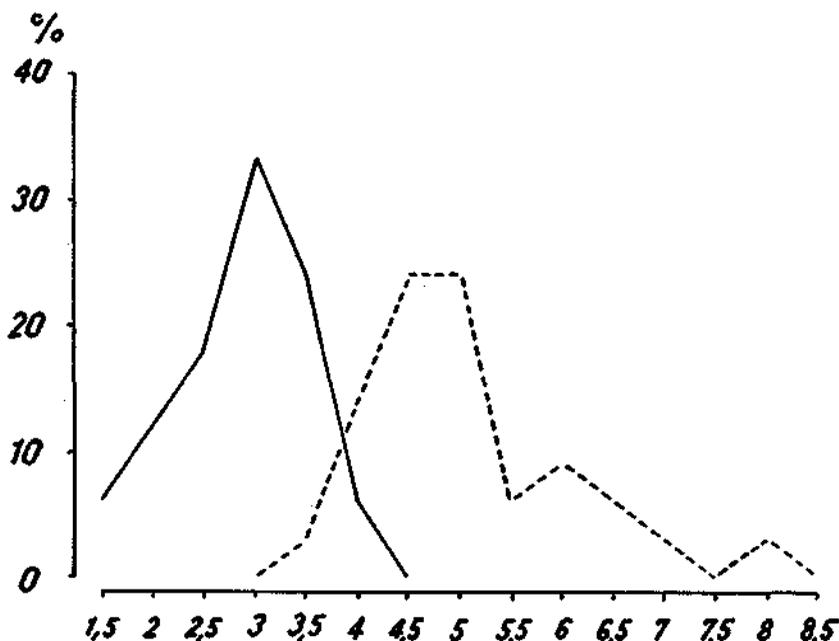


Abb. 22.

Abb. 22. Maximale Belegungsdichten der paarigen Maxima II in Quarzgefügediagrammen Bittescher Gneise aus dem ganzen Moravikum, bei ungleicher Ausbildung dieser Maxima. Voll ausgezogene Linie — das minder belegte Maximum II, gestrichelte Linie — das stärker belegte Maximum II derselben Diagramme (33 Proben).

²⁾ Falls in den Quarzgefügebildern moldanubischer Gesteine zwei in der ac-Ebene liegende Maxima erscheinen, ist ihr Winkel beträchtlich kleiner (Abb. 21).
schnittlich 2% (vergleiche Abb. 22).

³⁾ Die Differenz der maximalen Belegungsdichte der paarigen Maxima beträgt dabei durch-

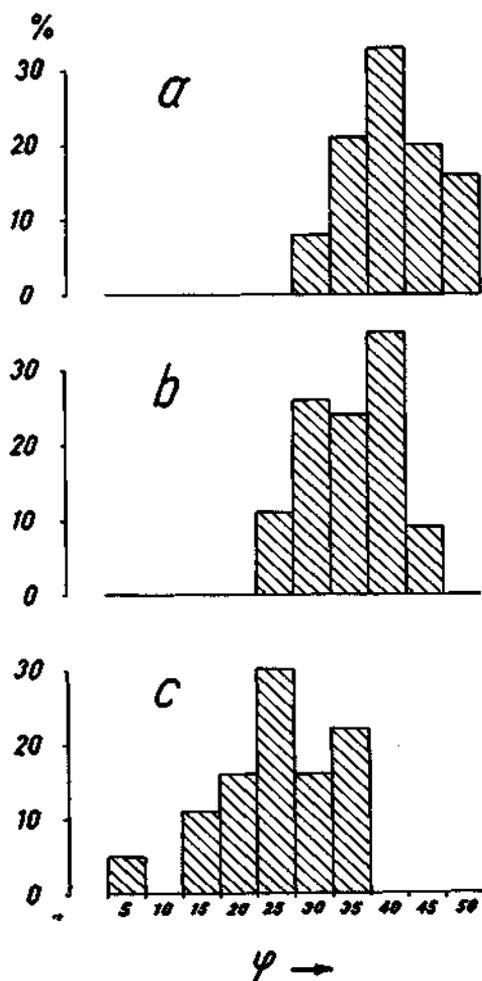


Abb. 23.

Abb. 23. Der Winkel φ zwischen dem Gürtel und der c-Gefügeachse.

a — Zweigürtelbilder des Moldanubikums (49 Proben), b — Zweigürtelbilder des Moravikums (46 Proben), c — Schiefgürtelbilder des Moravikums (37 Proben).

Streckung unbeträchtlich und wenig entwickelt, die Quarzgefügebilder weisen auf Plättung hin, in den Zweigürtelbildern ist der Öffnungswinkel der Gürtel 90° . In der Schieferhülle des Granulitkernes, die von Glimmerschiefern und Schieferneisen gebildet ist und wo starke rotationelle Strains zur Geltung kamen, ist die Streckung der Gesteine kräftig, der Öffnungswinkel der Quarzgürtel sinkt bis auf 30° ab. In den äußersten Stockwerken entstanden schon echte B-Tektonite mit ac-Quarzgürteln.

Auf die Bedeutung der Plastizität bei der Formung der Quarzeinregelung im Moravikum weisen auch die Verhältnisse in der Glimmerschieferzone hin, wo das

Quarzgefüge inkompetenter Gesteine wie Glimmerschiefer und ihre Quarzknuern, Quarzite usw. meistens die für das Moravikum typischen Merkmale tragen, die kompetenten Gesteine wie die Zweiglimmergneise hingegen diejenigen der moldanubischen Gesteine. Sogar im Moldanubikum trifft man die für das Moravikum typischen Gefügebilder eher in den mehr plastischen monomineralen Quarzgesteinen (vgl. z. B. Abb. 13) als in den Gneisen und Granuliten an.

Die Chronologie der quarzeinregelnden Prozesse

Wichtig bei den gefügeanalytischen Untersuchungen moravischer Gesteine ist die Frage, ob die Quarzeinregelung in einer oder in mehreren Deformationsphasen stattfand. Die auffallende Einheitlichkeit der Regelungstypen moravischer Gesteine, sowohl was den Charakter der Gefügebilder als auch was die geographische Lage ihrer einzelnen Teile betrifft, scheint auf Einregelung in einem einzigen Deformationsakte hinzudeuten. Daß aber das Moravikum in mehreren Phasen tektonisch beansprucht wurde, zeigt das Erscheinen von Deformationslamellen im Quarz einiger Proben sowohl der Thaya- als auch der Svratkakuppel, für die sich ein späterer Ursprung in bezug auf das Quarzachsengefüge beweisen läßt (D. NEMEC, 1968), sowie die Verhältnisse in der Květnice-Serie (Svratkakuppel). Die Devonkalke dieser Serie tragen den Tektonitcharakter (D. NEMEC, 1964), dabei enthalten die an der Basis der Květnice-Serie bei Závist vorkommenden Konglomerate Rollstücke eines Sekretionsquarzes, dessen Gefüge demjenigen des in moravischen Gesteinen erscheinenden Sekretionsquarze ähnlich ist. Der Quarzement dieser Konglomerate weist dabei statistische Isotropie seines Gefüges auf. Das Gefüge der Rollstücke muß also einer früheren Deformationsphase als die Entstehung der Květnice-Serie angehören.

Eine weitere Frage ist, ob das Quarzgefüge gleichzeitig mit dem Grobgefüge oder erst nachträglich entstanden ist. Bisher konnten keine verlässlichen Beweise erbracht werden, daß das Quarzgefüge zu einem anderen Deformationsakte als das Grobgefüge gehört. Auch wenn die Quarzgefügediagramme öfters niedrigere Symmetrie als die Teilgefüge der Glimmer haben, fallen die entsprechenden Gefügeachsen immer aneinander. Die Unterschiede in der Symmetrie könnten auch z. B. während desselben Deformationsaktes entstehen, wenn Feinheiten des erzeugenden Streßfeldes nur der gegen die Streßeinwirkung hypersensible Quarz (vgl. W. H. FAIRBAIRN, 1954), nicht aber Glimmer vollkommen abbilden konnten. Diese Auffassung wird in unserem Falle auch dadurch gefördert, daß die triklinische Symmetrie z. B. mehr ausgeprägt in den Knuern und Lagen des Sekretionsquarzes als in den diese Quarzeinlagerungen einschließenden Bittescher Gneisen ist (Einfluß der Gefügeachsen — vgl. hierzu D. NEMEC, 1959, 1961).

Nicht einmal die gefügenalytische Untersuchung der Falten im Moravikum brachte die erwarteten Ergebnisse. A. DUDEK (1962), der die Falten in Bittescher Gneisen aus der Umgebung von Vranov studierte, kam zwar zum Schluß, daß das Quarzgefüge an das schon gefaltete Gestein in einer späteren Deformationsphase hineingeprägt wurde, doch ist die Quarzeinregelung in den von ihm untersuchten Proben so mangelhaft, daß diese Schlußfolgerung unberechtigt ist. Es ist bemer-

kenswert, daß auch in den Falten der Bittescher Gneise, die der Verfasser selbst aus zwei Orten untersuchte, die Quarzgefügebilder undeutlich waren, obwohl z. B. im Falle der Lokalität Hodonín in der Svratkakuppel Quarz im normalen Bittescher Gneis außerhalb der Falte scharf eingeregelt war. Auch die Bittescher Gneise der Falten zeigen die üblichen blastomylonitischen Strukturen. Es scheint also in dem konkreten Falle, als ob der tektonische Prozeß, der die Entstehung der Falte verursachte, gleichzeitig ihre Quarzentregelung bedingte. Die Falten in moravischen Gesteinen verdienen sicher noch eine größere Aufmerksamkeit.

Aus den Quarzgefügediagrammen läßt sich zwar die Richtung des tektonischen Transportes, nicht aber sein Sinn entnehmen. Aus dem geologischen Bau des Gebietes sowie aus dem Studium der Fal tengrenzen lassen sich für das Moravikum sowohl annähernd ostwärts als auch westwärts gerichtete Bewegungen belegen. Diese Frage wird von A. DUDEK (1962) eingehend diskutiert, nach dem die ältere Faltung die Vergenzen nach Westen, die jüngere nach Osten erzeugte.

Auch die Frage der Einordnung der quarzeinregelnden Prozesse der moravischen Gesteine in die Geochronologie ist bisher nicht eindeutig gelöst. Intrusion und Metamorphose der Bittescher Gneise wird in die assyntische Orogenese gelegt, wobei es sich um eine synkinematische Intrusion handeln sollte (Z. MÍŠAR, 1961). Andererseits stellt man eine besonders starke Einregelung in den Bittescher Gneisen fest, die die am Kontakte des Moldanubikums mit dem Moravikum verlaufenden und für varistisch gehaltenen Störungszonen, wie die Bittescher Störung, säumen. Auch einige im Moravikum verlaufende Störungszonen knüpfen unmittelbar an moldanubische Störungen an, die also ihre Fortsetzung bilden und wahrscheinlich varistischen Alters sind. Mehr als die Gefügekunde allein müssen hier stratigraphische Untersuchungen besonders in der Svratkakuppel behilflich sein.

Literatur

- BEHR, J. H., 1964: Die Korngefügefazies der Zweigürteltektonite im kristallinen Grundgebirge Sachsens. — Abh. deut. Akad. Wiss. Berlin, Nr. 1, Berlin.
- DUDEK, A., 1958: Übersicht über die geologischen und petrographischen Untersuchungen in der Böhmischo-Mährischen Anhöhe und im niederösterreichischen Waldviertel (tschechisch). — Knihovna Ústř. úst. geol. 33, Praha.
- DUDEK, A., 1962: Zum Problem der moldanubischen Überschiebung im Nordteil der Thaya-kuppel. — Geologie 11, 757—791, Berlin.
- FAIRBAIRN, H. W., 1954: The stress-sensitivity of quartz in tectonites. — Tsch. Min. und petr. Mitt. III. F. 4, 75, Wien.
- FAIRBAIRN, H. W., 1949: Structural petrology of deformed rocks. — Cambridge.
- HEARD, C. A., & CARTER, L. C., 1968: Experimentally induced „natural“ intragranular flow in quartz and quartzite. — Amer. Journ. Sci. 266, 1—42, New Haven, Conn.
- KÖBL, L., 1921: Zur Deutung der moldanubischen Glimmerschieferzone im niederösterreichischen Waldviertel. — Jb. Geol. Staatsanstalt 71, 81—104, Wien.
- MÍŠAR, Z., 1961: Geologische Stellung des Bittescher Orthogneises (tschechisch). — Čas. miner. geol. 6, 289—296.
- NEMEC, D., 1959: Das Quarzgefüge im Moravikum und benachbarten Moldanubikum Westmährens. — Geologie 8, 366—383, Berlin.
- NEMEC, D., 1961 a: Das Quarzgefüge im Moravikum und benachbarten Moldanubikum Westmährens (tschechisch mit deutscher Zusammenfassung). — Knihovna Ústř. úst. geol., No. 37, Praha.

- NEMEC, D., 1961 b: Das Calcitgefüge im Moravikum und im angrenzenden Moldanubikum Westmährens (tschechisch mit deutscher Zusammenfassung). — Věstník Ústř. úst. geolog. 36, 23—34, Praha.
- NEMEC, D., 1963: Geologische Folgerungen aus den Quarzgefüge-Untersuchungen in der Böhmischo-Mährischen Anhöhe und im Eisengebirge. — N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 116, 223—254, Stuttgart.
- NEMEC, D., 1964: On the number of microdeformation stages in the Moravicum (tschechisch mit englischer Zusammenfassung). — Věstník Ústř. úst. geolog. 39, 181—188, Praha.
- NEMEC, D., 1968: On the mutual orientation of lamellae poles and 0001 axes of quartz in tectonites. Journal Geology 76, 358—364, Chicago.
- PRECLIK, K., 1926: Die moravische Phyllitzone im Thayatale. — Sborník Ústř.úst. geolog. ČSSR, 6, 221—281, Praha.
- Regional geology of Czechoslovakia, I (The Bohemian Massif). — Praha 1966.
- Suess, F. E., 1912: Die moravischen Fenster. — Wien.
- Tectonic development of Czechoslovakia. — Praha 1960.
- WALDMANN, L., 1933: Beiträge zur Kenntnis der moldanubischen Glimmerschieferzone bei Frain a. d. Thaya. — Verh. Geol. B.-A., 67—76, Wien.