

Die grünen Schiefer des Peterwardeiner Tunnels und deren Contact mit dem Trachyt¹⁾.

Von Dr. Kispatić, Professor in Agram.

Die Serpentine der „Fruška gora“ (Kroatien, Syrmien) und unter ihnen der Serpentin des Peterwardeiner Berges sind in der Literatur gut bekannt. Sie werden überall als massige Gesteine, die die Kreideformation durchbrechen, angeführt. Die Serpentine, die sich im Hauptzug der Fruška gora entwickelten, sind in der That echte Serpentine, ob man sie aber als massige Gesteine aufzufassen hat, darf man noch nicht als festgestellt annehmen. Ich will hier von ihnen absehen, und mich nur mit den Gesteinen des Peterwardeiner Festungsberges, mineralogisch in gar keinem Zusammenhang mit dem übrigen Serpentin der Fruška gora stehen, befassen. Die Peterwardeiner Gesteine sind insofern interessanter, da man unter ihnen gar Nichts finden kann, was an ein serpentiniähnliches Gebilde erinnern würde, obwohl sie in der Literatur als Serpentin angeführt werden. Ich muss gestehen, dass ich höchst überrascht war, als ich die ersten Präparate von dem Gestein unter dem Mikroskope sah. Ich habe nicht ahnen können, dass die bisherigen Bestimmungen so falsch sein könnten.

Das Peterwardeiner Gestein wird zuerst von Beudant²⁾ in seinem Werk „Voyage minéralogique et géologique en Hongrie pendant l'année 1818“ erwähnt, wo es als Serpentin bezeichnet wird. Nach ihm haben dann alle Forscher, die die Fruška gora untersuchten, denselben Fehler begangen. So sagt später H. Wolf³⁾, dass der Peterwardeiner Festungsberg aus Serpentin besteht. Dr. Oskar Lenz⁴⁾ sagt: „isolirt, aber offenbar mit dem nördlichen Zug in Beziehung stehend, ist die Serpentin-kuppe, auf welcher die Festung Peterwardein errichtet ist.“ Es ist wichtig, was er weiter sagt: „mit Ausnahme des Peterwardeiner Felsens,

¹⁾ Die kroatische Abhandlung. „Zeleni škriljavei petroravadinskog tunela i njihov Contact sa trahitom“ ist in den Schriften der südslavischen Akademie 1882, Bd. LXIV erschienen.

²⁾ Jahrbuch der geologischen Reichsanstalt, 1873, pag. 296.

³⁾ Bericht über die geologische Aufnahme des Vrđnikgebirges. Verhandlungen der geologischen Reichsanstalt, 1860/61. II. pag. 160.

⁴⁾ Beiträge zur Geologie der Fruška gora in Syrmien. V. Jahrbuch der geologischen Reichsanstalt, 1873, pag. 300.

tritt der Serpentin nirgend massig oder stockförmig auf, sondern ist lagerförmig den Schiefen oder den jüngeren Gesteinen angelagert“. Es ist desswegen wichtig, weil die Peterwardeiner Gesteine nicht massig sondern schiefrig sind, und somit entfällt auch der Schluss, den Dr. Koch später aus dieser unrichtigen Annahme zog und auf die übrigen Serpentine der Fruška gora übertrug. A. Popović¹⁾ war der erste, der darüber im Zweifel war, ob er hier mit echtem Serpentin zu thun hat. Er meinte, es wären das Grünsteine, die aber doch an der Donau-seite in Serpentin übergingen.

In der ganzen Literatur sind die jüngsten Angaben über die Peterwardeiner Gesteine von Dr. A. Koch²⁾ die wichtigsten, da er der erste war, der sich näher in die petrographische Untersuchung der erwähnten Gesteine einliess. Die Peterwardeiner Gesteine mussten ihm zugleich den Beweis liefern, dass auch der übrige Serpentin, der sich entlang des Kammes der Fruška gora zieht, eruptiver Natur sei. Er sagt: „dass er wirklich als eruptives Gestein aufgefasst werden muss, dafür ist der Peterwardeiner Festungsberg ein Beweis, dessen Gestein — ein nicht vollständig umgewandelter Serpentin — einen massigen Stock bildet“. Er führt keinen anderen Beweis für die eruptive Natur der übrigen Serpentine. Dass Dr. Koch die Peterwardeiner Gesteine für massig hielt, wäre noch erklärlich, da sie nicht immer und überall deutlich schiefrig erscheinen. Seine mikropetrographische Untersuchung aber, nach der er die Gesteine als Serpentin bestimmte, ist unrichtig. Er sagt wörtlich:

„Das Gestein des Peterwardeiner Festungsberges ist schon, mit freiem Auge betrachtet, nicht gleichartig, denn hellere und dunklere grüne Körner und braune oder schwarzgraue Schuppen bilden seine Gemengtheile. Die braunen Schuppen erwiesen sich ihren physischen Eigenschaften nach, besonders im polarisirten Lichte betrachtet, als Bronzit. Die beiden anderen Gemengtheile sind Umwandlungsproducte. In Dünnschliffen sieht man unter dem Mikroskop eine wasserhelle, körnige oder faserige Grundmasse, in welcher grüne Krystalschnitte eingestreut liegen. Diese sind netzartig von dunkleren Adern durchzogen. Zwischen gekreuzten Nicols zeigten sowohl die helle Grundmasse, als auch die grünen Einschlüsse bunte Interferenzfarben und nur die dunkleren Adern blieben in jeder Stellung dunkel. Daraus folgt erstens, dass die ursprünglichen Gemengtheile noch theilweise ihre Doppelbrechung beibehielten und das Gestein noch nicht vollständig serpentinisirt ist; zweitens, dass die grünen Einschlüsse wahrscheinlich halbserpentinisirte Olivinkörner sind. Das ursprüngliche Gestein war also jedenfalls ein Olivingestein, ob Bronzit oder Elnstatit den zweiten Gemengtheil bildete, bleibt sich ziemlich gleich, der dritte Gemengtheil war nicht zu ermitteln. Dieser unvollständige Serpentin bildet neben dem Kamenitzer Thor hervorragende Felsblöcke.

„Weiter gegen die Schiffbrücke, wo einige Steinbrüche eröffnet wurden, ist das Gestein äusserlich gleichartiger, aber doch noch

¹⁾ O geološkim odnošjima Fruška gore. Letopis Matice srpske, 1873, pag. 139, 140.

²⁾ Neue Beiträge zur Geologie der Fruška gora in Ostslavonien. Jahrbuch der geologischen Reichsanstalt, 1876. pag. 23, 24.

feinkörnig. Bronzitschuppen zeigen sich nicht, nur hie und da Magnetitkörner. Interessant ist auch hier, dass ein mehrere Klafter langes Stück röthlichgrauen Thonglimmerschiefers in den Serpentin eingekelt vorkommt, und dass im Hangenden dieses Schiefers der Serpentin selbst schiefrig ist, weiter aber wieder massig wird. Dieses Stück Thonglimmerschiefer wurde jedenfalls vom eruptiven ursprünglichen Olivingestein umschlossen und emporgerissen. Es beweist zugleich, dass dieser Serpentinstock mit dem südlichen Serpentinzuge der Fruška gora in naher Beziehung, wenn nicht vielleicht gar in directer Verbindung — unter der tertiären Decke — steht.“

Der Richtigkeit dieser mikroskopischen Beschreibung von dem angeblichen Serpentin fehlen, wie man leicht sieht, alle Beweise. Die grünen Krystalschnitte müssen ja desswegen nicht Olivin sein, weil sie bunte Interferenzfarben zeigen, wie sie es wirklich auch nicht sind. Dr. Koch sagt nicht, was er von der hellen Grundmasse denkt, und der Bronzit oder Enstatit müsste sich leicht als rhombischer Pyroxen zu erkennen geben. Es ist richtig, dass man die Gesteine schon dem äusseren Ansehen nach in zwei Gruppen eintheilen kann, aber der Unterschied liegt nicht darin, dass ein Theil Bronzit enthält, und der andere nicht. Das Stück thonschieferartigen Gesteins spricht gar nicht für die eruptive Natur des umgebenden Gesteins, da es wegen seiner mineralogischen Zusammensetzung nur einen Theil der umgebenden Schiefer ausmacht.

Zur Untersuchung der Peterwardeiner Gesteine führte mich die seltene Gelegenheit, dass gerade im vorigen Sommer durch den Peterwardeiner Festungsberg ein Tunnel für die neue Eisenbahnstrecke Neusatz-Semlin durchstoehen wurde, wo ich frisches Material, das mir die Frage über die Entstehung des dortigen Serpentin erklären sollte, zu finden hoffte. Ich kam aber zu ganz anderen Resultaten, die insoferne interessanter sind, als sie ältere Angaben richtig zu stellen haben.

Der Tunnel dringt in den Festungsberg an der Donauseite beinahe ganz von Westen ein, bildet gleich Anfangs eine kleine Biegung und mündet nordöstlich gegen die Vorstadt „Majur“. Der Tunnel ist 361 Meter lang, 6·5 hoch und 6·3 Meter breit. Er geht gerade durch die Mitte des Berges, und man findet alle Gesteinsvarietäten, die auch am ganzen Umfange des Berges zu treffen sind. Ich sammelte für die Untersuchung Handstücke nicht nur im Tunnel, sondern auch von den verschiedensten Punkten am Umfange des Berges, so dass ich nicht daran denken kann, dass mir gerade das nicht unter Hand kam, was Dr. Koch als Serpentin bestimmte.

Im Tunnel ist es viel deutlicher als aussen zu constatiren, dass das Gestein geschichtet ist. Die einzelnen Lagen und Schichten sind gewöhnlich gegen einen halben Meter mächtig. Sie werden aber manchmal ganz dünn, wobei die blättrige und schiefrige Natur sehr deutlich zum Vorschein kommt.

Von der Donauseite im Tunnel streichen die Schichten von NO. gegen SW. und fallen unter 60° ein. In dieser Lage finden wir die Schichten bis zur Stelle (60 Meter vom Eingang), wo ein Trachytgang durch die grünen Schiefer durchsetzt. Weiter von dem Trachytstock finden wir die Schichtung unter einer geringen Neigung (30°) von NS.

streichen. In der Mitte des Tunnels erscheint ein zweiter Trachytgang und hinter ihm finden wir die grünen Schiefer wieder in der anfänglichen Lage und Richtung. Zwischen den einzelnen Schichten des Schiefers liegen regelmässig 1–5 Centimeter dicke Blätter von Calcit, der gewöhnlich eine grosse Menge von Epidot führt. Am Anfang des Tunnels hat man in dem grünen Schiefer einzelne Nester von schön krystallisiertem Quarz gefunden. Etwas weiter gegen den Trachyt erscheint der Pyrit, und neben diesem zeigen sich im Gestein kleine Adern von Bleiglanz. Gegen die Mitte des Tunnels erscheinen die grünen Schiefer immer mehr und mehr verwittert, und einzelne Lagen sind ganz thonartig zersetzt.

Die Peterwardeiner grünen Schiefer kann man nach der mineralogischen Zusammensetzung in zwei Abtheilungen unterbringen. Die erste Abtheilung, von der hier zuerst die Rede sein soll, erscheint gleich am Anfang des Tunnels, endet nicht weit hinter dem ersten Trachytgange und bildet den nordwestlichen Theil des Berges, also diejenige Seite, die der Schiffbrücke zugekehrt ist. Das Gestein hat hier eine graugrüne Farbe, die durch den vielen beigemengten Epidot in's gelbliche übergeht. Makroskopisch sind die einzelnen Bestandtheile nicht zu erkennen. Das Gestein erscheint ganz gleichartig; mit Salzsäure benetzt, braust es fast immer.

Unter dem Mikroskop sieht man, dass das Gestein der ersten Abtheilung hauptsächlich aus Feldspath, Amphibol, Epidot und Chlorit besteht, wozu sich noch Calcit, Hämatit und Pyrit gesellt. Bei der Betrachtung der mikroskopischen Präparate schien es mir, als ob ich die grünen Schiefer von Stangenberg, Galgenberg und Bleiberg aus Niederschlesien vor mir hätte, die mir aus der Beschreibung von Dr. Kalkowsky¹⁾ bekannt waren. Ich wendete mich an den Herrn Autor, der mir mit grösster Bereitwilligkeit eine grössere Anzahl von Schleifstücken sendete, und der Vergleich ergab, dass die beiden Abtheilungen der Peterwardeiner Schiefer ihre ganz ähnlichen Vertreter in dem von Dr. Kalkowsky beschriebenen niederschlesischen Schiefergebiet haben.

In unserem Gestein bildet der Feldspath den wichtigsten Bestandtheil. Er ist gewöhnlich in einer solchen Menge vorhanden, dass er eine Art von Grundmasse bildet, und erscheint theils in dünnen, langgezogenen, theils in kürzeren und dickeren Krystallen. Die dünnen sind meist als Zwillinge, häufig aber auch als Drillinge ausgebildet. Die dickeren Krystalle erscheinen gewöhnlich als polysynthetische Zwillinge. Der grösste Theil ist unzweifelhaft Plagioklas, indem gewöhnlich die einfachen Krystalle, sowie auch die Zwillinge dieselben Auslöschungswinkel, wie die polysynthetisch ausgebildeten Plagioklase zeigen. Diese betragen meist 2–5°, seltener bis 10°. — Unter den Einschlüssen, die man im Feldspath findet, ist der Amphibol der wichtigste. Er erscheint hier in grösserer Menge in feinen, langen Nadeln, die entweder einzeln oder in Büscheln und Bündeln, gerade wie bei den grünen Schiefen aus Niederschlesien, seitlich in den Feldspath eindringen und oft bis auf die andere Seite gelangen. Die Nadeln

¹⁾ Ueber grüne Schiefer Niederschlesiens. Tschermak's Mineralogische Mittheilungen 1876, II. pag. 87.

haben eine hellgrüne Farbe und einen sehr kleinen Auslöschungswinkel. Wo im Feldspath die Zersetzung schon begonnen hat, da sind sie verschwunden und an ihrer Stelle treten Chloritschuppen auf.

Als zweiter Gemengtheil tritt Amphibol auf. Er erscheint, wie auch in dem niederschlesischen grünen Schiefer, in langen nadelförmigen Krystallen. Man findet ihn überall und immer in einer sehr grossen Menge. Die Nadeln sind im Gestein verschiedenartig geordnet, theils in unregelmässig verworrenen Aggregaten, theils in Büscheln und Bündeln, die divergent auseinanderlaufen. Selten ordnen sie sich in paralleler Lage an, so dass sie dann krystallähnliche Anhäufungen bilden. Er ist meist hellgrün und nur selten bläulich oder bläulichgrün, wobei gewöhnlich nur ein Theil der Nadel blau gefärbt erscheint, während der andere Theil hellgrün ist. Der Pleochroismus ist nicht stark, aber doch immer deutlich zu erkennen. Der Auslöschungswinkel bewegt sich zwischen $8-25^{\circ}$. Viel häufiger sind kleinere Winkel zwischen 8° und 15° . Die häufigsten waren 8° , 9° , 10° , 14° und 15° .

Wo der Amphibol in Zersetzung begriffen ist, dort erscheint überall Chlorit als secundäres Product. Häufig begegnet man in den Chlorit-Aggregaten noch einzelne eingeschlossene Amphibolnadeln, die man leicht optisch unterscheiden kann, als Beweis, dass der Chlorit durch Umwandlung aus dem Amphibol entstanden ist.

Der Chlorit tritt in grösserer oder geringerer Menge auf, je nachdem das Gestein mehr oder weniger in Zersetzung begriffen ist. Wo die Amphibolnadeln noch ganz frisch erscheinen, da findet man keine Spur von Chlorit, und mit dem Verschwinden des Amphibols wächst auch die Menge des neugebildeten Chlorit. Der letztere ist dann entweder gleichmässig im Gestein vertheilt, oder hat sich in den Adern mit Kalkspath und Epidot angehäuft. Er zeigt einen bedeutenden Dichroismus: gelbgrün und grün. Die breiten Schuppen bleiben zwischen gekreuzten Nicols dunkel, während die Längsschnitte gerade auslöschen.

Auch der häufig vorkommende Epidot zeigt überall eine secundäre Entstehung. Je mehr die Zersetzung vorgeschritten ist, desto häufiger wird er und am häufigsten findet man ihn, wo er entweder allein oder mit dem Calcit Klüfte ausfüllt. Der unregelmässig im Gestein zerstreute Epidot hat sehr selten auch nur annähernd deutliche Krystallformen, er erscheint meist nur in rundlichen Körnern. Nur der in den Klüften vorkommende zeigt einzelne krystallographische Contouren. Er ist orange- oder grünlichgelb gefärbt, selten farblos und ganz klar. Der Pleochroismus ist deutlich und die Polarisationsfarben sind sehr grell. Die etwas besser entwickelten Krystallformen sind gewöhnlich in der Richtung der Orthodiagonale verlängert und zeigen dabei die basische Spaltbarkeit. Solche Durchschnitte löschen parallel der Spaltbarkeit aus und zeigen mit dem Condensor eine optische Axe mit der Hyperbel und eine schwache Dispersion der Farben. Unter der grossen Anzahl der Epidote, die ich im polarisirten Lichte betrachtete, habe ich nur einen Zwilling nach dem Orthopinakoid gesehen, an dem nebenbei noch quer die basische Spaltbarkeit ausgebildet war. Er löschte auf der einen Seite unter dem Winkel

von 1° und auf der anderen Seite unter 3° aus. In dem die Klüfte ausfüllenden Epidot sind öfters lange, nadelförmige Krystalle eingeschlossen, von denen ich vermuthete, dass es neugebildete Amphibolnadeln sind.

Calcit, der in mikroskopisch erkennbarer Grösse entwickelt ist, hat sich nur in den Klüften angesiedelt. Es sind da Körner zu sehen, die die rhomboedrische Spaltbarkeit und öfter im convergenten Licht das bekannte Bild der optischen Axe zeigen.

Wenn ich noch die seltenen Hämatitblättchen und die einzelnen Pyritkörner erwähne, so habe ich Alles erschöpft, was in dem Gestein, das den nordwestlichen Theil des Peterwardeiner Festungsberges bildet, mikroskopisch zu sehen ist. Es ist hier keine Spur von Olivin oder Serpentin vorhanden. Alle die Bestandtheile haben so deutlich ausgebildete Eigenschaften, dass hier von einer Täuschung keine Rede sein kann. Das hier beschriebene Gestein ist dasjenige, von dem Dr. Koch sagt, dass es keine Bronzitschuppen enthält, und das sich an der Donauseite gegen die Schiffbrücke vorfindet.

In der ersten Abtheilung der grünen Schiefer findet man eine kleine Lage von einem thonschieferartigen Gestein, von dem Dr. Koch sagt, dass es Thonglimmerschiefer ist. Das Gestein ist deutlich geschiefert und zeigt eine schwarze, in's Grünliche übergehende Farbe. Unter dem Mikroskope überzeugt man sich leicht von der genetischen Beziehung zu den grünen Schiefen. Es wird sehr schwer durchsichtig. An den dünnsten Stellen sieht man aber, dass es hauptsächlich aus Chloritschuppen besteht, die zwischen gekreuzten Nicols in jeder Lage dunkel bleiben. Im polarisirten Licht sieht man in dieser Chloritgrundmasse eine nicht geringe Anzahl von nadelförmigem Amphibol. Der letztere zeigt helle Polarisationsfarben und löscht unter einem Winkel von $14-18^{\circ}$ aus. Neben dem Amphibol erscheint eine grosse Anzahl von kurzen, säulenförmigen Epidotkrystallen. Dieser ist farblos und gewöhnlich in der Mitte voll von dunklen Einschlüssen, wie das schon einigemal beobachtet wurde. Er zeigt sehr bunte Polarisationsfarben. Dazu gesellt sich noch eine ungeheure Menge von äusserst winzigen Krystallen eines Eisenminerals, an dem häufig das Oktaëder erkennbar ist. Hie und da sind noch einzelne Hämatitblättchen wahrzunehmen. Feldspath habe ich hier nicht gefunden.

Die grünen Schiefer der zweiten Abtheilung, aus denen der südwestliche Theil des Peterwardeiner Berges besteht, zeigt der mineralogischen Zusammensetzung nach einen ganz anderen Habitus. Ausserhalb des Tunnels findet man diese Varietät am schönsten in der Nähe des Kamenitzer Thores blossgelegt. Die mikroskopische Untersuchung von Dr. Koch, die ich Anfangs citirte, bezieht sich höchst wahrscheinlich auf die Schiefer dieser Abtheilung. Sie besitzen eine etwas dunklere grüne Farbe und sind leicht schwarz gefleckt, viel härter, was beim Schleifen leicht bemerkbar. Unter dem Mikroskop zeigt das Gestein ein ganz anderes Bild, als Hauptbestandtheile sieht man hier Feldspath, Augit und Titaneisen, während sich Amphibol neben Chlorit secundär gebildet hat. Die dunklen Flecke am Gestein rühren von Augit her.

Der Feldspath ist ein häufiger Bestandtheil, meist säulenförmig ausgebildet, mit seltenen Ausnahmen Plagioklas mit 3 bis 4 Lamellen.

Der Auslöschungswinkel ist klein; am häufigsten sind die Winkel 2° , 3° , 5° , seltener $8-15^\circ$. Die einzelnen einfachen Zwillinge zeigen ebenfalls kleine Auslöschungswinkel ($2^\circ-3^\circ$). Er dringt sehr oft weit in die Augitkrystalle hinein, ist häufig zersetzt, und findet man in ihm Flecke und Fetzen von einem chloritischen Mineral. Dr. Koch erwähnt den Feldspath in seiner Beschreibung nicht.

Der zweite, zugleich der interessanteste Gemengtheil, ist hier der Augit. Man findet ihn immer und überall in einer grossen Menge, er hat sich aber hier nicht in schwarzen Krystallen porphyrisch ausgebildet, wie bei den grünen Schiefen Niederschlesiens. Die dunklen Flecke im Gestein kann man makroskopisch als Augit nicht erkennen, erst im Dünnschliff lösen sie sich in Augit auf. Die Augitkrystalle sind selten ganz und mit deutlichen krystallographischen Contouren ausgebildet, gewöhnlich sind sie zerfallen in eine grössere Anzahl unregelmässiger Körner, zwischen welche sich grüner Chlorit eingelagert hat. Dass die einzelnen Haufen von Körnern einem Individuum angehören, kann man sich leicht im polarisirten Licht überzeugen, indem alle einer Gruppe zugleich auslöschten. Er ist im Dünnschliff farblos oder lichtfleischfärbig, zeigt keinen deutlichen Pleochroismus, aber sehr bunte Polarisationsfarben. Die prismatische Spaltbarkeit ist nicht besonders deutlich entwickelt. Wo eine Orientirung möglich war, da bildete die Auslöschungsschiefe einen grossen Winkel, der sich zwischen 33 und 38° bewegte. Durchschnitte parallel dem Orthopinakoid löschen gerade aus, und zeigen im convergenten Licht die seitlich austretende Axe *A*, die nach Innen roth und nach Aussen blau umsäumt erscheint.

Die einzelnen Augitkörner sind rein und frisch, und befinden sich dabei doch in einer fortwährenden Metamorphose. Diese beginnt an den Rändern und dringt durch die grosse Anzahl von Sprüngen nach Innen vor. Mit der fortschreitenden Metamorphose sind die Augitkrystalle in einzelne Körner zerfallen, die dann immer kleiner werden, bis sie endlich fast ganz verschwinden. Die Umwandlung beginnt mit einer Umsetzung des Augits in Amphibol, also eine Uralitirung. Die neugebildete Hornblende ist fetzenartig, nie aber nadelförmig, wie dies bei den grünen Schiefen der ersten Abtheilung der Fall. Diese Fetzen liegen parallel mit dem Augit und dringen in denselben ein, manchmal ist er damit erfüllt. In der Dunkelstellung des Augit ($34-36^\circ$) bleiben die Amphibolblätter hell und löschen selbst unter einem Winkel von $14-18^\circ$ aus. Manchmal findet man grössere Krystalloide des letzteren Mineralen, bei denen nur noch in der Mitte ein kleines Augitkorn zu sehen ist, es kommen aber auch solche vor, bei denen jede Spur von Augit verschwunden ist. Der neugebildete Amphibol zeigt einen bedeutenden Pleochroismus, die Farben bewegen sich zwischen blau und grün. Die grösseren Individuen zeigen an den Querschnitten eine schön ausgebildete prismatische Spaltbarkeit. Die Hornblende-Substanz neigt selbst wieder sehr zur Veränderung, selten sieht man die beschriebenen Krystalloide; wie in den niederschlesischen Vorkommen ist auch hier das Endresultat der Metamorphose reichliche Chloritbildung. Amphibol, der nicht durch Umsetzung aus Augit entstanden ist, findet sich nicht, ebenso ist aller Chlorit secundärer Natur. Dafür spricht seine Lage und ebenso die von der mehr oder weniger fortgeschrittenen

Metamorphose des Augits und Amphibols abhängende Menge. Der Chlorit bildet meist blättrige Anhäufungen, die zwischen gekreuzten Nicols in jeder Lage dunkel bleiben. Epidot ist selten. Ein weiterer beständiger Gemengtheil ist Titaneisen, welches in zackigen und würfelförmigen Aggregaten in grosser Menge im Gestein zerstreut liegt. Man erkennt es leicht an dem bekannten weissen Zersetzungsproduct. Nach der mehr oder weniger vorgeschrittenen Umwandlung ist das Titaneisen entweder nur an den Rändern, oder bis auf einzelne schwarze Körnchen, selten sogar ganz umgewandelt.

Endlich muss ich noch einzelne Hämatitblättchen, Calcit und Quarz, die in den Klüften eingebettet liegen, erwähnen und wäre hiemit ein ziemlich vollständiges Bild von dem grünen Schiefer der zweiten Abtheilung gegeben. Die Bestimmung und Beschreibung, die Dr. Koch von dem Gestein gegeben hat, ist diesem Bild gar nicht ähnlich. Er hat hier Olivin gefunden, der bunte Interferenzfarben zeigte. Bei einer genaueren Untersuchung der optischen Orientirung kann man sich leicht überzeugen, dass nicht Olivin, sondern Augit, der eine ausgebildete Uralitisirung zeigt, vorliegt. Die Krystalloide vom Uralit hat Dr. Koch wahrscheinlich für Bronzit gehalten, die dunkleren Adern, die zwischen gekreuzten Nicols dunkel blieben, sind nicht Serpentin sondern Chlorit. Den Feldspath und das Titaneisen erwähnt Dr. Koch nicht.

Nach diesen Untersuchungen besteht also der Peterwardeiner Festungsberg nicht aus Serpentin, sondern aus „grünen Schiefen.“ Ich habe für diese Gesteine denselben Namen beibehalten, wie Kalkowsky, glaube aber, dass man unter diesen einen Namen nicht so verschiedenartige Gesteine, wie man es bis jetzt gethan hat, zusammenfassen kann. Wollte man nicht die Form und die Farbe vom Amphibol und Augit in Betracht ziehen, so könnte man, wie es in einer Richtung schon Becke¹⁾ gethan hat, die Peterwardeiner Gesteine der ersten Abtheilung Dioritschiefer, und die der zweiten Abtheilung Diabasschiefer nennen.

Wie schon Anfangs erwähnt wurde, sind durch die grünen Schiefer des Peterwardeiner Festungsberges zwei Trachytgänge durchgebrochen. Im Tunnel selbst sind die Contactflächen deutlich zu sehen. Zur Untersuchung der Contacterscheinungen habe ich im Tunnel das nothwendige Material abgeschlagen, habe aber auch Aussen unter dem hinausgeführten Schutt Stücke gefunden, an denen beide Gesteinsarten verbunden waren. Die mikroskopische Untersuchung hat gezeigt, dass die Contacterscheinungen fast nur endomorpher Natur sind, eine deutliche exomorphe Metamorphose war nur an zwei Handstücken zu constatiren.

In allen den Fällen, wo eine endomorphe Metamorphose zur Ausbildung gelangte, ist dieselbe am Trachyt schon makroskopisch zu erkennen. Der letztere hat hier eine viel dunklere Farbe, und ist nicht porphyrisch²⁾, sondern beinahe ganz dicht. Der Schiefer sowie auch

¹⁾ Tschermak's Mineralogische und petrographische Mittheilungen 1881, III. pag. 237.

²⁾ Siehe meine Abhandlung über die Trachyte der Fruška gora in diesem Bande des Jahrbuchs.

der Trachyt sind an der Contactzone in einer vorgeschrittenen Zersetzung begriffen, aber die durch Contact entstandenen Veränderungen sind doch deutlich zu erkennen. Die meisten Präparate, die zur Untersuchung gelangten, zeigen beide Gesteinsarten. Die grünen Schiefer der ersten und der zweiten Abtheilung sind bis zum Trachyt normal ausgebildet. Der Feldspath in seinen charakteristischen Formen und Einschlüssen, der Amphibol einerseits und der Augit andererseits sind ohne jede Spur von Veränderung, die man dem Contact zuschreiben könnte. Die grosse Menge von Carbonaten, von staubartigem Epidot und Chlorit, die hier zu sehen sind, kann man natürlich nicht als Contactbildungen auffassen. Der entstandene Unterschied in der Ausbildung hat sich auf den Trachyt beschränkt. Die Grundmasse an der Contactgrenze ist braun durchsichtig, und in der nächsten Nähe des Schiefers etwas dunkler und stromartig gewunden. Ob sie an der Contactfläche glasig oder krystallinisch ausgebildet ist, kann nicht mehr ermittelt werden, indem sie jetzt ganz zersetzt erscheint. Sie besteht durch und durch aus doppelbrechenden Partikelchen, unter denen der Chlorit, Calcit, staubartiger Epidot, Pyrit und Hämatit zu erkennen sind.

Von den grösseren Einsprenglingen gelangte der Feldspath an der Contactzone nicht zur Ausbildung. Er fehlt hier durchgehends. Nach den Einschlüssen urtheilend, die der Feldspath in dem normal ausgebildeten Trachyt von Peterwardein führt, muss man ihn als das letztgebildete Mineral betrachten. Die Abkühlung musste also hier rasch gewesen sein, und der Feldspath gelangte nicht zur Ausbildung, denn es kann nicht angenommen werden, dass durch die Zersetzung der Feldspath spurlos verschwunden wäre, da der Amphibol hie und da noch ziemlich frisch ist. Meist ist er nur in ein Aggregat von Chlorit, Calcit und Epidot umgewandelt und dann nur an den krystallographischen Contouren erkannt worden. Der im Amphibol eingeschlossene Apatit ist ausnahmslos frisch. Neben Amphibol ist auch Augit hie und da in grösserer Menge ausgeschieden. Das Gleiche gilt vom Biotit. Beide Gemengtheile sind oft in eine chloritische Masse umgewandelt. Der einzige Apatit, der in der Grundmasse zahlreich eingestreut erscheint, ist immer frisch.

Viel interessanter waren die Contacterscheinungen der exomorphen Natur. Ich hatte Gelegenheit, dieselben an zwei Handstücken, die von dem ersten Trachytgang abstammen, zu studiren. Hier war das Schiefergestein fest an den Trachyt angeschmolzen.

Der Trachyt hat sich in diesem Falle bis zum Schiefer ganz normal ausgebildet. Die Grundmasse, der Feldspath, der Amphibol, Augit, Titanit und Apatit, zeigen dieselben Mengen und Grössenverhältnisse. Die Metamorphose hat sich nur an den Schiefer, der hier in seiner normalen Ausbildung aus Feldspath und nadelförmigem Amphibol bestand, beschränkt. In der entstandenen Metamorphose sind keine Uebergänge und Grenzen, inwiefern das an den verhältnissmässig kleinen Handstücken zu ermitteln war, zu sehen. Der Feldspath, der in dem normal ausgebildeten Schiefer in säulenförmigen Krystallen auftritt, ist zwar hier nicht verschwunden, hat aber eine ganz andere Form angenommen. Er erscheint in kleinen Körnern, die eine Art von Grundmasse bilden. Die einzelnen Individuen sind rein und frisch,

und in ihnen findet man keine Spur von eingeschlossenen Amphibolnadeln. Zwillinge sind unter ihnen äusserst selten, nur in einer Entfernung von 6 Cm. von der Contactgrenze habe ich einige winzige Karlsbader Zwillinge und einige Plagioklase mit äusserst feinen Lamellen gesehen. Ebenso fehlt die nadelförmige Hornblende. Statt ihr sehen wir hier ein grünliches Mineral in Form von rundlichen Körnern, Blättchen und Fetzen. Die Blättchen sind äusserst klein, so dass man sie nur bei sehr starker Vergrösserung als solche erkennen kann. Sie haben sich in einzelnen Schnüren, vom Trachyt ausgehend, deren Schiefer angereicht und bilden da dichte Anhäufungen, so dass sie öfters dachziegelförmig aufeinander liegen; dort, wo die Blättchen weniger dicht und kleiner sind, sind sie auch heller gefärbt. Die grössten sind gewöhnlich zweifarbig, der Rand dunkel- und die Mitte hellgrün. Die Blätter und Körner zeigen im Allgemeinen keine krystallographischen Contouren, nur an den grösseren Individuen sind manchmal einige scharfe Linien der Länge nach sichtbar, die der prismatischen Spaltbarkeit entsprechen. Das Mineral zeigt einen deutlichen Dichroismus: gelblich und grünlich. Die Auslöschungsschiefe zu den Spaltungslinien bildete einen Winkel, der sich meist zwischen 32 bis 43° bewegt. Daraus schliesse ich, dass ich hier mit einem Augitmineral zu thun habe. Einen Beweis werde ich noch später dafür anführen.

Ein drittes Mineral, das sich hier in der Contactzone im grünen Schiefer ausbildete, ist der Biotit. Er hat sich, wie auch der Augit, in einzelne Gruppen und Schnüre angeordnet, und zwar immer mit Ausschluss des Augits. Die einzelnen Schnüre sind nicht an eine gewisse Entfernung von der Contactgrenze gebunden. Man sieht oft, wie sich Schnüre von Biotit neben den Schnüren von Augit neben einander von der Contactgrenze in das umgewandelte Schiefergestein hineinziehen, dann in verschiedener Entfernung enden, um wieder weiter wo anzufangen. Die Biotitblättchen sind ebenso winzig, dass man sie erst bei einer starken Vergrösserung (500—600mal) besser unterscheiden kann. Sie liegen meist alle etwas schief gegen die Richtung des ganzen Zuges. Sie sind alle etwas dunkelgelb gefärbt, theils sieht man vierseitige Längsblätter mit einer feinen lamellaren Spaltbarkeit, theils sechsseitige basische Blätter. Die ersteren zeigen einen starken Dichroismus: schwarz und gelb und löschen parallel aus. Die basischen Blätter bleiben in jeder Lage zwischen gekreuzten Nicols dunkel.

An einzelnen Stellen tritt neben dem Feldspath und Augit eine ganze Reihe von einem licht fleischgelben Mineral auf, es erscheint in Körnern, und nur selten sieht man unregelmässige sechsseitige Durchschnitte und hie und da auch eine hexaëdrische Spaltbarkeit. Im polarisirten Licht erweist sich das Mineral als isotrop, es krystallisirt also tesseral. Wo die winzigen Körner im Gestein sichtbar werden, da kann man sich überzeugen, dass sie eine bedeutende Härte besitzen, indem sie Glas ritzen. Nach diesen Eigenschaften glaube ich, dass dieses Contactmineral Granat ist.

An der Grenze der beiden Gesteine ist in dem Schiefer ein Eisenmineral in grösserer Menge in grösseren Körnern vorhanden. Weiter von der Contactgrenze erscheint es etwas häufiger zwischen den Biotit-

blättern, und in geringerer Menge zwischen dem licht gefärbten Augit-mineral. Die Schnüre des dunkel gefärbten Augits sind meist ganz frei davon. Die kleineren Körner sind gewöhnlich in runden Haufen dicht angesammelt. Im auffallenden Licht sieht man, dass alle grösseren Körner aus Pyrit bestehen, und es scheint wahrscheinlich zu sein, dass auch die winzigen demselben zugehören.

Im Zusammenhang mit den eben beschriebenen Contacterscheinungen muss ich noch die metamorphosirten fremden Gesteinseinschlüsse, die ich bei der mikroskopischen Untersuchung der Proben des ersten Trachytganges begegnete, erwähnen. Die Natur dieser ist im Wesentlichen der der beschriebenen Schiefercontactzone so ähnlich, dass man keinen Augenblick daran zweifeln kann, dass die eingeschlossenen Stücke von dem grünen Schiefer der ersten Abtheilung, welche der Trachyt durchbrochen hat, abstammen. Sie sind von kleinen Dimensionen; gewöhnlich $\frac{1}{2}$, 1—3 Cm. im Durchmesser, sie heben sich durch ihre dunklere Farbe von dem umgebenden Trachyt ab. Die Umgrenzung ist scharf. In einem solchen Einschluss, der sich wie ein schwarzer Fleck vom Trachyt abhob, fehlt das Augitmineral, im Uebrigen gleicht er seiner Zusammensetzung nach genau dem metamorphosirten Schiefer, ein zweiter, etwas grösserer, ist hellgrün, enthält grosse Augitkörner, aber keinen Biotit. Der Augit ist lichtgrün; manchmal auch zweifärbig, aussen dunkel, innen lichtgrün, gerade wie bei dem Augit in der Contactzone. Der Dichroismus ist viel schwächer, die prismatische Spaltbarkeit meist gut ausgeprägt und die Auslöschungsschiefe bis 40°. An einzelnen Querschnitten ist der Augitwinkel durch die Spaltbarkeit angedeutet. Die Schnitte, die gerade auslöschten, zeigen mit Condensor eine seitlich austretende Axe.

An einem dritten, gegen 3 Cm. langen Einschluss ist schon mit freiem Auge zu sehen, dass er aus zwei dunklen und einem mittleren hellen Streifen besteht. Unter dem Mikroskope löst sich der letztere in eine grosse Anzahl von Feldspathkörnern, wie sie im metamorphosirten grünen Schiefer zu sehen sind, auf. In den beiden dunklen Streifen sind dieselben Feldspathkörner ausgebildet, aber dazu gesellt sich noch eine grosse Menge von Biotitblättern. Sie liegen untereinander parallel angeordnet, aber abweichend von der Richtung des Streifens, wie dies schon in der Contactzone constatirt werden konnte. Es liegen fast nur Längsschnitte vor, die Eigenschaften sind die gleichen, bereits mehrmals erwähnten, nur dass hier einige Blättchen grüne Ränder aufweisen, in seltenen Fällen sogar ganz grün sind. Zwischen diesen liegen aber auch viele weisse Glimmerblätter. Diese zeigen zwar keinen Dichroismus, sind aber der Form und Spaltbarkeit nach den gefärbten ganz ähnlich. Beide Arten von Längsblättern löschen gerade aus. Die basischen Blätter bleiben zwischen gekreuzten Nicols in jeder Lage dunkel, und im convergenten Licht zeigen sie ein schwarzes Kreuz, das sich aber bei der Bewegung des Präparates unbedeutend in zwei Arme theilt. Im Biotit liegen manchmal eingewachsene Hämatitschuppen. — Zwischen dem Biotit ist noch eine grosse Menge von äusserst feinen, langen, nadelförmigen Krystallen, die meist unregelmässig zerstreut sind, eingelagert. Sie sind gewöhnlich farblos, nur die etwas stärkeren sind leicht gelbgrün gefärbt. Im polarisirten

Licht erwiesen sich dieselben als doppelbrechend. Die grössten Auslöschungswinkel betragen $3-5^{\circ}$. Es werden das wahrscheinlich Amphibolnadeln sein. — Endlich sind in den Einschlüssen einzelne winzige Octaëder von Magnetit zu sehen.

Beim Sammeln des ganzen eben beschriebenen Materials kam mir Herr C. Riedl, k. ungarischer Sections-Ingenieur, der den Bau des Tunnels durchführte, hilfreichst entgegen, wofür ich mich verpflichtet fühle, hier meinen besten Dank auszusprechen.