 Bibliothek d. Geol. Bundesanstalt
1031 Wien, Tongasse 12

19 479, 8°

ARTUR WINKLER,
DIE TERZIÄREN ERUPTIVA AM OSTRANDE
DER ALPEN
IHRE MAGMABESCHAFFENHEIT UND IHRE BEZIEHUNG
ZU TEKTONISCHEN VORGÄNGEN
MIT EINER ÜBERSICHTSKARTE



SONDERABDRUCK AUS DER
ZEITSCHRIFT FÜR VULKANOLOGIE, BAND I 1914
RIVISTA VULCANOLOGICA
VOLCANOLOGICAL REVIEW
REVUE VULCANOLOGIQUE
HERAUSGEBER: IMMANUEL FRIEDLAENDER, NEAPEL

DIETRICH REIMER (ERNST VOHSEN) IN BERLIN

ARTUR WINKLER,
DIE TERTIÄREN ERUPTIVA AM OSTRANDE
DER ALPEN
IHRE MAGMABESCHAFFENHEIT UND IHRE BEZIEHUNG
ZU TEKTONISCHEN VORGÄNGEN
MIT EINER ÜBERSICHTSKARTE
VORBEMERKUNG

Es war im Jahre 1830 als die bedeutenden englischen Geologen Sedgwick und Murchison auf ihrer Forschungsreise in die Ostalpen das an der gegen das pannonische Becken gerichteten Abdachung dieses Gebirges gelegene Vulkan-gebiet von Oststeiermark besuchten, und in dem „Sketch of the Eastern Alps“¹ einer für ihre Zeit bedeutungsvollen Darlegung würdigten.

Im Jahre 1867 wandte Eduard Sueß, dessen klassische Untersuchungen über das Tertiär des Wiener Beckens, den nördlichsten Teil des Alpenrandes, die Basis für weitere Forschungen in diesen Gebieten gegeben hatten, seine Schritte jenen Eruptivbergen zu, die ganz im Süden den in das ungarisch-kroatische Tiefland auslaufenden Faltenzügen des Savesystems² eingeschaltet sind. Deren bedeutendste Erhebung, das bis 1600 m Seehöhe ansteigende andesitische Smrekouzgebirge gab er in eingehender Schilderung wieder³. Eine Fülle wertvollen Tatsachenmaterials haben spätere Forschungen diesen Untersuchungen hinzugefügt.

Als im Jahre 1903 Professor Friedrich Becke in seiner grundlegenden Arbeit: „Die Eruptivgesteine des böhmischen Mittelgebirges und der amerikanischen Anden“⁴ die Abhängigkeit der Magmaprovinzen von dem Bau der Zone, der sie angehören, dargelegt hatte, erschien es nicht ohne Interesse den Vulkanismus des

¹ Transaction of the Geol. Society. Vol. III. 1831.

² C. Diener. Bau u. Bild der Alpen. Wien 1903. pag. 498.

³ E. Sueß. Über die Eruptivgesteine des Smrekouz-Gebirges. Verh. d. k. k. geol. R. A. 1868.

⁴ F. Becke. Tschermaks Mineral. Petrogr. Mitteilungen. XXII. Bd. 1903.

Alpenrandes inbezug auf seine Zugehörigkeit zur atlantischen oder pazifischen Sippe zu prüfen.

Es ergab sich hierbei das interessante und vielleicht nicht im vorhinein zu erwartende Resultat, wie F. Becke an den damals eben vollendeten petrographischen Untersuchungen Al. Sigmunds zu konstatieren Gelegenheit fand¹, daß die innerhalb der von den Alpen umsäumten mittelsteirischen Tertiärbucht gelegene Eruptivzone von Gleichenberg vulkanische Gesteine führt, die zum Teil deutliche Anklänge an die atlantische Sippe der Schollengebirge aufzeigen. Und doch muß man, wie durch die im Bereich dieses Eruptivgebiets aus dem Tertiär auftauchende, stark gefaltete paläozoische Schieferinsel von Neuhaus bewiesen wird, annehmen, daß die Gleichenberger Vulkanberge sich noch auf alpinem Boden erheben.

Vor kurzem gelang es mir an einem wenig bekannten Eruptivvorkommen, das noch innerhalb des Alpenstammes am Nordostsporn der Zentralzone zutage tritt, zu konstatieren, daß auch an dieser Stelle ein dem atlantischen Typus nahestehendes Gestein vorliegt.²

Es soll im Folgenden meine Aufgabe sein, für diese scheinbare Inkonsequenz, welche in dem Auftreten von atlantischen Gesteinstypen oder solchen, die Anklänge daran zeigen, im Bereich unseres größten europäischen Faltengebirges gelegen ist, eine Deutung zu geben, welcher ich die Resultate mehrjähriger, schon an anderer Stelle publizierter,³ tektonischer Untersuchungen des tertiären Alpen-saumes zugrunde legen will.

I. TEKTONISCHE GLIEDERUNG DES OSTALPENRANDES IM JUNGTERTIÄR

Die tertiären Eruptionen am Ostrand der Alpen gehören der Miozän- und Pliozän-

¹ F. Becke. *Tschermaks miner. petr. Mitteilungen* XXII. 1902 pag. 386—387.

² A. Winkler. *Der Basalt am Pauliberg bei Landsee im Komitat Ödenburg (an der niederösterreichisch-ungarischen Grenze). Auftreten eines hypoabyssischen Gesteins.* *Verh. d. k. k. geol. R.* 1913. No. 14.

³ A. Winkler. *Untersuchungen zur Geologie und Paläontologie des steirischen Tertiärs. Studie über Verbreitung und Tektonik*

des Miozäns von Mittelsteiermark. *Jahrbuch d. k. k. geol. Reichsanstalt Wien.* LXIII. Bd. Heft 3. 1913.

A. Winkler. *Versuch einer tektonischen Analyse des mittelsteirischen Tertiärgebiets und dessen Beziehungen zu den benachbarten Neogenbecken. Vorläufige Mitteilung.* *Verhandlungen der k. k. geol. Reichsanstalt Wien* 1913. No. 13.

epoche an¹. Es sollen daher vorzüglich die Ablagerungen dieser beiden Zeiträume und soweit sie bekannt sind, auch jene der vorangehenden Eozän- und Oligozänzeit in den Kreis der Betrachtung gezogen werden.

Schon den ältesten Beobachtern war der Gegensatz aufgefallen, welcher sich in der flachen Lagerung, der den Ostrand der Zentralalpen umsäumenden Tertiärbedeckung und in der steilen Aufrichtung der Sedimente in den in die ungarisch-kroatische Ebene auslaufenden, südlich davon gelegenen „Savefalten“ kundgibt. Während im ersteren Gebiet selbst die tieferen Miozänabsätze keine nennenswerten Wirkungen tangentialer Druckkräfte im allgemeinen erkennen lassen, sind in der letztgenannten Region selbst noch die pontischen (pliozänen) Sedimente von faltenden Bewegungen ergriffen worden.

Wie sich nun die flache Lagerung der zentralalpiner tertiären Randsedimente von Steiermark westwärts über Koralpe und Lavanttal bis nach Zentralkärnten verfolgen läßt, so ziehen südlich davon die Savefalten von Westkroatien über Untersteiermark bis nach Nordkrain.

Auf Grund dessen wird man dazu geführt im Bereich der östlichsten Alpen, soweit es die oligozäne und jungtertiäre Zeit anbelangt, eine Teilung in zwei tektonisch voneinander deutlich geschiedene Regionen vorzunehmen (s. Übersichtskarte Tafel LIII).

a) In eine nördliche Scholle, welche den gesamten Zentralalpensaum von dem Nordostsporn am Rande des inneralpiner Wiener Becken angefangen bis nach Kärnten und bis an das mittelsteirische Posruckgebirge heran umfaßt.

b) In eine südliche Zone, welcher die Faltenwellen angehören, die von Kroatien bis Innerkrain sich zwischen die Zentralalpen und die dinarischen Karstplateaus einschieben. Letzteren sind nach Art einer Übergangszone (bei alleiniger Berücksichtigung der oligozänen-jungtertiären Tektonik) die Massive des Bachergebirges, des Posruck, der Karawanken und Steiner Alpen nördlich vorgelagert, in deren Umrandung die jugendlichen Sedimente ebenfalls noch bedeutenderen Störungen ausgesetzt waren².

¹ A. Winkler. Das Eruptivgebiet von Gleichenberg in Oststeiermark. Jahrbuch d. k. k. geol. Reichsanstalt Wien. LXIII. Bd. Heft 3. 1913.

² Das oligozäne bis jungtertiäre Falten-system umfaßte daher tektonische Elemente, die sowohl der südlichen Kalkalpenzone —

Ausläufer der Laibacher Faltenzone und der Julischen Alpen — als auch solche, die dem Drauzug (Karawanken und östlicher Fortsetzung) und in der Umrandung des Bachers solche, die bereits der zentralalpiner Zone zuzurechnen sind.

Diese zwischen „den Savefalten“ und der „mittelsteirischen-zentralkärntnerischen Schollenregion“ vermittelnde Zone, wurde auf der beigegebenen Kartenskizze besonders kenntlich gemacht.

Der tektonische Kontrast von Nord und Süd des Alpenrandes findet ein Analogon in der faziellen Verschiedenheit der Tertiärsedimente, indem die Savefalten dem nördlichen Schollenland gegenüber durch eine mächtigere, lückenlose, überwiegend marin ausgebildete Schichtfolge sich auszeichnen.

II. Vulkanismus und Tektonik des mittelsteirisch-kärntnerischen, jungtertiären Schollenlandes.

Die tertiären Eruptionen des mittelsteirischen Schollenlandes haben in zwei von einander weit getrennten Zeiträumen, im tieferen Miozän und an der Wende von Unter- und Mittelpliozän stattgefunden.

DIE PLIOZÄNE ERUPTIONSPHASE IN MITTELSTEIEMARK (UND KÄRNTEN). Die pliozänen Eruptionen Mittelsteiermarks und Kärntens haben basaltische Laven und Tuffe gefördert, die in vier räumlich getrennten Bezirken zutage traten. Sie sollen der Reihe nach besprochen werden:

1. Der Basalt und Theralith ähnliche „Dolerit“ vom Pauliberg bei Landsee. Der Basalt von Pullendorf (Felsö-Pulya), der Tuffsandstein von Drumling.

Am Nordostabfall der Zentralalpen tritt an der niederösterreichisch-ungarischen Grenze bei Landsee auf einer von alpinem Gneis und Glimmerschiefer gebildeten Höhe ein basisches Eruptivgestein zutage, das sich als Feldspatbasalt erwies. Nahe der Durchbruchsstelle des Magmas gelang es, wie ich anderen Orts angab¹, eine stockbildende, hypoabyssische Fazies dieses Basalts im Liegenden der Lavamasse aufzufinden. Dieses grobkörnige Gestein enthält, was in Erweiterung der seiner Zeit gegebenen Daten hinzugefügt werden mag, folgende Bestandteile:

Plagioklas mit ausgeprägtem, zonaren Bau, oft in typisch idiomorpher Ausbildung auch in monokl. Pyroxen eingewachsen. Albitlamellirung., Periklinlamellen und Karlsbader Zwillinge. Andesin bis basischer Labrador.

Monokline Pyroxene:

¹ A. Winkler, Der Basalt am Pauliberg bei Landsee. Verh. d. k. k. geol. R. A. Wien. 1913. No. 14.

a) heller, farbloser monokliner Pyroxen den Kern der Titanaugite bildend, mit geringer Achsendispersion;

b) Titanaugit, häufig den erstgenannten Pyroxen umrandend, und dann von letzterem an der Grenzlinie durch eine besonders tief violettbraune Färbung geschieden. Optisch + Charakter, sehr stark dispergierte B Achse, geneigte Dispersion $\rho > v$ um die Mittellinie γ . Durch Zunahme des Achsenwinkels und durch allmähliches Zurücktreten der violettbraunen Färbung vermittelt eine meist breitere Zone den Übergang zu

c) Ägirinaugit, von schwach grüner bis intensiv grüner Färbung, letztere nur in der äußersten Randzone, oder an isolierten Stengeln hervortretend.

Optisch Charakter +. Dispersion kennbar: $\rho > v$ um γ . Licht und Doppelbrechung höher als im Titanaugit. Oft läßt sich sehr deutlich erkennen, daß dem Absatz der äußersten ägirinreichen Schicht eine Korrosion der Pyroxene vorausgegangen ist. Intensiv grüne oder durch Kompensation mit der „Titanfärbung“ graue Ägirinaugite treten auch für sich als jüngste Gemengteile hervor.

Sanduhrbau tritt insbesondere bei den Titanaugiten in mehr oder minder vollkommener Ausbildung sehr häufig auf.

Olivin: in zahlreichen, meist stark korrodierten Kristallen, die von Erz durchwachsen sind. $2 \times 90^\circ$ sehr nahe stehend.

Titaneisenerz in langen Leisten entwickelt, oft von einem Leukoxen Kranz umgeben.

Apatit in sehr zahlreichen, hexagonalen Säulen als Einschluß in den meisten der vorgenannten Mineralien.

Biotit in geringer Menge.

Iddingsit ähnliche Umwandlungsprodukte von Olivin und Pyroxen.

Das Gestein zeigt schöne, orientierte Verwachsungen von Titaneisenerz mit Olivin und Augit.

Das Gestein muß als ein holokristallines, der Hauptsache nach panidiomorph-körniges Erstarrungsprodukt, das durch eine Neigung zu pegmatitischen Durchwachsungen von Plagioklas und Pyroxen charakterisiert ist, bezeichnet werden. Die gleichzeitige Bildung der Hauptgemengteile (Plagioklas, Pyroxen), ihre ganz willkürliche Verwachsung und Umwachsung läßt vermuten, daß das Gestein als ein dem Eutektikum dieser Mineralien nahe stehender Schmelzfluß verfestigt wurde.

Es ist ferner von zahlreichen kleineren und größeren Nestern und Zwickeln

durchzogen, in welchen ein ebenfalls holokristallin ausgebildetes, ophitisch struiertes Aggregat der sonst jüngsten Ausscheidungen (Ägirinaugit, Plagioklas) sich vorfindet.

Das besprochene Gestein steht jedenfalls einem Theralith nahe, von dem es sich wohl besonders durch den fehlenden Nephelingeht unterscheidet.

Das Auftreten des Titanaugit, seine Umrandung durch Ägirinaugit, die prächtige Zonarstruktur und der Sanduhrbau an den genannten, sowie das Erscheinen von Titaneisenerz lassen eine Beziehung dieses Gesteins zur atlantischen Sippe¹ erkennen, ohne daß die Zugehörigkeit zu letzterer mangels einer Analyse behauptet werden soll.

Der zu diesem „Theralith“ ähnlichen Erstarrungsprodukt zugehörige Plagioklasbasalt erwies sich als holokristalline Bildung von Plagioklas², Titanaugit, Olivin in sehr reichlichem Ausmaß und Erz.

Die Messung der Auslöschungsschiefe an dem Augit ergab 44° im Kern, 50° in der Hülle (cγ). Auch diese Werte stimmen mit jenen, welche für atlantische Augite kennzeichnend sind, ziemlich überein.

Der Olivin dieses Gesteins ist in prächtigen Iddingsit umgewandelt.

10 km südöstlich des Pauliberger tritt auf einer isolierten Gneisscholle, welche wohl nur durch eine seichte pontische Decke vom Alpensaum getrennt wird, ein Basaltgestein auf, das meines Wissens noch nicht untersucht wurde. Die Bestimmung ergab einen sehr plagioklasreichen Nephelinbasanit, aus Plagioklas, monoklinem Pyroxen, z. T. serpentiniertem Olivin und Erz, nebst einer nephelinitoiden Mesostasis bestehend. Die Plagioklasleisten zeigen Fluidalstruktur. Sekundärer Aragonit bildet große Drusen³.

Zirka 30 km südlich dieses Vorkommens findet sich, wie V. Hilber⁴ berichtet, am Rande des paläozoischen Günser Horstes eine örtlich beschränkte Ablagerung von Tuffsandstein bei Drumling. C. Dölter's Untersuchung ergab: Quarz, Feldspat, Augit und Pyrit.

¹ Siehe Zusammenstellung der atlantischen Merkmale bei F. Becke: *Tschermak's mineralogisch-petrographische Mitteilungen*. 1903.

² Der Augit überwiegt bei weitem den Plagioklas.

³ Die Basalte des Plattenseegebietes, als deren nordöstlichste, isolierte Ausläufer die eben

erwähnten Basalte angesehen werden können, zeigen nach I. Vitalis (*Die Basalte der Balatongegend Budapest 1911*) eine Mittelstellung zwischen atl. und paz. Typus.

⁴ V. Hilber. *Das Tertiär von Hartberg in Steiermark und Pinkafeld in Ungarn. Jahrbuch d. k. k. geol. R. A.* 1893.

Aus diesen Angaben geht hervor, daß am Nordostporn der Zentralalpen Vulkan- gebilde auftreten, die an den atlantischen Typus anklingende Laven gefördert haben.

2. Die pliozänen Basalte und Tuffe der Gleichenberger Eruptiv- zone.

Die Eruptivzone des Gleichenberger Gebiets, die vom Autor einer geologischen Spezialaufnahme¹ unterzogen wurde, umfaßt zirka dreißig Eruptionstellen, welche basaltische Laven oder Tuffe gefördert haben. Die Entstehung derselben fällt in die Zeit nach Ablagerung der Hauptmasse der pontischen Sedimente resp. der ihnen äquivalenten thracischen Belvedereschotterbildungen.

Die petrographische Kenntnis der Eruptivgesteine beruht der Hauptsache nach auf A. Sigmunds Studien², welchen ich an dieser Stelle die vorläufigen Ergebnisse der optischen Untersuchung einiger gelegentlich der geologischen Neuaufnahme aufgefundenen Vorkommnisse hinzufügen will.

Man kann nach der Verteilung und Beschaffenheit der Durchbrüche ein zentrales Gebiet, welches vorwiegend aus basaltischem Lavafuß aufgebaut wird, von zwei peripher gelegenen Tuffkränzen absondern, welche letztere zum Teil die erstgenannte Region umsäumen.

A. Das Zentralgebiet. Die Gesteine, welche die zentrale Region aufbauen, sind folgende:

Hauptführender Nephelinit: Basaltdecke des Hochstraden, größte Eruptiv- masse. Einen Stiel von nephelinitischer Magmabeschaffenheit, welcher wohl für einen Teil dieser Lavadecken als Ausflußpunkt in Betracht kommt, konnte ich beim Ort Grössing auffinden.

Nephelinbasalt. Er bildet eine neu aufgefundene, zirka 2 km lange und ziemlich breite Basaltspalte, welche SW der Ortschaft St. Anna a. Aigen hervortritt. Das hypokristallin-porphyrische Gestein zeigt Einsprenglinge von Olivin, monoklinem Pyroxen, Erz, und eine besonders aus monoklinem Pyroxen und Erz bestehende Grundmasse mit einer nephelinitoiden Mesostasis.

Nephelinbasanit. Er bildet das Eruptivgebiet von Klöch, eine sehr kompliziert gebaute, zu etwa $\frac{2}{3}$ aus Basalt, zu etwa $\frac{1}{3}$ aus Tuff bestehende basaltische Masse. Einem breiten mit Basanit erfüllten und von Tuffen flankierten Becken ist nörd-

¹ A. Winkler. Jahrbuch d. geol. R. A. 1913. Heft 3.

² Al. Sigmund. Die Basalte der Steiermark. Tschermaks mineralog. petrographische Mitteilungen Bd. XV, XVI, XVII, XVIII.

lich ein durch Radialspalten gekennzeichneten Aufschüttungskegel vorgelagert. Der petrographische Bestand wurde eingehend von Al. Sigmund geschildert.

Die Gesteine der Gleichenberger Zentralzone zeigen somit, wie schon F. Becke hervorgehoben hat, der atlantischen Sippe sehr nahestehende, wenn nicht zugehörige Typen. Das Auftreten so nephelinreicher, hauynführender Magmen, wie am Hochstraden, das Erscheinen von Sanduhr- und Zonarstruktur an den Pyroxenen und das Fehlen rhombischer Pyroxene lassen dies mutmaßen.

Der atlantische Charakter des „Zentralgebiets“ tritt, sofern man aus der einzigen, einwandfreien Analyse einen Schluß ziehen darf, deutlich bei Berechnung der Osannschen Werte hervor. Nach F. Becke ist besonders die niedere c und s Zahl (entsprechend der geringen Menge an Tonerde und Kieselsäure) für atlantische Gesteine charakteristisch.

Die Werte $s=51.9$

$c= 1.7$

$f=13.4$ vom Nephelinit des Hochstraden (Analyse von A. Jäger)

stimmen sehr gut mit jenen böhmischer Mittelgebirgsbasalte überein.

Der hohe a Wert= 4.6 , welcher sowohl das aus atlantischen als auch pazifischen Basalten gezogene Mittel übersteigt, kehrt auch in der noch zu besprechenden Basaltanalyse von Stein im peripheren Gebiet und nach I. Vitalis in den Eruptivgesteinen am Plattensee wieder. Er scheint somit eine spezielle Eigentümlichkeit der pliozänen steirisch-westungarischen Basaltregion darzustellen.

B. Die peripheren Basaltdurchbrüche der Gleichenberger Eruptivzone. Die Lavadecke am Hochstraden, das Basaltmassiv von Klöch, sowie die Nephelinbasaltspalte bei St. Anna, die ich als zentrale Eruptionen zusammengefaßt habe, werden von zwei Bögen meist als Tuffnecks ausgebildeter Durchbrüche umsäumt. Man betritt im Bereiche dieser peripheren Bögen eine Region, welche zweifelsohne das interessanteste und schwierigste Problem sowohl in vulkantektischer als auch in petrographischer Hinsicht in sich birgt. Al. Sigmunds¹ Untersuchungen des auf österreichisches Gebiet entfallenden Anteils dieser Eruptivgebilde haben ergeben, daß mit Ausnahme des noch zu erwähnenden Steinbergs bei Feldbach Magmabasalte am Aufbau dieser Zone sich beteiligen. Sie bilden einerseits bei der Ortschaft Stein einen Basaltstiel, treten andererseits als Lapillituffe mit reichlich oder vorherrschend entwickelter Glasbasis in zahlreichen Necks zutage.

¹ Al. Sigmund. *Tschermaks mineral. petrogr. Mitteilungen* Bd. XVII.

Meine Studien lassen erkennen, daß in dieser Region neben den genannten Magmabasalten Feldspatbasalte eine Rolle spielen.

Bei Neuhaus (Vas-dobra) tritt ein typischer Feldspatbasalt zutage. Er stellt das obere Ende eines durch prächtige säulenförmige Absonderung ausgezeichneten Basaltstiels dar, der in einem mit Basaltauswürflingen und Sedimentmaterial gespickten Tuffneck zur Erstarrung kam. Es ist äußerst feinkörniges, hypokristallinporphyrisches Erstarrungsprodukt, das als idiomorphe porphyrische Gemengteile ausschließlich Olivin enthält, während die Grundmasse nebst glasigen Mesostasis der Hauptsache nach aus Plagioklas, zurücktretend aus monoklinem Pyroxen besteht. Sekundäre Zeolithe und Karbonate.³

Da die Lapilli der erwähnten Tuffnecks wegen ihrer mehr oder minder reichlichen Glasbasis keine sichere und einwandfreie Diagnostik ihres Chemismus auf Grund ihres spärlichen Mineralbestandes erlauben, wandte ich meine Aufmerksamkeit den in den Lapillilager eingeschlossenen Blöcken kompakter Basalte zu, die man in diesen Schußkanälen als mitgerissene Fetzen einer bereits in der Tiefe erstarrten Lavakruste häufig antrifft.

Obwohl gegenwärtig erst einige Vorkommnisse daraufhin untersucht wurden, so ergab sich doch, daß sowohl die Tuffe von Unter Weißenbach bei Feldbach¹, als auch jene von Neuhaus, und Güssing (Nemet Ujvar) neben Limburgiten Feldspatbasalteinschlüsse enthalten.

Es resultiert daraus, daß wenigstens in einen Teil des peripheren Tuffkranzes der Gleichenberger Eruptivzone Laven aufgestiegen sind, die in mehr oder minder großer Tiefe (bei Neuhaus zirka 200 m unter der Oberfläche) als Feldspatbasalte erstarrten.

Das Hervortreten von feldspatreichen Plagioklasbasalten in dem genannten Tuffkranz läßt eine nahe Beziehung derselben zu den typisch atlantischen Feldspatbasalten, die nach F. Beckes Definition² besser als plagioklasführende Augitbasalte zu bezeichnen wären, nicht erkennen. Wenn man vollends den in pracht-

¹ Von hier erwähnt schon A. Sigmund einen Block von Feldspatbasalt.

² F. Becke. Tschermarks mineral. petrogr. Mitteilungen 1903.

³ Nachträglich erhielt ich das Ergebnis der im chem. techn. Laboratorium von Dr. Sander u. Dr. Hobein ausgeführten Analyse dieses

Gesteins übermittelt: SiO₂ 44 · 99, TiO₂ 3 · 16, P₂O₅ 0 · 33, Fe₂O₃ 14 · 11, Al₂O₃ 15 · 87, MgO 8 · 42, CaO 8 · 83, Na₂O + K₂O · 69 Gewichtsprozente. Die Osannschen Werte zeigen auch hier die Abweichung vom atlantischen Typus.

volle Säulen abgesonderten Basalt von Neuhaus in Betracht zieht, der als porphyrischen Gemengteil nur Olivin und der in seiner Grundmasse zum überwiegenden Teil Plagioklas enthält, so scheinen Zweifel an einer unmittelbaren Zugehörigkeit dieses Gesteins zur atlantischen Sippe berechtigt zu sein.

Der Magmabasalt von Stein, der dem peripheren Bogen angehört, ist das einzige Vorkommnis dieser Zone, von welchem eine chemische Analyse vorliegt. Die Osannschen Werte $s=52.9$

$$a=3.1$$

$$c=3.7$$

$$f=13.2$$

zeigen durch den höheren s Wert und den bedeutend höheren c Wert dem zentralen Hochstraden gegenüber eine deutliche Abweichung von atlantischem Typus auf. Es sei auch hervorgehoben, daß A. Sigmund in den peripheren Tuffen Oststeiermarks, ich auch in den Tuffen von Neuhaus in Ungarn Basaltgesteine wahrgenommen habe, die rhombische Pyroxene (Bronzit) führen, somit ein Mineral enthalten, das nach F. Becke in rein atlantischen Gesteinen nicht anzutreffen ist. All dies läßt eine Vereinigung der peripheren Basalte mit den atlantischen Gesteinen der Zentralregion nicht zu.

Bevor ich auf diese Frage näher eingehe, soll noch ein weiteres, sehr gut erforschtes Eruptivvorkommnis in Mittelsteiermark in den Kreis der Betrachtung gezogen werden.

3. Der Basalt von Weitendorf (Graz Süd).

Zirka 35 km westlich vom Gleichenberger Eruptionszentrum tritt bei Weitendorf, nahe der Mur, ein Basalt zutage, über den trotz seiner geringen, räumlichen Ausdehnung bereits eine reichliche Literatur existiert. Durch Sigmunds¹ und Leitmeiers² Untersuchungen ist wohl ein vollständiges Bild der mineralogischen und chemischen Zusammensetzung des Gesteins entworfen worden. Durch Hilbers³ und Dregers⁴ Studien sind am Rande des Eruptivkörpers zum Teil aufgerichtete

¹ Al. Sigmund. Die Basalte der Steiermark. Tschermaks mineral. petrog. Mitteilungen Bd. XVII.

² H. Leitmeier. Der Basalt von Weitendorf und die Mineralien seiner Hohlräume. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie. Beilage Bd. XXVII. 1909.
H. Leitmeier. Zur Altersfrage des Basaltes von Weitendorf in Steiermark. Mitt. d.

Naturwiss. Vereins f. Steiermark. 1909. Bd. 46.

³ V. Hilber. Basaltlakkolith bei Weitendorf, Steiermark. Zentralblatt für Mineralogie, Geol. und Paläont. 1905. pag. 397.

⁴ J. Dreger. Alter des Weitendorfer Basaltes. Verh. d. k. k. geol. Reichsanstalt Wien 1902. pag. 218.

marine Miozänsedimente und eine jüngere, transgredierende Schotterbildung nachgewiesen worden. Meiner Ansicht nach stellt dieser Basalt einen durch die Denudation aus einer hangenden Sedimentdecke befreiten Stiel dar, der nachträglich mit einer jüngeren (diluvialen?) Schotterdecke überdeckt wurde. Das Gestein besteht nach Leitmeiers Mitteilung aus Plagioklas (sehr untergeordnet Orthoklas), Augit, Hornblende, Olivin, Ilmenit, Magnetit nebst Limonit, Apatit, Picotit und sekundären Mineralien. Leitmeiers Analyse ergab einen sehr hohen Kieselsäuregehalt (50·32 Gewichtsprozente), hohen Tonerdegehalt und Eisengehalt. Ein Vergleich mit den Feldspatbasalten des „böhmischen Mittelgebirges“ läßt erkennen, daß der Weitendorfer Basalt von diesen atlantischen Gesteinstypen besonders durch den Überschuß an den früher erwähnten Stoffen weit absteht.

Die Osannschen Zahlen ergaben nach Leitmeier folgende Werte:

$$a = 2\cdot6$$

$$c = 7\cdot4$$

$$f = 10\cdot0$$

Auch diese Zahlen zeigen den durchgreifenden Unterschied von den atlantischen Feldspatbasalten Böhmens an.

Dazu kommen noch mineralogische Kriterien:

Die nach Becke für „Mittelgebirgsbasalte“ charakteristische Umrandung der Augite durch eine äginreiche Hülle fehlt dem Weitendorfer Basalt, wie auch nach Leitmeier die für atlantische Gesteine typische Sanduhrstruktur nur selten und unvollkommen hervortritt. Schließlich ist die Auslöschungsschiefe von $38^{\circ} - 39\cdot5^{\circ}$, welche die Pyroxene bei Weitendorf aufzeigen, nicht mit der 45° übersteigenden Auslöschungsschiefe der Mittelgebirgsgesteine in Einklang zu bringen.

Man ist daher genötigt den Weitendorfer Plagioklasbasalt als ein vom „Mittelgebirgstypus“ abweichendes Eruptivgestein zu betrachten. Die im vorigen Abschnitt besprochenen Plagioklasbasalte des äußeren, peripheren Kranzes der Gleichenbergerzone stehen sowohl nach ihrem Auftreten als Basaltstiele (oder Tuffnecks), als auch nach ihrer räumlichen Beziehung dem Weitendorfer Basalt jedenfalls nahe.

Wahrscheinliche Ursachen der abweichenden Magmabeschaffenheit der zentralen Basaltregion von der peripheren Zone.

Die Frage nach den Ursachen, welche die Verschiedenheit der Magmen in der Gleichenberger Zentralregion und in deren peripheren Vulkankranz hervor-

gerufen haben, stellt zweifelsohne ein schwieriges Problem dar, dessen Lösung erst auf Grund genauester optischer Untersuchungen, insbesondere aber nach Vollendung der in die Wege geleiteten chemischen Analyse dieser Gesteine angestrebt werden kann. So soll denn eine eingehendere Darstellung dieser Frage einem späteren Zeitpunkt vorbehalten bleiben. Immerhin glaube ich schon an dieser Stelle einige Ergebnisse hervorheben zu sollen, die sich aus dem geologischen Auftreten der einzelnen Eruptivkörper und ihrem mikroskopischen Bilde zu erkennen geben, da sie, wie mir scheint, bereits einen Teil jener Faktoren erkennen lassen, die umbildend auf das basaltische Magma dieser Eruptivzone eingewirkt haben.

Die Abtrennung des Zentralgebiets vom peripheren Kranz im Bereiche der Gleichenberger Eruptivzone findet ihren Ausdruck vorzüglich in folgenden Momenten:

1. Das Zentralgebiet ist durch eine mächtige, oberflächliche Aufschüttung vulkanischer Massen, die periphere Zone durch Neckbildungen gekennzeichnet.
2. Die Zentraleruptionen charakterisieren sich durch das Zurücktreten von Tuffen, die peripheren Ausbrüche lassen ein starkes Überwiegen letzterer erkennen.
3. Die zentralen Basalte traten im Bereiche der tieferen sarmatischen Schichten zutage, die peripheren hingegen sind auf das pontische Senkungsfeld beschränkt.
4. Die zentralen Ausbrüche sind diffus verteilt, die peripheren sind der Hauptsache nach an zwei bogenförmigen Linien angeordnet.
5. Die zentralen Basaltmassen lassen keine oder nur geringe Mengen fremder Bestandteile in ihrem Lavafluß erkennen, die peripheren hingegen sind sehr reich an sedimentären Einschlüssen.
6. Die zentralen Eruptionen zeichnen sich durch eine größere Gleichartigkeit ihrer mineralischen Zusammensetzung innerhalb einer und derselben Magmamasse den peripheren Ausbrüchen gegenüber aus.
7. Die Tuffe der Zentralregion sind durch vollständiges Fehlen von Olivinfels-einschlüssen charakterisiert. In dem äußeren Tuffkranz spielen dieselben eine sehr bedeutende Rolle.
8. Die zentralen Eruptionen sind durch nephelinführende (feldspatfreie oder feldspatärmere) Magmen von den feldspatbasaltführenden Ausbrüchen der peripheren Region unterschieden. Allerdings treten in letzteren außer Magmasalten am Steinberg auch nephelinführende Gesteine zutage.

Das Klöchermassiv bildet durch das Erscheinen stärkerer, wenn auch gegenüber dem Basalt zurücktretender Tuffbildung, die Wahrnehmbarkeit einzelner Olivinschlieren in den Nephelinbasaniten¹ dieses Gebiets, die stellenweise sichtbaren Einschlüsse sedimentärer Gesteine in den letztgenannten einen vermittelnden Übergang zwischen diesen sonst deutlich geschiedenen Eruptionsmassen. Bei der zeitlichen Übereinstimmung der Eruptionen in beiden Gebieten, bei der gegenseitigen Verzahnung ihres Verbreitungsbezirkes und bei den stellenweise sichtbaren Übergängen zwischen Zentralgebiet und peripherem Vulkanismus wird man es wohl für sehr wahrscheinlich erachten, daß dieselben doch einer einheitlichen und zusammengehörigen Magmazone angehören, deren Intrusionen und Effusionen gewisse, durch zum Teil noch näher zu erörternde Umstände bedingte Modifikationen ihres Auftretens und ihres Mineralbestandes erfahren haben.

Ein Blick auf die pliozäne Eruptionen der Gleichenberger Region läßt erkennen, daß in dem Zentralgebiet ein viel bedeutenderer Ausfluß basaltischer Massen sich vollzogen hat, als in den beiden peripheren Bogen. Die Nephelinitdecke des Hochstradens muß allein, trotz sehr beträchtlicher Abtragung auf zirka 5 000 000 m³ Rauminhalt geschätzt werden. Das Basaltmassiv zeigt ebenfalls einen nach Millionen von m³ zählenden magmatischen Aufbau. In der Basaltspalte von Risola ist eine langgedehnte, mächtige Basaltfüllung einer wohl tektonisch entstandenen Kluft sichtbar.

Ganz anders gestalten sich die Verhältnisse in der peripheren Zone.

An einem einzigen Punkt, dem Steinberg bei Feldbach ist es überhaupt und auch hier in nur unbedeutendem Ausmaß zum Ausfluß basaltischer Magmas gekommen. An allen anderen Punkten hingegen hatte die aufsteigende Lavasäule nicht die Kraft, die hangende Sedimentdecke zu durchbrechen, erstarrte innerhalb derselben oder vermochte nur vermöge der Brisanz ihrer Gase als vulkanischer Detritus die Oberfläche zu erreichen. Aber auch in letzterem Falle bildeten sich, nach den spärlichen Denudationsrelikten zu schließen, nur geringe oberflächliche Tuffaufschüttungen.

Wenn man den ungehemmten und ununterbrochenen Ausfluß basaltischer Massen, wie er in der Zentralregion, besonders am Hochstraden, entgegentritt, mit dem Basaltstiel von Neuhaus vergleicht, der zirka 200 m unter der Oberfläche nicht mehr die Kraft besaß die überlagernde Tuff- und Sedimentdecke zu

¹ Aber niemals in den Tuffen.

durchbrechen, sondern innerhalb derselben säulenförmig erstarrte, dann erscheint es klar, daß an diesen beiden Punkten den Magmen eine wesentlich verschiedene Kraft innewohnte. Dasselbe Bild ergibt sich aber auch an allen anderen Punkten der peripheren Zone im Vergleich zur Zentralregion.

Die beiden äußeren Tuff- und Basaltbogen des Gleichenberger Eruptivgebietes sind Durchbrüche, welche sich der zentralen Zone gegenüber durch verminderten magmatischen Auftrieb kennzeichnen.

Als mögliche Ursache dieser Erscheinung wird die Tatsache herangezogen werden können, daß diese peripheren Durchbrüche im Bereich des altpliozänen Senkungsfeldes auftreten, welches im Gegensatz zur Zentralregion eine zirka um 400 – 500 m mächtigere, unmittelbar vorbasaltische Sedimentdecke trägt. Da der magmatische Auftrieb der peripheren Zone gerade innerhalb dieser obersten Tertiärdecke, wie der Basaltstiel von Neuhaus, jener von Stein und wie auch die Zusammensetzung der fremden Einschlüsse in den meisten der übrigen Necks erkennen läßt, erlahmte,¹ so ist die Vermutung nicht von der Hand zu weisen, daß zwischen der Entstehung dieser mächtigen, altpliozänen Sedimentanhäufung, die der benachbarten Zentralregion fehlt, und dem allgemeinen Stocken der aufdringenden Lavamassen in eben derselben Zone eine kausale Beziehung besteht.

Die geringe Entwicklung von Explosiva in der Zentralzone, ihr so bedeutendes Überwiegen in der peripheren Region, erscheint aus der angegebenen Verschiedenheit im magmatischen Auftrieb vollkommen deutbar. Denn in der Zentralzone vermochte die Magmasäule bis zur Oberfläche aufzusteigen und überzufließen; in dem peripheren Kranz hingegen stockte sie in der Tiefe und erreichte nur vermöge der bei ihrer unter der auflagernden Sedimentdecke beginnenden Erstarrung frei werdenden juvenilen Gase auf explosivem Wege in tuffiger Fazies die Oberfläche. Die peripheren Durchbrüche sind daher, wie sich auch aus den eckigen Blöcken, mitgerissener, bereits in der Tiefe verfestigter Basalte in den Tuffnecks ergibt, durch eine Intermittenz in ihrem Eruptionsmechanismus, durch ein Stocken ihres Vordringens, gekennzeichnet; erst in einer nachfolgenden paroxysmatischen Phase entfalteteten sie sich, zumeist kurz andauernder Tätigkeit.²

¹ Wahrscheinlich infolge rascherer Erkaltung.

² Bezüglich der Entstehung eines paroxys-

matischen Ausbruches vergleiche insbesondere R. A. Dalys interessante Darlegungen.

An Hand der geschilderten Verschiedenheit bei den Eruptivräumen soll nun versucht werden den Mineralbestand der zentralen und peripheren Zone zu deuten, wobei Differentiations- und Assimilationsvorgänge in Betracht gezogen werden sollen.

A. Differentiationsvorgänge.

Der rasche und ungehemmte Ausfluß der Lavamassen in der Zentralregion prägt sich an ihrem typischen Beispiel „dem Hochstraden“ in einer sehr mächtigen durch keinerlei Schlackenlagen unterbrochenen Lavadecke und in einer sehr gleichartigen mineralogischen Zusammensetzung derselben aus. Ein Schliff vom Nordrand des Berges bei Gleichenberg, vom zentralen Teil und vom Süden nahe der Mur, ebenso wie vom Stiel bei Grössing, der zum Teil als Ausflußpunkt der Laven gelten muß, zeigt dasselbe charakteristische Bild. Es wird dadurch vor Augen geführt, daß eine magmatische Differentiation während des Ausflusses dieser ausgedehnten Lavamassen weder an der Oberfläche, noch im oberen Teil des Schlotens sich vollzogen haben kann.

Ganz anders im peripheren Kranz: Auf Schritt und Tritt zeigen sich die basaltischen Explosionen gespickt mit Olivinkörnern und Olivinbomben, jenen primären Ausscheidungen des Magmas, die einer Differentiation auf kleinem Raum entsprechen. Vom Fundort Kapfenstein sind sie allgemein bekannt, treten aber meist in ebenso großer Menge in den übrigen der peripheren Zone angehörigen Tuffnecks auf.

Die Erkenntnis von der Einförmigkeit und Gleichartigkeit der Lavamassen in der Zentralzone (insbesondere am Hochstraden), deren durch das Auftreten zahlloser Olivinschlieren stark differenzierter Zustand in der peripheren Region führt zur Annahme, daß die magmatische Differentiation, soweit die Oberfläche und der höhere Teil des Schlotens in Betracht kommt, nur in der letztgenannten Region bedeutendes Ausmaß erreicht haben kann.

Mit einem Urteil über die Frage, inwiefern die Magmamassen durch Ausscheidung dieser besonders aus Olivin und rhombischem Pyroxen gebildeten körnigen Aggregate chemisch beeinflusst wurden und welche Abweichung des Mineralbestandes in dem zuletzt als Basalt erstarrenden Magmarest dadurch hervorgerufen sein mag, soll schon deshalb hier unerörtert bleiben, da demnächst eine Publikation von Herrn Dr. Schadler, Assistenten am mineralog. Institut der Grazer Universität über die Resultate seiner chemischen Analysen der ost-

steirischen Olivinbomben zu erwarten ist. Bei dem großen Reichtum an Olivineinschlüssen in den peripheren Tuffen darf ein Einfluß auf den später zur Erstarrung gelangten Magmarest (durch Verminderung der Basizität) und dessen chemisch-mineralogischen Bestand nicht übersehen werden. Man wird nicht fehlgehen, wenn man die Ausscheidung jener grobkörnigen Olivin-Pyroxenaggregate durch die Stagnation der Lavasäule in der Tiefe bei Erlahmen ihres Auftriebs begünstigt annimmt.

Wie die Verhältnisse in der peripheren Zone im kleinen zur Abscheidung von Olivinaggregaten, so mögen sie im großen zur Abspaltung von Teilmagmen geführt haben. Der hohe Mg und Fe Gehalt des olivinreichen Basalts von Stein läßt vermuten, daß er einer an Olivinsilikat reicheren Schliere der magmatischen Intrusion entstammt.

B. Assimilationsvorgänge.

Diesen wichtigen Vorgängen, welche wohl als Anzeichen einer beginnenden oder schon stattfindenden magmatischen Differenzierung aufgefaßt werden können, soll ein anderer Prozeß beigelegt werden, der, wie es scheint, für die Sonderstellung der peripheren Magmen nicht minder als Entstehungsursache in Betracht kommt.

In den Basalten des Hochstraden, dem Typus der Zentralregion, konnte trotz mehrwöchentlicher genauer Begehung keinerlei Spur eines fremden Einschlusses in der 8 km lang, gleichartig entwickelten Nephelinitdecke entdeckt werden. Da der Aufstieg und Ausfluß dieser Basalte jedenfalls sehr rasch und kontinuierlich erfolgte und da zumindest der weitaus größte Teil der Massen aus einem bereits geöffneten Schlot oder Spalte sich ergießen konnte, so war wenigstens im oberen Teil des Weges keine Möglichkeit zur Aufnahme fremder, sedimentärer Bestandteile in das Magma geboten.

Die basaltischen Massen der peripheren Region hingegen sind erfüllt mit Trümmern sedimentärer, unverdauter oder mehr oder minder aufgezehrter fremder Einschlüsse.

Im Basalt von Stein finden sich dem Magma Fetzen und Trümmer eines sandigen Tons einverleibt, der von basaltischen Adern durchspickt wird. In demselben Basalt wies A. Sigmund (Tschermaks Mitt. XVIII. Bd. p. 531) sehr zahlreiche fremde Quarzeinschlüsse, die von einer glasigen Schmelzrinde und einem augitischen Kontakthof umgeben sind und dann Glasmandeln, ebenfalls von einem Augitkranz umgeben und als vollkommen eingeschmolzene Sandkörner deutbar, in sehr großer Menge nach. Die aus der Tiefe mitgebrachten Feldspatbasaltblöcke

in den Tuffnecks von Unter-Weißbach und Oberlimbach zeigen prächtige von Augiten umsäumte Quarzbrocken (miozäne-pliozäne Schotterkiesel), die oft deutliche Schmelzspuren und Korrosionen erkennen lassen.

In einem Schliff eines Basaltblocks von Güssing ist der durch Mörtelstruktur und undulöse Auslöschung ausgezeichnete Quarz an seinem durch Korrosion gebildeten Rand von einem breiten Kranz zumeist hellgrün gefärbter Kristallchen von monoklinem Pyroxen umgeben (Quarzaugen!). Vereinzelt haben sich auch kleine leistenförmige Plagioklase in dieser Randzone gebildet. Vereinzelte Pyroxenleisten wachsen in die Quarzsubstanz hinein.

Ein Schliff von Feldbach (Tuffneck von Unter Weißbach) läßt in einem sehr glasreichen, zu „Magmabasalt“ erstarrtem Gestein zahlreiche Einschlüsse eines gneisartigen Gesteins erkennen, mit welchem das basaltische Erstarrungsprodukt durchwoben erscheint. Orthoklas, Plagioklas, Quarz und Biotit lassen sich nachweisen. Vielfach ist im Schliff ein vollkommener Übergang von angeschmolzenen Quarzaugen bis zu halb oder ganz aufgezehrten Partien wahrnehmbar. Manche derselben sind durch einen Zerfall in chalcedonartige Aggregate (Brewstersches Kreuz!) gekennzeichnet, eine Erscheinung, die schon Dannenberg¹ an rheinischen Basalteinschlüssen beobachtete.

Auch der schon früher besprochene Plagioklasbasalt von Weitendorf enthält nach H. Leitmeier mit einer Schmelzzone umgebene Quarzeinschlüsse. Auch hier besteht dieser Schmelzrand aus Plagioklas, Augit nebst einem lebhaft polarisierenden unbestimmbaren Mineral.

Außerdem trifft man in demselben Einschlüsse karbonatischer Gesteine.

Die Tuffgesteine dieser Zone erscheinen vollends ganz erfüllt mit Einschlüssen tertiären Alters, ja stellenweise der Hauptsache nach von diesen zusammengesetzt.

Eine Überlegung zeigt, daß das so reichliche Auftreten fremder Gemengteile in den Basalten der peripheren Zone mit ihrer geologischen Erscheinungsform naturgemäß verknüpft ist.

Der in der Tiefe nur wenige Meter breite Basaltstiel, der rings umgeben von brüchigem Tertiärmantel aufdringt, stockt und langsam² zu erstarren beginnt, er-

¹ A. Dannenberg. Tscherm. mineral. petrogr. Mitteilungen.

² Ein Einschluß eines Feldspatbasalts in den Tuffen von Güssing läßt erkennen, daß der nach Art einer Mesostasis in dem glasfreien oder glasarmen Gestein auftretende

Plagioklas zu großen xenomorphen Kristallen herangewachsen ist und gewissermaßen die übrigen Gemengteile durchwebt. Das weist wohl auf sehr langsame Erstarrung dieses Magmas im Schlot hin.

scheint prädestiniert lose, fremde Bestandteile aufzunehmen und mehr oder minder zu assimilieren. Aber auch bei der Explosion, die dem aufdringenden Stiel den Weg bis zur Oberfläche bahnte, müssen die in den Schlot rücksinkenden und zum großen Teil aus zerstäubtem Sediment bestehenden Auswurfprodukte in beträchtlichem Ausmaß von der Lavasäule aufgenommen worden sein. Angesichts der Tatsache, daß der Dünnschliff eine so reichliche Menge fremder Bestandteile im Magma dieser peripheren Zone erkennen läßt, ist die Annahme einer Assimilation fremder Bestandteile durch dasselbe, welche für das Hochstradenmassiv als unbegründet zurückgewiesen wurde, für den äußeren Vulkankranz nicht abzulehnen.

Eine Zufuhr von Kieselsäure und Tonerde, wie es sich bei dem sandig-tonigen Charakter der durchbrochenen Sedimentserie ergeben müßte, harmoniert mit dem Fehlen Nephelin¹ oder Hauyn führender² Gesteine im Bereiche der peripheren Zone.

Damit stimmt der höhere Kieselsäure- und Tonerdegehalt in der Analyse des „peripheren“ Steiner Basalts, sowie des dazu gerechneten Weitendorfer Plagioklasbasalts, und der niedere Gehalt an diesen Stoffen am zentralen Hochstraden Nephelinit überein.

Nur am Steinberg bei Feldbach sind im Bereich der peripheren Zone Nephelinbasalte bekannt. Dadurch daß gerade dieses Vorkommen weitaus den größten Basaltfluß des peripheren Gebietes zu erkennen gibt, dabei kaum 2 km von dem benachbarten, plagioklasbasalteführenden Tuffneck bei Unterweißenbach entfernt ist, und ersichtlich derselben tektonischen Linie aufsitzt, läßt sich vermuten, daß die Entstehung des an die zentrale Region erinnernden nephelinreichen Basalts auf das durch den rascheren und kontinuierlicheren Ausfluß des Magmas bedingte Zurücktreten von Assimilation und Differentiation zurückzuführen ist.

Zählt man den Weitendorfer Basalt, was aus den schon angegebenen Daten wohl berechtigt ist, derselben Serie zu, so wird man dazu geführt in den peripheren Eruptionen der Gleichenberger Vulkanzone magmatische Massen zu erkennen, deren von der Zentralregion abweichende Beschaffenheit in letzter Linie auf der durch ihre räumliche Lage bedingten geringen Entwicklung magmatischen Auf-

¹ Vergleiche hierzu die Bemerkungen von F. von Wolff. Der Vulkanismus. I. Bd. pag. 171. ² Nach F. Becke ist das Auftreten von Sodalithmineralien durch geringen Tonerdegehalt bedingt. Tscherm. min. petr. Mitt. 1903.

triebs beruht. Das Stocken der aufdringenden, kleinen Lavasäule innerhalb einer sie allseits umgebenden Sedimentdecke, die dadurch bedingte Aufnahme fremder Bestandteile und deren Assimilation, wie es im Schliff nachweisbar ist, sowie die schon in der reichlichen Bildung von Olivin-Pyroxen Aggregaten sich manifestierende Differentiation des Magmas, lassen es wahrscheinlich erscheinen, daß das Auftreten dieser von den atlantischen Gesteinen der Zentralregion abweichenden Magmen auf die geschilderten sekundären Vorgänge zurückzuführen ist.

Es würde also auch für diese kein anderes Stammagma anzunehmen sein.

Das Auftreten von hauynführendem Nephelinit und von Nephelinbasalt in der Zentralzone des Gleichenberger Eruptivgebiets, ihr Übergang in Nephelinbasanit, Plagioklasbasalt und Magmabasalt scheint einer im Eruptivmechanismus begründeten Reihenfolge zu entsprechen, die sich teils durch Zunahme an assimiliertes, sedimentärer Beimengung, teils durch beginnende und stärker werdende Differenzierung kundgibt.

Ich glaube angedeutet zu haben, daß auch das geologische Auftreten der Eruptionen und ihr Gesamthabitus einen Aufschluß über die Entstehung und Ausbildung ihres mineralogisch-chemischen Bestandes zu geben vermag.

Genauere Untersuchungen werden nötig sein, bevor ein begründetes Urteil über die Stellung der peripheren Feldspat- und Magmabasalte zu den Hauptsippen der Eruptivgesteine abgegeben werden kann.

Wenn man nach der einzigen neuen Analyse des Steiner Basalts sowie jener des Feldspatbasalts von Weitendorf und nach mineralogischen Kriterien ein Urteil abgeben will, so scheinen sich diese Magmen ziemlich weit von jenem charakteristischen Gepräge zu entfernen, welches nach Becke die Eruptivgesteine des böhmischen Mittelgebirges auszeichnet. Andererseits wieder läßt sie das geologische Auftreten, und ihre räumliche und zeitliche Beziehung zum Zentralgebiet, wohl mit genügender Deutlichkeit als derivierte Abkömmlinge einer typischen atlantischen, nephelinreichen Magmaprovinz erkennen. Deshalb wurden sie auch auf der beigegebenen Karte mit der Gleichenberger Zentralzone, im Gegensatz zu den später zu besprechenden pazifischen Gesteinen Untersteiermarks, enger vereinigt.

4. Der Basalt von Kollnitz im Lavanttal (Kärnten)

Dieses isolierte, mit Tuffen vergesellschaftete kleine Basaltvorkommnis dürfte, wie aus der pilzförmigen Anordnung seiner Säulen hervorgeht, dem kuppenförmigen Ende eines Basaltstiels entsprechen. Das Gestein ist ein Plagioklasbasalt

ausgezeichnet durch reichliche Führung fremder Einschlüsse. Nach Prohaskas¹ Darstellung sind es einerseits Quarze, andererseits sehr reichliche kordieritführende Schiefereinschlüsse, die in allen Stadien der Aufschmelzung beobachtet werden konnten. Wir sehen also auch den Kollnitzer Plagioklasbasalt in Kärnten, analog den gleichaltrigen (oder nahezu gleichaltrigen) mittelsteirischen Feldspatbasalten² durch geringe räumliche Dimension, durch Vergesellschaftung mit Tuffen, insbesondere aber durch sehr reiche Führung von Einschlüssen, die zur Bildung von Kontaktmineralien Anlaß gegeben haben, ausgezeichnet. Letztere Erscheinung kann wohl als Bestätigung der für das Gleichenberger Gebiet angenommenen Entstehungsursache der Plagioklasbasalte gelten.

DIE JUNGTERTIÄRE TEKTONIK VON MITTELSTEIERMARK UND ANGRENZENDEN KÄRNTEN. Eingehende Studien an den Tertiärablagerungen des Ostrand des Zentralalpen haben ein genaueres Bild von der tektonischen Bewegung dieser Scholle gewinnen lassen. Es läßt sich erkennen, daß im Bereiche des östlichen Zentralalpenrandes³ und seiner tertiären Umrandung wenigstens seit Beginn des Neogens sich keine nennenswerten faltenden Bewegungen vollzogen haben.

Die Störungen, die sich aus mehreren Phasen zusammengesetzt erweisen und oft beträchtliches Ausmaß erreichen, beschränken sich fast ausschließlich auf Schollenbewegungen – Hebungen und Senkungen –, die sich teils an Brüchen, teils an meist flach abfallenden Absenkungslinien vollzogen haben. Man sieht diese tektonischen Vorgänge mit besonderer Intensität am Südwestrande des mittelsteirischen Beckens am Possruckgebirge und der angrenzenden Koralpe einsetzen und von hier aus, zeitlich und räumlich fortschreitend im Verlauf des Jungtertiärs jeweils nördlich und nordöstlich gelegenen Zone der vorherbewegten Scholle angliedern.

Dadurch wird die der Hebungszone vorgelagerte sich vertiefende, mit marinen, fluviatilen und limnischen Sedimenten erfüllte Depression in aufeinander folgenden Zeiträumen immer mehr gegen Nordosten verdrängt: So transgredieren schließlich

¹ C. Prohaska. Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wissenschaften Wien 1886.

² Einschlüsse miozäner Gesteine im Basalt, die ich kürzlich dort feststellen konnte, und die Überlagerung terrasserter Diluvial-

absätze auf denselben verweisen auch die Eruption dieses kärntnerischen Eruptivgesteins in das Pliozän.

³ Genauer nach Abtrennung des südlichsten Bacher- und Possruckgebirges.

die pontischen Bildungen am Nordost- und Nordrande der mittelsteirischen Bucht zumeist unmittelbar über älteres Gebirge. Der eine der beiden peripheren Basaltbogen der Gleichenberger Vulkanzone folgt in seinem Verlauf deutlich jener Absenkungslinie, an der die sarmatischen Sedimente unter das auflagernde Pliozän hinabtauchen. (Siehe Karte.)

Ähnliche tektonische Bewegungen vollzogen sich im Bereich des kärntnerischen Anteils des betrachteten Schollenlandes, wie die Ausbildung der bei fast geradlinigem Verlauf sehr weit zu verfolgenden Lavanttaler Störung erkennen läßt, an der noch obermiozäne Sedimente eine Schleppung ihrer Schichten erfahren haben. Diese Angaben, welche an anderen Orte bereits eine ausführliche Darstellung gefunden haben,¹ mögen genügen, um zu zeigen, wie fast im gesamten Bereich der östlichsten Zentralalpen während des Jungtertiärs vertikale Schollenbewegungen zur Auslösung kamen, und daß keinerlei Anzeichen von Störungen kennbar sind, die auf Rechnung tangentialer Druckkräfte zu setzen wären.

Nur die Absätze des untersten Miozäns, welche am Rand des Posruckgebirges in einer schon den Savefalten genäherten Zone zutage treten, zeigen Anzeichen einer stärkeren und anders gearteten mechanischen Beanspruchung, wovon noch später die Rede sein soll.

Die Schichtfolge, welche nach Entstehung der letztgenannten Sedimente, mit wechselndem Umriß im kärntnerischen und steirischen Anteil des zentralalpinen Ostrandes zur Ablagerung kam, repräsentiert, wenn man die Regionen mächtigerer Ausbildung in Betracht zieht, mindestens 1200–1500 m, die allerdings kaum irgendwo in lückenloser Folge übereinander zur Ablagerung gekommen sein dürften.

Sie umfassen die unmittelbar über den tiefst miozänen „basalen, marinen Mergeln“ gelegene „Foraminiferenmergelgruppe“, samt den ihr vermutlich stratigraphisch äquivalenten, kohleführenden Süßwasserschichten, tonig-sandig-konglomeratische Grundersedimente und Leithakalkbildungen der zweiten Medithranstufe, vorwiegende sandig-tonig entwickelte Sedimente des tieferen Sarmat, schotterig-sandig-mergelige Bildungen des mittleren und kalkige-sandige des oberen Sarmats, tegelige-schotterige Schichten der pontischen Stufe, sowie eine sehr mächtige thrasische, schottrige Hangenddecke.

Man gelangt zur Erkenntnis, daß durch einen, auch geologisch gesprochen, sehr ausgedehnten Zeitraum, welcher die ganze Miozänepoche und das tiefere Pliozän

¹ A. Winkler. Jahrbuch d. k. k. Geol. R. LXIII. Bd. Heft 3.

umfaßt, der Ostrand der Zentralalpen von tektonischen Bewegungen beherrscht war, die sich durch das Fehlen faltender Kräfte auszeichnen.

Das Auftreten von pliozänen Eruptivgesteinen am Alpenrand, die der Hauptmasse nach Beckes atlantischem Typus entsprechen, steht somit mit der jüngeren Tektonik dieser Region, die in der vorbasaltischen Miozän- und Pliozänepoche Schollengebirgscharakter zeigt, vollkommen in Übereinstimmung.

ÄLTERE, TERTIÄRE ERUPTIVBILDUNGEN IN MITTELSTEIERMARKE.

Ältere Eruptivbildungen tertiären Alters treten am Ostrand der Zentralalpen in der Gleichenberger Vulkanzone hervor. Die in der Nähe des Kurortes eine Kuppenlandschaft bildenden ziemlich sauren Magmamassen wurden in petrographischer Hinsicht eingehend von Al. Sigmund¹ untersucht. Sie sind, wie ich zu zeigen versuchte, der Hauptsache nach als eine sehr mächtige Staukuppe von andesitisch-trachytischen Magmen zu betrachten, die wie Sigmund zeigte, aus einem sauren trachytischen Kern und aus einer von Andesiten, Andesitoiden und trachytoiden Andesiten bestehenden Randzone gebildet wird. Die weite und oft in sehr zahlreicher Menge kennbare Verbreitung trachytisch-andesitischer Einschlüsse in den jüngeren, basaltischen Tuffnecks führt mich zur Annahme, daß in Oststeiermark unter der auflagernden miozän-pliozänen Sedimentdecke ein in der Ost-West-Erstreckung zirka 10 km, in der Nord-Südrichtung zirka 15 km ausgedehntes Eruptivgebiet verborgen liegt. Es sind wohl die Lavamassen, die sich von dieser Staukuppe insbesondere nord- und nordostwärts hinabergossen haben. Randlich erscheint mit den andesitischen Gesteinen ein prächtiger Sphärolitliparit verschweißt.

Die Gesteine des Gleichenberger Trachyt-Andesitmassivs zeigen, wie F. Becke² auf Grund der Untersuchungen von Al. Sigmund und einiger älterer Gesteinsanalysen hervorhob, eine Mittelstellung zwischen atlantischem und pazifischem Typus an. Es sei, um nur einige pazifische Merkmale hervorzuheben, das Auftreten des Liparits, das Erscheinen rhombischen Pyroxen führender Gesteine (Biotithypersthen-trachyt, Hypersthenbiotitandesitoid, Hypersthenglimmerandesite) hervorgehoben.

In der äußeren Gestaltung des Eruptivkörpers, in dem massiven, etwa den Domen

¹ Al. Sigmund. Die Eruptivgesteine bei Gleichenberg. Tschermarks min. petrogr. Mitteilungen Bd. XXI. 1902. ² F. Becke. Tscherms. min. petr. Mitteilungen XXII. Bd. 1902. pag. 386.

der Auvergne vergleichbaren Bau, in dem Fehlen oder sehr starken Zurücktreten der Explosiva zeigen die Gleichenberger Eruptionen hingegen Anklänge an das atlantische Magmengebiet, eine Erscheinung, die ja mit der aus der Analyse kennbaren Mittelstellung des Magmas in Übereinstimmung steht.

DIE TEKTONIK DER MITTELSTEIRISCHEN - KÄRNTNERISCHEN SCHOLLE IN TIEFMIOZÄNER UND VORMIOZÄNER ZEIT. Bei Besprechung der pliozänen Eruptionen konnte angegeben werden, daß ihrer Bildung eine, fast die ganze Miozän- und Pliozänepoche umfassende Zeit voranging, die sich durch das Fehlen tangentialer Gebirgsbewegungen auszeichnete. Das Bild ändert sich, wenn man von der Basis des Jungtertiärs in ältere Schichtgruppen hinabsteigt.

Eine sehr bedeutende Faltungsphase, am Ostrand der Zentralalpen, fällt bekanntlich in die Zeit vor Ablagerung der Oberkreidesedimente.¹ Aber auch nach Entstehung derselben haben noch Faltenbewegungen angedauert. Die im Bereich der mittelsteirischen Bucht gelegene „Gosaulde“ der Kainach, sowie jene des zentralkärntnerischen Anteils (Kreide von Guttaring) haben noch deutliche, auf tangentiale Kräfte zurückführbare Störungen erlitten. Allerdings ergibt sich aus W. Schmieds² Darstellung der Kainacher Gosau, daß das Ausmaß dieser faltenden Kräfte, wie sich aus dem Mangel enggepreßter Schichtkomplexe zu erkennen gibt, in dem hier in Betracht kommenden Gebiet wohl nicht überschätzt werden darf.

Die marinen Eozänsedimente, welche allerdings im Bereich der östlichsten Zentralalpen nur sehr spärlich bekannt sind³, zeigen durch ihre Faltung, welche sie in dem einzig bedeutenderen Vorkommen bei Guttaring in Kärnten erkennen lassen, an, daß seit ihrer Entstehung dort noch merkbare auf der Auslösung tangentialer Spannungen beruhende Bewegungen sich vollzogen haben.

Oligozäne Sedimente fehlen dem Ostrand der Zentralalpen.

¹ Siehe hierüber insbesondere F. Heritsch. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. Wien, Juli 1912.

² W. Schmied. Die Gosau der Kainach. Jahrbuch d. geol. R. A. 1906.

³ Außer dem Eozän von Guttaring sind im Bereich des zentralalpiner Ostrand es Eozänkalke von Kirchberg an Wechsel

(Nordostsporn) bekannt. Im vorigen Jahre gelang es meinem Kollegen R. Jäger am Possruckgebirge ein neues Eozänvorkommen zu entdecken, das sich allerdings nur durch Schottergerölle in Miozänkonglomeraten kundgibt. R. Jäger. Verh. d. k. k. geol. R. A. 1913. No. 16.

Die Miozänsedimente lassen das letzte Ausklingen der faltenden Bewegungen, zumeist in ganz lokaler Aufbiegung oder breitgespannter Wellung der Sedimente erkennen.

Nur am Nordostsporn der Zentralalpen einerseits, und am Südostrand, dem Possruckgebirge andererseits, lassen sich in diesen miozänen Schichten etwas deutlichere Anzeichen faltender Einwirkungen erkennen. Dort nähert man sich aber bereits der Region der Savefalten, deren tektonischer Charakter noch bis in das Pliozän hinein durch tangentiale Bewegungen beherrscht ist. Die am Nordabfall des Possruckgebirges auftretenden durch Cleavage und steilere Aufrichtung ausgezeichneten „basalen marinen Mergel“ zeigen bei der flacheren Lagerung der sie überlagernden „höheren Untermiozänabsätze“ an, daß auch an dieser Schwelle, welche von der mittelsteirisch-kärntnerischen Scholle zu den Savefalten hinüberführt, der Einfluß tangentialer Bewegungen bereits im tiefsten Miozän zum letztenmal in stärkerem Ausmaß zur Geltung kam.

Die im tieferen Miozän von Mittelsteiermark (Gleichenberg) auftretenden Magmen erscheinen somit in einer Region, welche zur Zeit des Ausbruches im Stadium des Übergangs vom Falten- zum Schollenbau begriffen ist. Der Aufstieg von Lavamassen, die eine Mittelstellung zwischen pazifischer und atlantischer Sippe einnehmen, steht daher mit dem tektonischen Befund in Übereinstimmung.

III. DIE TERTIÄREN ERUPTIVGESTEINE DER „SAVEFALTEN“

In dem zu Beginn dieser Arbeit als „Savefalten“ bezeichneten Gebirgsabschnitt treten jungtertiäre Eruptivgesteine weit verbreitet zutage.

Besonders im nördlichen Teil derselben, südlich, südöstlich und südwestlich des Bachergebirges lassen sie sich in großer Ausdehnung wahrnehmen. Durch Hatles,¹ v. Drasches,² Hussaks³ und anderer Untersuchungen wurde der andesitische Charakter der Eruptiva festgestellt.

¹ Dr. E. Hatle. Zur Kenntnis der petrographischen Beschaffenheit der südsteirischen Eruptivgesteine. Mitteilungen d. naturwissensch. Vereins für Steiermark. Jahrgang 1880.

² v. Drasche. Tschermaks min. Mitteilungen 1873. I.

³ Hussak, Verh. d. k. k. geol. R. A. 1878.

Prof. F. Becke¹ hat das Auftreten von Bronziten, also für pazifische Magmen kennzeichnenden Mineralien, in diesen Gesteinen von St. Egid, Koinjekberg, Trennenberg und Lauffen angegeben. Auch bei Rohitsch Sauerbrunn treten bronzitführende Gesteine tuffiger Natur auf.

Ed. Hatle hat ferner von Videna bei Rohitsch, vom Smrekouzgebirge, von Oberburg Augitandesite, vom Konoschitzagraben bei demselben Orte Biotitandesit, aus der Gegend von Leutschdorf und von Plessivetz Hornblendenandesite vermerkt. Vom Rogač und von Wöllan schließlich wurden von diesem Autor dazitische Gesteine beschrieben.

Die vorzüglich als Andesite und Dazite entwickelten Eruptivgesteine der Savefalten und das Auftreten von rhombischen Pyroxenen in den erstgenannten, läßt erkennen, daß dieselben der pazifischen Sippe zuzuzählen sind. Mit dieser Erscheinung harmoniert nicht nur das geologische Auftreten dieser, wie viele pazifische Eruptionen, als langgedehnte Spaltergüsse ausgebildeten Gebilde, sondern auch der in Untersteiermark so ungeheuer entwickelte Reichtum an tuffigem Material, welches ein nach vielen Hunderten von Quadratkilometern zu bezifferndes Areal bedeckt, zum Teil vermengt mit marinen Sedimenten des Untermiozäns: Merkmale, wie sie zumeist die pazifischen Eruptionen charakterisieren.

DIE MIOZÄNETEKTONIK DER SAVEFALTEN. Die Kenntnis vom Schichtenbau und den Störungen in den „Savefalten“ beruht vorzüglich auf den sehr genauen Spezialaufnahmen der k. k. geol. Reichsanstalt, die von F. Teller und im östlichen Teil von J. Dreger durchgeführt wurden. Die tertiären Eruptivmassen, welche dieser jugendlichen Schichtfolge ein charakteristisches Gepräge verleihen, gehören, wie man Tellers Angaben folgend älteren Autoren gegenüber mutmaßen kann, zur Gänze dem Untermiozän² an. Es ist eine zeitlich eng umgrenzte Phase, an welche man nicht nur den Ausfluß ausgedehnter Lavamassen geknüpft sieht, sondern in welcher auch tuffiger Detritus in ungezählter Menge den basalen Sedimenten des Jungtertiärs einverleibt wurde. Ein großer Teil der eruptiven Massen schmiegt sich in seinem Verlauf an zwei von F. Teller genau fixierte Störungslinien an, deren Ost-West-Erstreckung auf 80 – 100 km resp. auf 50 km

¹ F. Becke. Unterscheidung von Augit und Bronzit in Dünnschliffen. *Tschermaks mineral. petrogr. Mitteilungen*. V. 1883. pag. 529.

² F. Teller. Erläuterungen zur geolog. Karte der österr.-ungar. Monarchie SW. Gruppe No. 84. Prassberg a. d. Sann. pag. 161 usw.

zu beziffern ist. Es sind, wie dieser Forscher hervorhob, zum Teil gegen Süden konvexe Bogen, welche in mehr oder minder deutlich geschwungener Kurve das im Norden gelegene starre Massiv des Bachergebirges umsäumen.¹

Der südlichere Bogen beginnt schon an der südkärntnerischen Grenze mit dem über 17 km langen und bis zu 3 km breiten Andesitgebirge der Smrekouzs palte, dem sich nebst kleineren Vorkommen, die Lavamassen von Wöllan, Neuhaus, die zahlreichen Andesite bei Hohenegg, jene des Rasgorce Tals, von St. Egidy bei Trennenberg, die Tuffe und Andesitdurchbrüche von Rohitsch Sauerbrunn, Widena und St. Rochus anschließen. Diese Eruptivspalte, die sich in ihrem Verlauf an dem Abstoßen altersverschiedener Horizonte, sehr deutlich als Riß und Senkung in der oligozän-miozänen Sedimentdecke ausprägt, findet wahrscheinlich ihre Fortsetzung an dem Nordrand des kroatischen Irancičagebirges, wo noch bei Jesenje, Lepoglava und Margican Andesite und Tuffe hervortreten.²

Die innere Kette zeichnet sich durch ihre besonders deutlich ausgebildete Bogenform, und durch das Auftreten zahlreicher, äußerst schmaler, aber in der Streichrichtung auf bedeutende Erstreckung verfolgbare mesozoisch-paläozoische Gebirgsklippen aus. Sie beginnt im Westen mit den Andesitdurchbrüchen von Rove, markiert sich in der 6 km langen, aber meist nur wenige 100 m breiten Triasklippenzone südlich des Seitztals, prägt sich in den Andesiten von Oberkostreinitz, sowie in der mehrere Kilometer langen von zahlreichen fragmentären Grundgebirgsschollen begleiteten Andesitzone am Südabhang des Plesivecgebirges aus, womit der gegen Süden konvexe Scheitel des Bogens erreicht ist.

Aus den Tertiärsedimenten aufragende mesozoisch-paläozoische Klippen sowie starkgestörte Leithakalke³ bilden Hörnes Donatibruch entsprechend eine Fortsetzung dieser Störungslinie bis an die kroatische Grenze.

Zwar nicht in ihrer unmittelbaren Fortsetzung sondern etwas gegen Süden gerückt streicht weiter ostwärts eine Zone von Triasklippen begleitet von andesitischen Gesteinen, in der Ravnagora kulminierend, zur Drauebene hinaus.

Überblicken wir die Beziehungen der Andesitzone zum Bau der Savefalten:

¹ F. Teller. Erläuterungen usw. Pragerhof-Windisch-Feitritz.

² K. Gorjanovic-Kramberger. Geologische Karte der Königreiche Kroatien und Slavonien. Blatt: Zlatar-Krapina und Erläuterungen.

³ Dies deutet auf späteres neuerliches Aufleben dieser Störungslinie und auf die Auslösung tangentialer Druckkräfte an derselben.

Der Südrand des bereits einen Vorposten der mittelsteirischen Scholle darstellenden Bachergebirges, wird von einem Kranz von Eruptivdurchbrüchen umsäumt, an deren lineare Aneinanderreihung Grundgebirgskluppen sich anfügen und die einer gegen das südlich vorgelagerte, ausgedehnte Untermiozänbecken gerichteten Konvexität entsprechen.

Es tritt die Analogie mit vielen anderen Eruptivgebieten hervor, die dem pazifischen Typus angehören. Wie etwa in den Cordillerenbogen des pazifischen Ozeans noch heute, so erhoben sich hier im Untermiozän vielleicht schon damals von mesozoischen Kluppen begleitete Ketten von Vulkaninseln aus dem Meer, den Rand einer Kontinentalscholle umgürtend, deren Magma analoge, „pazifische“ Laven förderte. Und wie Ed. Sueß¹ vermutet hat, daß die Ausbildung der pazifischen Bogen mit Faltungsvorgängen im Zusammenhang steht, so finden sich auch in Untersteiermark Anzeichen, die auf eine Verbindung mit orogenetischen Vorgängen schließen lassen.

Die Region der Savefalten stellt, wie schon lange bekannt ist, eine Zone jugendlicher, faltender Bewegungen dar. Es ließ sich erkennen, daß dieselben im Jungtertiär mehreren Phasen angehörten, die sich bis in das Mittelpliozän hinein fortgesetzt haben.²

Eine Faltungsphase läßt sich an der Wende von Oligozän und Miozän nachweisen.

Denn Tellers genauen Untersuchungen zur Folge bilden die oberoligozänen Sotzka-schichten mit dem älteren Grundgebirge einen für sich abgeschlossenen Faltenbau, der sehr intensive und verwickelte Verfaltungen mit den letzteren zur Folge hatte. In der südlich gelegenen, von Bittner³ genau erforschten Tüfferer-Bucht, macht sich an der Wende von Alt- und Jungtertiär ebenfalls eine Faltungsphase geltend, die sich in einer scharfen Diskordanz zwischen Oligozän und Untermiozän ausprägt.

Die andesitischen Bogeneruptionen lassen dann folgende tektonische Deutung zu: Sie sitzen einer unmittelbar vorher (gegen Ende des Oberoligozäns) gefalteten Zone auf. Ihr Ausfluß vollzieht sich an einer im untersten Miozän entstehenden, bogenförmigen Senkungslinie, deren Konvexität gegen das südlichere Gebiet der Savefalten (Tüffererbucht usw.) gerichtet ist. Die pazifischen Durchbrüche

¹ E. Sueß. Antlitz der Erde. III./2.

³ Al. Bittner. Jahrbuch d. geol. R. A. 1884.

² A. Winkler. Verh. d. geol. R. A. 1913. No. 13.

der untersteirischen Andesite erscheinen somit an den gesenkten Innenraum einer Faltungszone geknüpft.

Man kann das Ergebnis der vorangehenden Darlegung dahin zusammenfassen, daß die Eruptionen der Savefalten nach ihrem Auftreten in einem kurz vorher gefalteten Gebiet, nach der räumlichen Anordnung zu wohlgeschwungenen Bogen, die einen Kontinentalsockel umsäumen, nach dem typischen Spaltencharakter vieler Ausbrüche, nach der gewaltigen Tuffförderung und nach dem Auftreten rhombischen Pyroxen führender andesitischer und dazitischer Magmen dem pazifischen Eruptionstypus entsprechen.

Eine andere Gruppe sehr stark umgewandelter Eruptivgesteine findet sich besonders am Nordostrand der Tüffererbucht im Bereich der paläozoisch-triadischen Antiklinalzone.

Eine weitere Serie im Kartenbild deutlich hervortretender, jugendlicher Eruptionen tritt in dem Triasgebiet der Menina und von Ponigl als intrusive Spaltenfüllung auf.¹ Diese beiden weniger bekannten, magmatischen Regionen sollen hier nicht weiter besprochen werden.

IV. ZUSAMMENFASSUNG

Der Vergleich der eruptiven Vorkommnisse am Ostrand der Alpen, die ihn fast vom Rand des Wienerbeckens angefangen mit oftmaliger Unterbrechung bis nahe an die dinarischen Falten heran begleiten, mit der jungtertiären Tektonik dieses Gebietes, hat ergeben, daß das Auftreten der pliozänen, atlantischen Magmen an die ausgedehnte Schwelle der Zentralalpen geknüpft ist, die, wie die Untersuchung ergab, vom Untermiozän angefangen den Charakter eines typischen Schollenlandes trägt, daß das Erscheinen von Übergängen von atlantischem zu pazifischem Magma im Untermiozän derselben Gegend mit dem an der Wende von Alt- und Jungtertiärkennbaren letzten Ausklingen faltender Bewegungen im Zentralalpensaum harmoniert und daß schließlich das Hervortreten rein pazifischer, untermiozäner Magmen auf die Savefalten beschränkt ist, auf eine Region, in welcher um dieselbe Zeit sich sehr intensive, mit Überschiebungen verknüpfte, Faltungen vollzogen haben, deren allmähliches Ausklingen bis in die mittelplioäne Zeit hinein sich geltend macht.

¹ F. Teller. Erläuterungen zur geolog. Karte der österr.-ungar. Monarchie SW. Gruppe Nr. 84. Prassberg a. d. Sann. pag. 158.

Der Ostrand der Alpen bietet somit einen deutlichen, neuerlichen Beweis für das Vorhandensein, der von Prof. F. Becke im Jahre 1903 hervorgehobenen Lokalisation der beiden Hauptmagmensippen an bestimmte tektonische Zonen. Es wird ferner vor Augen geführt, wie mit der Änderung in dem tektonischen Charakter einer Zone eine Verwandlung des Magmencharakters vor sich geht, der sich im Gleichenberger Eruptivgebiet im Übergang von einem Mittelglied zwischen atlantischem und pazifischem Magma zu rein atlantischem Lavafluß ausprägte.

Es wurde in dieser Arbeit der Versuch unternommen, die vom atlantischen Typus abweichenden, peripher gelegenen, pliozänen Plagioklasbasalte führenden Ausbrüche Oststeiermarks genetisch zu deuten und somit einen Anhaltspunkt über die Faktoren zu gewinnen, welche umändernd auf diese, ursprünglich vermutlich auch dem „Mittelgebirgstypus“ angehörigen Magmen eingewirkt haben. Diese nach Ablagerung des Unterpliozäns in der mittelsteirischen Scholle aufsteigenden atlantischen Lavafluten und die zu gleicher Zeit in der untersteirisch-kroatischen „Savezone“ eintretende Faltung der pontischen Sedimente, läßt vermuten, daß auch diese beiden, so abweichend gebauten Regionen des alpinen Ostrandes von einheitlichen Bewegungsvorgängen beherrscht werden. Diese kommen, wie sich aus der jungtertiären Geschichte der beiden Räume erkennen läßt,¹ in einem Wechselspiel von Hebung und Senkung in Mittelsteiermark, in Faltungen und Überschiebungen der Sedimente in der Savezone zum Ausdruck. Dank Prof. F. Koßmatts² grundlegender Darlegungen, die er in seiner Arbeit über „die adriatische Umrandung der alpinen Faltenregion“ zum Ausdruck brachte, lassen sich nunmehr die im Jungtertiär bewegten Savefalten mit ihren gegen Süd konvexen Vulkanbogen,³ ebenso wie die an diese im Norden angrenzende, starre mittelsteirisch-kärntnerische Scholle mit ihrem z. T. „atlantischen Vulkanismus“ als Ausschnitt aus der großen Region der periadriatischen Bogen auffassen; wie denn auch Koßmatts Angaben zufolge⁴ die tektonische Depression der „Savefalten“ südlich des Bachergebirges als Teilerscheinung der Knickung an der alpin-dinarischen Grenzregion zu betrachten ist.

¹ A. Winkler. Versuch einer tektonischen Analyse usw. Verh. d. k. k. geol. R. A. 1913. No. 13.

² F. Koßmatt. Mitteilungen d. geolog. Gesellschaft. 1913. Heft 1 u. 2.

³ Nur im nördlichen Teil derselben treten, wie die von Stur beschriebene Überkippszone Pöltschach-Massan zeigt, auch Nord gerichtete Bewegungen hervor.

⁴ idem. pag. 122.

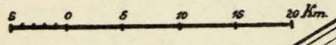
Meinem hochverehrten Lehrer Herrn Professor Dr. F. Becke, Vorstand des mineralogisch-petrographischen Instituts der Universität Wien, fühle ich mich für die bei der petrographischen Untersuchung mir stets erwiesene, gütige Unterstützung zu sehr großem Dank verpflichtet, dem ich auch an dieser Stelle Ausdruck zu geben mir gestatte.

Den Herren Assistenten Dr. A. Himmelbauer und Dr. R. Gönner erlaube ich mir ebenfalls für die beim Studium der Basaltgesteine zuteil gewordene Hilfe meinen ergebensten Dank auszusprechen.

ÜBERSICHTSKARTE

der jungtertiären Eruptiva am Ostrand der Alpen auf Grund der bisherigen geologischen Aufnahmen und eigener Begehungen zusammengestellt von Artur Winkler.

Maßstab 1:665.000.



Eruptivgesteine von Mittelsteiermark und Kärnten.			Eruptivgesteine der Savafalten	
Atlantische Eruptiva der Steirischen Zentralalpen	Abweichende Basalttypen der Steirischen peripheren Bögen	Übergangstypen zwischen atlantischen und peripheren	■ Andesite und Diacite	von Untersteiermark in Westkroatien
■ Nephelinführende Basalte (= Nephelinbasalt des Steirischen peripheren Bögen) u. a.	■ Tragioklas u. Nagma-Basalte u. a.	■ Trachyt u. Andesitmassive von Gleichenberg	□ Andesituffe	
□ Tertiär und Quartär	▨ Tertiäres Gebirge	— Stenose zwischen mittelsteirischer Scholle und Übergangszone	— Steirische Senkungsbögen mit Andesitruptionen	
— Stenose zwischen Savafalten und Mittelsteirischer Scholle, respective Übergangszone	— Fluorid als Begleitungs- oder postvulkanischer Feldspat, mit 1. peripheren Steirischen Basaltflüssen	— II Peripheren Steirischen Basaltflüssen		

Zum Beitrag: Winkler, Die tertiären Eruptiva am Ostrande der Alpen