Beiträge zur Kenntniss einiger niederhessischer Basalte.

Von

C. Trenzen in Aachen.

In jüngster Zeit hat unsere Kenntniss der niederhessischen Basalte durch eine von Max Bauer gegebene Übersicht eine dankenswerthe Erweiterung erfahren (Sitz.-Ber. d. Berl. Akad. 1900. **46**. 1023 ff.). Auf dieser Grundlage ist nunmehr die specielle petrographische Untersuchung und Beschreibung der einzelnen Localitäten vorzunehmen. Zugleich ist es aber auch wünschenswerth, mit der mikroskopischen Untersuchung die chemische Analyse zu verbinden.

In diesem Sinne sucht die vorliegende Arbeit zur Kenntniss einiger Basalte beizutragen. Dabei wurde versucht, die Auswahl so zu treffen, dass einerseits geologisch in Beziehung stehende, andererseits zugleich die hauptsächlichsten der in dem betreffenden Gebiete vorkommenden Gesteinstypen zur Untersuchung gelangten.

I.

In einem ersten Theile dieser Arbeit soll eine ausführliche Beschreibung des Ganges der Analyse gegeben werden; einmal, um die Resultate mit denen anderer Analysen vergleichbar, zum anderen, um den als geeignet befundenen Weg für spätere Analysen nutzbar zu machen.

Zu diesem Zweck wurden die bestehenden, z. Th. in der Literatur verstreuten Methoden zusammengestellt und hinsichtlich ihrer Brauchbarkeit gerade für den vorliegenden Zweck geprüft.

Die Kieselsäure und die Basen wurden in einer ca. 1 g wiegenden Probe mit Natriumcarbonat zur Bestimmung der Basen aufgeschlossen. Als Vorsichtsmaassregel ist beim Schmelzen zu beachten, dass die Flamme nicht senkrecht gegen den Tiegel gerichtet ist, da sonst Reductionen in der Schmelze eintreten können. Die Aufschliessung ist beendigt, sobald die Masse ruhig fliesst. Dieselbe muss dann bis zur Erstarrung im Tiegel hin und her bewegt werden, weil sie sich dann besser von den Wänden des Tiegels lösen lässt.

Die Schmelze hat in der Regel durch einen geringen Mangangehalt eine blaugrüne Farbe, doch darf aus dem Fehlen dieser Färbung nicht ohne weiteres auf Abwesenheit des Mangans geschlossen werden, da bei reducirender Atmosphäre im Tiegel die charakteristische Manganfärbung ausbleiben muss.

Die Schmelze wurde mit wenig Wasser und verdünnter HCl in der Platinschale aufgenommen und, gleichgültig ob sich hierbei Kieselsäure pulverig oder gallertig abgeschieden hatte, auf dem Sandbade bei 110^0 zur Trockene gebracht, bis die ganze Masse ein fast weisses Ansehen angenommen hatte, also alle überschüssige Salzsäure zur Verdampfung gebracht worden war.

Bei höherer Temperatur als 110^0 zu trocknen, ist nicht rathsam, da sich einerseits bei höherer Temperatur ein in Salzsäure lösliches Magnesiumsilicat bildet, wodurch Kieselsäure ins Filtrat gelangt; andererseits wird durch Bildung eines in Salzsäure unlöslichen Thonerdesilicates der Betrag der ins Filtrat gehenden Thonerde verringert, dagegen die Kieselsäure durch Beimengung von Thonerde zu hoch gefunden.

In jedem Falle ist es anzuempfehlen, das Filtrat auf mithineingegangene Kieselsäure und den Rückstand auf Verunreinigungen der Kieselsäure zu prüfen.

Bevor man die Kieselsäure über dem Gebläse glüht, einer absolut nothwendigen Operation, um dieselbe ganz trocken zu erhalten, muss man sie auf dem Filter sorgfältig auswaschen, um jede Spur Salzsäure zu entfernen, da sich sonst beim Veraschen des Filters durch etwaige Dissociation der Salzsäure bei höherer Temperatur durch Einwirkung der Filterkohle etwas leichtflüchtiges $SiCl_4$ bilden könnte.

Die Prüfung der Kieselsäure auf ihre Reinheit nimmt man durch Abrauchen mit Fluss- und Schwefelsäure vor. Wenn bei 110° getrocknet wurde, habe ich nie einen wägbaren Rückstand gefunden. Es ist dies bemerkenswerth, da meist angegeben wird, die Kieselsäure enthalte einen Theil des in der Substanz vorhandenen Titans. Da nicht angenommen werden kann, dass sich Titan beim Abrauchen mit Fluss- und Schwefelsäure zugleich mit der SiO_2 verflüchtigt, so muss geschlossen werden, dass sich die titansauren Salze der Alkalien, die sich beim Schmelzen mit Na_2CO_3 bilden, in verdünnter Salzsäure bei mässiger Erwärmung ohne Zersetzung lösen; es bildet sich Titanchlorid, und dieses zerfällt erst beim Kochen in TiO_2 und Chlorwasserstoffsäure.

In dem Filtrat von der Kieselsäure wurde nun zunächst Thonerde, Eisen, Phosphor und Titan gemeinsam durch Ammoniak gefällt, nachdem zuvor genügend Ammoniumchlorid zugesetzt worden war, um das Mitfallen der Magnesia zu verhindern. Eine doppelte Fällung ist unerlässlich. Ein Mithineingehen von Kalk und Magnesia in den Niederschlag ist nicht zu befürchten, da bei den Basalten die Thonerde stets vollkommen hinreicht, um die in der Regel ganz geringe Menge Phosphorsäure zu binden. In der That habe ich im Ammoniakniederschlag nie Kalk oder Magnesia gefunden.

Der Niederschlag von Thonerde, Eisen, Titan und der an eine der Basen gebundenen Phosphorsäure wurde geglüht und gewogen. Hierauf wieder mit Kaliumbisulfat aufgeschlossen, was stets mit Leichtigkeit gelang, ohne dass ein Rückstand blieb.

Die erkaltete Schmelze wird mit Wasser und wenig verdünnter Schwefelsäure bei mässiger Wärme aufgenommen, fast neutralisirt und zur Abscheidung des Titansäurehydrates anhaltend gekocht. Diese Methode ist nicht ganz verlässlich, da man nie volle Gewissheit hat, ob alle Titansäure abgeschieden ist. Es ist jedoch nicht gelungen, eine bessere gravimetrische Methode aufzufinden. Eine auf die charakteristische Färbung des mit H_2O_2 oxydirten Titansulfates gegründete colorimetrische Methode konnte aus Mangel an geeignetem Titansulfat nicht angewandt werden.

In dem Filtrate von der Titansäure wurde das Eisen in seiner Gesammtmenge nach stattgehabter Reduction mittelst

nascirenden Wasserstoffes durch Titration mit Kaliumpermanganat bestimmt.

Nachdem man dann mit Salpetersäure oxydirt hat, kann man die Phosphorsäure mit Ammoniummolybdatlösung fällen und in der gewöhnlichen Weise im Asbestfilterröhrchen zur Wägung bringen. Nach Abzug der so gefundenen Mengen Eisen, Titan und Phosphorsäure vom Gesammtniederschlage erhält man die vorhandene Thonerde.

Wenn auch auf diese Weise sämmtliche Fehler der Einzelbestimmungen in das Resultat der Berechnung des Thonerdegehaltes hineingehen, so ist doch eine directe gewichtsanalytische Bestimmung der Thonerde noch unsicherer, da bei der stark hygroskopischen Eigenschaft der frisch geglühten Al_2O_3 beim Wägen keine genauen Resultate erzielt werden können und zudem die Trennung von Aluminium und Eisen mittelst überschüssiger Kalilauge zeitraubend und dennoch ungenau ist, wie ich des öfteren erfuhr [1].

Auf andere etwa in dem Ammoniakniederschlage enthaltene Bestandtheile, seltene Erden etc. wurde keine Rücksicht genommen. In dem Filtrate vom Ammoniakniederschlage wird am besten nach Entfernung des überschüssigen Ammoniumchlorides durch Eindampfen der mit verdünnter HCl versetzten Lösung und gelindes Glühen und Wiederaufnahme mit verdünnter Essigsäure unter Zusatz von wenig Chlorammonium das Calcium durch zweimalige Fällung mit Ammoniumoxalat in kochend heisser Lösung niedergeschlagen und nach dem Glühen über dem Gebläse als Oxyd gewogen.

(Hat man mehr Chlorammoniumsalze in der Lösung, als gerade nöthig sind, die Magnesia in Lösung zu halten, so findet man stets etwas zu wenig Kalk, da stets in wässeriger Lösung so viel NH_4Cl in NH_3 und HCl dissociirt ist, dass ein, wenn auch geringer Theil des Kalks der Fällung entgeht.)

Im Filtrate von Calciumoxalat wird die Magnesia mit Natriumphosphat bestimmt, und zwar ohne den meist vorgeschriebenen Überschuss an Ammoniak.

---

[1] Neuerdings wird Thonerde und Phosphor durch Phenylhydrazin gefällt, nachdem die Lösung neutralisirt und das Eisen reducirt worden ist. Näheres siehe Journ. Am. Chem. Soc. **21**. 776. 1899; Chem. News. **31**. 158. 1900.

Es ist auch nach Neubauer (Zeitschr. f. angewandte Chemie. 1896. p. 435) nicht nöthig, die Ammoniaksalze zu entfernen, ausser wenn nur ganz wenig Magnesium vorhanden ist oder die Fällung beschleunigt werden soll.

Jedenfalls ist aber ein Überschuss des Fällungsmittels zu vermeiden; denn wenn ein solcher an Ammoniak und dem Fällungsmittel vorhanden ist, so bildet sich $Mg(NH_4)_4(PO_4)_2$ und man findet dann, wenn nach der gewöhnlichen Art geglüht worden, das Gewicht für Magnesia zu hoch, da sich $Mg(PO_3)_2$ anstatt $Mg_2P_2O_7$ bildet. Erst in der Hitze der Gebläseflamme setzt sich dann das Metaphosphat unter Verflüchtigung von P_2O_5 um nach der Formel $2Mg(PO_3)_2 = Mg_2P_2O_7 + P_2O_5$. Ohne den Ammoniaküberschuss bildet sich glatt $Mg(NH_4)PO_4$, das sich beim Glühen über der gewöhnlichen Flamme schon in Pyrophosphat verwandelt. (Man kann dann das Glühen auch im Platintiegel vornehmen, ohne dass derselbe sehr leidet.)

Die Alkalien wurden in einer besonderen Probe, die mit Fluss- und Schwefelsäure aufgeschlossen wurde, bestimmt. Die Entfernung der Magnesia geschah durch Quecksilberoxyd. Die Alkalichloride wurden gewogen und durch Bestimmung des Chlorgehaltes der Antheil des $NaCl$ und KCl berechnet.

Eine von L. Smith herrührende Methode der Aufschliessung mittelst Ammoniumchlorid, die schon von Fresenius angegeben wird und an der nordamerikanischen geologischen Landesanstalt allgemein gebräuchlich ist, erscheint bequem, doch hat man leicht Verluste durch Verflüchtigung, und will man genau und sicher gehen, so wird die Arbeit doch noch umständlicher als bei dem zuerst angegebenen Gange, der auch daher bei uns in der Praxis der allgemein übliche ist.

Die Bestimmung des Eisenoxyduls geschieht in einer besonderen Probe, die in einer Kohlensäureatmosphäre durch Fluss- und Schwefelsäure aufgeschlossen wird. Die Flusssäure wurde vorher auf die Abwesenheit von reducirenden Verunreinigungen geprüft. Die Bestimmung des Wassergehalts durch Trocknen der Substanz bei 100° wurde trotz der Ungenauigkeit der Methode für den vorliegenden Zweck als genügend erachtet.

II.

Die zur chemischen Untersuchung gelangten Basalte.

1. Die Basalte des Buschhorns bei Neuenhain und im Felde unterhalb des Sendbergs vor Frielendorf

liegen wenig entfernt von einander auf Blatt Ziegenhain der Messtischblätter der hessischen topographischen Aufnahmen links der Bahn Treysa—Malsfeld.

Bezüglich der geologischen und petrographischen Beschreibung dieser Basalte kann auf die Arbeiten von F. Rinne (Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst. f. 1892 u. 1897; Sitz.-Ber. d. Berl. Akad. 1893. **6**. 41) und von Max Bauer l. c. verwiesen werden. Von diesen Basaltvorkommnissen gelangten 4 Proben zur chemischen Untersuchung, je eine von der äusseren Glasrinde des Buschhorn- und Frielendorfer Gesteins, und je eine von dem normalsteinigen darunter liegenden, mit dem Glas verwachsenen Basalt.

Die Ergebnisse der Analyse sind folgende:

I. Basaltglas vom Buschhorn.
II. Basaltglas von den Feldern vor Frielendorf.
III. Basalt (krystallinisch) vom Buschhorn.
IV. Basalt (krystallinisch) vor Frielendorf.

	I.	II.	III.	IV.
SiO_2	54,73	52,97	47,77	46,50
TiO_2	1,43	1,19	1,24	1,01
Al_2O_3	18,64	16,22	19,49	18,60
Fe_2O_3	5,47	6,72	8,60	9,50
FeO	8,24	7,31	2,87	4,31
CaO	6,22	8,67	9,63	9,61
MgO	2,01	4,23	6,11	5,55
Na_2O	2,17	2,80	1,87	1,76
K_2O	0,74	0,63	1,01	1,01
P_2O_5	0,36	0,43	0,74	0,87
H_2O	0,21	0,19	1,86	2,11
	100,22	101,36	101,19	100,83

Die vorstehenden Analysen ergeben in Übereinstimmung mit vielen anderen in der Literatur verzeichneten Analysen von Basaltgläsern, dass der Kieselsäuregehalt zu einer für Basalte immerhin bemerkenswerthen Höhe ansteigt. Ebenso ist das Eisenoxydul und Na_2O etwas angereichert im Glase gegenüber dem normalkrystallinischen Basalt. Dem gegenüber

treten Kalk und Magnesia nebst Kali etwas im Glase zurück. In diesen Beziehungen stimmen die Analysen dieser Basaltgläser und der zugehörigen krystallinischen Basalte mit vielen, fast den meisten der in der Literatur beschriebenen ähnlichen Vorkommnisse überein. Es sind infolgedessen für diese Gesetzmässigkeit in der Verschiedenheit der chemischen Zusammensetzung der Rinde glasig erstarrter Basaltströme und der darunter liegenden normalen steinigen Basalte eine Anzahl Begründungen gegeben worden.

Mir scheint die beste Erklärung für diese Verhältnisse in der Annahme zu liegen, das Glas als eine feste Lösung zu betrachten, aus der vor dem Erkalten diejenigen Bestandtheile, die in der Analyse des Glases mit niedrigeren Procentzahlen erscheinen als in der des normalen Basaltes, als die leichter flüchtigen bei der Eruption gasförmig entwichen sind.

Es ist Thatsache, dass Kali leichter verdampft als Natron, welches im Glase eine Anreicherung zeigt; ebenso auch, dass Kalk und Magnesia zu verdampfen vermögen, während Thonerde, die im Glase und dem Basalt keine wesentlichen Unterschiede bezüglich ihrer Mengen zeigen, bisher nicht dazu gebracht werden konnte.

Da Kali bei ca. 667°, Natron bei 742°, Kalk und Magnesia zwischen 1000—1100° verdampfen, so liesse sich hieraus der Schluss ziehen, dass die Temperatur des Magmas jedenfalls über 1000° betragen habe.

Während von den meisten Basaltgläsern in conc. HCl eine Löslichkeit von 18—80 % angegeben wird, lösen sich bei den hier vorliegenden nur ganz geringe Spuren, und zwar ist im Auszuge mit conc. HCl nur Eisen in wägbarer Menge zu bestimmen. Dieses Eisen ist möglicherweise als gediegenes Eisen in ganz feiner Vertheilung im Glase vorhanden, da Erze nicht ausgeschieden sind. Eine Bestätigung scheint diese Vermuthung dadurch zu finden, dass ein Splitter des Glases in $AgNO_3$-Lösung gelegt nach einiger Zeit einen dünnen Überzug von metallischem Silber zeigt.

Ein makroskopisches Vorkommen von gediegenem Eisen im Gebiete der hessischen Basalte aus einem glasigen Lapillo des basaltischen Tuffs bei Homberg a. Ohm ist von A. Schwantke (Centralbl. f. Min. etc. 1901. 65) mitgetheilt worden.

Der Wassergehalt ist in den hier untersuchten Gläsern äusserst gering.

Zu erwähnen ist noch die leichte Schmelzbarkeit dieser Gläser in der Gebläseflamme. Sie werden hierbei, offenbar durch das Entweichen der bei der Erstarrung zu Glas eingeschlossenen Gase schaumig aufgetrieben. Der Bruch des Glases zeigt nach dem Schmelzen und Wiedererstarren einen bläulichen metallischen Schimmer.

Welcher Natur die in dem Basaltglase eingeschlossenen Gase sind, lässt sich schwer ermitteln. Wahrscheinlich ist, dass Chlorwasserstoffgas hierbei eine Rolle spielt. Kocht man nämlich das Glas mit destillirtem Wasser und leitet die aufsteigenden Gase in eine Lösung von Silbernitrat, so entsteht ein merklicher Niederschlag von Chlorsilber. Ob nun Chlorwasserstoff als solcher die feinen Poren des Glases und vielleicht auch einen Theil der in den Mineralien eingeschlossenen Dampfporen erfüllt, lässt sich nicht mit Sicherheit entscheiden. Ebenso könnten auch Chloride des Siliciums und Titans ($SiCl_4$, $TiCl_4$) vorhanden sein, die sich bei der Behandlung mit kochendem Wasser zersetzen und Salzsäure liefern.

Es muss noch bemerkt werden, dass nur ganz frisches Glas, das noch nicht lange dem Tageslicht oder der Luft ausgesetzt war, eine einigermaassen erhebliche Menge Chlorwasserstoff durch Auskochen liefert.

Auf Grund der durch die Analyse ermittelten Procentzahlen der einzelnen Oxyde wurde eine Berechnung der Mineralcomponenten vorgenommen. Es wurde versucht, durch das übliche System von Gleichungen[1] die Menge der einzelnen

---

[1] Vergl. Rosenbusch, Elemente der Gesteinslehre, 1. Aufl. p. 56.

Kalifeldspath	$K_2O\ Al_2O_3\ 6SiO_2$	$= x$
Natronfeldspath	$Na_2O\ Al_2O_3\ 6SiO_2$	$= y$
Kalkfeldspath	$CaO\ Al_2O_3\ 2SiO_2$	$= z$
Olivin	$MgO\ FeO\ SiO_2$	$= v$
Monokl. Augit	$(MgFe)O\ CaO\ 2SiO_2\ MgO(Al_2Fe_2)_3SiO_2$	$= u_1$
(Rhombischer Augit	$MgO\ FeO\ 2SiO_2$	$= u_2$)

Hieraus wird berechnet:

$6x + 6y + 2z + 2u + v$	$=$ Sa. SiO_2	Mole,
$x + y + z$	$=$ „ Al_2O_3	„
$z + u$	$=$ „ CaO	„
$x + y$	$=$ „ R_2O	„

das Gestein aufbauenden Mineralgemengtheile zu bestimmen und andererseits auch besonders die chemische Beschaffenheit des aus dem Magma von der gegebenen Zusammensetzung möglicherweise ausscheidbaren Feldspathes zu ergründen. Da keine Partialanalysen der einzelnen Gemengtheile ausgeführt werden konnten, musste eine ideale Zusammensetzung des Augits und Olivins angenommen und aus dem sich ergebenden Rest die Natur eines möglichen Feldspaths abgeleitet werden.

Für Apatit, falls welcher ausgeschieden, wurde eine dem P_2O_5 entsprechende Menge CaO, für Ilmenit oder Magnet-Titaneisen eine TiO_2 entsprechende Menge FeO und Fe_2O_3 in Abzug gebracht.

Lässt sich aus diesen Gleichungen auch das Magma nicht mit absoluter Genauigkeit in seine Componenten zerfällen, so ergiebt doch eine auf Grund der ausgemittelten Resultate angestellte Rechnung, ob die Analyse stimmen kann, und ob nicht die eine oder andere Molecülgruppe verschiedenen Mineralien angehören muss. Auch die Natur des Feldspaths lässt sich mit annähernder Genauigkeit bestimmen. Allerdings sind auch hier die Resultate nicht ganz sicher, da ein etwa bei der Krystallisation restirender, als Glas erstarrter Theil des Magmas bei der Rechnung ausser Ansatz bleiben musste, weil dessen chemische Zusammensetzung sich im einzelnen Falle der Kenntniss mehr oder weniger entzieht.

Es ergiebt sich bei diesen Berechnungen, dass im Glase ein saurerer Feldspath vorhanden sein muss als in dem normalen Basalt. Unter folgenden Nummern 1 und 2 sind die im Glase wahrscheinlich vorhandenen, unter 3 und 4 die Feldspäthe des normalkrystallinischen Basalts, wie sie sich aus der Berechnung ergeben, angeführt.

	1.	2.	3. Ab_3An_4	4. Ab_4An_5
SiO_2	55,55	58,11	53,73	53,70
Al_2O_3	28,35	26,62	29,58	29,50
CaO	10,36	8,34	11,79	11,95
Na_2O / K_2O	5,74	6,93	4,90	4,85
	100,00	100,00	100,00	100,00

Den unter 2 und 3 berechneten Feldspath kann man als eine Mischung der auf Grund der Partialanalysen beim Enstatitdolerit vom Kottenberg bei Ziegenhain gefundenen Plagioklase

	Albit	Labradorit Ab, An_3
SiO_2	68,48	49,58 SiO_2
Al_2O_3	19,40	32,56 SiO_2
Na_2O	11,80	15,47 CaO
		2,89 { Na_2O, K_2O

auffassen (vergl. p. 13 u. 16).

Es wäre dann auch hier der basischere Plagioklas als wirkliche Ausscheidung des Magmas zu betrachten, während das Glas ungefähr der Zusammensetzung des Albits entspräche. Dagegen spricht, dass sich bei den Gläsern vom Buschhorn

---

1.

66 % des unter 1 angeführten Feldspaths:

SiO_2	36,66
Al_2O_3	18,71
CaO	6,82
Na_2O, K_2O	3,70
	65,89 = α

1 % Olivin:

SiO_2	0,48
MgO	0,41
FeO	0,33
	1,22 = β

12 % Augit (rhomb.):

SiO_2	6,00
FeO	4,32
MgO	1,60
	11,92 = γ

an Rest bleiben:

SiO_2	11,59
FeO	3,59
Fe_2O_3	5,47
TiO_2	1,43
P_2O_5	0,36
H_2O_1	0,21
	22,65 = ϱ
$\alpha + \beta + \gamma + \varrho$	101,68
Bauschanalyse	100,22
Unterschied	1,46

vertheilt sich auf:

Al_2O_3	0,07
CaO	0,60
Na_2O, K_2O	0,79
	1,46

2.

59 % des unter 2 angeführten Feldspaths:

SiO_2	34,77
Al_2O_3	15,82
CaO	4,93
Na_2O, K_2O	3,91
	59,43 = α

½ % Olivin:

SiO_2	0,22
MgO	0,23
FeO	0,11
	0,56 = β

18 % Augit (rhomb.):

SiO_2	9,60
FeO	4,32
MgO	4,00
	17,92 = γ

an Rest bleiben:

SiO_2	8,38
CaO	3,74
Al_2O_3	0,40
Fe_2O_3	6,72
FeO	2,88
TiO_2	1,19
P_2O_5	0,43
H_2O	0,19
	23,93 = ϱ
$\alpha + \beta + \gamma + \varrho$	101,84
Bauschanalyse	101,36
Unterschied	0,48
zu wenig gefunden an Alkalien	0,48

und Frielendorf mit Salzsäure sozusagen gar nichts ausziehen lässt, während beim Enstatitdolerit vom Kottenberg sich in der Lösung mit conc. Salzsäure Alkalien, Kalk und Thonerde finden.

Es steht diese Berechnung eines saureren Feldspaths im Glase im Verhältniss zu dem etwas weniger saueren im steinigen Basalt in Übereinstimmung mit dem von Streng (Dolerit von Londorf) thatsächlich ermittelten Verhältnisse auf Grund von speciellen Analysen der dort vorkommenden Feldspäthe.

Die berechneten Mengenverhältnisse, in denen die einzelnen Gemengtheile gemäss der chemischen Gesammtzusammensetzung des einzelnen Gesteins stehen können, ergiebt sich aus folgender Zusammenstellung (Beginn der Tabelle p. 10):

3.		4.	
67 % des unter 3 oben angegebenen Feldspaths:		62 % des unter 4 oben angegebenen Feldspaths:	
SiO_2	36,80	SiO_2	34,15
Al_2O_3	19,39	Al_2O_3	18,06
CaO	7,92	CaO	7,86
Na_2O, K_2O	3,10	Na_2O, K_2O	2,85
	$67,21 = \alpha$		$62,92 = \alpha$
26,5 % Olivin:		27 % Olivin:	
SiO_2	10,07	SiO_2	10,15
FeO (F_2O_3)	10,50	FeO (F_2O_3)	11,49
MgO	6,00	MgO	5,40
	$26,57 = \beta$		$27,04 = \beta$
1,8 % Augit:		3,8 % Augit:	
SiO_2	0,90	SiO_2	2,20
Al_2O_3	0,10	Al_2O_3	0,54
CaO	0,60	FeO (F_2O_3)	0,51
FeO	0,10	CaO	0,46
MgO	0,11	MgO	0,15
	$1,81 = \gamma$		$3,86 = \gamma$
an Rest bleiben:		an Rest bleiben:	
TiO_2	1,24	TiO_2	1,01
$Fe_2O_3 + FeO$	0,87	$F_2O_3 + FeO$	1,81
P_2O_5	0,74	P_2O_5	0,87
CaO	1,11	CaO	1,29
H_2O	1,86	H_2O	2,11
	$5,82 = \varrho$		$7,09 = \varrho$
$\alpha + \beta + \gamma + \varrho$	101,41	$\alpha + \beta + \gamma + \varrho$	100,91
Analyse	101,19	Analyse	100,83
zu wenig gefunden an Alkalien	0,22	zu wenig gefunden an Alkalien	0,08

Für den Augit ist es bedeutsam, dass nach den Berechnungen der Kalkgehalt in dem unter No. 1 angeführten Glase zu niedrig ist, als dass sich monokliner Augit von der Formel $Ca(MgFe)Si_2O_6 . Mg(Al_2Fe_2)SiO_6$ hätte ausscheiden können, wie auch in der That die mikroskopische Untersuchung keinen monoklinen, aber ziemlich viel rhombischen Augit in dem Glase erkennen lässt. Dagegen ist der Kalkgehalt in den unter der Glasrinde liegenden krystallinischen Basalten zur Bildung einer geringen Menge monoklinen Augits ausreichend und es verbleibt noch ein Rest von 3,47 %. Es folgt hieraus mit grosser Wahrscheinlichkeit, dass der nicht kalkhaltige rhombische Augit im Glase No. 1 sich erst recht spät, jedenfalls später als die Feldspäthe ausgeschieden hat, nachdem der Kalkgehalt zur Mineralbildung vollständig verbraucht war. Hätte er sich vor dem Feldspath gebildet, so wäre wohl monokliner, kalkhaltiger Augit gemäss dem Kalkgehalt des Magmas entstanden. In No. 2 dagegen kann sich auch monokliner Augit ausgeschieden haben, das Material der Analyse stammt nicht von ganz reinem Glase. Der Rest lässt sich auf monoklinen Augit berechnen.

Es wurde ferner die Gesammtmenge des Sauerstoffs, der auf die Basen und die Kieselsäure entfällt, aus der Analyse berechnet. Die Summe der Sauerstoffatome ist bei den Gläsern und krystallinischen Basalten fast gleich, die Vertheilung auf die Basen und Kieselsäure sehr verschieden.

	1.	2.	3.	4.
a) Gesammtsumme der Sauerstoffatome .	2857	2891	2837	2856
b) Summe des Sauerstoffs der Basen . .	999	1269	1042	1282
c) „ „ „ „ Kieselsäure	1858	1622	1794	1574

1. Buschhornglas.
2. Buschhornbasalt.
3. Frielendorfglas.
4. Frielendorfbasalt.

Hieraus ergiebt sich nach der von Justus Roth angewandten Methode, eine Gesteinsanalyse auf Grund der sogen. Sauerstoffproportionen in die das Gestein constituirenden Mineralcomponenten zu zerfällen, dass der Mineralbestand der Gläser etwas von dem des normalen krystallinischen Basalts abweichen muss.

Auch in sonstigen für die Bildung gewisser Mineralcomponenten wichtigen Verhältnissen weisen die Analysen der Gläser und der zugehörigen Basalte Verschiedenheiten auf. So sind die Verhältnisse von $CaO + (Na_2K_2)O$ zu $(MgFe)O$ etwas verschieden.

	$CaO + (Na_2K_2)O$	$(MgFe)O$	
I. Basaltglas Buschhorn . .	1580	1640	= 1 : 1,04
II. „ Frielendorf . .	2067	2072	= 1 : 1,00
III. Basalt Buschhorn	2130	1930	= 1 : 0,90
IV. „ Frielendorf	2108	1985	= 1 : 0,94

In den Gläsern ist $(MgFe)O$ stärker als $CaO + (Na_2K_2)O$, während sich im krystallinischen Basalt das Verhältniss zu Gunsten der $CaO + (Na_2K_2)O$ umkehrt.

Auch in den Verhältnissen der Monoxyde zu den Sesquioxyden und zu der Kieselsäure und den Sauerstoffproportionen derselben zu einander sind Unterschiede vorhanden.

A.	$(CaMgFe)O + (Na_2K_2)O$	$(Al_2Fe_2)O_3$	$(SiTi)O_2$
I. Buschhorn Basaltglas . . .	1	0,67	2,20
II. Frielendorf Basaltglas . . .	1	0,48	2,12
III. Buschhorn Basalt	1	0,60	2,00
IV. Frielendorf Basalt	1	0,59	1,92

B. Sauerstoff	$(\overset{I}{R}_2\overset{II}{R})O$	R_2O_3	$(SiTi)O_2$
I. Buschhorn Basaltglas	1	2,00	4,40
II. Frielendorf Basaltglas	1	1,44	4,34
III. Buschhorn Basalt	1	1,80	4,00
IV. Frielendorf Basalt	1	1,77	3,84

Auch hieraus lässt sich a priori erkennen, dass im Glase und dem Basalte ein Unterschied in den ausgeschiedenen Mineralien zu erwarten ist, wie es die Beobachtung u. d. M. mit Sicherheit ergiebt.

2. Der Enstatitdolerit vom Kottenberg bei Ziegenhain.

Das Material zur Untersuchung stammt von dem Basaltstrome, der am Wege von Ziegenhain nach Leimsdorf prachtvoll aufgeschlossen ist. Die Oberfläche des Stromes ist stark blasig entwickelt. Unter dieser liegt ein äusserlich sehr in Verwitterung begriffener Basalt von eigenthümlichem Aussehen. Es sind Kugeln, die wie Mehlsäcke aufeinander liegen und von denen sich wie von einer Zwiebel Schalen abtrennen lassen. Zwischen den Kugeln liegt ein amorphes, stark wasser-

haltiges Silicatgemenge, das sich mit den Fingern kneten lässt. Es ist ein Verwitterungsproduct des Glases, von dem man noch frische Reste gefunden hat.

Die mikroskopische Untersuchung dieses Gesteins lehrt, dass man es mit einem enstatitführenden Dolerit zu thun hat, dessen Oberfläche glasig entwickelt war; unter diesem folgte die blasige Schicht und darunter der krystallinische Enstatitdolerit.

Das eine Handstück (1), von dem die Analysen 1 a und 1 b angefertigt wurden, zeigt in der Grundmasse vorwiegend Feldspäthe. Von diesen ist ziemlich viel z. Th. stark verwittert und in eine amorphe Substanz (vielleicht Opal) verwandelt. Neben Feldspath und Olivin ist ein farbloser, gerade auslöschender rhombischer Augit vorhanden mit niederen Interferenzfarben und ohne Pleochroismus, der demnach als Enstatit gedeutet werden könnte, während er nach dem Ergebniss der weiter unten stehenden Partialanalyse schon als Bronzit zu bezeichnen wäre. Im Schliff fehlen ebenso wie im Glasbasalt vom Buschhorn und von Frielendorf jegliche Ausscheidungen von Erzen und Apatit.

Das zweite Handstück (2), das Material zu einer Analyse lieferte, ist von dem ersten nur durch seine Erzführung und die Anwesenheit von Apatit wesentlich verschieden. Das Erz ist ausschliesslich Titaneisen.

Die Ergebnisse der Analysen waren folgende:

	1 a. Erste Analyse.	1 b. Zweite Analyse.	2.
SiO_2	44,64	44,60	51,68
TiO_2	2,31	1,99	1,56
Al_2O_3	20,63	20,37	20,12
Fe_2O_3	11,60	12,41	5,17
FeO	2,98	2,67	1,08
CaO	9,47	6,90	6,49
MgO	0,47	4,30	4,10
Na_2O	3,20	1,86	3,36
K_2O	1,75	1,46	1,56
P_2O_5	0,81	0,56	1,11
H_2O	2,90	4,12	4,30
	100,76	101,24	100,53

Die vorstehenden Analysen zweier Handstücke desselben Gesteinscomplexes stimmen in manchen Beziehungen recht gut

überein; es ergeben sich jedoch auch einige bedeutende Abweichungen. Der Grund hierfür muss einerseits in dem verschiedenen Verwitterungsstadium der beiden Handstücke, andererseits jedoch auch in der Verschiedenheit des zur Krystallisation gelangenden Magmas liegen.

Besonders der verhältnissmässig niedrige Kieselsäuregehalt in 1 gegenüber dem von 2 weist auf eine Verschiedenheit des Magmas hin.

Bemerkenswerth ist noch der Unterschied der beiden Analysen unter 1. So gut sie in grossen Zügen übereinstimmen, so sind doch im Einzelnen bei CaO, MgO und Na_2O recht bedeutende Abweichungen zu constatiren, ein Beweis, wie die chemische Beschaffenheit eines Gesteinscomplexes Schritt für Schritt, ja also selbst im kleinen Handstück bei sonstiger scheinbarer Übereinstimmung in Bezug auf die Mineralcomponenten, den Grad der Frische oder der Verwitterung, wechseln kann. Auffallend war bei den 3 Analysen der ziemlich geringe Gehalt an Magnesiumoxyd. Der rhombische Augit musste nach den oben angeführten mikroskopischen Beobachtungen als Enstatit angesprochen werden. Da er ziemlich reichlich vorhanden war, so hätte er in Verbindung mit der auch nicht ganz geringen Menge von Olivin wohl einen etwas grösseren Gehalt an MgO in der Analyse zur Folge haben müssen.

Es wurde daher versucht, durch eine Partialanalyse die chemische Zusammensetzung des rhombischen Pyroxens näher zu bestimmen. Zunächst wurde durch die Behandlung des Schliffs mit reiner Salzsäure und Flusssäure festgestellt, dass das Pyroxenmineral so gut wie gar nicht angegriffen wurde, so dass man hoffen durfte, durch Ausziehen des Gesteinspulvers mit Salzsäure und darauf folgende Behandlung mit Flusssäure als unangegriffenen Rückstand den rhombischen Augit zu behalten.

Es wurde also eine abgewogene Menge des nicht zu fein zerkleinerten Gesteins, dessen Bauschanalyse oben unter No. 2 angegeben ist, mit Salzsäure ausgekocht und der Salzsäureauszug der Analyse unterworfen. Der Rückstand wurde mit kochender Natriumcarbonatlösung digerirt, um die nicht ins Filtrat gegangene Kieselsäure, die sich gallertig oder

pulverig abgeschieden hatte, in Lösung zu bringen. In der HCl-Lösung befanden sich:

SiO_2	2,34 %
$FeO + Fe_2O_3$	2,11 „
Al_2O_3	12,59 „
CaO	6,29 „
MgO	1,81 „
$(K_2Na_2)O$	1,13 „
	26,27 %

Mit der Natriumcarbonatlösung wurden 20,16 % SiO_2 aus dem Rückstand ausgezogen.

Aus der letzteren Menge SiO_2 nebst dem CaO, Al_2O_3 und den Alkalien der salzsauren Lösung wurde durch Umrechnung auf 100 % ein Feldspath von folgender Zusammensetzung berechnet:

SiO_2	49,08
Al_2O_3	32,56
CaO	15,47
Na_2O, K_2O	2,89
	100,00

Es entspricht diese Zusammensetzung einem Plagioklas Ab_1An_3, der folgende Mengen an Kieselsäure und Basen erfordert:

SiO_2	49,26
Al_2O_3	32,60
CaO	15,31
Na_2O, K_2O	2,83
	100,00

Die SiO_2 des salzsauren Auszuges nebst MgO und $FeO + Fe_2O_3$ führten durch Umrechnung auf 100 % zu einem eisenreichen Olivin von folgender Zusammensetzung:

SiO_2	37,5 %
MgO	28,8 „
FeO	33,7 „
	100,0 %

Der Rest des Pulvers = 53,57 % der Gesammtmenge wurde mit HFl behandelt und erwärmt, bis alle überschüssige Flusssäure verraucht war. Dann wurde mit H_2SO_4 aufgenommen und abgedampft zur Umwandlung von Alkali-

aluminiumfluoriden in Sulfate, die mit Wasser heiss ausgelaugt wurden. Der Rückstand von 10,28 % der Gesammtmenge wurde aufgeschlossen und gesondert analysirt.

In diesem wurden bestimmt:

SiO_2	6,07 %	der ganzen angewandten Substanz.
$FeO + Fe_2O_3$ . .	1,80 „	
MgO	2,41 „	

Durch Berechnung auf 100 % ergiebt sich hieraus ein Mineral mit

SiO_2	59,04
FeO	17,50
MgO	23,46
	100,00

Es entspricht diese Zusammensetzung einem rhombischen Pyroxen von der Art des Bronzits.

Mit Flusssäure waren verflüchtigt

SiO_2 . . . . . 23,11 % der ursprünglichen Menge;

als Sulfate wurden bestimmt und umgerechnet

Al_2O_3	6,71 %
Na_2O, K_2O	3,82 „

Durch Berechnung der hierdurch gegebenen Daten auf 100 % erhält man

SiO_2	68,49
Al_2O_3	19,80
Na_2O, K_2O	11,28

Es entspricht dies nahezu einem reinen Albit, der erfordert

SiO_2	68,68
Al_2O_3	19,40
Na_2O	11,80

Ob Albit thatsächlich als Mineral in diesem Enstatitdolerit enthalten ist, scheint mehr als zweifelhaft; optische Merkmale dafür an den allerdings recht kleinen Feldspathindividuen ergeben sich nicht. Es ist wahrscheinlicher, dass das Glas, das als sauerster Rest des Magmas die Verfestigungsperiode des Gesteins abschloss, eine dem Albit ähnliche Zusammensetzung besitzt.

Vergleich der Bauschanalyse mit der Partialanalyse. (Zu p. 20.)

Bauschanalyse.	
SiO_2	51,68
TiO_2	1,56
Al_2O_3	20,12
F_2O_3	5,17
FeO	1,08
CaO	6,49
MgO	4,10
Na_2O	3,36
K_2O	1,56
P_2O_5	1,11
H_2O	4,30
	100,53

Es blieben in der Partialanalyse unbestimmt Phosphor- und Titansäure. Letztere in der Bauschanalyse mit 1,56 % enthalten, muss mit dem Eisen, das bei der Behandlung mit $HFl + H_2SO_4$ in Lösung gegangen und durch Abzug des in der **HCl**-Lösung und dem Bronzit-Rückstande gefundenen von dem Gehalte der Oxyde des Eisens der Bauschanalyse berechnet wurde, das Erzmineral gebildet haben.

Partialanalyse.	
SiO_2	2,34
	20,16
	23,11
	6,07
	51,68
Bauschanalyse	51,68
Differenz	0,00
Al_2O_3	12,59
	6,71
	19,30
Bauschanalyse	20,12
	0,82
zu wenig in der Partialanalyse gefunden	0,82
CaO	6,29
Bauschanalyse	6,49
zu wenig in der Partialanalyse gefunden	0,20
MgO	2,41
	1,81
	4,22
Bauschanalyse	4,10
zu viel in der Partialanalyse gefunden	0,12
Na_2O	1,13
K_2O	3,82
	4,95
Bauschanalyse	4,92
zu viel in der Partialanalyse gefunden	0,03
$FeO + F_2O_3$	2,11
	1,80
	3,91
Bauschanalyse	6,25
	2,34[1]

[1] Diese Menge muss der bei der Behandlung mit $HFl + H_2SO_4$ in Lösung gegangenen entsprechen.

Für die Bildung des Erzminerals bleiben bei der Berechnung der Analysendaten 1,56 % TiO_2 und 2,5 % Oxyde des Eisens übrig. Letztere wurden zugleich mit der als Sulfat vorhandenen Thonerde und den Alkalien (nach Umsetzung der Alkalialuminiumfluoride mit H_2SO_4) annähernd genau bestimmt. TiO_2 war nicht mehr nachzuweisen, da es sich wahrscheinlich mit der Flusssäure verflüchtigt hatte.

Wie bei den Gesteinen des Buschhorns und von Frielendorf, wurden auch hier die Verhältnisse des Sauerstoffs der Basen zu dem der Kieselsäure ausgerechnet.

Es verhalten sich

	Sauerstoff d. Basen	Sauerstoff d. SiO_2	Sa.
1 a. Erste Analyse . . .	13056	15482	28538
1 b. Zweite Analyse . .	13773	15402	29175
2.	12703	18211	30914

Das Verhältniss

	$CaO + (Na_2K_2)O$	: $(MgFe)O$	
ist bei 1 a.	2393	567	= 1 : 0,23
1 b.	1687	1287	= 1 : 0,79
2.	1867	1175	= 1 : 0,63

Das Verhältniss von

	$(\overset{I}{R}_2\overset{II}{R})O$	: $\overset{III}{R}_2O_3$	: $(SiTi)_2$
ist bei 1 a.	1	: 0,94	: 2,60
1 b.	1	: 0,93	: 2,60
2.	1	: 0,93	: 3,00

Man ersieht, dass während die Proportionen $CaO + (Na_2K_2)O : (MgFe)O$ sehr veränderlich sind, das Verhältniss der Monoxyde zu den Sesquioxyden und der Kieselsäure ein verhältnissmässig recht constantes ist.

Auf Grund der Gleichungen, in die in diesem Falle gleich die für die einzelnen Componenten gefundenen Verhältnisse eingesetzt werden konnten, zerfällt das Magma in

40,5 % Feldspath mit Ab_1An_3:

SiO_2	49,58	SiO_2	20,16
Al_2O_3	32,56	Al_2O_3	12,95
CaO	15,47	CaO	6,29
Na_2O / K_2O	2,89	Na_2O / K_2O	1,13
		α =	40,53

33,6 % Glas von einer Zusammensetzung ähnlich dem Albit:

SiO_2	68,49	SiO_2	23,11
Al_2O_3	19,80	Al_2O_3	6,71
Na_2O, K_2O	11,28	Na_2O, K_2O	3,82
		β =	33,64

6,26 % Olivin von der Zusammensetzung:

SiO_2	37,5	SiO_2	2,34
MgO	28,8	FeO (+ Fe_2O_3)	2,11
FeO	33,7	MgO	1,81
		γ =	6,26

10 % Augit von der Formel:

SiO_2	59,04	SiO_2	6,07
FeO	17,50	FeO (Fe_2O_3)	1,80
MgO	23,46	MgO	2,41
		δ =	10,28

3,90 % Titaneisen:

TiO_2	1,56
F_2O_3	2,34
ε =	3,90

1,21 % Apatit:

P_2O_5	1,11
CaO	0,20
ζ =	1,31

(Folgt Tabelle p. 18.)

3. Dolerit, anstehend am Wege von Obergrenzebach nach Niedergrenzebach.

Nicht weit entfernt von dem vorher beschriebenen Enstatitdolerit steht an der Strasse von Niedergrenzebach nach Obergrenzebach ein säulenförmig abgesonderter Basalt an. Die Säulen stehen nahezu senkrecht und gestatten die Annahme, dass ein Basaltstrom, der vielleicht vom nahegelegenen Gerstenberg geflossen ist, vorliegt.

Die mikroskopische Betrachtung lehrt, dass wir einen typischen Dolerit nach der Definition Sandberger's und Streng's vor uns haben mit der Ausbildung des Erzes in zahlreichen Ilmenittafeln mit streckenweise paralleler Lagerung. Der Hauptgemengtheil des Dolerits besteht aus Plagioklas. Neben ihm ist monokliner Augit reichlich vorhanden. Ebenso ist Olivin ausgeschieden, der randlich in ganz schmalem Saume ziemlich stark verwittert, im Innern noch ganz frisch erhalten ist. Rhombischer Augit fehlt. An Nebengemengtheilen ist Apatit in feinen dünnen Säulchen recht reichlich zu bemerken, hauptsächlich im Feldspath.

Das Ergebniss der Analyse ist folgendes:

SiO_2	49,53
TiO_2	1,86
Al_2O_3	14,10
Fe_2O_3	6,12
FeO	6,21
CaO	9,39
MgO	6,61
Na_2O	2,28
K_2O	2,12
P_2O_5	0,98
H_2O	0,86
	100,06

Das Verhältniss des Sauerstoffs der Basen zu dem der Kieselsäure ist 11538 : 15842 = 1 : 1,38.

Die Monoxyde verhalten sich zu den Sesquioxyden und der Kieselsäure wie 1 : 0,37 : 1,70. Die Sauerstoffverhältnisse derselben zu einander wie 1 : 1,10 : 3,40.

Die Moleculargruppe $CaO + (Na_2 K_2) O : (Mg Fe) O$ = 2271 : 2516 = 1 : 1,0.

Eine Berechnung des Mengenverhältnisses der einzelnen Mineralcomponenten und der Art des vorhandenen Feldspathes führte zu nachstehend angegebenem Resultate. Zum Vergleich ist die Analyse nebenan gesetzt.

Analyse.		55 % Feldspath von der Zusammensetzung:			
SiO_2	49,53	SiO_2	58,32	SiO_2	32,20
TiO_2	1,86	Al_2O_3	25,61	Al_2O_3	13,70
Al_2O_3	14,10	CaO	9,11	CaO	5,11
F_2O_3	6,12	Na_2O / K_2O	7,60	K_2O / Na_2O	4,21
FeO	6,21			a =	55,22
CaO	9,39				
MgO	6,61	25,7 % Olivin:		SiO_2	9,40
Na_2O	2,28			FeO (F_2O_3)	10,40
K_2O	2,12			MgO	5,90
P_2O_5	0,98			b =	25,70
H_2O	0,86	13,7 % Augit:		SiO_2	7,93
	100,06			Al_2O_3	0,40
				FeO (F_2O_3)	1,18
				CaO	3,36
				MgO	0,71
				Na_2O / K_2O	0,19
				c =	13,77

Es bleiben an Rest zur Bildung von Erz und Apatit:

	TiO_2	1,86
	F_2O_3 (FeO)	0,75
	P_2O_5	0,98
	CaO	0,92
ferner:	H_2O	0,86
	r =	5,37
	a + b + c + r	100,06
	Bauschanalyse	100,06

Bezüglich der Ausscheidung von Titaneisen und Magneteisen im Basalt ist folgendes zu bemerken: K. Hofmann sprach in den Basalten des Bakony (Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1877. **29**. 185—193) seine Meinung dahin aus, dass Titaneisen bei höherem Druck die schwerer lösliche und daher leichter auskrystallisirbare Verbindung sei; beim Magneteisen dagegen die Verhältnisse umgekehrt lägen. Diese Ansicht bezüglich der verschiedenen Löslichkeit des Titan- und Magneteisens bei grösserem oder geringerem Drucke scheint mir nicht haltbar. Nach dem Sorby'schen Gesetz des Einflusses des Druckes auf die Löslichkeit einer Verbindung ergiebt sich, dass der Druck die Ausscheidung solcher Salze befördert, bei deren Krystallisation eine Contraction stattfindet, dagegen die Ausscheidung solcher Salze hemmt, die sich bei der Krystallisation dilatiren. Demgemäss müsste bei der Krystallisation des Titaneisens eine Contraction, bei der des Magneteisens eine Ausdehnung statthaben. Ein derartig verschiedenes Verhalten so enge verwandter Erze scheint mir nicht möglich.

Hofmann schliesst diese Verschiedenheit des Verhaltens der beiden Erze aus der Thatsache, dass in dem Gebiet des Bakony die centralen Theile der Basaltkegel meist titaneisen-, die peripherischen magneteisenhaltig sind.

Diese Thatsache mag wohl im Bakony vorliegen, anderwärts wird doch wohl ebenso häufig gerade das umgekehrte Verhältniss beobachtet, dass die Decken und Ströme Titaneisen führen, die tieferen Stöcke der basaltischen Kegel dagegen Magneteisen.

Dagegen ist wohl allgemein bezüglich des Dolerits (Sandberger) feststehend, dass er etwas saurer ist als der Basalt,

wenn es auch nur 1—2 % SiO_2 mehr sind, die ihn auszeichnen, und durchweg ist wohl auch eine Gröberkörnigkeit beim Dolerit zu beachten.

Eine Massenwirkung, also rein chemische Verhältnisse, spielen sicher nur eine geringe Rolle bei der Entscheidung, ob sich Titan- oder Magneteisen ausscheidet, da ein durchgreifender wesentlicher Unterschied weder im Gehalt an Titan noch in seinen Verhältnissen zu den Oxyden des Eisens sich findet.

Da das Titaneisen eine der ersten Ausscheidungen eines Magmas ist, so könnte man vielleicht die Thatsache, dass die Decken, also die ersten Ergüsse des Magmas, meist titaneisenführend sind, daher erklären, dass sich dasselbe als ausgeschiedenes Salz an den kälteren Theilen des Magmas angereichert hätte. Das Magneteisen, auch unbestritten eine sehr frühe Ausscheidung, hätte jedoch demselben Gesetze folgen und sich gegen die Abkühlungsfläche hin angereichert haben müssen, und man müsste die weitere Annahme machen, dass sich das Magneteisen z. Th. durch die bei der Constituirung der Grundmassegemengtheile frei werdende Wärme wieder gelöst und zu deren Aufbau z. Th. verwandt worden wäre oder noch z. Th. im Glase steckte.

Sollte sich jedoch das Titaneisen später als die porphyrischen Einsprenglinge, also nach dem Erguss gebildet haben, so müsste man an die Mitwirkung von agents minéralisateurs denken, deren Wirkung in der Tiefe durch den Druck unmöglich gemacht, erst nach Aufhebung des Druckes zur Geltung gekommen wäre. Dass sich Titaneisen unter Beihilfe von agents minéralisateurs noch bei der niedrigen Temperatur von 270—300° C. bilden kann, hat Bruhns erwiesen[1].

Da die Formel des Titaneisens endlich einen höheren Sauerstoffgehalt verlangt als das Magneteisen, so wäre eventuell der Mitwirkung des erhöhten Sauerstoffgehaltes in den höheren Theilen des Magmas eine gewisse Rolle zuzuschreiben.

Endlich könnte an eine ähnliche Entstehung des Titaneisens wie die des Eisenglanzes gedacht werden. Wie letzterer durch Einwirkung des Wasserdampfes auf Eisenchlorid ent-

---

[1] cfr. Bruhns, Beiträge zur Mineralsynthese. Dies. Jahrb. 1889. II. 65.

steht, so könnte auch die Vermuthung eine gewisse Berechtigung haben, dass der sich beim Erguss des Magmas entbindende Wasserdampf eine Einwirkung auf Titan in seiner Verbindung als Chlorid gehabt habe. Aus der Isomorphie der beiden Mineralien Titaneisen und Eisenglanz auf ähnliche Entstehungsweise zu schliessen, ist vielleicht nicht so ganz unberechtigt. Am natürlichsten erscheint mir diese Erklärung für die Ilmenitkrystalle in den Drusenräumen des Londorfer Dolerits, der von Streng beschrieben wurde.

4. Limburgit vom Fusse des Stellbergs bei Homberg a. Efze.

Am Fusse des Stellbergs bei Homberg an der Effze steht ein Gestein an, das gänzlich feldspathfrei ist. Die einzigen Ausscheidungen von Silicaten sind Olivin und Augit. Ersterer ist in reichlicher Menge, im Kern wasserhell und frisch, an den Rändern durch Zersetzung gelb gefärbt. Von magmatischer Resorption ist nichts zu bemerken. Nach dem Olivin wurde Augit ausgeschieden, dem monoklinen System angehörig. Im durchfallenden Lichte ist er hellgrau gefärbt und zeigt Polarisationsfarben niedriger Ordnung.

Der Rest des Magmas erstarrte als Glas. An manchen Stellen ist das braune Glas trichitisch entglast.

Von accessorischen Gemengtheilen ist im Limburgit des Stellberges an Erzen ausschliesslich Magnetit zur Ausscheidung gelangt. Apatit findet sich nur stellenweise ziemlich häufig.

Bei Augit und Olivin sind häufiger Zwillingsbildungen zu beobachten. Vielleicht können dieselben als Beispiele für Weinschenk's „Piëzokrystallisation“ dienen (vergl. Beiträge zur Petrographie der östlichen Centralalpen, Abhandl. d. bayr. Akad. d. II. Cl. **18**. III. Abth. 1894. p. 741).

Dass die Häufigkeit verzwillingter Individuen abnimmt mit der langsameren Erkaltung eines Gesteins, giebt E. Stecher, Contacterscheinungen an schottischen Olivindiabasen (T. M. P. M. **9**. 1887. p. 155) an. Die Zwillingsbildung mag also mit der schnellen Verfestigung des Limburgits zusammenhängen.

Die Analyse des Limburgits vom Stellberg lieferte folgende Zahlen:

SiO_2	42,21
TiO_2	1,90
Al_2O_3	17,45
Fe_2O_3	5,90
FeO	6,60
CaO	12,60
MgO	11,00
Na_2O	1,12
Ka_2O	0,87
P_2O_5	0,93
H_2O	0,98
	101,56

Es wurde versucht, auf Grund des eingangs angegebenen Systems von Gleichungen festzustellen, ob dieser Limburgit mit chemischer Nothwendigkeit unter normalen Erstarrungsbedingungen keinen Feldspath hätte ausscheiden können. Bei diesem Versuch ergiebt sich, dass sich der chemischen Zusammensetzung gemäss wohl ein Feldspath bilden konnte von folgender Zusammensetzung:

	$Ab_4 An_7$
SiO_2	51,34
Al_2O_3	31,20
CaO	13,67
Na_2O / K_2O	3,79

Das Glas des Limburgits muss demnach eine ähnliche Zusammensetzung wie dieser Feldspath besitzen.

Die ganze Zerfällung des Magmas würde das hierunter angegebene Resultat liefern:

Analyse.

SiO_2	42,21
TiO_2	1,90
Al_2O_3	17,45
F_2O_3	5,90
FeO	6,60
CaO	12,60
MgO	11,00
Na_2O	1,12
K_2O	0,87
P_2O_5	0,93
H_2O	0,98
	101,56

51 % oben genannten Feldspaths (das Glas muss dessen Zusammensetzung besitzen).

SiO_2	26,01
Al_2O_3	15,91
CaO	6,60
Na_2O / K_2O	1,93
a =	50,45

16,5 % Olivin

SiO_2	6,70
FeO (F_2O_3)	1,20
MgO	8,48
b =	16,38

23 % Augit:

SiO_2	9,50
Al_2O_3	1,54
FeO (F_2O_3)	5,11
CaO	4,31
MgO	2,52
Na_2O / K_2O	0,06
c =	23,04

Es bleiben an Rest:

FeO (F_2O_3)	6,19
TiO_2	1,90
P_2O_5	0,93
CaO	1,69
H_2O	0,98
r =	11,69
a + b + c + r	101,56
Bauschanalyse	101,56

Da sich bei der Zersetzung des Limburgits mit conc. HCl alles löst mit Ausnahme des Augits, so wurde die salzsaure Lösung analysirt, um aus den gefundenen Mengen Thonerde, Kalk und Alkali zu berechnen, ob dieselben im Verhältnisse eines Gliedes der Mischungsreihe der Plagioklase stünden.

In der salzsauren Lösung befinden sich:

Al_2O_3	11,90
CaO	4,30
Na_2O / K_2O	1,80

Die Zahlen stehen annähernd in dem Verhältnisse, wie es ein Plagioklas $Ab_1 An_1$ erforderte.

SiO_2	55,55
Al_2O_3	28,35
CaO	10,36
Na_2O / K_2O	5,74

Die Zusammensetzung weicht nicht wesentlich von der nach dem Gleichungssystem berechneten ab. Die Abweichungen lassen sich durch kleine Fehler in der Analyse, die sich bei Berechnung der Partialanalyse auf 100 % noch vergrössern, erklären.

Dass sich aus dem Limburgit unter geeigneten Bedingungen noch Silicate, z. B. Feldspath hätte ausscheiden können, lehrt folgender Versuch.

Limburgitpulver wurde im Platintiegel geschmolzen und langsam erkalten gelassen.

Ein von der erstarrten Schmelze angefertigter Schliff zeigt Ausscheidungen deutlich lamellirten Feldspaths.

Eine andere Thatsache spricht dafür, dass die Limburgite jedenfalls z. Th. wohl noch im Stande sind, unter geeigneten Umständen weitere Krystallbildungen hervorzubringen.

Es wurden Splitter von dem hier besprochenen Limburgit in der Gebläseflamme zu schmelzen gesucht. Diese Operation gelingt merkwürdigerweise recht schwer, während Feldspathbasalte meist mit äusserster Leichtigkeit schmelzen.

Der Limburgit berstet bei diesen Schmelzversuchen auf und wird von klaffenden Rissen durchsetzt; bei steigender Hitze zerspringt er allmählich in Scherben, die beim Anschlagen einen hellen Ton geben. Die vorher dunkelgraue Farbe geht in ein lichtes Grau über.

Das Bersten des Limburgits kann ausser durch den Verlust des Wassers bei der Glühhitze nur durch Contraction infolge weiterer Krystallbildung erklärt werden. Das Glas des Limburgits lässt sich daher als eine feste Lösung betrachten, deren innere Reibung durch die Wärmezufuhr theilweise aufgehoben wird, wodurch neue Krystallbildungen erfolgen können.

In der That zeigt ein nachträglich angefertigter Schliff im Glas des Limburgits Entglasungsproducte, die man für Feldspathausscheidungen halten darf.

Auf die Entstehung der Limburgite vermag diese Thatsache einiges Licht zu werfen; offenbar sind manche Limburgite so schnell erstarrt, dass der Rest des Magmas, selbst wenn er bei langsamer Erkaltung noch fähig gewesen wäre, gemäss seiner chemischen Zusammensetzung noch Mineralien auszuscheiden, nicht mehr krystallisiren konnte. Wenn man jetzt nachträglich die Wärme, die bei der Entstehung des Limburgits zur Individualisirung des letzten Magmarestes nicht mehr ausreichte, auf den Limburgit einwirken lässt, so scheiden sich jetzt noch im Glase Krystallindividuen aus, durch deren

Entstehung sich die Contraction und die infolgedessen sich bildenden Risse und Sprünge erklären lassen.

Chelius berichtet von Gläsern vom Rossberg bei Darmstadt und Kleinsteinheim (Notizbl. d. Ver. f. Erdkunde. IV. Folge. 17. Heft. 1896; auch dies. Jahrb. 1886. II. p. 43), die schon bei kurzem Liegen am Sonnenlicht krystallinische Ausscheidungen erkennen lassen.

Es erübrigt noch, die auch bei den vorher besprochenen Gesteinen angeführten Verhältnisse bezüglich des Sauerstoffs der Basen zu dem der Kieselsäure u. s. w. anzugeben.

Der Sauerstoff der Basen verhält sich zu dem der Kieselsäure wie 133 : 145 = 1 : 1,09.

Die Monoxyde zu den Sesquioxyden und zu der Kieselsäure wie 1 : 0,33 : 1,17 und der Sauerstoff der Monoxyde zu dem der $\overset{II}{R}O_3$ und $(SiTi)O_2$ = 1 : 0,99 : 2,34.

Bei einem der obigen Schmelzversuche fiel etwas auf, das ich nicht unerwähnt lassen will. Als das geschmolzene Pulver eines Limburgits zum Loslösen der ganz glasigen Schmelze (kleine Splitter u. d. M. zeigten, dass absolut homogenes Glas gebildet war) mit kohlensaurem Natron aufgeschlossen werden sollte, löste sich alsbald die ganze Masse aus dem Tiegel. Der von der Natriumcarbonatschmelze noch nicht aufgeschlossene Theil zeigt ein ganz verändertes Aussehen. Die vorher ganz schwarze Farbe war in ein dunkles Grau übergegangen, der glasige Habitus war verschwunden, der Bruch zeigte ein vollkommen krystallines Aussehen. Ein Dünnschliff, unter das Mikroskop gebracht, liess zahlreiche Augite erkennen, die eigenthümlicherweise bei gleicher Dicke der Schliffe höhere Polarisationsfarben aufwiesen als die ursprünglich in dem Limburgit vorhanden gewesenen. Vielleicht hatte das Glas aus der Sodaschmelze neue Bestandtheile aufgenommen, die krystallbildend wirkten, oder, was mir wahrscheinlicher dünkt, die Kohlensäure, die sich aus der Schmelze entwickelte, wirkte als agent minéralisateur. Dass Kohlensäure auf Schmelzflüsse entglasend und krystallbildend wirkt, wird von Michel-Lévy, Fouqué etc. angenommen, und deren Ansicht glaube ich durch diesen Fall wiederum bestätigt.

5. Der Nephelinbasalt vom Werrberg bei Homberg a. Efze.

Dieses Gestein enthält als ältestes Krystallisationsproduct Olivin; neben ihm ist monokliner Augit vorhanden. Als letzter Rest des Magmas hat sich in den Interstitien der vorher ausgeschiedenen Minerale Nephelin individualisirt. Obschon er nie eigene krystallographische Begrenzung zeigt, sondern in

seiner Form stets von den ihn umgebenden Bildungen abhängig ist, sprechen die optischen Merkmale für Nephelin. Noch sicherer stellt die mikrochemische Reaction sein Dasein fest.

An Nebengemengtheilen ist an Erzen nur Magnetit vorhanden. Apatit ist in diesem Nephelingestein recht häufig, besonders im Nephelin selbst, so dass man fast glauben möchte, der Apatit resp. dessen Gehalt an Phosphorsäure hätte als Mineralbildner gewirkt.

Die Ergebnisse der Analyse sind folgende:

SiO_2	36,38
TiO_2	2,08
Al_2O_3	16,08
Fe_2O_3	12,86
FeO	6,93
CaO	15,53
MgO	5,01
Na_2O	2,44
K_2O	1,15
P_2O_5	1,12
H_2O	0,82
	100,40

Der Nephelinbasalt ist demnach ein äusserst basisches Gestein. Das Verhältniss des Sauerstoffs der Basen zu dem der Kieselsäure ist gleich 12292 : 12632, fast 1 : 1, ein bedeutend niedrigeres als bei allen vorher beschriebenen Basalten. Das absolute Gewicht des Sauerstoffs beträgt 41,68 % zu 58,32 %, dem Gewicht der anderen Elemente. Es ist dies auffallend, da bei den übrigen Basalten dasselbe stets um mehrere Procent höher ist.

Es scheint dies ein charakteristisches Merkmal der Nephelinbasalte zu sein, da es sich bei fast allen Nephelinbasalten bemerkbar macht.

Das Verhältniss der Monoxyde zu den Sesquioxyden und der Kieselsäure ist 1 : 0,43 : 1,11, das des Sauerstoffs derselben zu einander = 1 : 1,29 : 2,22.

Die Molecülgruppen $CaO + (Na_2K_2)O : (MgFe)O = 329 : 221 = 1 : 0,70$.

Eine Berechnung auf Grund der Constitutionsgleichungen ergab die folgenden Resultate, wobei für den Augit ein recht hoher Kalk- und Thonerdegehalt angenommen werden musste,

da kein Mineral ausgeschieden ist, dem man den hohen Kalkgehalt einfügen könnte.

Molecularproportionen der Analyse.

SiO_2	0,6063
TiO_2	0,0253
Al_2O_3	0,1576
Fe_2O_3	0,0803
FeO	0,0962
CaO	0,2773
MgO	0,1252
Na_2O	0,0393
K_2O	0,0125
P_2O_5	0,0079
H_2O	0,0455
	1,4734

Nephelin:

SiO_2	0,1164
Al_2O_3	0,0518
CaO	0,0047
Na_2O	0,0393
K_2O	0,0078
a =	0,2200 ca. 14 %

Apatit:

CaO	0,0254
P_2O_5	0,0079
b =	0,0333 ca. 2,1 %

Augit, α) $Ca(MgFe)Si_2O_6$:

SiO_2	0,3708
CaO	0,2472
MgO	0,1017
FeO	0,0219
	0,7416

β) $Mg(Al_2Fe_2)SiO_6$:

SiO_2	0,0868
Al_2O_3	0,1058
MgO	0,0152
Fe_2O_3	0,0516
	0,2594
c (α + β) =	1,0010 ca. 72 %

Olivin:

SiO_2	0,0323
FeO	0,0543
MgO	0,0083
d =	0,0949 ca. 6,9 %

Es bleiben Rest:

TiO_2	0,0253
FeO	0,0200
Fe_2O_3	0,0287
H_2O	0,0455
K_2O	0,0047
r =	0,1242
a + b + c + d + r	1,4734
Bauschanalyse	1,4734

Die Berechnung ist in der Beziehung recht unsicher gestellt, dass Augit soviel Kalk und Thonerde enthalten soll,

die jedoch, wie erwähnt, keinem anderen Mineral zuertheilt werden konnten.

6. Die Gesteine des Heiligenbergs, des Langenbergs und der diesen beiden vorgelagerten Kuppen.

Bezüglich der genauen Beschreibung kann auf Max Bauer, l. c. p. 12 ff., verwiesen werden.

Das Gestein des Hauptkegels, also des Heiligenberges, ist ein typischer Limburgit ohne jegliche Ausscheidung von Feldspath. Als einzige Ausscheidungen von Silicaten sind Olivin und ein monokliner Augit in dem Gestein enthalten.

Der Olivin zeigt z. Th. gute krystallographische Begrenzung, nur ist er bisweilen zerstückelt oder zerbrochen. Von magmatischer Resorption ist nichts zu bemerken, ebensowenig wie beim Limburgit vom Stellberg. Es ist dies merkwürdig, da die Olivine bei den meisten der hier in Betracht gezogenen Basalte mehr oder weniger von der magmatischen Resorption angegriffen sind. Offenbar erstarrten die Limburgite bevor eine Resorption stattfinden konnte.

Der Augit ist ziemlich häufig verzwillingt, ebenso wie beim Limburgit des Stellbergs.

Der Rest des Magmas erstarrte als Glas, welches mit Salzsäure unter Bildung vieler Chlornatriumwürfelchen gelatinirt. Durch Verwitterung ist das Glas z. Th. in eine pleochroitische faserige Masse umgewandelt, die nach der Richtung dieser Fasern gerade Auslöschung zeigt.

Magneteisen und Apatit sind stellenweise zahlreich vertreten.

Ganz verschieden von diesem Limburgit des Kegels ist das Gestein des von diesem ausgehenden Stroms des oben genannten Langenbergs.

Eine Menge Feldspath, die jüngste Ausscheidung, eine bedeutend geringere Masse monokliner Augite und eine verhältnissmässig kleine Anzahl porphyrischer Olivine, die älteste Krystallbildung, setzen ihn zusammen. Das herrschende Erz ist Magneteisen; es liegt also ein typischer Basalt vor.

Die vorgelagerten Küppchen bestehen aus ganz verschiedenartigem Gestein. Eines ist Limburgit von demselben Aussehen sowohl makroskopisch wie mikroskopisch wie der

vom Heiligenberg. Eine andere Kuppe besteht aus Nephelinbasalt. Eigene krystallographische Begrenzungen zeigt der Nephelin auch hier nicht, da er als Füllmasse in den Zwischenräumen der anderen Mineralien auskrystallisirte, doch die optische Beschaffenheit und die mikrochemische Reaction stellen die Deutung dieser Füllmasse als Nephelin sicher.

Zu bemerken wäre vielleicht noch, dass in den oberen Partien eines dieser Küppchen von Nephelinbasalt Augitkrystalle bis zu der Dicke einer Haselnuss zu beobachten sind.

Die Ergebnisse der Analysen der drei verschiedenen Typen sind folgende:

1. Limburgit vom Heiligenberg,
2. Feldspathbasalt vom Langenberg,
3. Nephelinbasalt von einem der vorgelagerten Küppchen.

	1.	2.	3.
SiO_2	43,47	47,12	37,96
TiO_2	1,79	0,56	2,01
Al_2O_3	22,00	15,96	14,36
Fe_2O_3	3,47	4,03	7,87
FeO	7,79	9,90	6,95
CaO	14,08	13,33	10,56
MgO	3,40	4,90	10,21
Na_2O	2,98	1,15	5,21
K_2O	0,91	2,01	1,89
P_2O_5	0,91	0,57	1,61
H_2O	0,94	0,92	1,56
	101,74	100,45	100,19

Der Limburgit, dem Gehalte an SiO_2 nach in der Mitte des Feldspathbasalts und Nephelinbasalts stehend, zeichnet sich vor beiden anderen durch einen verhältnissmässig hohen Thonerdegehalt aus. Er ist so hoch, dass sich nach einer Berechnung auf Grund von Constitutionsgleichungen angenommener ideal zusammengesetzter Minerale, Augit, Olivin und Feldspath, letzterer sich absolut nicht hätte ausscheiden können. Thonerde und Kalk sind in Mengen vorhanden, so dass die Kieselsäure nicht ausreicht, mit ihnen die Minerale Feldspath oder Augit zu bilden.

J. H. L. Vogt hat in seinen Studien über Mineralbildung in Schlacken die Erfahrungsthatsache festgestellt, dass Thonerdeüberschüsse der Krystallisation selbst thonerdehaltiger Mineralien im Wege stehen, wenn der Procentgehalt eines

Schmelzflusses an Thonerde nur um ein ganz weniges den höchsten Gehalt an Thonerde, der sich dem Molecül des in Frage kommenden Minerals einverleiben kann, übersteigt. Ein Überschuss an Kalk soll diese der Krystallisation entgegenstehende Wirkung noch verstärken; besonders bei schneller Erkaltung soll dann keine Krystallisation eintreten. Da die Limburgite offenbar schnell erstarrt sind und einen sehr hohen Kalk- und Thonerdegehalt aufweisen, so musste schon aus diesen Gründen eine Feldspathausscheidung unterbleiben.

Nach Doelter (Synthetische Studien, dies. Jahrb. 1886. I. 119) soll nun zwar bei schneller Erkaltung in das Molecül des Augit $Ca(MgFe)Si_2O_6 + (MgFe)(Al_2Fe_2)SiO_6$ noch ein bedeutender Überschuss an $CaSiO_3$ hineingehen, doch reicht dann die Kieselsäure nicht aus, alle Basen zu binden.

Auf Grund des Systems von Gleichungen liesse sich der Basalt vom Langenberg in folgende Componenten zerfällen:

Bauschanalyse.		58 % Feldspath ($Al_3(_4)Ab_1$) mit			
SiO_2	47,12	SiO_2	55,55	SiO_2	32,10
TiO_2	0,56	Al_2O_3	28,95	Al_2O_3	15,80
Al_2O_3	15,96	CaO	10,36	CaO	5,97
Fe_2O_3	4,03	Na_2O, K_2O	5,74	Na_2O, K_2O	3,16
FeO	9,90			a =	57,03
CaO	13,33	19 % Olivin:		SiO_2	6,62
MgO	4,90			FeO (Fe_2O_3)	8,70
Na_2O	1,15			MgO	3,73
K_2O	2,01			b =	19,05
P_2O_5	0,57	17 % Augit:		SiO_2	8,40
H_2O	0,92			Fe_2O_3	1,01
	100,45			Al_2O_3	0,16
				CaO	6,22
				MgO	1,17
				c =	16,96
		Als Rest bleiben zur Bildung von Erz und Apatit:			
				TiO_2	0,56
				FeO (Fe_2O_3)	4,22
				CaO	1,14
				P_2O_5	0,57
		ferner:		H_2O	0,92
				r =	7,41
				a + b + c + r	100,45
				Bauschanalyse	100,45

Während sich der Langenbergbasalt gut auf Grund des Gleichungssystems zerfällen lässt, gelingt dies beim Limburgit des Heiligenberges nicht. Für dessen Glas muss also eine andere Zusammensetzung angenommen werden als einem möglichen Feldspath entspricht. Hiermit in Einklang stehen die Zahlen, die uns die salzsaure Lösung bezüglich des Verhältnisses der Basen, die Feldspath bilden können, liefert. In HCl löst sich vollkommen alles Glas und Olivin. Es werden darin gefunden:

Al_2O_3	10,79
CaO	9,64
Na_2O / K_2O	3,89

Dies Verhältniss entspricht nicht einem möglichen Feldspath, da der Thonerde- und Kalkgehalt zu hoch sind.

Sollte sich also der Limburgit durch Abspaltung eines Kerns vom Langenbergbasalt gebildet haben, so wäre diese Differenzirung nicht stöchiometrischen Verhältnissen, wie sie bei den Mineralcomponenten statthaben, gefolgt.

Beim Nephelinbasalt sehen wir ein recht starkes Fallen der Kieselsäure; mit ihr vermindert sich der Gehalt an Thonerde und Kalk, es steigt dagegen Magnesia und Natron, letzteres in ansehnlicher Stärke. Eine auf den Natrongehalt aufgebaute Berechnung ergiebt, dass sich 26,5 % Nephelin ausscheiden konnten (s. gegenüberstehende Berechnung p. 35).

Die Berechnung geht also so glatt ohne Rest vor sich, dass man fast annehmen muss, die einzelnen Silicate seien in der angenommenen idealen Zusammensetzung in dem Gestein vorhanden.

Betrachtet man die Analysen der drei Typen von Basalten summarisch, so ergiebt sich, dass der Sauerstoffgehalt der Basen in seinem Verhältniss zu dem der SiO_2 sehr wechselt.

Es betragen die Sauerstoffmolecularproportionen der Basen zu dem der Kieselsäure bei

1.	13011 : 14926	= 1 : 1,15
2.	11538 : 15842	= 1 : 1,38
3.	13546 : 13144	= 1 : 0,97

SiO_2	0,6327
TiO_2	0,0245
Al_2O_3	0,1407
Fe_2O_3	0,0485
FeO	0,0943
CaO	0,1886
MgO	0,2552
Na_2O	0,0840
K_2O	0,0168
P_2O_5	0,0113
H_2O	—
	1,4966

Nephelin:

SiO_2	0,2494	
Al_2O_3	0,1109	
CaO	0,0101	
Na_2O	0,0840	
K_2O	0,0168	
	0,4712	$= \alpha$

Apatit:

CaO	0,0361	
P_2O_5	0,0113	
	0,0474	$= \beta$

Augit, α) $Ca(Mg)Si_2O_6$:

SiO_2	0,2848	
CaO	0,1424	
MgO	0,1424	
	0,5696	$= \gamma$

β) $Mg(Al\,Fe)_2SiO_6$:

SiO_2	0,0596	
Al_2O_3	0,0298	
Fe_2O_3	0,0298	
MgO	0,0596	
	0,1788	$= \delta$

Magnet-Titaneisen, α) $FeTiO_3$, FeO:

TiO_2	0,0245	
FeO	0,0490	
	0,0735	$= \varepsilon$

β) Fe_2O_3, FeO:

Fe_2O_3	0,0187	
FeO	0,0187	
	0,0374	$= \zeta$

Olivin MgO, FeO, SiO_2:

SiO_2	0,0389	
FeO	0,0266	
MgO	0,0532	
	0,1187	$= \eta$

$\alpha + \beta + \gamma + \delta + \varepsilon + \zeta + \eta$:	0,4712
	0,0474
	0,5696
	0,1788
	0,0735
	0,0374
	0,1187
	1,4966
Bauschanalyse	1,4966
Unterschied	0,0000

Das absolute Gewicht des Sauerstoffs im Verhältniss zu dem der Elemente ist bei

1. . . . . 44,19 : 57,55 %
2. . . . . 43,81 : 56,64 „
3. . . . . 42,70 : 57,49 „

Die Moleculargruppen $CaO + (Na_2K_2)O : MgO + FeO$ verhalten sich bei

1. . . . . 3091 : 1959 = 1 : 0,63
2. . . . . 2779 : 2600 = 1 : 0,90
3. . . . . 2927 : 3517 = 1 : 1,20

Die Monoxyde verhalten sich zu den Sesquioxyden und der Kieselsäure bei

1. . . . . 1 : 0,43 : 1,47
2. . . . . 1 : 0,33 : 1,50
3. . . . . 1 : 0,29 : 1,11

Die Sauerstoffproportionen derselben sind

1. . . . . 1 : 1,29 : 2,94
2. . . . . 1 : 0,99 : 3,00
3. . . . . 1 : 0,87 : 2,22

7. Basalt von Seigertshausen im Knüllgebiet.

Dieser durch seine Einschlüsse von faustgrossen Augit- und Hornblendekrystallen interessante Basalt zeigt makroskopisch durchaus kein vom gewöhnlichen Basalt abweichendes Bild, abgesehen davon, dass man mit der Lupe an einzelnen Stellen Quarzkörner, schon durch ihre Härte vor dem Olivin ausgezeichnet, erblickt. U. d. M. sieht man, dass recht viel Quarz mit dem gewöhnlichen Porricinrande als Einschluss vorhanden ist. Für die Einzelheiten sei auf M. Bauer l. c. p. 3 verwiesen.

Als Ausscheidungen des Magmas sind in erster Linie Olivine in kleinen zerstückelten Olivinen zu beobachten. Die Augite sind sehr winzig, aber recht zahlreich.

Die sehr feinkörnige Grundmasse bildet ein Feldspath, dessen Erkennung auf Grund optischer Eigenschaften wegen der ungewöhnlichen Kleinheit seiner Individuen mit Schwierigkeiten verbunden ist.

An Nebengemengtheilen ist der Form nach zu urtheilen nur Magneteisen ausgeschieden. Vielleicht ist jedoch auch etwas Titaneisen vorhanden.

Die oben erwähnte, als Einschluss vorkommende Hornblende zeigt im Schliff bräunliche Farben mit geringem Pleochroismus, sowohl in Platten parallel ∞P als auch parallel ∞P∞, und sehr geringer Auslöschungsschiefe.

Einschlüsse von Schlacken oder von Mineralien fehlen, ausser ganz kleinen, winzigen Kryställchen, die in Schnüren aneinandergereiht in die einheitliche Substanz der Hornblende eingebettet liegen. Sie wirken auf das polarisirte Licht, entziehen sich aber wegen ihrer Winzigkeit einer näheren Bestimmung. Auf die Gesammtzusammensetzung der Hornblende können sie keinen bedeutenden Einfluss haben.

Die Hornblende schmilzt ohne schäumige Auftreibung im Gebläse äusserst leicht zu einem schwarzen Glase.

Nach dem Schmelzen löst sich die Hornblende unter Hinterlassung eines weissen Kieselsäureskelets leicht in heisser concentrirter Salzsäure.

In dem Auszuge des Basaltes mit HCl-Lösung, die unangegriffen nur Augit und Erz hinterliess, befanden sich

Al_2O_3	10,7
CuO	4,8
Na_2O / K_2O	1,3

entsprechend ungefähr dem gemäss den Gleichungen berechneten Feldspath.

Im Ganzen lösen sich in HCl (conc.) 35,5 % ausser der abgeschiedenen, nicht ins Filtrat gegangenen Kieselsäure.

Die Ergebnisse der Analyse des Basalts von Seigertshausen steht hier unter 1, die Hornblende unter 2a und b, c ergiebt das Mittel der beiden letzteren.

	1.	2a.	2b.	2c.
SiO_2	43,10	40,09	40,09	40,09
TiO_2	1,70	1,17	1,17	1,17
Al_2O_3	15,70	23,82	21,42	22,62
Fe_2O_3	12,90	2,13	2,75	2,44
FeO	2,91	7,78	10,33	9,05
CaO	10,90	10,49	10,49	10,49
MgO	7,15	12,40	12,40	12,40
Na_2O	1,05	1,17	1,17	1,17
K_2O	0,36	0,65	0,65	0,65
P_2O_5	vac.	0,21	0,21	0,21
H_2O	4,50	0,23	0,23	0,24
	100,27	100,14	100,91	100,53

Das Mischungsverhältniss des Basalts und der Hornblende ist nicht so sehr verschieden, dass man letztere nicht aus dem ersteren entstanden denken könnte. Nur der bedeutend höhere Thonerdegehalt in der Hornblende könnte die Annahme eines genetischen Zusammenhangs erschweren. Es wäre auffallend, dass ein Magma mit einem nicht über das gewöhnliche Maass hinausgehenden Thonerdegehalt eine so thonerdehaltige Hornblende ausscheiden könnte, weil in der Regel die Pyroxen- und Amphibolmineralien doch bedeutend weniger Thonerde enthalten als ihr Muttergestein.

Wenn wir jedoch die Hornblende als protogene Ausscheidung voraussetzen, so lässt sich die Möglichkeit denken, dass sie gemäss den anderen Bedingungen ihrer Entstehung auch andere Verhältnisse der chemischen Zusammensetzung aufweist, als das später zum Erguss gekommene Magma.

Der aussergewöhnlich hohe Thonerdegehalt unterscheidet diese Hornblende auch von anderen analysirten basaltischen Hornblenden. Nur eine ist mir bekannt, die ein ähnliches Verhältniss aufweist. Hintze erwähnt in seinem Handbuch eine Hornblende von Fulda mit einem noch um 2 % höheren Thonerdegehalt. Doch kann diese Hornblende wohl kaum mit der hier vorliegenden verglichen werden, da die Hornblende von Fulda viele Schlackeneinschlüsse zeigt, auf deren Rechnung vielleicht z. Th. der hohe Thonerdegehalt zu setzen ist. Die Analyse stammt noch aus den zwanziger Jahren des vorigen Jahrhunderts, und ob das dafür verwandte Material ein reines war, bleibt fraglich, da zu jener Zeit weder das Mikroskop noch die heute so gebräuchlichen sogen. schweren Lösungen die Gewinnung ganz reinen Analysenmaterials gestatteten.

Die Molecularproportionen ergeben bei unserer Hornblende einfache Zahlen.

Das Verhältniss von $SiO_2 : (Al_2Fe_2)O_3 : (\overset{I}{R}_2\overset{II}{R})O = 3 : 1 : 3$. Das Verhältniss des Sauerstoffs der Basen zu dem der Kieselsäure $= 1 : 1$. Es ergiebt sich hieraus die allgemeine Orthosilicatformel $(\overset{I}{R}\overset{II}{R})_3\overset{III}{R}_2Si_3O_{12}$, also nach der ersten Rammelsberg'schen Auffassung $3RSiO_3 + \overset{III}{R}_2O_3$.

Bei der Berechnung der Hornblende fiel eine gewisse Ähnlichkeit der Molecularproportionen mit denen der Horn-

blende von Jan Mayen auf, die von SCHARIZER (dies. Jahrb. 1884. II. 143) beschrieben wurde.

Bei dieser Hornblende ist das Verhältniss der $(\overset{I}{R}_2\overset{II}{R})O : \overset{III}{R}_2O_3 = 3:1$, während es bei allen anderen Hornblenden darüber hinausgeht. SCHARIZER vermuthet daher, dass das Verhältniss 3 : 1 die äusserste Grenze darstelle und das Endglied einer von den thonerdefreien bis zu den thonerdereichsten Hornblenden führenden Reihe bilde.

Bei der Hornblende von Seigertshausen ist ebenfalls das Grenzverhältniss $(\overset{I}{R}_2\overset{II}{R})O : \overset{III}{R}_2O_3 = 3:1$ erreicht, aber dennoch kann man dieselbe weder als Endglied der von SCHARIZER aufgestellten Reihe betrachten, noch als eine Mischung des von ihm benannten Syntagmatits und des Aktinoliths. Denn bei allen Berechnungen, die SCHARIZER macht, wird das Verhältniss $(MgFe)O : CaO + (Na_2K_2)O = 4:3$ zu Grunde gelegt. Es

(Tabelle zu p. 40.)

Bauschanalyse.		49 % Feldspath von der Zusammensetzung:			
SiO_2	43,10	SiO_2	51,34	SiO_2	24,99
TiO_2	1,70	Al_2O_3	31,20	Al_2O_3	15,19
Al_2O_3	15,70	CaO	13,60	CaO	6,37
F_2O_3	12,90	Na_2O, K_2O	3,80	Na_2O, K_2O	1,87
FeO	2,91				48,42 = a
CaO	10,90	25 % Olivin:		SiO_2	9,70
MgO	7,15			FeO (F_2O_3)	10,01
Na_2O	1,05			MgO	5,55
K_2O	0,36				25,26 = b
P_2O_5	vac.	17 % Augit:		SiO_2	8,41
H_2O	4,50			Al_2O_3	0,51
	100,27			Fe_2O_3 (FeO)	2,80
				CaO	3,80
				MgO	1,60
					17,12 = c
		Es bleiben an Rest:		TiO_2	1,70
				FeO	3,00
				CaO	1,73
				H_2O	4,50
					10,93 = r
		a + b + c + r			100,75
		Bauschanalyse			100,27
		Zu wenig gefunden an Alkalien			0,48

kann also die Hornblende von Jan Mayen nicht das Endglied einer Hornblendereihe sein, das in seinen Proportionen unveränderlich feststeht, sondern es giebt Hornblenden, die sich in die Mischungsreihe Scharizer's nicht einfügen lassen.

In Phosphorsäure löst sich der grösste Theil der Hornblende zu einer syrupdicken, klaren, mit Wasser ohne Abscheidung zu verdünnenden Flüssigkeit. Der Rückstand zeigt eine bläulichweisse Farbe. Vielleicht wäre es möglich, mit den verschiedenen Säuren des Phosphors gewisse Minerale, von denen es zweifelhaft ist, ob man sie als Meta- oder Orthosilicate mit eventuell fremden Beimengungen betrachten soll, mit den verschiedenbasischen entsprechenden Phosphorsäuren in die Componenten zu zerlegen.

Der Basalt von Seigertshausen lässt sich nach dem System der Gleichungen in folgender Weise zerlegen (s. die Tabelle p. 39).

In einem Theile der salzsauren Lösung, in der sich Feldspath und Olivin vollständig gelöst hatten, befanden sich:

Al_2O_3	10,7
CaO	4,8
Na_2O / K_2O	1,3

Diese Verhältnisse der Basen zu einander entsprechen fast genau denjenigen des oben auf Grund der Gleichungen berechneten Feldspaths, so dass man mit einiger Sicherheit obigen Feldspath als im Basalt vorhanden betrachten darf.

Ausscheidungsfolge der Mineralien im basaltischen Magma.

Durch eine Erfahrung bei der mikroskopischen Untersuchung der Basaltgläser wurde ich versucht, mich etwas näher mit der Ausscheidungsfolge der Mineralien zu beschäftigen.

Allgemein gilt als ein Erstlingsproduct der Ausscheidung von Silicaten im basaltischen Magma der Olivin, wenn er überhaupt vorhanden ist. Auch in den Basaltgläsern, die ich untersuchte, erscheint stets der Olivin als erstes Ausscheidungsproduct, erst viel später wurde der allenthalben vorhandene rhombische Augit gebildet. Die Summe des ausgeschiedenen rhombischen Augits und Olivins ist im selben

Gesteine stets auffallend gleich, eine Beobachtung, die auch sonst vielfach bei Gesteinen gemacht wurde, die beide Silicate enthalten.

Man muss daher wohl zur Vermuthung gelangen, dass der rhombische Augit sein Dasein nicht zum geringsten Theile einer magmatischen Resorption des Olivins verdankt, da an den Stellen, wo rhombischer Augit auftritt, der Olivin am stärksten corrodirt ist.

Der Olivin als orthokieselsaures Salz scheint demnach in einem Magma, das so sauer ist wie die Basaltgläser, nicht mehr existenzfähig zu sein, wenn es noch länger flüssig bleibt, und einem metakieselsauren Salze, wie es der Augit ist, Platz machen zu müssen. Nach allen bisherigen Erfahrungen bei Mineralbildungen in Schlackenflüssen scheidet sich Olivin nur in ganz basischen Schlacken aus, deren Kieselsäuregehalt sich nicht weit über 40 % erhebt.

Wie kann sich nun der Olivin in einem Basaltmagma bilden, das nach der Erstarrung bis 50 % Kieselsäure enthält? Er kann sich demnach nur in der Tiefe, als das Magma noch stark mit Wasserdämpfen imprägnirt war, deren Entweichen durch den auflastenden Druck verhindert wurde, gebildet haben. Diese Wasserdämpfe und sonstigen Fluida müssen den Gehalt an SiO_2, der im fertigen Krystallisationsproduct die Höhe von 40 % bedeutend übersteigt, bis gegen 40 % heruntergedrückt haben. Ward der Druck aufgehoben und entwichen die Wasserdämpfe, so erhob sich dadurch der Procentgehalt des SiO_2. Blieb das Magma dabei im Fluss, so wurde der Olivin resorbirt und lieferte das Material zum Aufbau anderer, dem veränderten Zustand des Magmas mehr entsprechender Silicate.

Auf diese Weise lässt sich die Ausscheidungsfolge nach steigender Acidität leicht erklären. Dehnt man den Vergleich zwischen Magma und Salzlösung weiter aus, so braucht nur daran erinnert zu werden, dass aus einer Salzlösung um so concentrirtere, d. h. um so weniger Wasser enthaltende Salze auskrystallisiren, je weniger Lösungsmittel vorhanden ist. Schreibt man dem Wasser im überhitzten Zustande unter Druck eine ähnlich lösende Eigenschaft auf das Magma zu, wie wohl durch Versuche constatirt ist, so ist es ersichtlich,

dass mit dem Entweichen des Wassers und der anderen flüchtigen Bestandtheile sich immer saure Silicate ausscheiden müssen.

Im wasserdurchtränkten, unter Druck stehenden Magma muss man freie Orthokieselsäure annehmen; die Sättigung der Orthokieselsäure mit Basen bildet dann zunächst Orthosilicate. Bei einer Abgabe des Magmas an Wasser entstehen dann durch Hydrolyse Meta- und Polykieselsäure. Dadurch wächst die verhältnissmässige Anzahl der an Basen bindungsfähigen Si-Atome im Vergleich zu den Basen und es entstehen saure Silicate.

Tritt durch irgendwelche Umstände eine abermalige Durchtränkung mit Wasser ein, nachdem ein Theil des Magmas sich bereits consolidirt hat, und reicht diese Durchtränkung jedoch nicht aus, das ganze Magma nochmals zu verflüssigen, so kann in zweiter Generation eine umgekehrte Reihenfolge der Ausscheidungen mit steigender Durchtränkung erfolgen; während beim gewöhnlichen Verlauf der Silicatbildungen in der Ergussperiode die porphyrischen Einsprenglinge den Einfluss haben werden, eine ihnen gleiche Generation der Ausscheidungen hervorzurufen, nach dem Gesetze, dass sich in einer Salzlösung, mag sie concentrirt sein wie sie will, sich stets Krystalle mit gleichem Wassergehalte bilden, wie diejenigen, die sich in der Lösung befinden oder darin eingeführt werden.

Das erste Krystallisationsproduct müsste demnach stets ein Orthosilicat sein: Olivin, Glimmer etc.

Jene Hornblende, die ich analysirt habe, lässt sich ebenfalls nur als Orthosilicat auffassen. Die Thatsache, dass sich Hornblende nie im gewöhnlichen Schmelzflusse bildet, ist vielleicht daher zu erklären, dass dieselbe stets nur unter Druck bei Gegenwart von überhitztem Wasserdampf entsteht.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie

Jahr/Year: 1902

Band/Volume: 1902_2

Autor(en)/Author(s): Trenzen C.

Artikel/Article: Beiträge zur Kenntniss einiger niederhessischer Basalte. 1-42