

EIN AUS RAPAKIWIGESTEINEN UMGEGANDES WANDELTER AUGENGNEIS

VON
C. W. CARSTENS

MIT 1 TEXTFIGUR

Seit längerer Zeit sind die verschiedenen Geologen und Petrographen, die sich mit der Gebirgsbildung des Trondhjemgebiets beschäftigt haben, darauf aufmerksam gewesen, dass das ganze Gebiet von Augengneisen verhältnismässig einförmiger Natur umrandet ist. Über die Petrogenese dieser Augengneise hat leider aber keine Einigkeit geherrscht.

Die allgemeine Auffassung bis ungefähr zum Jahre 1888 war, dass der Augengneis einen stratigraphischen Horizont in der sogenannten Sparagmitformation bildete (J. C. HÖRBYE, O. TORELL, A. E. TÖRNEBOHM und A. G. HÖGBOM). Von diesem Jahre ab neigte aber TÖRNEBOHM mehr zu der Auffassung, dass der Augengneis ein Grundgebirgsgestein war, und ihm schloss sich bald nachher auch HÖGBOM, der schon etwas früher die kataklastische Struktur des Gesteins erkannt hatte, an. Inzwischen war aber O. E. SCHIÖTZ zu der Ansicht gekommen, dass der Augengneis ein jüngeres (kaledonisches) Eruptivgestein repräsentierte, eine Auffassung, die später von fast allen norwegischen Geologen vertreten worden ist. Auch K. O. BJÖR-LYKKE, der noch im Jahre 1898 behauptete, dass der Augengneis sedimentärer Natur war, schloss sich bald nachher der Ansicht von SCHIÖTZ an. G. HOLMSEN und J. SCHETELIG, die den Augengneis an mehreren Stellen im südlichen Trondhjemgebiet angetroffen hatten, neigten gleichfalls zu der Intrusionstheorie von SCHIÖTZ. Im Jahre 1916 behandelte V. M. GOLDSCHMIDT in seiner grossen Arbeit über die Eruptivgesteine im Hochgebirge des südlichen Norwegens den Augengneis vom

petrographischen Gesichtspunkt. Die Gründe, die für und gegen ein kaledonisches Alter sprechen, wurden hier alle deutlich dargestellt. „Eine entscheidende Stellungnahme bezüglich des Alters der Augengneise ist demnach noch nicht möglich“, schreibt GOLDSCHMIDT (S. 120), „doch ist es wohl am wahrscheinlichsten, dass sie kaledonische Intrusivgesteine sind, entsprechend BJÖRLYKKES Auffassung“. Auch der Verfasser der vorliegenden Arbeit hat sich mehrmals über die Natur des Augengneises geäußert und den intrusiven Charakter dieses Gesteins verteidigt.

Dass die Augengneise in den Randzonen des Trondhjemgebiets zum Teil eine „Rapakiwistruktur“ besitzen hat wohl zuerst TÖRNEBOHM¹ gezeigt (doch allerdings ohne diesen Strukturbegriff zu gebrauchen). Auch GOLDSCHMIDT hat in seiner oben angeführten Arbeit die rapakiwistrierten Augengneise von Drivdalen erwähnt². J. H. L. VOGT hat gleichfalls die Rapakiwigesteine dieser Gegend gesehen; schon vor mehreren Jahren hat er Handstücke dieser Gesteine zum geologischen Institut der technischen Hochschule mitgebracht. Im Sommer 1922 hat der Verfasser das Profil der neuen Eisenbahnlinie über das Dovrefeld befahren und die Rapakiwigesteine etwa 3 km nördlich von Drivstuen sowohl in den Einschnitten der Hauptstrasse als auch weiter oben im östlichen Abhang des Tals angetroffen. Die petrographischen Untersuchungen dieser Gesteine sind in einer kleinen präliminären Arbeit (im Herbst 1924 erschienen) veröffentlicht. In dieser Arbeit vertritt aber der Verfasser die alte TÖRNEBOHM'sche Ansicht in bezug auf die Petrogenese der Augengneise im allgemeinen und der Rapakiwigesteine in Besonderheit. Mehrere interessante Exkursionen der 3 letzten Jahre in gut aufgeschlossenen Gebieten (Trollheimen, Drivdalen) haben nämlich eindeutig gezeigt, dass die meisten Augengneise in den Randzonen des Trondhjemgebiets geschoebene Gebirgsschollen (wahrscheinlich Grundgebirgsschollen) repräsentieren, und dass die ausgezogenen Feldspatäugen dieser

¹ A. E. TÖRNEBOHM: Grunddragen af det centrala Skandinaviens Bergbyggnad, Kongl. sv. Vetenskaps-Akademiens Handl. Bd. 28, Nr. 5, 1896, S. 116.

² V. M. GOLDSCHMIDT: Geol.-petr. Studien im Hochgebirge des südl. Norwegens, IV, Vid.selskaps Skr. I, Nr. 2, 1916, S. 118.

Gesteine schlechthin Deformationsprodukte einer alten Gebirgsbildung bezeichnen¹.

Über die Tektonik von Drivdalen und den angrenzenden Gebieten ist kürzlich ein kleiner Aufsatz von C. E. WEGMANN² erschienen. Auch WEGMANN hat sich hier der Auffassung von TÖRNEBOHM angeschlossen; was die Schubrichtung der Gebirgsschollen betrifft, fällt seine Ansicht jedoch nicht mit derjenigen von TÖRNEBOHM zusammen.

Im ganzen hat sich somit eine Reihe von Forschern mit den Augengneisen in den Randzonen des Trondhjemgebiets beschäftigt. Jede einzelne Arbeit hat, wenigstens in einigen Beziehungen, unsere Kenntnisse über diese Gesteine mehr oder weniger befördert, und der Verfasser fühlt sich, wenn er das Grundgebirgsproblem jetzt wieder unter Diskussion stellt, allen anderen Bearbeitern dieses Themas zum grossen Dank verpflichtet.

Schon in seiner früher erwähnten Arbeit über den Rapakiwisyenit von Drivdalen³ hat der Verfasser eine petrographische Beschreibung dieses Gesteins gegeben. Dieser Beschreibung ist auch eine chemische Analyse beigefügt. Letzten Sommer wurde zwecks nochmaliger petrographischer Studien von dem ganzen Massiv rings herum eine Reihe grösserer Probestücke gesammelt, zum überwiegenden Teil von der Hauptstrasse weiter entfernt als das grosse Handstück, das als Durchschnittsprobe für die erste Analyse diente. Eine Menge von etwa 5 kg der ganz frischen und nicht von Albitadern durchsetzten Stücke wurde zerkleinert und einer chemischen Analyse unterworfen. Das Resultat der Analyse, die im chemischen Laboratorium des geologischen Instituts von Sv. HASSEL ausgeführt wurde, ist unten unter I angeführt. Zum Vergleich ist unter II die alte Analyse nochmals gegeben.

¹ Unterlassen möchte ich nicht an dieser Stelle zu erwähnen, dass die anregenden Diskussionen mit den Herren BACKLUND und QUENSEL auf einer Exkursion im Trondhjemgebiet 1922 und mit Herrn C. E. WEGMANN auf mehreren Exkursionen 1924 diese Ansicht des Verfassers zweifelsohne stark befördert haben.

² C. E. WEGMANN: Sur le rôle tectonique de quelques gneiss oëillés de la chaîne calédonienne scandinave. (Im Manuskript, unter Druck).

³ C. W. CARSTENS: Rapakiwigesteine an der westlichen Grenze des Trondhjemgebietes, Norsk geol. Tidsskrift, Bd. 8, 1924, S. 81.

	I	II
SiO ₂	63,45	63,22
TiO ₂	0,97	0,88
ZrO ₂	0,07	
Al ₂ O ₃	16,18	16,08
Fe ₂ O ₃	1,32	1,45
FeO	3,77	3,92
MnO	0,10	0,11
MgO	1,00	0,88
CaO.....	3,36	3,41
BaO.....	0,18	
Na ₂ O.....	3,85	4,88
K ₂ O	4,60	4,52
P ₂ O ₅	0,31	0,49
CO ₂	Spur	0,25
S	0,06	Spur
H ₂ O + 105° ...	0,49	0,24
H ₂ O - 105° ...	0,11	0,11
	99,82	100,44
Dichte (d 18 4 l)	2,744	2,742
Dichte (berechnet)	2,736	

Zur Kontrolle wurde von einer anderen Durchschnittsprobe, gleichfalls aus etwa 5 kg bestehend, eine neue Alkalianalyse von M. RÄDER ausgeführt. Das Resultat dieser Analyse war:

$$\text{Na}_2\text{O} = 3,88 \text{ , } \text{K}_2\text{O} = 4,52.$$

Das Auftreten des Rapakiwisyenits in Drivdalen ist in der präliminären Abhandlung des Verfassers (S. 82) in grossen Zügen angegeben. Zu erwähnen ist vielleicht noch, dass die Gneisscholle an dieser Stelle anscheinend an der Grenze zwischen der Sparagmitformation und der Rörosgruppe des Trondhemgebiets liegt. Ungefähr in der Mitte der Gneisscholle tritt der Rapakiwisyenit auf.

Zu der früheren petrographischen Beschreibung ist nicht viel Neues hinzuzufügen. Nur muss erwähnt werden, dass mehrere neue Dünnschliffe der Grundmasse des Gesteins ein etwas eigentümliches Hornblendemineral an den Tag gebracht haben. Der Pleochroismus dieses Minerals ist sehr stark; α = gelb, β = braungrün (schmutziggrün), γ = grünblau (intensiv). $\angle \frac{\alpha}{\gamma} = 11^\circ$. $2V = \text{etwa } 55^\circ$. Der opt. Charakter ist neg. Die Doppelbrechung ist mittelstark. Der Durchmesser der grössten Individuen beträgt etwa 2 mm. Wie die FeO-reichen

Glieder der rhombischen Pyroxene enthält dieses Hornblendemineral in wechselnden Mengen tafelförmige mikrolitische Interpositionen von fast schwarzer Farbe. Auch zum Teil sehr verbreitet ist die gesetzmässige lamellare Durchwachsung des Minerals mit einem anderen Hornblendemineral, das erst unter gekreuzten Nicols sichtbar wird.

Ein ähnliches Hornblendemineral ist von GOLDSCHMIDT in seiner Stavangerarbeit¹ erwähnt worden. Es kommt hier in einem Adamellit von der Insel Halsne vor. Auch N. SUNDIUS beschreibt aus dem Grythyttegebiet² ein ungefähr identisches Hornblendemineral, das als Umwandlungsprodukt eines diopsidischen Augits betrachtet wird. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist auch die blaugrüne Hornblende unserer Rapakiwigesteine ein metamorphes eisenreiches Mineral, das an die Seite des in der präliminären Abhandlung erwähnten Uralits zu stellen ist.

Unter der Voraussetzung, dass das Glimmermineral bei der Mineralberechnung der letzten Analyse (Analyse I), wie das Glimmermineral in dem schon früher analysierten Gesteinsstück, als ein Haughtonit (von Roneval) berechnet wird, ergibt sich auf Grund der Berechnungen der letzten und früheren Analyse beziehungsweise den unten unter I und II angeführten Mineralbestand.

	I	II
Zirkon.....	0,10	0,15
Pyrit.....	0,10	—
Klinozoisit.....	1,00	0,50
Calcit.....		0,56
Ilmenit.....	0,75	0,83
Muscovit (Sericit)....	1,00	0,99
Titanit.....	1,48	1,07
Apatit.....	0,74	1,14
Magnetit.....	0,56	1,49
Almandin.....	2,52	2,48
Uralit.....	3,03	2,97
Biotit.....	10,09	6,93
Quarz.....	16,16	14,13
Kalifeldspat.....	21,54 ³	21,86
Plagioklas.....	40,93 (Ab ₇₈ An ₂₂)	44,90 (Ab ₈₆ An ₁₄)
	100,00	100,00

¹ V. M. GOLDSCHMIDT: Geol.-petr. Studien im Hochgebirge des südl. Norwegens, V, Vid.selskaps Skr. I, Nr. 10, 1921, S. 26.

² N. SUNDIUS: Grythyttfältets Geologi, Sveriges geol. Undersökning, Ser. C, Nr. 312, 1923, S. 289.

³ BaO ist bei der Berechnung nicht berücksichtigt worden.

Aus der obenstehenden Zusammenstellung geht hervor, dass der hauptsächlichste Unterschied der beiden Analysenproben im Biotitgehalt und im Plagioklasgehalt liegt, was wohl auch a priori zu erwarten war. In einer grösseren und mehr umfangreichen Probe muss naturgemäss die Grundmasse eine grössere Rolle spielen als in einem einzelnen Handstück. Die unmittelbare Folge davon ist aber, dass der Biotitgehalt auf Kosten des Feldspatgehalts steigt. Des weiteren lehrt die mikroskopische Untersuchung, dass die Plagioklasfeldspäte der letzten Probe (Analyse I) eine mehr basische Zusammensetzung zeigen (wohl wegen einer schwächeren Saussuritisierung und Mangel an Calcitbildung). Gleichzeitig scheinen auch Albitadern hier eine mehr untergeordnete Rolle zu spielen. Der Gehalt an Klinoisit ist jedoch eher grösser als kleiner¹.

Der (allerdings verhältnismässig kleine) Unterschied der beiden Analysen (I und II) lässt sich somit leicht erklären. Es dürfte aber mit Sicherheit angenommen werden, dass die letzte Analyseprobe (I), die etwas oberhalb der Hauptstrasse etwa 3 km nördlich von Drivstuen in Drivdalen gesammelt wurde, eine für das Rapakiwigestein wirklich charakteristische Durchschnittsprobe repräsentiert.

Bei der oben angeführten Berechnungsmethode der letzten Analyse (I) wird der H₂O-Gehalt bis auf 0,17 % nicht verbraucht. Der MgO-Gehalt der Analyse zeigt gleichzeitig ein gleich grosses Manko. Aus diesem Umstand geht hervor, dass der MgO-Gehalt des in Rechnung gezogenen Haughtonits wahrscheinlich zu gross ist, dass gleichzeitig aber der H₂O-gehalt desselben Minerals ein wenig zu klein ausfällt. Diese Annahme wird durch die Analyse des auftretenden Glimmerminerals bestätigt (siehe darüber S. 243).

Bei der Besprechung des Mineralbestands scheint es auch gleichzeitig interessant zu sein, zu erwähnen, dass (nach der letzten Berechnungsmethode) das mol. Verhältnis Kalifeldspat: Plagioklas etwa 33,5 : 66,5 ist.

Durch die Molekularwerte nach NIGGLI wird der Rapakiwisenit (nach der letzten Analyse (I) berechnet) folgendermassen charakterisiert:

¹ Es scheint wohl auch nicht ausgeschlossen, dass der Na₂O-gehalt der ersten Analyse (Analyse II) ein wenig zu hoch liegt.

si	al	fm	c	alk	k	mg	c/fm
249,5	37,5	22	14	26,5	0,44	0,26	0,63

$$qz = + 43$$

Die in der präliminären Abhandlung reprod. Photographie des Gesteins ist auf Tafel I, B. VIII, H. 1 2 wiedergegeben.

Die Mächtigkeit des typisch entwickelten Rapakiwisyenits beträgt dicht an der Hauptstrasse nur einige wenige Meter. An den beiden Seiten (gegen Norden und Süden) geht das Rapakiwigestein fast kontinuierlich in einen *normalen Augengneis* (von weit verbreitetem Typus) über, der keine Spur mehr von Rapakiwistruktur zeigt. Dagegen treten Gleitflächen und Spuren tektonischer Einwirkung schon makroskopisch sehr deutlich hervor. Eine Photographie dieses Gesteins gibt Fig. 1 wieder.

Die Feldspatagen sind aus grösseren und kleineren Mikroklin- und Plagioklaskörnern, die mit einander in inniger Mischung auftreten, zusammengesetzt. Es ergibt sich mit Deutlichkeit, dass diese Feldspatlinsen Deformationsprodukte der ehemaligen Ovoidfeldspäte des unveränderten Rapakiwisyenits bezeichnen. Der Kalifeldspat, der ursprünglich als Mikropetherit ausgebildet war, ist grösstenteils in Mikroklin umgewandelt unter gleichzeitiger Aufzehrung der Albitspindeln. Der Plagioklas ist teilweise saussuritiert, $\alpha = n$ (Kanadabalsam); der



Fig. 1. Augengneis von Drivstuen, durch Deformation des Rapakiwisyenits hervorgegangen. 2,3 Nat.Gr.

Anorthitgehalt beträgt somit ungefähr 16 bis 17⁰/₀. Die glimmer-schieferartigen Streifen des Gesteins, welche die Feldspat-Augen linsenförmig umgeben, sind immer durch ihren Gehalt an mosaikartigen Quarzaggregaten, Biotit, Granat und Epidot gekennzeichnet. Völlig untergeordnet treten im Gestein Magnetit, Titanit, Apatit, Zirkon und Pyrit auf.

Der Biotit, der zu den Hauptbestandteilen des Augengneises gehört, scheint mit dem Biotitmineral des Rapakiwiyenits ganz identisch zu sein. $\alpha =$ hellgelb (Farbzeichen nach OSTWALD¹ fb 04 (ea 04)), $\beta = \gamma =$ dunkel braungrün (pl 04)². $2V =$ etwa 0° ; der opt. Charakt. ist neg. Da dasselbe Biotitmineral auch in mehreren anderen Gneistypen des Grundgebirges vorkommt, erschien es mir von Interesse, die genaue chemische Zusammensetzung des Minerals kennen zu lernen. Da es vorauszusehen war, dass die Dichte des Biotitminerals von denen der anderen Mineralien mit Ausnahme des Apatits beträchtlich verschieden war, schien eine Trennung mit Hilfe schwerer Flüssigkeiten leicht möglich. Zu diesem Zweck wurden die Thouletschen und die Clericischen Lösungen in Verbindung mit 2 Bröggerschen Trennungsapparaten verwendet. Nach der gewöhnlichen Vorbehandlung des Pulvers³ (Zermahlung und Sieben) wurde zunächst eine Thouletsche Lösung von der Dichte 2,80 in Anwendung gebracht. Nach nochmaliger Zermahlung wurde dieser Prozess wiederholt. Nachher wurde der Stoff mit Hilfe einer Clericischen Lösung von der Dichte 3,19 weiter getrennt, dann wiederum zermahlt und getrennt. Endlich wurde der Stoff zum Schluss noch feiner zermahlt und nochmals getrennt, zuerst in der Thouletschen Lösung, dann wieder in der Clericischen Lösung. Der ganze Prozess dauerte etwa 3 Wochen und wurde wegen der grossen Stoffmengen, die für die Analyse nötig waren, zum Teil parallel getrieben. Die Reinheit des Stoffes wurde nach den verschiedenen Trennungsprozessen immer unter dem Mikroskop kontrolliert. Der Gehalt an Verunreinigungen im Endprodukt

¹ WILH. OSTWALD: Die Farbtonleitern, 2. Aufl., Verlag Unesma, Leipzig.

² Dicke der Dünnschliffe etwa 0,025 mm.

³ H. ROSENBUSCH: Mikroskopische Physiographie, 5. Auflage, Bd. I, Erste Hälfte, S. 700.

wurde auf diese Weise auf höchstens 3 0/0 geschätzt (hauptsächlich Apatit, dessen Menge nach dem P₂O₅-Gehalt der Biotit-analyse genau bestimmbar ist). Das Resultat der chemischen Analyse, die von Sv. HASSEL ausgeführt wurde, war:

SiO ₂	37,85
TiO ₂	2,28
Al ₂ O ₃	14,40
Fe ₂ O ₃	7,46
FeO	17,58
MnO	0,28
MgO	5,05
CaO	2,31
BaO	0,00
Na ₂ O	0,72
K ₂ O	6,92
P ₂ O ₅	0,94
F	0,60
H ₂ O ÷ 105 [°]	3,46
H ₂ O 105 [°]	0,10
	<hr/>
	99,95
÷ O für F	0,25
	<hr/>
	99,70

Nach Abzug des Apatits und nach Umrechnung auf 100 0/0 ergibt sich die Zusammensetzung des Biotits wie unten unter I angeführt. Zum Vergleich ist unter II die Zusammensetzung des Haughtonits von Roneval gegeben.

SiO ₂	38,81	37,16
TiO ₂	2,33	-
Al ₂ O ₃	14,77	15,01
Fe ₂ O ₃	7,65	7,69
FeO	18,02	17,35
MnO	0,28	1,04
MgO	5,18	8,88
CaO	1,11	1,13
BaO	0,00	-
Na ₂ O	0,74	1,60
K ₂ O	7,10	8,18
F	0,61	-
H ₂ O ÷ 105 [°]	3,55	2,12
H ₂ O ÷ 105 [°]	0,10	-
	<hr/>	<hr/>
	100,25	100,16
÷ O für F	0,25	-
	<hr/>	<hr/>
	100,00	-
Dichte 18 C	3,12	(Schwebemethode).

Der Granat hat eine hellrote Farbe, er ist optisch ganz isotrop. Das Epidotmineral zeigt $2V = 80^\circ$; der opt. Charakter ist neg. Dem entspricht ein Epidotglied mit 18 Molprocent Eisenepidot. Hornblende kommt in diesem Gestein nicht vor. Es scheint aber nicht ganz ausgeschlossen, dass ein Teil des Biotits und des Epidots auf Kosten eines Hornblendeminerals gebildet worden ist.

Eine chemische Analyse des Gesteins wurde im chemischen Laboratorium des geologischen Instituts von Sv. HASSEL ausgeführt. Das Analysenmaterial hat der Verfasser an der Hauptstrasse 4 m nördlich vom typischen Rapakiwigestein gesammelt. Das Resultat der Analyse ist unten unter I angeführt. Zum Vergleich ist unter II die Zusammensetzung des Rapakiwisyenits noch einmal gegeben.

	I	II
SiO ₂	61,35	63,45
TiO ₂	0,96	0,97
ZrO ₂	0,07	0,07
Al ₂ O ₃	16,53	16,18
Fe ₂ O ₃	1,92	1,32
FeO	4,16	3,77
MnO	0,12	0,10
MgO	0,99	1,00
CaO	3,74	3,36
BaO	0,21	0,18
Na ₂ O	3,90	3,85
K ₂ O	4,28	4,60
P ₂ O ₅	0,32	0,31
CO ₂	0,00	Spur
S	0,05	0,06
H ₂ O + 105°	0,67	0,49
H ₂ O ÷ 105°	0,35	0,11
	99,62	99,82
Dichte (d 18 4 l)	2,774	2,744
Dichte (berechnet)	2,772	2,736

Die Molekularwerte des Gesteins nach NIGGLI sind unten unter I angegeben. Zum Vergleich sind die Molekularwerte des Rapakiwisyenits nochmals wiederholt (II).

	si	al	fm	c	alk	k	mg	c fm
I.....	229,5	36,5	24	15	24,5	0,42	0,23	0,63
II.....	249,5	37,5	22	14	26,5	0,44	0,26	0,64

Die Mineralberechnung, die mit den Quantitätsbestimmungen im Dünnschliff sehr gut übereinstimmt, zeigt den unten unter I angeführten Mineralbestand. Zum Vergleich ist unter II der Mineralbestand des Rapakiwisyenits angeführt, hier aber unter der Voraussetzung, dass das auftretende Biotitmineral die Zusammensetzung des analysierten Biotits besitzt (was nach den optischen Untersuchungen der resp. Biotitmineraleien als festgestellt betrachtet werden muss).

	I	II
Pyrit	0,10	0,10
Zirkon	0,10	0,10
Magnetit	-	0,56
Ilmenit	—	0,75
Apatit	0,77	0,75
Titanit	1,57	1,00
Klinozoisit Epidot	7,14 (Epidot)	1,00 (Klinozoisit)
Muscovit (Sericit)	-	1,00
Almandin	4,08	2,53
Uralit	-	3,03
Biotit	14,28	10,09
Quarz	15,12	16,50
Kalifeldspat	19,36	21,59
Plagioklas	37,48 (Ab ₃₆ An ₁₄)	41,00 (Ab ₇₅ An ₂₂)
	100,00	100,00

Es ergibt sich somit sowohl aus den geologischen Verbandsverhältnissen als auch aus den chemisch-petrographischen Untersuchungen, dass der Augengneis 3 km nördlich von Drivstuen ein stark tektonisiertes (durchbewegtes) Rapakiwigestein repräsentiert. In geologischer Beziehung besteht zwischen den beiden Gesteinen ein ganz kontinuierlicher Übergang; die chemischen Analysen der Gesteine sind in grossen Zügen einander fast identisch, und der kleine Unterschied im Mineralbestand erklärt sich leicht, wenn berücksichtigt wird, dass im Augengneis eine beginnende Entkalkung des Plagioklasminerals schon eingesetzt hat.

Aus den Mineralberechnungen der beiden Gesteine geht unmittelbar hervor, dass der Granat, der als Almandin berechnet ist, neben FeO auch ein wenig MgO (3 5 %) führt. Der CaO-Gehalt des Granats ist dagegen wahrscheinlich sehr klein.

Dieser Augengneis, der an beiden Seiten (gegen Norden und Süden) den Rapakiwisyenit flankiert, geht selber, anschei-

nend ganz kontinuierlich, in ein *normalkörniges Gneisgestein* (mit verstreuten Augenrelikten) über. Der Mineralbestand dieses Gesteins ist folgender: Kalifeldspat, Plagioklas, Biotit, Epidot-mineralien, Granat, Magnetit, Titanit, Apatit, Zirkon und Rutil.

Der Kalifeldspat kommt als Hauptmineral vor. Er ist teils als Mikroklin, teils auch als Orthoklas entwickelt. Die Korngrösse ist gewöhnlich kleiner als 0,5 mm. Der Plagioklas hat keine Zwillungsstreifung, $\beta \overline{\overline{=}} n$ (Kanadabalsam), $2V$ etwa 85° ; der opt. Charakter ist pos. Dem entspricht ein Anorthitgehalt von etwa 10 %. Das Biotitmineral zeigt genau dieselben Absorptionsfarben wie der Biotit des Augengneises (und Rapakiwisyenits). Die Identität dieses Minerals mit dem analysierten Biotit dürfte somit ausser Zweifel stehen. Das Epidotmineral zeigt gewöhnlich Zonarstruktur mit dem Kern eisenreicher als die Hülle. $2V$ \approx etwa 80° ; der opt. Charakter ist neg. Verhältnismässig spärlich, aber gleichmässig im Gestein verteilt, kommt auch ein Epidot-Orthit mit Randzonen von gewöhnlichem Epidot vor. Der Epidot-Orthit ist deutlich pleochroitisch, hell rotbraun bis rauchgrau. $2V$ ist verhältnismässig gross; der opt. Charakter ist neg. Der Granat hat eine hellrote Farbe, er ist optisch ganz isotrop.

Die anderen Mineralien des Gesteins treten nur ganz untergeordnet auf. Von besonderem Interesse ist eigentlich nur der Titanit, der zum Teil polysynthetisch verzwillingt auftritt.

Eine chemische Analyse wurde im chemischen Laboratorium des geologischen Instituts von Sv. HASSEL ausgeführt. Das Resultat der Analyse ist unten angegeben, Das Material wurde oberhalb der Hauptstrasse im östlichen Talabhang, 40 m nördlich des Rapakiwigesteins, gesammelt.

SiO ₂	66,60
TiO ₂	0,73
Al ₂ O ₃	15,12
Fe ₂ O ₃	1,32
FeO	2,50
MnO	0,06
MgO	0,62
CaO	2,30
Na ₂ O	3,40
K ₂ O	6,23
P ₂ O ₅	0,20
CO ₂	0,00

S	0,05
H ₂ O + 105 ³	0,51
H ₂ O ÷ 105 ³	0,19
	99,83
Dichte (d 18 4 l)	2,682
Dichte (berechnet)	2,685

Die Molekularwerte des Gesteins nach NIGGLI sind unten unter I angeführt. Zum Vergleich sind unter II die Molekularwerte eines Rapakiwigranits aus Huovila, Finnland¹, angeführt.

	si	al	fm	c	alk	k	mg	c fm
I	294,5	39	18	11	32	0,55	0,24	0,61
II	308	37	19,5	11,5	32	0,55	0,11	0,59

Die Mineralberechnung, die mit den Untersuchungen im Dünnschliff sehr gut übereinstimmt, zeigt folgenden Mineralbestand.

Zirkon	0,10
Apatit	0,47
Magnetit	0,50
Granat	1,00
Titanit	1,49
Epidot	3,02
Biotit	10,07
Quarz	18,93
Kalifeldspat	31,98
Plagioklas (Ab ₉₀ An ₁₀)	32,44
	100,00

Der Unterschied zwischen dem Rapakiwisyenit und dem Augengneis einerseits und dem normalkörnigen Gneis andererseits ist somit sowohl in chemischer als auch in petrographischer Beziehung recht gross. Wenn man aber in chemischer Beziehung den normalkörnigen Gneis mit dem Rapakiwigranit aus Huovila vergleicht, scheint es gar nicht ausgeschlossen, dass auch der normalkörnige Gneis ein umgewandeltes (und ganz umkristallisiertes) Rapakiwigestein repräsentieren kann. Ein eventueller Stoffaustausch während der Metamorphose kann indessen bewirkt haben, dass die jeweilige chemische Zusammen-

¹ V. HACKMAN: Die chemische Beschaffenheit von Eruptivgesteinen Finnlands und der Halbinsel Kola, Bull. Comiss. Geol. Finlande, Nr. 15, S. 23.

setzung bedeutend von der ursprünglichen abweicht. Eine Erledigung der verwandtschaftlichen Beziehung dieser stark verschieferten Gesteine lässt sich somit auf rein chemischer Basis nur mit Vorsicht (unter Berücksichtigung der sogenannten Konvergenzerscheinungen) durchführen. Möglich ist es wohl auch, dass dieser Gneis aus einem ganz normalen Granitgestein hervorgegangen ist. Auf alle Fälle scheint es aber jetzt ziemlich wahrscheinlich, besonders wenn man berücksichtigt, dass rapakiwistrierte Augengneise an mehreren Stellen an der Westgrenze des Trondhjemgebiets auftreten¹, dass ein verhältnismässig grosser Teil der hier in Betracht kommenden Unterlage ursprünglich vor der grossen Gebirgsfaltung aus Rapakiwigesteinen (Graniten oder Syeniten) bestanden hat. Künftige Untersuchungen werden dann die Verbreitung der norwegischen Rapakiwigesteine eventuell genauer fixieren können. (Hier muss jedoch bemerkt werden, dass ein an vielen Stellen, auch in Drivdalen, sehr gewöhnlicher Typ unserer Augengneise, deren Augen aus einheitlichen Feldspatindividuen bestehen, wohl durch Deformation normaler Porphygranite (und nicht durch Deformation rapakiwähnlicher Gesteine) hervorgegangen sein muss).

Über das genaue Alter dieser (aller Wahrscheinlichkeit nach archaischen) Gesteine lässt sich vorläufig nichts Bestimmtes aussagen. Für die Altersfrage von grösstem Interesse ist jedoch, dass es jetzt mit Sicherheit festgestellt ist, dass die Rapakiwigranite Finnlands und Schwedens von spätarchaischem (jotnischem) Alter sind. Auch die Augengranite Schwedens, die in mehreren Beziehungen eine grosse Ähnlichkeit mit vielen Typen unserer Augengneise zeigen, gehören zum ganz überwiegenden Teil zu den jüngeren archaischen Graniten². Es scheint somit ziemlich wahrscheinlich (die geologischen und chemisch-petrographischen Verhältnisse in Betracht gezogen), dass auch die Rapakiwigesteine und die aus ihnen umgewandelten Augengneise von Drivstuen zu den jüngeren archaischen (auf alle Fälle präkaledonischen) Gesteinen gehören.

¹ C. W. CARSTENS l. c. S. 91.

² Siehe N. SUNDIUS: Några frågor rörande våra arkäiska intrusivformationer i mellersta och södra Sverige, G. F. F. Bd. 43, 1921, S. 548.

In chemischer Beziehung weicht das norwegische Rapakiwigestein zum Teil ganz beträchtlich von den finnländischen Gesteinen ab. Allerdings ist auch der Unterschied zwischen den verschiedenen Analysen der Rapakiwigranite Finnlands unter sich oft sehr gross; einzelne von ihnen sind ausserdem verhältnismässig alt und wohl deswegen nicht mehr völlig zuverlässig. Wenn man aber den Chemismus der norwegischen und finnländischen Gesteine vergleicht, muss aber in Betracht gezogen werden, dass die Möglichkeit immer vorhanden ist, dass der (allerdings verhältnismässig wenig) metamorphosierte Rapakiwisyenit von Drivstuen während seiner Deformation eine kleine Änderung der chemischen Zusammensetzung erlitten hat. „Nach meiner Erfahrung“, schreibt mir in einem Brief (in Übersetzung) der beste Kenner der Rapakiwigranite Finnlands, Professor Dr. SEDERHOLM, „hat bei der Umwandlung der Porphyrrgranite in Augengneise in vielen Fällen eine Anreicherung der femischen Substanzen stattgefunden“. Die Analysenzahlen, die auf Seite 244 unter beziehungsweise I und II aufgeführt worden sind (und wo das Gestein I ein stärker deformiertes Gestein als Gestein II bezeichnet), scheinen diese Annahme zu bestätigen. SEDERHOLM fügt hinzu, dass er auch eine kleine metasomatische Änderung des Rapakiwisyenits von Drivstuen für sehr wahrscheinlich hält.

Wenn man in der Zukunft irgendwo noch weniger deformierte Rapakiwigegebiete als in Drivdalen findet, lässt sich hoffentlich die Frage über den Chemismus eindeutig lösen. Vorläufig können wir nur ein ungefähres chemisches und petrographisches Bild von den Rapakiwitypen geben, die vor der Gebirgsfaltung das Trondhjemgebiet mit Sicherheit unterlagerten.

Trondhjem im Frühling 1925.