

Die Amphibolite von Radegund

Von Dr. Erich Neuwirth

Von der nicht sehr zahlreichen Literatur, die bisher über das Radegunder Kristallin erschien, sind vor allem die Arbeiten von F. Angel und J. Robitsch zu nennen (I, II). Schon in den „Gesteinen der Steiermark“ (5) sind Einzelheiten über die Petrographie des Gebietes enthalten. Auch Amphibolite werden beschrieben und sind in Ortho- und Paraamphibolite bzw. Kalksilikatschiefer gegliedert. Im Jahre 1939 erschien vom gleichen Verfasser ein Exkursionsbericht über Radegund (1), der die Gliederung des dortigen Kristallins enthält. Danach unterscheidet Angel zweit- und drittstufige Schiefer, sogenannte Glein- und Koralmgesteine, die einerseits durch dunkle und helle Glimmerschiefer und Quarzite, andererseits durch stark geschieferte Gneise, die einige Ähnlichkeit mit den Stainer Plattengneisen aufweisen, vertreten werden.

Amphibolitvorkommen finden sich in allen diesen Gesteinsarten. Es ergibt sich daraus folgende Einteilung:

- A) Amphibolite bzw. Kalksilikatschiefer in den dunklen Glimmerschiefern,
- B) Amphibolitische Gesteine in den Hellglimmerschiefern und Quarziten,
- C) Amphibolite im Gneis.

Am häufigsten sind die Vorkommen im Gebiet der dunklen Glimmerschiefer. In den Hellglimmerschiefern, besonders aber im Gneis treten die Amphibolite zahlenmäßig stark zurück.

A) Die Amphibolite bzw. Kalksilikatschiefer in den dunklen Glimmerschiefern

Wie erwähnt, sind diese Vorkommen sehr zahlreich. Die meist linsenförmigen Körper sind von geringer Größe und in vielen Fällen in einzelne mehr oder minder große Blöcke aufgelöst. Derartige Vorkommen finden sich südlich, westlich und nordwestlich Rinegg und nördlich Oberschöckel, bei der Teufelsmühle und nordöstlich der Ruine Ehrenfels. Ferner finden sich Lesestücke und Blöcke von Amphibolit südlich und westlich des Schöckelbartl und gut aufgeschlossen in einem sehr kleinen Blockvorkommen nordwestlich des Schöckelkreuzes. An der Nordseite des Schöckels trifft man in der Nähe der „Kalten Rinne“ auf zwei weitere kleine Vorkommen. Das östliche der beiden ist von bankartiger Form und steckt in der dortigen Schöckelkalkbrekzie. Das zweite Vorkommen besteht aus Lesestücken und einigen Blöcken, die neben viel Hornblende einige Volumsprozent Kalkspat enthalten.

In der Gesamtheit betrachtet ist die Zusammensetzung dieser Amphibolite so variabel, daß diese Bezeichnung für einige der Typen nur im weiteren Sinne des Wortes gilt.

Der Hornblendegehalt schwankt zwischen 30 und 95 V%. In kalzitfreien Gesteinen ist die Hornblende (Korngröße 0,5—1,5 mm) schmutziggrün mit schwachem bis mittelstarkem Pleochroismus (Ostwald: n_{α} gelbkraus IV ie 1, n_{β} seegrün VI le 22, n_{γ} seegrün VI pi 24). Die Mehrzahl der Kristalle ist kristallographisch schlecht begrenzt, selbst die Kanten der Prismenzone sind oft schlecht ausgebildet. Am Universaldrehtisch wurde ein doppelter Achsenwinkel von $2Vn_{\alpha} = 60^{\circ}$ bestimmt. Das Maximum der Auslöschungsschiefe bewegt sich zwischen 20 und 23° .

Sehr schwankend ist auch der Plagioklasgehalt (0 — 36 V%). Die Kristalle sind meist klein und kristallographisch schlecht begrenzt. Der Hauptteil der Kristalle zeigt weder Spaltrisse noch Zwillingslamellen. Die wenigen Individuen, die Lamellen besitzen, haben meist solche nach dem Periklingesetz. In dem einen oder anderen Falle wurden auch Albitlamellen festgestellt. Sie sind im Gegensatz zu den Periklinlamellen breit und gering an Zahl. Man beobachtet schließlich solche Kristalle, die nur von einer Albitlamelle, jedoch von mehreren, eng liegenden Periklinlamellen durchzogen werden. Der Anorthitgehalt, der am Universaldrehtisch und mittels der Auslöschungsschiefe senkrecht a bestimmt wurde, schwankt zwischen 30 und 42%. Entsprechend diesen Werten verhält sich $2V$. Es schwankt zwischen $2Vn_{\alpha} = 84^{\circ}$ und $2Vn_{\gamma} = 87^{\circ}$. Der Hauptteil der in den Amphiboliten bzw. Kalksilikatschiefern enthaltenen Plagioklase ist von der beschriebenen Zusammensetzung und daher als Andesine zu bezeichnen. Einzelne Amphibolite jedoch, und zwar vorzüglich diopsidführende, enthalten Labrador (55—70% An). Solche Amphibolite finden sich südlich und südwestlich Rinegg und südlich des Schaiklbauern.

In den meisten der Radegunder Amphibolite treten ein oder auch zwei Vertreter der Zoisit-Epidotgruppe auf. Eine der beiden Arten ist sehr häufig. Die Kristalle dieser einen Art sind sehr klein (um 0,06 mm, in Ausnahmefällen 0,5 mm) und zeigen lavendelblaue, zum Teil grünlichgelbe, also anomale Interferenzfarben. Die Achsenebene liegt senkrecht zur vollkommenen Spaltung und zur Längserstreckung des Kristalls. Der Achsenwinkel ist sehr groß, die Achsenbalken wandern bei der Drehung in die Diagonalstellung aus dem Blickfeld hinaus. Auf (010) beträgt $n_{\gamma} : c = 8^{\circ}$. Mit diesen optischen Daten läßt sich dieses häufigere der beiden Zoisitminerale als Klinozoisit identifizieren. Die zweite Art ist der Zoisit. Dieser tritt mit dem Klinozoisit zusammen oder aber auch allein auf und dann in etwas höherem Prozentsatz.

Wie bereits oben erwähnt, treten südlich und südwestlich Rinegg diopsidführende Amphibolite auf. Auch südlich des Schaiklbauern wurden in einem großen Block Diopsid neben Hornblende in reichlichem Maße festgestellt

(siehe Integrationsanalysen unten). Der einzige Kalksilikatschiefer mit Diopsid stammt aus dem unteren Klammgraben (nahe der Teufelsmühle). Der Gehalt an Diopsid schwankt in diesen Gesteinen zwischen 9 und 42 V%. U. d. M. (unter dem Mikroskop) ist der Diopsid farblos, seine Körner sind vielfach abgerundet (Größen zwischen 0,6 mm bis über 2 cm). Augitspaltung und Absonderung nach (100) sind stark ausgeprägt und durch Erze, wahrscheinlich Hämatit und Ilmenit, verschmiert. Der Achsenwinkel $2V\gamma$ mißt 60° . $n\gamma : c$ beträgt 44° .

Der Biotit spielt in den meisten Amphiboliten eine untergeordnete Rolle. Auf ihn wird bei der Beschreibung des Vorkommens nahe dem Wetterturm (nordwestlich Rinegg) näher eingegangen werden.

Auch Serizit ist nur in wenigen Amphiboliten vorhanden. In dem weit auseinandergesetzten Blockvorkommen westlich Rinegg ist er in einigen Blöcken vorhanden. U. d. M. zeigt es sich, daß er genetisch mit dem dort enthaltenen Labrador zusammenhängt. Man beobachtet wiederholt Labradore, deren einstiger Rand restlos aus Serizit besteht, während der Kern noch aus klarer oder aber auch schon aus getrüübter Feldspatsubstanz besteht.

An Akzessorien sind Apatit, Titanit und Ilmenit zu nennen. Nur in wenigen amphibolitischen Gesteinen tritt Granat, Hämatit und ganz selten Rutil auf. Pennin ist ebenfalls selten und übersteigt nur in engsten Gesteinsbereichen 2 V%.

Die Schieferung tritt im Schriff sehr verschieden deutlich zutage. Es lassen sich sämtliche Typen zwischen gut schiefbrig und massig finden. Ausgesprochen massige Textur erstreckt sich meist nur auf Kleinbereiche. Die Struktur ist in den meisten Fällen granonematoblastisch-schiefrig.

Integrationsanalysen als Beispiele der Zusammensetzung der Amphibolite in den dunklen Glimmerschiefern:

	Rinegg-Süd		Rinegg-berg		Zwei Typen Rinegg-Südwest		Zwei Typen Oberschöckel-Nord	
	73 V0/0	94 V0/0	30 V0/0	53 V0/0	1	2	1	2
Hornblende	73 V0/0	94 V0/0	30 V0/0	53 V0/0	32 V0/0	78 V0/0		
Plagioklas	22	—	22	22	36	14		
Quarz	—	—	—	—	6	—		
Diopsid	—	—	42	9,5	—	—		
Klinozoisit	2	—	2	9,5	12	2		
Zoisit	—	4	—	—	—	—		
Granat	—	—	—	—	6	—		
Apatit	+	+	+	1	—	—		
Biotit	+	—	—	—	—	1		
Titanit	3	2	4	5	8	5		
Ilmenit								

100 V0/0 100 V0/0 100 V0/0 100 V0/0 100 V0/0 100 V0/0

Chemische Analysen

I. Hornblendeschiefer, Rineggberg

	2 Typen Schaiklbauer		2 Typen Teufelsmühle		Schöckel- bartl	Schöckel- kreuz
Hornblende	70	38	38	70	48	69
Plagioklas	18	19	1	+	45	—
Quarz	±	—	30	9	—	6
Klinozoisit	6	17	29 (+Epido)	14	5	9
Granat	—	—	1	—	—	7
Pennin	+	—	+	—	—	1
Kalzit	—	—	—	1	—	Muskowit 1
Diopsid	—	16	—	—	—	—
Apatit	—	1	—	—	—	—
Titanit	—	9	1	6	2	7
Ilmenit	—	—	—	—	—	—
	100	100	100	100	100	100 V ^o / _o

	Gew. 0/0	Molqu.	Niggliwerte		Becke-Projektionswerte			
SiO ₂	46,13	768	si	87,5	768	790	Si	43,8
TiO ₂	1,80	22	ti	2,5	22			
Al ₂ O ₃	9,61	94	al	11	188			
Fe ₂ O ₃	4,02	25			50	679	U	37,6
FeO	6,67	93	fm	56	93			
MgO	14,02	348			348			
CaO	13,19	250	c	28	250	336	L	18,6
Na ₂ O	2,67	43	alk	5	86			
K ₂ O	—	—	mg	0,71	—			
H ₂ O	2,37	132						

100,48 %

Nach Angel (5) sind die obigen Gesteine wie folgt zu bezeichnen:

Rinegg-Süd: Biotitführender Plagioklasamphibolit.

Rineggberg: Hornblendeschiefer.

Rinegg-Südwest: Hornblendediopsidfels, diopsidführender Plagioklasamphibolit.

Oberschöckel-Nord: Granatführender Hornblendeplagioklasschiefer, Plagioklasamphibolit.

Schaiklbauer: Plagioklasamphibolit, diopsidführender Hornblendeschiefer.

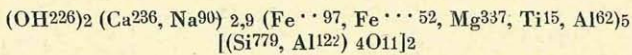
Teufelsmühle: Hornblendezoisitschiefer, Kalksilikatschiefer mit Hornblendevormacht.

Schöckelbartl: Hornblendeplagioklasschiefer.

Schöckelkreuz: Granatamphibolit.

Anal. Werte	Titanit	Pennin	Hornblende	Auf 100%	Molqu	Atomprop.	
SiO ₂	46,13	0,68	1,01	44,44	46,80	779	779
Al ₂ O ₃	9,61	—	0,73	8,88	9,37	92	184
TiO ₂	1,80	0,89	—	0,91	0,96	15	15
Fe ₂ O ₃	4,02	—	0,02	4,00	4,23	26	52
FeO	6,67	—	0,06	6,61	6,96	97	97
MgO	14,02	—	1,11	12,91	13,60	337	337
CaO	13,19	0,63	—	12,56	13,24	236	236
Na ₂ O	2,67	—	—	2,67	2,81	45	90
K ₂ O	—	—	—	—	—	—	—
H ₂ O	2,37	—	0,44	1,93	2,03	113	226
							226=2x112,6
Gew.0/0	100,48	2,20	3,37	94,91	100,00		
V0/0		2,00	4,00	94,00			

Formel der Hornblende:



2. Analyse des diopsidführenden Plagioklasamphibolits Rinegg-Südwest

	Gew. 0/0	Molqu.	Niggliwerte		Becke-Projektionswerte			
SiO ₂	44,32	738	si	95	738			
TiO ₂	1,80	23	ti	3	23	761	Si	42,4
Al ₂ O ₃	20,99	206	al	26	412			
Fe ₂ O ₃	2,76	17			34			
FeO	4,64	65	fm	33	65	668	U	37,2
MgO	6,32	157			157			
CaO	15,28	273	c	35	273			
Na ₂ O	2,88	46	alk	6	92	365	L	20,4
K ₂ O	0,02	—	k	—	—			
P ₂ O ₅	Sp.	—	mg	0,61	—			
H ₂ O	1,29	—		—	—			

100,30 Gew. 0/0

3. Analyse des Plagioklasamphibolits

Oberschöckel-Nord 2

	Gew. 0/0	Molqu.	Niggliwerte		Becke-Projektionswerte			
SiO ₂	49,26	820	si	118	820			
TiO ₂	1,36	17	ti	1,9	17	837	Si	46,4
Al ₂ O ₃	17,81	175	al	25	350			
Fe ₂ O ₃	2,21	14			28			
FeO	7,42	103	fm	37	103	606	U	33,8
MgO	5,04	125			125			
CaO	9,74	174	c	25	174			
Na ₂ O	5,48	88	alk	13	176	356	L	19,8
K ₂ O	0,28	3	k	0,03	6			
P ₂ O ₅	0,23	2	mg	0,49				
K ₂ O	1,71							
	100,54							

Die Niggliwerte der obigen Analysen wurden mit Beispielen aus Niggli's „Gesteins- und Mineralprovinzen“ verglichen. Es zeigte sich, daß nur der diopsidführende Plagioklasamphibolit (Rinegg-Südwest) gute Übereinstimmung, und zwar mit Produkten der pyroxenitisch-hornblenditischen Magmengruppe besitzt.

Nach der Beckeschen Projektion liegen alle drei Amphibolittypen, auch der diopsidführende Plagioklasamphibolit, sehr am Rande des Eruptivgesteinbezirkes.

Für die Radegunder Amphibolite im besonderen erscheint die Deutung der Genese nach dem Chemismus sehr problematisch, da eine der durchschnittlichen Zusammensetzung entsprechende Probenahme praktisch nicht möglich ist. Schlechte Aufschlußverhältnisse sowie die sehr variable Zusammensetzung der Einzelblöcke in den zahlenmäßig vorherrschenden Blockvorkommen verhindern eine entsprechende Entnahme. Schließlich können überdies Sedimente jede Zusammensetzung besitzen und sich folglich mit Eruptivgesteinen überschneiden. Aus diesen Gründen soll den übrigen Anhaltspunkten bei der genetischen Deutung am Schlusse mehr Augenmerk geschenkt werden.

Am östlichen Buchgrabenhang (westlich bis nordwestlich Rinegg) erstreckt sich, teils durch Blöcke, teils durch linsenartige Körper in

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
Erscheinung tretend, ein Vorkommen, das eines der größten des Rade-gunder Gebietes ist. Hier sei es näher beschrieben, weil es für die gesamten Rade-gunder Amphibolite genetisch von Bedeutung ist. Es gliedert sich in folgende Einzelfundstellen:

a) Westlich Rinegg ist der Wald tief eingebuchtet. An seinem Rande und auch im Walde selbst findet man einige Kalksilikatschieferblöcke. Sie zeigen ausgeprägte schiefrige Textur, die durch den Wechsel von hellen und dunklen Lagen betont wird. In ihnen ist meist schon makroskopisch Kalzit und Biotit erkennbar. An manchen frischen Brüchen entnimmt man hellgrüne, linsenförmige Partien. Sie bestehen aus feinkörnigem Epidot.

Der Dünnschliff zeigt folgende Zusammensetzung: Neben akzessorischen Gemengteilen wie Ilmenit, Titanit und Apatit sind auch Muskowit und Klinozoisit in geringerer Menge vorhanden. Hauptgemengteile sind Plagioklas und die makroskopisch erkennbaren Minerale Kalzit, Biotit und Epidot.

Die Epidotkristalle sind von geringer Größe (0,07 mm). Sie sind farblos bis hellgrün, mit sehr schwachem Pleochroismus. Neben dem Epidot findet sich in weit geringerer Zahl Klinozoisit.

Der Kalzit (0,15—0,7 mm) zeigt zum Teil optisch anomale Eigenschaften. Neben völlig charakteristischen Schnitten mit vielen Zwillingslamellen und Spaltrissen sieht man solche ohne Spaltung und mit gebogenen, verschwommenen oder gar zerstörten Zwillingslamellen. Die Ränder einiger Lamellen erscheinen gewellt. Innerhalb solcher Lamellen sind unzählige neue zu sehen, die im spitzen Winkel zur alten Richtung verlaufen. Sie sind von ganz geringer Größe und nehmen sich wie feine, kurze Stäbchen aus, die die alten Lamellen schräg strichlieren. Solche Kristalle zeigen ein zweiachsiges Interferenzbild von negativem Charakter. Die Winkelwerte schwanken, das Maximum kann 44° für 2 E betragen. So hohe Winkelwerte sind allerdings nur in wenigen Kristallen zu finden. Zur Bestimmung der Lage der Achsenebene waren nur wenige Individuen geeignet. Es ergab sich, daß die spitze Bisektrix (α) mit der dreizähligen Drehachse zusammenfällt und daß die Achsenebene in einer zur dreizähligen Drehachse parallelen Symmetrieebene liegt. Eine Beziehung von s zur Lage der Achsenebenen konnte nicht festgestellt werden. Die Häufigkeit solcher anomal zweiachsiger Kristalle ist von Lage zu Lage verschieden. Meist sind aber drei Viertel der Kalzitkristalle einachsig.

In dieser Weise optisch anomale Kalzite sind auch im Kalksilikatschiefer des Fundpunktes Teufelsmühle vorhanden. Diese Art von Anomalie scheint überhaupt weit verbreitet zu sein (auch bei anderen einachsigen Kristallen). So wurden zweiachsige Kalzite in Kalksilikatschiefern der Bretsteinserie, im Schöckelkalk, im Salla-Marmor, in kalzitführenden Chloritschiefern von Podlanig bei Hermagor (Kärnten) und in einem Marmor aus Kleinasien

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
 aus dem Gebiet des Baffiensees festgestellt. Sicherlich ließe sich diese Aufzählung noch sehr lang fortsetzen, da es sich um eine Erscheinung handelt, die in nahezu jedem daraufhin untersuchten Gestein zu finden war. Der Grund des Auftretens derartiger Anomalien ist noch nicht völlig geklärt (7). Es spricht manches für eine Entstehung unter einem bestimmten Maße an Druck, da besondere Deformations- oder Reaktionserscheinungen an solchen Kristallen ebenfalls zu erkennen sind.

Die Korngröße der Plagioklasse ist meist gering (0,08 mm). Einige Kristalle sind inverszonar gebaut. Der Kern enthält 28—30% An, der Rand 41—45% An. Die nichtzonaren Individuen haben einen Gehalt von 40—45% An und sind daher wie die zonaren als Andesine zu bezeichnen.

Sehr zahlreich sind die braunen Leisten des Biotits (bis 0,2 mm) mit starkem Pleochroismus von gelb bis braun.

Auch im Schliff ist die Schieferung deutlich zu erkennen. Die Gemengteile, besonders aber die Leisten des Biotits, sind gut nach s eingeordnet. Auf Grund seiner langgestreckten Formen und der körnigen Ausbildung der übrigen Gemengteile erscheint das Gesamtgefüge grano-nematoblastisch-schiefrig.

Integrationsanalyse

Kalksilikatschiefer

	1	2
Biotit	40 V0/0	3 V0/0
Plagioklas	21 „	17 „
Kalzit	18 „	45 „
Epidot	17 „	9 „
Hornblende	—	23 „
Apatit	1 „	±
Rutil	—	—
Titanit	3 „	3 „
Ilmenit	—	—
	100 V0/0	100 V0/0

b) Etwa 250 m südwestlich des Wetterturms (nordwestlich Rinegg) trifft man neuerdings auf einzelne im Hang steckende Blöcke aus Kalksilikatschiefer. Ihre Zusammensetzung zeigt nur geringe Abweichung von derjenigen der oben beschriebenen Blöcke. Sie sind etwas epidotreicher und wie das Schlifffbild zeigte, bildet der Epidot verhältnismäßig große Kristalle (bis 0,4 mm). Auch ist sein Pleochroismus etwas stärker.

c) Auf derselben Hanghöhe befindet sich etwa 50 m nordwestlich der obigen Blöcke ein ausgedehnter Aufschluß (Äquivalent des Vorkommens am westlichen Buchgrabenhang = Oberschöckel-Nord 2). In der nördlichen, rippenartigen Begrenzung eines kleinen, aber ausgeprägten Grabens stehen die etwa 30 m mächtigen Kalksilikatschiefer und Amphibolite an. Sie ragen in talwärts geneigten Zacken aus dem Waldboden heraus. Es läßt sich unschwer feststellen, daß die Kalksilikatschiefer bzw. Amphibolite

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
dem generellen Streichen der dunklen Glimmerschiefer folgen. Als widerstandsfähigere Gesteine treten sie in Form von Rippen, die zum Teil nur noch durch aneinandergereihte, wenige Blöcke dargestellt werden, in Erscheinung.

Im Liegenden des Vorkommens trifft man Kalksilikatschiefer, die sich von den beiden oben beschriebenen Vorkommen durch makroskopisch erkennbare Hornblendeführung unterscheiden. Das Gestein hat wie die vorhergehenden Kalksilikatschiefer sehr deutlich schiefrige Textur. Die Wechsellagerung von hellen und dunklen Schichten trägt stark dazu bei. Einige der hellen Lagen sind über einen Zentimeter dick und bestehen aus Kalzit, Plagioklas, Quarz und sehr kleinen Klinozoisitkristallen. Vereinzelt ist in diese Lagen auch Hornblende eingestreut, die dann nur geringe Größe besitzt (0,03—0,1 mm).

Zahlreich und bedeutend größer ist sie in den dunklen Schichten (0,8 mm). Diese bestehen aus der genannten Hornblende, weiters aus Biotit, Epidot, Titanit und Ilmenit. Bezeichnenderweise ist die Färbung der Hornblende im Kalksilikatschiefer laubgrün (blaustichig; Ostwald: α gelbkreß IV gc 1, β laubgrün VIII ia 22, γ laubgrün VIII ne 22). Sie steht damit im Gegensatz zu den Hornblenden der kalzitfreien Amphibolite. Bei einigen Hornblendekristallen war eine Vermessung am Universaldrehtisch möglich. Für $2V\alpha$ wurde ein Wert von 65° gemessen. $\gamma : c$ beträgt 20° und ist damit nur wenig unter den sonst gemessenen Auslöschungsschiefen.

In den Kalzitlagen bilden Hornblende, Plagioklas, Kalkspat, Quarz und Klinozoisit ein komplexes Reaktionsgefüge. Die Hornblende ist darin sehr klein und völlig allotriomorph entwickelt. In einigen Fällen fehlt ihr zumindestens an einer Seite jede deutliche Begrenzung. Ihre Farbe wird nach dieser Richtung langsam heller und man meint, einen direkten Übergang zu Kalzit oder auch zu Plagioklas zu beobachten. Ein weiteres „Stadium“ stellen etwa mittelgroße Hornblenden dar, die nur noch einen kleinen „Rest“ von Quarz und den übrigen Reaktionspartnern (Plagioklas, Kalkspat, Klinozoisit) um sich haben. Die Hornblendesprossung dürfte innerhalb des beschriebenen Reaktionsgefüges auf Kosten der genannten Partner vor sich gegangen sein. Die obige Erscheinung des allmählichen Überganges ist noch häufiger zwischen Kalzit und Plagioklas zu sehen. Der Kalzit ragt dabei oft fingerartig in den Plagioklas hinein. Der Finger ist mit fortschreitendem Eindringen in den Feldspat von abnehmender Dicke. Interferenzfarbenlinien, die der Begrenzung des Kalzitfingers parallellaufen, lassen diese Feststellung zu. Aber nicht nur bei dergestaltigem Ineingreifen, sondern auch bei normaler Berührung ohne besondere Einbuchtungen sind die obigen Veränderungen des Kalzits zu beobachten. Zwischen gekreuzten Nikol löschen diese Randpartien nicht aus. In anderen Fällen zeigen die an Plagioklas, Hornblende, Quarz oder auch Klinozoisit grenzenden Kalkspate randlich fleckige Verteilung der Interferenzfarben. Der

Kristall erscheint gegenüber dem unveränderten Teil aufgelockert. Betrachtet man solche Partien im Konoskop, so erscheinen mehrere Achsenbilder, die durcheinander liegen. Es handelt sich also tatsächlich um eine Auflösung des großen Kristalls in unzählige kleine. Spaltrisse sind in vielen Fällen von der Veränderung des Kristalls nicht betroffen. Sie ragen in die nicht auslöschenden Ränder hinein, ohne selbst einer Änderung zu unterliegen.

Besondere Beachtung verdient fernerhin folgendes Reaktionsgefüge:

In den Kalzitlagen befinden sich wiederholt Nester von Quarz und Andesin (40 bis 45% An) bzw. von Andesin allein. Darin ist manchmal ein Kalzitkristall zu sehen, der als unmittelbarer Nachbar eines kleinen Andesins alle Erscheinungen zeigt, die oben beschrieben wurden (keine Auslöschung unter gekreuzten Nikol, fleckige Verteilung der Interferenzfarben usw.). Der genannte kleine Andesinkristall steckt kopfartig in einem zweiten, größeren Andesin und enthält in seiner kopfartigen Ausbuchtung einige zierliche Quarztropfen. Ein Gefälle im Anorthitgehalt unter den beiden Andesinen konnte nicht festgestellt werden, da zu einer entsprechenden Untersuchung die Kristalle nicht geeignet waren. Jedoch hat es den Anschein, daß es sich bei den Quarztropfen um Reste handelt, um Reste innerhalb der Entstehung von Andesin auf Kosten (natürlich nur zum Teil) von Quarz. Wenn auch diese Bildung (warzenartige Ausbuchtung und tropfenartiger Quarzeinschluß) an Myrmekitquarz einerseits und Myrmekitplagioklas andererseits erinnert, so ist doch durch die etwas abweichende Quarzform und vor allem durch die Anordnung der Tropfen ein deutlich merkbarer Unterschied gegeben, abgesehen von den andersartigen Reaktionspartnern. Die geschilderte Erscheinung hat daher mit der Myrmekitbildung nichts zu tun.

Die Kalksilikatschiefer obiger Zusammensetzung nehmen die liegendsten Schichten des linsenartigen Verbandes ein. Nach einigen Metern dem Hangenden zu werden die Kalzitschichten langsam feiner. Innerhalb dieser nimmt der Feldspat gegenüber dem Kalzit ständig an Zahl zu. Schließlich bleibt der Kalzit völlig aus und es wird, nun schon höher im Hangenden, endlich ein Amphibolit erreicht, der nahezu von gleicher Zusammensetzung ist wie jener von Rinegg-Süd, Oberschöckel-Nord 2 u. a. Dieser Übergang vom Kalksilikatschiefer zum Amphibolit erfolgt völlig allmählich und ist nicht auf tektonische Weise zustande gekommen.

Die Hornblende zeigt seit dem Fehlen des Kalkspates wieder die übliche schmutzigrüne Färbung. Ihre optischen Eigenschaften weichen nicht von der Durchschnittshornblende ab.

Der Gehalt an Biotit ist sehr verschieden. Vom Liegenden zum Hangenden zeigt er eine deutliche Zunahme. Er ist oft mit der Hornblende verwachsen. Ein durch seine Zunahme möglicherweise angedeuteter Übergang zu den Glimmerschiefen ist aufgeschlossen nicht vorhanden.

Alle übrigen Gemengteile zeigen keine abweichenden Eigenschaften.

	1	2	3
Hornblende	43	81	56
Andesin	27	17	27
Kalzit	2	—	—
Klinozoisit	—	+	1
Biotit	15	1	12
Epidot	12	—	—
Ilmenit	1	1	4
	100 V/o	100 V/o	100 V/o

Im Hangenden des Amphibolits, der eine Mächtigkeit von 10 m besitzt, wurde in den dunklen Glimmerschiefern ein mittelgroßer Block gefunden, der sich dem Mineralbestand nach als Klinozoisitschiefer erwies. Neben dem über 90 V% ausmachenden Klinozoisit tritt Quarz, Granat und sehr wenig Hornblende auf. Dieser Block stellt ein weiteres Extrem innerhalb der amphibolitischen Gesteine dar.

Zusammenfassend ist zu bemerken, daß unter den Amphiboliten in den dunklen Glimmerschiefern neben ausgesprochenen Sedimentabkömmlingen Typen auftreten, die makroskopisch Orthocharakter besitzen. Es wird in der Schlußbetrachtung näher auf diese Frage eingegangen werden.

B. Amphibolitische Gesteine in den Hellglimmerschiefern und Quarziten

Auch im Bereich der Hellglimmerschiefer und Quarzite sind es vorwiegend Blockvorkommen, die zum Teil lange, aber schmale Räume einnehmen. Die Gesteinszusammensetzung, die diese amphibolitischen Gesteine deutlich von den Amphiboliten der ersten Gruppe scheidet, ist etwas weniger abwechslungsreich. Bis auf ein kleines Vorkommen, das aus Hornblendezoisitgneis besteht, umfassen alle anderen nur Hornblendezoisitquarzite und Zoisitamphibolite.

Ihre örtliche Verteilung ist folgendermaßen: 1. Nordöstlich und östlich von Radegund trifft man auf zahlreiche Blöcke von Hornblendezoisitquarziten und Zoisitamphiboliten. Dieses Vorkommen, das, wie die meisten im Radegunder Gebiet, schlecht aufgeschlossen ist, besteht aus vielen aneinandergereihten Einzelvorkommen in Form von kleinen Linsen oder Blöcken. Es erstreckt sich von etwa 300 m nordöstlich Radegund bis nördlich Willersdorf.

2. Zwei kleineren Blockvorkommen entstammen zahlreiche Lesestücke und kleinere Blöcke südlich Schwaiger (Weg Diepoldsberg—Schöckelbartl). Es sind ebenfalls Hornblendezoisitquarzite.

3. Ein weiteres, sehr schmales, aber langgezogenes Blockvorkommen nimmt am Südhang des Rabnitzberges seinen Anfang und ist bis zum Semmererbachgraben zu verfolgen. Dieses Vorkommen enthält einige großblockige Aufschlüsse aus Hornblendezoisitquarzit und Zoisitamphibolit.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
 4. Ein letztes kleines Blockvorkommen befindet sich nordöstlich Mairhöfen. Es besteht aus Hornblendezoisitgneis.

Beispiele von amphibolitischen Gesteinen der genannten Fundpunkte.

	1	2	3	4
Quarz	69 V0/0	41 V0/0	8 V0/0	7 V0/0
Hornblende	12	39	64	18
Klinozoisit	11	17	17	12
Plagioklas	2	—	—	55
Granat	1	±	3	3
Titanit		3		
Ilmenit	5	—	8	5
Pyrit				
	100 V0/0	100 V0/0	100 V0/0	100 V0/0

1 und 2 Hornblendezoisitquarzite, 3 Zoisitamphibolit, 4 Hornblendezoisitgneis.

Chemische Analyse eines Hornblendequarzits (nördlich Kreuzwirt)

	Gew. 0/0	Molqu.	Niggliwerte		Becke-Projektionswerte			
SiO ₂	57,64	960	si	174	960			
TiO ₂	1,37	17	ti	3	17	977	Si	55,4
Al ₂ O ₃	19,75	194	al	35,5	388			
Fe ₂ O ₃	0,92	6			12			
FeO	4,06	56	fm	23,5	56	516	U	29,2
MgO	2,43	60			60			
CaO	10,23	182	c	33	182			
Na ₂ O	2,88	46	alk	8,0	92	274	L	15,4
K ₂ O	—							
P ₂ O ₅	—							
S	Sp.							
H ₂ O +	1,21							
	100,49 Gew.0/0							

Wie zu erwarten war, lassen sich die obigen Niggliwerte nicht mit solchen basischer Magmen vergleichen. Bei der Beckeschen Projektion fällt das Gestein infolge der ebenen Darstellung des SiUL-Dreieckes sowohl in den Bereich der Magmenabkömmlinge als auch in den der sedimentogenen Gesteine.

Alle Typen sind bis auf einige Zoisitamphibolite von ausgeprägter schiefriger Textur. Die Gemengteile sind eigenschaftlich ohne Besonderheiten. In den Hornblendequarziten sind sämtliche Gemengteile

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
nur klein entwickelt (um 0,1 mm). Der Quarz ist oft grau gefärbt, so daß das Gestein dunkelgrau erscheint. Der wenige enthaltene Plagioklas ist ein Oligoklas mit nicht ganz 30% An. Die Hornblende schließlich ist kristallographisch auffallend schlecht begrenzt. Der Farbe nach unterscheidet sie sich kaum von den bisher beschriebenen. Einschlüsse von Quarz und Titanit, wobei um die Titanite pleochroitische Höfe zu sehen sind, sind häufig.

In den Zoisit amphiboliten ist die Hornblende sehr groß, selbst kleinere Stengel messen 1,0 mm. Sie ist häufig von Erz (hauptsächlich Ilmenit) überstäubt. $n_{\gamma} : c$ beträgt maximal 23°. Ebenfalls sehr groß (bis 1,0 mm) entwickelt ist der Klinozoisit, und der mit schönen spitzrhombischen Querschnitten auftretende Titanit (0,6 mm max.).

Der Hornblendegneis nordöstlich Mairhöfen ist ein fleckiggraues Gestein mit undeutlicher schiefriger Textur. Makroskopisch ist die mittelgroße Hornblende (1,0—2,0 mm) neben Quarz und Plagioklas zu erkennen. Feinverteilt oder in kleinen Nestern tritt Pyrit auf. Granat in rundlichen Knollen ist selten.

Das Schlibbild beherrscht der verhältnismäßig große Plagioklas (um 0,7 mm). Kristalle mit Zwillinglamellen, die besonders oft dem Periklingesetz folgen, sind neben Schnitten mit Spaltrissen nach P und M häufig. Der Anorthitgehalt liegt bei 70% An (Labrador).

Die Hornblende zeigt selbst in der Prismenzone keine Eigenformen. Sie ist oft völlig abgerundet und enthält zahlreiche Einschlüsse von Titanit und besonders Quarz. Um solche Titanite gibt es pleochroitische Höfe. Die Farbe der Hornblende weicht nicht vom Durchschnitt ab. Nur ihr Pleochroismus ist verhältnismäßig sehr gering. Das Maximum der Auslöschungsschiefe beträgt 20°.

Das Gefüge ist granoblastisch schwach schiefrig. U. d. M. bestärkt sich der Eindruck, daß es sich bei diesem Hornblendegneis um einen aufgefressenen Amphibolit handelt.

Auf Grund der Zusammensetzung und der Struktur der amphibolitischen Gesteine in den Hellglimmerschiefern besteht die Annahme der sedimentären Herkunft (5, 11) zu Recht.

C) Amphibolite im Gneisgebiet

Eine vergleichende Begehung des Raabtales bei Oberdorf hatte gezeigt, daß dort Amphibolite im Gneis auftreten. Sie sind keineswegs von anderem Aussehen wie die Amphibolite der Glimmerschiefer im Radegunder Kristallin. Auch die optische Untersuchung des Gesteins offenbarte, daß es nicht nur gleiche Gemengteile enthält, sondern daß sich diese optisch völlig gleich verhalten.

Zahlreiche Begehungen des Raumes südlich Radegund hatten den Zweck, Klarheit darüber zu schaffen, ob es im Bereiche der Radegunder Gneise

Amphibolite gibt oder nicht. Es zeigte sich, daß welche vorhanden sind. Ihr Auftreten ist jedoch im Vergleich zu den zahlreichen Vorkommen in den Glimmerschiefern sehr spärlich. Lediglich ein einziges Vorkommen ist einwandfrei anstehend. An anderen Fundstellen ist die Überrollung aus den morphologisch höhergelegenen Glimmerschiefergebieten nicht mit Sicherheit auszuschalten. Dieses eine Vorkommen befindet sich wenige 100 m nördlich Ebersdorf.* Zwischen anstehenden Gneisen sind Blöcke bis zur Größe von 30×30 cm mit unbekannter, aber mindestens gleicher Tiefe zu sehen.

Der dortige Amphibolit ist deutlich geschiefert und von schwarzgrüner Farbe. Die hellen Gemengteile treten wenig hervor, da sie sehr feinkörnig sind und eine hellgraue Farbe besitzen. Die Kristalle der Hornblende sind um ein Mehrfaches größer (um 0,6 mm). Die Einordnung der mittelgroßen Stengel nach s ist gut zu erkennen.

Im Dünnschliff erscheint folgendes Bild: Die an Zahl stark überwiegende Hornblende hat hellkresse bis seegrüne Farben, zum Teil ist sie fleckig. Sie ist kristallographisch schlecht begrenzt und enthält zahlreiche Einschlüsse an Plagioklas, Klinozoisit und Titanit. $n\gamma : c$ beträgt 22° .

Von den Eigenschaften der übrigen Gemengteile, nämlich Plagioklas, Klinozoisit, Apatit, Titanit und Ilmenit, sind nur die des Plagioklas nennenswert. Seine Kristalle (0,08 mm) besitzen Zwillingslamellen nach dem Periklin- und auch nach dem Albitgesetz. Der nach der Auslöschungsmethode und am Universaldrehtisch bestimmte Anorthitgehalt schwankte zwischen 55 und 65% An. Damit entspricht er einem Labrador.

Das Gefüge ist grano-nematoblastisch — schwach schieferig.

Integrationsanalyse

Hornblende	61 V ⁰ / ₀	Plagioklasamphibolit
Labrador	23	
Klinozoisit	14	
Apatit	1	
Titanit + Ilmenit	1	
	<hr/>	
	100,00 V ⁰ / ₀	

Aus der obigen Beschreibung geht hervor, daß auch im Radegunder Kristallin Amphibolite im Gneis auftreten und daß sie einerseits den Amphiboliten im Raabtal und in den dunklen Glimmerschiefern des Radegunder Kristallins sehr ähnlich sind.

Zusammenfassende Erörterungen

Die amphibolitischen Gesteine des Radegunder Kristallins treten als kleine Verbände (Linsen) oder tektonisch zerrissene Körper (Einzelblöcke

* Es mag sicher noch mehr kleine Vorkommen geben. Infolge schlechter Aufschlußverhältnisse ist das Auffinden so kleiner Vorkommen nicht leicht bzw. oft an Zufälle gebunden.

der Blockvorkommen) in den Schiefen des Kristallins auf. Sie finden sich in den dunklen Glimmerschiefen, in den Hellglimmerschiefen und Quarziten und im Gneis (Kapitel A, B, C). Während es zwischen den amphibolitischen Gesteinen der beiden Glimmerschieferarten hinsichtlich der Zusammensetzung beträchtliche Unterschiede gibt, besteht zwischen einem Teil der Amphibolite in den dunklen Glimmerschiefen und dem Amphibolit im Gneis ziemliche Ähnlichkeit. Die gesamten Radegunder Amphibolite (i. w. S.) sind faziell in die zweite Tiefenstufe (alpine Amphibolitfazies) einzuordnen (1). An einigen Vorkommen (Schöckelnordseite) macht sich geringe Diaphtorese bemerkbar.

Die strukturellen Eigenschaften sowie die Art und besonders das quantitative Verhältnis der Gemengteile der amphibolitischen Gesteine der Hellglimmerschiefer und Quarzite weisen auf sedimentäre Entstehung. Angell und Robitsch (5, 11) haben sie bereits als Paragesteine bezeichnet. Hiezu gehört auch noch der kleinere Teil der Amphibolite in den dunklen Glimmerschiefen. Der andere, größere Teil wurde als fraglich oder als magmatischer Abkömmling bezeichnet. Nun sind diese Gesteine von einem Aussehen und einer Zusammensetzung, die diese Annahme wohl gestattet. Unter dem Mikroskop finden sich allerdings in allen in Frage kommenden Proben keine magmatischen Reliktstrukturen. Weiters gehen Kalksilikatschiefer an zwei Stellen (an einer besonders schön aufgeschlossen) in Amphibolite über, u. zw. in Amphibolite, die, allein betrachtet, genau so wie die übrigen magmatischer Herkunft sein könnten. Für die Kalksilikatschiefer läßt sich auch strukturell ohne weiteres die sedimentäre Abstammung belegen. Da nun ein allmählicher, nicht auf tektonische Weise erfolgter Übergang zu einem Amphibolit führt, der sich weder durch Zusammensetzung noch durch Struktureigenschaften der Gemengteile von den übrigen, orthoverdächtigen unterscheidet, ist anzunehmen, daß außer diesem an den Kalksilikatschiefer gebundenen Amphibolit auch der Rest sedimentärer Herkunft ist. Danach würden also sämtliche Radegunder Amphibolite Paragesteine sein. Eine weitere Bestätigung findet diese Feststellung beim Vergleich mit den Amphiboliten der übrigen Steiermark. Besonders geeignet hiezu waren die subtil durchgearbeiteten Amphibolite der Gleinalm, von denen auch Dünnschliffe zur Verfügung standen (2, 3, 4). Die Radegunder Amphibolite ließen sich dabei nur mit den Paraamphiboliten der Gleinalm vergleichen. Zu den Orthogesteinen dieser Art fehlte jede Beziehung.

Die hellen und ein Teil der dunklen Glimmerschiefer sind stark von Feldspatsubstanz durchtränkt. Es erschien in diesem Gebiete besonders interessant, das Verhältnis der amphibolitischen Gesteine zu ihrer neosomreichen Umgebung kennenzulernen. Nur sehr wenige Aufschlüsse waren dazu geeignet. Sie zeigten jedoch übereinstimmend, daß das Neosom dem Amphibolit ausweicht und daß keine auch nur den Rand des Amphi-

bolitkörpers betreffende Beeinflussung vorhanden ist. Andererseits stellt aber sicherlich der Hornblendegneis nordöstlich Mairhöfen einen „aufgefressenen“ Amphibolit dar.

Zum Schluß eine Bemerkung zum gesamten Radegunder Kristallin. Die dortige Grenze zwischen Hellglimmerschiefer und Gneis war von jeher nur sehr schwer festzulegen. Man bediente sich daher (I, II) der sich in zweitstufiger Prägung befindlichen Amphibolite und zog mit ihrer Hilfe eine Grenze zum drittstufigen Kristallin, dem Gneis. Da aber nunmehr auch im Gneis Amphibolit festgestellt wurde, kann diese Art von Grenzziehung nicht aufrecht bleiben. Zudem drängt sich dem Kartierenden die Frage auf, ob eine wie bisher vorgenommene Trennung des zentralen Glimmerschiefers vom Gneis der Natur der Dinge entspricht. Liegt nicht vielmehr der Unterschied zwischen diesen beiden Gesteinsarten in der gleichmäßigeren Durchtränkung des Gneises mit Feldspatsubstanz, als es in den Glimmerschiefern * der Fall ist? Das Neosom reicht ja noch weit in die Glimmerschiefer hinein und dürfte wohl auch für die Bildung der dortigen Pegmatite verantwortlich gemacht werden können. Diese weitreichende Durchtränkung ist es ja, was die Grenzziehung so schwierig gestaltet. Durch diese in der Frage enthaltene Auffassung würde der Gneis in die zweite Tiefenstufe zu zählen sein. Damit ist das Auftreten von Amphibolit im Gneisgebiet ohne weiteres verständlich und macht keinerlei Schwierigkeiten.

Es ist klar, daß es viele Wenn und Aber gibt und daß diese Frage einiger Unterbauung bedarf. Doch erscheint sie es wert.

Literaturverzeichnis

1. Angel F., Walter L., Meixner H. Exkursionsbericht über den Lehrausflug zur Kristallinsel von Radegund. Fortschr. d. Min. etc., Bd. 23, 1939.
2. — und Schneider. Die Amphibolite des Gleinalmgebietes. Tscherma's Min.-Petr. Mitt., Bd. 36.
3. — und Birnbaum N. Zur Kenntnis der Gleinalmparaschiefer. Tscherma's Min.-Petr. Mitt., Bd. 36.
4. — Glimmeramphibolite aus dem Kainachtal. Tscherma's Min.-Petr. Mitt., Bd. 36.
5. — Gesteine der Steiermark. Mitt. d. Naturw. Vereines Steiermark, Bd. 60.
6. Drescher-Kaden F. K. Die Feldspat-Quarz-Reaktionsgefüge der Granite und Gneise und ihre genetische Bedeutung. Einzeldarstellungen der Min. und Petr., Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg.
7. Gillson J. L. Biaxial Calcite. The American Mineralogist 1927.
8. Heritsch F. Gliederung des Altkristallins der Stubalpe in der Steiermark. Jb. 1925, B, Bd. 51.
9. Kieslinger A. Geologie und Petrographie der Koralpe. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissenschaften Wien, 1926—1928.
10. Kuntschnigg A. Das Bergland von Weiz. Mitt. d. Naturw. Vereines Steiermark, 1927, Bd. 63.
11. Robitsch J. Das Radegunder Kristallin. Mitt. d. Naturw. Vereines Steiermark, 1949, Bd. 77/78.

* Es sind nicht alle Glimmerschieferarten des Radegunder Kristallins in Teilen von der Feldspatdurchtränkung betroffen. Die hier erwähnte Feststellung bezieht sich vor allem auf das Gebiet Teufelmühle—Radegund bis an die Ostgrenze der geologischen Karte von Robitsch.