Zeitschrift: Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft

Herausgeber: Thurgauische Naturforschende Gesellschaft

Band: 35 (1950)

Artikel: Petrographische Untersuchungen von Steinwerkzeugen aus thurgauischen Pfahlbausiedelungen

Autor: Geiger, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-593784

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 20.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Petrographische Untersuchungen von Steinwerkzeugen aus thurgauischen Pfahlbausiedelungen

Von Dr. h.c. E. Geiger, Hüttwilen

Herr Keller-Tarnuzzer, unser unermüdlicher Urgeschichtsforscher, hat vom Bodenseeufer ein reiches Material von Steinwerkzeugen der Pfahlbauzeit zusammengetragen und inventarisiert. Aus dem Bedürfnis, etwas Genaueres über die stoffliche Zusammensetzung dieses Fundmaterials und seiner möglichen Herkunft zu erfahren, hat er mich gebeten, diese Dinge anzuschauen und zunächst makroskopisch festzustellen, ob dieses Material landeseigen oder landesfremd sei. Die Durchmusterung der mehr als 200 Steinartefakten führte zum Resultat, daß weitaus der größte Teil seine Felsheimat in unserm Alpengebiet haben muß. Es handelt sich besonders um Spilite, Diabase und Serpentine der Ophiolithzone. Dieses petrographische Gebiet erstreckt sich in den östlichen Schweizeralpen vom Oberhalbstein über Arosa und Davos bis ins Unterengadin. Hier, im Bereich der Bündnerschiefer, sind während der tiefmeerischen Ablagerung basische Magmen emporgedrungen und zu verschiedenartigen Grüngesteinen erstarrt. Auch in den Walliseralpen gibt es eine Ophiolithzone. Aus ihr stammt ein großer Teil der Steinbeile der Pfahlbausiedelungen am Neuenburger-, Murtner- und Bielersee. Doch kehren wir wieder zu unserm Gesteinsmaterial zurück! Bei vielen dieser Stücke war auf frischer Bruchfläche schon mit der Lupe der graugrüne Feldspat und schwarzer Augit zu erkennen. Auf der durch die Verwitterung angeätzten Oberfläche konnte sogar das Mineralgefüge, das Strukturbild, erkannt werden. Sichere makroskopische Bestimmung war auch bei Serpentinen und Hornblendeschiefern möglich. Unter den Steinbeilen gab es auch ein Exemplar, das aus dem weichen Talkmineral bestand. Diese Feststellung ergab sich daraus, weil die glatte Schneidefläche mit dem Fingernagel geritzt werden konnte. Es ist schwer zu erklären, was es für einen Sinn gehabt hat, aus derart weichem Material ein Schneidegerät zu formen.

Die Aufgabe, das Gesteinsmaterial der Pfahlbauzeit zu untersuchen, ist nicht neu. Schon um die Jahrhundertwende, nämlich 1902, veröffentlichte A. Bodmer-Beder im Jahrbuch für Mineralogie, Beilageband XVI

10741

seine petrographischen Untersuchungen von Steinwerkzeugen aus schweizerischen Pfahlbaustätten. Es betraf das Stücke vom Zuger-, Bieler-, Neuenburger-, Murtner-, Zürich- und Bodensee. Unter ihnen war auch ein Beilchen von Eschenz. Bei diesem hat der Verfasser Nephrit als Material festgestellt. Nephrit ist eine feinfaserige Hornblendeart und zwar noch feiner verfilzt als Strahlstein. Da in den geologischen Berichten des Gotthardtunnels solches Material erwähnt wird und nach den Ortsangaben diese Gesteinsart am St. Annagletscher ausstreichen muß, kommt der Verfasser zu dem Schluß, daß vor allem die Nephritfunde vom Zugersee aus dem Reußerratikum stammen. Neben diesen sind es besonders sogenannte Chloromelanite, die untersucht worden sind. Diese sind so feinkörnig, daß man mit der Lupe kein Material erkennen kann und erst die chemische Analyse und das Dünnschliffbild bei ziemlicher Vergrößerung den Mineralbestand feststellen läßt. Ein jadeitischer Augit und eine natronhaltige Hornblende bilden ein feines Gewebe, wodurch der Stein ziemliche Härte, große Zähigkeit und ein verhältnismäßiges hohes spezifisches Gewicht erhält. Neben den genannten Hauptmineralien sind auch Granat, Erz, Feldspat und Glimmer Nebengemengteile. Eine Gruppe untersuchter Fundgegenstände faßt Bodmer-Beder unter dem Namen Saussurite zusammen. Bei diesem ist vorherrschendes Mineral ein umgewandelter basischer Feldspat. Die Umwandlung oder Metamorphose scheint im Frühstadium stecken geblieben zu sein; denn die neuen Mineralien Zoisit, Epidot, Sericit, Albit und Quarz bilden noch ein mikroskopisches Gemisch zwischen feinen Hornblendenädelchen und Augitrelikten. Der Verfasser hat sich auch die Mühe genommen, Gesteine mit ähnlichem Aussehen aus den Walliseralpen zu analysieren und Dünnschliffe davon zum Vergleich heranzuziehen. Er kommt dadurch zu der Überzeugung, daß der Großteil des westschweizerischen Pfahlbaumaterials aus dem Erratikum des einstigen Rhonegletschers stammt und seine Felsheimat im Saastal und Monterosagebiet hat.

1904 erschien in der gleichen Zeitschrift, Beilageband XX, eine Arbeit von der Assistentin am mineralogischen Institut der ETH., Frl. Dr. L. Hezner, über Steinwerkzeuge aus schweizerischen Pfahlbauten. Es handelt sich eigentlich mehr um eine Ergänzung und Erläuterung der Arbeit von A. Bodmer-Beder als um die Bestimmung neuer Funde. Die Petrographie stand damals im Zeichen der Gesteinsmetamorphose, an deren Ausbau bekanntlich Professor U. Grubenmann am stärksten beteiligt war. Von diesem Gesichtspunkte aus waren die Steinwerkzeuge besonders interessante und wertvolle Beispiele alpiner Umwandlungen. Der Verfasserin liegt vor allem daran, den Mineralbegriff Saussurit zu klären und die innern Umwandlungen durch Mineralgleichungen zu verdeutlichen. Analysenresultate und Dünnschliffuntersuchungen bestätigen die Herkunft aus dem Saastal und Allalingebiet.

In den Mitteilungen der Thurg. Naturf. Ges., Heft 18, vom Jahr 1908,

ist ein wertvoller Beitrag von Prof. U. Grubenmann über Steinbeile aus den thurgauischen Pfahlbauten bei Steckborn und Kreuzlingen enthalten. Solche Untersuchungen beginnen nach einer Äußerung des Verfassers mit Vorteil mit einer Bestimmung des spezifischen Gewichtes, da daraus bereits auf den Mineralbestand geschlossen werden kann. 19 Dünnschliffe ermöglichten eine mikroskopische Durchmusterung der Artefakte. Chemische Analysen waren keine gemacht worden. Bei zwei Beilchen wurde das Material als Chloromelanit bestimmt, d. h. als ein Gestein mit einem Grundgewebe aus natronreichem Augit und Einsprenglingen von Granat und Magnetit. Die Felsheimat dieses Gesteins ist dem Verfasser nicht bekannt. Auch bei dem Nephritbeilchen gibt er keine Heimat an. Zwei weitere Beilchen sind petrographisch lamprophyrisches Gestein; demnach sind die Hauptmineralien ein leistenförmiger Plagioklas und Biotit, der aber stark in Chlorit umgewandelt ist. Da der Verfasser besonders im Unterengadin feldgeologisch gearbeitet hat, erwähnt er Fundstellen am Rasassergrat. Die übrigen Bestimmungen ergaben noch zwei Augitdioritporphyrite, einen Granatamphibolit, fünf Epidot- und Chloritamphibolite, neun Serpentine, drei Kieselschiefer und einen Feuerstein. Alle diese genannten Gesteinarten sind im Erratikum des Rheingletschers zu finden.

Fast 40 Jahre gingen vorüber bis diese petrographische Arbeit wieder aufgegriffen wurde und zwar durch Dr. Th. Hügi am mineralogischen Institut der Universität Bern. Es geschah dies auf Wunsch des Vorstehers der urgeschichtlichen Abteilung des bernischen naturhistorischen Museums. Speziell sollte das Material der Bielerseestationen gesteinskundlich bearbeitet werden. Die Untersuchungsresultate wurden 1945 in den Eclogae geologicae Vol. 38 Nr. 2 publiziert. Mikroskopisch wurden folgende Gesteinsarten diagnostiziert: Dichte Hornblendeschiefer, dichte Hornblendeepidotschiefer, Strahlsteinschiefer, Strahlstein-Epidot-Zoisitschiefer, Eklogit-Eklogitamphibolit bis Granatamphibolit, Smaragditgabbro, Antigoritserpentin, Granat-Muskovitamphibolit, Nephrit und jadeitartige Gesteine. Von den erstgenannten Gesteinen sind im Wallis genügend Vorkommen bekannt. Für die nephritischen und jadeitischen Gesteinstypen aber waren vergleichende Beobachtungen an Sammlungsmaterial und eingehende Geländeuntersuchungen in der Ophiolithzone des Wallis notwendig. Daß die alpinen Nephritgesteine leicht übersehen wurden, ist dadurch begründet, daß sie die unscheinbare graugrünliche Farbe des begleitenden Muttergesteins, des Giltsteines, haben. Der Nephrit bildet linsige, knollige Einlagerungen. Der Verfasser hat ihn in einer Gilsteingrube östlich vom Moirygletscher gefunden. Die jadeitischen Gesteine sind möglicherweise Einlagerungen in den Smaragditgabbros. Im Rheingletschergebiet sind Nephritfunde im Val Fallêr gemacht worden. Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß der Verfasser für alle untersuchten Steinwerkzeuge der Bielerseestationen die Felsheimat im Wallis festgestellt hat.

Die vorgenannte Arbeit von Dr. Th. Hügi erhielt dann 1948 noch eine Ergänzung durch einen Beitrag des Verfassers in der Festschrift Niggli. Es handelt sich darum durch Analysen und ihre Auswertung darzutun, daß Beilchen und Blockmaterial vom Wallis übereinstimmen. Es betraf das ein Beilchen von Vinelz und ein Handstück eines erratischen Blockes von Saas-Almagel. Eine Darstellung der umgerechneten Analysenwerte im Projektionsdreieck veranschaulicht die Zusammengehörigkeit. Das Studium dieser vorausgehenden Arbeiten ließ mich hoffen, daß unter den ausgesuchten Steinwerkzeugen ähnliches Material sich zeigen werde. Ebenso vermutete ich, daß in der Sammlung des mineralogischen Instituts der ETH. entsprechende Dünnschliffe vorhanden seien. Wie Sie aber aus den nachfolgenden Ausführungen ersehen werden, ist diese Hoffnung nicht erfüllt worden. Die vier ausgelesenen Artefakte zeigen einen andern Mineralbestand. Nephritische Hornblendevarietäten oder jadeitische Augite sind nicht vorhanden.

Im nachfolgenden Abschnitt sollen nun die vier ausgelesenen Steinwerkzeuge geschildert werden. Es handelt sich dabei zuerst um die Feststellung der mit bloßem Auge oder mit der Lupe wahrnehmbaren Dinge. Neben diesem makroskopischen Befund ist aber auch eine mikroskopische Durchmusterung eines Dünnschliffes notwendig. Erst in diesem kommen die optischen Eigenschaften der einzelnen Mineralien zur Geltung und kann das Kristallisationsgefüge erkannt werden. Das gewöhnliche Mikroskop genügt für diesen Zweck nun nicht; es braucht ein Polarisationsmikroskop, das mir in verdankenswerter Weise vom mineralogischen Institut zur Verfügung gestellt wurde. Dort hat mir auch auf Empfehlung von Herrn Prof. Dr. P. Niggli Herr Rohr die vier Dünnschliffe gemacht. Hat man in diesen die Mineralien bestimmt, so folgt als erste Auswertung die Raumanalyse, d. h. es muß durch Zählung festgestellt werden, welche prozentualen Anteile die Hauptmineralien im Schliffbild haben. Aus diesen Prozentwerten kann durch Umrechnung über die Basismoleküle die chemische Analyse eines Gesteins errechnet werden. Diese Analysenwerte sind selber wieder Ausgangspunkt für die Bestimmung der Niggliwerte, die ja seit 1920 internationale Geltung in der petrographischen Literatur erhalten haben. Diese Werte ermöglichen eine Einordnung des Gesteins in einen der Magmentypen. Sie bieten auch die einfachste Vergleichsmöglichkeit mit den untersuchten Gesteinsarten unserer Alpen.

Der Begriff Basismolekül ist 1936 durch Prof. Dr. P. Niggli in die Petrographie eingeführt worden. Es geschah dies aus dem Bedürfnis, die Beziehung zwischen den in Prozenten angegebenen Mineralbestand eines Gesteins und den chemischen Analysenwerten auf einfache Weise darzustellen. Die Gesteinsanalyse ist bekanntlich eine Stoffaufteilung in gewichtsprozentische Oxydwerte, und diese sollten nun auf einfache Art in Molekülwerte der Mineralien umgeteilt werden. Alle Oxydwerte werden zunächst

auf Molekularzahlen umgerechnet, und diese können dann auf die verschiedenen Mineralien aufgeteilt werden. Z. B. 6 SiO_2+1 Al_2O_3+1 Na_2O = Albit oder Natronfeldspat oder 2 SiO_2 +1 Al_2O_3 +1 CaO = Anorthit oder Kalkfeldspat. Diese scheinbar leichte Aufteilung wird aber schwierig, wenn eine größere Zahl von verschiedenen Mineralien, darunter kompliziert zusammengesetzte, vorhanden sind. Besonders bei metamorphen Gesteinen, wo es sich noch darum handelt, die Stoffumwandlung durch einfache Reaktionsgleichungen darzustellen, wird diese Mineraldarstellung unübersichtlich. Statt nun die Oxydwerte in die Mineralverbindung hineinzunehmen, sollen von ihnen nur die elektropositiven Atome zum Basismolekül zusammengefaßt werden. Sie bilden dann den Kern der Mineralverbindung. Z. B.

K, Al, Si	= Kp	=	Kern vom Orthoklas; 3 Kp + 2 Q = 5 Or
		=	Orthoklas
Ca, Al, Al	= Cal	=	Kern vom Anorthit; 3 Cal + 2 Q = 5 An
Mg, Mg, Si	= Fo	=	Kern vom Augit; 3 Fo + 1 Q = 4 En
Fe, Fe, Si	= Fa	=	Kern vom Hypersthen; 3 Fa + L Q = 4 Hy
Al, Al	= C	=	Kern von Korund

Bei der Bildung komplexer Mineralien gelten fogende Gleichungen:

10 Or + 4 C = 14 Ms = Muskovit
6 Kp + 9 Fo + 1 Q = 16 Bi = Biotit
3 Fo + 2 En = 5 Serp. = Serpentin

Diese wenigen Hinweise mögen genügen, um darzutun, daß die Mineralkombinationen mit Hilfe der Basismoleküle viel übersichtlicher und rechnerisch einfacher darzustellen sind als mit den Oxydwerten. Nach diesen Erklärungen, die uns etwas seitab vom Thema gebracht haben, beginnen wir mit dem ersten Stück:

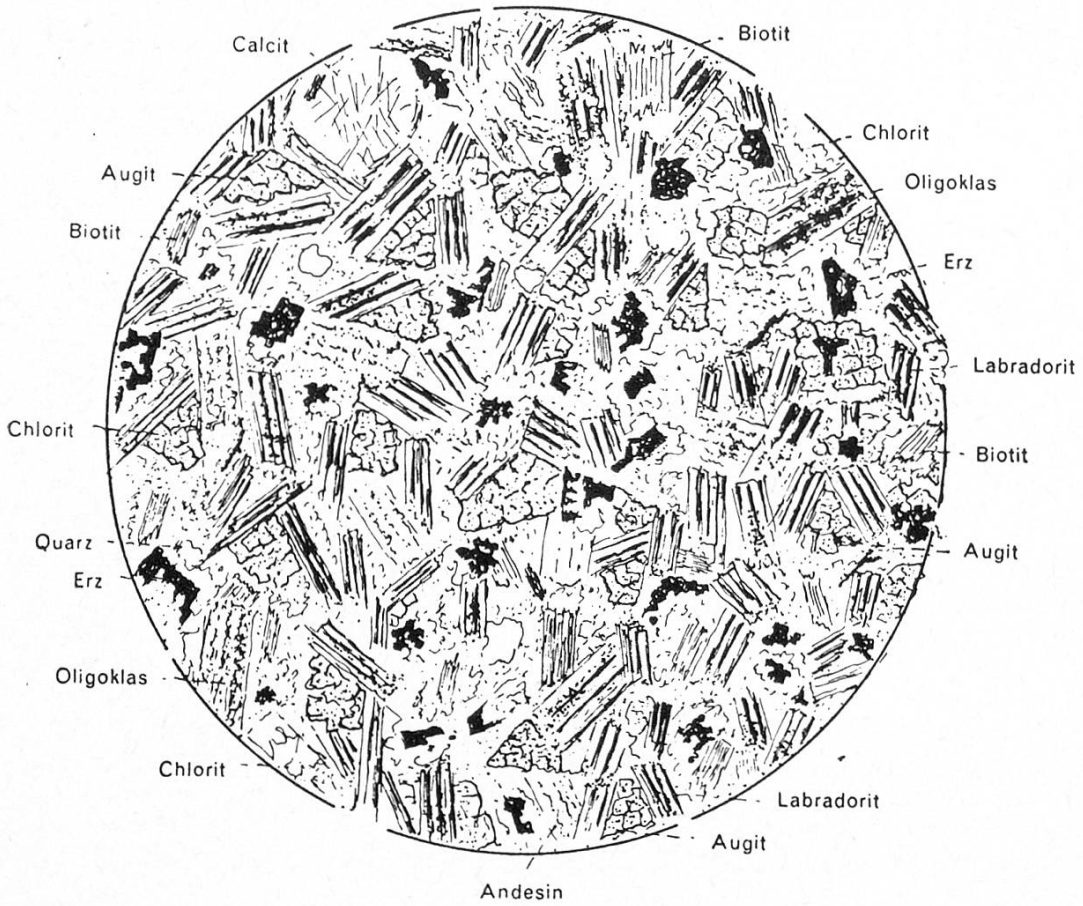
Steinwerkzeug Nr. 9018

Unter dieser Nummer figuriert ein Pfahlbaugerät, dessen Zweckbestimmung noch nicht restlos geklärt ist. Mit vielen gleichartigen hat es die Eigentümlichkeit, daß es fast immer in der Mitte abgebrochen erscheint. Eine untere, ebene, am Ende aufgewölbte Schleiffläche geht seitlich in etwas abgerundete Kanten und diese in die 2—3 cm hohen Seitenflächen über. Darauf folgt nach oben beidseitig eine Kehlfläche, so daß die abschließende Deckfläche auf ein Drittel reduziert ist. Die Herausarbeitung der Kehlen scheint nicht durch Schleifen, sondern durch Punzen geschehen zu sein. Das ganze Stück ist 10 cm lang, 5 cm breit und 4 cm hoch.

Die Oberfläche ist grobkörnig rauh, mit einzelnen pockennarbigen Löchern. Schon mit der Lupe erkennt man den wesentlichen Mineralbestand. Auf frischer, angeschlagener Bruchfläche der graugrüne Feldspat, der schwarze Augit und einzelne Glimmerblättchen. Die an der Oberfläche gesichteten Löcher waren bei der Kristallisation Gashohlräume gewesen, die dann nachträglich mit einem sekundären Mineral aufgefüllt wurden. Lagen diese Mandeln oder Variolen an der Außenseite des Gesteins, so fand unter Einwirkung der atmosphärischen Agentien CO_2 und Wasser die Auslaugung statt, und es entstanden so die pockennarbigen Löcher. Der Dünnschliff zeigt nun in erster Linie das Kristallisationsgefüge der bereits erkannten Mineralien. Es ist die typische ophitische Struktur, d. h. die regellos nach allen Richtungen weisenden Feldspatleisten beherrschen den Raum. Was sonst noch neben ihnen auskristallisierte, mußte sich mit Winkeln und Zwickeln begnügen. Die meist in rechteckigen Schnittformen getroffenen Feldspäte gehören zur Gruppe der Plagioklase oder Kalknatronfeldspäte. Im polarisierten Lichte ergibt sich für die verschiedenen Typen ein zugehöriger Auslöschungswinkel. Vom sauren Oligoklas bis zum basischen Labradorit sind sie im Schliff vertreten. Als zweites wichtiges Mineral erscheint hier ein eisenreicher Augit, der Hypersthen. Er füllt besonders die Winkel zwischen den Feldspäten aus. Rechtwinklige kräftige Spaltrisse, hohe Interferenzfarben und bräunlichrote Eigenfarbe sind seine Merkmale. Der Glimmer , der schon mit der Lupe erkannt werden konnte, ist bräunlich erscheinender Biotit. Er ist meist schlecht umgrenzt, oder es häufen sich an seinen Rändern kleine opake Erzpartikel. Ausbleichung und Umwandlung in Chlorit sind gut zu beobachten. Ein auffälliges Mineral ist natürlich auch das Erz, der Magnetit, wegen seiner schwarzen Farbe. Die Körner sind oft auf einer Seite scharf rechteckig und auf der andern buchtig oder zerhackt. Betrachtet man dieses Mineral im auffallenden Lichte, so erscheint es in eisengrauem Metallglanz.

Außer diesen primären Mineralien, die einst beim Werden des Gesteins gebildet worden sind, kommen aber im Schliff noch sekundäre oder nachträglich gebildete zur Geltung. Im Laufe von Jahrmillionen hat das Gestein Druckänderungen erfahren. Das gab den Impuls zu innern Umsetzungen und Stoffwanderungen. Man nennt diesen Vorgang die säkuläre Verwitterung. Im Dünnschliffbild tritt das in Erscheinung als wolkige Trübung der Feldspäte. Diese Trübung wird entweder durch die Bildung von schüppchenartigem Sericit oder winzigen Körnchen von Epidot oder winzigen Stengelchen von Zoisit verursacht. Es ist nicht immer leicht, durch stärkere Vergrößerung die Trübung so aufzulösen, daß die drei sekundären Mineralien sich durch ihre Form zu erkennen geben. In unserm Schliff sind Zoisit und Sericit vertreten. Ein anderes sekundäres Mineral ist der im Schliff schwach grünlich gefärbte Chlorit, der in lappigen gefransten Formen, besonders vom Biotit ausgeht, sich aber auch über Feldspäte ausdehnt oder um die

Magnetite zu finden ist. Der Chlorit ist als Umsetzungsprodukt besonders aus dem Biotit hervorgegangen. Das kann man schon im Schliff erkennen; denn es gibt immer Glimmerblättchen, wo der allmähliche Übergang in den Chlorit zu beobachten ist. Ein weiteres sekundäres Mineral ist der Calcit. Er füllt die einstigen Gashohlräume aus. Ein solcher kommt im Schliffbild oben links zur Geltung. Basische Felspäte und Augite haben aus ihrem Molekülverbande die Baustoffe dazu abgegeben.



Struktur und Mineralbestand weisen auf ein gabbroides Gestein; da aber die Kristallisation frühzeitig zur Ruhe gekommen ist, das heißt also im Stadium vor endgültiger Entgasung, heißt das Gestein nicht Gabbro, sondern Diabas. Will man das Gestein mit den Felsmassen des Alpenkörpers in Beziehung setzen, so wird es notwendig, den magmatischen Gehalt desselben zahlenmäßig zu erfassen. Direkt geschieht das durch die Gesteinsanalyse. Leider stehen mir dafür weder Zeit noch Einrichtung zur Verfügung. Es muß auf einem Umwege versucht werden zu den Analysenwerten zu kommen. Durch Schätzung und Messung soll zunächst der prozentuale Anteil der verschiedenen Mineralien aus der Dünnschliff-Fläche

ermittelt werden. Für unsern Schliff ergeben sich so folgende Zahlen: Magnetit =4 %, Oligoklas = 15 %, Andesin = 15 % Labradorit = 30 %, Hypersthen = 25 %, Biotit = 5 %, Chlorit = 5 %, Quarz = 1 %.

In der nachfolgenden Tabelle werden diese Werte auf die Basismoleküle aufgeteilt:

		Kp	Ne	Cal	Fs	Fa	Fo	Q	C
Magnetit 4 %	=				40				
Oligoklas 5 %	=		65	20				65	
Andesin 15 %	=		60	30				60	
Labradorit 30 %	=		75	150				75	
Hypersthen 25 %	=					186		64	
Biotit 5 %	=	10				10	10		20
Chlorit 5 %	=					8	24		4
Quarz 1 %	=							10	
		10	200	200	40	204	34	274	24

Die Basismolekülsummen werden in der nächsten Tabelle auf die Oxydwerte aufgeteilt:

		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O
10 Kp	=	3	3						3
200 Ne	=	67	67					67	
200 Cal	=		135				65		
40 Fs	=			26	13				
204 Fa	=	68			136				
34 Fo	=	11				22			
274 Q	=	274							
24 C	=		24						
		423	229	26	149	22	65	67	3

Da die Summen dieser Oxydwerte Molekülzahlen darstellen, muß jede noch durch Multiplikation mit dem Molekulargewicht des betreffenden Oxydes in eine Gewichtsverhältniszahl umgewandelt werden:

2528	1168	167	1069	88	364	105	14
46 %	21 %	3 %	19,4 %	1,6 %	6,6 %	2 %	0,4 %

Zum Vergleich mit analysierten Gesteinen der Alpen benötigt man noch die Niggliwerte. Sie gehen aus der folgenden Tabelle hervor:

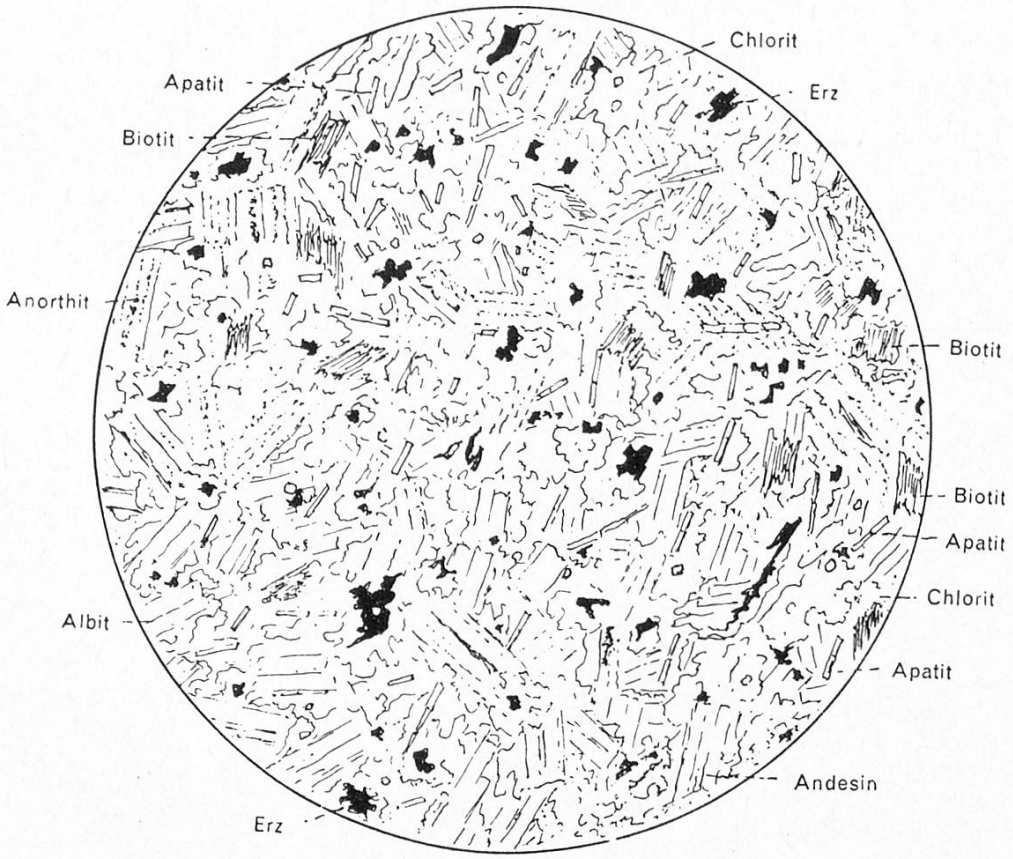
SiO_2	=	46 %	=	766		si	=	111	
Al_2O_3	=	21 %	=	206	206	al	=	20	
Fe_2O_3	=	3 %	=	19					
FeO	=	19,4 %	=	270					Niggliwerte
MgO	=	1,6 %	=	40	329	fm	=	47	
CaO	=	6,6 %	=	118	118	c	=	17	
Na_2O	=	2 %	=	32					
K_2O	=	0,4 %	=	4	36	alk	=	5	
					689				

Diese berechneten Niggliwerte stehen in guter Übereinstimmung mit solchen von diabasischen und spilitischen Gesteinen, welche Dr. M. Vuagnat in den Schweiz. Mineral. Petrographischen Mitteilungen Band XXVI Heft 2 publiziert hat. Das Gesteinsmaterial dieses Gerätes stammt also aus der Ophiolithzone des Arosergebietes oder des Oberhalbsteins.

Steinbeil Nr. 8749

Dieses Werkstück ist bereits zum gut geformten Steinbeil verarbeitet worden. Die zwei etwas gewölbten Keilflächen von 5,5 cm Breite laufen in eine bogenförmige Schneidekante aus. Bei einer Beillänge von 10 cm erreichen die Seitenflächen eine Breite von 2 cm. Außerordentlich sorgfältige symmetrische Bearbeitung der Flächen ist noch deutlich zu erkennen. Die pockennarbige Rauhigkeit zeigt an, daß das Gerät, seitdem es aus der Menschenhand weggelegt worden ist, der Verwitterung ausgesetzt war. Betrachtet man mit der Lupe die Oberfläche, so sieht man winzige rosterfüllte Löcher, wo ein Erzkorn herausgewittert ist. Diese sind im Gestein verhältnismäßig reichlich vertreten. Auf frischer Bruchfläche erscheint die graugrünliche Feldspatmasse. Das Schliffbild bestätigt das Vorherrschen dieses Minerals und zwar schon im gewöhnlichen Lichte. Die Kristallgrenzen, die sonst nicht sichtbar sind, werden hier deutlich, weil in den Fugen ein sekundäres Mineral, nämlich Chlorit, gebildet worden ist. Der Chlorit ist aber auch noch über größere Flächen, namentlich in der Nähe der Erzkörner, ausgebreitet. Der Feldspat hat kurz gedrungene Leistenform. Die einzelnen Individuen sind aber nicht mehr so wirr gelagert, daß die typische ophitische Struktur zur Geltung kommt. Vergeblich sucht man in den Winkeln und Zwickeln den hieher gehörigen Augit oder zum mindesten einen dunkeln Gemengteil. Bei der Untersuchung im polarisierten Lichte erweist sich der Feldspat zu 30 % als Albit, zu 40 % als Andesin und zu 10 % als Anorthit. Als Nebengemengteile sind noch Zoisit und Granat im Schliff verteilt, und da und dort ist ein Biotitblättchen oder ein Apatitstengelchen zu sehen. Aus der Art, wie die einzelnen Mineralien ihre Eigengestalt gegenüber den Nachbarmineralien behauptet haben, ergibt sich hier

folgende Ausscheidungsfolge: Zuerst kristallisierte der Apatit aus; dann folgte der Magnetit, nachher der Biotit und Granat und weiters die Reihenfolge der Feldspäte vom Anorthit über Andesin zu Albit. Die Baustoffe für Augit wären schon im Schmelzfluß gewesen; aber es ist anzunehmen, daß im Ablauf des Kristallisationsvorganges diese Bildungsphase so kurz war, daß die Augitbaustoffe aufgezehrt waren. Bei nachträglicher Umwandlung wären noch Relikte vorhanden, oder es müßte zum mindesten der Epidot als Umwandlungsprodukt im Schliff sichtbar werden. Kristallisationsgefüge und Mineralbestand deuten auf ein Gestein der Ophiolithzone. Dieser



Bildungsbereich ist bereits erwähnt und beschrieben worden. Ergänzend soll hier beigefügt werden, daß die Intrusion des basischen Magmas teilweise stark verästelt erfolgt ist. Daraus resultierten aber sehr verschiedene örtliche Temperatur- und Druckbedingungen und damit ungleicher Kristallisationsablauf. Aus dem basischen Magma entstanden so Serpentine, Diabase, Gabbros, Porphyrite, Spilite und Variolite. Unser Gesteinsmaterial muß nach seinem Mineralbestand als Übergangsglied zwischen Diabas und Spilit aufgefaßt werden. Das kommt auch durch die Berechnung zum Ausdruck. Messung und Zählung der Mineralien ergaben folgende Anteile:

Magnetit = 3 %, Quarz = 2 %, Albit = 30 %, Andesin = 40 %, Anorthit = 10 %, Chlorit = 10 %, Zoisit = 2 %, Granat = 3 %.

Wenn man Standardmineralien voraussetzt, können sie direkt in die Oxydwerte aufgeteilt werden.

Das geschieht in der nachfolgenden Tabelle:

		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O
Magnetit 3 %	=			20	10				
Quarz 2 %	=	20							
Albit 30 %	=	180	60					60	
Andes. 40 %	=	218	72				36	72	
Anort. 10 %	=	40	40				20		
Chlorit 10 %	=	30	20		30	20			
Zoisit 2 %	=	12	10				8		
Granat 3 %	=	11	7		12				
		511	209	20	52	20	64	132	
		3036	1065	160	393	81	359	409	
		54,5 %	19 %	3 %	7,1 %	1,4 %	6,5 %	7,5 %	

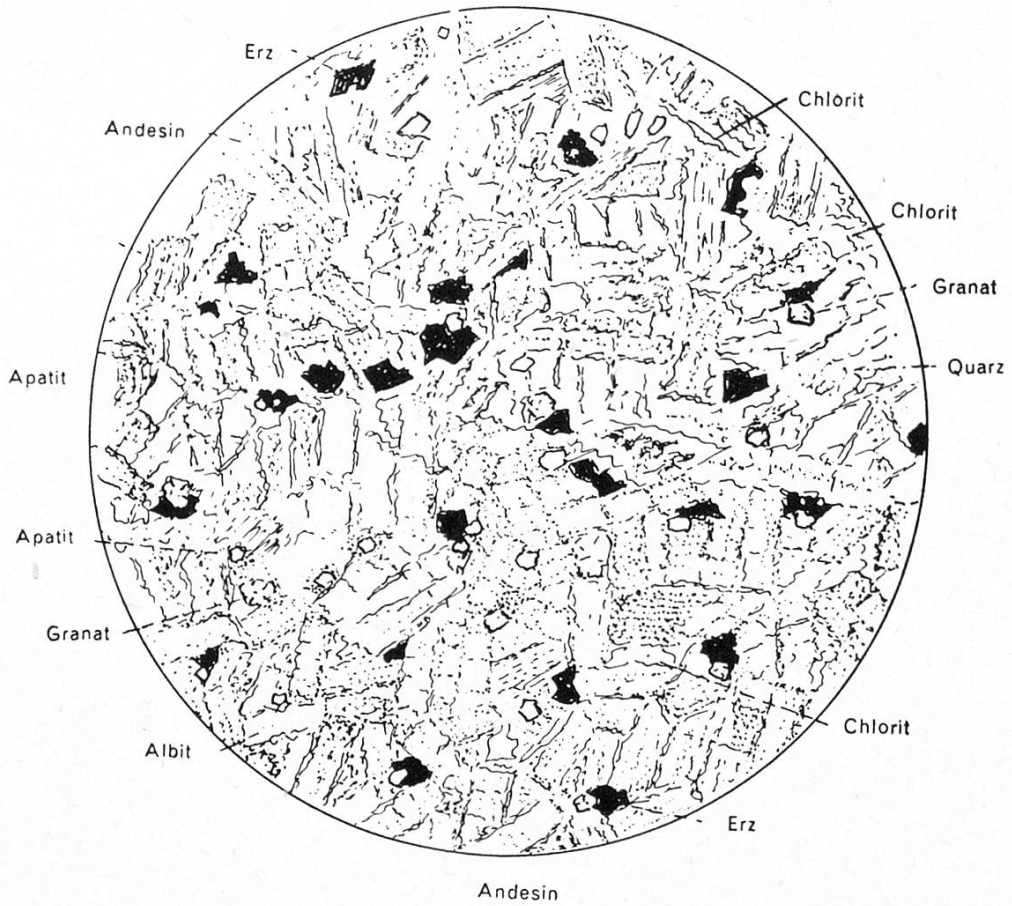
Bestimmung der Niggliwerte

SiO_2	=	54,5 %	=	907		si	=	157	
Al_2O_3	=	19 %	=	186	186	al	=	32	
Fe_2O_3	=	3 %	=	18					
FeO	=	7,1 %	=	99		fm	=	26	Niggliwerte
MgO	=	1,4 %	=	35	152	c	=	20	
CaO	=	6,5 %	=	116	116	alk	=	21	
Na_2O	=	7,5 %	=	121	121				
					575				

Was sagen uns nun diese Zahlen? Eine Antwort bekommen wir aus dem Differentiationsdiagramm. Ein solches zeigt auf der Abszisse die steigenden si-Werte und auf der Ordinate die vier übrigen Werte als zugehörige, unterschiedlich angedeutete Punkte. Der Ablauf der Magmenerstarrung kommt dann im Diagramm derart zur Geltung, daß alle al-Punkte und ebenso die fm-, c- und alk-Punkte je eine Kurve bilden. Bekanntlich scheiden sich aus dem Magma zuerst die Gesteine mit den dunkeln Gemengteilen aus. Dann geht das weiter bis zu denen mit hellen Gemengteilen und vorherrschender Kieselsäure. Die ophiolitischen Gesteine sind nun in diesem Diagramm in einem bestimmten Bereich konzentriert. Und da hinein fallen auch die oben berechneten Niggliwerte unseres Steinbeiles.

Steinbeil Nr. 23

An diesem Stück ist die Form am besten herausgearbeitet. Auf einer Keilfläche ist sogar noch die geglättete Oberfläche erhalten. Dagegen hat die Schnittkante ihre Schärfe durch ausgebrochene Splitter verloren. Wo das gesägte Stück für den Dünnschliff abgebrochen ist, kann man mit der Lupe aufblitzende Glimmerblättchen erkennen. Daneben erscheint, wie beim vorhergehenden geschilderten Steinbeil, die graugrüne Feldspatmasse als dominierend. Statt glasglänzend macht sie mehr den Eindruck von schimmerndem Sammet. Das ist ein Hinweis darauf, daß die neugebildeten Chloritschüppchen stärker zur Geltung kommen. Unter dem Mikroskop tritt im Dünnschliff das ophitische Gefüge besonders dann in Erscheinung, wenn polarisiertes Licht eingeschaltet wird; denn der grünliche Chlorit ist hier mehr flächenhaft ausgebreitet, als auf die Feldspatfugen verteilt. Spärlich und kleinkörnig zeigt sich in diesem Schliff das Erz, der Magnetit. Die schon mit der Lupe entdeckten Glimmerblättchen entpuppen sich als ausgebleichter Biotit. Neu und auffällig sind hier die gegliederten Apatitstengelchen. Die Feldspatleisten erscheinen relativ frisch, und damit lassen sich die Auslöschungswinkel zienlich sicher bestimmen. Die Ausscheidungsfolge der Mineralien ist hier: Apatit-Magnetit-Biotit-Anorthit-Andesin-Albit-Chlorit und Quarz.



Ausmessung und Zählung ergaben in diesem Schliffe folgende prozentualen Anteile der Mineralien: Magnetit = 2 %, Albit = 20 %, Andesin = 30 %, Anorthit = 20 %, Biotit = 5 %, Chlorit = 17 %, Apatit = 3 %, Quarz = 3 %.

Die Aufteilung auf die Oxydwerte ergibt sich aus der Tabelle:

		SiO_2	Al_8O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O
Magnetit	=			13	7				
Albit	=	120	40					40	
Andesin	=	163	54				27	54	
Anorthit	=	80	80				40		
Biotit	=	19	3		10	10			20
Chlorit	=	51	34		51	34			
Apatit	=						9		
Quarz	=	30							
Mol.Z.	=	463	211	13	68	44	76	94	20
Gew.Z.		2778	1076	104	488	176	426	291	94
Gew.		51 %	20 %	2 %	9 %	3,2 %	7,8 %	5,3 %	1,7 %

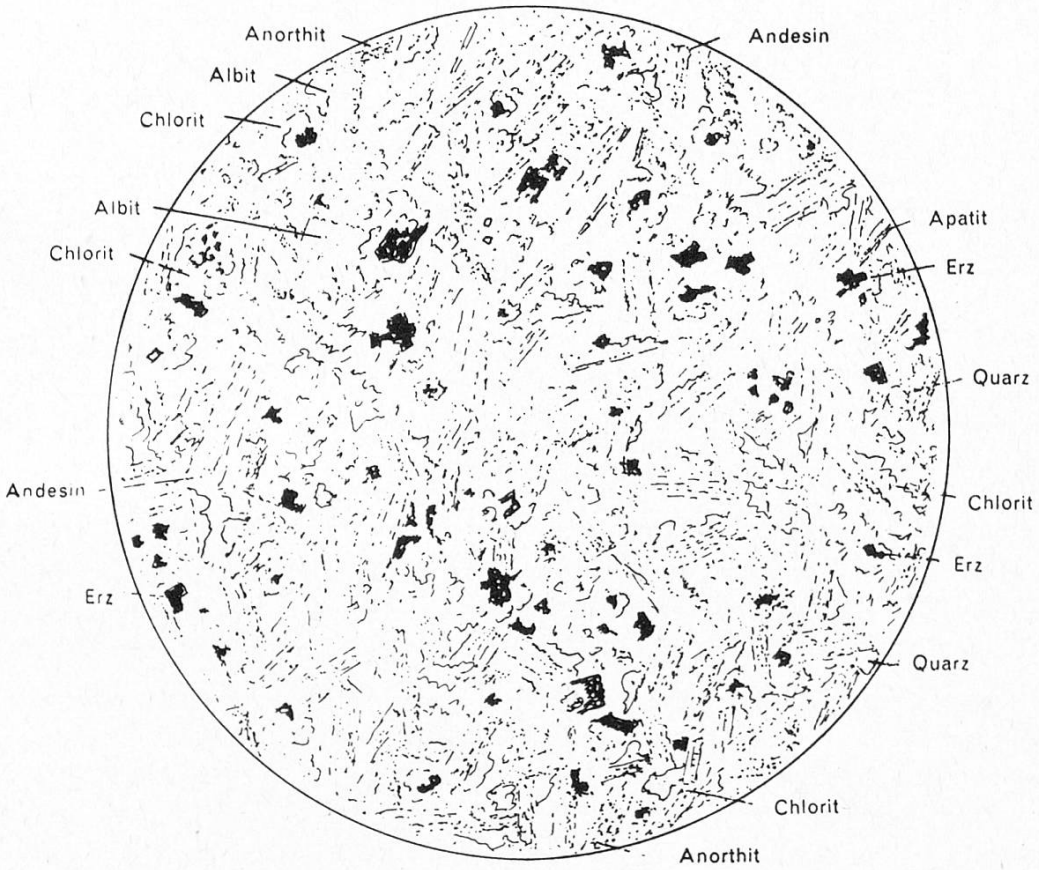
Bestimmung der Niggliwerte:

SiO_2	=	51 %	=	849		si	=	121	
Al_2O_3	=	20 %	=	196	196	al	=	28	
Fe_2O_3	=	2 %	=	—					
FeO	=	9 %	=	181	260	fm	=	37	Niggliwerte
MgO	=	3,2 %	=	79					
CaO	=	7,8 %	=	139	139	c	=	20	
Na_2O	=	5,3 %	=	86					
K_2O	=	1,7 %	=	18	104	alk	=	15	
					699				

Vergleichsmöglichkeiten bietet uns die Arbeit von Dr. M. Vuagnat über schweizerische Diabase. In derselben werden 20 Analysen von ophiolitischen Gesteinen zu Basismolekülen und Niggliwerten umgerechnet. Unter ihnen sind zwei Beispiele in Übereinstimmung mit den Niggliwerten unseres Gesteins. Jene Beispiele sind ein Diabas und ein Spilit. Will man dem Gesteinsmaterial unseres Beiles einen Namen geben, so paßt weder der eine noch der andere der beiden. Es handelt sich um ein Zwischenglied. Die Felsheimat muß hier eher im Oberhalbstein gesucht werden.

Pfahlbaugerät Nr. 8829

Es ist schwer, aus diesem Stück eine Zweckbestimmung herauszulesen. Die eine Seite erscheint deutlich als gewölbte Schliffläche, während die andere etwas konkav mit einem Mittelgrat herausgepunzt ist. Die Punzarbeit ist auf der Konkavfläche deutlich erkennbar. Es handelt sich nicht um eine Aufrauhung durch Verwitterung. Auf frischer Bruchfläche erscheint das Gerätematerial grauschwarz, dicht felsitisch und auch mit der Lupe sind keine Einzelmineralien mehr zu erkennen. Erst bei 100facher Vergrößerung enthüllt der Dünnschliff die Zusammensetzung des Gesteins. Ein filigranartiges Gewirr von Feldspatleisten breitet sich vor dem Blick aus. Es wird nur von wenigen schwarzen Flecken der Magnetitkörner unterbrochen. Diese geben dem frischen Gestein die grauschwarze Tönung. Beim genaueren Zusehen entdeckt man noch hellgrüne lappige Flecken von Chlorit. Ein anderes femisches Mineral wie zum Beispiel Biotit oder Augit ist nicht zu sehen. Zum Mineralbestand gehört auch etwas Quarz.



Bei der geringen Trübung der Feldspäte ist eine Bestimmung der Auslöschungswinkel keine schwierige Aufgabe. Ausmessung und Zählung im Schliff ergaben folgende prozentuale Anteile der Mineralien: Magnetit = 2 %, Chlorit = 10 %, Albit = 30 %, Andesin = 40 %, Anorthit = 17 %, Quarz = 1 %.

Aufteilung auf die Oxydwerte:

		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O
Magnetit	=			12	8				
Chlorit	=	30	10		30	20			
Albit	=	225	37½					37½	
Andesin	=	266	44½				44½	44½	
Anorthit	=	85	42½				42½		
Quarz	=	10							
Mol.Z.	=	616	134½	12	38	20	87	82	
Gew.Z.		3696	1371	182	274	81	488	502	
Gew.%		59 %	21 %	2,9 %	4,1 %	1,2 %	7,4 %	7,6 %	

Berechnung der Niggliwerte:

SiO_2	=	56 %	=	932		si	=	165	
Al_2O_3	=	21 %	=	206	206	al	=	36	
Fe_2O_3	=	2,9 %	=	18					
FeO	=	4,1 %	=	57					Niggliwerte
MgO	=	1,2 %	=	30	105	fm	=	19	
CaO	=	7,4 %	=	132	132	c	=	24	
Na_2O	=	7,6 %	=	122	122	alk	=	21	
					565				

In der bereits erwähnten Arbeit von Dr. M. Vuagnat gibt es eine Berechnung, welche obigen Werten annähernd entspricht. Diese Berechnung stammt von der Analyse eines variolitischen Gesteins. Derartige Gesteine findet man ziemlich häufig als Gerölle in den ältern Schottern. Sie sind auffällig durch graugrüne Grundfarbe, in welcher hellere Flecken von elliptischer Form, aber gleicher Farbe, zu sehen sind. Man kann daraus schließen, daß in diesen helleren Partien weniger dunkle Gemengteile auskristallisierten als in der Grundsubstanz. Solche feldspatreichere Einschlüsse trifft man in den ophiolitischen Felsmassen auch in größerem Ausmaß. Von einem ähnlichen Einschluß wird wohl das Material unseres Gerätes herstammen.

Wie schon Grubenmann in seiner Arbeit betont, wird bei Untersuchungen von Steinwerkzeugen die Bestimmung des spezifischen Gewichtes wertvoll sein, weil man dadurch Hinweise auf den Mineralbestand erhält. Das hat sich auch bei unsern vier Geräten erwiesen.

Nr. 9018 = 2,97 spezifisches Gewicht
Nr. 8749 = 2,79 spezifisches Gewicht
Nr. 23 = 2,79 spezifisches Gewicht
Nr. 8829 = 2,8 spezifisches Gewicht

Der Gehalt an eisenreichem Augit und Magnetit im Material des erstgenannten Gerätes ist die Ursache des höheren Gewichtes. Die drei andern spiegeln in ihrer Zahl das starke Vorherrschen des basischen Feldspates.

Zusammenfassend kann also festgestellt werden, daß das Material der vier untersuchten Steinwerkzeuge nicht aus fremden Ländern stammt. Wahrscheinlich ist es als Geröll aus dem Rheingletschererratikum ausgelesen worden. Die Eismassen, die im Oberhalbstein ihr Nährgebiet hatten, konnten von dort her oder an ihrem Weg über die Lenzerheide aus dem Arosergebiet solches Felsmaterial übernommen und dieses im Bodenseegebiet deponiert haben. Neben den ophiolitischen Gesteinen, die ja allgemein als Grünsteine bekannt sind, gibt es im Bündnerland noch vielerlei Gesteinsarten; aber keine von ihnen reicht in ihrer Zähigkeit an jene heran. Bei Steinwerkzeugen ist aber diese Eigenschaft noch wichtiger als die Härte. Die Zähigkeit eines Gesteins ist bedingt durch die Mineralverbindung. Wenn längliche Mineralien wirr ineinandergreifend kristallisieren, wird das Gestein bedeutend zäher sein, als wenn sie kurzsäulig breit aneinandergrenzen, wie das in einem Granit der Fall ist. In unserm Gesteinsmaterial ergeben die wirr gelagerten Feldspatleisten die Zähigkeit. Noch besser ist sie in nephritischen Gesteinen, weil dort die feinfaserige Hornblende noch inniger verfilzt ist. Hinsichtlich dieser Eigenschaft steht unter den vier Steinwerkzeugen das unter Nr. 8829 beschriebene an erster Stelle, während bei Nr. 9018 das gröbere Korn und der größere Gehalt an Magnetit und Augit die Eigenschaft herabsetzen.