

des Verhaltens der Kombinationen der Substanzen einigermaßen weiter gediehen ist.

Die Verfolgung dieser verschiedenartigen Einflüsse, besonders auf die Form der Kristalle, stößt bei manchen Reaktionen auf das Hindernis, daß die entstehenden Kristalle sehr klein sind, und da wäre es von großem Vorteil, mit bedeutend stärkeren Vergrößerungen arbeiten zu können als auch die modernsten Konstruktionen unserer gebräuchlichen Mikroskope liefern; das wäre auch deshalb sehr günstig, weil man dann manche Reaktion in der mikrochemischen Analyse anwenden könnte, welche bisher wegen der Kleinheit der entstehenden Kristalle nicht benützt werden konnte. Es ist mir gelungen, eine Konstruktion ausfindig zu machen, welche in noch primitiver Zusammenstellung Linearvergrößerungen bis 1:10.000 gibt, und zwar ohne Anwendung von besonderen Vorrichtungen für künstliche Beleuchtung<sup>1)</sup> oder Immersionsobjektiven, welche bei mikrochemischen Untersuchungen ohnedies nicht verwendbar sind, weil man meistens nicht mit Deckgläsern arbeiten kann und auch zum Schutz der Objektive auf einen möglichst großen Objektabstand Bedacht nehmen muß. Sie besteht im wesentlichen darin, daß man zwei Mikroskope übereinander anordnet, so daß das zweite das Bild, welches vom ersten geliefert wird, noch einmal vergrößert. Diese Vorrichtung hat sich bei meinen Arbeiten praktisch aufs beste bewährt. Unter anderem habe ich an mikrochemischen Kristallen des Chlorsilbers, die ich bei Chlorammonüberschuß aus ammoniakalischer Lösung in ganz abnormaler Form von drei-, vier-, sechs- und mehrstrahligen Sternen erhielt, gefunden, daß die normale Form der Drei- und Vierecke, wenigstens in vielen Fällen, nicht eine einfache, sondern eine zusammengesetzte sekundäre ist, die durch Verwachsung der „abnormalen“ entsteht; ich habe nämlich solche drei- und vierstrahlige Sterne manchmal sogar bei schwacher Vergrößerung zusammenwachsen gesehen (zu Drei- und Vierecken) und auch an sehr kleinen Vierecken mit meiner Mikroskopzusammenstellung deutlich die rechtwinklig gekreuzten Mittelstreifen (parallel zu den Seiten) gesehen, welche die Entstehung verrieten.

### **Bruno Sander.** Studienreisen im Grundgebirge Finnlands.

Bei den Studien des Verfassers an alpinem Kristallin in tektonischer Fazies (L. 8—10) war mehrfach auf den Wert hinzuweisen, welcher einem Vergleich der durch nordische Fachgenossen geschilderten kristallinen Areale mit alpinem Kristallin für manche Fragen zukäme.

Unter den im folgenden behandelten Fragen stand an erster Stelle die Frage, wie weit die alpinen Schiefer tektonische Fazies seien. Hierzu war die Kenntnis und der Vergleich größerer kristalliner Gebiete ohne tektonische Teilbewegung im Kleingefüge zu wünschen, und hiefür schien Finnland das Beste.

<sup>1)</sup> Im zerstreuten Tageslicht kann man bis zirka 1:6000 gehen, für noch stärkere Vergrößerung genügt ein Auer- oder Graetzinbrenner, so wie er zur Beleuchtung des Raumes angebracht ist, als Lichtquelle.

Als ich Herrn Direktor Sederholm meine Fragestellung vorlegte, hatte er die Güte, mir einen Reiseplan zu machen. Seiner Freundlichkeit habe ich in erster Linie diese Reise zu verdanken, welche fachlich und außerfachlich meine Erwartungen übertraf. Es geht nicht an, hier allen Dank auszusprechen, den ich für eine ausnahmslose Förderung meiner Reisen in Finnland zu sagen hätte. Herrn Dr. B. Frosterus verdanke ich die Bekanntschaft mit den Herren, deren freundliche und lehrreiche Führung mir eine gute Ausführung der mir von Herrn Direktor Sederholm empfohlenen Reisen und noch anderer ermöglichte. Diesen meinen Führern in ihrem Land und Volk sage ich auch hier meinen besonderen Dank, den Herren: Assistent Magister Pentti Eskola, Magister W. Wilkmann, Dozent Dr. V. Hackmann und Dozent Dr. Wahl.

Die Direktion der k. k. geologischen Reichsanstalt in Wien hat mein Vorhaben, das finnische Kristallin zum Vergleich mit dem alpinen Kristallin meiner Aufnahmeblätter zu bringen, durch Zuwendung einer Reisesubvention von 500 K aus der Urban Schlönbach-Stiftung und durch Befürwortung meines Reiseurlaubs gefördert, wofür hier mein ergebenster Dank gesagt sei.

Es kann nicht die Absicht sein, über die finnischen Gebiete, deren genaues Studium durch die finnischen Fachgenossen nichts anderes wünschen läßt, mehr zu sagen, als was sich eben gerade aus dem Rückblick auf alpine Gebiete ergibt. In diesem Sinne sind die folgenden Überlegungen gemeint und ausgewählt.

### 1. Kristallisationsschieferung und Abbildungskristallisation. Undurchbewegtes Kristallin.

(Tammerfors, Mauri, Lavia.)

In früheren Arbeiten gelangte ich ausgehend von Gefügestudien und mehreren in dieser Sache unternommenen Bereisungen in den Ostalpen zu einigen allgemeineren Annahmen. Solche sind, daß eine sehr große Zahl alpiner Gesteine und die Mehrzahl alpiner Schiefer ihr Gepräge durch Teilbewegungen im Gefüge erhielten, welche sich auf („korrelate“) tektonische Bewegungen beziehen lassen; daß namentlich das alpine Kristallin in diesem Sinne tektonische Fazies sei und daß derartige Gesteine (mit oder ohne Kataklase) vielfach nicht weniger Differentialbewegungen bergen als die Mylonite, welche die Tektoniker zuerst beachteten. Vielfach wird das Gefüge solcher Gesteine und ihr Verhältnis zu einer Tektonik von da aus verständlich, es wird möglich, die Beziehungen von tektonischen Phasen und Kristallisationsphasen zu analysieren und in manchen Fällen (so z. B. im Altkristallin der Alpen oder des Waldviertels) gilt es geradezu, ausgehend von solchen Zeichen der Gefügebewegung erst zu fragen nach ihrer Summation, nach der zu ihnen gehörigen Tektonik.

Andererseits wurde angenommen, daß die Schieferung gewöhnlich Weiterbildung einer schon vorhandenen Struktur sei nach dem Prinzip der Ausarbeitung der „s-Flächen“ kleinster Schub- und Zugwiderstände. Sind solche s-Flächen einmal da, so gibt es wenige geologische Einflüsse, welche sie auslöschen; fast alle arbeiten an ihrer Ausarbeitung

oder Abbildung, so z. B. die Differentialbewegung in  $s$  bei fast beliebiger Deformation und die von Spannungen unabhängige Abbildungskristallisation, während welcher sich ebenfalls die Schieferigkeit steigern kann aus dem einzigen Grunde, daß die Zirkulation von Lösung in  $s$  leichter ist als quer zu  $s$ .

Ferner nahm ich an, daß die Schieferung kristalliner Schiefer sehr oft nicht nur in letzter Linie auf schon gerichtete Keime zurückgehe, sondern gänzlich, und so als Abbildungskristallisation z. B. von Sedimentgefüge nicht als Kristallisationsschieferung zu betrachten sei.

Um nun zu einer besseren Beurteilung der in früheren Arbeiten aufgestellten Kriterien für tektonische Fazies, der regionalen Bedeutung solcher Gesteine und der zwei zuletzt genannten Prinzipien (Ausarbeitung und Abbildungskristallisation) zu kommen, wurde in Finnland eine Reihe von Gebieten besucht, welche dank der Vorarbeit nordischer Fachkollegen hierin besondere Belehrung versprochen. Im großen traten mir in Finnland namentlich die tektonischen Fazies mit präkristalliner (d. h. vor Abschluß der letzten kristallinen Mobilisation erfolgten) Teilbewegung im Gefüge in lehrreichen Gegensatz zu Gesteinen gleichen Kristallisationsgrades aber ohne solche Durchbewegung. Beiderlei Gesteine sind namentlich durch Sederholm beschrieben. Unter anderem fand Sederholm in seiner sehr bekannten Beschreibung einer archaischen Sedimentformation im südwestlichen Finnland, daß das kristalline Zement mancher Konglomerate vollkommen kristallinen Schiefen gleiche (L. 1, pag. 49 ff. u. a.), ferner, daß oft die feinsten Details sedimentärer Strukturen erhalten sind. Nach diesen Beobachtungen stand zu erwarten, daß in den betreffenden Gebieten die gefügestaltende Rolle der Teilbewegungen im Gesteinsgefüge eben durch ihre Ausschaltung deutlicher werde als in Gebieten fast ausnahmsloser Durchbewegung des Kristallinen (alpine, moravische, moldanubische Schiefer). Es bestand nicht die Absicht, an dem Streit über die Existenz des Dynamometamorphismus teilzunehmen, sondern der Plan, nichtdurchbewegte und durchbewegte Schiefer an den Kennzeichen zu unterscheiden, welche namentlich für letztere in früheren Arbeiten (L. 8) ausführlicher besprochen worden waren. Die bereits früher ausgesprochene Meinung, daß es die Zeichen der Durchbewegung sind, welche bald so, bald so gedeutet (unabhängig vom Kristallisationsgrad) der einen Gruppe von Gesteinen ihr „Tektonit“-gepräge geben, habe ich in Finnland ebenso bestätigt gefunden, wie jene andere Meinung, daß die Kristallisation ganz unabhängig von Teilbewegungen und Spannungen nur als Weiterbildung und Abbildung schon geregelten Gefüges zu Typen führe, welche sehr vielfach als unter bestimmten Spannungen ausgeprägt gelten, so z. B. als Beckische Kristallisationsschieferung, d. h. kristalline Anpassung an gerichtete Normalspannungen.

Der Name Phyllit, sofern er, wie z. B. bei Grubenmann, nur einen Typus der Kristallisation nach Grad und Art bezeichnet, bringt die überaus großen Unterschiede zwischen einem durchbewegten Phyllit (z. B. einem Quarzphyllit oder Kalkphyllit der Alpen) und einem Phyllit der Tammerforscher Gegend nicht zum Ausdruck. Schon ehe ich diese letzteren Gesteine sah, war ich mit anderen überzeugt,

daß alles Charakteristische im Groß- und Kleingefüge alpiner Phyllite, die lentikuläre Blättrigkeit, der sie den Namen Phyllit verdanken und anderes, was ich an ihnen seinerzeit hervorhob (L. 8), lediglich als Zeichen ihrer Durchbewegtheit verständlich sei. Und weil diese tektonischen Fazies lithologisch so leicht kenntlich sind und ihre bloße Feststellung geologisch wichtig ist, schien sogar ein eigener Name für sie nicht überflüssig. An den ausgezeichneten Aufschlüssen des Näsijärvi bei Tammerfors zeigte sich die gänzliche lithologische Verschiedenheit der von Sederholm beschriebenen undurchbewegten „Phyllite“ von alpinen: Kein Alpengeologe würde diese Gesteine gern mit demselben Namen nennen wie seine Phyllite. Und es zeigte sich ferner, daß lokal aus dem Phyllit des Näsijärvi alpiner „Phyllonit“ wird, wie er in den Alpen eben Gebirge aufbaut: an solchen Stellen ist er als tektonische Fazies als „Tektonit“ ein unmittelbares lithologisches Zeichen tektonischer Bewegung.

Zunächst bereiste ich unter Herrn Assistenten Eskolas Führung die Gegend von Tammerfors. Wie durch Sederholm bekannt, findet man hier an den Ufern des Näsijärvi aufgeschlossen weite Gebiete vertikalgestellter bottnischer Schiefer und Konglomerate.

Die tektonische Bewegung bei dieser Steilstellung ging im ganzen ohne Teilbewegung im Gefüge vor sich. Keine tektonischen Fazies entstanden und es blieben so fast allenthalben die feinen Sedimentärgefüge wie feinste Schichtung und Kreuzschichtung erhalten, welche Sederholm bekannt machte. Ein gutes Verständnis der Tektonik dieser Gebiete bedürfte tiefergreifende Aufschlüsse. Hier kommt nur in Betracht, daß die Bewegungen durch Verschiebung großer Elemente ohne Differentialbewegung in deren Gefüge erfolgte, also mit relativ guter Druckleitung und Ausweichmöglichkeit ohne Umschluß und Belastung, so wie z. B. in jenen Teilen der Alpen, welche durch ihre Bewegungen „en bloc“ mit zentralalpiner Tektonik kontrastieren. Und noch eines gehört zu dieser Charakteristik der bottnischen Schiefer von Tammerfors. Ihre übrigens größtenteils sicher geringe kristalline Mobilisation ist ohne Zusammenhang mit tektonischen Differentialbewegungen im Gefüge, sie ist weder Ursache noch Folge solcher Differentialbewegung noch selbst eine Form tektonischer Differentialbewegung, sondern sie ist bloße Abbildungskristallisation vorgefundener sedimentärer Gefüge. Die Schieferung dieser Gesteine ist Feinschichtung. Aber erst bei höher kristallinen Typen wird es deutlich, wie sehr kristallin abgebildete Feinschichtung ununterscheidbar werden kann von „Kristallisationsschieferung“, deren geologische Bedeutung eine ganz andere, nämlich die einer tektonischen Fazies ist, welche in statu nascendi einem Druck auswich.

Die Bemerkung, daß höherkristalline Feinschichtung gänzlich dem Bilde der Kristallisationsschieferung entsprechen kann, auch in Fällen, wo eine Gefügeregelung durch Normalspannungen ausgeschlossen ist, möchte ich schon jetzt, am Beginne der mikroskopischen Studien, betonen, weil sie bei der Feststellung kristallisationsschiefriger tektonischer Fazies vorsichtiger macht, als man ohne das sein müßte: Nicht alles was in der Literatur als Kristallisationsschieferung bezeichnet wird und deren mikroskopisches Bild zeigt, hat schon wegen dieses

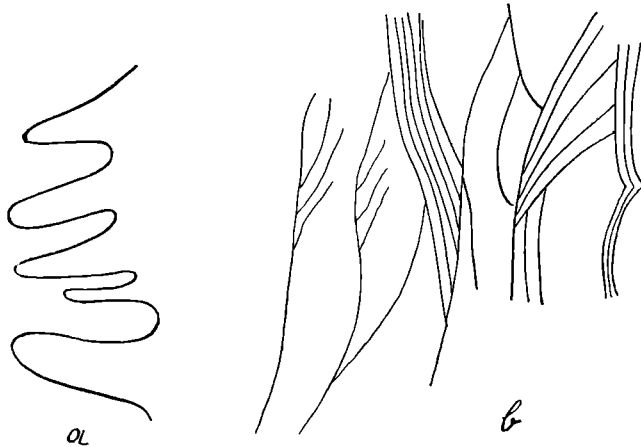
Bildes etwas mit Anpassung an Normalspannungen oder mit Schiebung in  $s$  zu tun. Erst bei Mitbetrachtung der Möglichkeiten der Abbildungskristallisation geregelter (z. B. durch Feinschichtung und mechanische Ausarbeitung) Keime und bei scharfer Beachtung mancher von Becke für Kristallisationsschieferung aufgestellter Kennzeichen kann man auf echte Kristallisationsschieferung und tektonische Fazies schließen. So dürfte z. B. eine lineare Regelung kaum je auf sedimentär gerichtete Keime und sicher in den meisten Fällen auf Streckung zurückgehen.

In seiner großen Arbeit über die archaischen Sedimentformationen Südwestfinnlands (pag. 235 ff.) sagt Sederholm, daß diese Sedimente durch den Einfluß der (steilstellenden) Dislokationen und der Granitintrusionen im vollen Sinne regional umgewandelt wurden. Hierbei scheint mir bezüglich des Einflusses der Dislokationen hervorzuheben, daß dieser Einfluß in Gebieten, wo sich die feinen Sedimentärstrukturen ohne verwischende Teilbewegung im Gefüge erhielten, ein vielleicht noch nicht ganz geklärt ist, jedenfalls aber ein ganz andersartiger als der der Dislokationen, bei welchen, wie in den meisten kristallinen Arealen, eine Durchbewegung des Kleingefüges korrelat zu tektonischen Bewegungen und mit wechselndem Verhältnis zur Kristallisation im Gefüge stattfand und manchmal die kristalline Mobilisation förderte. In diesen letzten Fällen könnte man von Dynamometamorphose in einem engeren Sinne sprechen, und von Dynamometamorphose im weiteren Sinne angesichts der zahlreichen Gefügemerkmale, welche nun einmal die Teilbewegung im Gefüge mit sich bringt, die oft vollkommen neuen und eigenartigen Gesteine der tektonischen Fazies erschaffend.

So spielen also die Dislokationen der bottnischen Gesteine am Näsijärvi nicht dieselbe Rolle wie die ältesten Dislokationen in den meisten kristallinen Gebieten. Man steht in gewissem Sinne in dem Lande „ohne Lagerungsstörungen von alpinem Charakter“, auf welches Heim 1888 zum Studium kristalliner Schiefer verwies (Sederholm, L. 1, pag. 243). Aber ich glaube nun, daß man im Lande der Ausnahmen steht von der großen Regel, daß kristalline Schiefer Korn für Korn durchbewegte tektonische Fazies sind. Und man lernt in solchen Gebieten nicht die typischen kristallinen Schiefer kennen, wohl aber sieht man die Ausnahme, welche das Auge für die erwähnte Regel öffnet, daß kristalline Schiefer tektonische Fazies sind, in welchen nur selten die feineren Sedimentärstrukturen von Teilbewegung unberührt blieben und so unversehrt wie bei Tammerfors. Bezüglich einer Beschreibung der Sedimentärstrukturen ist auf Sederholm zu verweisen. Meine Begehungen führten von Tammerfors am Näsijärvi-Ostufer nach Norden, von Kämmenniemi, wo ich den Kontakt der bottnischen Gesteine mit Granit ganz vom Typus alpiner „Parallelkontakte“ mit Bewegung fand, wieder zurück.

Nachdem man besonders auf den Inselchen im Näsijärvi die ganz untektonische Fazies der Konglomerate und Phyllite begegnet hat, ist man um so überraschter, bei der Villa des Herrn Architekten Federley typischen alpinen Quarzphyllit zu finden im Kontakt mit gepreßtem Granit und mit diesem tektonisch alternierend. Diese Fläche

ist nach Herrn Eskolas Auskunft schon von Sederholm als tektonische gedeutet. Wenn man nun einem Geologen an Ort und Stelle sagt, daß dieses von den typischen Näsijärvi-Phylliten so verschiedene Gestein mit Quarzlinzenbau anderwärts als herrschendes Gestein ganze Gebirge zusammensetzt, so wird dieser Geologe schon für eine verschiedene Benennung der beiden Gesteine zu haben sein. Bis Kehräjaispäännokka zeigt sodann der Phyllit zwar deutliche Schichtung, aber auch noch sichere Bewegung in *s* und Quarzknauern. Ebenso findet man noch in den graphitischen Schiefen der nächsten Landzunge gegen Tammerfors noch Umfaltung und Verflößung der lentikularen Quarzknauerlagen in *s*. Schon etwas südlich von Aionokka aber fehlen den Phylliten Differentialbewegungen bis auf primäre, noch vor der diagenetischen Versteinung erfolgte Faltung zwischen ebenen Bänken, wie man solche z. B. in den Innsbrucker Terrassensanden entwickelt findet. Angesichts des geringen Grades der Kristallisation in den Ge-



steinen vom Näsijärvi wird man noch einmal versucht, an das Vorurteil zu denken, daß die nichttektonischen Fazies wegen mangelnder Teilbewegung weniger kristallin seien. Angesichts der hochkristallinen Schiefer aber, welche die Sedimentärstrukturen nicht schlechter zeigen als die Tammerforscher, fällt in Finnland dieses Vorurteil. Und man muß sich, wie die folgenden Beispiele zeigen werden, sagen, daß zwar das Zugleichvorkommen von hoher Kristallisation und Teilbewegung im Gefüge schon wegen der kristallinen „Mobilisation“ des Gefüges ein sehr wahrscheinliches und überaus häufiges ist, nicht aber in dem Sinne, als hätte die Teilbewegung die Kristallisation sicher zur Folge oder umgekehrt.

In früheren Arbeiten wurde auf folgendes hingewiesen. Wenn die Gefügeflächen *s* nicht ungefähr in einer Ebene liegen, sondern in krausen Falten verlaufen oder die spitzen Winkel der Kreuzschichtung zeigen, so kann kein System von Spannungen  $\perp$  *s* durchsetzen. Mit anderen Worten, eine Schieferung in der Anordnung von *a* und

*b* in beistehender Zeichnung kann im Falle *a* nicht als Kristallisations-schieferung nach Annahme der Form *a* entstanden sein, im Falle *b* aber läßt sich sagen, daß seine Schieferung überhaupt nie Kristallisationsschieferung, d. h. Anpassung an Normalspannungen war, sondern Abbildungskristallisation von Feinschichtung. Es wurde schon seinerzeit darauf hingewiesen, daß die nordischen Fachgenossen vieles für solche Überlegungen Brauchbare beschrieben und ich habe, hierin von Herrn Direktor Sederholm sehr gut beraten, eine Anzahl finnischer Gebiete besucht, in welchen sich die Fälle *a* und *b* mit verschiedenem Kristallisationsgrad studieren lassen. Die ersteren Fälle sind später besprochen, von den Fällen *b* soll hier die Rede sein.

Über Siuro, dessen „stark gepreßte porphyrtartige Granite“ (Sederholm) den lebhaft durchbewegten bis tektonisch phyllitisierten Augengneisen Mährens und der Alpen nichts nachgeben, wurde Herrn Wegelius Anstich in Mauri erreicht. Die „Psammitische“ dieser Lokalität zeigen zwar ausgezeichnete Kreuzschichtung, aber etwa das Aussehen wenig kristalliner alpiner Sandsteine bis Porphyrtuffe. Sie spielen daher für die Bewertung der Kristallisationsschieferung und für die Erkenntnis kristallisierter Feinschichtung keine solche Rolle wie die unübertrefflich schönen Aufschlüsse hochkristalliner Kreuzschichtung bei Sampkoski (nächst Lavia).

Man beobachtet hier bei Välimäki Konglomerate, deren Zement ganz und gar hochkristalliner Glimmerschiefer ist. Ein gewisser Druck normal zur Schieferung hat hier stattgefunden und entsprechendes Ausweichen, wie eine leichte Schlingelung der Pegmatitgänge quer zur Schieferung beweist. Dieser Glimmerschiefer ist äußerst fein bis zu mikroskopischen heterogenen (ursprünglichen) Sandlagen geschichtet und seine Schieferung ist nichts anderes als ursprünglich feinste Schichtung, wie ich solche an gefalteten und ungefalteten Sanden des Innsbrucker Glazials u. d. M. studierte und welche in diesem Falle bis zum Glimmerschiefer kristallisierte. Daß dieses Bild eines typischen Glimmerschiefers bloß durch Feinschichtung ganz ohne Beteiligung von Druck normal auf dieselbe zustande kommen kann, so wie dies oben schon gesagt wurde, das war am besten im Walde Someronuoret zu sehen. Man kann hier lange über Glimmerschiefer mit Kreuzschichtung gehen, wie deren eine oben abgezeichnet ist. Diese Kreuzschichtungen zeigen Diskordanzen bis  $45^\circ$  und es handelt sich um ein im übrigen sehr homogenes Material. Es ist vollkommen unmöglich, daß Drucke normal zu den diskordanten Flächen die Schieferung erzeugt hätten, welche überall genauestens den Sedimentärstrukturen folgt, als eine bloße kristalline Abbildung derselben.

Nach den Belehrungen durch die nichtdurchbewegten Fazies verschiedensten Kristallisationsgrades in Finnland an die Arbeiten in den Alpen zurückgekehrt, erkannte ich im alpinen Kristallin, so im Altkristallin des Blattes Sterzing in Tirol, vieles als Feinschichtung, was ich (nicht allein) gewöhnlich schlechthin als kristalline Schieferung zu bezeichnen pflegte, und ich bin bestärkt in der schon früher ausgesprochenen Meinung, daß die Schieferung des alpinen und anderen Kristallins in sehr vielen Fällen trotz aller Weiterbildung durch ausarbeitende Teilbewegung in *s* und Kristalloblastese doch wesent-

lichst auf Feinschichtung zurückgeht; ja, daß die bloße Abbildungskristallisation und die Ausarbeitung durch Teilbewegung in  $s$  die Hauptfaktoren bei Entstehung kristalliner Schiefer sind, während das Rieckesche Prinzip für sich allein vielleicht überhaupt keine Schieferung quer zu  $s$  zustande bringt.

Einige Beziehungen der hier und andernorts vorgetragenen Meinungen über kristalline Schiefer zu Beckes Lehre von diesen Gesteinen (Denkschr. d. Ak. d. W., Wien, 75. Bd., I, 1913 [1903, 1904, 1906]) ergeben sich ohne weiteres aus folgendem. Becke sagt: 1. Den Vorgang der Herausbildung einer Parallelstruktur durch Auflösung und Kristallisation an der Oberfläche der Gemengteile unter dem Einfluß einer äußeren Pressung und einer zwischen ihnen vorhandenen gesättigten Lösung bezeichnen wir als Kristallisationsschieferung (pag. 39).

2. Pressung allein kann gewiß keine Kristallisationsschieferung hervorbringen (pag. 40). [Wohl aber Pressung mit gesättigter Lösung, wie sich aus dem ersten Satze ergibt.]

3. Wir glauben, daß dieser Lösungs- und Kristallisationsvorgang [Pressung mit Rieckes Prinzip] mindestens ebensoviel zur Parallelstruktur der kristallinen Schiefer beiträgt wie die mechanische Einstellung bereits vorhandener tafeliger Individuen in die Ebene senkrecht zum Druck und wie die Erscheinungen der Kataklyse (pag. 38).

4. Es wäre gewiß Übertreibung eines an sich richtigen Gedankens, wenn man in dem Rieckeschen Prinzip die einzige und alleinige Quelle der Parallelstruktur kristalliner Schiefer erblicken wollte (pag. 40, denn:)

5. Sicher spielten je nach der Beschaffenheit des Ausgangsmaterials, welches zum kristallinen Schiefer verarbeitet wird, auch noch andere Umstände mit:

[a] die rein mechanische Einstellung flächenhafter oder länglich gestalteter Kristalle senkrecht zur Druckrichtung;

[b] ferner namentlich bei ursprünglich sedimentären Gesteinen die Anordnung der winzigen klastischen Glimmerschüppchen parallel der Sedimentierungsebene, welche sich dann auf die Schieferungsebene überträgt, wenn diese mit der Schichtung übereinstimmt (pag. 41).

6. Ist erst einmal eine solche aus leicht verschiebbarem und spaltbarem Glimmer bestehende Flaser gebildet, so werden auch spätere Spannungen auf ihr sich auslösen und zu ihrer Weiterentwicklung beitragen (pag. 50).

Hier wurde die zu tektonischen Bewegungen korrele Teilbewegung in  $s$  und die Auffassung der meisten kristallinen Schiefer als tektonische Fazies in diesem Sinne hervorgehoben. In der Gestaltung kristalliner Schiefer wurden hier dem Prinzip der Ausarbeitung von  $s$  (im Sinne von L. 8) und dem Prinzip der Abbildungskristallisation (L. 8) die Hauptrollen zugewiesen nach den im durchbewegten alpinen und im undurchbewegten finnischen Kristallin gemachten Beobachtungen. Die Untersuchungen an den von den Mineralneubildungen der Tauern umschlossenen Reliktstrukturen haben nunmehr an einem großen Gesteinsmaterial mit Sicherheit ergeben, daß Feinschichtung vor Bildung von Epidot-, Quarz-, Hornblende-, Granat-, Albit-, Biotitholblasten schon vorhanden war und daß niemals Kri-



stallisationsschieferung quer zu diesem  $s$  auftritt, welches lediglich durch molekulare und nichtmolekulare Teilbewegung in  $s$  ausgearbeitet, kristallin abgebildet und zuweilen schon nach dem Prinzip der Zirkulationserleichterung in  $s$  gesteigert wird.

Das Fehlen der Schieferung in tiefen Zonen wird mit dem Fehlen gerichteter Spannungen erklärt. Es dürfte hier außerdem folgende Überlegung Platz finden: Jene Schieferungen, welche durch molekulare oder nichtmolekulare Teilbewegung in tektonischen Fazies entstehen (also auch Kristallisationsschieferung als tektonische Fazies), sind nur bei Ausweichemöglichkeit denkbar. Für die Entstehung horizontaler Schieferung kommen zwei Spannungen in Betracht:

1. der radiale (senkrechte) Druck der Schwerkraft;
2. tangentielle (horizontale) Schubspannungen;

für die Entstehung von Schieferung in nichthorizontaler Stellung:

3. tangentielle (horizontale) Normalspannungen und daraus abgelenkte Schubspannung (zwischen vertikal und horizontal).

Der Verfasser ist der Ansicht, daß die Schieferung als tektonische Fazies in erster Linie durch tangentielle Spannungen entsteht und daß hier wieder die Chancen für 3 größer sind als für 2, womit die bekannte Tatsache, daß die meisten kristallinen Schiefer nicht horizontal liegen, harmoniert.

## 2. Ptygmatische Faltung.

(Finnische Schären.)

Es ist seit langem bekannt, daß wir in vielen deformierten Gesteinen keine entsprechenden Gefügedeformationen vorfinden. Durch Gefügestudien läßt sich zeigen, daß in einer Reihe von derartigen deformierten Gesteinen noch nach der Deformation Kristallisation stattfand und die Spuren der Korndeformationen mehr oder weniger verwischte. In anderen Fällen wieder, in denen solche Spuren vollkommen fehlen, ist es möglich, daß eine Kristallisation oder Umkristallisation des Gefüges überhaupt erst erfolgte, nachdem die Deformation und ihre Differentialbewegungen im Gefüge zu Ende waren. Außerdem ist es aber noch möglich, daß alle Teilbewegungen im Gefüge, welche der Deformation entsprachen, als Kristallisation vor sich gingen, so daß sich während der Umformung des Ganzen keine Korndeformation, sondern eine mit der Umformung Schritt haltende und ihr entsprechende Kristallisation im Gefüge einstellte.

Wenn man nun in diesem Falle das Gewicht darauf legt, daß die der Bewegung des Ganzen entsprechende Teilbewegung im Gefüge durch Kristallisation erfolgte, so hat man den Begriff der reinen Kristallisationsbewegung. Ich würde mit Lachmann Kristallokinese sagen, wenn man diesen Begriff nicht noch mit weitergehenden besonderen hypothetischen Vorstellungen zu verknüpfen braucht. Sederholms mit Faltungsbewegungen verbundene „Kinetometamorphose“ ist eben als „Metamorphose“ ein engerer Begriff. An beiden Bezeichnungsweisen ist es glücklich, daß sie nicht Kräfte, sondern vor allem die Teilbewegung im Gefüge hervor-

heben, wie ich es (1911, Tschermaks Min. Mitteilungen) eingehend tat und schon 1909 (Verhandl. d. k. k. geol. R.-A.) begann. Man kann es nur begrüßen, wenn kinetische und statische Metamorphose sowie Teilbewegung und Kristallisation begrifflich scharf unterschieden werden. Den wesentlichsten Beitrag zur Kenntnis der Vorgänge in Gesteinen, welche unter den Begriff der Kristallisationsbewegung fallen, haben bei uns Beckes Studien über Kristalloblastese gegeben.

Hier soll nun eine kurze Übersicht gemacht werden über einiges, was unter die Kristallisationsbewegungen gehört. Zunächst ist zu unterscheiden, ob sich die ganze Masse dabei in einem Zustande befindet, in welchem gerichtete Drucke und Druckleitung möglich oder unmöglich sind. Im Extrem des letzteren Falles hätten wir es mit einer flüssigen Masse zu tun, auf deren innere Bewegungen wir nur dann schließen können, wenn irgendwelche Inhomogenitäten, Schlieren z. B., durch ihre fluidale Anordnung, Verbiegung, Verschlingung usw. solche Bewegung vor der Erstarrung erraten lassen. Hierher gehören langbekannte Fluidalstrukturen der Erstarrungsgesteine. Wenn man nun vom Extrem der Bewegung in vollkommen flüssigem Zustande abgeht und die Fälle heranzieht, in welchen Deformation und Erstarrung ganz oder teilweise zugleich vor sich ging, so gelangt man zur Betrachtung von Fällen, in welchen die fortdauernde Bewegung im erstarrenden Material bereits auskristallisierte Körner deformierte, z. B. protoklastisch zerbrach, während die Kristallisation fortschreitend auch solche Lücken ohne Kataklastese füllte.

Es ist geologisch möglich, daß die gradweise Fließendheit des Materials eine sozusagen primäre (wie bei erstarrenden Magmen und anderen Lösungen) oder eine sekundäre ist (z. B. Aufschmelzung, palinogene Erweichung in Sederholms Sinn). Im zweiten Falle wird bei nur unvollständiger Verflüssigung die teilweise Erhaltung älterer Strukturen möglich sein.

Ferner werden sich bei unvollkommener Verflüssigung gerichtete und geleitete Spannungen zum Ausdruck bringen können. Und ferner ist in diesem Falle Gelegenheit zur Entwicklung von Kristalloblastese in Beckes Sinn gegeben.

Wir besitzen also gute Anzeichen für nur teilweise Verflüssigung, für „Erweichung“. Für die Erweichung genügt eine teilweise kristalline Mobilisation, deren verschiedene geologische Ursachen hier zunächst außeracht bleiben. Für das folgende ist hier daran zu erinnern, daß vollkommen fluidale, stetige weiche Verschlingungen, Faltungen und Knetungen ohne Kristallisation im Gefüge entstehen können, wenn während der Deformation für vollkommene Verhinderung un stetiger Ausweichmöglichkeit durch gute Umschließung, für hohen allseitigen Druck gesorgt ist. Das ist die wichtige Rolle hohen ungerichteten Druckes für das Zustandekommen fluidaler Umformungen (z. B. stetiger tektonischer Deformationen), in deren Kleingefüge wenig oder keine kristalline, sondern rupturale Teilbewegung sichtbar wird. Daß diese Gruppe von Deformationen makroskopisch von solchen mit kristalliner Teilbewegung sich in der Regel nicht unterscheidet, wurde vom Verfasser als eine Deformationsregel

tektonischer Fazies hervorgehoben und verhindert einen kurzen Schluß von solchen Formen auf „Kristallokinese“.

Wenn es sich, beiläufig bemerkt, um die Möglichkeit der Druckleitung in Profilen handelt, eine Frage, welche durch Ampferers Studien angeregt ist, so scheint mir die kürzeste und sicherste Antwort darauf folgende, gleichviel ob es sich um große Profile oder um Dünnschliffprofile handelt. Je mehr stetige Deformation mit korrelater Teilbewegung im Gefüge vorherrscht, desto näher stand der Deformationsprozeß einem Fließen in erweichtem Zustand und desto weniger kann Druckleitung angenommen werden. Für Profile mit stetiger Tektonik, wie sie für Deckengebiete besonders häufig behauptet wurden, kommt Druckleitung nicht in Betracht, so daß gerade für diese Profile Ampferers Äußerung gegen die Möglichkeit der Druckleitung zu Recht besteht.

Hier soll nun nur von Umformungen mit ganzer oder teilweiser Erweichung durch kristalline Mobilisation des Gefüges die Rede sein und von einigen sich an die bisherige Deutung dieser Formen anschließenden Fragestellungen.

Zuerst sind die oben erwähnten Anzeichen teilweiser Fließendheit oder bloßer Erweichung ausführlicher anzuführen und ist auch an die Wichtigkeit der Deformationsgeschwindigkeit (diese habe ich schon 1909 als Faktor genannt, Verh. d. k. k. geol. R.-A.) für den fließenden oder rupturellen Verlauf einer Deformation zu erinnern.

Das beste physikalische Kriterium dafür, daß kein vollkommen flüssiger Zustand bestand, sondern nur teilweise Fließendheit, welche im folgenden Erweichung genannt wird, besteht also, wie gesagt, darin, daß in der Masse gerichtete Spannungen auftreten und weitergeleitet werden konnten. Ist dies im Gefüge nachweisbar, so erfolgte die untersuchte Bewegung nicht im flüssigen, sondern höchstens im „erweichten“ Zustand. Solche Anzeichen gerichteter Spannungen gibt es zahlreiche und es werden hier nur einige Gruppen hervorgehoben:

1. Die Gefügemerkmale, welche in Beckes Studien über Kristalloblastese für einen festen Zustand während der Kristalloblastese ins Feld geführt werden; so Kristallisationsschieferung, orientiert zu gerichteten Normalspannungen, ferner die kristalloblastischen Konturen der verwachsenden Körner im Kontrast mit den Konturen bei Auskristallisation aus flüssigem Zustand.

2. Außer dem Zusammenspiel von Kataklasten und Kristalloblastesen gibt es eine große Zahl von Zeichen dafür, daß die Deformation im nur weichen, nicht aber flüssigen Zustande erfolgte. So zum Beispiel scharfe Rupturen korrelat zur betreffenden Deformation, Linsenbau, die meisten Arten von Faltung überhaupt und besonders jene Falten durch Stauchung, deren Form nach der Mächtigkeit und dem Widerstande der gestauchten Einlage wechselt (Regel der Stauchfaltungengröße, vgl. Tschermaks Mitteilungen 1911), ferner eckige Knickungen.

Eine besondere Stellung nehmen nun innerhalb der tektonischen Fazies die Adergneise und Migmatite mit ptygmatischer Faltung ein, wenn man Sederholms Bezeichnungsweise folgt. Man kann hier noch weiter gehen und aus allen durchbewegten Gesteinen eine Gruppe

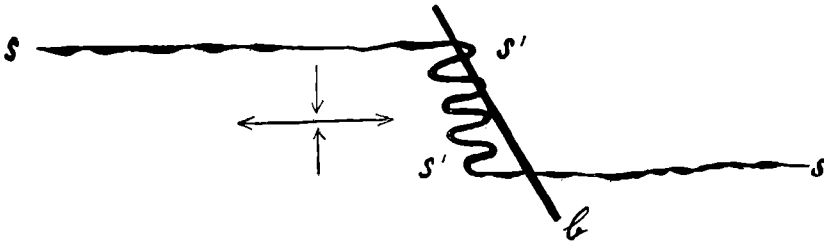
hervorheben, von welcher folgendes gilt. Diese Gesteine sind durchbewegt, wie die krauseste Faltung und Verschlingung ihrer Gefügeflächen zeigt. Dieser Durchbewegung entsprechen keine ausreichenden, im Idealfalle gar keine Zerbrechungen im Gefüge. Demnach hat die Kristallisation gleichzeitig mit der Durchbewegung oder nach derselben stattgefunden. Den Übergang vom Idealfall (von Sederholm beschriebene Pegmatite, von Lachmann beschriebene Faltungen in Steinsalz) zu den von mir als blastomylonitisch beschriebenen Typen mit verheilter Gefügezerbrechung bilden zahllose Typen, in welchen rupturale Teilbewegung im Gefüge mit kristalloblastischer sich in verschiedener Weise begegnet, so daß es also in dieser Hinsicht keine scharfe Grenze gegen die Mylonite gibt. Zugleich zeigt sich, daß auch ein anderes Kriterium, welches von Lachmann für Salze, von Sederholm für seine Ptygmatische, von Becke für manche Faltungen im niederösterreichischen Waldviertel hervorgehoben wurde, nur in ganz extremen Fällen vollkommen gilt. Das ist die wirre Richtungslosigkeit der Falten. Über dieses Kriterium in den Salzlagern fehlt es mir an eigener Erfahrung. Was aber die Faltungen im Waldviertel und auf den finnischen Schären anlangt, so fand ich, wie weiter unten beschrieben wird, namentlich im Waldviertel diese Faltungen noch sehr gut zu größeren Bewegungen summierbar (vgl. auch Becke, Tschermaks Mitt. 1913, 26) und mit Staucherscheinungen versehen, welche eine Deformation in flüssigem Zustande nicht annehmen lassen. Und auch auf der Insel Brändö Harun fand ich vielfach eine solche Summation noch gut zu machen, ebenso in hierhergehörigen Fällen aus meinem Arbeitsgebiet in den Tiroler Zentralalpen und in den von Reinhold aus dem Waldviertel beschriebenen Fällen von gefalteten Gängen (Tschermaks Mitt. 1910, pag. 43 ff). Das ist wichtig, wenn es sich um die Bezeichnung dieser Gesteine als tektonische Fazies handelt. Für diese wurde die Summierbarkeit der Teilbewegung im Gefüge zu größeren tektonischen Bewegungen verlangt. Diese Summierbarkeit wird um so schwieriger, je mehr der Zustand während der Deformation einem flüssigen ohne Druckleitung glich. Doch scheint hier der Idealfall selten und es scheint im allgemeinen die Erkennung auch dieser eigenartigen Faltungen als Differentialbewegungen von größeren Bewegungen möglich, so daß ich solche Gesteine bis auf den extremen Fall flüssiger Bewegung ohne Druckleitung unter die tektonischen Fazies stelle. Bekanntlich gibt es hier auch geologisch alle Übergänge zu primären und palingenen Intrusiven, deren Differentialbewegungen sich in vielen Fällen (homogenes Magma) nicht mehr erkennen lassen. Immerhin aber haftet dem Idealfall der ptygmatischen Faltung und jener Salzfaltungen, auf welche Lachmann seine Hypothesen stützt, soviel Eigenartiges an, daß man nach Besichtigung dieser Vorkommen einen eigenen Namen für die Sache, wie ihn Sederholm ja gab, nur beibringen kann.

Über solche ptygmatische Faltungen hat sich kürzlich Sederholm (L. 6, pag. 491—512) ausgesprochen. Sederholm hebt unter anderem hervor, daß die Faltung der Granitadern vor der vollständigen Erstarrung erfolgte, da man sonst an den Biegungsstellen „Druck-

schieferung und sonstige Kataklasterscheinungen finden mußte (vgl. übrigens hierzu die Beobachtungen an Faltenscharnieren, Sander, Tschermaks Min. u. petrogr. Mitt. 1911). Jedenfalls hat die Kristallisation erst nach der Faltung stattgefunden.

Die Form und Richtungslosigkeit der Faltungen deutet Sederholm als Ergebnis von gewissermaßen fluidalen Bewegungen, von Wallungen in dem von Magma durchsetzten halbflüssigen Gestein.

Sederholm sagt, daß die Bewegungen in den halbflüssigen Gesteinsmassen wohl in vielen Fällen ungefähr parallel zum allgemeinen Streichen derselben geschahen (pag. 507), aber auch (pag. 511): Nichts spricht dafür, daß ein stetiges Fließen in irgendeiner bestimmten Richtung stattfand. Das kann sehr wohl im allgemeinen gelten, jedenfalls aber läßt sich (übrigens als sichere Stütze des auch von Sederholm angenommenen Zustandes nur gradweiser Erweichung) anführen, daß man in den schönen Ptygmatitaufschlüssen von Brändö Harun etc. die Zeichen von Teilbewegung in  $s$  findet, zum Beispiel Linsenbau, als Merkmal eines andauernden Druckes  $\perp s$ . Ferner findet man die überaus charakteristische Schlangenlinienform der Gänge schief oder



normal zu  $s$  als Merkmal desselben Druckes. Alles das kann man in Gesteinen der Alpen sowohl mit als ohne Zusammenhang mit Anatexis und Imprägnation zustande kommen sehen, wie mir durch den Vergleich der nordischen Vorkommen mit Faltungen im Kristallin des Tiroler Aufnahmeblattes Sterzing-Franzensfeste bekannt ist.

Aus der wirren Regellosigkeit der ptygmatischen Faltungen auf Brändö Harun zum Beispiel läßt sich also eine Regel doch zuweilen hervorheben, welche in der Zeichnung schematisiert ist. Diese Regel besteht darin, daß die Lagergänge ( $s$   $s'$ ) ausgeflacht werden und als linsenförmige Inseln auseinanderwandern; das ist dieselbe Bewegung bei Druck  $\perp s$ , welche so oft zu Schieferungen führt. Und es ist ganz derselbe Druck, welcher korrelat zum Linsenbau in  $s$  (zur Zerzung) die Schlangenfaltung ( $s'$   $s'$ ) der nebeneinander quer zu  $s$  verlaufenden Gänge erzeugt (als Stauchung). Das Ganze ist in solchen Fällen ein harmonisches Deformationsbild aus zusammengehörigen korrelaten Bewegungen, wie man es ununterscheidbar z. B. an den Quarzgängen des Brixner Quarzphyllits beobachten kann, wo es sich um nichtmagmatische Materialien handelt.

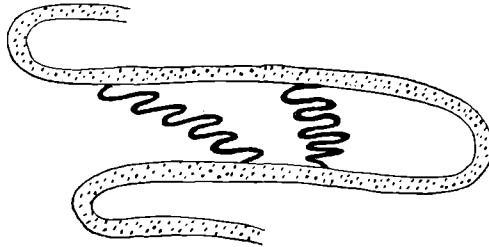
Außer in diesen manchmal sehr deutlichen und sehr oft noch ganz gut erkennbaren Fällen einer tektonisch verständlichen Regel im Faltenschaos kann man auf Brändö Harun noch ganz wie in

großen Alpenprofilen die Fälle beachten, in welchen der Inhalt einer großen Mulde bis Falte in kleinen Falten zusammengeschieben ist (vgl. die Zeichnung, welche einen mächtigeren Metabasit [punktiert] und Pegmatite [schwarz] in Granit pygmatisch gefaltet zeigt).



Quarzgang im Quarzphyllit bei Brixen.

Die durch Sederholm bekanntgewordenen Faltungen von Brändö Harun und anderen Schären sind lehrreich, eben weil sie Gelegenheit geben zur mechanischen Analyse herrlich erschlossener



Bewegungsbilder, welche man als Deformationstypus und Abbild großer Erweichung für die Tektonik für alle Zeit im Auge behalten muß. Ein mächtiger Horizont gleichmäßig durch Injektion hauptsächlich



|| s gemischten Gesteins ist hier durch präkristalline Teilbewegung zu einer durch und durch bewegten tektonischen Fazies geworden mit Faltung und Linsenbau. Viele Bilder, wie das beistehende, erinnern gleichermaßen an alpine Querschnitte wie an die von Lachmann zum Vergleich mit diesen herangezogenen Salzfaltungen.

Zwei Umstände aber müssen, wie hier nebenbei bemerkt werden kann, beim Studium eines alpinen Profils Berücksichtigung finden. Einmal ist besonders darauf zu achten, daß nicht Deformationen, welche nicht korrelat sind (d. h. nicht auf dieselbe Deformationsphase beziehbar was Zeit und physikalische Bedingungen anlangt) durch ein einziges System von Deutungslinien erklärt und mißdeutet werden. Und ferner ist zu beachten, daß überhaupt mit Linien nur Bewegungsflächen darstellbar sind, nicht aber Bewegungshorizonte, welche in Gebieten mit stetiger Tektonik (in mehr oder weniger fluidal deformierten Gebieten mit korrelater Teilbewegung im Gefüge) die Hauptrolle spielen. Erst wenn es gelingt, den tektonischen Fazies im Bewegungsbild ihre Rolle zuzuweisen und ferner die verschiedenen Phasen von Metamorphismus nach Grad und Art zu unterscheiden und ihre Korrelation zu den tektonischen Phasen zu erkennen; erst dann ist ein mehrphasiges Profil erklärt, welches durch ein einziges System erklärender Linien auf jeden Fall mißdeutet würde.

In den Alpen kennen wir also mit oder ohne kristalline Mobilisation durchbewegte, den ptygmatischen Faltungen gleichende tektonische Profile. Handelt es sich um präkristalline Deformation und um granitisierte Areale, so entsprechen solche Profile (Tauern) in vieler Beziehung gänzlich den kleinen Modellen der ptygmatischen Faltungen. Die nordischen Ptygmatite aber unterscheidet eben die Kleinheit der Faltung, nach Sederholm ohne einheitlichen größeren Plan, von den alpinen „präkristallinen Gebirgen“ (L. 9). Vielleicht ist das auf höhere Erweichung der Ptygmatite und auf tatsächliches Fehlen größerer Tendenzen in der Bewegung zurückzuführen. Ich möchte aber lieber vermuten, daß sich im Laufe der Zeit auch die ptygmatischen Faltungen in ein größeres Bewegungsbild harmonisch einfügen werden, als daß man etwa lernen wird, die hier herangezogenen alpinen Falten als nichttektonische (im Sinne Lachmanns) zu bezeichnen.

Sehr oft kann man bemerken, daß nach einer Bewegungsphase mit ptygmatischer Faltung für einen lokalen Bezirk innerhalb des Ptygmatitgebietes dieser durchbewegte Bezirk wieder mit seinen gefalteten Gängen von brettartigen Gängen geschnitten wird; so daß in diesem Fall die Deformation zeitlich in die Phase der Gangbildungen fällt (vgl. Abb. oben). Damit, daß die Erweichung (und Deformation) oft eine lokale oder nicht an allen Orten im Gestein gleichzeitige war, harmonisiert die Beobachtung, daß derselbe Gang einmal glatt andernorts mit randlicher Assimilation durchsetzt.

### 3. Tektonische Fazies.

(Orijärvi und östliches Finnland.)

Unter den Gebieten, in welchen ich finnisches Kristallin in tektonischer Fazies sah, ist hervorzuheben das Gebiet des Orijärvi südöstlich des großen Kirchdorfes Kisko. Alle Kenntnis dieses Gebietes verdanke ich der lehrreichen Führung durch seinen Bearbeiter

Herrn Pentti Eskola, dessen sorgfältige Karte und zahlreiche petrographische Ergebnisse hoffentlich recht bald als Monographie eines überaus schön entwickelten Kontakthofes an die Öffentlichkeit gelangen. Dieses Gebiet liegt im südlichsten Finnland, und zwar in dessen Westhälfte, welche hauptsächlich von Migmatiten (postbottnische Granite, präkalevische Gneise) eingenommen wird mit geringerer Beteiligung prälodogischer und präbottnischer Schiefer.

Im Gebiete von Orijärvi gelangt ein von Schieferhüllen umkleideter Granit zutage mit Parallelkontakt ohne Apophysen und Aderbildung. Diesem gehört nach Eskola der (lückenhafte) Kontakthof an, dessen Skarnbildung, Granatfelse, Andalusitschiefer und Riesenkordierite bei Orijärvi erschlossen sind. Der Granit und seine zum Teil kontaktmetamorphen Hüllen mit den Porphyren, Graphitquarziten und Kalken der Leptitformation haben sich regional verändert ohne Änderung der von Eskola für älter gehaltenen Kontakterscheinungen. Unter diesen Schiefen sind nun sehr oft unter starker Durchbewegung des Gefüges den alpinen Schiefen gleichende Typen entstanden, tektonische Fazies, welche zu dem gerade in Finnland so lehrreich ausgebildeten Kristallin ohne tektonische Teilbewegung im Gefüge in starken Gegensatz treten. Diese Gesteine sind durch tektonische Bewegung zu Typen geworden, wie ich sie im gleichen Jahre wieder in den Tauern und in den moravischen Arbeitsgebieten F. E. Suess, in Vergleich ziehen konnte. Sie stehen einmal als tektonische Fazies in ihrem Gepräge überhaupt den tektonischen Fazies „moldanubisch“ und „alpin-alkristallin“ einerseits, „moravisch“ und „tauernkristallin“ andererseits, näher als dem nichttektonischen Kristallin Finnlands. Unter den genannten zwei Gruppen tektonischer Fazies aber kommen sie nächst der zweiten zu stehen und besonders überraschend war mir die Ähnlichkeit mancher tektonischer Fazies des Kontakthofes mit Typen der unteren Tauernhülle, so der Strahlsteinschiefer auf den Halden von Orijärvi und mancher aus den Goldgruben von Ilijärvi geförderter Schiefer. Diese Gesteine unterscheidet von den vergleichbaren in der Tauernhülle Andalusit und Kordierit und man erinnert sich der zwei Hypothesen, nach welchen die Kontaktminerale im Tauernhof im Zusammenhang mit tektonischen Bewegungen ausgeblieben oder ausgelöscht worden seien. Wenn nun auch dieser im Fehlen von Kontaktmineralen bestehende sehr vage Hinweis auf tektonische Bewegungen in der Hülle gerade in Orijärvi nicht vorhanden ist, so bleibt doch einiges was einen flüchtigen Vergleich von Orijärvi mit den Tauern und den mährischen Batholiten nahelegt und einen eingehenderen vielleicht lohnen würde. Das ist vor allem das Auftreten solcher tektonischer Fazies in den Hüllen eines Granits, wie sie in den Tauern und in Mähren von mancher Seite der Überschiebung des Granits durch Decken zugeordnet werden. Und das ist ferner noch die von einem alten Monographen des Orijärvigebietes in Betracht gezogene Möglichkeit, daß die inneren Hüllen des Granits jünger seien als die äußeren, eine Möglichkeit, deren Beurteilung ich allerdings ganz den finnischen Fachgenossen überlassen muß. Vielleicht ist es auch nicht ohne Bedeutung, daß in den drei aus dem finnischen, dem alpinen und dem mährischen Kristallin hier genannten



Fällen die weitere Umgebung der Granithüllen aus Kristallin mit Zeichen von Erweichung unter Granitisation besteht. Was die Beziehungen der bei dieser Erweichung aufgetretenen präkristallinen Teilbewegung im Gefüge zur tektonischen Hauptbewegung anlangt, so scheinen in den Tauern der letzteren nicht die präkristallinen, sondern nur die diaphthoritischen Teilbewegungen zu entsprechen und von den präkristallinen trennbar zu sein.

Es erübrigt noch eine kurze Erwähnung einiger anderer in Finnland begegneten tektonischer Fazies. Zu einer genaueren Definition derselben und zum Vergleich mit alpinen ist deren eingehendere Untersuchung im Schilff erforderlich. Die meisten dieser Gesteine lernte ich unter Herrn Wilkmanns dankenswerter Führung im östlichen Finnland kennen. Vielfach handelt es sich um Gebiete, deren erste gute Kenntnis man Herrn Dr. Frosterus verdankt. Tektonische



Durchbewegter alter Gneis bei Vuonislahti.

(Scharnier bei X).

Fazies zeigen die jatulischen Quarzite und Konglomerate bei Lehtotammenkallio (nordöstlich von Suonlaks), welche ihrerseits schon in einer früheren Schieferungsphase geschieferte Gneisstücke enthalten. Der liegende Granit zeigt sich in der Nähe der Bodenbildungen schiefrig. Auch die jatulischen Tonschiefer mit Dolomitlagen zeigen das Gepräge durchbewegter alpiner Gesteine (so zum Beispiel bei Tschokinmylly), so daß es nahe liegt, eine Bewegungs„fläche“ anzunehmen, deren Differentialbewegungen in den jatulischen tektonischen Fazies liegen. Da es übrigens in solchen, für Schiefergebiete typischen Fällen sich ganz charakteristischerweise nicht um eine Fläche handelt, sondern um eine ganze Schichtfolge, auf welche sich die Bewegung differentiell verteilt, so ist das Wort Bewegungs„fläche“ nicht mehr zulänglich und etwa durch Bewegungshorizont zu ersetzen, welche die aufgezählten tektonischen Fazies „umfaßt“.

Ausgezeichnete tektonische Fazies mit langen, in scheinbar ruhig aufeinanderfolgende Lagen übergehenden Spitzfalten und Linsenbau zeigte der präbottische Granitgneis von Vuonislahti. Ähnliches läßt der präkalevische Gneis beim Vuotijärvi (Viitaniemi) beobachten. Das sind Beispiele aus alten Gneisen.

Bei Nunalahti fand ich den kalevischen Quarzphyllit mit allen Zeichen, welche für unsere durchbewegten alpinen Quarzphyllite bezeichnend sind. Das Gestein ist vom Innsbrucker Quarzphyllit nicht zu unterscheiden und nach Herrn Wilkmanns Versicherung typischer kalevischer Phyllit, wonach derselbe in großen Bezirken von den Tammerforscher Phylliten als tektonische Fazies abzuweichen scheint. Geht man aus diesen Phylliten gegen den Granit, so trifft man die von Frosterus beschriebenen Augenschiefer und Bodenkonglomerate, in welchen mich Herr Wilkman bei Möllö führte. Die tektonische Fazies dieser Gesteine erinnert vielfach an die allerstärkst durchbewegten Stellen in den Alpen, besonders an Augengneise und schwer sicherzustellende Konglomerate in der Tauernhülle zum Beispiel, und es scheint, daß sich auch in diesen kalevischen Gebieten ein Bewegungshorizont an den liegenden Granit schließt. Vielleicht läßt sich das Verhältnis einer nach Herrn Wilkmanns Aufklärung vorhandenen postkalevischen Granitisationsphase zu den angeführten Bewegungen feststellen. Granit und Augenschiefer ist nach Frosterus und Wilkman zuweilen nicht scharf zu trennen. Das dürfte auf nachträgliche Metamorphose beider zurückzuführen sein, vielleicht auf die kataklastischen und blastischen Differentialbewegungen des oben genannten Bewegungshorizonts.

#### Literatur.

1. J. J. Sederholm, Über eine archaische Sedimentformation im südwestlichen Finnland. Bull. de la Commiss. Géol. de Finlande. Helsingfors 1899.
  2. — Om granit och gneis. Ibidem 1907.
  3. — Die regionale Umschmelzung (Anatexis) erläutert an typischen Beispielen. Comptes rendus du XI<sup>e</sup> Congrès Géologique International. Stockholm 1910.
  4. — Les roches préquaternaires de la Finlande. Atlas de Finlande, 1910. Helsingfors.
  5. — Über die Entstehung der migmatitischen Gesteine. Geolog. Rundschau, IV. 3. 1913.
  6. — Über pygmatische Faltungen. Neues Jahrbuch für Min., Geol., Pal. Beilbd. XXXVI. 1913.
  7. B. Frosterus, Bergbyggnaden i sydöstra Finland. Bull. de la Commiss. Géol. de Finlande. Helsingfors 1902.
  8. B. Sander, Über Zusammenhänge zwischen Teilbewegung und Gefüge in Gesteinen. Tschermaks Mineralog. u. Petrogr. Mitteil. 1911. XXX. Wien.
  9. — Über tektonische Gesteinsfazies. Verhandl. d. k. k. geol. R.-A. Wien 1912.
  10. — Über einige Gesteinsgruppen des Tauernwestendes. Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. Wien 1912.
- K. k. geol. Reichsanstalt. 1914. Nr. 8. Verhandlungen.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt](#)

Jahr/Year: 1914

Band/Volume: [1914](#)

Autor(en)/Author(s): Sander Bruno

Artikel/Article: [Studienreisen im Grundgebirge Finnlands \[Vortrag\] 82-99](#)