Mitt.Österr.Miner.Ges. 134 (1989)

DAS NEUMANN-MINNIGERODE-CURIE'SCHE PRINZIP IN DER KORNGEFÜGEKUNDE

von

M. Kirchmayer +)

(eingelangt am 12.11.1988)

Zusammenfassung

Das N-M-C-Prinzip beachtet die Symmetrie-Elemente der Ursache, des Mediums und der Wirkung. Es wurde von NEUMANN im Jahre 1885 und gleichzeitig von MINNIGERODE im Jahre 1884 und überlappend von CURIE in den Jahren 1884 und 1894 aufgestellt. Nimmt man an Stelle der ursprünglichen Medien das statistische Verteilungs- und das statistische Richtungsgefüge von Kristalliten und Kristallaggregaten im Korngefüge, so lassen sich ausgehend von der Wirkung, also der Korngefügestatistik, sehr sichere Aussagen über die Ursache, die über das Medium zur Korngefügestatistik führte, machen. Bei den Nicht-Tektoniten sind die Aussagen natürlich eindeutiger als bei den Tektoniten, weil bei letzteren die Entstehungsursachen bekanntermaßen sehr viel komplizierter sind. Erklärend hinzugefügt sei, daß das N-M-C-Prinzip mit den Symmetrie-Elementen arbeitet und nicht mit der Gesamtsymmetrie, die der Morphologie oder dem Regelungsbild der Korngefügestatistik verpflichtet ist.

Einführung

Es gibt neben der computerorientierten Gefügestatistik (z.B. WALLBRECHER, 1986) drei klassische Gefügestatistik-Systeme: 1) das gesamtsymmetrische, das sich auf die Gesamtmorphologie bezieht, von NIGGLI 1941; 2) das regelungsbildorientierte von SANDER 1930; und 3) das symmetrieelement-bezogene von NEUMANN-MINNIGERODE-CURIE 1884, 1885, 1894 (vgl. KIRCHMAYER 1986, 221 ff.). Da sich das N-M-C-Prinzip insbesondere bei Nicht-Tektoniten erfolgreich anwenden läßt, aber das Konzept im Laufe der vergangenen 100 Jahre oft unbeachtet blieb, soll es hier besprochen werden.

Das N-M-C-Prinzip

Nach PAUFLER (1986) war F. NEUMANN der erste, der die physikalischen Eigenschaften der Kristalle nach den Symmetrie-Elementen, d.h. nach der Symmetrie, ordnete. Er stellte schon 1885 fest, daß die Materialgrößen zahlenmäßig nicht mehr an Symmetrie-Elementen als eine für die Punktgruppe oder sogar für das Kristallsystem typische Höchstanzahl unabhängiger Koeffizienten aufweisen. NEUMANN publizierte

---

+) Anschrift des Verfassers
Univ.Prof.i.R. Dr. Martin Kirchmayer
Kirchstraße 16, D-6900 Heidelberg 1

diese Kenntnis nie. Sein Schüler W. VOIGT jedoch führte im Jahre 1910 die Bezeichnung "NEUMANN'sches Prinzip" ein. Gleichzeitig, im Jahre 1884, arbeitete auch B. MINNIGERODE am selben Problem. Offenbar unabhängig fand P. CURIE bei seinen seit 1884 laufenden Studien die zum NEUMANN'schen Prinzip ergänzenden Ergebnisse:
Während NEUMANN die Symmetrie-Elemente-Beziehung

Ursache (C) und Medium (B)

abdeckte, erforschte CURIE die Symmetrie-Elemente-Beziehung

Ursache (C) und Wirkung (A),

welches Ergebnis unter dem Namen "CURIE'sches Prinzip" bekannt ist. CURIE zeichnete auch die 7 in die Literatur als CURIE'sche Punktgruppen eingegangenen Gefüge auf, die praktisch ohne Änderung in die Korngefügestatistik heutiger Kenntnis und Übung aufgenommen werden können.

Beide Prinzipien, das NEUMANN'sche und das CURIE'sche, überlappen sich also und fügen sich zu der für die Korngefügestatistik essentielle Dreierbeziehung:

Ursache (C), Medium (B) und Wirkung (A)

Ursprünglich angewendet auf den Kristall drückt sie somit aus:

Ein unter einer Einwirkung stehender Kristall
-- (A) Kristallsymmetrie-Elemente der Wirkung --
weist diejenigen Symmetrie-Elemente auf, die dem Kristall ohne diese Einwirkung
-- (B) Kristallsymmetrie-Elemente der des Mediums außerhalb des Ursachenfeldes --
und einer Einwirkung ohne dem Kristall
-- (C) Kristallsymmetrie-Elemente der Ursache --
gemeinsam sind.

Oder kurz gesagt: Die Wirkungsymmetrie-Elemente (A) setzen sich zusammen aus den kristallographischen Symmetrie-Elementen des Mediums (B) und den Ursachensymmetrie-Elementen (C).

Übertragen wir das jetzt von BRANDMÜLLER (1986b) so genannte N-M-C-Prinzip auf die Gefügestatistik, also auf die Geländegefüge-Statistik und auf die Korngefüge-Statistik, so müssen wir das Lagenkugeldiagramm oder das Korngefügediagramm so bearbeiten, daß wir die Wirkungsymmetrie-Elemente (A) ablesen können. Beim Medium (B) setzen wir entweder das Gefüge-Teilgefüge, also die Richtungs-Statistik oder/und die Verteilungs-Statistik ein, ein. Als Antwort erhalten wir dann die Ursachen-Symmetrie-Elemente (C), und bekommen damit Hinweise auf die Ursache. Bei Nicht-Tektoniten kann das N-M-C-Prinzip mit Erfolg angewendet werden, und zwar auch deshalb, weil die Ursache (C) bei Nicht-Tektoniten im allgemeinen gut überblickbar ist, was man bei der Ursache (C) von Tektoniten nicht immer sagen kann. Doch auch bei den Tektoniten ergeben sich mit einer Bearbeitung über das N-M-C-Prinzip straffere Hinweise über jene die Ursache (C) auszeichnenden Symmetrie-Elemente, und damit auch Hinweise über die Ursache selbst (vgl. auch ZOLTAI und STOUT, 1984).

Natürlich kann man das N-M-C-Prinzip auch auf andere, eigentlich auf alle naturwissenschaftlichen "Gefüge" anwenden. Für die Fächer Physik und Chemie hat das BRANDMÜLLER (1986a) schon getan. Auch bei botanischen Beispielen stellen sich verblüffend einfache Aussagen ein. Hervorzuheben ist dabei allerdings immer wieder,

daß das korrekte N-M-C-Prinzip nur und ausschließlich die Symmetrie-Elemente-Beziehung in dem Dreierzusammenhang herausarbeitet; oftmals finden sich nämlich in den einschlägigen Büchern und Publikationen auch Abbildungen und Besprechungen der Symmetrie von Blumen, Ornamenten, Gebäuden, etc. etc. Diese Symmetrieansprache hat nichts mit dem N-M-C-Prinzip zu tun! Die Symmetrieansprache ist eine Gesamtsymmetrie-Ansprache und entspricht dem Gesamtsymmetrie-Gefügestatistik-System nach NIGGLI (1941). Würde man die genannten symmetrie-herausstellenden Phänomene im Sinne des N-M-C-Prinzipes betrachten -- und das kann man -- so müßte man die Symmetrie-Elemente des Ursachenfeldes (C) und des Mediums (B) eruieren und aus den Erscheinungen die Wirkungssymmetrie-Elemente (A) aufzählen.

Beispiele aus der Korngefügekunde

In der Korngefüge-Statistik wird seit W. SCHMIDT (1925), einem BECKE-Schüler, die LAMBERT'sche Projektion als SCHMIDT'sches Netz verwendet, in welches in bekannter Weise die mit dem Universaldrehtische ermittelten Flächenpole der Kristallflächen und der Gesteinsrisse und die Durchstoßpunkte der optischen Achsen der Kristallite eingetragen werden. Dabei werden herkömmlicherweise die Verteilungs- und Richtungsgefüge über die Isolinien, auch Isopyknen, dargestellt. Damit man aber die Symmetrie-Elemente, die wir ja beim N-M-C-Prinzip haben müssen, auch bekommen, müssen wir darauf verzichten, die besetzten Diagrammbereiche durch Farb- und Grautönungen hervorzuheben. Diese Bereiche müssen frei bleiben, auch die Isolinien, auch Isopyknen, sind also als Linien zu belassen, als wären die Linien gleichsam Höhenschichtlinien. In diese Besetzungsbereiche trägt man entsprechend der Tendenz der Isolinien, auch Isopyknen, die Symmetrie-Elemente ein. Damit haben wir die Symmetrie-Elemente der Wirkung (A). Die Symmetrie-Elemente des Mediums (B) sind gegeben durch die Teilgefüge, denn wir haben es ja mit bekannten Kristallen, wie Quarz, Glimmer, Feldspat, Hornblende, Olivin, Turmalin etc. zu tun. Bei Rissen und Fissuren sind (B) die Streß- oder Strain-Achsen der abgeleiteten Modelle. Mit Hilfe des N-M-C-Prinzipes, wonach die Symmetrie-Elemente der Ursache (C) (die wir suchen), mit den Symmetrie-Elementen des Mediums (B) (die wir kennen) zu den Symmetrie-Elementen der Wirkung (A) (die wir aus dem Korngefügediagramm ablesen) sich zusammenfügen, lassen sich die Symmetrie-Elemente der Ursache (C) erarbeiten. Und damit haben wir auch schon die Ursache selbst gefunden, oder zumindest die möglichen Ursachen eingeengt.

Da Nicht-Tektonite überblickbarere Beispiele abgeben, sei damit begonnen; es liegen Beispiele vor von Schriftgraniten, von Chondren in Chondriten und von durch rezente Athmosphärilien und Gesteinsauflast deformierte Rippen auf Säulen an Gebäuden. Anschließend gebe ich dann noch ein Beispiel aus den Tektoniten.

Beispiel Schriftgranite

Bei diesen kann man die Ursache (C) der Entstehung herausfinden, nämlich, ob die Schriftgranit-Quarze sich in einer Schmelze oder über die Metamorphose gebildet haben. (Diese Unterscheidung war 1961 bei SCHNEIDERHÖHN eine sehr gesuchte; vgl. KIRCHMAYER, 1986). Wir müssen mit dem U-Tisch dazu die Verteilungs- und Richtungsgefügestatistik (A.V.A) der Schriftgranite ausmessen und darstellen; damit bekommen wir die Symmetrie-Elemente der Wirkung (A): Die Schriftgranit-Quarze können entweder als Quarzdrillings-Aggregate oder als trigonale Anordnung -

Richtungsstatistik- innerhalb der FERSMAN'schen Konfiguration auftreten, oder sie sind entsprechend den Symmetrie-Elementen des Feldspates, des Wirtskristalles, verteilt. Die Symmetrie-Elemente des Mediums (B) sind, da wir ja Quarzkristalle haben, eindeutig. Über die Dreierbeziehung des N-M-C-Prinzipes können wir jene Symmetrie-Elemente ausfindig machen, die denen der Ursache (C) entsprechen. Das sind bei den Quarzdrillings-Aggregaten und bei der Richtungsstatistik der FERSMAN'schen Kreise Symmetrie-Elemente, die nur bei einer Ursache, die auf Schmelze hinweist, auftreten. Bei Feldspat-orientierten Quarz-Aggregaten sind es solche, die nur bei einer Ursache, die auf Metasomatose hindeutet, aufscheinen (vgl. KIRCHMAYER 1984, 1986, 1987).

Beispiel Chondren in Chondriten

Chondren in Chondriten zeigen oftmals eine Deformation, welche die ursprünglich sphärischen Aggregate zu elliptischen Gebilden affin, also homogen, umformt, die dann eine längere und eine kürzere Strainachse messen lassen. Auch werden Chondrite durch konjugierte und nicht-konjugierte (simple shear and pure shear) Risse mannigfachen Aussehens zertrennt. Die Risse können natürlich, soferne Dünnschliffe der Chondriten vorliegen, per U-Tisch eingemessen und so die Symmetrie-Elemente der Wirkung (A) eruiert werden. Soferne ein Anschliff des Chondriten vorhanden ist, wird er mit Hilfe der Azimuth-Diagramm-Methode untersucht. Drei aufeinander senkrecht stehende an Gefügekoordinaten gebundene Azimuth-Diagramme ergeben ebenfalls die Symmetrie-Elemente der Wirkung (A). Die Symmetrie-Elemente des Mediums (B) erhält man entweder aus der Sphärizitätsmessung an den Chondren oder aus dem statistischen Verteilungs- und Richtungsgefüge der konjugierten oder nicht-konjugierten Risse in Gestalt eines Streß- oder/und Strain-Modelles. Die genannten Deformationen lassen sich genetisch aneinanderreihen. Aus beiden, den Symmetrie-Elementen der Wirkung (A) und den Symmetrie-Elementen des Mediums (B) erhält man über das N-M-C-Prinzip die Symmetrie-Elemente der Ursache (C), und damit Hinweise auf die Entstehungsursache der Deformation der Chondren und Chondrite (vgl. KIRCHMAYER und WLOTZKA, 1986).

Beispiel Deformierte und aufgelöste Rippenbereiche an Gebäudesäulen

Oftmals werden Gebäude, meist öffentliche, mit Säulen verziert. Sie wurden aus mannigfachem Gestein gearbeitet; sie sind oftmals mehr oder weniger der Witterung ausgesetzt. Viele dieser Säulen haben herausgearbeitete Rippen, die dann besonders auffällig sind. Diese Rippenbereiche zu untersuchen, ist heutzutage eine besonders aktuelle Umweltschutzmaßnahme. Die Rippen sind nicht nur dem sauren Regen ausgesetzt, sondern sie tragen auch zusammen mit dem massiven Säulenkörper eine Auflast, zum Beispiel Dach des Gebäudes. Diese Risse in den Rippenbereichen haben maximal ein Alter, das höchstens dem Gebäudealter entspricht. Landläufig werden Witterungseinflüsse für die Deformation der Säulenrippen verantwortlich gemacht. Genauere Untersuchungen sind deshalb oft nicht möglich, weil von den Säulen ja kein Handstück dafür entnommen werden kann, aus welchem man Dünnschliffe herstellen könnte. Über die Azimuth-Diagramm-Methode und mit Hilfe des N-M-C-Prinzipes kann man aber diese Einschränkung umgehen: Man fertigt mit einer Kamera Stereo-Photos von den Rippenbereichen an, wertet die Deformation unter dem Stereoskop aus und zeichnet die Meßwerte in Gestalt eines Azimuth-Diagrammes, wie es in der Korngefügekunde auch üblich ist. Das Stereoskop allerdings rückt die Gefügestatistik weg von der reinen Zweidimensionalität, sodaß es nicht notwendig ist, drei senkrecht

aufeinander stehende Stereo-Photos zu machen. Die Azimuth-Diagramme ergeben dann die Symmetrie-Elemente der Wirkung (A). Die Symmetrie-Elemente des Mediums (B) sind die des Gesteins, wobei unterschieden werden muß, ob das Gestein ein massiges, lineares oder ein flächiges Gefüge besitzt: Die Symmetrie-Elemente des Mediums (B) wären dann ja unterschiedlich. Es ist dann leicht auf die Symmetrie-Elemente der Ursache (C) zu schließen, die je nach Ursachen-Symmetrie-Elemente auf Auflast oder auf Witterungseinflüsse oder auf beides hinweist (vgl. KIRCHMAYER und WINKLER, 1988).

Beispiel Metamorphite

Hier bei den Tektoniten ist es naturgemäß schwieriger, eindeutige Ursachen-Aussagen (C) zu erhalten. Wir müssen uns weitgehend mit den möglichen Ursachen und den auswählend einengenden Hinweisen auf diese begnügen. Zudem ist die Anwendung des N-M-C-Prinzipes in der Korngefügekunde nicht sehr weit verbreitet, sodaß es der Sache auch nicht dient, mit den schwierigeren Tektoniten für das N-M-C-Prinzip zu werben. Wir versuchen ein Beispiel aus dem Plattengneis der Koralpe, Österreich, zu geben und auf die Komplexität der Tektonite hinzuweisen. Wir tun das mit den Feldspäten: Mißt man sie mit dem U-Tisch aus und stellt die optischen Bezugsrichtungen der Kristalle im SCHMIDT'schen Netz dar, so erhält man die Symmetrie-Elemente der Wirkung (A). Da es aber theoretisch 9 Zuordnungen der Feldspäte zu den Symmetrie-Elementen der Wirkung (A) gibt, muß die Richtungsstatistik der optischen Bezugsrichtungen zuerst dem CURIE'schen Symmetrie-System, wie es erweitert seit KIRCHMAYER (1965) vorliegt, zugeordnet werden:

Verteilungsgefüge im SCHMIDT'schen Netz (α, β und γ sind die optischen Bezugsrichtungen)	Symmetrie-Elemente der Wirkung (A)
1. Isotrope Verteilung von α, β und γ	$K_{\infty h}$
2. α bleibt in einem Maximum, β und γ rotieren auf einem Großkreis	$D_{\infty h}$
3. β bleibt in einem Maximum, α und γ rotieren auf einem Großkreis	$D_{\infty h}$
4. γ bleibt in einem Maximum, α und β rotieren auf einem Großkreis	$D_{\infty h}$
5. α rotiert auf einem Kleinkreis, β und γ rotieren zusammen auf demselben relativ größeren Kleinkreis	$C_{\infty v}$
6. β rotiert auf einem Kleinkreis, α und γ rotieren zusammen auf demselben relativ größeren Kleinkreis	$C_{\infty v}$
7. γ rotiert auf einem Kleinkreis, α und β rotieren zusammen auf demselben relativ größeren Kleinkreis	$C_{\infty v}$
8. α, β und γ formieren sich je zu einem Maximum	C_{2h}
9. α, β und γ bewegen sich auf zuordenbaren krummlinigen Konfigurationen, die angenähert oder tatsächlich archimedische Spiralen sind	(Listrisch-axiales Gefüge!) (C_i; $r = a \cdot \Phi$)

Im Sinne des N-M-C-Prinzipes haben wir damit die Wirkungs-Symmetrie-Elemente (A) erhalten; die Medien-Symmetrie-Elemente (B) sind vom Feldspat wohlbekannt. Daraus lassen sich unter Beachtung der Dreierbeziehung des N-M-C-Prinzipes die Ursachen-Symmetrie-Elemente, die auf die Ursache des Verteilungs- und Richtungsgefüges der Feldspäte in den Plattengneiskomplex-Handstücken hinweisen, ableiten. Sie wiederum können über die Genität den jeweiligen Plattengneis-Komplex ausgedehnt und extrapoliert werden.

Ausblick

Das NEUMANN-MINNIGERODE-CURIE'sche Prinzip wird in der Korngefügekunde nur sehr selten angewendet. Es fehlen daher Beispiele über Beispiele. Ich wurde aber öfters nach dem N-M-C-Prinzip gefragt: Hier ist es.

Dank

Herrn Prof. Dr. H. WONDRATSCHEK, Karlsruhe, verdanke ich vertiefende Hinweise zum N-M-C-Prinzip. Herr HR Dr. P. BECK-MANNAGETTA, Baden bei Wien, stattete mich für diese Studie mit zahlreichen Handstücken aus den Plattengneiskomplexen der Koralpe aus (vgl. BECK-MANNAGETTA und KIRCHMAYER, 1987). Das Schleiflabor des hiesigen Mineralogisch-Petrographischen Instituts stellte mir die Spezial-Dünnschliffe her; die U-Tisch-Einrichtung stammte ebenfalls aus dem Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Heidelberg: Direktor Prof. DDr. G. C. AMSTUTZ.

Literatur

BECK-MANNAGETTA, P., KIRCHMAYER, M. (1987): Zur Gefügekunde des Plattengneises in der Koralpe, Kärnten-Steiermark. Anz.Österr.Akad.Wiss., math.-naturwiss.Kl. 124, 29-33.

BRANDMÜLLER, J. (1986a): Cento anni di gruppi limite di CURIE loro definizione, proprieta e applicazioni alla Fisica e alla Chimica. Atti dell 'Istituto Veneto di Scienze, Lettere e Arti, 144. Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali. 99-147.

BRANDMÜLLER, J. (1986b): An extension of the NEUMANN-MINNIGERODE-CURIE-principle. Computer & Mathematics with applications 12B, 97-100.

KIRCHMAYER, M. (1965): Das Symmetrie-Konzept von CURIE 1884 in der Makrogefügekunde. N.Jb.Geol.Paläont. Abh. 122, 343-350.

KIRCHMAYER, M. (1984): Über das P. CURIE'sche Symmetrie-Konzept und die Schriftgranit-Quarze. Mitt.Abt.Miner. Landesmuseum Joanneum 52, 11(79)-17(85).

KIRCHMAYER, M. (1986): Gefügekundliche Studien: Das Prinzip und seine Anwendung. Heidelberger Geowiss.Abhdl. 6, 221-232; 567-572.

KIRCHMAYER, M. (1987): Das NEUMANN-MINNIGERODE-CURIE-Prinzip und die Quarzkristallaggregate in Schriftgraniten. Newsletter Soc.Suisse Cristallogr. Abstracts (10.Febr. 1987), P014.

KIRCHMAYER, M., WLOTZKA, F. (1986): Fabric statistics of Chondrules, Metal Grains, Clasts, and CAI's in Chondrites. Meteorics 21, 413-414 (Houston, Texas).

KIRCHMAYER, M., WINKLER, E.M. (1988): Stress analysis from stereo-photos of disintegrated ribs on the entrance columns of the field museum natural history in Chicago, Illinois, USA. (In Vorbereitung).

PAUFLER, P. (1986): Physikalische Kristallographie. VCH Verlagsgesellschaft Weinheim.

WALLBRECHER, E. (1986): Tektonische und gefügeanalytische Arbeitsweisen. F. Enke Verlag, Stuttgart.

ZOLTAI, T., STOUT, J.H. (1984): Mineralogy: Concepts and Principles. Burgess, Minneapolis, Minnesota.

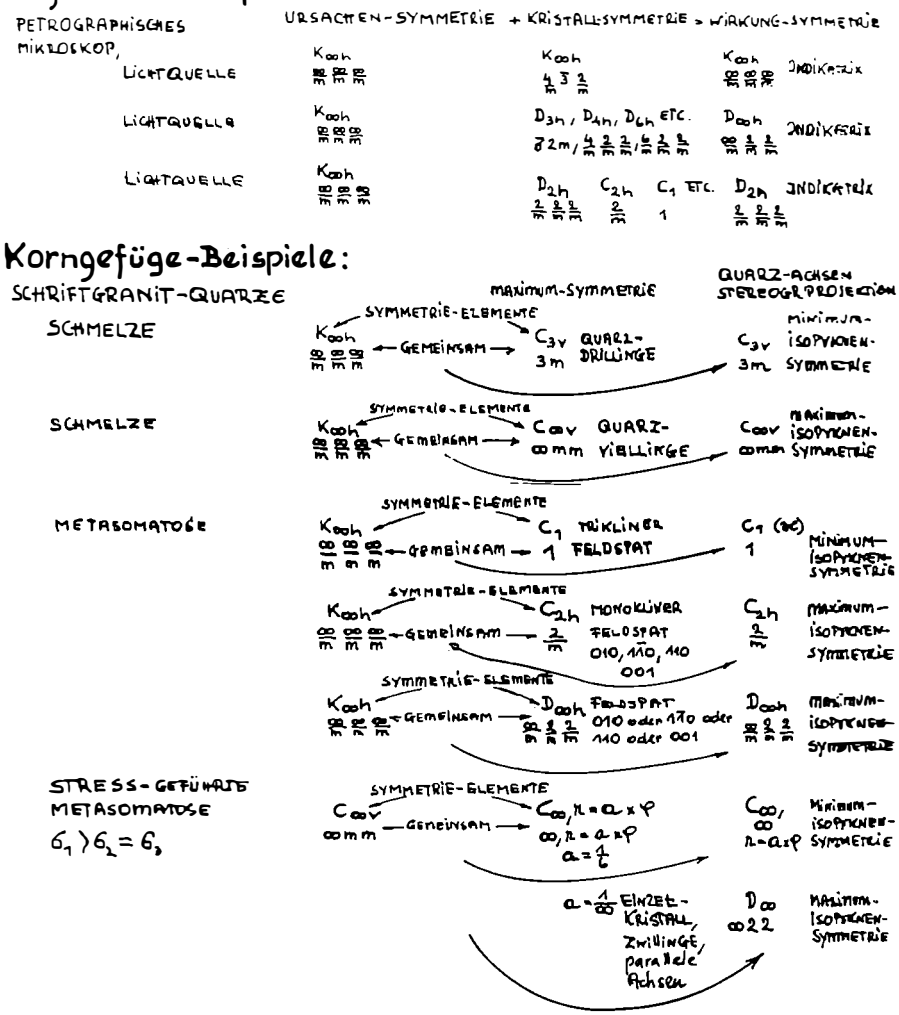

Abb. 1: Das N-M-C-Prinzip in der Korngefüge- und der Handstückgefügekunde. Das Wesensmerkmal ist nicht die Gesamtsymmetrie, sondern jene Symmetrie-Elemente, die von der Effekt-Symmetrie über die Medien-Symmetrie zur Ursachen-Symmetrie hindurch beständig auftreten (oder wesentlich verschwinden). Ein geologisches Beispiel: Ein Feldspat-Gang besitzt z.B. orthorhombische Symmetrie als Effekt-Symmetrie. Der Feldspat hat monokline Symmetrie als Medien-Symmetrie. Beiden gemeinsam ist eine Symmetrie-Ebene mit 2-zähliger Achse als Symmetrie-Element. Daher muß das für die Ursachen-Symmetrie zuständige physikalische Feld mit einer einzigen Symmetrie-Ebene und 2-zähliger Achse ausgestattet sein. Abzuleiten ist demnach eine Entstehung des Feldspat-Ganges als Einströmung; und daher ist das ursprüngliche Korn- und Handstückgefüge ein Einströmungsgefüge. Die bisher publizierten Symmetrie-Konzepte schildern lediglich die Gesamt-Symmetrie der Effekt-Symmetrie; aber nur die Hinzunahme der Medien-Symmetrie schält jene Symmetrie-Elemente der Effekt-Symmetrie heraus, die für die Auffindung der für die Ursachen-Symmetrie (physikalisches Feld) essentiellen Symmetrie-Elemente wesentlich sind.