

**Zeitschrift:** Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft.  
Wissenschaftlicher und administrativer Teil = Actes de la Société  
Helvétique des Sciences Naturelles. Partie scientifique et administrative  
= Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali

**Herausgeber:** Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

**Band:** 147 (1967)

**Vereinsnachrichten:** Sektion für Mineralogie und Petrographie

**Autor:** [s.n.]

### **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:** 14.01.2026

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

## 6. Sektion für Mineralogie und Petrographie

Sitzung der Schweizerischen Mineralogischen und Petrographischen Gesellschaft

Samstag, den 30. September, und Sonntag, 1. Oktober 1967

Präsident: Prof. Dr. E. NIGGLI (Bern)

Sekretär: Dr. H. A. STALDER (Bern)

SMPM = Schweiz. Mineralogische und Petrographische Mitteilungen

Thema: Mineralien aus den Schweizer Alpen (Vorträge 2–8 und 11)

1. F. SIMMLER (Waldshut) – *Einige Angaben über ein Quarzvorkommen in der Umgebung von Waldshut.* (Erscheint in den SMPM 47/2, 1967.)

2. H. A. STALDER (Bern) – *Abhängigkeit einiger alpiner Mineralgesellschaften von der Zusammensetzung des hydrothermalen Lösungsmittels.* (Erscheint in den SMPM 47/2, 1967.)

3. J. VON RAUMER (Freiburg) – *Bergkristalle mit «Faden» aus alpinen Zerrklüften.* (Erscheint in den SMPM 47/2, 1967.)

4. R. MARTIN (Nyon) und J. VON RAUMER (Freiburg) – *Kurzfilm über Bergkristalle mit «Faden» und Skelettquarze aus alpinen Zerrklüften.*

5. F. BIANCONI und A. SIMONETTI (Zürich) – *Der Brannerit und seine Paragenese in den Pegmatiten von Lodrino (Tessin).* (Erscheint in den SMPM 47/2, 1967.)

6. W. NOWACKI (Bern), Y. TACKEUCHI, M. OHMASA (Tokio) und P. ENGEL (Bern) – *Die Kristallstruktur von Wallisit ( $\text{PbTiCuAs}_2\text{S}_5$ ), dem Cu-Analogen von Hatchit ( $\text{PbTiAgAs}_2\text{S}_5$ ) und von Xanthokon ( $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$ ).* (Erscheint in den SMPM 47/2, 1967.)

7. A. STECK (Basel) – *Die Molybdänglanzvorkommen im westlichen Aarmassiv.* (Soll in erweiterter Form später publiziert werden.)

8. H. U. NISSEN (Zürich) – *Domänenbau von Adular und Orthoklas.* (Erscheint in den SMPM 47/2, 1967.)

9. E. JÄGER (Bern) – *Die Entwicklungsgeschichte der Alpen im Lichte von Rb-Sr-Altersbestimmungen.* In Vertretung der Autorin vorgetragen von E. NIGGLI (Bern). (Ausführliche Publikation siehe Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz, NF, 134. Lieferung, 1967.)

10. V. KÖPPEL (Zürich) – *Zur Bleiverteilung in einigen uran- und thoriumhaltigen Mineralien und deren Bedeutung für die U-Pb-Altersbestimmung.* (Kein Manuskript eingegangen.)

**11.** S. GRAESER (Bern) – *Blei- und Schwefel-Isotopen-Untersuchungen an Sulfiden und Sulfosalzen des Binnatales*. (Erscheint in den SMPM 47/2, 1967.)

**12.** M. FIORENTINI POTENZA und G. L. MORELLI (Milano) – *Change-ments cristallochimiques des phengites 3T et 2M<sub>1</sub> avec le degré métamorphique dans la «Zona Sesia-Lanzo», Alpes Piémontaises*. (Kein Manuskript eingegangen.)

**13.** P. DE BETHUNE, D. LADURON, H. MARTIN, K. THEUNISSEN (Louvain, Belgique) – *Grenats zonaires de la zone Monte-Rosa (Valle Anzasca, Prov. di Novara, Italie)*. (Erscheint in den SMPM 48/1, 1968.)

**14.** H. GIGER, Y. ERKAN, G. C. AMSTUTZ (Heidelberg) – *Topologische Eigenschaften von Mineralaggregaten*.

### *1. Einleitung*

Diese Arbeit befasst sich mit der geometrischen Analyse der Mikrostrukturen von Festkörperaggregaten, speziell mit der topologischen Charakterisierung der Mineralgefüge.

Die geometrische Strukturanalyse ist in der Mineralogie in Form von Modalanalysen, in der Metallurgie als quantitative Metallographie und in den biologischen Wissenschaften als Morphometrie bekannt. Seit der Gründung der internationalen stereologischen Gesellschaft (1962) werden diese Disziplinen im Begriff Stereologie zusammengefasst.

Das zunehmende Interesse an der quantitativen Charakterisierung der Mikrostrukturen von Gesteinen, Erzen, Metallgemischen und Kunstprodukten gründet in der Erkenntnis, dass die geometrischen Eigenschaften der Mikrostruktur einerseits mit den physikalischen Eigenschaften des Gefüges und andererseits mit dessen Genese bzw. bei Kunstprodukten mit dem Fabrikationsprozess in Beziehung stehen.

Wir illustrieren diese Aussagen durch folgende Hinweise:

- a) Es ist eine Erfahrungstatsache, dass die Materialeigenschaften eines Festkörperaggregats oft stärker von der Phasenverteilung als von den spezifischen Eigenschaften der Phasen selbst abhängig sind.
- b) Die Analyse der Phasenverteilung in der Mikrostruktur kann darüber Aufschluss geben, ob eine beobachtete Dispersion oder Segregation einer Phase dem Zufall zuzuschreiben ist oder auf genetische Gesetzmässigkeiten hinweist.
- c) Schliesslich kann die quantitative Charakterisierung der geometrischen Eigenschaften der Mikrostrukturen eine objektive Grundlage für ihre Klassifizierung (Normalstrukturen) abgeben.

### *2. Geometrische Strukturparameter*

Strukturparameter haben folgenden Kriterien zu genügen: Die Parameter sollen gegenüber der Stichprobenauswahl invariant sein; d.h., sie

sollen Eigenschaften der räumlichen Struktur und nicht solche der Stichprobe abbilden.

Die Parameter sollen leicht messbar sein. Die halb- und vollautomatische Ermittlung der Strukturparameter steht heute im Zentrum des Interesses.

### 2.1 Metrische Parameter

DELESSE hat bereits 1848 einen Parameter in die Strukturanalyse eingeführt, der den angegebenen Bedingungen genügt. Heute sind folgende metrische Grössen leicht zugänglich:

$V_V$  = die Volumendichte einer Phase, d. h. *das* auf die Volumeneinheit des Raumes entfallende Volumen einer Phase;

$S_V$  = die Oberflächendichte einer Phase;

$M_V$  = die Dichte des Integrals der mittleren Krümmung einer Phase.

Die Formeln von DELESSE (1848), TOMKEIEFF/HENNIG (1945/1956) und DEHOFF/[GIGER] (1967/1967) gestatten es, diese Grössen durch Messungen auf einer ein- oder zweidimensionalen Schnittstichprobe zu ermitteln.

Die Anwendung dieser Formeln auf die Grenzflächen zwischen zwei oder auf die Grenzlinien zwischen drei Phasenbestandteilen führt zu weiteren nützlichen Begriffsbildungen.

Wir erwähnen die die Verwachsung charakterisierenden Grössen, die AMSTUTZ (1965), DOERFLER (1966) und GURLAND (1958) eingeführt haben. Als weiteres Beispiel geben wir eine Grösse an, die sich auf Grenzlinien bezieht und die sich zur Charakterisierung der Form von konvexen, polyedrischen Körnern in einem Festkörperaggregat eignet:

$$\varphi(i) = [2 \pi c_a(i)] / c_a^*(i)$$

$\varphi(i)$  ist der mittlere Winkel zwischen den Normalen von zwei aneinandergrenzenden Flächen der polyedrischen Körner, die der  $i$ -ten Phase angehören.  $c_a(i)$  ist die Anzahl-dichte der Körner,  $c_a^*(i)$  die Anzahl-dichte der Eckpunkte der Polygone in einer Schnittebene.

Die Zahl der metrischen Parameter, die heute einer Mikrostruktur zugeordnet werden können, ist beträchtlich, so dass man sich mit Recht fragen wird, wie die den in der Einleitung erwähnten Problemstellungen angemessenen Parameter auszuwählen sind. Dieses Problem lässt sich nicht generell lösen. Immerhin ist damit zu rechnen, dass in den nächsten Jahrzehnten Computer, die grosse Informationsmengen zu verarbeiten imstande sind, für Klassifikationsaufgaben eingesetzt werden können.

### 2.2 Topologisch-metrische Parameter

Als topologisch bezeichnen wir jene geometrischen Eigenschaften eines Festkörpergefüges, die durch das wechselseitige Aneinandergrenzen von phasengleichen oder phasenverschiedenen Teilen des Gefüges bedingt sind. Die topologischen Eigenschaften einer Struktur ändern sich im Gegensatz zu den metrischen bei einer effektiven oder virtuellen Deformation nicht.

RHINES hat seit 1962 in verschiedenen Arbeiten auf die Bedeutung der topologischen Parameter für die Charakterisierung von Festkörpergefügen hingewiesen.



Die Bedeutung dieser Parameter ergibt sich bereits daraus, dass die Anzahldichte  $N_V$ , d.h. die auf die Volumeneinheit des Raumes entfallende Anzahl von Körnern einer Phase in einem Festkörperaggregat, eine topologisch-metrische Grösse darstellt. Die Anzahl der Körner ist eine topologische Grösse.

Die Kenntnis der Anzahldichte bildet die Voraussetzung dafür, dass ein körniges Festkörperaggregat durch die mittleren Funktionalwerte des Volumens  $\bar{V}$ , der Oberfläche  $\bar{S}$  und des Integrals der mittleren Krümmung  $\bar{M}$  der (konvexen) Körner charakterisiert werden kann. SORBY und SAVEUR haben bereits am Ende des letzten Jahrhunderts solche Mittelwerte zu messen versucht. Die Grundlagen für die Ermittlung der Anzahldichte hat SCHEIL (1931) erarbeitet. Diese und alle bisher entwickelten Methoden kommen nicht ohne Annahmen über die Kornform aus und liefern im besten Fall mehr oder weniger gute Näherungen. Der Grund für diese Schwierigkeit liegt darin, dass die Dimension des Raumes selbst eine topologische Grösse ist, die beim Schneiden verlorengeht.

In einer demnächst erscheinenden Arbeit (GIGER, 1967) wurde eine Formel entwickelt, die es gestattet, die Dichte der Eulerschen Charakteristik einer räumlichen Struktur aus Messungen an einer dreidimensionalen Schnittstichprobe zu ermitteln. Diese Dichte  $C_V$  gestattet es, räumliche Strukturen topologisch-metrisch zu charakterisieren. Für ein System von konvexen Körpern ist  $C_V$  identisch mit der Anzahldichte  $N_V$  der Körner. Im übrigen verweisen wir auf die für sehr allgemeine Strukturen zutreffende Definition der Eulerschen Charakteristik von HADWIGER (1959).

Die Anwendung der folgenden Formel setzt Untersuchungsmethoden voraus, wie sie von KRONSEIN, BUTEAU, DEHOFF (1965) zur topologischen Charakterisierung des Sinterungsprozesses bei Metallgemischen angewendet wurden.

Es gilt

$$C_V = \left(\frac{1}{V_0}\right) \left[ C - \left(\frac{\hat{C}}{2}\right) - \left(\frac{M_0 \hat{B}}{\pi^2 S_0}\right) \right]$$

$V_0, S_0, M_0$  = Volumen, Oberfläche, Integral der mittleren Krümmung des Stichprobenkörpers

$C$  = Eulersche Charakteristik der Struktur in der Stichprobe

$\hat{C}$  = Eulersche Charakteristik der Struktur auf dem Rand der Stichprobe

$\hat{B}$  = Randlängensumme auf dem Rand der Stichprobe

Die analoge Formel für ebene Strukturen lautet

$$c_a = \left(\frac{1}{a_0}\right) \left[ C - \left(\frac{\hat{C}}{2}\right) - \left(\frac{\hat{L}}{l_0}\right) \right]$$

$a_0, l_0$  = Fläche, Randlänge des ebenen Stichprobenbereichs

$C$  = Eulersche Charakteristik der Struktur in der Stichprobe

$\hat{C}$  = Eulersche Charakteristik der Struktur auf dem Rand der Stichprobe

$\hat{L}$  = Längensumme auf dem Rand der Stichprobe

Nach der Formel von DEHOFF/GIGER (1967/1967) ist die Dichte der Eulerschen Charakteristik  $c_a$  in der Schnittebene durch eine räumliche Struktur proportional zur Dichte des Integrals der mittleren Krümmung dieser Struktur.

Weiter möchten wir auf eine topologisch-metrische Begriffsbildung hinweisen, die von AMSTUTZ und GIGER (1967) eingeführt wurde. Sie schliesst sich an eine Idee von GÜCER (1965) an.

GÜCER versucht die Theorie der Runs auf die Untersuchung der Phasenbeziehungen in Festkörperaggregaten anzuwenden. Im Schliffbild wird eine Schnittgerade ausgelegt. Die verschiedenen Phasen zerlegen die Schnittgerade in Teilstrecken, die je nach der Phase bezeichnet werden, mit der sie zusammenfallen.

Auf die entstehende Symbolfolge kann die Theorie der Runs angewendet werden. Diese Theorie gestattet es, darüber zu entscheiden, ob eine gegebene Symbolfolge dem Zufall zuzuschreiben ist oder nicht. Auf einige grundsätzliche Schwierigkeiten in der Arbeit von GÜCER können wir hier nicht eingehen.

Eine andere Möglichkeit, topologische Beziehungen zwischen den Phasen zu analysieren, ist durch die Einführung der folgenden Koordinationsmatrix gegeben.

Wir betrachten ein Festkörpergefüge mit diskreten Körnern. Bezeichnet  $N$  die Gesamtzahl der in Betracht gezogenen Körner,  $N_i$  die Zahl der Körner der  $i$ -ten Komponente und  $N_k$  die Zahl der Körner der  $k$ -ten Komponente sowie  $N_{ik}$  die Zahl der Nachbarschaften zwischen diesen Körnern, so definieren wir die Koordinationszahl

$$K_{ik} = \frac{N_{ik} N}{N_i N_k}$$

Die Zahl  $N_{ik}$  ist so zu ermitteln, dass für jedes Korn der  $i$ -ten Komponente die Zahl der angrenzenden Körner der  $k$ -ten Komponente zu bestimmen ist. Die Summe dieser Zahlen ist gleich  $N_{ik}$ .

Die Definition der Koordinationszahlen, die zu einer Koordinationsmatrix zusammengefasst werden können, ist auf das Festkörpergefüge selbst oder auf dessen ebene und lineare Schnitte anwendbar. Dabei sind die Koordinationszahlen von der Dimension der Struktur abhängig, auf die sie sich beziehen. Im Schnitt haben die Koordinationszahlen topologisch-metrischen Charakter.

Es lässt sich zeigen, dass der Informationsgehalt der symmetrischen Koordinationsmatrix verschwindet, wenn die Koordinationszahlen hinreichend wenig voneinander abweichen. Dies ist der Fall, wenn die Koordination zufällig ist.

Auf die Schätzung der Streuung der Koordinationszahlen kann hier nicht eingetreten werden. Anhand von Modellversuchen wurden die Eigenschaften der Koordinationsmatrix eingehend untersucht und experimentell bestätigt.

## LITERATUR

- AMSTUTZ, G. C.: A Quantitative Approach to Paragenetic Relations of Ore Minerals. Freiburger Forschungshäfte C 186, 41; 1965.
- AMSTUTZ, G. C., GIGER, H.: Metric and topologic properties of rock and ore textures. Ann. Meeting, GAC, MAC, MSA, AZOPRO, Kingston, Canada, Aug.-Sept. 1967 (abstract).
- DEHOFF, R. T.: The relationship between mean surface curvature and the stereologic counting measurements. Proc. 2nd Int. Congress for Stereology. Springer, New York 1967, p. 95.
- DELESSE, A.: Procédé mécanique pour déterminer la composition des roches. Ann. Mines 13, 4, 379; 1848.
- DOERFLER, G.: Quantitative Evaluation Methods of Alloy Microstructure by Microprobe Analysis. Preprint. National Bureau of Standards MS2, 1967.
- GIGER, H.: Ermittlung der mittleren Masszahlen von Partikeln eines Körpersystems durch Messungen auf dem Rand eines Schnittbereichs. Erscheint 1967 in Z. angew. Math. Phys.
- GIGER, H.: A system of basic stereologic formulae. Proc. 2nd Int. Congress for Stereology. Springer, New York 1967, p. 257.
- GÜCER, D. E.: A Statistical Description of Distribution of Phases. Bull. techn. Univ. Istanbul 18, 107; 1965.
- GURLAND, J.: The measurement of grain contiguity in two-phase alloys. Trans. Amer. Inst. Min. Met. Engrs. 212, 452; 1958.
- HADWIGER, H.: Normale Körper im Euklidischen Raum und ihre metrischen und topologischen Eigenschaften. Math. Z. 71, 124; 1959.
- HENNIG, A.: Bestimmung der Oberfläche beliebig geformter Körper mit besonderer Anwendung auf Körperhaufen im mikroskopischen Bereich. Mikroskopie 11, 1; 1956.
- KRONSBELN, J., BUTEAU, L. J., DEHOFF, R. T.: Measurement of Topological Parameters for Description of Two-Phase Structures with Special Reference to Sintering. Trans. AIME 233, 1961; 1965.
- RHINES, F. N., DEHOFF, R. T.: Annual Progress Report AEC No. AT-(40-1)-2581; 1962.
- SAVEUR, A.: Microstructure of Steel. Trans. AIME 22, 546; 1893.
- SCHEIL, E.: The Calculation of the Number and Size of Cubic Crystals in Opaque Bodies. Z. anorg. allg. Chem. 201, 259; 1931.
- SORBY, H. C.: On the Microscopical Structure of Iron and Steel. J. Iron Steel Inst. 30, 1, 155; 1887.
- TOMKEIEFF, S. I.: Linear intercepts, areas and volumes. Nature 155, 24; 1945.