

Der Digiscan-Phasenintegrator und einige Anwendungsmöglichkeiten in Geologie und Mineralogie

von

Manfred KÖHLER *)

(mit 3 Abb.)

Die Kombination DIGISCAN-PHASENINTEGRATOR der Fa. Kontron München ist ein lichtoptisch-elektronisches Meßsystem zur stereometrischen Gefügeauswertung nach dem Prinzip der Linearanalyse.

Das DIGISCAN besteht aus einem Mikroskop mit einem Photometeraufsatz mit Halbleiterdetektor und Verstärker, welcher die von der jeweiligen Phase ausgehende Lichtintensität in eine elektrische Spannung umsetzt, und einen programmierbaren digitalgesteuerten Kreuztisch, der in X- und Y-Richtung durch je einen Motor angetrieben wird. Die Impulse zur Messung des zurückgelegten Weges werden von zwei optischen Decoderscheiben, die unmittelbar am Tisch angebracht sind, abgenommen.

Der PHASENINTEGRATOR ist die zentrale Auswerte- und Speichereinheit für die vom DIGISCAN gelieferten Werte. Die Verarbeitung sämtlicher Werte erfolgt digital, wodurch hohe Zuverlässigkeit und Genauigkeit gewährleistet sind. Neben dem Anschluß an das DIGISCAN kann er auch mit der Mikrosonde oder dem Rasterelektronenmikroskop kombiniert werden.

Die Kombination von DIGISCAN und PHASENINTEGRATOR erlaubt das voll- oder halbautomatische Absuchen von Proben entlang einer oder mehrerer Meßlinien durch ebene Schnittflächen. Aus den dabei ermittelten Meßdaten für zwei oder vier verschiedene Phasen (= Bestandteile) können folgende geometrische Kenngrößen ermittelt werden:

- a) Volumenanteil bzw. Flächenprozente
- b) Mittlere Größe der Einzelbestandteile (= Teilchengröße)
- c) Mittlerer Teilchenabstand
- d) Spezifische innere Grenzfläche einer Phase
- e) Spezifische Phasengrenzfläche
- f) Korngrößenverteilung (integrale und differentielle Häufigkeit in linear oder geometrisch gestuften Klassen)
- g) Streckungsfaktor: Verhältnis des längsten zum kürzesten Durchmesser.

*) Anschrift des Verfassers: Dr. Manfred Köhler, Institut für Geologie und Paläontologie, Universitätsstraße 4/II, A-6020 Innsbruck, Österreich.

Arbeitsweise:

Die zu untersuchende Probe wird mit Hilfe des Kreuztischvorschubes unter dem Lichtmikroskop in der Präparatebene längs einer Linie geradlinig fortbewegt. Von der in der optischen Achse des Mikroskops liegenden Probenstelle wird der Reflexionswert (bei Auflicht) bzw. der Transmissionswert (bei Durchlicht) durch den Halbleiterdetektor in eine elektrische Spannung umgewandelt, die an den Phasenintegrator weitergegeben und dort ausgewertet und gespeichert wird. Von der vollautomatischen Messung durch den Halbleiterdetektor kann der Beobachter jederzeit durch einfaches Umschalten auf eine manuelle Auswertung übergehen. Das ist notwendig, wenn mangelnder Kontrast eine automatische Erkennung der Phasen unmöglich oder sehr schwierig macht. Wenn nicht anders angegeben, beziehen sich alle folgenden Meßergebnisse auf Untersuchungen im Durchlicht.

1) ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN BEI MINERALOGISCHEN UNTERSUCHUNGEN

Die Kenntnis des Volumsanteils bzw. der Flächenprozente von Mineralen einer Paragenese ist für zahlreiche Fragestellungen der Mineralogie von grundlegender Bedeutung. Es wurde zunächst getestet, welche Mineralparagenesen sich für eine automatische Auszählung eignen: dabei wurden im Durchlicht Dünnschliffe von Gesteinsproben aus der Autobahnprojektierung Arlbergtunnel, Proben aus dem Himalaya und verschiedene andere Gesteinstypen untersucht.

Bis jetzt ergaben sich folgende Mineralvergesellschaftungen, die automatisch ausgezählt werden konnten (wenn nicht anders erwähnt, erfolgte die Messung in einem Arbeitsgang):

- a) Hornblende, Erz, Matrix (Quarz + Feldspat)
- b) Hornblende, Chlorit, Granat, Matrix (Quarz + Feldspat)
- c) Granat, geregelter Biotit (Ausnahme Querbiotit), Matrix (Quarz + Feldspat), Erz.

Für die Bestimmung von Granat sind 2 Messungen notwendig:

1. Messung: man bestimmt die Matrix (Quarz + Feldspat), geregelten Biotit + Granat, Erz.
2. Messung: bei gekreuzten Nicols werden Granat + Erz gemeinsam bestimmt (beide erscheinen im polarisierten Licht sehr dunkel). Auffallender Weise unterscheiden sich anisotrope Minerale, die ebenfalls in einer Dunkelstellung vorliegen (z. B. Quarz oder Feldspat), von Granat und Erz recht deutlich.

Ergebnis: aus der 1. Messung erhält man sofort den Flächenanteil der Matrix (Quarz + Feldspat) und Erz. Der Erzgehalt muß vom Ergebnis der 2. Messung Granat + Erz abgezogen werden: man erhält so den Granatgehalt. Der Granatgehalt wird vom Wert für Biotit + Granat der 1. Messung abgezogen, so daß man auf diese Weise den Biotitgehalt ermittelt.

- d) Epidot, Matrix (Quarz + Feldspat)
- e) Augit, Hornblende
- f) Chlorit, Biotit, Kalifeldspat (selektiv angefärbt), Matrix (Quarz + gefüllte Feldspate)
- g) Kalifeldspat (selektiv angefärbt), Quarz, Biotit, Zoisit.

Die Abtrennung Quarz/Feldspat ist durch verschiedene Färbemethoden möglich. Siehe GABRIEL & COX, 1929; KEITH, 1939; CHAYES & FAIRBAIRN, 1952; HAYES & KLUGMANN, 1959; BAILEY & STEVENS, 1960.

Neben diesen oben angeführten Mineralparagenesen, die nur eine kleine Auswahl darstellen, wurden auch Gesteinstypen untersucht, von denen sich die folgenden automatisch auf ihren Mineralbestand auszählen ließen.

- 1) **Diorite (Quarzdiorite):** Quarz + Feldspat, Glimmer (Biotit), Erz. Die Probe stammte aus dem „Syenitsteinbruch“ nördlich Gebharts in Niederösterreich.
- 2) **Granite:** Typ Rapakiwi-Granit: Quarz, umgewandelter Orthoklas, Hornblende + Glimmer (Biotit), Erz. Die Unterscheidung Quarz/Feldspat ist sofort durch die Zersetzung im Feldspat möglich.
- 3) **Quarzporphyr:** Bozner Quarzporphyr von Branzoll. Es sind 2 Messungen nötig:
 - a) in normalem Durchlicht wird der Quarzgehalt ermittelt.
 - b) bei gekreuzten Nicols in Dunkelstellung wird der Gehalt an feinkörniger Grundmasse bzw. Komponenten (einschließlich Quarz) bestimmt.

Ergebnis: aus der 1. Messung erhält man den Quarzgehalt, der in der 2. Messung vom Komponentenanteil abgezogen wird, der Rest ist Grundmasse.
- 4) **Augitporphyr:** Augit, Plagioklas, Grundmasse, Erz. Schwierigkeiten bei einer automatischen Auswertung ergeben sich durch Überlappungen der Transmissionswerte von getrübten Quarzen und Augit.
- 5) **Hornblende-Gabbro:** Hornblende, Feldspat.
- 6) **Glimmerschiefer:** diese Gesteine sind meist besonders gut für eine automatische Auszählung geeignet, da sie eine gute Regelung zeigen. Es wurden sowohl feinkörnige als auch grobkörnige Varietäten ausgezählt. Der Mineralbestand setzt sich aus Quarz + Feldspat, Biotit (+ Muskowit) und Granat zusammen. Gerade bei feinkörnigen Typen konnte die quantitative Bestimmung von Quarz + Feldspat bzw. Glimmer nur automatisch erfolgen, da eine manuelle Auszählung wegen der geringen Korngrößen mit anderen Hilfsmitteln schwierig oder sehr zeitraubend wäre.
- 7) **Feldspatknotengneis:** feinkörnige oder glimmerarme Varietäten. Mineralbestand: Quarz, Feldspat, Muskowit, Biotit, Granat, Apatit tr. Es sind 2 Messungen notwendig:

1. Messung:

- a) Quarz + Feldspat
- b) Erz
- c) Muskowit + Biotit + Granat

2. Messung:

- a) Erz + Granat (bei gekreuzten Nicols)
- b) Quarz + Feldspat + Muskowit + Biotit

Ergebnis:

$$\begin{aligned}1 \text{ a} &= \text{Quarz} + \text{Feldspat} \\1 \text{ b} &= \text{Erz} \\2 \text{ a} - 1 \text{ b} &= \text{Granat} \\1 \text{ c} - (2 \text{ a} - 1 \text{ b}) &= \text{Muskowit} + \text{Biotit}\end{aligned}$$

Diskussion der Ergebnisse:

Mit dem DIGISCAN-PHASENINTEGRATOR können eine Reihe von Mineralparagenesen ohne weitere Präparation ausgezählt werden. Die Schwierigkeiten einer automatischen Bestimmung entstehen dadurch, daß Mineralum- bzw. -neubildungen, Korngrenzeneffekte, verschiedene Schliffdicke, verschiedene Härte und die Güte des Schliffs die Transmissionswerte für eine bestimmte Phase (= Mineralart) verändern können. Diese Fehlerquellen kann man durch geeignete Präparation (anfärben, anätzen, weglösen, aufpolieren) ausschalten oder zumindest verringern. Für einige Mineralvergesellschaftungen (z. B. Quarz + Feldspat) müssen in der Regel Färbemethoden angewendet werden, um die Auswertung automatisch vornehmen zu können. Gerade auf diesem Gebiet sind die Möglichkeiten noch lange nicht vollständig genutzt. Sollten alle diese Versuche fehlschlagen, kann in wichtigen Fällen die Auszählung manuell oder halbautomatisch erfolgen, wobei die Funktion des GRUPPENDISKRIMINATORS (Korngrößenklassierung usw.) voll erhalten bleibt.

2) ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN BEI MIKROFAZIELLEN UNTERSUCHUNGEN

Für mikrofazielle und mikrofaunistische Untersuchungen eignet sich der DIGISCAN-PHASENINTEGRATOR in hervorragender Weise.

1) Bestimmung des Verhältnisses Biogene/Matrix:

Dieser wichtige Wert liefert z. B. Hinweise für den Energieindex, Ablagerungsmilieu, Wasserturbulenz usw., es lassen sich damit auch statistische Aussagen wie z. B. Variationen bei Faunengesellschaften treffen.

Bisher konnten folgende Biogene ausgezählt werden:

Lamellibranchiata (Schille), Echinodermen, Algen, Foraminiferen, Ostrakoden (umkristallisiert), Gastropoden und Wirbeltierreste.

Diese Biogene sind zumeist in einer mikritischen Grundmasse eingebettet, die sich im Transmissionswert deutlich von den Biogenen unterscheidet. Bei einer starken Umkristallisation der Grundmasse kann eine automatische Auszählung nicht mehr vorgenommen werden, da die Korngrenzen undeutlich werden.

Pyritisierte Foraminiferen in einer mikritischen Grundmasse werden so ausgezählt, daß sowohl der schwarze, pyritreiche Saum, als auch der meist helle Schaleninhalt als eine Phase gezählt werden.

Der Unterschied in den Transmissionswerten zwischen Biogenen und Matrix kann in vielen Fällen durch eine Anfärbung mit Alizarinrot-s verdeutlicht werden.

2) Bestimmung der Teilchengröße:

Gerade bei der Systematik der Foraminiferen, aber auch bei anderen Tiergruppen, spielen bestimmte Größenverhältnisse eine wichtige Rolle. Mit Hilfe des DIGISCAN-PHASENINTEGRATORS können Längen- und Breitenmessungen sehr rasch bis auf $0,5 \mu$ Genauigkeit durchgeführt werden, wobei die Maßstabumrechnung bei verschiedener Vergrößerung, die bei herkömmlichen Mitteln meist notwendig wird, wegfällt. Durch die Wahl eines bestimmten Programmes am Mikroskopisch können Weglängen im μ - oder auch cm-Bereich sofort gemessen werden.

3) Bestimmung des Verhältnisses Klaste/Matrix:

Dieses Verhältnis stellt einen der wichtigsten Parameter bei der Untersuchung von klastischen Sedimenten dar. Die Bestimmung erfolgt in der Regel sehr einfach mit dem DIGISCAN-PHASENINTEGRATOR, der hier meist in Verbindung mit dem GRUPPENDISKRIMINATOR steht, mit dem die Erstellung von Korngrößenhistogrammen, Summenkurven, Standardabweichung, arithmetisches Mittel, Elementarsortierung, Median, Schiefe usw. möglich ist. Da die Korngrößenanalyse sehr rasch erfolgen kann, ist bei Serienuntersuchungen von klastischen Sedimenten eine Aussage über die regionale Änderung bestimmter Parameter (Milieumerkmale) zusätzlich noch möglich.

4) Bestimmung des Verhältnisses Sparit/Mikrit:

In komponentenarmen Mikriten kann aus dem Verhältnis Sparit/Mikrit auf den Grad der Umkristallisation und damit auch auf Vorgänge der Diagenese geschlossen werden. Die Bestimmung des Sparits erfordert bei einer deutlichen Umkristallisation keine weiteren Hilfsmittel.

5) Im Anhang zu diesem Kapitel seien noch weitere Verwendungsmöglichkeiten erwähnt:

- a) Überprüfung der Maschenweite eines Siebes: stehen Siebe längere Zeit in Verwendung, so kann die Maschenweite sich etwas verändern. Die Überprüfung erfolgt in wenigen Minuten durch Wählen eines Linearprogrammes am DIGISCAN.
- b) Ausplanimetrieren von Flächen: werden von geologischen Karten, Vegetationskarten und ähnlichem Photos bzw. Mikrofilme hergestellt, so können diese sehr einfach automatisch ausgezählt werden.

3) ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN BEI DER TONMINERALUNTERSUCHUNG

Mit dem DIGISCAN-PHASENINTEGRATOR können bei geeigneter Korngröße einzelne Tonminerale im Streupräparat erkannt (z. B. Chlorit, Muskowit, Biotit) und ausgezählt werden.

Wichtige Aussagen über den Ablagerungsraum, die Strömungsverhältnisse, die mittlere Schüttungsgeschwindigkeit und die Entfernung des Hinterlandes gibt die Tonmineralgröße bzw. deren Verteilung im Ablagerungsraum an, die mit dem GRUPPENDISKRIMINATOR auf $0,5 \mu$ genau bestimmt werden kann.

Die Ergebnisse einer Korngrößenanalyse sind in Abb. 1 dargestellt, die bei KÖHLER, 1973 näher beschrieben werden. Die untersuchten Tonschiefer stellen den 1. Großzyklus der Kössener Schichten in den Mittleren Gailtaler Alpen (Kärnten) dar. Die Korngrößenuntersuchung ergab wichtige Hinweise über den Schüttungsmechanismus, die Mächtigkeitsunterschiede der einzelnen Tonschiefer und auch über die Entstehung der Wechselseitlagerung von Kalken und Tonschiefern.

Durch die rasche Ermittlung der Korngrößenverteilung können die Tonschiefer auch auf ihre regionale Änderung der Korngröße untersucht werden, die in Abb. 2 dargestellt ist.

Das Liefergebiet liegt im NW; ihm am nächsten befindet sich das Profil Oberdrauburg, 25 km weiter entfernt das Profil Naggler Graben und weitere 16 km entfernt das Profil Wiederschwing. Man erkennt eine Abnahme der Korngröße von W nach E, die beiden deutlich ausgebildeten Korngrößenmaxima im W rücken gegen E hin näher zusammen auf Grund der Kornsortierung während des Transportes.

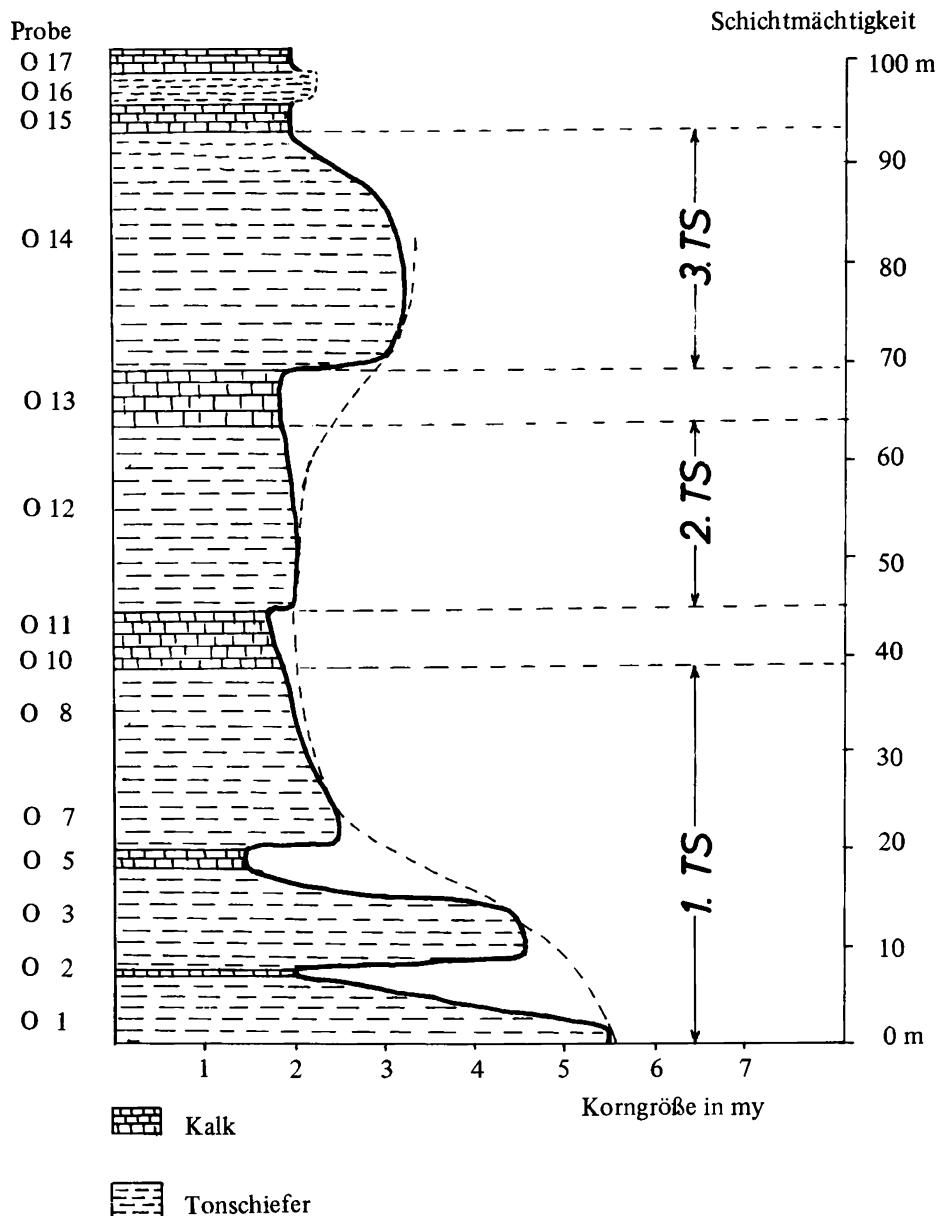


Abb. 1: Korngrößenverteilung im Profil Oberdrauburg

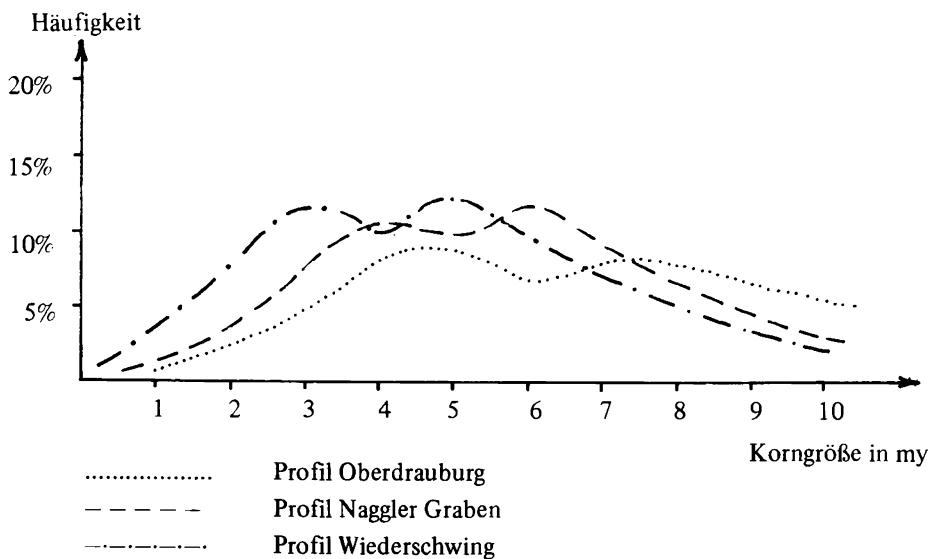


Abb. 2: Regionale Korngrößenänderung des 1. Tonschiefers der Kössener Schichten in den Mittleren Gailtaler Alpen.

Aufbereitungsmethode:

Die Tonschiefer werden zunächst mit 6% CH_3COOH behandelt (ohne sie vorher zu zerkleinern), um den calcitischen Anteil wegzulösen. Dolomite werden vorsichtig mit verdünnter HCl aufgelöst; dabei wird allerdings bereits ein Teil des Chlorits angegriffen, das Ergebnis der Korngrößenanalyse wird dadurch aber nicht sonderlich beeinflußt. Die Tonmineralsuspension wird einige Zeit (abhängig vom Karbonatgehalt) mittels einem Magnetührer kräftig durchgerührt, um die Säure besser einwirken zu lassen. Im Anschluß daran wird die stark sauer reagierende Lösung in einem Membranfilter abdekantiert und mit destilliertem Wasser gespült, bis sie neutral reagiert. Dieser Aufbereitungsvorgang genügt bereits in den meisten Fällen, um eine zufriedenstellende Trennung der einzelnen Tonminerale herbeizuführen. Manchmal kann es sich als notwendig erweisen, die Tonminerale noch zusätzlich mit Ammoniak aufzubereiten. Das wiederholte Behandeln mit Säure bzw. Base führt zu einer guten chemischen Komtrennung, ohne die Korngröße dabei mechanisch zu beeinflussen. Am Ende eines jeden Aufbereitungsganges muß die Tonmineralsuspension neutralisiert werden, um Oberflächenkräfte zu vermeiden. Der neutralisierte Rückstand wird nun mit wenig destilliertem Wasser aufgeschlämmt und gut verrührt. Um eine Koagulation zu vermeiden, wird eine Spatelspitze $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ krist. zugegeben. Sofort nach dem Umrühren werden einige ml der Suspension abpipetiert und auf einen Objektträger aufgetropft. (Wichtig ist die sofortige Entnahme, da es sonst in der Suspension nach längerem Stehenlassen zu einer Korngrößentrennung nach dem STOKESschen Gesetz kommt.) Die Tonminerale sedimentieren auf dem Objektträger auf,

wobei das Verdunsten der Flüssigkeit durch leichtes Erwärmen beschleunigt werden kann. Es ist dabei darauf zu achten, daß es zu keiner zu dichten Belegung oder Agglomeration der Teilchen beim Trocknen kommt (vergleiche etwa die Präparation der Tonminerale für elektronenoptische Aufnahmen). Das so gewonnene Präparat kann anschließend mit dem DIGISCAN-PHASENINTEGRATOR untersucht werden, wobei es hier nur darauf ankommt, die Korngröße zu bestimmen.

Eine Trennung der Tonminerale kann unter Umständen auch mit Ultraschall erfolgen.

4) ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN IN GEOCHEMISCHEN UNTERSUCHUNGEN

Bei der geochemischen Analyse von Sedimenten gibt das Calcit/Dolomit-Verhältnis wichtige Hinweise für Diagenese, Salinität, Lagerstättenbildung und Paläogeographie. Dabei muß häufig die Calcit/Dolomit-Verteilung in Beziehung zu Gefügeparametern gesetzt werden, so daß der Gefügeverband nicht zerstört werden darf. Diese Bedingungen erfüllt der DIGISCAN-PHASENINTEGRATOR, da das Calcit/Dolomit-Verhältnis im Dünnschliff bestimmt werden kann. Die Analyse erfolgt sowohl im μ -Bereich als auch im cm-Bereich.

Von der zu bestimmenden Probe wird ein Dünnschliff angefertigt, der auch für mikrofazielle Untersuchungen verwendet werden kann. Um eine automatische Auswertung vornehmen zu können, müssen Calcit und Dolomit spezifisch angefärbt werden, um ihre Transmissionswerte besser zu differenzieren. Färbemethoden finden sich in der Literatur bei FEIGL, 1954; FRIEDMANN, 1959; und WOLF, EASTON & WARNE, 1967.

a) Untersuchung im Durchlicht:

Calcit wurde mit Alizarinrot-s angefärbt, wobei sich eine klare Trennung von Calcit und Dolomit ergab. Für die Bestimmung im Durchlicht eigneten sich Schritte von gröberkörnigem Sediment (von etwa 15–20 μ aufwärts) besser als von feinkörnigerem. Die Verlässlichkeit der Ergebnisse hängt sehr von der Qualität der Schritte ab, insbesondere von ihrer gleichbleibenden Dicke. Weiters können Verwachsungen, Rekristallisationen, Auflösungserscheinungen die Meßgenauigkeit im Durchlicht beeinträchtigen. Die Verwendung von Interferenzverlauf-Filtern scheint in diesen Fällen angebracht.

Eine andere Möglichkeit der Dolomitbestimmung in Sedimenten ergibt sich, wenn der Calcitanteil mittels CH_3COOH weggelöst wird. Die ehemaligen Calcitanteile erscheinen daraufhin im Durchlicht sehr hell, der Dolomit hingegen dunkler, so daß eine automatische Auszählung rasch vorzunehmen ist. Bei dickeren Schritten ergeben sich aus der geometrischen Anordnung der Komponenten durch Überlagerung Fehler, die in Abb. 3 dargestellt sind.

b) Untersuchung im Auflicht:

Um die Schwierigkeiten der Durchlichtuntersuchung auszuschalten, wurde die Bestimmung des Calcit- und Dolomitgehaltes im Auflicht vorgenommen. Dazu müssen Dünnschliffe vorsichtig aufpoliert werden, bzw. es werden Gesteinoberflächen angeschnitten und auf Hochglanz poliert. Das Meßergebnis hängt maßgeblich von der Güte der Politur ab. Die polierte Oberfläche wird mit einem Tropfen 5% $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ einige Sekunden lang geätzt (ANGEL & TROJER, 1953, 1955; ANGEL, 1955; TROJER,

1955). Nach erfolgter Ätzung können Dolomit und Calcit eindeutig getrennt und somit auch automatisch ausgezählt werden, wobei gleichzeitig auch Werte über Korngröße mitbestimmt werden. Der große Vorteil der Bestimmung des Calcit/Dolomitverhältnisses mit dem DIGISCAN-PHASENINTEGRATOR liegt darin, daß die Messung ohne Zerstörung des Gefügeverbandes vorgenommen werden kann.

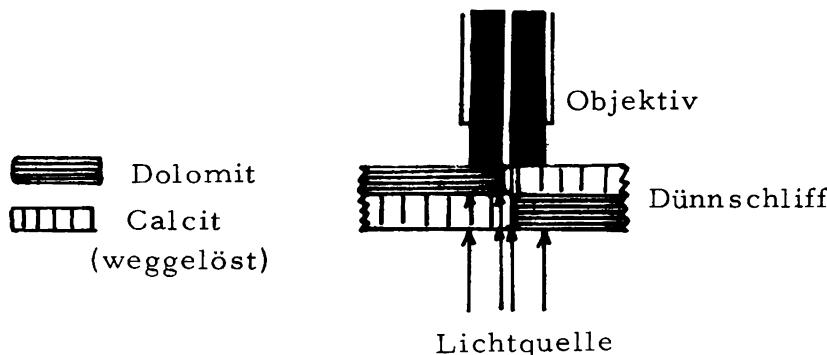


Abb. 3: Darstellung des Meßfehlers durch Überlagerung der Komponenten.

5) ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN BEI ERZMIKROSKOPISCHEN UNTERSUCHUNGEN

Für die Untersuchung von Erzen im Auflicht ist der DIGISCAN-PHASENINTEGRATOR besonders geeignet. Die prozentuelle Verteilung einzelner Phasen (wichtig z. B. für die Abbauwürdigkeit einer Lagerstätte bzw. deren Genese) läßt sich sehr exakt auf Grund der gleichmäßigen Reflexionswerte ohne besondere Vorbehandlung der Proben bestimmen. Die Durchführung der Messung ist in den meisten Fällen problemlos, Fehlerquellen entstehen durch Korngrenzeffekte, verschiedene Härte oder schlechte Politur des Präparats.

6) ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN BEI BAUSTOFFUNTERSUCHUNGEN

Am Institut für Baustofflehre und Materialprüfung der Universität Innsbruck laufen zur Zeit Untersuchungen über das Porenvolumen im Beton. Zur besseren Sichtbarmachung der Poren entwickelte O. W. BLÜMEL, 1967, ein Folien-Abdruckverfahren, mit dem es möglich war, den Porenraum statistisch zu erfassen. Wichtige Aussagen über Frostbeständigkeit des Betons sind jedoch nicht nur aus dem Porenvolumen, sondern vor allem aus der Porengröße und der Porenverteilung zu gewinnen. Die statistische Auswertung des Folienabdrucks mit Hilfe des DIGISCAN-PHASENINTEGRATORS erwies sich zunächst als Fehlschlag, da manche Poren störende Luftblasen und Füllungen aufweisen.

Es wurde daher versucht, direkt am Beton- oder Mörtelanschliff die Poren statistisch auszuwerten. Als Schwierigkeit erwies sich dabei die verschiedene Härte von Zuschlagsstoffen und Bindemittel, die es nicht erlaubt, Hochglanzpolituren auszuführen, da sonst

kleine Poren im Beton verschmiert werden. Um die Untersuchung im Auflicht aber durchzuführen zu können, mußte die Oberfläche mit einer gut reflektierenden Schicht versehen werden. Als geeignet erwies sich dabei Alu 1000 (= Silberbronze), das in jedem Fachgeschäft erhältlich ist. Das Aufbringen der Farbschicht geschieht am besten mit einer Walze, um nur die Oberfläche zu färben und den Porenraum auszusparen. Diese Präparierung genügt bereits fast immer, um mit dem DIGISCAN-PHASENINTEGRATOR die Auswertung vornehmen zu können. Die Poren erscheinen im Auflicht dunkel (wegen des schlechten Reflexionsvermögens), die angefärbte Oberfläche hingegen sehr hell.

Die Meßgenauigkeit kann weiter erhöht werden, wenn der Objekttubus etwas aus dem Brennpunkt gehoben wird, so daß die Unebenheiten der Farbschicht, die ebenfalls dunkel erscheinen, unscharf werden und mit der hellen Umgebung verschwimmen. Man erhält so recht deutlich die verschiedenen Reflexionswerte für Porenraum und Festkörper.

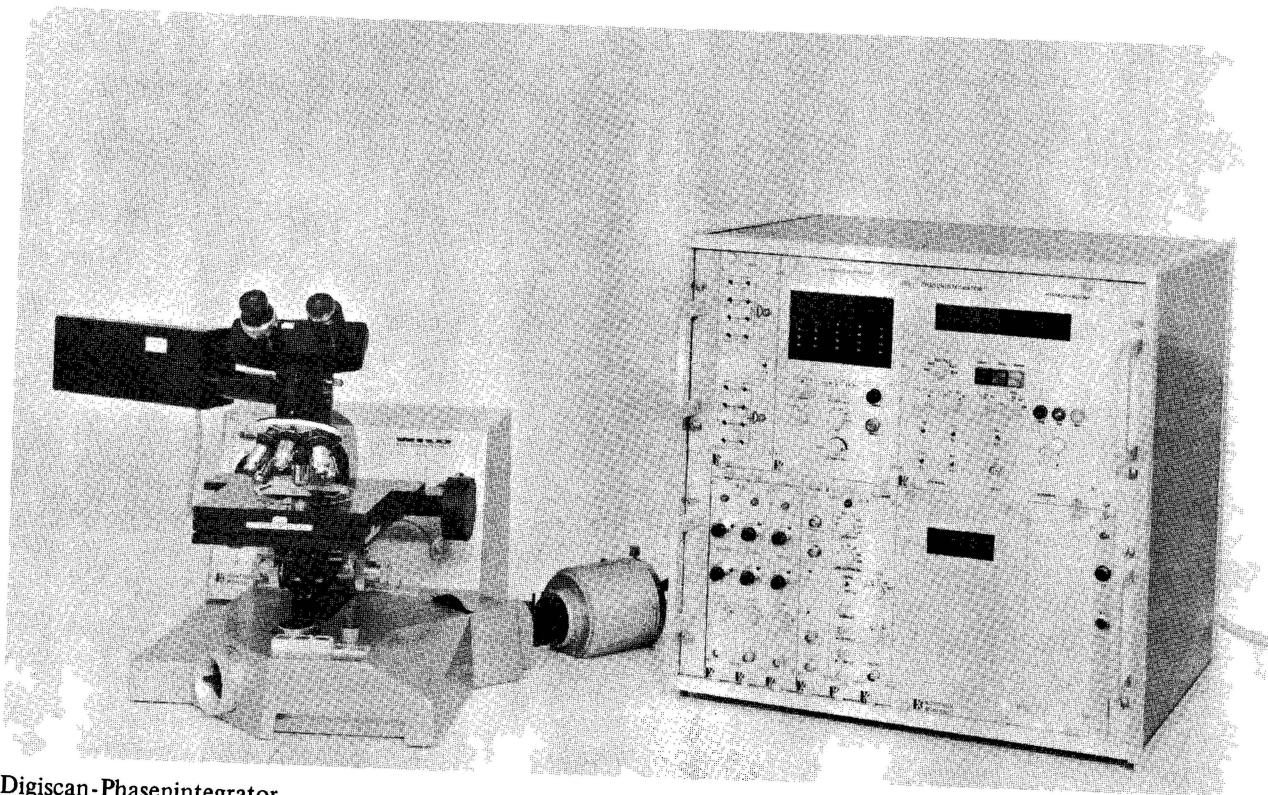
Eine weitere Verbesserung stellt ein zweifaches Anfärbeln dar. Zuerst wird wieder mit Alu 1000 die Oberfläche gefärbt, wobei auch in die kleinsten Poren Farbe eindringen kann. Dadurch würde ein Meßfehler entstehen, der durch das Auftragen einer zweiten, jetzt schwarzen Farbschicht ausgeschaltet wird. Dabei soll darauf geachtet werden, daß die schwarze Deckschicht in alle Poren eindringt. Anschließend wird diese oberste Farbschicht vorsichtig abgeschliffen, bis die darunter liegende Alu 1000 wieder zum Vorschein kommt. Diese schwarze Schicht wurde somit nur von der Oberfläche entfernt, die Vertiefungen (= Poren) bleiben schwarz. Der Kontrast zwischen glatter Oberfläche und Porenraum wird dadurch verdeutlicht. Eine wesentliche Verbesserung der Meßergebnisse ist durch Bedampfen der Betonoberfläche zu erwarten, um dadurch eine gleichmäßige Dicke der reflektierenden Schicht zu gewährleisten (vergleiche Präparationsmethoden beim Elektronenmikroskop).

Die hier beschriebenen Methoden sollten nur als Anregung dienen, die vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten des DIGISCAN-PHASENINTEGRATORS in Geologie und Mineralogie zu nützen. Jede dieser Methoden ist in vielen Richtungen hin ausbaufähig, neue Problemstellungen erfordern neue Präparationsmethoden, um die technischen Möglichkeiten des DIGISCAN-PHASENINTEGRATORS auch voll ausschöpfen zu können.

7) LITERATURVERZEICHNIS

- ANGEL, F. (1955): Berg und Hüttenm. Monatshefte 100, p. 291–303.
ANGEL, F. & TROJER, F. (1953): Radex Rundschau, p. 315–334.
ANGEL, F. & TROJER, F. (1955): Radex Rundschau, p. 374–392.
BAILEY, E. H. & STEVENS, R. E. (1960): Selective staining of K-Feldspar and Plagioclase on rock slabs and thin sections. – Amer. Mineralogist 45, p. 1020–1025.
BLÜMEL, O. W. (1967): Ein Folien-Abdruckverfahren zur besseren Sichtbarmachung von Poren im Beton. – Radex Rundschau, Heft 2, 1967, p. 466–471.
CHAYES, F. & FAIRBAIRN, H. W. (1952): Notes on the staining of potash feldspars with sodium cobaltinitrite in thin section. – Amer. Mineralogist 37, p. 337–340.
FEIGL, F. (1954): Spot tests. – Elsevier Publ. Comp. London 1954.
FRIEDMANN, G. M. (1959): Identification of carbonate minerals by staining methods. – J. Sedim. Petr. 29, p. 87–97.
GABRIEL, A. & COX, E. P. (1929): A staining method for quantitative determination of certain rock minerals. – Amer. Mineralogist 14, p. 290–292.

- HAYES, J. R. & KLUGMANN, M. A. (1959): Feldspar staining methods. – *J. Sedim. Petr.* **29**, p. 227–232.
- KEITH, M. L. (1939): Selective staining to facilitate Rosiwal analysis. – *Amer. Mineralogist* **24**, p. 561–565.
- KÖHLER, M. (1973): Mikrofazielle, geochemische und paläogeographische Untersuchungen des Plattenkalks und der Kössener Schichten der Mittleren Gailtaler Alpen. – *Veröffentlichungen der Universität Innsbruck, Monographien* Dezember 1973.
- TROJER, F. (1955): *Berg und Hüttenm. Monatshefte* **100**, p. 73–79.
- UNDERWOOD, E. E. (1970): *Quantitative Stereology*, Reading, Massachussets: Addison-Wesley Publishing Comp. 1970.
- WEIBEL, E. & ELIA, H. (1967): *Quantitative Methoden in der Morphologie*. Berlin, Heidelberg, New York, Springer Verlag 1967.
- WOLF, K. H., EASTON, A. J. & WARNE, S. (1967): Techniques of examining and analyzing carbonate skeletons, minerals and rocks. In *Carbonate Rocks*: Chilingar G. V. Bissell H. J. & Fairbridge, R. W. (Editors). Elsevier Publ. Comp. 1967.



Digiscan-Phasenintegrator