

Zur morphometrischen Ansprache von Schotterprofilen

von

Winfried E. Blum und Peter Burwick, Freiburg i. Br.

mit 3 Abbildungen

Inhalt

1.	Einleitung und Abgrenzung der Fragestellung	94
2.	Die morphometrische Ansprache von Schotterprofilen (Methodik)	95
2.1	Morphometrie und Morphogenese	95
2.2	Methodik	96
2.21	Material und Untersuchungsgang	96
2.22	Auswertung und Darstellung der Ergebnisse	100
3.	Grenzen und Möglichkeiten der Methode	100
4.	Angeführte Schriften	103

Z u s a m m e n f a s s u n g

Es wird eine Schätzmethode beschrieben, die es ermöglicht, bei geringem zeitlichem Aufwand, in wenigen Arbeitsgängen, mit Hilfe einer klar durchsichtigen Plastikfolie mit Quadratnetzeinteilung von 5 und 10 cm Linienabstand auf 1 m² Fläche, morphologische Merkmale von Schotterprofilen, wie petrographische Zusammensetzung, Struktur (Anzahl, Größe und Form von Geröllen) und Textur (Lagerung von Geröllen im Verband), objektiv, reproduzierbar und mit hoher Genauigkeit sowie der Möglichkeit vergleichender mathematisch-statistischer Auswertung zu bestimmen. Grenzen und Möglichkeiten der Methode werden diskutiert und deren Aussagewert an praktischen Beispielen erläutert.

S u m m a r y Morphometric description of gravel layer profiles

The authors describe an estimation method for morphometric measurement of petrological composition, structure (quantity, diameter and shape of gravels) and texture (orientation of gravels) of a gravel layer profile by means of a transparent

foil of plastics with quadratic network on 1 m² area, subdivided by lines in 5 and 10 cm intervals. By this method morphometric measurement can be achieved quickly and in few operations as well as with high precision and the possibility of comparative statistical evaluation. Limits and practicability of the method are described. The feasibility is discussed by presenting first results.

Résumé Description morphométrique de profils de nappes de graviers

Les auteurs décrivent une méthode d'évaluation permettant de déterminer rapidement et avec peu d'efforts à l'aide d'une feuille transparente de matière plastique avec un mètre carré de superficie, subdivisé en carrés de 5 et de 10 cm² les aspects morphologiques caractéristiques de nappes de graviers tels que leur composition pétrographique, leur structure (nombre, grandeur, forme des éboulis), leur texture (orientation des éboulis) de façon objective et avec un haut degré de précision ainsi qu'avec la possibilité d'une évaluation statistique comparative. Les possibilités de cette méthode et leur interprétation sont démontrées à travers la présentation d'un exemple pratique. Les limites de la méthode sont discutées.

1. Einleitung und Abgrenzung der Fragestellung

Morphologische Eigenschaften von Schotterprofilen werden von der petrographischen Zusammensetzung des Herkunftsgebiets, dem Transport (Transportmedium, -weg und -bedingungen, z. B. Klima), den Ablagerungsbedingungen (z. B. Geomorphologie) und der Verwitterung in situ bestimmt. Art und Intensität dieser verschiedenen Einflüsse sollen bei der morphometrischen Untersuchung von Schottern bestimmt und damit morphogenetische Aussagen gemacht werden. — Die morphogenetische Untersuchung mittels morphometrischer Methoden ist jedoch nur eine von verschiedenen möglichen Untersuchungsmethoden zur Bestimmung der verschiedenen Faktoren für Entstehung und Aufbau eines Schotterkörpers oder Schotterprofils.

Wir verstehen unter morphometrischer Ansprache die möglichst exakte makroskopische Beschreibung eines Schotterprofils im Gelände, ohne optisch vergrößernde Hilfsmittel, mit einfachen Meßinstrumenten (z. B. Maßstab), wobei folgende morphologische Merkmale je Volumen- bzw. Flächeneinheit (z. B. eines Stratum oder Horizonts) bestimmt werden sollen:

- Petrographische Zusammensetzung,
- Textur*: Anzahl der Gerölle, deren Größenverteilung (z. B. nach maximaler Längsachse oder Durchmesser) und Form (Rundungsgrad),
- Struktur*: Lagerung der Gerölle im Verband (Längsachseneinmessung).

Zur Definition Textur und Struktur vgl. SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 1970. Diese Definition wurde gewählt, weil jeder Schotterkörper (während und nach der Ablagerung) der chemisch-physikalischen Verwitterung ausgesetzt ist und damit prinzipiell verwitterungsgenetische bzw. bodenkundliche Kriterien angewandt werden können. Textur und Struktur sind mineralogisch-petrographisch genau umgekehrt definiert.

Diese Analyse sollte bei der Untersuchung von Schotterprofilen am Anfang stehen, da sie zunächst die Erstellung einer sicheren Arbeitshypothese ermöglicht und damit Grundlage für weitere differenzierte Untersuchungen physikalischer, geochemischer oder mineralogischer Art darstellt. Außerdem wird die Sicherheit der Interpretation dieser weiteren Analysendaten durch Vergleich mit morphometrischen Untersuchungsergebnissen erhöht.

Im Rahmen einer grundlegenden Untersuchung zur Frage der Methodik bei der Bestimmung der Verwitterungsintensität von Schottern unterschiedlichen Alters mittels physikalischer, geochemischer und mineralogischer Untersuchungen (BLUM & BURWICK, z. Z. in Vorbereitung) wurde auch eine morphometrische Methode angewandt, die im folgenden dargestellt werden soll.

2. Die morphometrische Ansprache von Schotterprofilen (Methodik)

Bevor wir unsere Methode im einzelnen beschreiben, sollen zunächst Grenzen und Möglichkeiten morphometrischer Methoden allgemein im Hinblick auf verschiedene Fragestellungen der Morphogenese diskutiert werden.

2.1 Morphometrie und Morphogenese

Die Sicherheit der morphogenetischen Interpretation mittels morphometrischer Analysen wird zunächst durch die Methodik selbst bestimmt (Genauigkeit der Messung verschiedener Merkmale u. a.). Außerdem sind die kausalen Zusammenhänge zwischen Entstehungsbedingungen und deren Ergebnis, deren Formen zu beachten. In diesem Zusammenhang soll nochmals betont werden, daß sowohl durch Transport- und Ablagerungsbedingungen wie durch Verwitterung die morphologischen Merkmale (petrographische Zusammensetzung, Textur und Struktur) eines Schotterprofils bestimmt sein können. So kann die petrographische Zusammensetzung (z. B. Härte und Verwitterungsstabilität) die Größe der Gerölle und damit die Anzahl und Größenverteilung pro Volumen- oder Flächeneinheit beeinflussen, ebenso die Form, die wiederum die Lagerung im Verband (Struktur) mitbestimmt. Durch physikalische und chemische Verwitterung werden diese Merkmale z. T. gerichtet (z. B. Größenverkleinerung durch Verwitterung) oder zufällig (z. B. Anlagerung auf Gerölloberflächen durch Ausfällung von Oxiden, Carbonaten, Huminstoffen u. a.) verändert. — Die Bedeutung der Verwitterung in situ als morphogenetischer Faktor wurde dabei oft wenig beachtet, obwohl neben der Methode der Morphometrie auch die Morphogenese als solche die Kriterien bestimmt, von denen die Sicherheit der Interpretation von Meßergebnissen abhängt.

Damit wird deutlich, daß bei einer morphometrischen Ansprache, aufgrund der obengenannten kausalen Querbeziehungen, nur eine Gesamtanalyse

aller Faktoren bzw. Merkmale, bezogen auf eine Volumen- oder Flächeneinheit, eine sichere Aussage ermöglicht, wobei es nicht entscheidend auf die Genauigkeit der Bestimmung eines, sondern auf die möglichst exakte Erfassung aller für eine bestimmte Fragestellung entscheidenden Merkmale ankommt.

Dies wurde bei der im folgenden darzustellenden Methodik versucht, wobei nicht der Zusammenhang zwischen petrographischer Zusammensetzung, Form und Transportbeanspruchung im Vordergrund stand, wie z. B. bei KÖSTER 1960, REICHELT 1955, RICHTER 1961, VALETON 1955 u. a., da in Mitteleuropa (im Gegensatz zu manchen außereuropäischen Gebieten mit geringer geologischer Tradition) das Herkunftsgebiet (Ausräumungsgebiet) und die Transportwege und damit die obengenannten Zusammenhänge weitestgehend bekannt sind und schon eine Reihe bewährter Methoden zur Verfügung stehen, vgl. BLENK 1960, CAILLEUX 1952, KÖSTER 1960, MÜLLER 1964, REICHELT 1961, RICHTER 1961, SCADECZYK-KARDOSS 1933, TRICART 1951 u. a.

Unsere Absicht war, mit Hilfe morphometrischer Analysen eine möglichst genaue Zustandserfassung für die Erstellung einer Arbeitshypothese zu erreichen, die den gezielten Einsatz von weiteren speziellen physikalischen, geochemischen und mineralogischen Methoden bei der Untersuchung der Verwitterungsintensität zur Stratifizierung und Datierung von Schotterkörpern ermöglicht. — Daß dabei die weiteren Faktoren des Herkunftsgebiets, des Transports und der Ablagerungsbedingungen bei der morphometrischen Ansprache berücksichtigt werden mußten, versteht sich von selbst.

Damit war jedoch eine prinzipiell andere Fragestellung gegeben als bei den obengenannten Autoren, die uns veranlaßte, das Problem Morphometrie und Morphogenese neu zu durchdenken und eine andere Methodik zu entwickeln.

2.2 Methodik

Entsprechend diesen im Kapitel 2.1 genannten Überlegungen wurde versucht, die verschiedenen morphologischen Merkmale objektiv, reproduzierbar und bezogen auf Flächen- bzw. Volumeneinheiten eines Schotterprofils zu bestimmen.

2.21 Material und Untersuchungsgang

Auf eine handelsübliche Plastikfolie (die nicht zu dünn sein sollte, um Beschädigungen bei Geländearbeiten zu vermeiden) wird mit Ölfarbstift die Fläche von 1 m² quadratisch aufgezeichnet und diese Fläche durch Einzeichnen von parallelen Linien in 5 bzw. 10 cm Abstand in ein Netzwerk von kleinen Quadraten (5 cm²/10 cm²) unterteilt. Zur besseren Unterscheidung der ver-

schiedenen Maßeinheiten im Gelände werden dabei zweckmäßigerweise für die 5- und 10-cm-Unterteilungen unterschiedliche Farben benutzt.

Diese präparierte Folie wird mittels normaler Zelthaken (handelsüblich zur Befestigung von Zeltleinen) an dem zu untersuchenden Schotterprofil befestigt, vgl. Abb. 1. Dabei ist darauf zu achten, daß die Länge der Haken ausreicht (mindestens 15 cm), um die Folie im Schotter sicher befestigen zu können.

Die zu untersuchende Profilwand wird zuvor geglättet, damit die Folie anliegt. Dabei hat der Beobachter die Möglichkeit, sich die petrographische Zusammensetzung aufgrund spezieller diagnostischer Merkmale der Gerölle einzuprägen, wobei der Geologenhammer zu Hilfe genommen werden kann.

Unter der klar durchsichtigen Folie ist der gesamte Schotterkörper gut sichtbar und lassen sich die einzelnen Merkmale, wie petrographische Zusammensetzung, Anzahl der Gerölle, Gerölldurchmesser, -form und -lagerung, bestimmen, wobei die Fläche auf 1 m² begrenzt ist und innerhalb dieser Fläche Quadrat für Quadrat (je nach Durchmesserverteilung der Gerölle, z. B. 5 cm², 10 cm² oder ein Vielfaches dieser Einheiten) durchbestimmt werden kann. Durch die Unterteilung in 5 bzw. 10 cm braucht der Beobachter (nach einer

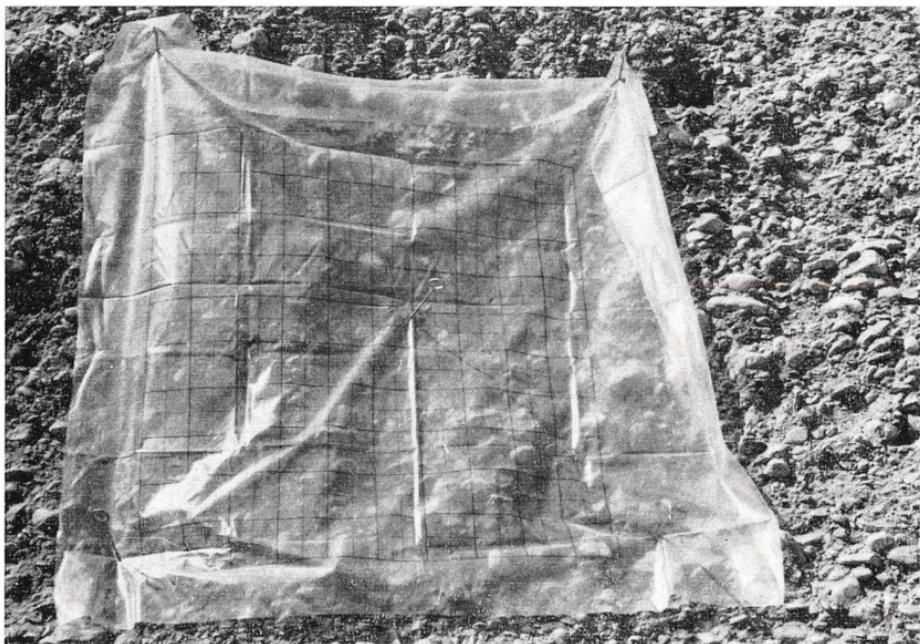


Abb. 1: Klar durchsichtige Plastikfolie mit zweifarbiger Quadratnetzeinteilung (5 und 10 cm Linienabstand) auf 1 m² Fläche zur morphometrischen Bestimmung verschiedener Merkmale eines Schotterprofils.

ersten Erfahrung) keinen Maßstab zu Hilfe zu nehmen, da er die Größenordnungen (Länge, Durchmesser, Winkel) mit großer Sicherheit abschätzen kann, vgl. Abb. 1.

Eine sichere und schnelle Ansprache ist bis zur unteren Grenze von 2 cm (max. Längsachse bzw. Durchmesser) möglich. Darunter wird eine morphometrische Analyse wegen der Unsicherheit der petrographischen und Formbestimmung sowie der Auszählung in der Regel ungenau. Der Anteil an diesen Korndurchmessern < 2 cm wird in Prozent Fläche je Meßeinheit (z. B. 5 oder 10 cm²) geschätzt. In dieser Fraktion ist auch bereits eine stärkere chemische Verwitterung zu erwarten, zu deren Bestimmung weitere physikalische, geochemische und mineralogische Methoden eingesetzt werden sollten.

Beim praktischen Vorgehen wird zunächst empfohlen, Tabellen anzufertigen, in denen Datum, Ort, Lage des Stratums oder Horizonts (z. B. in cm unter Flur), Horizontbezeichnung u. a. Kenndaten eingetragen sind. Außerdem werden diese Tabellen mit verschiedenen Spalten so angelegt, daß an der Profilwand durch Kurzbezeichnungen (Buchstaben, Zahlen, Striche) die einzelnen Merkmale schnell und sicher eingetragen werden können, z. B. petrographische Zusammensetzung, Anzahl der Gerölle, max. Längsachsen bzw. Durchmesser (in cm), Rundungsgrad und Lagerung im Verband. Als Beispiel ist eine von uns verwendete Tabelle zur Bestimmung von Geröllanzahl je Durchmesserstufen (max. Längsachse) und Rundungsgrad in Abb. 2 dargestellt. Diese Tabelle kann jedoch zur gleichzeitigen Bestimmung weiterer Merkmale erweitert werden. Dies erfolgt z. B. bei der Bestimmung der Lagerung der Gerölle (Längsachseneinmessung), indem verschiedene Winkelbereiche, z. B. nach POSER & HÖVERMANN 1951 (vgl. KÖSTER 1960), in Zahlen angegeben werden (vgl. Kopf der Tabelle in Abb. 2). Durch getrennte Eintragung in verschiedene Tabellen kann für jede vorkommende Gesteinsart eine separate Beschreibung von Anzahl, Größe, Form und Lagerung innerhalb der Fläche vorgenommen werden. — Wichtig ist bei der Anlage der Tabellen außerdem, daß später schnell die verschiedenen Zusammenhänge je nach Fragestellung, z. B. zwischen petrographischer Zusammensetzung, Zahl, Form usw., erkannt werden können (vgl. dazu Abb. 2 mit Abb. 3).

Bei Benutzung eines Tonbandgerätes (wie von uns verwendet) können die Daten direkt, in der tabellarisch vorbestimmten Reihenfolge, auf Band gesprochen und nach Fertigstellung mehrerer Bestimmungen in die Tabellen übertragen werden. — Der Beobachter hat bei dieser Verfahrensweise die Hände frei, z. B. um die Folie an unebenen Stellen oder in dem gerade zu vermessenden Bereich an die Profilwand anzudrücken, um evtl. mit einem Maßstab unsichere Größenverhältnisse nachzuprüfen, was bei erstmaliger Benutzung der beschriebenen Folie zweckmäßig erscheint.

Je nach Genauigkeitsanspruch wird entweder streng statistisch oder nach Abschätzung der Gesamthomogenität des Schotterhorizonts oder -stratums

die Folie innerhalb des zu vermessenden Horizonts mehrmals umgesetzt und damit mehrere 1-m²-Flächen auf die oben beschriebene Weise untersucht, um so Zufälligkeiten der Ansprache auszuschließen.

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgt nach den üblichen Verfahren in Form von Morphogrammen oder ähnlichen graphischen Darstellungen, vgl. KÖSTER 1960 und Abb. 3.

2.22 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

In Abb. 2 ist das Ergebnis der Beschreibung einer 1-m²-Schotterfläche tabellarisch dargestellt, nach Übertragung der Werte vom Tonband in die Tabelle. In diesem Beispiel wurde auf die getrennte Erfassung von Zahl, Durchmesserverteilung und Rundungsgrad für verschiedene Gesteinsarten verzichtet. — In Abb. 3 sind drei verschiedene Rundungsklassen der Gerölle (subrounded, rounded und well rounded nach PETTIJOHN 1957, RUSSEL & TAYLOR 1937; vgl. dazu MÜLLER 1964 und SCHNEIDERHÖHN 1954), nach Anzahl und Durchmesserstufen unterteilt, in einem Diagramm dargestellt.

Aus der starken Zunahme der Gerölle „rounded“ und „subrounded“ mit kleiner werdendem Längsdurchmesser läßt sich zunächst ableiten, daß keine starke chemische Verwitterung in diesem Horizont vorliegen kann. — Diese Feststellung ist als Arbeitshypothese für die Wahl weiterer Methoden von Bedeutung. Dabei könnte z. B. das weitere methodische Vorgehen noch stärker differenziert werden, wenn sich z. B. gezeigt hätte, daß Gerölle bestimmter petrographischer Zusammensetzung in einem der Durchmesserbereiche ein Verteilungsmaximum aufweisen würden. — Ebenso ist das Verhältnis von Kornfraktionen < 2 cm Durchmesser zur Anzahl größerer Gerölle für weitere Untersuchungen von Bedeutung.

Diese kurzen Ausführungen sollten zeigen, daß eine objektive Darstellung und Vergleichbarkeit sowie eine mathematisch-statistische Auswertung bei dieser morphometrischen Methode möglich ist. Außerdem dürfte diese Untersuchungsmethode nicht nur bei geologischen und sedimentpetrographisch-paläontologischen Untersuchungsobjekten, sondern auch bei verwitterungs-genetischen, bodenkundlichen Untersuchungen anwendbar sein, z. B. bei der Ansprache von Böden, die aus Schotterablagerungen entstanden sind.

3. Grenzen und Möglichkeiten der Methode

Die oben aufgezeigte Methode kann als eine Schätzung mit hoher Genauigkeit charakterisiert werden.

Sie besitzt gegenüber bisher angewandten Methoden, soweit solche für die von uns eingangs genannte Fragestellung der Bestimmung der Verwitterungsintensität zur Stratifizierung und Datierung von Schottern überhaupt definiert sind, verschiedene *V o r z ü g e*

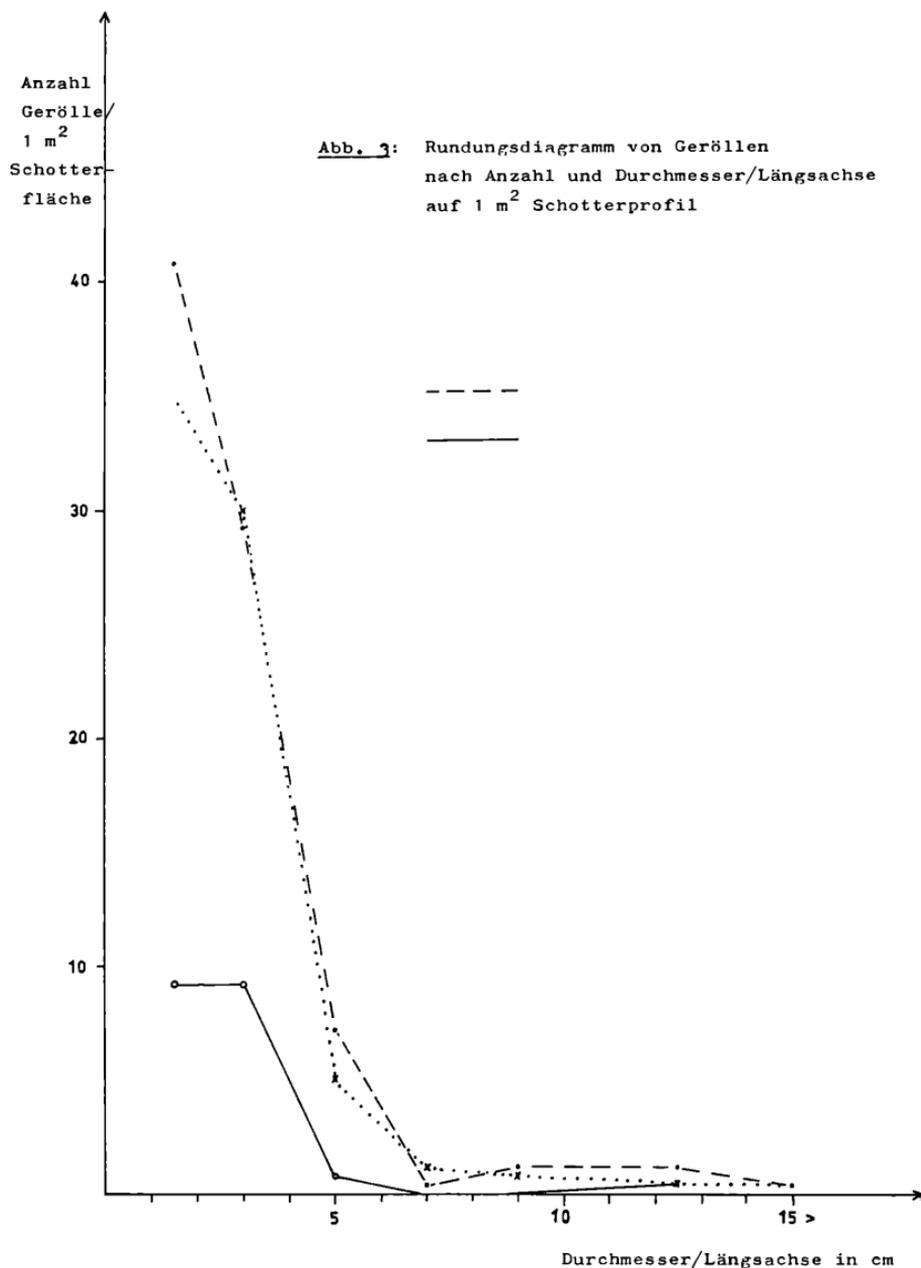


Abb. 3: Rundungsdiagramm von Geröllen nach Anzahl und Durchmesser/Längsachse auf 1 m² Schotterprofil.

1. Durch den strengen flächenmäßigen Bezug der Bestimmung (1 m² oder ein Vielfaches davon) wird eine Subjektivität der Ansprache ausgeschlossen oder zumindest stark eingeschränkt (vgl. Verwendung von Farbtafeln, z. B. MUNSSELL SOIL COLOR CHART in der Bodenkunde). Der Beobachter ist gezwungen, Fläche für Fläche eines Profils oder Stratum genau zu beobachten und nach festgelegten Kriterien einheitlich zu analysieren.
2. Durch die weitere Unterteilung der 1-m²-Fläche in quadratische Maßeinheiten mit 5 und 10 cm Seitenlänge wird eine schnelle und (nach kurzer Übung) eine der direkten Messung vergleichbar genaue Schätzung ermöglicht, die für viele Fragestellungen ausreicht. — Dabei können je Flächeneinheit die petrographische Zusammensetzung, Anzahl, Größe (maximale Längsachse oder Durchmesser), Form (Rundungsgrad) sowie Lagerung der Gerölle im Verband (durch Winkelangaben, wenn z. B. die Folie vorher mit dem Geologenkompaß eingerichtet wurde) mit ausreichend hoher Genauigkeit bestimmt werden.
3. Bei Anwendung dieser Methode wird dem Beobachter ermöglicht, an festgelegten, definierten Flächen sämtliche für seine Fragestellung wichtigen Merkmale gleichzeitig zu bestimmen (vgl. Kap. 2.1). Er kann diese Erhebung später mit mathematisch-statistischen Methoden auswerten und vergleichen. Diese Exaktheit wurde bisher bei der Ansprache (Beschreibung) von Schotterprofilen nirgends erreicht. Sie ist jedoch für überregionale Vergleiche von größter Bedeutung.
4. Die zu dieser Bestimmung notwendigen technischen Hilfsmittel (Plastikfolie mit Quadratnetzeinteilung, Befestigungshaken und tabellarische Vordrucke) sind einfacher Art und leicht herzustellen bzw. zu erwerben.

Diesen Vorteilen steht ein **N a c h t e i l** gegenüber, der gleichzeitig die Anwendungsmöglichkeit dieser Methode begrenzt:

Es wird nicht an einem Volumen, sondern nur an einer Fläche mit Raumstruktur bestimmt (im Text mit Volumen- bzw. Flächeneinheit beschrieben). Da Schotter oder Gerölle jedoch Körper darstellen, wird hierbei immer nur ein Teil der Oberfläche erfaßt, die zufällig oder gerichtet verteilt sein kann. Nach statistischer Gesetzmäßigkeit wird jedoch bei Auszählung und Bestimmung vieler einzelner Gerölle dieser Fehler ausgeglichen, wobei einseitig gerichtete Fehler erkannt (z. B. bei Einregelung von Geröllen in einseitiger Richtung) und durch Umsetzung der Folie entsprechend berücksichtigt werden können. — Durch diese Umsetzung werden letztlich auch Teilvolumina eines Gesamtvolumens, jedoch an verschiedenen Stellen und nicht an einem einzigen dreidimensionalen Ausschnitt bestimmt.

Trotzdem ist die für spezielle Fragestellungen erforderliche Genauigkeit, z. B. in der Formbestimmung (Abplattung oder Zurundung) von Geröllen oder deren Längsachsenmessung, mit dieser Methode nicht erreichbar, da

hierzu die Gerölle aus dem Verband herauspräpariert oder herausgenommen und einzeln, z. T. im Labor, vermessen werden müssen. Hierfür steht jedoch eine Reihe bekannter und bewährter Methoden (vgl. z. B. ALLING 1941, KRUMBEIN 1939, 1941, POWERS 1953, SCHMOLL & BENNETT 1961, WADELL 1932 und weitere, zit. in Kap. 2.1) zur Verfügung, und es war nicht beabsichtigt, diese zu ergänzen oder zu verbessern.

Es ging vielmehr um eine Objektivierung und Vergleichbarkeit bei der morphometrischen Ansprache (Beschreibung) von Schotterprofilen für Zwecke deren Gesamtbeurteilung und deren mathematisch-statistischer Auswertbarkeit zur Erstellung einer Arbeitshypothese, für den gezielten Einsatz weiterer differenzierender physikalischer, geochemischer und mineralogischer Untersuchungsmethoden, zur Bestimmung der Verwitterungsintensität innerhalb von Schotterkörpern für die stratigraphische Einordnung von Horizonten und deren zeitlicher Datierung.

Dafür dürfte die Exaktheit der Bestimmung völlig ausreichen, bei einem bedeutend höheren Informationswert als bei bisher angewandten und meist nicht genau definierten Methoden.

4. Angeführte Schriften

- ALLING, H. L.: A diaphragm method for grain size analysis. — *J. Sediment. Petrol.* 11, S. 28—31, 1941.
- BLENK, M.: Ein Beitrag zur morphologischen Schotteranalyse. — *Z. f. Geomorph.* 4, S. 202—242, 1960.
- CAILLEUX, A.: Morphoskopische Analyse der Geschiebe und Sandkörner und ihre Bedeutung für die Paläoklimatologie. — *Geol. Rundschau* 40, S. 11—19, 1952.
- KÖSTER, E.: Mechanische Gesteins- und Bodenanalyse. — Hanser, München, 1960.
- KRUMBEIN, W. C.: Application of the photo-electric cell to the measurement of pebble axes for orientation analysis. — *J. Sediment. Petrol.* 9, S. 122—130, 1939. — Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. — *J. Sediment. Petrol.* 11, S. 64—72, 1941.
- MÜLLER, G.: Methoden der Sedimentuntersuchung, Bd. I. — Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1964.
- PETTIJOHN, F. J.: *Sedimentary rocks*, 2. Aufl. — Harpers, New York, 1957.
- POSER, H., & HÖVERMANN, J.: Untersuchungen zur pleistozänen Harzvergletscherung. — *Abhandl. d. Braunschweig. Wiss. Ges.* III, S. 61—115, 1951.
- POWERS, M. C.: A new roundness scale for sedimentary particles. — *J. Sediment. Petrol.* 23, S. 117—119, 1953.
- REICHELDT, G.: Untersuchungen zur Deutung von Schuttmassen des Südschwarzwaldes durch Schotteranalysen. — *Beitr. z. naturk. Forschung in Südwestdeutschland XIV*, S. 32—42, 1955.

- REICHEL, G.: Über Schotterformen und Rundungsgradanalysen als Feldmethode. — *Peterm. Mitt.* 105, S. 15—24, 1961.
- RICHTER, K.: Die geologische Geländeaufnahme. — In: BENTZ, A.: *Lehrbuch der angewandten Geologie*, Bd. I, Allgemeine Methoden, S. 1—160. — Enke, Stuttgart 1961.
- RUSSEL, R. D., & TAYLOR, R. E.: Roundness and shape of Mississippi River sands. — *J. Geol.* 45, S. 225—267, 1937.
- SCHAEFFER, F., & SCHACHTSCHABEL, P.: *Lehrbuch der Bodenkunde*. — Enke, Stuttgart 1970.
- SCHMOLL, H. R., & BENNETT, R. H.: Axiometer — a mechanical device for locating and measuring pebble and cobble axes for macrofabric studies. — *J. Sediment. Petrol.* 31, S. 617—622, 1961.
- SCHNEIDERHÖHN, P.: Eine vergleichende Studie über Methoden zur quantitativen Bestimmung von Abrundung und Form an Sandkörnern (im Hinblick auf die Verwendbarkeit an Dünnschliffen). — *Heidelb. Beitr. Miner. Petrogr.* 4, S. 172—191, 1954.
- SZADECZY-KARDOSS, v. E.: Die Bestimmung des Abrollungsgrades. — *Zbl. Miner. Geol. Paläont. B*, S. 389—401, 1933.
- TRICART, J.: Etudes sur le façonnement des galets marines. — *Proc. 3rd Intern. Congress of Sedimentology*, S. 245—255, Groningen-Wageningen 1951.
- VALETON, I.: Beziehungen zwischen petrographischer Beschaffenheit, Gestalt und Rundungsgrad einiger Flussgerölle. — *Peterm. Mitt.* 99, S. 13—17, 1955.
- WADELL, H.: Volume, shape and roundness of rock particles. — *J. Geol.* 40, S. 443—451, 1932.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 1971/1972

Band/Volume: [61-62](#)

Autor(en)/Author(s): Blum Winfried E., Burwick Peter

Artikel/Article: [Zur morphometrischen Ansprache von Schotterprofilen 93-104](#)