

Eine neue, einfache geröllmorphometrische Methode ¹⁾

Von GERD LÜTTIG, Hannover

Mit 6 Abb. im Text

S u m m a r y. Instead of CAILLEUX's indices of pebble shape (rounding index, flatness index, dissymmetry index), the measuring of which is still somewhat troublesome, the indices ρ (percentage of convex parts of the boulder circumference according to SZADECKY-KARDOSS 1933) $\pi = \frac{L}{E}$ and $\sigma = \frac{L}{l}$ (L = length, E = thickness, l = breadth of the pebble grain) are proposed to future use. ρ being taxed by the eye, the indices σ and π are measured by assistance of a diagram, which allows to state the height of σ and π at once. By this way the time of the measuring decreases to 51,6% of the time needed for the CAILLEUX method, though the exactness of the new method is better than that of the old one.

R é s u m é. Au lieu des caractéristiques morphométriques: indice d'émousé — indice d'aplatissement — indice de dissymétrie, introduits par ANDRÉ CAILLEUX, l'auteur propose une nouvelle méthode pour la classification de la forme des galets. L'indices ρ (indice d'émousé suivant SZADECKY-KARDOSS 1933) $\pi = \frac{L}{E}$, $\sigma = \frac{L}{l}$ (L = longueur, l = largeur, E = grosseur du galet) sont évalués (ρ) ou mesurés au moyen d'un diagramme (σ , π). De cette manière le temps pour le mesurage est diminué à 51,6% de celui, qu'on a besoin suivant CAILLEUX, bien que le mesurage n'est pas plus inexact.

A. Einleitung und Überblick über die CAILLEUX-Methode

In den letzten Jahren haben zahlreiche geröllmorphoskopische und -morphometrische Arbeiten wesentlich zur Aufhellung stratigraphischer Probleme besonders in der Quartär-Geologie, zur Lösung morphologischer, paläoklimatologischer und sedimentpetrographischer Fragen beigetragen. Unter den benutzten Methoden nimmt in Europa die von CAILLEUX (u. a. 1951) entwickelte und von TRICART (1950 u. f.), POSER & HÖVERMANN (1951 u. f.), KONRAD RICHTER (1952, 1954) und anderen Forschern geförderte wegen ihrer relativ praktischen Händhabung die führende Rolle ein.

Nach CAILLEUX sind zur Charakterisierung der Geröllformen, die hinwiederum wesentliche Rückschlüsse auf Transport und Klima gestatten, die folgenden Indizes geeignet:

I) der Zurundungsindex

$$Z_i = \frac{2r_1}{L} 1000$$

II) der Abplattungsindex

$$A_i = \frac{L-l}{2E}$$

III) der Dissymetrieindex

$$D_i = \frac{AC}{L} 1000$$

Dabei sind

r_1 = der Radius der am kürzesten gerundeten Ecke am Geröll,

L = die größte Länge des Gerölls,

l = die größte Breite des Gerölls, gemessen in einer Ebene senkrecht zu L ,

E = die größte Dicke des Gerölls, gemessen in einer Richtung senkrecht zu L und l ,

AC = der größere der beiden Abschnitte auf L , die entstehen, wenn man L durch das senkrecht stehende l teilt (vgl. Abb. 1).

¹⁾ Der DEUQUA am 4. 9. 1955 in Laufen/Obb. auszugsweise vorgetragen.

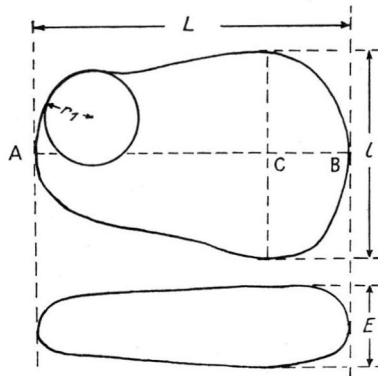


Abb. 1. Erklärungsfigur für die CAILLEUX-Methode.

Über den Wert derartiger Messungen, vor allem, wenn sie sich dicht über ganze Profile verteilen, geben die Arbeiten der CAILLEUX-Schule selbst beredtes Zeugnis, so daß es müßig wäre, diesen hier darzulegen. In dem Maße jedoch, in welchem sich die Methode verfeinert, wächst auch die Gefahr, daß der Forscher sie als alleiniges Werkzeug benutzt. Dies würde zu einer Vereinseitigung führen, die der Vieldeutigkeit quartärgeologischer Erscheinungen, die eben nur mit vielen und nicht nur mit einer Methode geklärt werden können, nicht gerecht wird.

Überlegungen zur Vereinfachung der morphoskopischen Methoden hatten ihren Grund darin, daß das Messen und Ausrechnen der CAILLEUXschen Indizes noch ziemlich viel Zeit erfordert, obwohl doch diese Methode gegenüber anderen, z. B. den amerikanischen, relativ einfach ist. Diesen Arbeitsaufwand herabzusetzen zum Wohle vielseitiger Untersuchung, für die der Morphoskopiker nun frei würde, schien mir ein lohnendes Ziel. Dabei sollte nicht die alte Methode durch eine neue ersetzt werden, denn unserer Wissenschaft ist nicht mit einer Unsumme von „Privatmethoden“ für jeden Morphometriker gedient. Arbeiten über ein gleiches Sachgebiet müssen miteinander vergleichbar sein. Ich habe mich daher bemüht, die neuen, schnell meßbaren Indizes so auszuwählen, daß, wenn sie auch in keiner direkten mathematischen Beziehung zu den alten stehen, sie doch mit diesen verglichen werden können, so daß die vorliegende Literatur für zukünftige Bearbeiter zugänglich bleibt.

B. Die neue Methode

Die Form eines Kornes läßt sich charakterisieren durch folgende Werte

- I) den Abrollungsgrad ϱ (nach SZADÉCKY-KARDOSS 1933),
d. i. der Prozentsatz konvexer Teile am Umfang des Gerölls,
- II) den Abplattungswert π ,
d. i. das Verhältnis $L : E$, E ausgedrückt in % von L ,
- III) den Symmetriewert σ ,
d. i. das Verhältnis $L : l$, l ausgedrückt in % von L .

I. Das Messen von ϱ , π und σ

Der Prozentsatz konvexer Teile am Gesamtumfang des Gerölls wird abgeschätzt. Die dadurch bedingte Ungenauigkeit wird von Uneingeweihten gewöhnlich überschätzt. (Auf die Fehlergrenze beider, der neuen wie der alten Methode wird weiter unten eingegangen). Geübte Beobachter bringen es bei der Bestimmung von ϱ zu großer Verlässlichkeit. Der subjektive Faktor ist, wie Vergleiche zwischen einer großen Anzahl von

Beobachtern lehrten, relativ gering. Während ρ bei allen Geröllen bis zur Grenze der optischen Erkennbarkeit in gleicher Weise gemessen werden kann und der Vergleich von ρ einzelner Fraktionen wichtige Rückschlüsse gestattet (vgl. LÜTTIG 1954), führt das Messen von Zi an Körnern < 10 mm zu sehr ungenauen Ergebnissen und ist in noch feineren Korngrößen ohne besondere Hilfsmittel nicht möglich.

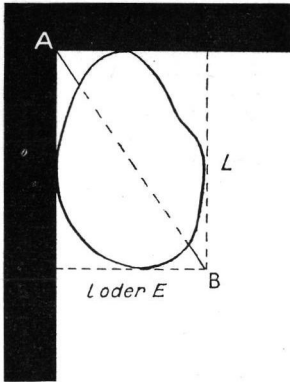


Abb. 2

Abb. 2. Lage des Gerölls zum Messen von π (oder σ). Auf dem Strahl AB liegen alle Punkte mit gleichem L : l (oder L : E)-Verhältnis. — Abb. 3. Strahlenfigur zum Messen von π und σ .

π und σ lassen sich mittels der in Abb. 3 dargestellten Strahlenfigur, die man sich leicht aus Millimeterpapier herstellen kann, direkt ablesen. Man legt dazu das Korn, will man σ messen, auf die abgeplattete Seite, so daß also E in der Blickrichtung liegt. L muß dazu — kartographisch gedacht — in die Nord-Südrichtung, l in die Ost-Westrichtung gebracht werden und „Nord- und Westpol“ des Kornes mit dem „Nord- bzw. Westrand“ der Figur abschneiden. Zur Erleichterung dieser Operation bringt man an der Nord- und Westseite der Figur am besten einen rechtwinkligen Anlage-Schenkel (aus Holz u. ä.) an. Noch besser ist, in diesem einen Schlitz freizulassen, durch den man zur Begrenzung der „Ost- und Südseite“ des Gerölls ein rechtwinklig-zweischenkliges Stück Zelluloid o. ä. beweglich einführen kann. Das Geröll wird nun „östlich“ und „nördlich“ von zwei Strichen des Millimeterpapiers (bzw. dem Zelluloid-Schenkel) tangiert, die den Strecken L und l (oder E) gleich sind, wenn sie sich im Punkte B (vgl. Abb. 2) schneiden. Die Strecke AB in Abb. 2 entspricht nun dem Verhältnis L : l (oder L : E). Diese Verhältniszahl in eine Prozentzahl (l oder E ausgedrückt in % von L) umzurechnen, bereitet keine Schwierigkeit. Man kann sich nun auf Millimeterpapier ein System von Strahlen (in 5%-Abstufung) anlegen, wie das in Abb. 3 geschehen ist. Die Schnittpunkte von L und l (oder E) für die einzelnen Gerölle lassen sich in kurzer Zeit feststellen und erkennen, auf welchem %-Strahle sie liegen.

Jede Rechenarbeit ist überflüssig geworden. Es empfiehlt sich, die Strahlenfigur (Abb. 3) jeweils in 10%-Gruppen farbig anzulegen; das Ablesen der %-Zahlen wird dadurch sehr erleichtert.

Will man π bestimmen, stellt man das Geröll so auf, daß die abgeplattete Seite der „West“seite der Strahlenfigur parallel läuft und in der Aufsicht L als größte Länge erscheint.

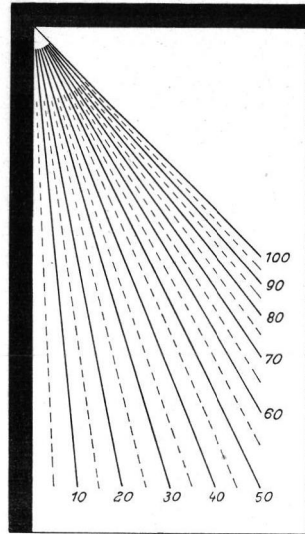


Abb. 3

II. Die Beziehungen von ϱ , π und σ zu den CAILLEUX-Werten

Um die Indizes der neuen Methode auch aus Messungen nach der CAILLEUX-Methode errechnen zu können, wurde eine größere Anzahl von Geröllen nach beiden Verfahren vermessen. Die dabei erhaltenen Werte wurden graphisch zueinander in Beziehung gesetzt.

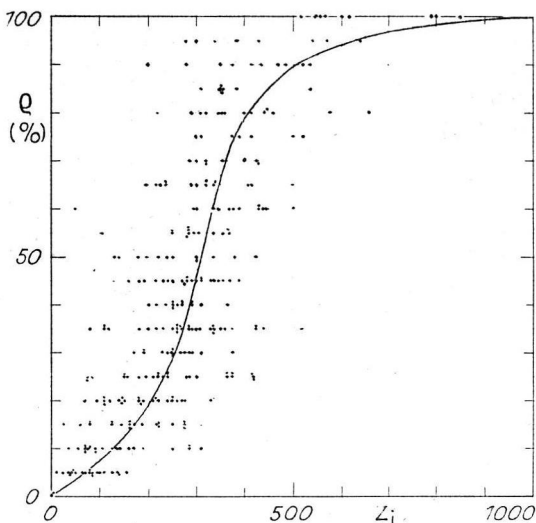


Abb. 4. Diagramm $\varrho : Z_i$

Die Beziehungen zwischen Z_i und ϱ sind, wie aus Abb. 4 ersichtlich ist, nicht sehr eng, was verständlich ist, da die zum Errechnen der beiden Indizes benutzten Größen verschieden sind (in Z_i gehen r_1 und L ein, ϱ enthält keine der beiden Größen). Bildet man die Mittelwerte von Z_i im Diagramm Abb. 4, so läßt sich jedoch eine brauchbare Funktion erkennen, die gestattet, Z_i -Werte mit einiger Annäherung in ϱ umzurechnen.

Wesentlich enger sind die Beziehungen zwischen A_i und π , da beide Indizes gemeinsame Größen besitzen.

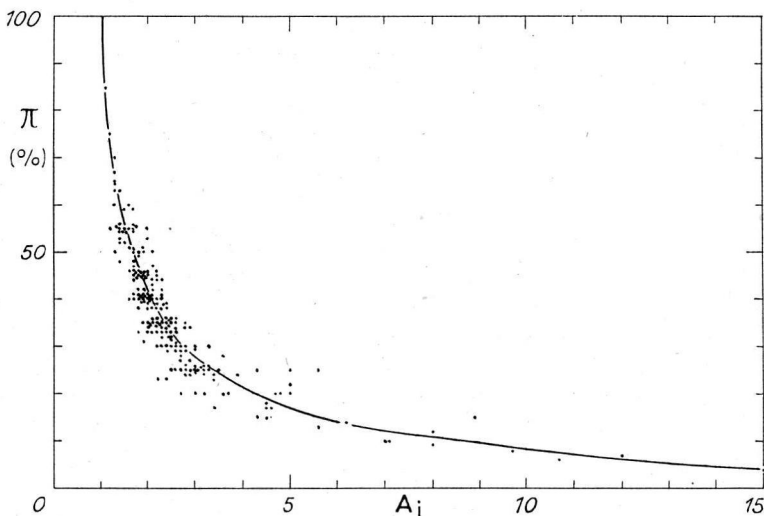
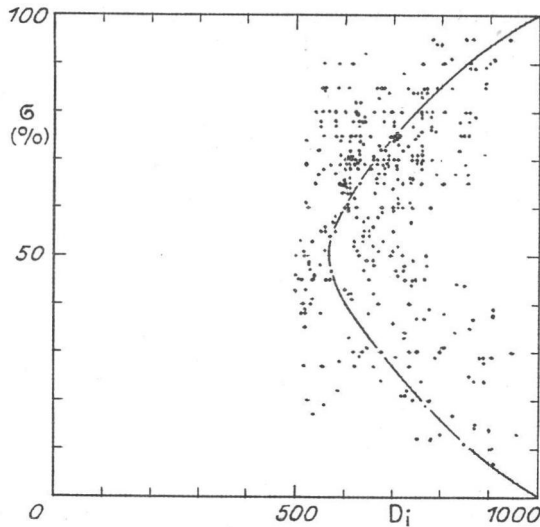


Abb. 5. Diagramm $\pi : A_i$

Es ist verständlich, daß das Verhältnis $L:l = \sigma$ von keinem großen Einfluß auf die Lage des Punktes C ist, des Punktes, an dem sich L und l schneiden. Eine größere Anzahl von Messungen zeigt (Abb. 6), daß man σ jedoch annähernd in D_i übersetzen kann und umgekehrt, wengleich z. B. der Wert $D_i = 600$ sowohl $\sigma = 60\%$ als auch $\sigma = 40\%$ entsprechen kann. (Wahrscheinlich ist immer der σ -Wert $> 50\%$, da langstengelige Gerölle — $\sigma < 50\%$ — seltener sind, als das Diagramm 6 es vortäuscht, weil ausgesucht viel langstengelige Gerölle vermessen werden mußten, um den Verlauf der σ/D_i -Kurve zu bestimmen.)

Abb. 6. Diagramm $\sigma : D_i$

Man kann also — wenn auch nur bei π und A_i mit größerer Genauigkeit — die neuen Indizes mit CAILLEUX'schen vergleichen und umgekehrt. Dazu dient Tabelle 1.

ϱ	Z_i	π	A_i	σ	D_i
0	0	0	15	0	1000
4	50	5	14	5	930
8	100	10	9	10	860
12	150	15	5,6	15	800
19	200	20	4,2	20	755
29	250	25	3,4	25	705
45	300	30	2,7	30	665
66	350	35	2,3	35	630
79	400	40	2,1	40	600
85	450	45	1,8	45	580
89	500	50	1,7	50	565
92	550	55	1,5	55	580
94	600	60	1,4	60	600
96	650	65	1,3	65	630
97	700	70	1,25	70	665
98	750	75	1,2	75	705
98	800	80	1,15	80	755
99	850	85	1,1	85	800
99	900	90	1,05	90	860
99	950	95	1,03	95	930
100	1000	100	1,0	100	1000

Tabelle 1. Die sich entsprechenden Werte der neuen und der CAILLEUX'schen Indizes.

Die Diagramme 4—6 geben zugleich Aufschluß über die Zweckmäßigkeit der neuen Indizes.

Bezüglich ϱ ist festzustellen, daß dadurch der Bereich der Z_i -Werte von 200—400, in dem die meisten fluviatilen Gerölle zu liegen pflegen, besser aufgeteilt wird als bei CAILLEUX. Die Verflachung der ϱ/Z_i -Kurve bei Z_i -Werten von 500 ab ist ohne Belang, da Gerölle mit $Z_i = 500, 600$ usw. gewöhnlich diese Werte nicht einer geringeren Rundung als Gerölle mit $Z_i = 900$ oder 1000 verdanken, sondern der Tatsache, daß sie ein größeres L : l-Verhältnis haben als diese. Mit anderen Worten: Langstengelige, aber gut gerundete (z. B. 100%ig konvexe) Gerölle erhalten, mißt man ϱ , die volle Würdigung ihrer Rundung, während ihre möglicherweise von einer primären Vorzeichnung (z. B. Klüftung, Absonderung des Gesteins usw.) herrührende Langstengeligkeit nicht bei ϱ , sondern σ Berücksichtigung findet.

Was geschieht nun mit gut gerundeten Flußschottern, die später periglazial überformt werden? Bei CAILLEUX wird die engste Rundung gemessen und damit die jüngere, periglaziale Geschichte des Kornes überbewertet, während erst zusätzliche Untersuchung, z. B. Messung von r_2 , die ältere, fluviatile Geschichte des Kornes zutage fördert. In die Messung von ϱ gehen beide Schicksalsabschnitte des Kornes ein. Eine periglaziale Überprägung von Flußschottern würde im Profil durch sprunghaftes Zurückgehen des ϱ -Durchschnittswertes sofort erkannt werden, wenn die Einzelprobe aus der Fließerde (o. ä.) für sich allein auch anders ausgedeutet werden könnte.

Beim Messen von $\frac{L+1}{2E} = A_i$ will CAILLEUX die Langstengeligkeit des Gerölls als nichtsagend für die Abplattung eliminieren; das Diagramm 5 zeigt, daß durch Vernachlässigen von l beim Messen von π (es wird ja später bei σ berücksichtigt) kein Schaden entsteht.

Was nun den Dissymmetrieindex anbelangt, so ist der Wert seiner Messung verhältnismäßig gering, da die betreffenden Werte für die einzelnen „Geröllgemeinschaften“ sich zu sehr überschneiden. Wenn in der vorliegenden Untersuchung D_i durch σ ersetzt wird, so soll damit nicht gesagt werden, daß σ eine ausschlaggebende Bedeutung für die Beurteilung der klimatischen, sedimentpetrographischen etc. Umstände zur Zeit der Entstehung des Gerölls zukommen muß. Meines Erachtens ist jedoch das Verhältnis L : l für die Charakterisierung der Kornform wichtiger als eine Aussage darüber, ob die dickste Stelle des Kornes sich oben, in der Mitte oder unten befindet.

C. Vergleich beider Methoden bezüglich Genauigkeit und Zeitaufwand

Von der neuen Methode können nur dann Vorteile erwartet werden, wenn sie genauer oder mindestens ebenso genau wie die CAILLEUX-Methode ist und die Messung weniger Zeit erfordert.

Was die Genauigkeit anbelangt, so wird niemand an morphometrische Methoden astronomische Maßstäbe anlegen. Verschiedene Morphometriker werden für ein und dasselbe Geröll immer etwas unterschiedliche Werte bestimmen. Dabei gilt CAILLEUX's Methode noch als sehr genau. Wie groß der subjektive Faktor bei CAILLEUX und der neuen Methode ist, ergibt sich aus dem Vergleich von Messungen dreier verschiedener Personen an 100 gleichen Geröllern. Diese drei Personen unterschieden sich bezüglich ihrer Erfahrungen auf morphometrischem Gebiet wie folgt:

A: vertraut mit der CAILLEUX- und der neuen Methode,

B: ohne Erfahrung in CAILLEUX-Messungen, vertraut mit dem Messen von ϱ ,

C: eingearbeitet mit der CAILLEUX-Methode, nicht vertraut mit der neuen.

Diese Versuchsanordnung erscheint, obwohl natürlich eine größere Anzahl von Testpersonen günstiger gewesen wäre, einigermaßen objektiv. Alle drei Testpersonen bestimmten zugleich die zum Messen der 100 (markierten) Gerölle in beiden Methoden benötigte Zeit. Die Ergebnisse des Tests gehen aus der Tabelle 2 hervor.²⁾

Durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert in %

	A	B	C	Gesamt-Durchschnitt
Z_i	18,4	20,2	20,1	19,6
A_i	6,5	5,7	5,6	5,9
D_i	12,1	8,2	10,6	10,3
ϱ	18,8	19,2	17,3	18,4
π	6,6	5,5	8,2	6,8
σ	4,5	3,5	4,7	4,2

Zeitaufwand für die Messung der neuen Methode in % von der CAILLEUX-Methode

A	B	C	Gesamt-Durchschnitt
52,7	34,7	67,3	51,6

Tabelle 2. Fehlergrenze beider Methoden und Zeitaufwand der neuen Methode, ausgedrückt in % von der CAILLEUX-Methode.

In Tabelle 2 fällt auf, daß die durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert in % bei der neuen Methode bis auf π geringer ist als bei CAILLEUX, wobei aber die Genauigkeit der Messung von π durchaus genügt. Wenn bei Z_i und ϱ noch 19,6 bzw. 18,4 Abweichung vom Mittelwert gemessen wurden, so muß bei diesen „hohen“ Fehlerbeträgen bedacht werden, daß 18,4% Abweichung ja bedeuten, daß A z. B. $\varrho = 22\%$ maß, B 18%, C 26%; das sind Unterschiede, die für morphometrische Zwecke ohne weiteres tragbar sind.

Der Zeitaufwand der neuen Methode ist bestimmt mit 51,6%, also rund der Hälfte der Zeit, die für die CAILLEUX-Messungen benötigt wird. Damit erweisen sich die neuen Indizes als im Durchschnitt genauer und wesentlich schneller meßbar.

D. Zusammenfassung

Zur Charakterisierung der Form eines Gerölles werden anstelle der CAILLEUX'schen Indizes (Z_i = Zurundungsindex, A_i = Abplattungsindex, D_i = Dissymetrieindex) die Größen

ϱ (%-Satz konvexer Teile am Umfang des Gerölls; Abrollungsgrad nach SZADÉCKY-KARDOSS)

π (Verhältnis von L = Länge zu E = Dicke, E ausgedrückt in % von L)

σ (Verhältnis von L zu l = größte Breite, l ausgedrückt in % von L)

²⁾ Den Herren H. Nowak und W. Strautz, Hannover, danke ich für freundlichst geleistete Meßarbeit.

vorgeschlagen. Während ρ abgeschätzt wird, kann man π und σ an einer Strahlenfigur direkt ablesen. Dadurch wird eine große Zeitersparnis für die Messung gegenüber der CAILLEUX-Methode (Zeitaufwand der neuen 51,6% der alten Methode) erzielt, obwohl die Meßgenauigkeit nicht geringer ist.

E. Schriftenverzeichnis

- CAILLEUX, A.: Morphoskopische Analyse der Geschiebe und Sandkörner und ihre Bedeutung für die Palaeoklimatologie. - Geol. Rdsch. **40**, S. 5-13, Stuttgart 1951.
- LÜTTIG, G.: Klima und Tektonik des Pleistozäns von Northeim. - Eiszeitalter u. Gegenwart **4/5**, S. 22-33, Öhringen 1954.
- POSER, H., & HÖVERMANN, J.: Untersuchungen zur pleistozänen Harz-Vergletscherung. - Abh. braunsch. wiss. Ges. **3**, S. 61-115, Braunschweig 1951.
- RICHTER, K.: Morphometrische Gliederung von Terrassenschottern. - Eiszeitalter u. Gegenwart **2**, S. 120-126, Öhringen 1952. - - Geröllmorphometrische Studien in den Mittelterrassenschottern bei Gronau an der Leine. - Eiszeitalter u. Gegenwart **4/5**, S. 216-220, Öhringen 1954.
- SZADÉCZKY-KARDOSS, E. v.: Die Bestimmung des Abrollungsgrades. - Zbl. Min. usw. B., S. 389, Stuttgart 1933.
- TRICART, J., & SCHAEFFER, R.: L'indice d'emoussée des galets, moyen d'étude des systèmes d'érosion. - Rev. Géom. dynam. **1**, No. 4, Paris 1950.

Manusk. eingeg. 10. 9. 1955.

Anschrift des Verf.: Dipl.-Geol. Dr. Gerd Lüttig, Hannover, Wiesenstr. 72/74, Amt für Bodenforschung.