

# KORNMORPHOLOGISCHE UNTERSUCHUNG DER DONAUTERRASSENKIESE

Von

E. TÖRÖK

Lehrstuhl für Mineralogie und Geologie, Technische Universität Budapest

(Eingegangen am 25. Februar 1970)

Vorgelegt von Prof. Dr. J. MEISEL

Der ungarische Abschnitt des Donautals und seine unmittelbare Umgebung wurden in zahlreichen, auf breitangelegten geologischen Analysen fußenden Forschungsarbeiten behandelt. Es wurden auch mehrere Baustoff- und ingenieurgeologische Untersuchungen über die Gesteinsarten des Donautals durchgeführt [1, 6, 7, 11, 14]. In diesen Forschungsarbeiten wurden wichtige Feststellungen über die morphologischen Eigenschaften der Mineralgesteinskörner gemacht.

Die morphologische Bestimmung der Körner von Trümmer-Sedimentärgesteinen können für die Praxis wichtige Anhaltspunkte zur Beurteilung der physikalischen Gesteinskennwerte liefern.

Von der Untersuchungsmethoden zur Kennzeichnung der Korngestalt hat sich die Untersuchung der Kornform und des Abrollungsgrades durchgesetzt, seitdem von WADELL [15] zuerst zwischen Abrollungsgrad (roundness) und formmäßiger Gestalt (shape) ein Unterschied gemacht wurde. Von den Verfahren zur Messung der bei der Geschiebeführung erhaltenen physikalischen Kennwerte, zur Bestimmung der Gestalt — der Abrundung, des Abrollungsgrades — haben sich die Methoden von WENTWORTH [16], WADELL [15], CAILLEUX [2], SZÁDECZKY-KARDOSS [12, 13] durchgesetzt. Durch ihre Anwendung wird eine quantitative Bestimmung des Abrollungsgrades ermöglicht.

In Ungarn wurde zuerst von SZÁDECZKY-KARDOSS [14], die von WENTWORTH eingeführte und interpretierte Blättrigkeitsmeßzahl (Flachheitsindex) zur Kennzeichnung der Gestalt angewandt, mit deren Hilfe sich die von der geometrischen Kugel- oder Würfelformen abweichende Korngestalt ausdrücken läßt. Von SZÁDECZKY-KARDOSS wurde bei seinen Forschungen die Kennzeichnung der Form unter Berücksichtigung der Gruppierung einzelner Gesteine, der Wahl einer gleichen Korngröße bzw. des vom Geschiebe zurückgelegten Weges zuerst für die Lösung von Fragen der Schichtenlehre und der Genetik verwendet.

In den Beschreibungen wird die Korngestalt meistens durch die bei der Messung von zwei oder drei Hauptachsen des Kornes erhaltenen Dimensionszahlen oder durch eine aus den Meßergebnissen gebildete Verhältniszahl gekennzeichnet.

Im internationalen Schrifttum fand die Methode von ZINGG [18] Verbreitung, wo die Korngestalten statt der Absolutsummen der Hauptabmessungen durch die Achsenverhältnisse gekennzeichnet werden. Seine Methode wurde von zahlreichen Forschern weiterentwickelt. Einige Arten der Gestaltsbestimmung werden im folgenden mit der Angabe des Autors gezeigt.

## Gestaltsbestimmungen mit Hilfe von verschiedenen Achsenverhältnissen

	$a/b$	$a/c$	$b/a$	$b/c$	$c/a$	$c/b$
ZINGG 1935			$x$			$x$
HEYWOOD 1937			$x$	$x$		
POSER-HÖVERMANN 1952	$x$		$x$			$x$
VALETON 1955						$x$
LÜTTIG 1956	$x$	$x$				
WALTZ 1959		$x$		$x$		
BLENK 1960					$x$	$x$

Kurzbezeichnungen:  $x$  das für die Kennzeichnung der Korngestalt benutzte Achsenverhältnis;  $a$  Länge;  $b$  Breite;  $c$  Stärke.

## Bestimmung der geometrischen Kornform

ROSFELDER 1960	$ab/c^2$	äußere Marke
COREY 1949		
SNEED-FOLK 1958		
WENTWORTH 1922	$(a + b)/c$	Flachheit
CAILLEUX 1945		
KRUMBEIN 1942	$bc/a^2$	Sphärizität
ASCHENBRENNER 1956	$ac/b^2$	Formfaktor
WENTWORTH-KONZEWITSCH 1961	$(a + c)/b$	isometrisch
SNEED-FOLK 1958	$(b + c)/a$	—
	$(a - b)/(a - c)$	
KRUMBEIN 1942	$abc$	Nennsphärizität
WENTWORTH 1922	$a + b + c$	mittlerer Durchmesser
KRUMBEIN 1939	$\sqrt{bc/a}$	Länglichkeit

Kurzbezeichnungen: wie in der vorstehenden Tafel

## I. Forschungsziel

Grobe Trümmergesteine — Kiese — werden als Zuschlagstoffe in der Bauindustrie verwendet. Aus dieser Sicht ist der Korngröße und der Korngestalt eine große Wichtigkeit beizumessen. Unsere morphologischen Untersuchungen wurden an Quarz, Quarzit, als den für das Geschiebe der Donau, das Sedimentgestein, maßgebenden Gesteinsarten durchgeführt, um über die Formkennwerte, die die technischen Eigenschaften des Materials, seine Verwendbarkeit beeinflussen, allgemeingültigere Feststellungen zu machen.

Die Zinggschen  $v/s$ ,  $s/h$ -Werte wurden als Wahrscheinlichkeitsveränderliche mit Normalverteilung, die sich gut annähern lassen, aufgefaßt. Zweck der Forschung ist, die Gesetzmäßigkeiten der kennzeichnenden quantitativen Angaben zu untersuchen, die aus theoretischer und praktischer Sicht wichtige — wahrscheinliche — Korngestalt in petrographischer Gruppierung zu bestimmen.

## 2. Probenahme, Gesteins- und Kornzusammensetzung

Unter Berücksichtigung der vorigen Ausführungen wurden in dem nördlichen Gebiet von Budapest aus dem jungen Terrassenkies der Donau an vier verschiedenen Stellen Gesteinsproben zur Untersuchung entnommen.\*

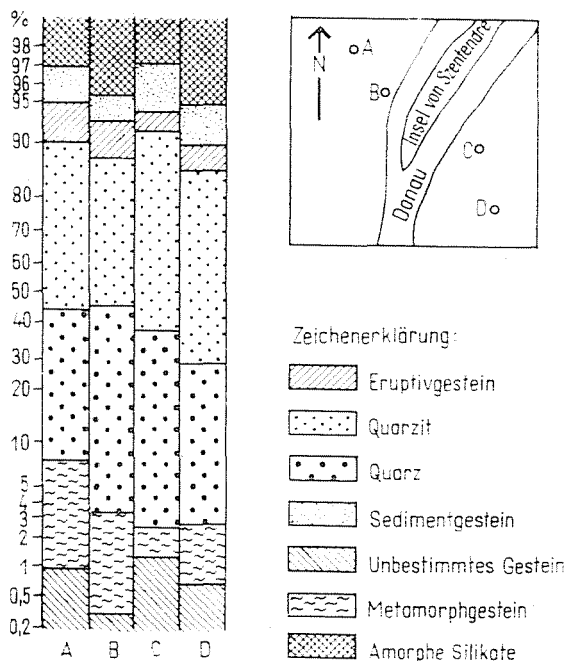


Abb. 1. Lageplan der Gesteinsprobenahmen für die Laboruntersuchungen und die Diagramme der Hauptkomponenten der einzelnen Proben. Zeichenerklärung: Quarz: Quarzit: Eruptivgestein: Sedimentgestein: unbestimmtes Gestein: Metamorphgestein: amorphe Silikate:

Die unter dem Einfluß der neudiluvialen Krustenbewegungen und klimatischen Faktoren entstandene II. Terrasse hat sich im Würm abgesetzt, in einer Höhe von etwa 8 bis 10 m über dem gegenwärtigen Wasserspiegel der Donau. Der Terrassenkies ist von einer Stärke von mehreren Metern, im oberen Teil Sandkies, Fluß- oder eolischer Sand, hie und da mit umgelagerten schluffigen und lehmigen Lößlagerungen. Die Orte der Probenahmen (A—D) sind in Abb. 1 angegeben. Die Lagerungsweise des Terrassenkieses ist in

\* Die Donau erscheint in der Gegend von Budapest zur Zeit der Ober-Diluviums um ihr Geschiebe in beträchtlichen Schichtendicken abzusetzen. Im Diluvium ist zufolge der abschnittswisen Senkung der Ungarischen Tiefebene und Erhebung des Budaer Gebirges eine beträchtliche Seitenbewegung des Stromes zu verzeichnen, der gleichzeitig einen tieferen Horizont einnimmt und dadurch ein Terrassental ausgestaltet. Die älteste Terrasse (Nr V) liegt um 150 m über dem gegenwärtigen Wasserspiegel.

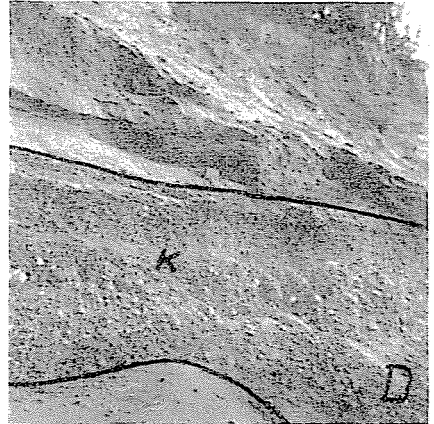
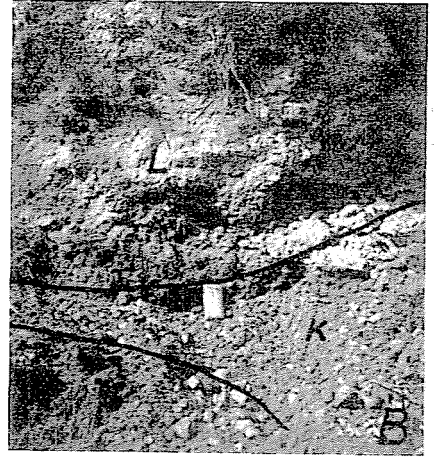


Abb. 2a, b, c, d. Oberdiluvialer (Donau-) Flußkies (K), quergeschichteter Flußsand (H), umgelagerter Löß (L)

Abb. 2 gezeigt. Die petrographische Zusammensetzung des Kieses in Prozentanteilen ist wie folgt: 80–88% *Quarz-Quarzit*, 4–5% *Eruptivgestein* (Andesit und Andesittuff), 2–5% *Sedimentgesteine* (Sandstein, feinkörniger, dichter Kalkstein), 2–6% *Übergangsgebirge* (Quarzitschiefer, Gneis), 2–5% *amorphe Silikate* (Opalarten), 0–1% *unbestimmte Gesteinskörner*.

Die Verteilung der petrographischen Zusammensetzung ist auch in Abb. 1 dargestellt. Die kornmorphologischen Untersuchungen wurden an sortierten Materialien (mit Durchmessern von 5–10 und 10–20 mm) unternommen, die für die Bestimmung der Kornzusammensetzung getrennt wurden. Für die Konverteilung sämtlicher Gesteinproben ist eine Asymmetrie

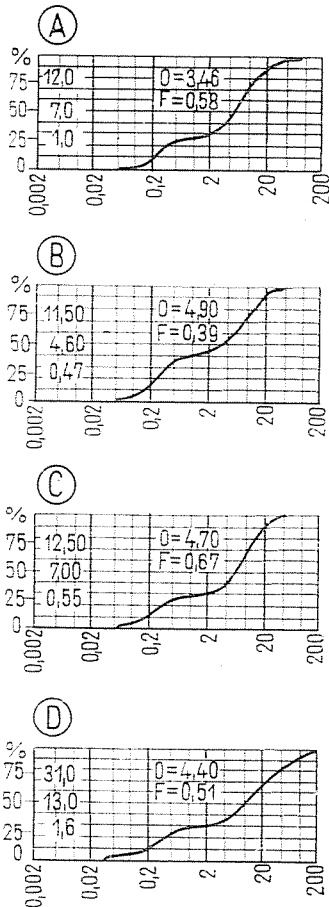


Abb. 3. Körnungskurven der Gesteinsproben mit den zu 75, 50, 25 Gewichtsprozenten gehörenden Korndurchmessern.  $O$  = Sortierungsgrad (Trasker);  $F$  = Schräge (Folk-Wardsche)

kennzeichnend, die mit den größeren Korngrößen zunimmt (Abb. 3). Die Höhe dieses Kennwertes wird durch die *Schräge* ( $F$ ) ausgedrückt, die mit Hilfe der untenstehenden Formel bestimmt wird:

$$F = \frac{84 + 16 - 2 \cdot 50}{2(84 - 16)} + \frac{95 + 5 - 2 \cdot 50}{2(95 - 5)}$$

wo für die statistische Berechnung die zu den Gewichtsprozenten 95, 84, . . . , 5 der Summenkurve gehörenden Korngrößen im  $\Phi$  Wert vorkommen.

Ein *positiver* Wert von  $F$  deutet darauf, daß der größere Körnungsbereich, ein *negativer* Wert darauf, daß der feinere Körnungsbereich vorherrscht; im vorliegenden Falle kamen nur positive Werte vor.

Die Sortierung des Sediments wurde mit dem *Sortierungswert* ( $O = \sqrt{D_{75}/D_{25}}$ ) ausgedrückt, u.zw. durch Ermittlung der zu 75, 25 Gewichtsprozenten gehörenden Abszissenwerte der Summenkurve. Unsere Untersuchungsergebnisse wurden mit mehreren Donau-Analysendaten verglichen,

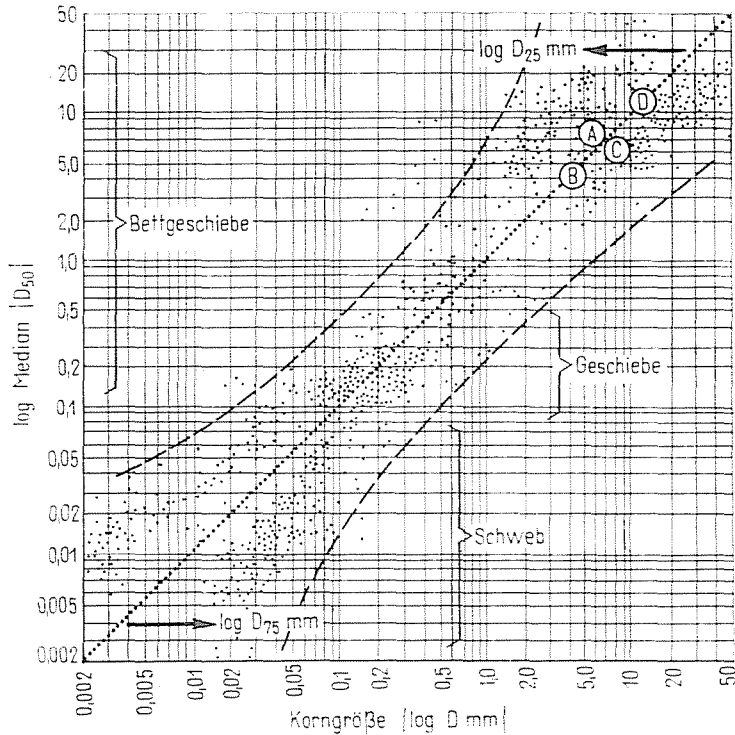


Abb. 4. Sortierungsgrad des Donaugeschiebes in Abhängigkeit von den auf die Diagonallgerade bezogenen Mediandurchmessern, unter Angabe der durchgeführten Analysen

indem die *Trasken*  $D_{75}$  und  $D_{25}$  Werte in Abhängigkeit von den Mediandurchmessern dargestellt wurden (Abb. 4). Auf diese Weise erhält man auch graphisch einen Überblick über die Gestaltung eines wichtigen Kennwerts, der Sortierung.

Die größte Symmetrie ist bei der Kornzusammensetzung der Sedimente mit den Mediandurchmessern 0.1 bis 0.2 mm zu verzeichnen, wobei die Quartilwerte ( $D_{75}$ ,  $D_{25}$ ) hier am strengsten der Geraden der Mediandurchmesser folgen. Bei größeren und feineren Korngrößen nimmt der Sortierungswert ab (wie das auch in der Abbildung zu sehen ist). Anhand der obigen Ausführungen erhält man durch die Analyse von Geschiebe und Schweb auch über den Umfang der Kornzusammensetzung Aufschluß (Abb. 4).

3. Statistische Verarbeitung der Meßergebnisse

Bei der Zingg'schen Ausgangsanalyse ist der Abrollungsgrad, die Abrundung nicht interpretiert. Die morphologischen Merkmale der verschiedenen Steinmaterialien zufolge des Abriebs sind kennzeichnend und gut zu deuten. Es lassen sich dadurch vier Gestaltsgrundformen unterscheiden (Abb. 5):

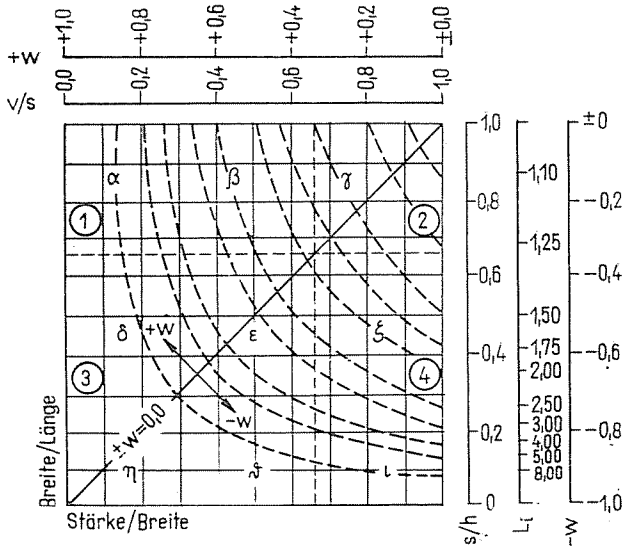


Abb. 5. Für die Analyse der Kornform angewandte Darstellungsweise (nach Zingg).  $Li$  = Flachheitsindex.  $w$  = Formindex. — = unter Angabe der Korngestalt-Grundformen in Abb. 6.

- 1 = blättrig
- 2 = isometrisch
- 3 = blättrig-länglich
- 4 = länglich

Parallel zu den Horizontal- bzw. Vertikalachsen sind in der Abbildung die Werte von Flachheitsindex ( $Li$ ) und Formindex ( $w$ ) dargestellt. Der Flachheitsindex läßt sich aus den Zingg'schen Kennwerten ableiten:

$$Li = \frac{1 + \frac{s}{h}}{2 \frac{s}{h} \cdot \frac{v}{s}} = \frac{h + s}{2v}$$

Bei gleicher Flachheit weisen die Körner verschiedene mögliche Formen auf. Um diese genau auszudrücken, wurde von uns die von WILLIAMS [17] eingeführte Formindex-Meßzahl verwendet, die wir wie folgt errechneten:

$$+w = \left( 1 - \frac{h \cdot v}{s^2} \right) \dots s^2 > h \cdot v$$

$$-w = \left( \frac{s^2}{h \cdot v} - 1 \right) \dots s^2 < h \cdot v$$

Bei den Maximalwerten von  $v/s$  und  $s/h$  ist das Korn isometrischer (sphärischer) Form. In Abb. 6 sind einige symbolische Formen nach der Bearbeitung von KRUMBEIN [14] zu sehen. Neben den griechischen Schriftzeichen sind Länge  $h$ , Breite  $s$  und Stärke  $v$  des Korns angegeben.

Bei unseren Untersuchungen wurden die Hauptabmessungen der Quarz-Quarzitkörner mit der Schublehre bestimmt. Nach Bildung der  $v/s$ -,  $s/h$ -Kenn-

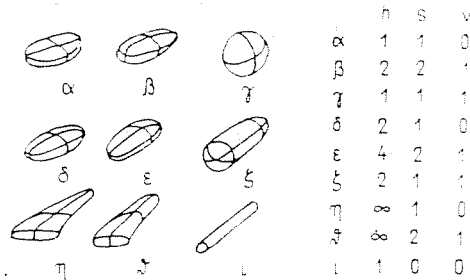


Abb. 6. Die in Abb. 5 bezeichneten Kornformen mit den symbolischen Hauptachsen-Maßverhältnissen

werte wurden die erhaltenen Größen in Teilungsintervalle eingeordnet und aus den verfügbaren Daten (in der Regel von 200 Messungen) wurde das Histogramm der relativen Häufigkeit konstruiert. Die Meßergebnisse wurden als Zufallsveränderliche aufgefaßt, wobei die Untersuchungen zeigten, daß diese als Elemente einer aus einer annähernd regelmäßigen, herausgegriffenen Musterreihe zu betrachten sind.

Für die bereits genannte Verarbeitung ist in Tafel 1 ein Beispiel gezeigt. In diesem Falle betraf die Normalitätsuntersuchung der  $s/h$ -Werte die Korngruppe 5–10 mm.

Die Kennwerte der Proben A–D sind für die Korngruppe 5–10 mm in Abb. 7 dargestellt, wo auch für die Probe A die theoretische (Gaußsche) Kurve konstruiert wurde. Um die Frage zu entscheiden, ob die  $v/s$ -,  $s/h$ -Werte der Zingg'schen Formkennwerte als die Elemente einer Probe aus Normalverteilung betrachtet werden dürfen, wurde als objektives Mittel die  $\chi^2$ -Methode gewählt.



Tafel I

Verteilungsuntersuchung der  $s/h$ -Kennwerte von Quarz-Quarzitgesteinen mit Korngrößen von 5–10 mm: Berechnung der theoretischen Kurve  
 $\bar{x} = 0.7310, s = 0.1210$

$x_{i-1}, x_i$	$\frac{x_{i-1} + x_i}{2}$	$v_i$	$\frac{x_i - \bar{x}}{s}$	$\phi(x_i)$	$w_i$	$n \cdot w_i$
0.45–0.499	0.4745	4	-2.12	0.0422	0.0174	3.48
0.50–0.549	0.5245	8	-1.71	0.0925	0.0382	7.65
0.55–0.599	0.5745	16	-1.29	0.1736	0.0717	14.34
0.60–0.649	0.6245	23	-0.88	0.2709	0.1119	22.38
0.65–0.699	0.6745	33	-0.47	0.3572	0.1475	29.60
0.70–0.749	0.7245	31	-0.05	0.3984	0.1645	32.95
0.75–0.799	0.7745	24	+0.36	0.3739	0.1544	30.90
0.80–0.849	0.8245	25	+0.77	0.2966	0.1225	24.50
0.85–0.899	0.8745	17	+1.18	0.1989	0.0821	16.45
0.90–0.949	0.9245	11	+1.60	0.1109	0.0458	9.17
0.95–0.999	0.9745	8	+2.01	0.0529	0.0218	4.36

$x_{i-1}, x_i$  Grenzwerte;  $\frac{x_{i-1} + x_i}{2}$  Gruppenmitte;  $v_i$  Häufigkeit;  $w_i$  relative Häufigkeit;  $n$  Anzahl der Messungen.

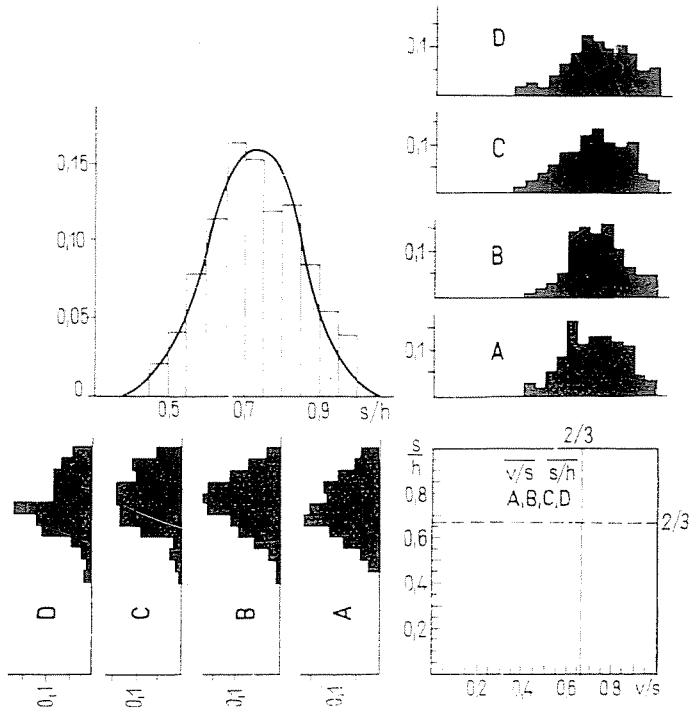


Abb. 7. Blättrigkeit  $s/h$ . Länge  $v/s$ . und Hystogramm der relativen Häufigkeit Die Gaußsche Kurve für das  $s/h$ -Hystogramm der Probe A, konstruiert mit Hilfe der Daten in Tafel I

**Tafel 2**  
Anpassungsuntersuchung der  $s/h$ -Werte  
von 5–10 mm Quarz-Quarziten, mit Hilfe der  $\chi^2$ -Probe

$x'_{i-1}, x'_i$	$v_i$	$\frac{x'_i - \bar{x}}{\sigma^*}$	$p_i$	$200 p_i$	$(v_i - 200 p_i)^2$	$\frac{(v_i - 200 p_i)^2}{200 p_i}$
$\infty - 0,449$	4	-1,915	0,02775	5,55	2,40	0,433
0,50 - 0,549	8	-1,504	0,03854	7,71	0,08	0,011
0,55 - 0,599	16	-1,090	0,07161	14,32	2,72	0,189
0,60 - 0,649	23	-0,678	0,11110	22,22	0,61	0,027
0,65 - 0,699	33	-0,264	0,14730	29,46	12,55	0,425
0,70 - 0,749	31	+0,149	0,16290	32,58	2,50	0,077
0,75 - 0,799	24	+0,562	0,15380	30,76	45,80	1,490
0,80 - 0,849	25	+0,975	0,12225	24,45	0,30	0,012
0,85 - 0,899	17	+1,390	0,08249	16,50	0,25	0,015
0,90 - 0,949	11	+1,800	0,04633	9,27	3,00	0,291
0,95 - $\infty$	8	$\infty$	0,03592	7,18	0,67	0,093
	200		0,99999	200,00		$\chi^2 = 3,063$

$$p_i = \Phi \left( \frac{x'_i - \bar{x}}{\sigma^*} \right) - \left( \frac{x'_{i-1} - \bar{x}}{\sigma^*} \right)$$

$x'_{i-1}, x'_i$  Grenzwerte;  $v_i$  Häufigkeit.

**Tafel 3**

Zusammenstellung der durch schätzungsmäßige  
Anpassungsuntersuchung ermittelten Werte

5–10 mm

Probe	Form	$\bar{x}$	$\sigma^*$	$f(r-3)$	$\chi^2$	$\chi^2_0$
A	$v/s$	0,7240	0,1320	9	10,033	16,919
	$s/h$	0,7310	0,1210	8	3,063	15,507
B	$v/s$	0,7340	0,1200	10	7,523	18,307
	$s/h$	0,7599	0,1259	9	4,407	16,919
C	$v/s$	0,7160	0,1388	10	7,616	18,307
	$s/h$	0,7710	0,1197	9	8,285	16,919
D	$v/s$	0,7326	0,1400	10	5,047	18,307
	$s/h$	0,7605	0,1176	9	8,217	16,919

10–20 mm

A	$v/s$	0,6780	0,1390	12	15,266	21,026
	$s/h$	0,7770	0,1130	7	3,355	14,067
B	$v/s$	0,7040	0,1445	10	9,536	18,307
	$s/h$	0,7390	0,1260	9	5,427	16,919
C	$v/s$	0,6930	0,1480	13	9,683	22,362
	$s/h$	0,7780	0,1240	8	4,807	15,507
D	$v/s$	0,6640	0,1550	13	7,213	22,362
	$s/h$	0,7800	0,1375	10	7,120	18,307

$\bar{x}$  = Probenmittelwert;  $\sigma^*$  = korrigierte empirische Streuung;  $f(r-3)$  = Anzahl der Freiheitsgrade;  $\chi^2$  = Istwert;  $\chi^2_0$  = zur Wahrscheinlichkeit von 99% gehörender tabellarischer Wert.

$$P(\chi^2 < \chi^2_0)$$

Die Frage sollte bei einer Wahrscheinlichkeit von  $1 - \varepsilon = 0,99$  d. h. 99% untersucht werden, damit auch die Verteilungsparameter aus der Probe abgeschätzt werden. Die Verarbeitung der  $s/h$ -Werte der Kornfraktion mit Durchmessern von 5–10 mm der Probe A ist in Tafel 2, die Gesamtuntersuchung der vier Gesteinsproben *in situ* in Tafel 3 mitgeteilt. Unser Ansatz ist annehmbar, die erhaltenen Meßergebnisse stammen nach den Ergebnissen der schätzungsmäßigen Anpassungsuntersuchung aus einer Normalverteilung.

Die Blättrigkeits- und Längenwerte der Körner folgen der Normalverteilung. Um von der unterlaufenen Ungenauigkeit ein Bild zu erhalten, andererseits um die betreffenden Parameter mit hoher Wahrscheinlichkeit zu ermitteln, sind eine untere ( $x_1$ ) und eine obere ( $x_2$ ) Grenze anzugeben, wo  $x_1$  und  $x_2$  Wahrscheinlichkeitsveränderliche darstellen, deren Werte bei der Untersuchung der Probe bestimmt werden. Der Istwert für  $a$  wird aus dem Ausdruck

$$P(x_1 \leq a < x_2) = 1 - \varepsilon$$

ermittelt. Bei einer unter Anwendung der  $u$ -Prüfung gegebenen Konfidenzniveau wurde aus der Beziehung

$$P\left(a - u_\varepsilon \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}} \leq \bar{x} < a + u_\varepsilon \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}}\right) = 1 - \varepsilon$$

ausgegangen, wo zwischen  $\varepsilon$  und  $u_\varepsilon$  die Beziehung

$$1 - \varepsilon = \Phi(u_\varepsilon) - \Phi(-u_\varepsilon) = 2\Phi(u_\varepsilon) - 1$$

besteht; damit läßt sich aus der Tafel der Normalverteilung der zu einem gegebenen  $u_\varepsilon$  gehörende  $\varepsilon$ -Wert ablesen. Die Meßergebnisse sind in Abb. 8 dargestellt. Bei der morphologischen Prüfung der Korngruppen 5–10 mm und 10–20 mm von Quarz-Quarzitgesteinen läßt sich feststellen, daß sich mit zunehmender Korngröße die Kornform dem blättrigen Bereich nähert. Die Korngruppe mit Durchmessern von 5–10 mm weist Formindexwerte  $w$  von 0,01–0,07, die Korngruppe 10–20 mm solche von 0,05–0,15 auf. Mit wachsender Korngröße nimmt auch der Flachheitswert  $L_i$  zu: in der Korngruppe 5–10 mm beträgt er durchschnittlich 1,68, in der Korngruppe 10–20 mm 1,79.

In den vorigen Abbildungen sind für die Proben A–D bei einer 99-prozentigen Wahrscheinlichkeit die voraussichtlichen Werte von  $v/s$  und  $s/h$  auch einzeln dargestellt.

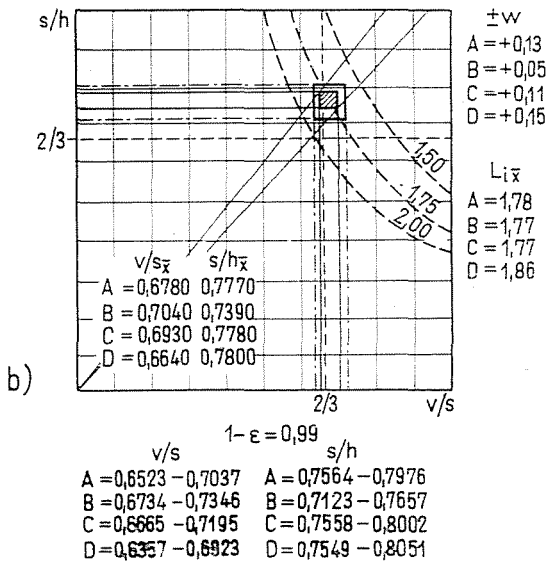
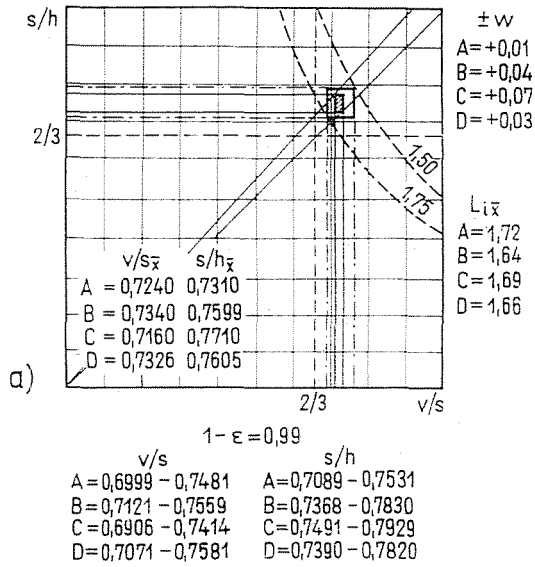


Abb. 8a. b. Morphologische Kennwerte der Korngruppen 5–10 mm und 10–20 mm; Mittelwerte und die Konfidenzgrenzen der voraussichtlichen Werte bei einer Wahrscheinlichkeit von 99%; Form- und Flachheitsindexe der Proben A–D

#### 4. Beziehung zwischen den Kornformparametern und der Korngröße: die morphologische Wertung der untersuchten Gesteine nach der Normvorschrift

Bei der Untersuchung der Beziehung zwischen Formkennwerten und Korngröße soll die Frage beantwortet werden, wie die *Zingg*schen  $v/s$ ,  $s/h$ -Werte sowie der Flachheitsindex durch die Änderung der Kornform beeinflusst werden, und wie eng die Beziehung zwischen diesen ist. Durch die Meßzahl für die Länglichkeit des Korns  $v/s$  wird eine zunehmende Verlängerung der Form mit wachsender Korngröße ausgedrückt (Abb. 9); der Quotient  $s/h$  mit dem die blättrige, flache Kornform ausgedrückt wird, nimmt mit wachsender Korngröße höhere Werte an. Der eine von der isometrischen abweichende Kornform kennzeichnende Parameter, der Flachheitsindex, nimmt auch mit wachsender Korngröße zu (Tafel 4).

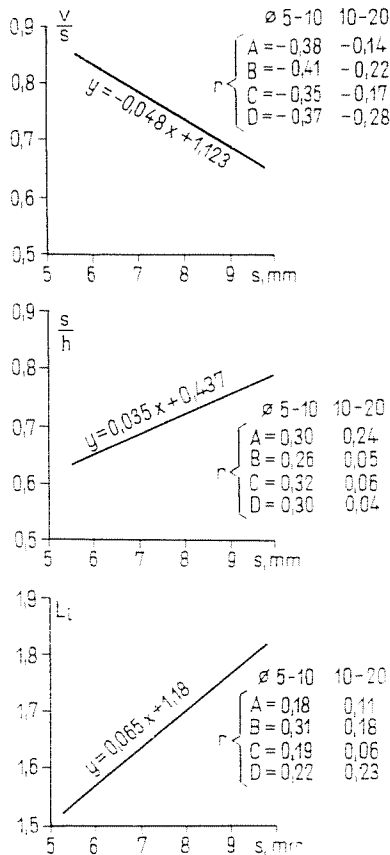


Abb. 9. Zusammenhang zwischen Korngröße ( $S$  mm) und den Werten  $v/s$ ,  $s/h$ ,  $Li$ , unter Angabe des Korrelationskoeffizienten, bei der Bildung von Korngrößen 5–10 und 10–20 mm. Die Regressionsgerade und deren Gleichung beziehen sich auf die Probe A

Tafel 4

Normmäßige Formkennwerte der Quarz-Quarzitkörner  
im Geschiebe der Donau und ihrer Nebenflüsse

D mm	Gedrungen		Blättrig		Länglich		Blättrig und länglich		
	%	db	%	db	%	db	%	db	
Donau	5—10	65	576	6	53	27	242	2	14
	10—20	65	618	10	92	23	220	3	25
	>20	55	352	19	121	23	146	3	16
		61,67		11,67		24,33		2,67	
Nebenflüsse	5—10	65	669	9	93	23	242	3	29
	10—20	58	498	12	107	25	220	5	39
	>20	51	167	17	56	27	88	5	17
		58,00		12,67		25,00		4,33	
$v/s$	>0,5		<0,5		>0,5		<0,5		
$h/s$	<1,5		<1,5		>1,5		>1,5		

Unter Berücksichtigung der Korrelationskoeffizienten läßt sich ein mäßiger bzw. schwacher Zusammenhang feststellen, obwohl die Beziehung auf einen Zusammenhang in richtigem Sinne hinweist. Bei unseren Analysen wurden sortierte Stoffe (also enge Kornbereiche) untersucht. Damit ließen sich sehr feine morphologische Merkmale (Abweichungen, Veränderungen an Gestein mit hohem Verschleißwiderstand, an Quarz-Quarziten) nachweisen.

Bei der baulichen Nutzung wird das gesamte Geschiebe durch die morphologische Eigenart der genannten Gesteine maßgebend bestimmt. Bei der Verwendung als Zuschlagstoffe werden die normmäßigen Kornformen durch das Verhältnis von Länge, Breite und Stärke gekennzeichnet. Zu diesem Zweck wurde die Klassenbildung in Abb. 10 durchgeführt, wo die Kornformen: blättrig I, blättrig und länglich II, gedrungen III, länglich IV in Prozentanteilen ausgedrückt sind. Aufgrund dieser Qualifizierung kann aus den form-

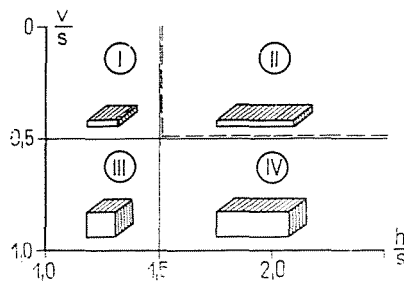


Abb. 10. Bei der Qualitätsbestimmung von Baustoffen angewandte normmäßige Kennzeichnung der Form

mäßigen Eigenschaften auf die physikalischen Kennwerte geschlossen werden. Bei einer Vergrößerung in einem Sinne des isometrischen Korns, wenn es eine gedrungene, doch längliche Form annimmt, nimmt seine Biegefestigkeit ab, daher muß für die Kornlänge ein Grenzwert festgesetzt werden. Durch eine Schwächung der isometrischen Form entsteht die blättrige, wo nach dem Verhältnis des Querschnitts sowohl die Biege- als auch die Scher- und Druckfestigkeit abnehmen.

Aus der Ordnung in der vorigen Abbildung ausgehend wurden die Quarz-Quarzite der Donau und Nebenflüsse ausgewertet und in Tafel 4 zusammengestellt. Die so ermittelten Formwerte befriedigen vorzüglich die Normvorschriften.

### Zusammenfassung

Bei der kornmorphologischen Untersuchung von oberdiluvialen Flußkiesen, Quarz-Quarzitgesteinen, wird festgestellt, daß sich mit der Veränderung der Korngröße die ZINGG-schen Formkennwerte ändern.

Zur Ermittlung der Beziehung zwischen Formkennwerten und Korngröße wurden vom Verfasser Korrelationsberechnungen gemacht. Unter Berücksichtigung der Korrelationskoeffizienten ließen sich mäßige bzw. schwache Zusammenhänge feststellen.

Die morphologische Untersuchung der Flußablagerungen (Eruptiv-, Sediment-, metamorphische Gesteine) soll unter Anwendung der beschriebenen Methoden in der Zukunft durchgeführt werden, um die Ergebnisse bei terrassenmorphologischen und sedimentgeologischen Forschungen anzuwenden.

### Schrifttum

1. BOGÁRDI, J.: Theorie der Geschiefbeführung.\* Bp. 1955.
2. CAILLEUX, A.: L'indice d'éroussé: Définition et première application. Comptes Rend. Somm. Géol. France, 1947.
3. FAZEKAS, F.: Ingenieur-mathematische Übungen.\* Bp. Tankönyvkiadó 1966.
4. KRUMBEIN, W. C.: Application of photo-electric cell to the measurement of pebble axes for orientation analysis. Jour. Sed. Pet., vol. 9, (1939).
5. MOHR, A.—MRAZEK, J.—RICHTER, K. H.—VOGEL, W.: Ein neues Darstellungsverfahren in der morphometrischen Analyse zur Kennzeichnung der Kornrundung. Geologie, Berlin p. 660—675. 1967.
6. PÉCSI, M.: Die Entstehung und Oberflächenstruktur des Donautales in Ungarn und seine Oberflächenmorphologie.\* Bp. Akad. K. 1959.
7. PÉCSI-DONÁTH, É.: Abrollungsgraduntersuchung der Donau-Terrassenkiese.\* Földtani Közlöny (1958).
8. RILEY, N. A.: Projection Sphericity. Jour. Sed. Pet. 11, (1941).
9. SNEED, E. D.—FOLK, R. L.: A study in particle morphogenesis. Journ. Geology 66, (1958).
10. SNEED, E. D.—FOLK, R. L.: Pebbles in the Lower Colorado River. Texas. A study in particle morphogenesis. Journ. Geology. 66, (1958).
11. STELCZER, K.: Abrieb des Geschiebes.\* Manuskript. Bp. 1968.
12. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: Die Bestimmung des Abrollungsgrades. Zbl. Min., Stuttgart, 1933.

\* In ungarischer Sprache.

13. SZÁDECZKY-KARDOSS. E.: Angaben der Abrollungsgradgrenze.\* Földtani Közl. (1935).
14. SZÁDECZKY-KARDOSS. E.: Geologie der rumpfungarländischen kleinen Tiefebene. Sopron, 1938.
15. WADELL. H.: Volume shape and roundness of rock particles. Amer. J. Geol. **40**, (1932).
16. WENTWORTH, CH. K.: A method for measuring and plotting the shapes of pebbles. U.S. Geol. Surv. Bull. 730/c, 1922.
17. WILLIAMS, E. M.: A method of indicating pebble shape with one parameter. Journ. Sed. Pet., **35**, (1965).
18. ZINGG, TH.: Beitrag zur Schotteranalyse. Schweizerische Min. und Petrographische Mitteilungen. 1935—1936.

Adjunkt Dr.-Ing. Endre Török, Budapest XI., Stoczek u., 2-4. Ungarn

\* In ungarischer Sprache