

ERFAHRUNGEN ÜBER DIE HAGERMAN-METHODE

von T. UNGÁR

Planungsbüro von Szeged

In Ungarn wurden mehrere Versuche angestellt die Brauchbarkeit der Methode von *Hagerman* über die Korngestalt Untersuchung zu entscheiden. *Végh S.* hat mit dieser Methode Sand-Sedimente aus dem Helvet und Tortonen vom Gebiet Süd-Ungarns, *Hidas* und *Váralja* untersucht. *Krivan P.* hat die Ergebnisse der *Hagerman*-Methode mit den Ergebnissen anderer Sediment-petrographischen Untersuchungen, — so mit Sieb-Analyse nach *Miháltz u. Ungár* — verglichen. Er hat als Material das von dem 954 m tiefen artesischen Bohren in Szeged (»Anna Brunne«) gegebene Muster benützt. Der Author hat die bei der Ausführung der Methode entstehenden Fehlermöglichkeiten und aus dem Grundsinn der Methode ausgehend die Möglichkeit der geologischen Anwendung geprüft. In Folgenden wollen wir die Ergebnisse dieser und unserer eigenen Untersuchungen zusammenfassen.

Die Prüfung der Korngestalt nach der Methode von *Hagerman*, — wie es bekannt ist —, begründet sich auf der Messung der Länge und Breite der Quarz-Körner. Die Auswertung der Ergebnisse geschieht so, dass in einem Koordinatensystem auf der Abszisse die Länge der Körner (l), auf der Ordinate das Verhältnis der Breite zur Länge (b/l) dargestellt wird. Die Projektionspunkte befinden sich an einem — mehr- oder weniger —begränzten Gebiet. Die Gestalt des durch die Zusammenbindung der äusseren Punkte hergestellten *Hagerman*-Feldes ist nach dem Author der Methode auf die Entstehung der Sandsorten, teilweise auf das Abrasions-Gebiet, charakteristisch.

Die Methode ist einfach, so zu sagen ohne subjektiven Fehlern, sie gehört zwischen den Methoden für die Korngestalt-Messungen zu diesen, die an Zeit mittelmässige Ansprüche haben, so ist das Interesse an der Methode verständlich.

In Verbindung der *Ausführung* sind folgende Bemerkungen zu erwähnen:

1. Die Methode stellt die *eindeutig* messbare Länge der Quarzkörner in Verhältnis mit der, von der Lage am Objekt-Tisch abhängigen, und deshalb gelegentlicher Breite. Die Unsicherheit der Breitemessung ist also die erste Fehlerquelle der Methode. Es scheint wahrscheinlich zu sein, dass die Körner mit ihrer grössten Querschnittlichen Fläche parallel

am Objekt-Tisch des Mikroskops liegen, und das erfolgt ein grösseres b/l Wert, als es in der Wirklichkeit gibt.

2. Bei der Länge- und Breitemessung der Körner wird das letzte Zehntel an der Okularskale durch Schätzen festgestellt. Der da begangene Fehler verursacht in dem b/l Wert grösseren Körner kleineren Fehler, als in demselben der Kleineren. Andererseits wegen der begränzten Tiefenschärfe des Mikroskops sind oft nicht alle Stellen der Kontur der Körner gleichzeitig genau scharf zu sehen. Die daraus ergebenden Fehler verursachen eine wahrscheinlich kleine Verzerrung der Ergebnisse.

3. Es erschwert die eindeutige Auswertung der Ergebnisse, dass die Methode keine Bedingungen in der Beziehung des Feststellens von *Hagerman*-Feld bzw. der Weise auf welcher die äusseren Punkte zu verbinden sind, enthält [3]. Abb. 1. stellt ein *Hagerman*-Diagramm von Sanddüne dar, wo die äusseren Punkte auf verschiedener Weise verbunden sind.

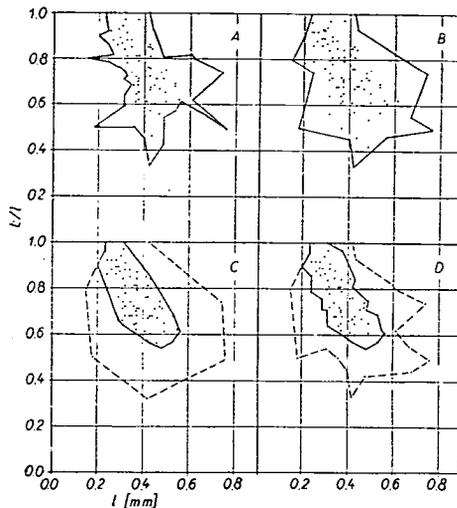


Abb. 1. Die Veränderung des *Hagerman*-Feldes mit der Veränderung der äusseren Punkte bei Sanddünen von Hódmezővásárhely (Südost-Ungarn)

Auf der Zeichnung A haben wir das Ablaufen der äusseren Punkte in Zickzack gefolgt. Auf der Zeichnung B haben wir die äusseren Punkte mit grösseren Auslassungen zusammengebunden. Bei der Bereitung der *Hagerman*-Diagrame ist es in der Sitte das innere, mit grösserer Punktdichte und das äussere, Messpunkte nicht so dicht enthaltende Gebiet ab zu grenzen. In Beziehung dieser Abgrenzung gibt auch keine einheitliche Methode. Die Zeichnung C wurde mit der Bedingung gemacht, dass die Grenze des Gebietes mit grösserer Punktdichte dort sein soll, wo auf das 0.1×0.1 Gebiet noch wenigstens drei Projektionspunkte kommen, und die begrenzenden Polygone keine hineinspringende Winkel enthalten. Die Abgrenzung des Gebietes mit grösserer und kleinerer Punktdichte wurde auf der Zeichnung D mit der vorherigen Bedingungen

bereitet, und das Zeichnen des Grenzenpolygons so, dass überall die nächsten Punkte miteinander verbunden wurden.

An Abb. 1. ist zu sehen, dass die Gestalt des *Hagerman*-Feldes von der Weise, auf welcher die äussersten Punkte zusammengeknüpft sind, in grossem Masse abhängt. Es ist wichtig, denn nach dem Author der Methode und nach denen, die sie verwenden, ist die Abstammung des Sandes aus der Gestalt des Grenzenpolygons zu entscheiden. So haltet man bei Flusswassersand den spitzigen, bei Flugsand den abgerundeten Rand des Verteilungsgebietes charakteristisch.

4. Bei den ungarischen Messungen hat *Végh S.* [13] 100—120, *Kriván P.* [4] 150 Körner je einem Muster benützt. Diese Tatsache weist darauf, dass in Zahl der untersuchenden Körner kein einheitlicher Standpunkt gibt. In *unseren* Untersuchungen haben wir die Zahl der Körner, — die zu zählen sind — auf folgender weise festgestellt. Bei drei Sandmuster haben wir in, bis 100 ablaufenden Kornmessung nach jeder Beendigung einer 20-er Gruppe den Mittelwert von l und b/l Werten ausgerechnet, und auf Fig. 2. haben wir nach dem Abschliessen einer 20-er Gruppe das *Hagerman*-Feld gezeichnet.

Tafel 1.

Fundort und Abstammung des Sandmusters	Zahl der gemessenen Körner	Mittelwert der Körner-Länge	Mittelwert des Verhältnisses Länge/Breite
Hódmezővásárhely, Dünensand	20	0.372	0.738
	40	0.388	0.739
	60	0.385	0.742
	80	0.392	0.738
	100	0.371	0.744
Ferenczállás Maros-Sand	20	0.248	0.756
	40	0.279	0.736
	60	0.286	0.727
	80	0.296	0.735
	100	0.300	0.748
Soltvadkert Flugsand	20	0.224	0.814
	40	0.143	0.779
	60	0.198	0.759
	80	0.193	0.767
	100	0.191	0.779

Die Ergebnisse wurden auf Tafel 1. und Abb. 2. dargestellt. Es ist feststellbar, dass in den Mittelwerten von l und b/l Werte nach der Messung von 60 Körner keine wesentliche Änderung mehr eintritt, das *Hagerman-Feld* verbreitet sich aber in grösserem oder kleinerem Masse mit der weiteren Vermehrung des Kornzahles.

5. Die horizontale Verbreiterung des *Hagerman*-Feldes und in dem die Zerteilung der Punkte hängt von der Zusammensetzung der Körner ab. Es ist möglich die Verteilungskurve der Körner von den Projektions-

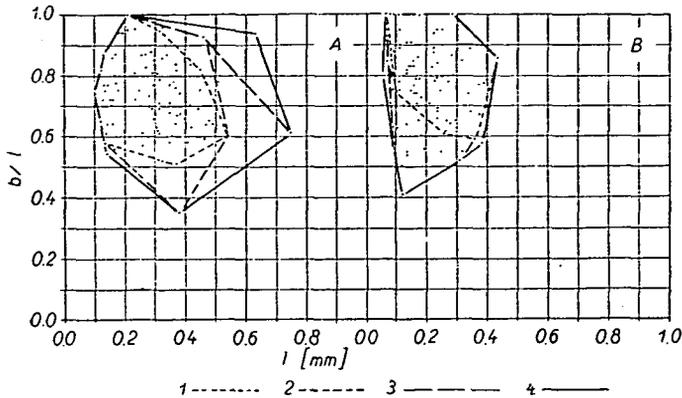


Abb. 2. Die Veränderung des *Hagerman*-Feldes mit der Veränderung des
Zahles der gemessenen Körner
Zeichnung A: Maros-Sand, Zeichnung B: Flugsand von Soltvadkert
Das *Hagerman*-Feld nach der Messung von 1:20, 2:40, 3:60, 4:100 Körner

punkten nach *Hagerman* zu konstruieren. Nach *Kriván* geschieht das auf folgender Weise: er bildet die b Werte auf der Abszisse, die dazu gehörenden Stück-Zahlen bzw. die Menge in Prozent auf der Ordinate ab. Damit die Zahl der untersuchbaren Körner relative gering ist, die Verteilungskurve zeigt eine grosse Streuung, woran wir — nach seiner Meinung — mit dem Zeichnen einer Umhüllungskurve helfen können. Diese Ausgleichung ist nicht präzise, denn sie beachtet nur die Maxime der Kurven. Es bietet sich als eine bessere Methode die von Mass der Kurvenabgleichung abhängige Verbreiterung der Korngrösse-Klassen an.

Die von uns angebotene Ausgleichungsmethode wird an Abb. 3. dargestellt. Das nach den b Werten konstruierte *Hagerman*-Diagramm wird auf der Zeichnung 1. im Falle des Sandes von Maros, auf der Zeichnung 2. im Falle von Flugsand (Soltvadkert) dargestellt. Damit die Körner beim Sieben nach ihrem Mass der Breite (b) in Klassen geteilt werden, der Wert b kann mit dem Korndurchmesser (d mm \emptyset) — welches man beim Sieben feststellen kann — identisch genommen werden. Der Unterschied zwischen den Korngrösse-Grenzen ist bei den Säulediagrammen der A. 2. und B. 2. Zeichnungen 0,025 mm. Die Zeichnung A. 3. und B. 3. wurde mit einem Abstand der Korngrösse von 0,05 mm bereitet, das Diagramm ist mehr ausgeglichen als das Vorherige. Das Säulediagramm der Zeichnung A. 4. und B. 4. — mit einem Abstand der Korngrösse von 0,1 mm — ist schon vollkommen ausgeglichen. Leider bei dieser Methode entsteht auch eine Möglichkeit eines anderen Fehlers, die besteht darin, dass eine »übertriebene Ausleitung« entsteht in deren Folge auch die wesentlichen Wellen des Diagramms (Nebenmaxime) geglättet werden.

Die Kurven mit dem Zeichen l sind am Grunde der Säulediagramme — A. 4. und B. 4. — gezeichnete Häufigkeitskurven. Dazu ist möglich die Cumulative Kurve zu konstruieren. (Kurven 2). Die so, am Grunde des Kornzahles entstandene Cumulative Kurve unterscheidet sich von der, die die Verteilung des Gewichtsprozentes darstellenden Kurve (Kurven

3). Es ist ein grosser Fehler der *Hagerman*-Felder, — aber noch eher der Kornverteilungskurven, die von denen gekonstruiert sind, — dass sie die Kornverteilung nicht am Grunde des Gewichtsprozent, sondern am Grunde des Kornzahles darstellen, jedoch unsere alle Kentnisse, — die sich auf die Verbindung der Kornverteilung und der Entstehungs-

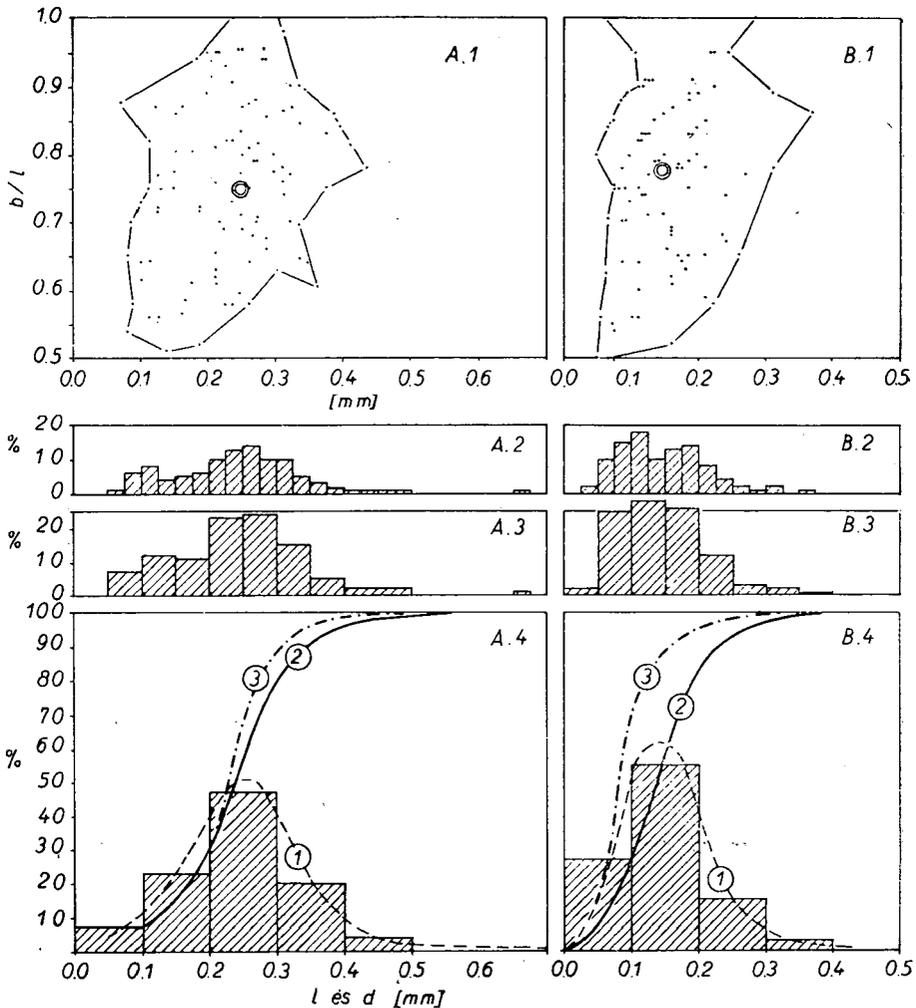


Abb. 3. Die Konstruktion der Kornverteilungskurve am Grunde der Angaben *Hagerman*

A Zeichnung: Sand von Maros, B Zeichnung: Flugsand von Soltvadkert;

A. 1. und B. 1. *Hagerman*-Felder; A. 2. und B. 2. Zeichnungen: Korngrösse-Häufigkeit-Kurven mit dem Korngrösse-Abstand von 0.025 mm, A. 3. und B. 3. 0.05 mm, A. 4. und B. 4. 0.1 mm. 1.: Häufigkeits-Kurven, 2: Cummulaiv-Kurven am Grunde des Kornzahles, 3: Cummulativ-Kurven am Grunde des Gewichtsprozent.

bedingungen beziehen, — so zu sagen ausschliesslich zu den auf dem Gewichtsprozent begründeten Kurven geknüpft sind. Es ist auch das unvorteilhaft, dass die Korndurchmesser-Achse der von den *Hagerman*-Angaben konstruierten Verteilungskurven nicht logarithmische Einteilung hat, obwohl wir bei der Auswertung der Verteilungskurven die logarithmische Einteilung gewöhnt haben. Die Bestrebung die Kornzusammensetzung aus den Angaben nach *Hagerman* zu konstruieren, hat sowieso nur eine theoretische Bedeutung. Es steht nicht dafür auch dann es zu berichten, wenn die Messungen der Korngestalt schon fertig sind. Die Bestimmung der Korngrösse-Häufigkeit beansprucht mehr Zeit auch von *fertigen* Messenangaben, als wenn vom original Material Siebenanalyse gemacht wird. Deren Pünktlichkeit ist mit dem Vorherigen — wegen der auf mehrtausendfacher Menge begründeten Bestimmung — nicht zu vergleichen.

Die durchschnittliche Korngrösse möchte durch den aus *Hagerman*-Angaben gerechneten *b*-Mittelwert, die Klassifizierung durch die horizontale Verbreitung des Diagrams charakterisiert werden. So eine Untersuchung hat *Kriván* [4] durchgeführt. Er hat auf der Sandmuster des Tiefbohrens in Szeged die horizontale Verbreitung des *Hagerman* Diagrams gemessen und er hat das mit dem Klassifizierungswert — der mit Siebenanalyse bestimmt wurde — verglichen. Diese letzteren wurden mit dem Formel $\sqrt{D_{75}/D_{25}}$ gerechnet, wo D_{75} das Durchmesser der Körner ist, wo die gesamte Menge von denen kleineren Körnern 75 %, D_{25} dasselbe, deren Menge von denen kleineren Körnern 25 % ausgibt. Er hat zwischen der horizontalen Verbreitung des *Hagerman*-Feldes und zwischen dem Klassifizierungswert keinen eindeutlichen Zusammenhang gefunden, das hat er auf das zurückgeleitet, dass die *Hagerman* Methode viel statistischer ist, als die Siebenanalyse.

Die Bemerkungen in der Beziehung des *Grundprinzips* der Methode sind die Folgenden:

1. Die Korngestalt der clastischen Sedimente — wie es bekannt ist — ist aus zwei Gesichtspunkte charakterisierbar.

a) Es ist möglich die *grosse Form* der Körner zu beschreiben, das heisst: die Körner sind aus dem Gesichtspunkt ihrer Verbreitung, Ausdehnung oder Gedrungenheit zu charakterisieren. Diese Unterscheidung bezieht sich auf die drei Hauptmassen der Körner und bei der Beschreibung aus diesem Gesichtspunkt sind gedrungene, Tafel-, Platten-, Säulen-, Nadel-förmige Gestalte zu unterscheiden.

b) Es ist möglich die *oberflächliche Ausbildung* der Körner der Grad, in welchem Mass die Oberfläche gegliedert ist, zu charakterisieren. Im Zusammenhang mit dieser Eigenschaft sind die Zeichen: eckig, scharfkörnig, abgetragen und abgerundet zu benutzen.

In diesem System der Korngrösse-Untersuchungen gehört die *Hagerman* Methode zu diesen, welche die Körner aus dem Gesichtspunkt der *Gedrungenheit* charakterisieren, und das begrenzt gleich ihre Möglichkeiten.

Schon bei der Untersuchung der oberflächlichen Flugsandsorten von Duna—Tisza Gebiet, und bei der Untersuchung der rezenten Geschieben der Tiefebene haben wir festgestellt, [5, 6, 7] dass auf die Abstammung

des Flugsandes und auf die Entfernung der Transportation in der ersten Reihe nicht die grossen Gestalte der Körner sondern ihre oberflächliche Ausbildung (nach *Miháltz: das Mikrorelief*) charakteristisch ist. Dasselbe beweisen unsere — aus den Ergebnissen der Abtragungs-Versuche von *Thiel* ausgehende — Messungen. *Thiel* hat aus verschiedenen Mineralien durch Zerbrechen hergestellte Kornhäufe im Drehtrommel abgetragen. Nach unseren Korngestalt-Messungen, — die wir auf den von ihm mitgeteilten Photos durchgeführt haben — das Verhältnis zwischen Breite und Länge, (b/l) hat bei durch Zerbrechen hergestellten Quarz einen Wert von $b/l = 0,56$, nach 40 tägigen Abtragung $b/l = 0,64$ aufgenommen. Also die Veränderung auf der grossen Form der Körner ist nur untergeordnet, aber die Veränderung auf den Kornoberflächen — im Folge der Abtragung der Spitzen — ist auffallend. Noch mehr charakteristisch sind die Ergebnisse der Messungen, die am Apatit — welches kleinere Härte hat — durchgeführt sind. Bei der durch Zerbrechen hergestellten Muster war $b/l = 0,64$, und dieser Wert steigerte sich nach 40 tägigen Abtragung auf 0,69. Die Körner gehörten grösstenteils in der Korngestalt-Gradation — die mit *Miháltz* gemeinsam mitgeteilt wurde — in die I. Stufe (Stufe der eckigen, splitterigen Körner). Die Veränderung des b/l Wertes ist sehr gering, obwohl die Oberfläche der Körner sich im Folge der Abtragung in grossem Mass verändert hat.

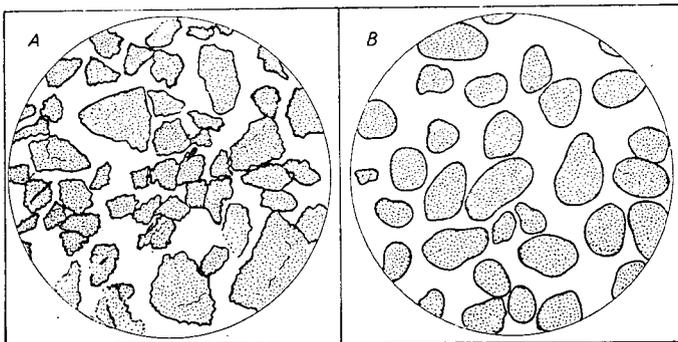


Abb. 4. Gestalt von Apatit-Körner
 A. Zeichnung: nach Zerbrechen; B. Zeichnung: nach 40 Tägiger
 Abtragung im Drehtrommel
 (Zeichnung nach Photo vom Thiel)

Dessen Grund müssen wir in dem suchen, dass bei der Abtragung des Kornes zuerst die am besten hervorragenden Spitzen und Kanten abgestumpft werden, nachher werden die Flächen der Körner mit ihrer originalen Richtung parallel abgetragen, inzwischen wächst die Gedrungenheit der Körner sehr langsam zu.

Zwischen den grossen Formen und oberflächlichen Gliderung der Körner gibt es keine ständige und eindeutliche Zusammenhang. An Abb. 2. werden die Ergebnisse — welche sich auf diese Tatsache beziehen — dargestellt. Auf den Körner eines Fließwassersandes (Sand von Maros) eines Flugsandes (Soltvadkert) — welche eine Grösse von 0,1—0,2 mm betragen — haben wir auf je einem Korn den b/l Wert

und die Stufe der Korngestalt nach *Miháلتz—Ungár* bestimmt. Nachdem haben wir die Angaben nach den b/l Wert in Reihe gestellt und nach jeder zähler Gruppe haben wir den Mittelwert der b/l Werten und der Abtragungsstufen gebildet (K). Abb. 5. stellt die zusammengehörenden Wertpaare dar.

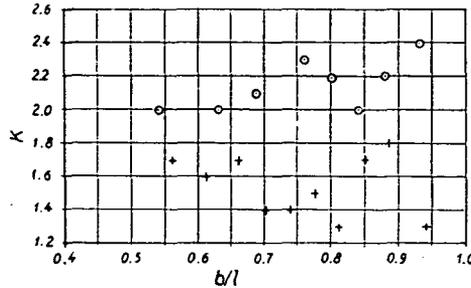


Abb. 5. Die Verbindung der Werten b/l und K
 Kreis: Flugsand, Kreuz: Fließwassersand

Die ohne System zerstreuten Punkte zeigen gut, dass zwischen dem b/l Wert — welcher der Mass der Gedrungenheit — und zwischen dem K Wert — welcher der Mass der Abrundung ist — kein regelmässiger Zusammenhang ist. Der grösste Fehler der *Hagerman* Methode ist, dass sie am Grund der grossen Kornförmigkeit beruht, und deshalb mit der Entstehung und Lieferungsweite der Sandsedimente nur in geringem Mass rechnet. Daneben kommt es als zweiter Fehler vor, — was auch von *Kriván* erwähnt wird, — dass die Methode nur in zwei Dimensionen, arbeitet. (Die oberflächlichen Ungleichungen zeigen sich auch in zwei Dimensionen, höchstens weniger, als bei einer Untersuchung, die in drei Dimensionen arbeitet).

Kriván hat an den Sandmustern des Tiefbohrens in Szeged die folgenden Untersuchungen durchgeführt: er hat mit der *Miháلتz—Ungár* Methode [5] die Abtragungs-Mittelwerte der Muster und bei gleicher Korngrösse die b/l Mittelwerte nach *Hagerman* bestimmt. Er hat die Werte in einem Bohrungsprofil dargestellt. Die so erhaltenen Kurven waren unregelmässig convergent, an anderen Plätzen divergent bzw. parallel, sie zeigten also, dass zwischen den Angaben nach *Hagerman* und zwischen den oberflächlichen Abtragungen der Körner keine eindeutige Verbindung gibt.

2. In der Beziehung der Folgerungen, welche das abrasionsgebiet anlangen, sind die Feststellungen von *Kriván* sehr lehrreich. Bei den Angaben der Tiefbohrung in Szeged sind nicht nur die Angaben der Kornverteilung und Korngrösse, sondern die Mineralzusammensetzung — nach *Szabó P.* Untersuchungen — auch bekannt. Die Veränderung der Mineralzusammensetzung zeigt eine Veränderung des Abrasionsgebietes. Mit dieser Veränderung der Mineralzusammensetzung haben sich die charakteristischen *Hagermann*-Angaben nicht verändert, so die Untersuchung zeigt überhaupt nicht dass die Methode auf die Veränderungen des Abrasionsgebietes empfindlich wäre. Die Methode kann

also die Untersuchung der Schwermineralzusammensetzung nicht vertreten, und im allgemein ist sie für die Folgerung des geologischen Aufbaus des Abrasionsgebietes nicht geeignet.

3. Die Untersuchungen von *Végh S.* — welche sich auf ungarische helvetien und tortonien Sedimente beziehen — haben auch beobachtungswerte Ergebnisse gegeben. Diese zeigen nämlich, dass die *Hagerman*-Mittelwerte der helvetien Fliesswassersand- und tortonien Küstensand-Ablagerungen auf gut ergrenzbaeren Feldern erscheinen. (Abb. 6.)

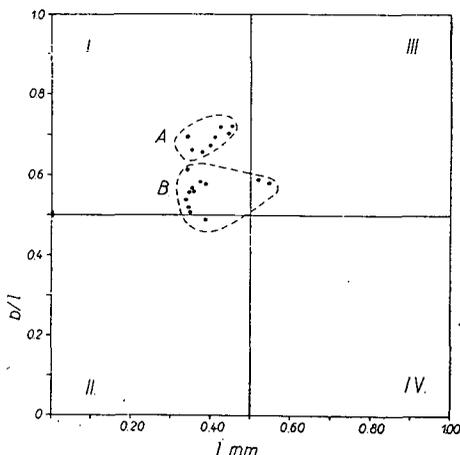


Abb. 6. Durchschnittliche Gestaltscharakterisierung der helvetien und tortonien Sedimente
 A: tortonien Küstensand B: helvetien Fliesswassersand (nach *Végh*)

Leider das untersuchte Gebiet ist nicht gross, das Alter der untersuchten Muster umfasst eine relative kurze geologische Zeit. Zur weiteren Verallgemeinerung der Gesetzmässigkeit wären noch weitere Untersuchungen nötig.

Zum Schluss ist es zu betonen, dass die *Hagerman* Methode reicht überhaupt nicht mehr als die anderen Methoden mit gleichem Grund-sinn. So ist sehr ähnlich die Methode von *Zingg* welche sich auf der Messung der längsten und kürzesten Hauptgrösse der Körner beruht. Nahe steht die Methode von *Wadell*, bei welcher die in Korn legbare Kugel und das Volumen des Kornes zu messen sind. Zu dieser Methode hat *Rittenhouse* für zwei dimensionäre Untersuchungen eine Vergleichungs-Bildserie zusammengestellt [9], welche die Untersuchung sehr beschleunigt. Es sind die Methoden von *Riley* [8]-welche sich auf der Messung des Diameters des in und ausser dem Korn legbaren Kreises begründet — und von *Cailleux* [1], — welche sich auf der Messung der Kornlänge und der grössten Kornbreite beruht-, mit der Methode von *Hagerman* sehr ähnlich. Jede von diesen Methoden gibt — *kombiniert mit der Siebenanalyse* — bessere Ergebnisse über die Abstammung der Sedimente und über die Verhältnisse der Ablagerung als die *Hagerman* Methode.

ZUSAMMENFASSUNG

Es ist feststellbar, dass die *Hagerman* Methode über die Grossforme und annähernd über die Verteilung der Körner orientiert, aber sie gibt überhaupt keine Aufklärung über die vom Gesichtspunkt der Ablagerungsverhältnisse mehr charakteristischen oberflächlichen Ausbildungen.

Nach den bisherigen Untersuchungen scheint sie zur Unterscheidung des Fließwasser- und Küstensandes geeignet zu sein, aber zur Unterscheidung der vom Wind und vom Wasser getragenen Sände ist sie nicht benützlich, und noch weniger zur Entscheidung der Sandsedimente, die verschiedene Transportierungsweite gelitten haben. Sie gibt keine Aufklärung über den geologischen Aufbau des Abrasionsgebietes und über die im Abrasionsgebiet stattfindenden Veränderungen.

Ihr Wert ist mit den Werten anderer — mit dem selben Grundsinn arbeitenden — Methoden gleich.

SCHRIFTTUM

1. Cailleux, A.: Morphoskopische Analyse der Geschiebe u. Sandkörner und ihre Bedeutung für die Pläoklimatologie. Geol. Rundschau, 40, 1., 1952.
2. Gry, H.: Eine Methode zur Charakterisierung der Kornverteilung klastischer Sedimente. Geol. Rundschau, 29., 1938.
3. Hagerman, T. H.: Granulometric of Scania Sandstones. Geol. Föreningens. 1954, 2.
4. Kriván P.: Hagerman szemcsealaktani módszerének üledékföldtani értékelése. Földtani Közl., 87., 3. 1957.
5. Miháltz I.—Ungár T.: Folyóvízi és szélfújta homok megkülönböztetése. Földtani Közl., 84. 1—2., 1954.
6. Miháltz I.: Az Alföld negyedkori üledékeinek tagolódása. Alföldi Kongresszus. M. Tud. Akad. Műsz. Tud. Oszt. Kiadványa, 1953.
7. Miháltz I.: A Duna—Tisza köze déli részének földtani felvétele. M. Áll. Földtani Int. Évi Jel. 1950-ről. 1953.
8. Riley, N. A.: Projection sphericity. Jour. of Sedim. Petr. Vol. 11, 1941.
9. Rittenhouse, G.: A visual method of estimating twodimensional sphericity. Jour. of Sedim. Petr. Vol. 13, N. 2., 1939.
10. Szabó P.: A szegedi mélyfúrás nehézasványtani vizsgálata. Előadás a M. Földtani Társulat 1956. máj. 30-i előadóján.
11. Thiel, G. A.: The relative resistance to abrasion of mineral grains of sand size. Jour. of Sedim. Petr., Vol. 10, 1940.
12. Ungár T.: Törmelékes anyagok szemcsealakjának vizsgálati módszerei és ezek összehasonlítása. Építőanyag, 5. évf., 11. sz. 1953.
13. Végh S.: Üledékes kőzettani vizsgálatok Hidas—Váralja környékén. Földtani Közl., 86. 2., 1956.
14. Wadell, H.: Volume, shape and roundness of rock particles. Jour. of Geol., vol. 40, 1932.
15. Zingg, Th.: Beiträge zur Schotteranalyse. Schweiz. Min. u. Petr. Mitt. Bd. 15., 1935.