

## Morphometrische Gliederung von Terrassenschottern

Von Konrad Richter, Hannover, Amt für Bodenforschung. Mit 1 Abb.

Die Auswertungsmöglichkeiten der exakten Feststellung von Form der Gerölle und Geschiebe sowie deren Lagerung im Sediment haben seit den Untersuchungen von WENTWORTH (1923), TESTER (1931) und K. RICHTER (1932 und 1933) mannigfaltige methodische Bereicherungen erfahren, deren wesentlichste wohl die mit POSER & HÖVERMANN (1951 a u. b) als „Morphometrische Schotteranalyse“ nach CAILLEUX (1947 a u. b) und TRICART (1950) bezeichnet ist. Mit ihr gelang es POSER & HÖVERMANN (1951 b), exakte Daten zur pleistozänen Harz-Vergletscherung zusammen zu tragen. Die verwendete Formel für den Zurundungsindex des einzelnen Gerölles oder Geschiebes ist dabei  $\frac{2r}{L}$ , wobei L die größte Länge des Gerölles und r der kleinste Zurundungsradius ist. Die erhaltenen Werte sind zweckmäßigerweise mit 1000 zu multiplizieren, sodaß sich für die Aufzeichnung der Diagramme ganze Zahlen von 1—1000 ergeben, die in Gruppen zu 50 eingeteilt werden. Diese Gruppen sind in den beigegebenen Diagrammen auf der Abszisse, die Stückzahlen auf der Ordinate eingetragen. Relativ am scharfkantigsten sind also die Steine der Gruppe von 1—50, während 1000 eine ideale Kugel wäre. In ähnlicher Weise sind nach der Formel  $\frac{L+1}{2E}$ , wobei L die größte Länge, l die größte Breite und E die Dicke des Gerölles angibt. Diagramme über die Abplattungsverhältnisse aufzustellen.

Besonders die erstere Diagrammart zeigt je nach Transportmodus des Gerölles bei verschiedener Turbulenz der Wasserbewegung (z. B. Fluviatil, Meeresbrandung in verschiedenem Klima eine starke und typische Abwandlung. Da die für jede Transportart kennzeichnende Diagrammform nach den Untersuchungen von CAILLEUX, TRICART, POSER, HÖVERMANN u. a. schon nach überraschend kurzem Transport erreicht wird, gestattet diese Methode eine oft weitgehende paläogeographische Auswertung der Diagramme. Natürlich ist es wichtig, dabei möglichst nur gleichartige Gesteinsarten diagrammäßig mit einander zu vergleichen und tunlichst 100 Gerölle zur Aufstellung eines Diagrammes zu verwenden. Zahlreiche Versuche des Verfassers mit dieser Methode an Glazialsedimenten Westdeutschlands, Geröllern im Kulm des Harzes und Brandungsgeröllern auf Sylt haben immer wieder die Brauchbarkeit dieser morphometrischen Geröllanalyse bestätigt.

Die neuartigsten Ergebnisse scheinen dabei profilmäßige Untersuchungen von Terrassenschottern zu liefern. Bei solchen Schottern ist es bislang in vielen Fällen eine stark umkämpfte Frage, ob sie in glazialen oder interglazialen Klima gebildet sind. In glazialen Klima müßten bei gleichem Gefälle eckigere Gerölle vorkommen, als in interglazialen bzw. postglazialen. Einen Hinweis darauf gibt die Diagrammserie Nr. 1—7 (s. Abb. 1). Diagramm 1 zeigt einen recht scharfkantigen Schutt von Deistersandstein des Wealden unter Löß, der wahrscheinlich periglazialer Entstehung ist, also in kaltem Klima gebildet wurde. Die größte Steinzahl findet sich in der Zurundungsgruppe 51—100. Eine große Zahl von Quarzit- und Sandsteindiagrammen aus Geschiebelehmen der Saaleeiszeit hat, wie Diagramm Nr. 3, ihr Maximum in der Gruppe 101—150. Der Geschiebedecksand von Lüneburg erweist sich also als das kaum verlagerte Produkt eines glazialen Geschiebemergels im Gegensatz etwa zu fluvioglazialen Kiesen aus Sandern und Osern, die bei gleichem Material Maxima zwischen 151 und 300 zu zeigen pflegen.

Es fällt daher auf, daß auch im vielumstrittenen Kaolinsand vom „Roten Kliff“ auf Sylt (Diagramm Nr. 2) die Quarzite ihr Zurundungsmaximum zwischen 51 und 100 haben. Hierbei handelt es sich allerdings um Restschotter, in denen der ursprüngliche Gehalt an kristallinen Geröllen fast ganz verloren gegangen ist. Andererseits haben Verkieselungsvorgänge die Quarzite möglicherweise mit beeinflußt und stärker verhärtet, sodaß das Maximum mit jüngeren glazialen Kiesen vielleicht nicht ganz vergleichbar sein könnte. Darauf weisen z. B. Gerölldiagramme aus den ältesten Diluvialschottern der Grube Rasp südlich Monsheim hin. Der Aufschluß wurde 1951 auf der Mainzer Tagung der Deuqua durch Herrn WEILER vorgeführt und mit WIRTZ etwa in die gleiche Zeit wie der Sylter Kaolinsand gestellt. In der Tat zeigt die Masse der Quarzite ein ähnliches Bild wie unser Diagramm 2. Es kommen aber, wie in Sylt, vereinzelt grobkörnige blaßrosa Sandsteine darin vor, deren Zurundungsmaximum zwischen 351 und 400 liegt und nicht zu glazialen Klima zu passen scheint. Die Auswertung von Restschottern bedarf m. E. noch umfangreicherer Vergleichsstudien. Immerhin haben die Aufsammlungen aus diesen ältesten Diluvialschottern von Monsheim an der Grubensohle über dem pliozänen Klebsand ein anderes Quarzidiagramm als im Hangenden unter dem periglazial verwürgten Sand. Während das untere Diagramm eine Stellung zwischen unseren abgebildeten Nummern 1 und 2 einnimmt, hat das Diagramm der gleichartigen Quarzite aus dem Hangenden sein Maximum zwischen 151 und 250. Das Diagramm aus dem Liegenden macht also einen relativ stärker glazigenen Eindruck. Dieses Ergebnis würde die von WIRTZ (1951) wieder betonte glaziale Einstufung des Sylter Kaolinsandes abermals unterstreichen.

An sich wäre es wünschenswert, stets nur gleichartige Gesteinstypen in Diagrammen zu vergleichen. Am idealsten wären dafür Granite, die nach POSER und auch bei den Studien des Verfassers die saubersten Bilder ergeben. Gerade die Restschotter zeigen, daß das leider nicht möglich ist, sodaß ganz allgemein Quarzite und Sandsteine als relativ häufigste, fast überall in Terrassenschottern vertretene Gesteine in allen untersuchten Vorkommen vermessen wurden. Besonders mit rotem Buntsandstein lassen sich noch häufig anwendbare Vergleiche erzielen.

In unseren Abbildungen ist die erste Serie von Nr. 1—8 nach dem Prinzip der Verlagerung des Maximums von links nach rechts, wie wir sehen werden u. a. von kalter zur warmer Entstehung geordnet. Abgesehen von Nr. 1 sind alle untersuchten Vorkommen so ausgewählt, daß sie nicht in Gebieten lokalen stärkeren Gefällswechsels zur Ablagerungszeit gelegen haben. Unter diesem Gesichtspunkt fällt auf, daß ebenso wie vorher bei den ältesten Diluvialschottern von Monsheim das Diagramm aus der Mitte der Hauptterrasse des Niederrheins im Brachter Wald (Nr. 4) etwas anders ausfällt als eines aus der Basis (Nr. 6), deren Gerölle direkt über dem interglazialen Tegelenton entnommen wurden. Zwar liegt das Maximum in beiden Fällen zwischen 151 und 200, aber bei der höher im Profil entnommenen Probe ist der Anteil in der Gruppe 51—100 relativ größer, sodaß man geneigt sein könnte, nach dem Tegeleninterglazial die Schotterbasis klimatisch als zunächst noch ein klein wenig wärmer als den höheren Teil aufzufassen. Die Quarzite aus der Basis der „ältesten Diluvialschotter“ des Niederrheingebietes im Brachter Wald direkt über dem Reuverten, unter freundlicher Führung von Herrn ARNOLD entnommen, zeigen mit Nr. 5 ein Diagramm, das zwischen 4 und 6 steht. Völlig anders ist das Bild von Nr. 7, wo die Quarzite der zweifellos postglazialen Bimsterrasse des Niederrheins bei Gellep

ihr Zurundungsmaximum zwischen 251 und 300 haben. Bei Ausmessung von rotem Buntsandstein liegt das entsprechende Maximum sogar zwischen 351 und 400. Herr STEEGER war so freundlich, mir hier den geeignetsten Aufschluß zu zeigen. Im sicher postglazialen Klima der Bimsterrasse des Niederrheins tritt also der höchste Zurundungsindex von Flußterrassenschottern auf. In den bisher vorliegenden Diagrammserien der Zurundungsmaxima von Quarziten wird das vorstehende Ergebnis nur in Diagrammen aus der marinen Strandzone von der Insel Sylt (Nr. 8) übertroffen, so z. B. mit 451 bis 500 vom Hochstrand vor dem Ostleuchtturm auf dem Ellenbogen. Der Ausgangszustand dieser Gerölle aus einem eiszeitlichen Geschiebelehm würde vor der Abrollung durch die Brandung etwa ein Diagramm wie Nr. 3 gezeigt haben.

Ermutigt durch die vorstehend angedeuteten Hinweise im Zurundungsunterschied bei Terrassenschottern wurde versucht, in der Niederterrasse der Leine bei Hannover und der Mittelterrasse der Weser bei Hameln profilmäßig entnommene Schottersuiten morphometrisch zu untersuchen. Besonders in der Mittelterrasse bei Hameln liegen die Verhältnisse für einen methodischen Versuch recht günstig, da der Schotterkörper sowohl in Hameln selbst wie oberhalb und unterhalb der Stadt in zahlreichen Gruben mit bis über 10 m hohen Abbauwänden aufgeschlossen ist. Dazu kommt, daß er vielfach im Hangenden von einem Bänder-tonen vergleichbaren glazigenen Bändersand konkordant überlagert wird, sodaß für seine Oberkante ein petrographisches Leitmoment vorliegt [vergl. SIEGERT (1921), GRUPE (1926), NAUMANN & BURRE (1927), DEWERS (1941), WOLDSTEDT (1950)].

Profilmäßig einer der umfangreichsten Aufschlüsse ist noch immer die in der Literatur mehrfach erwähnte Kiesgrube des Landwirtes Ehrhardt am Basberge in Hameln. Die morphometrische Abwandlung in diesem Profil zeigt z. B. die Diagrammserie Nr. 9—14. Der rote Buntsandstein hat zunächst im „roten“ Kies der Grubensole ein Zurundungsmaximum zwischen 151 und 200 (Nr. 9). In der Oberkante der roten Kiesserie liegt es zwischen 251 und 350 (Nr. 10), in der Unterkante der „braunen“ Kiesserie zwischen 151 und 200 (Nr. 11), im oberen Teil der braunen Kiesserie (Nr. 12) und in ihrer Oberkante (Nr. 13) gleichfalls. Außerdem ist in Nr. 9 und Nr. 13 auch die Gruppe 1—50 etwas vertreten, wie überhaupt die Gesamtform der Diagramme einen systematischen Wandel von schwach besetzten niedrigen Zahlengruppen über unbesetzte niedrige Zahlengruppen zu wieder höher besetzten niedrigen Zahlengruppen zeigt. Dieses System wird noch klarer bei Hinzunahme von Nr. 14, das den überlagernden zweifellos glazialen Geschiebelehm mit seinem dafür typischem Maximum zwischen 101 und 150 darstellt, während die wahrscheinlich überlagernden fluvioglazialen Kiese der Grube Kück (Nr. 15), in der Literatur als „eisrandnahe Bildungen“ bezeichnet, gleichfalls ein Maximum zwischen 101 und 150 zeigen. Dabei bleibt aber die Gruppe 1—50 unbesetzt. Für die Deutung des Klimaablaufes ist wichtig, daß Diagramm 10 ein Bild zeigt, welches schon fast ganz an die postglazialen Verhältnisse der Bimsterrasse (Nr. 7) erinnert. Die paläoklimatische Deutung der Diagramme 9—14 wäre also von periglazial (9) über interglazial (10—12), periglazial (13) zu glazial (14).

Ein entsprechendes Gesamtbild kommt durch die Diagramme 16—21 zum Ausdruck, in denen die Zurundungsverhältnisse von petrographisch andersartigen Muschelkalkgeröllen angegeben sind. Im gleichen Sinne wandeln sich die Abplattungsindizes nach der Formel  $\frac{L+1}{2E}$  und haben in den Diagrammäquivalenten von 12 und 17 jeweils das höchste Maß von Abplattung. Die Abplattungs-

diagramme lassen sich nach den bisherigen Erfahrungen allerdings nicht in gleich großem Maße paläogeographisch auswerten wie die Zurundungsdiagramme.

Es ist nun von besonderer Wichtigkeit, daß sich das vorbeschriebene Abwandlungsschema der Weser-Mittelterrasse bei Hameln auch in allen bisher untersuchten Kiesgruben (z. B. Grube „Wesertal“, Grube Sieber, Grube Kilian und Grube Henschel) wiederfindet. Dabei zeigen Schichten mit besonders großen, sogenannten Driftblöcken, durchaus nicht besonders kühle paläogeographische Verhältnisse an. Belege hierfür sollen in einer späteren, umfangreicheren Arbeit gebracht werden.

Daß wir uns mit den Diagrammen 9 und 16 an der Basis eines Bildungszyklus befinden müssen, zeigt die Diagrammserie 22—25 aus der Kiesgrube Sieber. Die Nummern 24 und 25 entsprechen etwa der Basis und dem Oberteil aus den Mittelterrassenkiesen der Grube Ehrhardt. Unterlagert werden diese Kiese hier und scheinbar auch in der Grube „Wesertal“ von einem Ton, der spärlich Gerölle enthält, unter denen sich im Gegensatz zum Hangenden keine Kalke befinden. Auch der Kies unter der 1,6 m mächtigen Tonbank enthält keine Kalke. Vielleicht liegt hier ein älterer Terrassenkörper vor, der vor Ablagerung der hangenden Serie entkalkt wurde. Sonst finden sich keine prinzipiellen größeren Unterschiede der petrographischen Geröllzusammensetzung. Leider waren die Aufschlußverhältnisse sehr mangelhaft, sodaß aus der Geröllgemeinschaft des Tones nur 40 rote Buntsandsteine ausgelesen werden konnten, die das Zurundungsdiagramm Nr. 23 mit seinem stark glazigen anmutenden Bild ergaben. Gletscherschrammen wurden an den Geröllen nicht beobachtet. Sie sind an Sandsteinen und Quarziten aber auch sonst so selten, daß ihr Fehlen nicht allzuviel beweist. Es wäre immerhin möglich, daß es sich um einen Geschiebelehm handeln könnte. Der unterlagernde Kies (Nr. 22) hat sein Zurundungsmaximum bei 101—150, also eigentlich kühler als die Kiesserien der Mittelterrasse in der Grube Ehrhardt. Der Gedanke liegt nahe, daß Nr. 22 und 23, entsprechend 13 und 14, das Ende eines älteren Klimazyklus darstellt. Über eine genauere zeitliche Einstufung läßt sich zunächst noch nichts aussagen. Die Untersuchungen werden vom Verfasser im größeren Rahmen fortgesetzt mit der Hoffnung, auch diese Frage dabei etwas besser klären zu können.

Zunächst geht es um die genaue paläogeographische Charakteristik des geröllführenden Tones, der nicht nur an einen Geschiebelehm erinnert, der etwa Lokalgerölle und Löß aufgearbeitet hat, sondern auch an geröllführenden Hochflutlehm, wie er am Nordrand von Hannover bei Hemmingen auf den höheren Teilen der Niederterrasse liegt (vergl. Zurundungsdiagramm Nr. 27 aus rotem Buntsandstein). Nach freundlicher Mitteilung von Herrn DIETZ handelt es sich hier zweifellos um einen nachglazialen Hochflutlehm, und auch der Verfasser fand an der Unterkante des Lehmes zahlreiche postglaziale Konchylien, wie besonders Landschnecken, aber auch Unionen. Das zunächst ganz steile und dann gleichmäßig langsam abfallende Bild des Zurundungsdiagrammes erinnert sehr stark an den problematischen Ton von Nr. 23 aus der Kiesgrube Sieber bei Hameln. Im letzteren Falle liegt das Maximum aber ausgesprochen glazial in der Gruppe 51 bis 100 und wird von Material mit einem Maximum zwischen 101 und 150 unterlagert, während der Hochflutlehm bei Hannover (Nr. 27) ein Zurundungsmaximum der roten Buntsandsteine zwischen 101 und 150 zeigt. Der unterlagernde Niederterrassen-Kies (Diagramm Nr. 26) hat ein ähnliches Maximum, sodaß die Form der Gerölle des Hochflutlehmes hier möglicherweise durch einfache lokale Umlagerung aus der Niederterrasse erklärt werden könnte. Da-

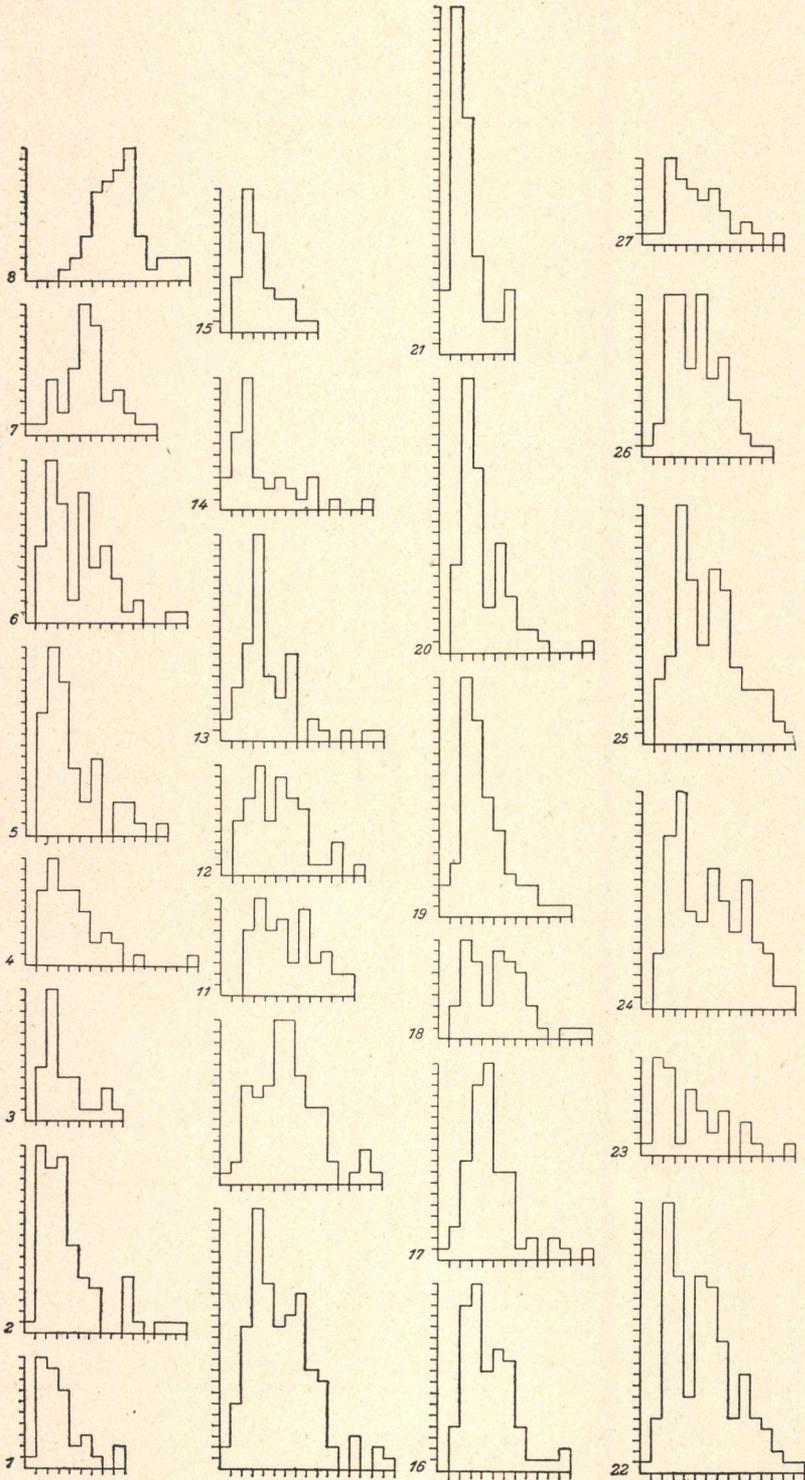
bei wäre der Transportweg so gering gewesen, daß eine Formveränderung der Gerölle nicht mehr erfolgte. Die Bildungsverhältnisse sind also für beide Tone scheinbar verschieden. Immerhin sollen noch mehr geröllführende Auelehme vergleichsweise aus Lokalitäten untersucht werden, von denen mir bisher zu wenig Material vorliegt.

Während GRUPE bei Hameln nur eine mittlere und eine untere Terrasse unterscheidet, glaubt SOERGEL (1939) dort 7 verschiedene Terrassen erkennen zu können. Die vorgelegten morphometrischen Analysen zusammen mit noch unvollständigen und daher nicht mitveröffentlichten petrographisch charakterisierten Auszählungen von Geröllgemeinschaften werden meines Erachtens den Weg weisen, diese unterschiedlichen Auffassungen eindeutig zu klären.

Auf jeden Fall dürfte mit der morphometrischen Schotter-Analyse endlich eine Arbeitsmethode gewonnen sein, die eine klimatische Einstufung und die Parallelisierung profilmäßig verschieden liegender Schotterteile unvollständiger Aufschlüsse ermöglicht. Die Terrassenchronologie hat damit ein gewichtiges Hilfsmittel erhalten.

Abb. 1. Morphometrische Geröll- und Geschiebe-Analysen

- |     |    |   |
|-----|----|---|
| Nr. | 1  | Periglazial-Schutt und Wealden-Sandstein unter Löß bei Egestorf im Deister.   |
| "   | 2  | Quarzite und harte Sandsteine aus dem altpleistozänen „Kaolinsand“ vom „Roten Kliff“ und Braderup auf Sylt. Eine glaziale Deutung des Diagrammes ist möglich.                   |
| "   | 3  | Quarzite und harte Sandsteine aus Geschiebedecksand (Geschiebelehmqäquivalent) von Lüneburg. Glaziales Klima der Bildungszeit ist sicher.                                       |
| "   | 4  | Quarzite und harte Sandsteine aus dem mittleren Teil der Hauptterrasse des Niederrheines im Brachter Wald. Klimadeutung: glazial.   |
| "   | 5  | Quarzite und harte Sandsteine aus der Basis der ältesten Diluvial-Schotter des Niederrheins über Reuverten des Brachter Waldes. Klimadeutung: glazial.                          |
| "   | 6  | Quarzite und harte Sandsteine aus der Basis der Hauptterrasse des Niederrheines über Tegelenton des Brachter Waldes. Klimadeutung: periglazial.                                 |
| "   | 7  | Quarzite und harte Sandsteine aus der postglazialen Bimsterrasse des Niederrheines bei Gellep. Bildungsklima: sicher postglazial.   |
| "   | 8  | Quarzite und harte Sandsteine vom Hochstrand vor dem Ost-Leuchtturm des Ellenbogens auf Sylt. Bildungsart: marin, Bildungsklima: rezent.  |
| "   | 9  | Roter Buntsandstein aus der Basis der roten, kalkhaltigen Kiesserie der Weser-Mittelterrasse der Grube Ehrhardt (Grubensohle) am Basberge in Hameln. Klimadeutung: periglazial. |
| "   | 10 | Roter Buntsandstein aus der Oberkante der roten, kalkhaltigen Kiesserie der Weser-Mittelterrasse der Grube Ehrhardt am Basberge in Hameln. Klimadeutung: interglazial.          |
| "   | 11 | Roter Buntsandstein aus der Unterkante der braunen Kiesserie der Weser-Mittelterrasse der Grube Ehrhardt am Basberge in Hameln. Klimadeutung: spätinterglazial.                 |
| "   | 12 | Roter Buntsandstein etwas unter Oberkante der braunen Kiesserie der Weser-Mittelterrasse der Grube Ehrhardt am Basberge in Hameln. Klimadeutung: spätinterglazial.              |
| "   | 13 | Roter Buntsandstein aus der Oberkante der braunen Kiesserie der Weser-Mittelterrasse der Grube Ehrhardt am Basberge in Hameln. Klimadeutung: periglazial.                       |
| "   | 14 | Roter Buntsandstein aus dem saaleeiszeitlichen Geschiebemergel auf der Weser-Mittelterrasse der Grube Ehrhardt am Basberge in Hameln. Klima: sicher glazial.                    |
| "   | 15 | Roter Buntsandstein aus den saaleeiszeitlichen Kiesen der Grube Kück am Galgenberg in Hameln. Klima: eisrandnah.  |
| "   | 16 | Muschelkalk aus der gleichen Schicht wie Nr. 9. Klimadeutung: periglazial.  |



- „ 17 Muschelkalk aus einer Probe, einige Dezimeter unter Nr. 10 entnommen. Klimadeutung: interglazial.
- „ 18 Muschelkalk aus der gleichen Schicht wie Nr. 10. Die Klimadeutung würde hier etwas spätinterglazialer ausfallen als bei 10.
- „ 19 Muschelkalk aus der gleichen Schicht wie Nr. 11. Die Klimadeutung würde mit „periglazial“ auch wieder etwas kühler ausfallen als bei 11.
- „ 20 Muschelkalk aus der gleichen Schicht wie Nr. 13. Die Klimadeutung würde mit „glazial“ ebenfalls etwas kühler ausfallen als bei 13. Bei Muschelkalk ist die Bewertung also meist etwas nach der wärmeren Deutung hin zu verschieben als bei gleicher Diagrammform aus Buntsandstein. Das beweist besonders Nr. 23, im Vergleich zu Nr. 14.
- „ 21 Muschelkalk aus der gleichen Schicht wie 14. Klimadeutung: glazial.
- „ 22 Roter Buntsandstein aus kalkfreiem Kies unter der kalkfreien geröllführenden Tonbank des Weser-Mittel(?)-Terrassenkomplexes der Grube Sieber südlich Hameln. Klimadeutung: fast glazial.
- „ 23 Roter Buntsandstein aus der kalkfreien, geröllführenden Tonbank des Weser-Mittel(?)-Terrassenkomplexes der Grube Sieber südlich Hameln. Klimadeutung: Möglicherweise glazial.
- „ 24 Roter Buntsandstein. Probe aus kalkhaltigem Weser-Mittelterrassenkies direkt über Ton von Nr. 23 entnommen. Klimadeutung: periglazial.
- „ 25 Roter Buntsandstein aus Weser-Mittelterrassenkies direkt unter saaleiszeitlichem Geschiebemergel der Grube Sieber südlich Hameln entnommen. Klimadeutung: periglazial.
- „ 26 Roter Buntsandstein aus oberem Teil der Leine-Niederterrasse, Kiesbaggerei Kroll, Hemmingen südlich Hannover. Klimadeutung: periglazial.
- „ 27 Roter Buntsandstein aus Hochflutlehm auf der Leine-Niederterrasse. Kiesbaggerei Kroll, Hemmingen südlich Hannover. Alter: Postglazial. Klimadeutung des Diagrammes unklar.  
Abszissen = Zurundungs-Indices in Gruppen von 1-50, 51-100, 101-150 usw.  
Ordinaten = Stückzahlen.

#### Literatur

- CAILLEUX, A.: Distinction des galets marins et fluviatiles. - Bull. Soc. Géol. France (5) 15, S. 375-404, 1945. — Granulométrie des formations à galets. - Sess. extraord. Soc. Belge de Géol. S. 91-114. 1947 a. — L'indice d'é mousse: Définition et première application. - R. som. Soc. Géol. de France S. 251-252. 1947 b.
- DEWERS, F.: Diluvium - In Geol. u. Lagerst. Niedersachsens 3. Teil, Oldenburg i. O. 1941.
- GRUPE, O.: Tal- und Terrassenbildung im Gebiete der Werra-Fulda-Weser und Soergel's „Gliederung und absolute Zeitrechnung des Eiszeitalters“. - Geol. Rundschau 17, 1926.
- NAUMANN, E. & BURRE, O.: Erläuterung zur Geologischen Karte von Preußen, Lief. 251, Blatt Hameln, 1927.
- HÖVERMANN, J. & POSER, G.: Morphometrische und morphologische Schotteranalyse. - Proc. 3. Intern. Congr. of Sedimentology. 1951 a.
- POSER, H. & HÖVERMANN, J.: Untersuchungen zur pleistozänen Harz-Vergletscherung. - Abh. braunschw. wissensch. Ges. 3, 1951.
- RICHTER, K.: Die Bewegungsrichtung des Inlandeises, rekonstruiert aus den Kritzen und Längsachsen der Geschiebe. - Z. f. Geschiebeforsch. 8, 1932. — Gefüge und Zusammensetzung des norddeutschen Jungmoränengebietes. - Abh. Geol.-pal. Inst. Greifswald 11, 1933.
- SIEGERT, L.: Beiträge zur Kenntnis des Pliozäns und der diluvialen Terrassen im Flußgebiete der Weser. - Abh. preuß.-geol. Landesanst. N.F. 90, 1921.
- TESTER, A. E.: The Measurement of the Shapes of Rock Particles. - Jour. Sed. Petr. 1, 1931.
- TRICART, J. & SCHAEFFER, J.: L'indice d'é moussé des galets. moyen d'étude des systèmes d'érosion. - Rev. Géomorph. Dynamique 1, 1950.
- WENTWORTH, C. K.: A method. for. measuring and plotting the shapes of pebbles. - U.S. Geol. Survey, Bull. 730 C., 1923.
- WIRTZ, D. & ILLIES, H.: Plio-Pleistozängrenze und Günzeiszeit in Nordwestdeutschland. - Eiszeitalter und Gegenwart 1, 1951.
- WOLDSTEDT, P.: Norddeutschland und angrenzende Gebiete im Eiszeitalter. Stuttgart 1950.