Decheniana, Band 126, Heft 1/2	Seite 333—352	Bonn, Januar 1974

Quarzzahl und -rundung in Schottern der Niederrheinischen Bucht

Von Elisabeth Burghardt und Karl Brunnacker, Köln

Mit 2 Tabellen und 9 Abbildungen im Text

(Eingegangen am 3. 3. 1973)

Kurzfassung

Die im südlichen Teil der Niederrheinischen Bucht abgelagerten Schotter wurden, soweit zugänglich, in der Fraktion 20 bis 50 mm ⌀ auf ihren prozentualen Quarzanteil (Quarzzahl) und den Rundungsgrad der Quarze untersucht. Dabei zeichneten sich drei Gruppen ab:

1. Schotter des Oberpliozäns mit sehr hohen Quarzgehalten und im Durchschnitt guter Rundung.
2. Schotter des älteren Quartärs mit stufenweiser Abnahme ihrer jeweils niedrigsten Quarzgehalte und schlechterer, in sich etwa gleichbleibender Rundung.
3. Schotter des jüngeren Quartärs mit weiterhin, jedoch in kürzeren Raten abnehmendem Quarzanteil und einem von Terrasse zu Terrasse verschieden stark ausgeprägten, noch schlechteren Rundungsbild. Ein Vergleich dieser Rundungsbilder läßt eine generell absteigende Tendenz erkennen.

Ferner deutet sich zwischen den Schottern des Oberpliozäns und denen des Ältestpleistozäns eine Lücke an, die vielleicht nicht allein durch die zwei Schotterglieder, die mangels eines Aufschlusses nicht analysiert werden konnten, zu schließen ist.

Restschotter- und älteres Quartärschotter-Material werden gegen die jüngeren Terrassen hin zunehmend durch frische Komponenten aus dem Anstehenden ersetzt, wobei relativ wenig Quarzmaterial beteiligt ist. Infolgedessen nimmt die Quarzzahl allmählich ab. Hinzu kommen innerhalb einer Terrasse Veränderungen der Quarzzahl in Abhängigkeit von der Transportstrecke, weil die weniger widerständigen Anteile innerhalb des Schotterspektrums schneller aufgearbeitet werden. Die Rundungsverschlechterung seit dem Oberpliozän, die bereits der obigen Einteilung Oberpliozän — älteres Quartär — jüngeres Quartär zugrundeliegt, mag hingegen eine Wiederspiegelung der Klimaentwicklung sein.

1. Einleitung

Am Mittelrhein und mit Einschränkungen entlang den Bergischen Randhöhen im Osten der Niederrheinischen Bucht ist eine Gliederung der Quartär-Terrassen aufgrund geomorphologischer Kriterien möglich. Doch versagt diese Methode wegen tektonischer Senkungstendenz weitgehend am linken Niederrhein und in den Niederlanden. Als Ansätze zur Gliederung der fluviatilen Körper bieten sich hier die Sedimentpetrographie, vor allem die quantitative Schotteranalyse und die Schwermineralanalyse an. Neuerdings wurden außerdem vermehrt geröllmorphologische Methoden einbezogen, die allerdings nicht überbewertet werden dürfen, da die Schotterkörper horizontal wie vertikal nicht ganz homogen zusammengesetzt sind. Auch können sich Beeinflussungen durch Umlagerungen verschiedenster Größenordnung oder durch solifluidale wie rein fluviatile Zufuhr von den Seiten her auswirken. Um letztere

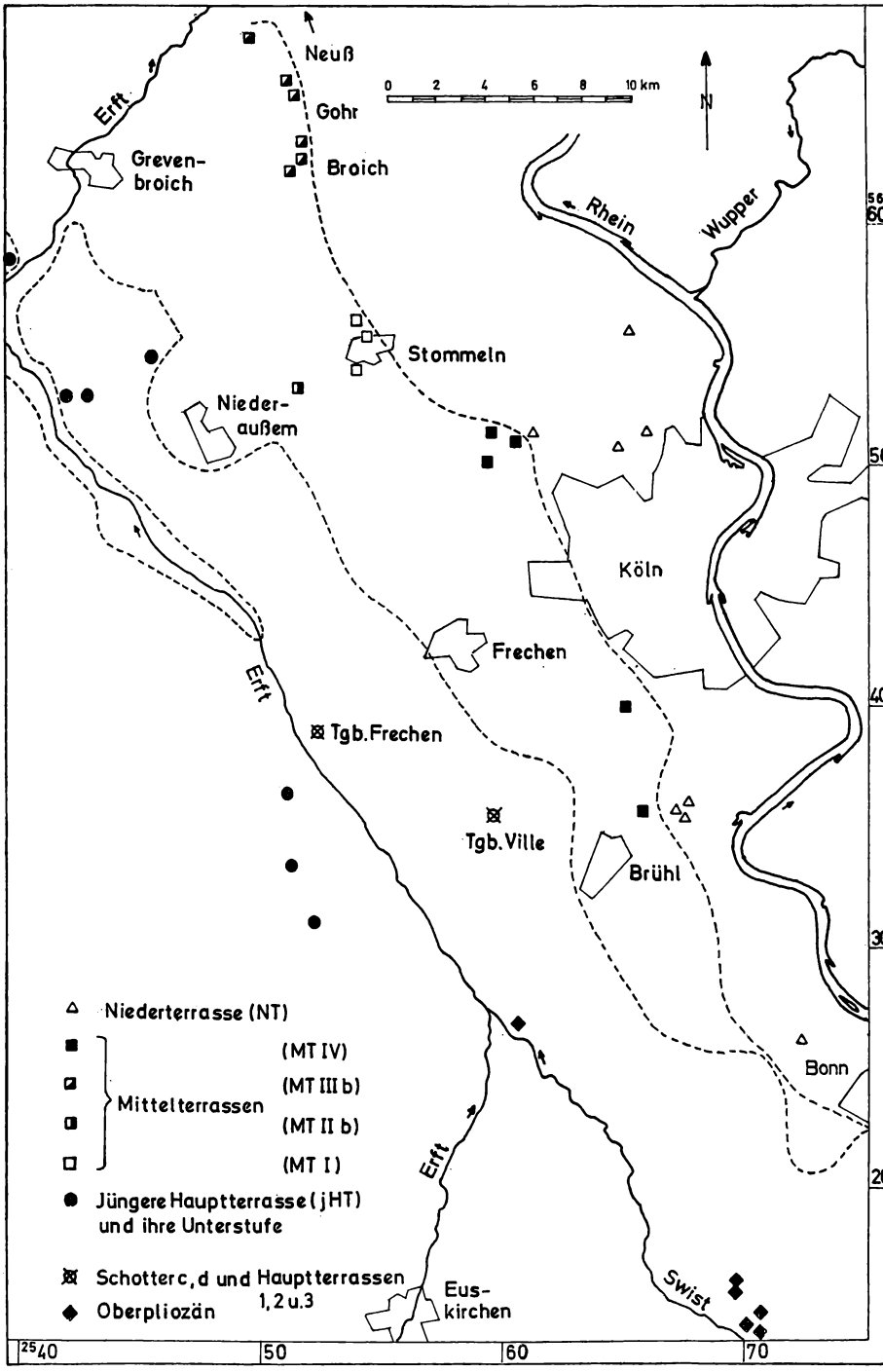

Abbildung 1. Probenahmestellen in der Niederrheinischen Bucht.

Faktoren minimal zu halten, wurde bei dieser Arbeit das Untersuchungsgebiet am südlichen Niederrhein westlich des heutigen Flußlaufes auf den Bereich etwa zwischen Bonn und Neuß begrenzt (vgl. Abb. 1).

Die morphometrischen Analysen und deren Interpretation stammen von E. BURGHARDT, die geologischen Angaben von K. BRUNNACKER. Bei der Probenahme im Gelände haben W. BOENIGK, A. SCHNÜTGEN, I. MUSA und V. THOSTE geholfen. Für Hinweise zu statistischen Fragen danken wir Herrn Kollegen H. COLIN, Krefeld.

2. Methodische Vorbemerkungen

Das Schwergewicht des Beitrages liegt in einer Kombination von Quarzzahl und Rundung der Quarzgerölle. Zunächst sollen hierzu die Begriffe „morphometrische Schotteranalyse" und „Quarzzahl" erläutert werden.

2.1. Morphometrische Schotteranalyse

In den fünfziger Jahren bediente man sich — durch Arbeiten französischer Geomorphologen angeregt — bei klimamorphologischen Arbeiten besonders der morphometrischen Schotteranalyse. Maßgebend war dabei die vor allem durch CAILLEUX (1947, 1952) dargelegte Vorstellung, mit Hilfe exakter Daten zur Rundung, Form und Formentwicklung von Geröllen die Genese von Ablagerungen zu klären; denn Form und Rundung werden dem Material durch Transport und Klima aufgeprägt. Seither wurde mehrfach versucht, den CAILLEUX'schen Zurundungsindex zu verbessern (z. B. KUENEN 1956, KAISER 1956). Vergleiche durch BLENK (1960) ergaben allerdings, daß sich damit keine zusätzlichen weiterführenden Erkenntnisse erzielen lassen.

Ein rationelleres und zeitsparenderes Verfahren stellt die „visuelle Methode" dar: Bei einer Probe mit 100 Geröllen braucht man zur Bestimmung des Rundungsgrades nach CAILLEUX 7 bis 8 Stunden (KAISER 1956), nach der visuellen Methode (REICHELT) hingegen nur 10 bis 15 Minuten. Trotz subjektiver Momente steht letztere der Meßmethode in Genauigkeit keinesfalls nach (VALETON 1955). In diesem Beitrag wird deswegen die visuelle Bestimmung des Rundungsgrades nach REICHELT (1955, 1961) bevorzugt.

2.2. Quarzzahl

Der prozentuale Anteil an Quarzgeröllen in den Rheinterrassen — identisch mit der Definition der Quarzzahl bei BOENIGK (1969) — wird von KAISER (1956, 1957, 1961), MAARLEVELD (1956), VINKEN (1958) und WINTER (1968) erwähnt, wenn auch nur für eine Auswahl von Schotterkörpern. Als allgemein bekannt und anerkannt gilt dabei die Abnahme der Quarzzahl von den ältesten zu den jüngsten pleistozänen Ablagerungen, weswegen die jeweils niedrigsten Quarzzahlen innerhalb eines Terrassenschotters besonders interessant sind.

WINTER (1968) vermerkt allerdings, daß die Quarzzahlen je nach Fraktion schwanken: Je gröber der Kies, desto niedriger liegt der Quarzanteil. Zu berücksichtigen ist ferner ein asymptotisches Ansteigen der Zahl der Quarzgerölle mit der Transportstrecke, was sich je nach Lage des Untersuchungsgebietes wiederum in einer leichten Verschiebung der Werte bemerkbar macht. Auch dieser Punkt wird von den oben genannten Bearbeitern bereits erörtert. Weitere Aspekte, die die Quarzgehalte beeinflussen können, werden durch THOSTE (1972) und SCHNÜTGEN (1973) diskutiert.

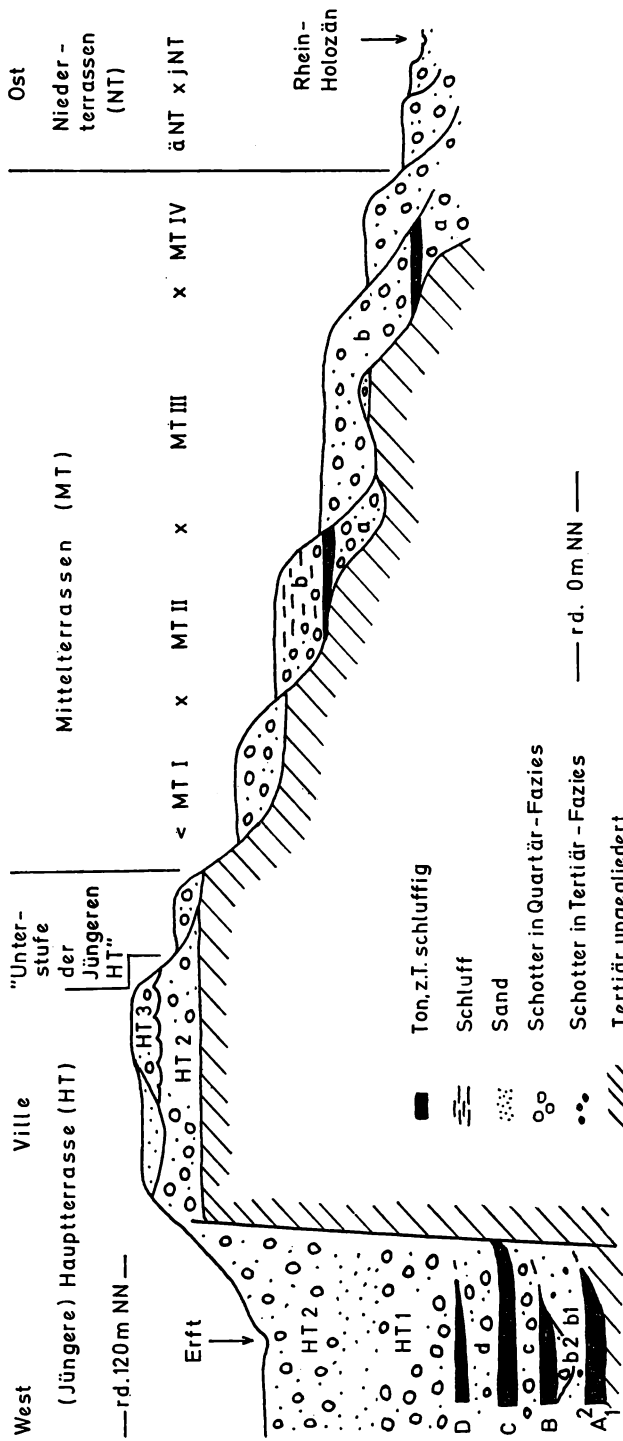

Abbildung 2. Schema der Terrassenfolge am südlichen Niederrhein:
A, B, C, D: Tonhorizonte mit warmklimatischen Floren, davon A aus dem Oberpliozän.
Mächtigkeit der Ablagerungen von A bis zur HT-Oberkante: rd. 90 m (vgl. BOENIGK, KOWALCZYK & BRUNNACKER 1972).

Bisher gibt es kaum Hinweise über die Beziehung zwischen Quarzzahl und Rundungsgrad der Quarze in den Rheinterrassen, wenn man von ersten Versuchen bei BOENIGK, KOWALCZYK & BRUNNACKER (1972) absieht.

3. Untersuchungen in der Niederrheinischen Bucht

Ziel des Vorhabens war es, Daten in größerem Umfang zu ermitteln und bereits vorliegende Befunde nach Möglichkeit einzufügen.

3.1. Geologischer Aufbau

Der geologische Aufbau des Untersuchungsgebietes ist in Abb. 2 schematisch dargestellt. Oberpliozäne „Kieseloolith"-Schotter (i. e. S.) sind das älteste erfaßte Glied unserer Untersuchungen. Die Benennung der Schotter b, c und d des Ältestpleistozäns im Liegenden der Jüngeren Hauptterrasse geht auf KOWALCZYK (1969) zurück. Er hat im jeweiligen Hangenden dieser Schotterlager, in den Tonhorizonten B, C und D, warme Floren- und Faunenelemente gefunden. Der folgende, bisher als Jüngere Hauptterrasse bezeichnete Schotterkörper wurde in die Hauptterrassen 1, 2 und 3 unterteilt (vgl. SCHNÜTGEN 1973). Für die Mittelterrassen im Kölner Raum wurden die neutralen Bezeichnungen MT I—IV gewählt, da es bisher nicht zufriedenstellend gelang, die Mittelterrassen des Mittelrheins mit denen der Niederrheinischen Bucht zu korrelieren. Bei der MT II und MT III sind hinsichtlich ihrer klimatischen Wertigkeit noch unklare Unterteilungen vorhanden. Die Niederterrasse läßt sich, u. a. nach THOSTE (1972), meist in einen älteren und einen weitgehend selbständigen jüngeren Schotterkörper aufteilen.

3.2. Methodisches Vorgehen

Insgesamt wurden 370 Proben aus 38 Aufschlüssen untersucht; hinzu kommen noch rd. 80 Analysen von anderer Seite (vgl. Tab. 1). Die eigenen Untersuchungsorte sind in Abb. 1 zusammengestellt und im Anhang lokalisiert.

Zum Aussieben der Geröllproben in den Aufschlüssen wurden Holzrahmensiebe mit Rundlöchern von 20 bzw. 50 mm ⌀ benutzt. Eine Probe umfaßte 100 Gerölle der dazwischen gelegenen Fraktion.

Nach Abzählen von 100 Geröllen je Probe wurde innerhalb derselben das Verhältnis von Quarz zu sonstigen Gesteinen, hauptsächlich „Buntschottern", ermittelt. Anschließend wurden die Quarzgerölle — selbstverständlich aus demselben Schotterhorizont — auf 100 Stück ergänzt und der Rundungsgrad festgestellt.

Die Klasseneinteilung der Rundung erfolgte nach REICHELT:

I kantig
II kantengerundet
III gerundet
IV stark gerundet

Die hier angewandte Einteilung entspricht allerdings insofern nicht ganz der Definition von REICHELT, als zur Klasse I (kantig) sämtliche Gerölle gezählt wurden, die mindestens eine scharfe Kante aufwiesen. In der Klasse II (kantengerundet) verblieben nur kantengerundete Schotter ohne scharfe Kante. Gegenüber REICHELT ergab sich damit eine leichte Verschiebung von Klasse II zu Klasse I.

Tabelle 1. Anzahl der bearbeiteten Proben aus den einzelnen Terrassen in chronologischer Folge, getrennt nach Bearbeitern.

Terrasse	Anzahl der bearbeiteten Proben: BURGHARDT	Anzahl der bearbeiteten Proben: KOWALCZYK = K, BOENIGK = B, BRUNNACKER = BR
Niederterrasse	50	-
Mittelterrasse IV	50	-
Mittelterrasse III	27	-
Mittelterrasse II	1	5 B
Mittelterrasse I	7	-
Unterstufe der jHT	5	8 K,B
Hauptterrasse 3	14	-
Hauptterrasse 2	22	
Hauptterrasse 1	35	
	45 ("jHT")	
Schotter d	30	12 B
Schotter c	31	33 B
Schotter b	-	-
Oberpliozän	50	19 K,BR
Summe	367	77

insgesamt: 444 Proben

Die Berechnung der Indexwerte für den Rundungsgrad wurde gemäß WINTER (1968) vorgenommen, der sich wiederum auf RUSSEL und TAYLOR bezieht:

Rundungsklasse	Prozentanteil	Rechenvorgang
I	x_1	$x_1 \cdot 1$
II	x_2	$x_2 \cdot 2$
III	x_3	$x_3 \cdot 3$
IV	x_4	$x_4 \cdot 4$
	$\sum_{i=1}^{4} x_i = 100$	$\sum_{i=1}^{4} i \cdot x_i = x_5$
		$\frac{x_5}{10} =$ Indexwert

Der Indexwert pendelt also zwischen 10 und 40 und verhält sich proportional zur Rundung (d. h. je höher der Indexwert, desto besser der Rundungsgrad).

Fehlerquellen einer derartigen Rundungsgradanalyse bestehen nach REICHELT (1961) in

a) dem persönlichen Fehler, der auf Bestimmungsfehlern beruht,
b) den Fehlern, die durch das Analysieren einer relativ kleinen Schottermenge entstehen,
c) den Schwankungen, die durch die nicht homogene Zusammensetzung des Schotters bedingt sind.

Der individuell bedingte Fehler a) ist Hauptfehlerquelle, wenngleich er bei der Einteilung in vier gut unterscheidbare Klassen verhältnismäßig gering bleibt. Zur Be-

stimmung der eigenen Fehlergröße wurden fünf verschiedene Proben zwölfmal klassifiziert. Dabei ergab sich ein durchschnittlicher prozentualer Fehler von 0,75 % bzw. einmal von 1 %. REICHELT (1961) erhielt bei einem ähnlichen Versuch, den er mit mehreren Personen durchführte, als durchschnittlichen prozentualen Fehler Werte von 1,5—3,2 %. Um den eigenen Fehler noch weiter zu verringern, wurde jede entnommene Probe zweimal analysiert und der Mittelwert aus den beiden Indexwerten als Ergebnis genommen. Außerdem wurden anstelle der von REICHELT als ausreichend angesehenen 50 Gerölle pro Probe jeweils 100 Gerölle gewählt.

Zahl und Rundung der Quarze wurden in ein rechtwinkliges Koordinatensystem mit den Quarzzahlen als Abzissen- und den Rundungsindizes als Ordinatenwerten eingeordnet (Abb. 3 bis 6). Diese Darstellungsweise fand bei jeder einzelnen Terrasse sowie abschließend bei der Koordination sämtlicher Terrassen Anwendung. Bei der Gesamtdarstellung eignete sich zur Wahrung der Übersichtlichkeit eine die jeweilige Punktwolke umhüllende Kurve (Abb. 7).

Aus früheren Versuchsreihen stand weiteres Zahlenmaterial zur Verfügung (vgl. z. B. BOENIGK, KOWALCZYK & BRUNNACKER 1972). Da sich eine größere Wertebasis günstig auswirken kann, wurde eine Kombination der fremden Werte mit den eigenen versucht. Zu diesem Zweck bot es sich an, aus den fremden Werten, nach Terrassen getrennt, das Arithmetische Mittel der Rundungsindizes zu bilden, diese mit den entsprechenden eigenen Mittelwerten zu vergleichen und anschließend die fremden und eigenen Mittelwerte für jede Terrasse gleichzusetzen. Dazu wurden die fremden Werte um die Differenz zwischen fremdem und eigenem Mittelwert verschoben, während der Verteilungscharakter erhalten blieb. Die Quarzzahlen blieben unverändert, da sie nicht sonderlich durch subjektive Einflüsse verfälscht werden können.

3.3. **Befund**

Die Besprechung der Analysen folgt der zeitlichen Gliederung der Terrassen, beginnend mit dem Oberpliozän.

3.3.1. **Oberpliozän**

Die oberpliozänen Schotter (Abb. 3) weisen einen hohen Quarzgehalt von durchschnittlich 89 % bei einem Minimum von 78 (75) %[1]) auf. Der Rundungsindex schwankt um 20,0—21,8 und liegt damit im allgemeinen höher als bei den pleistozänen Rheinterrassen. Eine weitere Aufgliederung sollte auf der Grundlage systematischerer Untersuchungen dieses Schichtgliedes möglich sein (vgl. BOENIGK 1973).

3.3.2. **Schotter c**

Die Quarzzahl in Schotter c (Abb. 3) sinkt bis auf 58 %, während die durchschnittliche Rundung bei 19,5 liegt. Beide Werte halten also einen deutlichen Abstand zu denen des Oberpliozäns. Die zwischen dem Pliozän und dem Schotter c liegenden Schotter b1 und b2 konnten nicht analysiert werden, da sie nicht mehr zugänglich sind. Überdies befindet sich zwischen Schotter b1 und b2 eine sehr wesentliche Erosionsdiskordanz, wenn die Gesteinsfazies zugrunde gelegt wird.

---

[1]) Die Zahlen in Klammern geben im Folgenden singuläre Werte (Ausreißer) an.

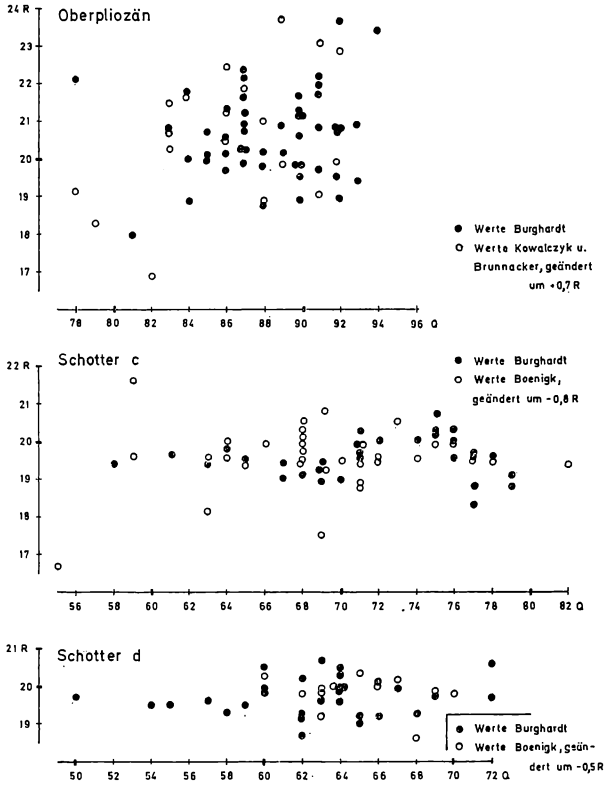

Abbildung 3. Quarzzahl (Q) und Rundung (R) in oberpliozänen und ältestpleistozänen Schottern.

3.3.3. Schotter d

Schotter d (Abb. 3), wie Schotter c nur im Tagebau Frechen erfaßt, weist eine niedrigste Quarzzahl von 54 (50) % auf. Der Rundungsindex stimmt in etwa mit dem des Schotters c überein.

3.3.4. Jüngere Hauptterrasse

In der bislang als (Jüngere) Hauptterrasse bezeichneten Ablagerung fand Kowalczyk (1969) bei Proben aus der Ville eine starke Streuung der Rundungswerte sowie der Quarzzahlen. Ausgewählte Profile aus dieser Terrasse zeigten eine etwas geringere Streuung. Dennoch ist nicht auszuschließen, daß die Proben aus verschiedenen Schotterkörpern stammen (Abb. 4).

Der damit angeschnittenen Frage einer möglichen Unterteilung wurde in den Tagebauen Frechen und Ville durch den Vergleich der Werte aus drei Schotterhorizonten weiter nachgegangen. Dabei wurde im Tagebau Frechen zwischen einem Schotterkörper, der zwischen Schotter d und einem die Hauptterrasse unterteilenden mächtigen Sandpaket liegt (= HT1), und einem über diesem Sandhorizont befindlichen Schotter (= HT2) unterschieden. Diese beiden Ablagerungen sind wiederum verschieden von dem höchsten Schotterlager des Tagebaus Ville (= HT3), das sich

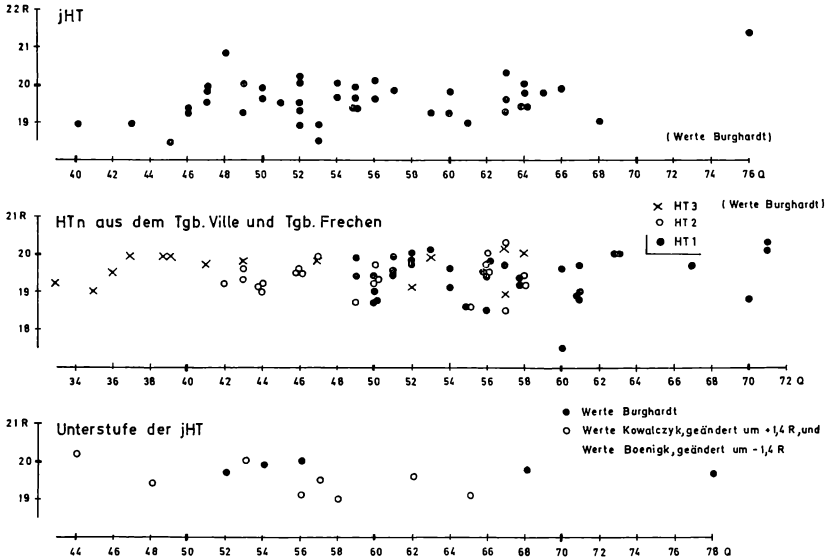

Abbildung 4. Quarzzahl (Q) und Rundung (R) in Schottern der Hauptterrassen.

über einem schluffigen Horizont mit kryoturbaten Störungen befindet. Im Hangenden wird die HT3 von lehmig-sandigen Hochflutabsätzen mit überprägendem Auenboden abgeschlossen. Über diesem Boden folgen, auf flache Reliefdepressionen beschränkt, mehrere Meter mächtige fluviatile Sande, auf denen sich ebenfalls ein sehr kräftiger Auenboden gebildet hat. Dadurch wird ein oberstes eigenständiges fluviatiles Lager in sandiger Fazies lokal auf der Ville ausgewiesen.

Die behandelten HT-Schotter zeigen hinsichtlich der Quarzzahlen eine stufenweise Abnahme der jeweils niedrigsten Werte vom Liegenden zum Hangenden (Abb. 4):

Oberste Schotterlage im Tgb. Ville = HT3	:	35 (33) %
Oberer Teil der Hauptterrasse im Tgb. Frechen = HT2	:	42 %
Unterer Teil der Hauptterrasse im Tgb. Frechen = HT1	:	49 %
Schotter d im Tgb. Frechen	:	54 %
Schotter c im Tgb. Frechen	:	58 %

Die Rate der Abnahme innerhalb der Hauptterrassen entspricht annähernd derjenigen zwischen Schotter c und d sowie zwischen Schotter d und HT1, so daß sich eine kontinuierliche Abstufung ergibt. Allerdings bleibt der Rundungsgrad in den HT gegenüber Schotter c und d praktisch unverändert.

3.3.5. Unterstufe der Jüngeren Hauptterrasse

Am Rand des Mäanderbogens von Niederaußem ist ein in die Hauptterrasse eingeschachtelter Schotterkörper aufgeschlossen, der von Quitzow (1956) als „Unterstufe der Jüngeren Hauptterrasse" bezeichnet wird. Da diesem Rest möglicherweise größere stratigraphische Bedeutung zukommen kann, wurde er ebenfalls analysiert (Abb. 4). Die Quarzzahl sinkt bis auf 48 (44) % ab, während der Rundungsindex ungefähr mit dem der Hauptterrasse übereinstimmt. Ein Vergleich mit den Werten

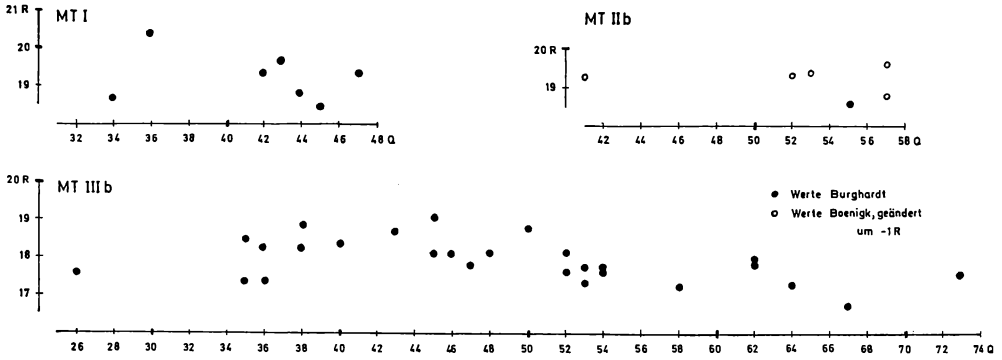

Abbildung 5. Quarzzahl (Q) und Rundung (R) in Schottern der älteren Mittelterrassen.

aus den Mittelterrassen (Abb. 5) weist auch dann auf die Zugehörigkeit dieser Unterstufe zur Hauptterrasse hin, wenn man eine Beeinflussung durch lokale Gegebenheiten in Betracht zieht.

3.3.6. Mittelterrasse I

Aus der Mittelterrasse I (MTI), die lediglich bei Stommeln örtlich aufgeschlossen ist, liegen nur wenige Werte vor (Abb. 5). Als niedrigste Quarzzahl ergibt sich hier ein Wert von 34 %, die Rundung erreicht durchschnittlich die Indexzahl 19. Im Vergleich zur Hauptterrasse scheint sich eine leichte Verschlechterung im Rundungsgrad anzudeuten, die vielleicht schon in den obersten Schottern des Tagebaus Ville (HT3, Abb. 4) eingeleitet wird.

3.3.7. Mittelterrasse II

Von den beiden Mittelterrassen IIa und IIb ist augenblicklich nur die MTIIb erschlossen, und zwar fast ausschließlich im Tagebau Fortuna (-Niederaußem) (Abb. 5). Bei den wenigen vorhandenen Werten liegt die niedrigste Quarzzahl bei 52 (41) %. Die Rundung hält sich an den Wert 19. Hier ist sicherlich — wie in der MTIIIb — aufgearbeitetes älteres Material wesentlich an der Schotterzusammensetzung beteiligt. Diese Dominanz örtlicher Materialkomponenten ergibt sich schon aus der Aufschlußsituation.

3.3.8. Mittelterrasse III

Wie bei der MTII ist auch von der MTIII im Untersuchungsgebiet nur die MTIIIb aufgeschlossen. Ihre Quarzzahlen aus dem Raum Broich-Gohr weisen eine extrem starke Streuung auf (Abb. 5): Das Minimum liegt bei 35 (26) %, der höchste Wert erreicht 73 %. Die Ursache ist in der Beteiligung eines aufgearbeiteten älteren Schotters zu finden. Der Rundungsindex dagegen sinkt auf 18 und darunter, ist also im Vergleich zur MTIIb sehr schlecht.

3.3.9. Mittelterrasse IV

Die Werte der MTIV bilden wieder eine kompakte Punktwolke. Der Anteil an Quarzgeröllen erreicht ein Minimum von 22 %. Der Rundungsindex liegt im Mittel

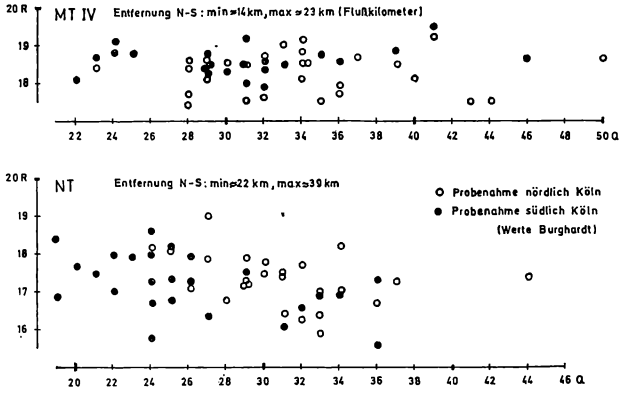

Abbildung 6. Quarzzahl (Q) und Rundung (R) in Schottern der Mittelterrasse IV und der Niederterrassen, aufgegliedert in die Bereiche südlich und nördlich von Köln.

über 18, aber unter den Werten der MTIIb und MTI. Dagegen ist der Indexwert der MTIIIb deutlich niedriger.

In Abb. 6 sind die Werte für die MTIV — ebenso für die Niederterrasse — nach ihrer Herkunft in die Bereiche südlich und nördlich Köln aufgegliedert. Die Auswertung dieser Unterteilung wird in Abschnitt 4.2. vorgenommen.

3.3.10. Niederterrasse

Die in der Niederterrasse ermittelten Werte fügen sich gut in das gewonnene Bild ein (Abb. 6); denn die Quarzzahlen mit einem Minimum von 20 % und der durchschnittliche Rundungsgrad von etwas über 17 halten sich unterhalb der Werte älterer Terrassen.

In der Niederterrasse bietet sich überdies eine Untersuchung der Verteilung von Quarzzahlen und Rundung der Quarzgerölle im Vertikalprofil an. Tab. 2 gibt einen Überblick über die Werte an Oberkante und Aufschlußuntergrenze (nicht Liegendfazies) der acht untersuchten Profile, nach ihrer geographischen Lage von Süden nach Norden geordnet. Die Nummerierung entspricht der Reihenfolge der Probenahmestellen im Anhang (vgl. auch Thoste 1972).

Tabelle 2. Quarzzahlen und Rundungsindizes an Ober- und Unterkante der Aufschlüsse in der Niederterrasse.

Profil	Oberkante		Aufschluß-untergrenze		
	Q	R	Q	R	
1	33	17,5	25	16,7	südlich Köln
2	37	15,6	25	18,0	
3	33	16,6	24	17,9	
4	34	17,0	23	18,0	
5	34	16,4	28	19,0	nördlich Köln
6	32	17,4	31	17,5	
7	33	16,3	28	17,9	
8	30	17,3	38	17,3	

Wie aus dieser Tabelle zu ersehen ist, liegen die Quarzzahlen bei sechs Profilen an der Oberkante deutlich höher als an der Basis mit Ausnahme von Profil 6 und 8. Zugleich tritt in fünf von den sechs Fällen ein umgekehrtes Verhältnis für den Zurundungsindex auf: Er erreicht an der Basis höhere Werte als an der Oberkante. Eine Ausnahme bildet hier Profil 1.

Zu Tab. 2 ist ferner zu bemerken: Vergleicht man die südlich von Köln gelegenen Profile 1—4 mit den restlichen Profilen 5—8 aus dem nördlichen Bereich, so stellt sich heraus, daß die Differenz der Quarzzahlen und der Rundungsgrade an Oberkante und Basis sowie deren umgekehrt proportionales Verhältnis zueinander im Süden viel ausgeprägter ist als im Norden, wenn man von den oben genannten Ausnahmen absieht.

In älteren Schotterkörpern konnten keine derartigen Beobachtungen gemacht werden, was aber nicht ausschließt, daß dieses Phänomen doch existiert oder einmal existiert hat.

3.3.11. Überblick

Abgesehen von einigen Sonderfällen ergibt sich zusammenfassend die in Abb. 7 dargestellte Verteilung.

Sonderfälle:

Sammeldaten aus der Jüngeren Hauptterrasse sind nicht repräsentativ. Deshalb wird allein auf die Werte von Tagebau Frechen und Ville zurückgegriffen.

Die Daten der Unterstufe der Jüngeren Hauptterrasse bleiben gleichfalls unberücksichtigt, ebenso die der MTIIb.

In der MTI ist die geringe Probenzahl zu bedenken.

In fast allen untersuchten Aufschlüssen der MTIIIb ist aufgearbeitetes älteres Schottermaterial in erheblichem Umfang beteiligt.

Die Quarzzahlen zeigen das erwartete Bild einer allmählichen, undeutlich stufenweisen Abnahme vom Oberpliozän zur Niederterrasse. Im einzelnen ist jedoch eine Lücke zwischen Oberpliozän und Schotter c vorhanden. Ob die gefundene Vertikalgliederung der Hauptterrasse auf zwischengeschaltete Warmzeiten wie bei den liegenden Schottern schließen läßt, ist offen. Weiterhin nehmen die Quarzzahlen in den Mittelterrassen und in der Niederterrasse in ziemlich geringen Stufen ab. Dabei wird die weitgehende Annäherung der jeweils niedrigsten Quarzzahlen an der Grenze Hauptterrassen/Mittelterrassen vielleicht von einiger Bedeutung sein, wenn der geologische Verband besser bekannt sein wird.

Ein ähnliches Verhalten ist bei der Rundung vorhanden. Oberpliozäner Schotter ist relativ gut gerundet. Ab Schotter c bis einschließlich zum obersten erfaßten Teil der Hauptterrasse (= HT3) bleibt die Rundung ohne wesentliche Veränderung, ist aber gegenüber den mittleren Werten des Pliozäns etwas schlechter. In den Mittel- und Niederterrassen tritt eine stärkere und stetige Verschlechterung der Rundung auf. Eine Ausnahme macht die MTIII insofern, als ihre Position im Diagramm durch die schlechte Rundung nicht ganz in das Verteilungsschema paßt.

Die Kombination von Quarzzahlen und Rundung im Diagramm läßt für die untersuchten Einheiten Punktwolken erkennen, die mehrere, unregelmäßig verteilte Schwerpunkte besitzen. Im oberpliozänen Schotter liegen solche Schwerpunkte für die Rundung etwa bei 20,0, 21,0 und 21,8, für die Quarzzahlen bei 89—92 (bezogen auf die eigenen Analysen). Die Ursache hierfür könnte die Zusammenfassung verschiedener eigenständiger Horizonte sein.

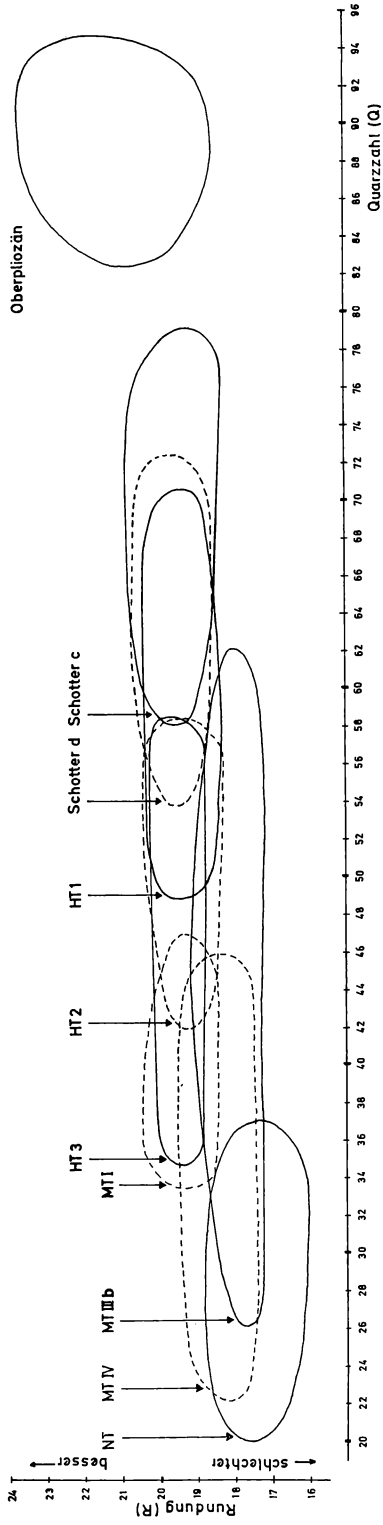

Abbildung 7: Zusammenstellung von Quarzzahl (Q) und Rundung (R) der vorher einzeln behandelten Schotterablagerungen (vgl. Abb. 3 bis 6).

Bei den quartären Schottern ist die Lage der Schwerpunkte hingegen über das durch die breite Streuung der Quarzzahlen bedingte Band verteilt, ohne Gesetzmäßigkeiten erkennen zu lassen. Darin deutet sich die Inhomogenität des Materials, also die unvollständige Vermischung der zugelieferten Schotter an, die zum einen aus aufgearbeitetem und zum andern aus frischem Material bestehen. Für zukünftige Untersuchungen ergibt sich daraus ein Ansatz zu einer detaillierten Behandlung der Einzelaufschlüsse hinsichtlich Probenahme, Fraktions- und Schotterkomponentenwahl sowie zu einer systematischeren Behandlung geeigneter Terrassenkörper über längere Laufstrecken hinweg.

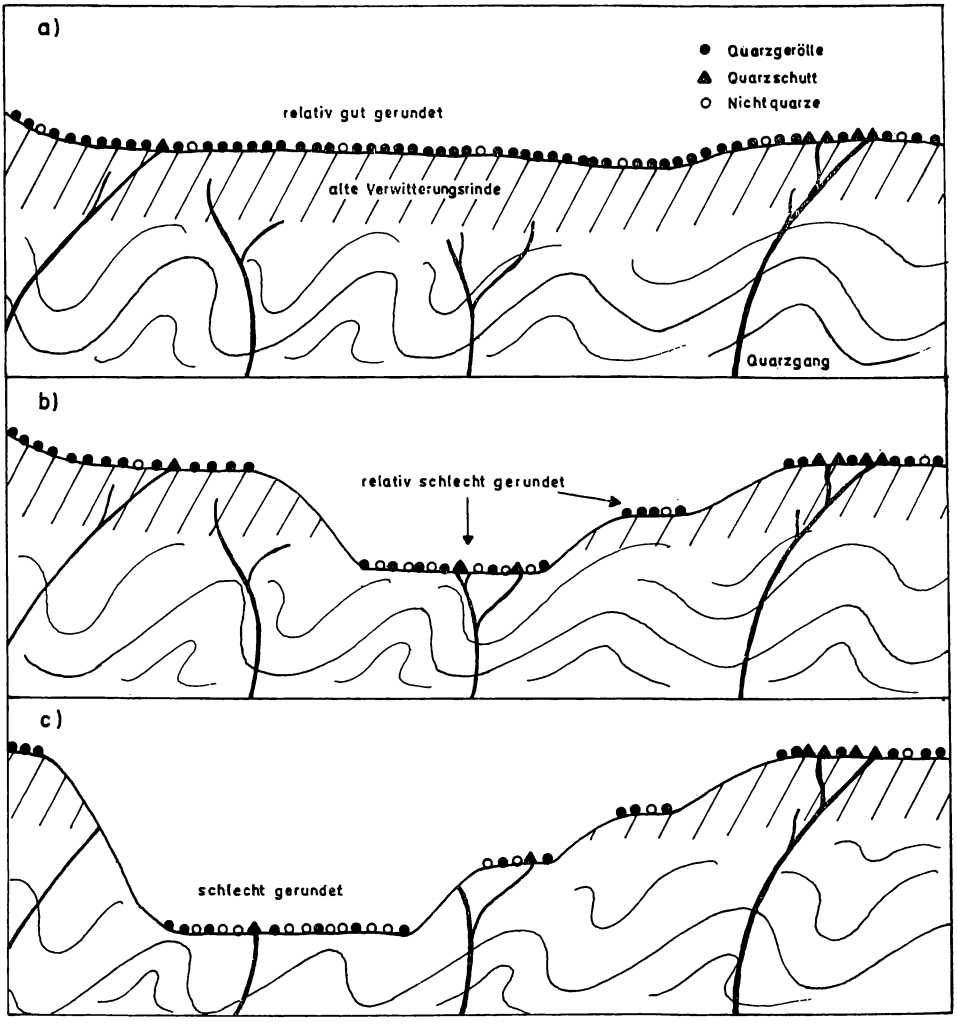

Abbildung 8. Schema der Materialänderung bei Einschneiden des Rheins in das Rheinische Schiefergebirge:
a) Ausgangssituation
b) Einschneiden des Rheins im Altpleistozän unter die tertiäre Verwitterungsrinde
c) weiteres Einschneiden im Pleistozän.

4. Deutung

Sowohl bei den Quarzzahlen wie bei der Rundung der Gerölle ist mehr oder minder deutlich eine zeitliche und eine regionale Entwicklung vorhanden.

4.1. Zeitliche Entwicklung

Der Anteil an Quarzgeröllen nimmt in den Terrassenschottern vom Oberpliozän bis zur Niederterrasse ab. Zugleich verschlechtert sich stufenweise die Rundung der Quarzgerölle. Der zugrunde liegende Mechanismus ist in Abb. 8 skizziert:

Abb. 8a zeigt stark schematisiert die Oberfläche des Rheinischen Schiefergebirges gegen Ende des Pliozäns mit alter, tiefgründiger Verwitterungsdecke, Quarzrestschottern und etwas Quarzrestschutt, der an den Stellen vorkommt, wo die an sich seltenen Quarzgänge an die Oberfläche durchstoßen. Einen dementsprechend hohen Anteil an Quarzen enthalten die oberpliozänen Schotter der niederrheinischen Bucht.

Möglicherweise hat der Rhein im Übergang zum Quartär die Verwitterungsdecke des Rheinischen Schiefergebirges noch nicht so weitgehend durchschnitten, daß frisches Schiefergebirgsmaterial in wesentlichen Anteilen beigesteuert werden konnte (Abb. 8b). Der zeitlich entsprechende Schotter in der niederrheinischen Bucht ist deswegen noch in Pliozän-Fazies entwickelt (Schotter b1 — falls nicht sowieso noch in das jüngste Pliozän gehörig).

Weitere Eintiefungen des Rheins und seiner Zuflüsse brachten nach dem Durchschneiden der Restschotterdecke und der Verwitterungsrinde zunehmend frisches Schiefergebirgsmaterial und natürlich auch Komponenten des übrigen Einzugsgebietes in die niederrheinische Bucht (Abb. 8c). Damit erhöhten sich die Buntschotteranteile; hinzu kam etwas Quarz aus neu freigelegten Gängen. Die nächstjüngeren sowie alle weiteren Schotter in der niederrheinischen Bucht setzen sich damit zusammen aus:

1. pliozänem Restmaterial, insbesondere Quarzschottern und etwas Quarzrestschutt,
2. frischen Buntschottern mit etwas Quarz aus Gängen sowie
3. aufgearbeitetem Material, das bereits früher entlang dem Rheinlauf und seiner Zuflüsse in unterschiedlichen Anteilen abgelagert war.

Im Verlauf der weiteren Entwicklung nahm der Anteil pliozänen Restmaterials ab. Die Zusammensetzung der Terrassenschotter wurde somit zunehmend durch frisches Material der Abtragungsbereiche (oben: 2.) und aufgearbeitetes Material älterer Terrassen (oben: 3.) bestimmt. Da aber die exponierteren Terrassenkörper, also vornehmlich älteste, immer weiter aufgearbeitet wurden, bestand die Materialzufuhr gegen die jüngsten Terrassen hin einerseits aus frischen, an sich quarzarmen Schottern, deren Material durch periglaziale Verwitterungsvorgänge frei wurde, andererseits aus aufgearbeiteten älteren Terrassenschottern, unter denen in der Regel bereits jüngere Terrassen mit schon relativ niedrigen Quarzzahlen überwogen (Ausnahme z. B. MTIIIb bei Gohr-Broich).

Ausgehend von diesem Modell könnte man abzuschätzen versuchen, inwieweit Lücken in der Terrassenfolge vorhanden sind. Dafür sind allerdings kaum die Mittelwerte der Quarzzahlen geeignet, sondern vielmehr die jeweils niedrigsten Daten. Wenigstens eine Lücke zeigt sich innerhalb der Mittelterrassen (MTII). Ob hier weitere Lücken vorhanden sind, läßt sich aufgrund der zur Verfügung stehenden Daten nicht eindeutig entscheiden, so daß auch zur Frage der Unterteilung der MTII und der MTIII und deren genetischer Bewertung, auf die eingangs verwiesen wurde,

vorerst keine Aussage möglich ist. Interessant ist allerdings auch die Lücke zwischen den oberpliozänen Schottern und Schotter c. In diese Lücke gehören die nicht näher erfaßten Schotter b1 und b2. Ob die beiden Schotter als Repräsentanten einer oder zweier Kaltzeiten zu werten sind, bleibt offen. Schließlich könnte sich darüber hinaus eine wesentlichere Lücke zwischen b1 und b2 verstecken.

Für die Rundung, die sich in ähnlicher Weise wie die Quarzzahl verschlechtert, ergibt sich: Unter der Annahme, es läge keine klimamorphologische Formung der Gerölle im Pleistozän vor, müßte sich die Rundung der Quarzgerölle entsprechend der Abnahme der Quarze verhalten. Dies ist aber nicht der Fall. In den Schottern c und d sowie in den Abschnitten HT1, HT2 und HT3 der Hauptterrasse bleibt die Rundung im Durchschnitt praktisch unverändert, ist aber schlechter als im Oberpliozän und besser als in den Mittel- und Niederterrassen. Wird eine klimamorphologisch-fluviatile Formung in die Betrachtung einbezogen, dann würde das bedeuten, daß periglazial aufgearbeitete ältere Schotter eine Verschlechterung ihrer Rundung bei dieser Aufarbeitung erfahren hätten und anschließend gleichsam in einem zweiten, mehr fluviatilen Formungsgang zusammen mit den frisch freigewitterten Quarzen einem spezifischen Rundungsbild eingefügt worden wären. Auf diese Weise könnten besonders die Verteilungen in den jüngeren Terrassen erklärt werden. In der älteren wäre es hingegen denkbar, daß die periglaziale Aufarbeitung noch keine oder nur eine weniger bedeutsame Rolle spielte und auch die kaltzeitlich-fluviatile Formung noch keine extremen Züge aufwies. Die Grenze zwischen diesen beiden Typen der pleistozänen Rundungsformen sollte vor oder nach Bildung der MTI gesucht werden.

Die auffallend schlechte Rundung in der MTIIIb könnte hingegen in Zusammenhang mit stärkeren periglazialen Überprägungen bei der Aufarbeitung eines älteren, lokalen Schotterrestes stehen, der als Hauptlieferant des Materials im Umkreis der Probenahme-Lokalitäten zu gelten hat. Hier ist also nicht auszuschließen, daß wegen des nur kurzstreckigen fluviatilen Transportes ein unreifes Morphogramm vorliegt.

Trotz mancher Einschränkungen zeigen sich also Hinweise auf etwa gleichsinnige Beziehungen zwischen Rundung und Klima. Dafür spricht auch die in der Niederterrasse angetroffene Situation: Werden die Werte der Älteren und der Jüngeren Niederterrasse (äNT, jNT) gesondert betrachtet, so ergibt sich im durchschnittlichen Quarzgehalt kein Unterschied (im Mittel: äNT 30 %, jNT 29 %), doch liegen die Rundungsindizes in der jNT etwas höher. Die äNT wurde in der letzten Eiszeit akkumuliert, die jNT dagegen im ausgehenden Spätglazial (Jüngere Tundrenzeit), also bei leichter Klimaverbesserung gegenüber dem Hochglazial. In der jNT haben die aufgearbeiteten Schotter älterer Lager, insbesondere der äNT, demnach eine gewisse Rundungsverbesserung erfahren, während die Zufuhr neuen Quarzmaterials — nach dem Quarzgehalt zu urteilen — belanglos bleibt. Wie auch Tricart & Schaefer (1950) feststellen, kann ein periglazial-fluviatiler Schotter infolge fluviatil-gemäßigter Überformung eine nachträgliche Besserung seiner Zurundung erfahren. Letztlich wird aber keine Deutung der Veränderung des Rundungsgrades allein Gültigkeit haben. Es handelt sich immer um Kombinationen verschiedenster Ursachen.

An der Oberkante der äNT liegen ferner die Quarzgehalte relativ hoch, während die Rundung im Unterschied zu tieferen Aufschlußteilen verhältnismäßig schlecht ist. Als Grund kommt — wie bei den MTIIIb-Lokalitäten bei Gohr — in erster Linie Frostverwitterung in Frage, wie Kaiser (1956) und Maarleveld (1956) darlegen. Dementsprechend steigt in der relativ groben Fraktion 20 bis 50 mm ⌀ der Gehalt

an schlechter gerundeten Quarzen an, und zwar durch eine Verschiebung der Anteile von Rundungsklasse II zu Klasse I. Natürlich sind von der Frostsprengung mehr die Buntschotter als die Quarze betroffen. Wenngleich KAISER (1956) äußert, Quarze seien gegenüber Frostwirkung relativ resistent, so zeigt doch die Erfahrung, daß manche Hartgesteine sehr wohl darauf anzusprechen vermögen. Dies wurde u. a. in SE-Spanien auf Strandterrassen beobachtet (z. B. BRUNNACKER 1971).

Als ein weiterer Grund für das veränderte Verhältnis zwischen Quarzzahl und Rundung in den obersten Partien der äNT ist solifluktive Zufuhr von älteren Terrassen her denkbar. Diese Zufuhr wäre in ihrer Eigenheit als Lokalmaterial erst mit dem Nachlassen der eigentlichen Akkumulation des Rheins erkennbar geworden. In diesem Fall müßte an sich schon quarzreicheres Material wegen der durch den solifluktiven Transport bedingten stärkeren mechanischen Beanspruchung noch zusätzlich quarzreicher und relativ schlechter gerundet worden sein. Da es aber schwer vorstellbar ist, daß sich solche ganz langsam fließenden Solifluktionsmassen an der Oberfläche der Niederterrasse ungestört über längere Strecken hinweg bewegt haben, muß mit fluviatiler Umlagerung im aktiven Bereich des Talbodens gerechnet werden. Auch dann ist eine Kombination beider Gründe anzunehmen.

4.2. Räumliche Entwicklung

Für die NT und die MTIV lassen sich Untersuchungen über das Verhältnis des Transportweges zur Quarzzahl und zum Rundungsgrad anstellen, da Proben über weitere Strecken zur Verfügung stehen. Abb. 6 bringt die Werte dieser Terrassen für Quarzzahl und Rundung, getrennt nach Entnahmestellen südlich und nördlich von Köln. Während sich der Rundungsgrad der Gerölle kaum unterscheidet, zeigt sich hingegen für die durchschnittlichen Quarzzahlen, daß sie südlich Köln niedriger sind als nördlich der Stadt. Um den sich andeutenden Unterschied im Quarzgehalt genauer zu erfassen, sind in Abb. 9 für die MTIV und die NT Historiogramme dargestellt, wobei als Nullpunkt für die Kilometerangaben der Austritt des Rheins aus dem Schiefergebirge südlich Bonn gewählt wurde. Demnach ergibt sich, bezogen auf den Kölner Bereich, für die NT eine Zunahme der Quarzgerölle von 1,8 % auf 10 km und für die MTIV von 1,2 %. Vergleichsweise nennen WINTER (1968) und MAARLE-

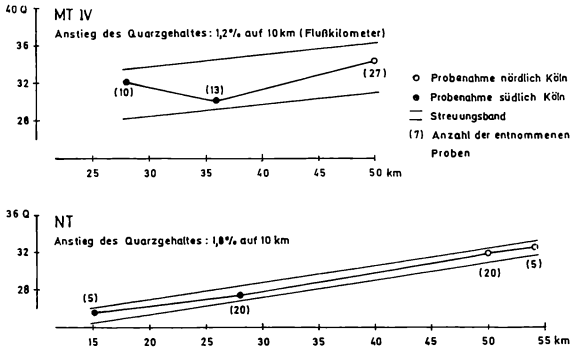

Abbildung 9. Historiogramme zu den Quarzzahlen in Mittelterrasse IV und Niederterrasse; die Kilometerangaben gelten ab dem Austritt des Rheins aus dem Schiefergebirge südlich Bonn (vgl. Abb. 6).

VELD (1956) für die MTIV bzw. Untere Mittelterrasse 2 % bzw. 1 % Quarzanstieg auf 10 km Strecke. Würde man ein Historiogramm für die Jüngere Hauptterrasse (frühere Definition) aufstellen, läge hingegen eine geradezu extreme Zunahme von etwa 4 % vor. Dabei ist noch nicht berücksichtigt, daß im Hauptterrassenbereich sowieso quarzreichere Ablagerungen vorliegen und deswegen der Anstieg der Quarzzahlen sich viel schwächer als in der MTIV und NT vollziehen müßte.

5. Ergebnis

Oberpliozäne Schotter sind im allgemeinen extrem reich an Quarzgeröllen bei guter Rundung. Dennoch ist innerhalb dieser Schotter eine gewisse zeitlich-genetische Differenzierung vorhanden, für deren Aufgliederung allerdings vorerst nur spärliche Ansätze vorliegen (vgl. z. B. Profil Weilerswist — BOENIGK 1973).

Die ältestpleistozänen Schotter bis hin zu den jüngsten Teilen der Hauptterrasse zeigen eine stufenweise Abnahme der niedrigsten Quarzzahlen und vielleicht einschließlich der Mittelterrasse I etwa gleichbleibende Rundung. Gegenüber dem Oberpliozän ist die Rundung der Gerölle jedoch deutlich verschlechtert.

Inwieweit die stufenweise Abnahme der Quarzzahl mit unterteilenden Warmzeiten in Beziehung steht, ist z. T. ungewiß, da im Bereich der Hauptterrasse, z. B. im Bereich der Ville, vorerst Nachweise fehlen (vgl. BOENIGK, KOWALCZYK & BRUNNACKER 1972, KOWALCZYK 1969, SCHNÜTGEN 1973). Das zeigt sich bei folgendem Profil aus der Ville:

Warmzeitlicher Boden (Hangendes)
lokales Sandpaket
warmzeitlicher Boden
Hauptterrasse 3
Hauptterrasse 2
Hauptterrasse 1
warmzeitlicher Tonhorizont D
Schotter d
warmzeitlicher Tonhorizont C
Schotter c
warmzeitlicher Tonhorizont B
Schotter b2 = Beginn quartärer Schotterfazies
Erosionsdiskordanz ————————————
Schotter b1 = noch Pliozän-Fazies
Tonhorizont A2 = höheres Reuverium (jüngstes Tertiär)
Oberpliozäne Schotter

Ob ferner die sehr markante Lücke zwischen Oberpliozän-Schottern und Ältestpleistozän-Schottern allein über die analytisch nicht erfaßten Schotter b1 und b2 geschlossen zu werden vermag, bleibt offen.

Die morphometrischen Analysen deuten für das ältere Quartär gegenüber dem Oberpliozän intensivere Aufbereitungen beim Schottertransport an. Bis hin zur Mittelterrasse I ändern sich der Grad der Rundung und damit auch die grundsätzlichen Transportbedingungen nicht.

Im Unterschied dazu ist in den übrigen Mittel- und Niederterrassen eine von Terrasse zu Terrasse unterschiedliche, in jedem Fall aber schlechtere Rundung gegenüber den älteren, zuvor besprochenen Schottern vorhanden. Zugleich wird die Rate für die Abnahme der jeweils niedrigsten Quarzzahlen erheblich geringer. Darin zeigt sich eine weitere Stufe in der Verschärfung des jetzt eiszeitlichen Klimas, unter dem die Schotter transportiert und abgelagert wurden.

Die Abnahme der Quarzzahlen zugunsten der sogenannten Buntschotter-Komponenten ist die Folge einer zunehmenden Aufarbeitung und damit des Verschwindens älterer Restschotter und Restschutte sowie jeweils älterer Pleistozän-Terrassen; denn das zugelieferte frische Material besteht jetzt überwiegend aus kaltzeitlich freigewittertem Anstehenden, das in dem Einzugsgebiet des Rheins, welcher hier in Betracht kommt, nur relativ wenig von Quarzgängen durchsetzt ist.

Anhang

Verzeichnis der Aufschlüsse

Niederterrassen:

Roisdorf Ost	R: $^{25}72\,000$, H: $^{56}25\,960$
Meschenich Süd 1	R: $^{25}66\,000$, H: $^{56}35\,160$
Meschenich Süd 2	R: $^{25}65\,920$, H: $^{56}35\,400$
Meschenich Süd 3	R: $^{25}66\,120$, H: $^{56}35\,600$
Heckhof	R: $^{25}63\,800$, H: $^{56}50\,400$
Weidenpesch Nord	R: $^{25}65\,160$, H: $^{56}50\,480$
Mengenich	R: $^{25}60\,120$, H: $^{56}50\,700$
Fühlingersee	R: $^{25}64\,320$, H: $^{56}54\,920$

Mittelterrasse IV:

Meschenich Süd 4	R: $^{25}65\,120$, H: $^{56}35\,140$
Efferen	R: $^{25}64\,120$, H: $^{56}39\,100$
Mengenich Ost 1	R: $^{25}58\,240$, H: $^{56}50\,040$
Mengenich Ost 2	R: $^{25}59\,480$, H: $^{56}50\,200$
Baadenberg Ost	R: $^{25}58\,640$, H: $^{56}51\,000$

Mittelterrasse IIIb:

Broich Süd	R: $^{25}50\,200$, H: $^{56}61\,300$
Broich	R: $^{25}50\,440$, H: $^{56}62\,160$
Gohr Süd	R: $^{25}50\,440$, H: $^{56}62\,680$
Neuenbaum Süd	R: $^{25}50\,000$, H: $^{56}65\,040$
Neuenbaum Nord	R: $^{25}49\,960$, H: $^{56}65\,200$
Hoisten West	R: $^{25}48\,280$, H: $^{56}67\,120$

Mittelterrasse IIb:

Ingendorf	R: $^{25}50\,900$, H: $^{56}52\,550$

Mittelterrasse I:

Stommeln Sportplatz	R: $^{25}52\,900$, H: $^{56}53\,300$
Stommeln Kläranlage Süd	R: $^{25}53\,400$, H: $^{56}54\,960$
Stommeln Kläranlage	R: $^{25}53\,160$, H: $^{56}55\,300$

Hauptterrassen:

Herrig Nord	R: $^{25}51\,600$, H: $^{56}30\,160$
Mellerhöfe	R: $^{25}50\,720$, H: $^{56}32\,500$
Gymnicher Mühle	R: $^{25}50\,160$, H: $^{56}35\,560$
Tagebau Ville	R: $^{25}59\,100$, H: $^{56}35\,020$
Tagebau Frechen	R: $^{25}51\,560$, H: $^{56}38\,080$
Broich/Erft	R: $^{25}41\,000$, H: $^{56}51\,800$
Winkelheim Süd	R: $^{25}41\,850$, H: $^{56}51\,840$
Niederaußem NW	R: $^{25}44\,550$, H: $^{56}52\,800$
Königshoven Nord	R: $^{25}38\,400$, H: $^{56}57\,300$

Schotter d, Schotter c:

Tagebau Frechen	R: $^{25}51\,560$, H: $^{56}38\,080$

Oberpliozän:

Flerzheim Sportplatz	R: ^{25}70 400,	H: ^{56}13 480
Müttinghoven Ost	R: ^{25}69 900,	H: ^{56}14 120
Flerzheim Ost	R: ^{25}70 120,	H: ^{56}14 520
Buschhoven Süd 1	R: ^{25}69 480,	H: ^{56}15 600
Buschhoven Süd 2	R: ^{25}69 440,	H: ^{56}15 850
Swisterberg	R: ^{25}60 220,	H: ^{56}26 160

LITERATUR

Blenk, M. (1960): Ein Beitrag zur morphometrischen Schotteranalyse. — Z. Geomorph. N. F. **4**, 202—242.

Boenigk, W. (1969): Zur Kenntnis des Altquartärs bei Brüggen (westlicher Niederrhein). — Diss. Univ. Köln.

— (1973): Zur Altersstellung des Tonlagers von Weilerswist. — Decheniana **126**, 183—189.

Boenigk, W., Kowalczyk, G. & Brunnacker, K. (1972): Zur Geologie des Ältestpleistozäns in der Niederrheinischen Bucht. — Z. dtsch. geol. Ges. **123**, 119—161.

Brunnacker, K. (1971): Beobachtungen über Strandterrassen und Berg-Fußflächen in Südost-Spanien. — Kölner geogr. Arb. Sonderbd., 280—286.

Cailleux, A. (1947): L'indice d'émoussé: définition et première application. — C. R. S. soc. géol. France **13/14**, 251—252.

— (1952): Morphoskopische Analyse der Geschiebe und Sandkörner und ihre Bedeutung für die Paläoklimatologie. — Geol. Rdsch. **40**, 11—19.

Kaiser, K. (1956): Geologische Untersuchungen über die Hauptterrasse in der Niederrheinischen Bucht. — Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln, **1**, 1—68.

— (1957): Die Hauptterrassen der Bergischen Randhöhen und die Eisrandbildungen an der Ruhr. — Sonderveröff. Geol Inst. Univ. Köln, **2**, 1—39.

— (1961): Gliederung und Formenschatz des Pliozäns und Quartärs am Mittel- und Niederrhein, sowie in den angrenzenden Niederlanden unter besonderer Berücksichtigung der Rheinterrassen. — Köln und die Rheinlande, Festschr. XXXIII. Dtsch. Geogr.tag, 236—278, Wiesbaden.

Kowalczyk, G. (1969): Zur Kenntnis des Altquartärs der Ville (südliche Niederrheinische Bucht). — Diss. Univ. Köln.

Kuenen, Ph.-H. (1956): Experimental Abrasion of Pebbles; 2. Rolling by Current. — J. Geol. **64**, 336—368.

Maarleveld, G. C. (1956): Ergebnisse von Kies-Analysen im Niederrheingebiet. — Geol. en Mijnbouw N. S. **18**, 411—415.

Poser, H., & Hövermann, J. (1952): Beiträge zur morphometrischen und morphologischen Schotteranalyse. — Abh. Braunschweig. wiss. Ges. **4**, 12—36.

Quitzow, H. W. (1956): Die Terrassengliederung im niederrheinischen Tieflande. — Geol. en Mijnbouw N. S. **18**, 357—373.

Reichelt, G. (1955): Untersuchungen zur Deutung von Schuttmassen des Südschwarzwaldes durch Schotteranalysen. — Beitr. Forsch. Südwestdeutschland **14**, 32—42.

— (1961): Über Schotterformen und Rundungsgradanalysen als Feldmethode. — Petermanns geogr. Mitt. **105**, 15—24.

Schnütgen, A. (1973): Die Hauptterrassenfolge der westlichen Niederrheinischen Bucht aufgrund ihrer Schotterpetrographie. — Diss. Univ. Köln.

Thoste, V. (1972): Die Niederterrassen des Rheins vom Neuwieder Becken bis in die Niederrheinische Bucht. — Diss. Univ. Köln.

Tricart, J. & Schaefer, R. (1950): L'indice d'émoussé des galets, moyen d'étude des systèmes d'érosion. — Rev. Gémorphol. dynamique **1**, 151—179.

Valeton, I. (1955): Beziehungen zwischen petrographischer Beschaffenheit, Gestalt und Rundungsgrad einiger Flußgerölle. — Petermanns geogr. Mitt. **99**, 13—17.

Vinken, R. (1958): Sedimentpetrographische Untersuchungen der Rheinterrassen der östlichen Niederrheinischen Bucht. — Diss. Univ. Bonn.

Winter, K.-P. (1968): Die Untere Mittelterrasse im Südteil der Niederrheinischen Bucht. — Diss. Univ. Köln.

Anschriften der Verfasser: Elisabeth Burghardt, D-5000 Köln 1, Lütticher Straße 37;
Prof. Dr. Karl Brunnacker, Geol. Inst. Univ., D-5000 Köln, Zülpicher Straße 49.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Decheniana

Jahr/Year: 1974

Band/Volume: 126

Autor(en)/Author(s): Burghardt Elisabeth, Brunnacker Karl

Artikel/Article: Quarzzahl und -rundung in Schottern der Niederrheinischen Bucht 333-352