

FID Biodiversitätsforschung

Decheniana

Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der Rheinlande und
Westfalens

Schwermineral- und Gerölluntersuchungen in den Flußterrassen östlich
und westlich des Viersener Höhenzuges am linken Niederrheingebiet - mit
17 Abbildungen und 3 Tabellen im Text

Monreal, Willi

1959

Digitalisiert durch die *Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main* im
Rahmen des DFG-geförderten Projekts *FID Biodiversitätsforschung (BIOfid)*

Weitere Informationen

Nähere Informationen zu diesem Werk finden Sie im:

Suchportal der Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main.

Bitte benutzen Sie beim Zitieren des vorliegenden Digitalisats den folgenden persistenten
Identifikator:

[urn:nbn:de:hebis:30:4-169188](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hebis:30:4-169188)

**Schwermineral- und Gerölluntersuchungen
in den Flußterrassen
östlich und westlich des Viersener Höhenzuges
am linken Niederrheingebiet**

Von Willi Monreal, Bendorf

Mit 17 Abbildungen und 3 Tabellen im Text.

(Eingegangen am 1. 10. 1958; Druckauftrag erteilt am 19. 1. 1959)

I. Einleitung	104
II. Die Methode	107
III. Die Schwerminerale	108
IV. Die Schwermineralgesellschaften	109
1. Allgemeines	109
2. Die altpleistozänen Schichten auf dem Horst von Brüggen	111
3. Die altpleistozänen Terrassen im Senkungsgebiet des Venloer Grabens	113
a) Ältere Hauptterrasse	113
b) Jüngere Hauptterrasse	114
4. Das Hauptterrassenprofil am Abfall zur Krefelder Mittelterrasse zwischen Mönchen-Gladbach und Viersen	117
5. Die Terrassen am Viersener Höhenzug	120
a) Die Hauptterrasse	120
b) Die Obere Mittelterrasse	122
c) Die Mittlere und Untere Mittelterrasse	125
d) Die Krefelder Mittelterrasse	125
V. Geröllanalysen	126
VI. Ergebnisse	127
Tabelle I	131
Tabelle II	134
Tabelle III	137
VII. Literaturverzeichnis	137

I. EINLEITUNG

Durch Schwermineraluntersuchungen in dem an das deutsche Niederrheingebiet angrenzenden holländischen Bereich war es dortigen Forschern, besonders J. I. S. ZONNEVELD (1947), gelungen, eine Zonengliederung der dort sehr mächtigen pleistozänen Aufschotterungen von Rhein und Maas durchzuführen. Wie seit langem bekannt, liegen dort i. a. die älteren Bildungen unten, die jüngeren oben. Es erhob sich nun die Frage, wie sich diese Zonen in den Terrassen des deutschen Niederrheingebiets fortsetzen. Diese wurden daher schwermineralanalytisch untersucht¹⁾.

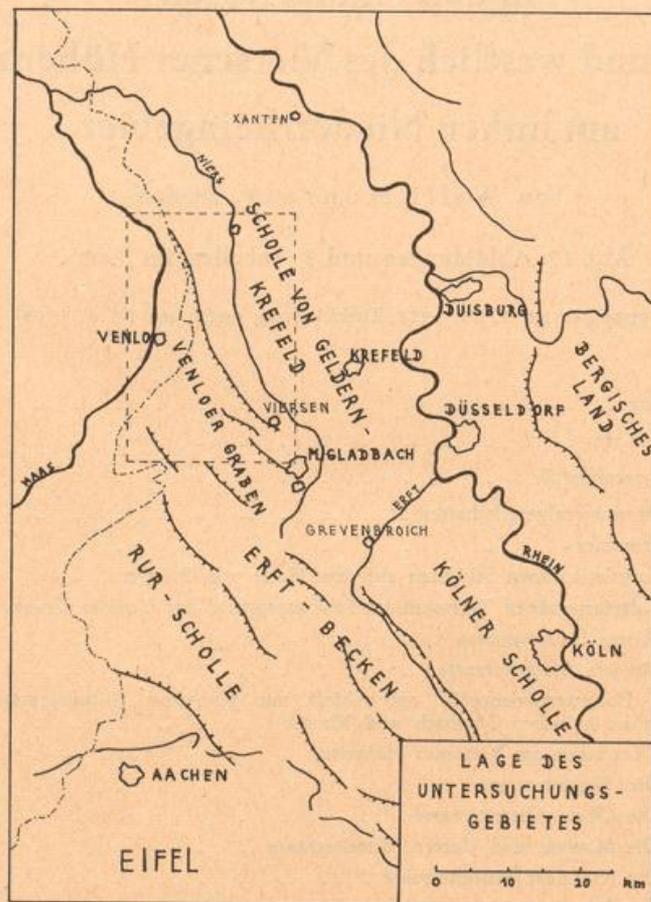


Abb. 1 Lage des Untersuchungsgebietes innerhalb der großtektonischen Einheiten des Niederrheingebiets.

¹⁾ Die Anregung zu vorliegenden Untersuchungen verdanke ich Herrn Prof. Dr. P. WOLDSTEDT, dem ich für viele wertvolle Hinweise und fördernde Kritik danke. Zu Dank verpflichtet bin ich auch der Landwirtschaftlichen Hochschule zu Wageningen (Holland), wo ich eine gründliche Einführung in die Methodik der Schwermineral-Untersuchungen erhielt, ebenso den Herren Dr. H. W. QUITZOW und Dr. A. STEEGER †.

Solche Untersuchungen waren damals im deutschen Niederrheingebiet noch kaum ausgeführt worden. Während die hier beschriebenen Untersuchungen im Gange waren, erschienen jedoch einige holländische Arbeiten, die bereits erste wichtige Ergebnisse brachten.

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich beiderseits des Viersener Höhenzuges zwischen der Niers und der holländischen Grenze (siehe Abb. 1 und 2). Die südliche Begrenzung liegt bei Mönchen-Gladbach, die nördliche etwa bei Straelen.

In der tektonischen Großgliederung (Abb. 1) bildet der Viersener Höhenzug den westlichen Rand der relativ hoch liegenden Scholle von Geldern-Krefeld. Den Übergang vom Höhenrücken zu dieser Scholle vermittelt eine Treppe von mehreren Aufschüttungsterrassen. Im W wird der Höhenrücken von der Viersener Störung abgeschnitten, die als Steilrand morphologisch deutlich hervortritt. Jenseits der Störung folgt als nächste tektonische Einheit der Venloer Graben. Hier setzten sich die Senkungenbewegungen noch im Altpleistozän kräftig fort, so daß die Ältere Hauptterrasse nicht erodiert, sondern von den Tegelschichten und der Jüngeren Hauptterrasse überdeckt wurde.

Die Grundlagen der heutigen Auffassungen über die Terrassengliederung am Viersener Höhenzug wurden von A. STEEGER (1928) gelegt. 1930 fügte H. BRED-DIN viele weitere Beobachtungen hinzu. In der Einordnung der Terrassen bestanden Differenzen zwischen beiden Autoren. 1956 gab H. W. QUITZOW noch einmal eine Übersicht über die Terrassengliederung im gesamten Niederrheingebiet. Bisher konnte jedoch noch keine völlige Klarheit über die Einordnung der Terrassen am Viersener Höhenzug erzielt werden.

Alle bisher erreichten Ergebnisse beruhen auf Vergleichen zwischen den Höhenlagen der Terrassenbasis oder der Terrassenoberfläche sowie auf qualitativen Schotteruntersuchungen. Dabei wurde das Schwergewicht auf charakteristische Leitgerölle, also relativ seltene Komponenten, gelegt. Einen wesentlichen Fortschritt brachten pollenanalytische Untersuchungen, mit deren Hilfe die Stellung der in die Schotter eingeschalteten Interglazialbildungen weitgehend geklärt werden konnte. Verfeinerte Untersuchungsmethoden, die auch auf die Terrassenschotter selbst anzuwenden waren, ergaben sich in der quantitativen Schotteranalyse, die durch F. E. ZEUNER (1930) eingeführt und in abgewandelter Form von G. C. MAARLEVELD auf fluviatile Sedimente des Pleistozäns angewandt wurde. 1947 kam die morphometrische Schotteranalyse von A. CAILLEUX hinzu, die inzwischen weiter ausgebaut wurde. Ganz besonders aber erwies sich die Schwermineralanalyse als wichtiges Hilfsmittel für die Terrassenforschung. EDELMAN (1933) konnte im Quartär der Niederlande zehn sedimentpetrologische Provinzen unterscheiden. Er versteht unter einer sedimentpetrologischen Provinz die Gesamtheit von Sedimenten, die nach Verbreitung, Alter und Entstehung eine natürliche Einheit bilden. Sie ist gekennzeichnet durch eine oder mehrere Schwermineralassoziationen.

Seither konnten mit dieser Methode große Erfolge erzielt werden. Unter vielen anderen seien hier die Arbeiten von EDELMAN (1933, 1938) und DOEGLAS (1940), von J. I. S. ZONNEVELD (1947) über das Quartär des Peelgebiets und von Tj. H. VAN ANDEL (1950) über die rezenten Rheinsedimente genannt. In Deutschland hat vor allem K. H. SINDOWSKI (1938, 1940) die Schwermineralführung in tertiären und pleistozänen Sedimenten untersucht. Auf die Arbeiten von J. I. S. ZONNEVELD (1956) und J. D. DE JONG (1956) wurde schon hingewiesen.

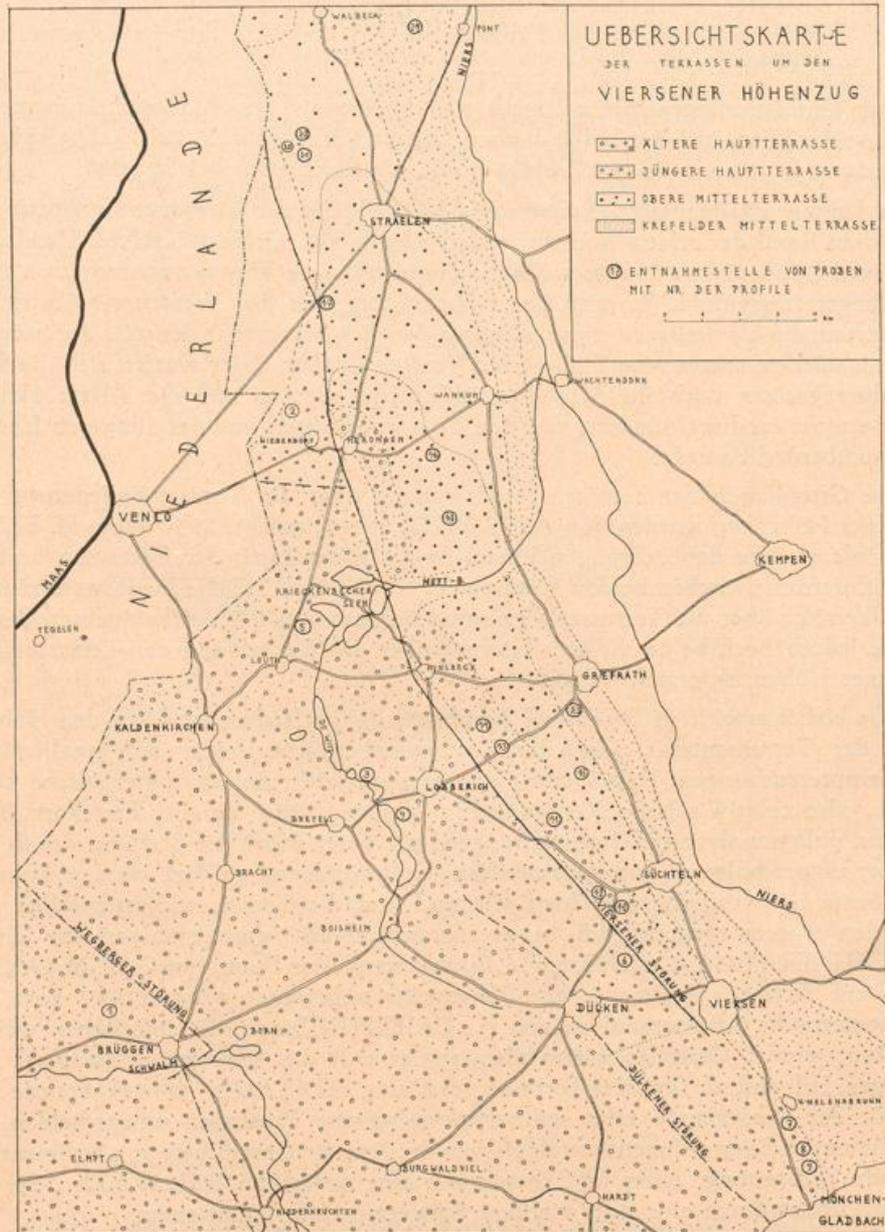


Abb. 2 Die Terrassen um den Viersener Höhenzug mit den Entnahmestellen der Schwermineralproben.

II. DIE METHODE

Bei der Bearbeitung der im Gelände entnommenen Proben wurde im wesentlichen die Methode angewandt, wie sie von C. H. EDELMAN (1933), DOEGLAS (1940) und VAN ANDEL (1950) ausführlicher beschrieben wurde. Da sich einige Änderungen ergaben, sei die Behandlung der Proben für diese Untersuchung noch einmal kurz dargestellt.

In möglichst frischen Aufschlußwänden der Terrassenschotter wurden in vertikaler Folge Sedimentproben von etwa 100 g in einem durchschnittlichen Abstand von 0,5 m entnommen. Nach dem Durchsieben durch ein 0,4-mm-Sieb wurden die Proben in konzentrierter Salzsäure etwa 10 Minuten lang aufgeköcht, um die Eisenhydroxydhäute und die Karbonate zu entfernen, anschließend die Salzsäure gründlich ausgewaschen, wobei gleichzeitig durch oft wiederholtes Dekantieren die feine Suspension entfernt wurde. So entsteht eine saubere Sandfraktion in den Korngrößen von etwa 0,03 bis 0,4 mm. Diese wurde nach dem Trocknen in einen mit Azetylentetrabromid ($D. = 2,96$) gefüllten Scheidetrichter gebracht, die Schwermineralfraktion durch häufiges Umrühren abgetrennt und in einer Schale aufgefangen. Sie wurde danach mit Spiritus ausgewaschen, getrocknet und mit Caedax zu einem Dauerpräparat montiert. Das Azetylentetrabromid kann aus dem Spiritus durch Ausschütteln mit Wasser wenigstens teilweise wieder gewonnen werden. Die leichte Fraktion, überwiegend aus Quarz bestehend, wurde nicht weiter untersucht. Einige Minerale mit schwankender Dichte können in beide Fraktionen eingehen, so besonders die Glimmer. Sie wurden ebenfalls nicht berücksichtigt.

Die Auszählung der Streupräparate unter dem Polarisationsmikroskop erfolgte mit Hilfe eines Kreuztisches als Linienzählung, d. h. das Präparat wurde im Zickzack unter dem Objektiv vorbeigeschoben und diejenigen Körner, die durch die Mitte des Fadenkreuzes gingen, bestimmt. Der Abstand der Linien soll so gewählt werden, daß man mit einer Zählung die ganze Breite des Präparates erfaßt, um Fehler durch eine ungleichmäßige Verteilung der Minerale zu vermeiden. Gezählt wurden zunächst 200 Körner, wobei die Opaken nicht unterschieden wurden. Dann wurden weiterhin nur Nichtopake bestimmt, bis ebenfalls 200 von diesen bestimmt waren. So erhält man die Kornprozentzahlen für die Opaken, bezogen auf die gesamte Schwermineralfraktion und die gegenseitigen Kornprozentzahlen der durchsichtigen Minerale. Im allgemeinen werden bei der Schwermineralanalyse nach EDELMAN nur 100 durchsichtige Körner bestimmt. Da es bei der vorliegenden Untersuchung auf feinere Unterschiede in der Schwermineralzusammensetzung ankam und dazu die trüben Minerale hohe Prozentzahlen aufweisen, wurde die Zahl der bestimmten Körner auf 200 erhöht.

ERBERICH (1937) hat die Gruppe der „trüben Minerale“, die der Alteritgruppe dieser Arbeit entspricht, wie die opaken Minerale eliminiert. Da es sich jedoch um für die quartären Rheinsedimente charakteristische Minerale handelt, wurden sie hier bei der Gruppe der durchsichtigen Minerale belassen.

Treten Schwankungen in der prozentualen Zusammensetzung der Schwerminerale auf, so ist zunächst zu prüfen, ob sie nicht durch Schwankungen der Korngröße bedingt, also *Granularvariationen* sind. Dies kann auch der Fall sein, wenn ein Profil scheinbar lithologisch einheitlich ist. Umgekehrt brauchen äußerlich erkennbare Schwankungen der Korngröße keine Granularvariationen zu verursachen. Um dies zu klären, wurden im Dauerpräparat 200 durchsichtige Körner bestimmt

und außerdem mit Hilfe eines Meßokulars die kleinere der sichtbaren Kornachsen gemessen. Da die Mineralkörner in einem nicht zu dicken Präparat mit der längsten und mittleren Achse in der Einbettungsebene liegen, mißt man bei diesem Verfahren die auch beim Absieben wirksame mittlere Kornachse, so daß die Ergebnisse mit den Siebanalysen durchaus vergleichbar sind.

Bei der Messung wurden die Mineralkörner in Korngrößenklassen eingeteilt, die je 5 Skaleneinheiten des Meßokulars umfaßten. Bei der benutzten Vergrößerung entsprachen diese 5 Skaleneinheiten 0,03 mm. Der Korngrößenbereich von 0,4 bis 0,03 mm wurde also in 13 Korngrößenklassen unterteilt. Für jede Mineralart und für die Gesamtmenge der Schwerminerale erhält man so die auf jede der Korngrößenklassen entfallende Zahl von Mineralkörnern, die durch einfaches Halbieren auf Prozentzahlen umgerechnet wird. Die Ergebnisse wurden in Kornverteilungskurven dargestellt (vgl. Abb. 5), die auf der Abszisse die Korngrößenklassen, auf der Ordinate die darauf entfallenden Prozentzahlen anzeigen. Aus diesen geht hervor, welche Korngrößen in einer Schwermineralprobe bevorzugt vertreten sind, und welche Schwerminerale in diesen Korngrößen hauptsächlich auftreten. Außerdem wurden die 13 Korngrößenklassen zu 4 größeren Fraktionen zusammengefaßt, deren Korngrößen genau den von der EDELMAN-Schule zur fraktionierten Analyse benutzten Siebsätzen entsprechen.

Fraktion A	< 0,105 mm	Korngrößenklassen	1—3
Fraktion B	0,105—0,21 mm	Korngrößenklassen	4—6
Fraktion C	0,21—0,30 mm	Korngrößenklassen	7—9
Fraktion D	> 0,30 mm	Korngrößenklassen	10—13

Für jede dieser Fraktionen wurde die Schwermineralzusammensetzung errechnet und in Form von Säulendiagrammen dargestellt. Ist eine Fraktion nur mit wenigen Prozenten an der Gesamtmenge der Schwerminerale beteiligt, so wurde diese Umrechnung i. a. nicht durchgeführt, da die ermittelten Prozentwerte wegen der geringen Menge der gezählten Körner, auf denen sie beruhen, nicht sehr zuverlässig sind.

Über die Durchführung der Geröllanalysen siehe Kapitel V.

III. DIE SCHWERMINERALE

In den Terrassensedimenten treten folgende Schwerminerale auf:

Alterite, Anatas, Andalusit, Augit, Brookit, Chloritoid, Disthen, Epidot, Granat, Hornblende, Hypersthen, Rutil, Sillimanit, Staurolith, Titanit, Turmalin, Zirkon. Für die nähere Beschreibung sei auf die Arbeiten von VAN ANDEL (1950) und J. I. S. ZONNEVELD (1947) verwiesen.

Alteritgruppe. Es handelt sich hier um Alterit und die sog. Trüben Minerale.

a) Alterit

Trübe, feinkörnige, graue oder grünliche Aggregate, an denen die Ermittlung optischer Daten unmöglich ist. Sie sind diffus durchscheinend, zeigen unter gekreuzten Nicols nur ihre Eigenfarbe und keine Auslöschung. Hierher gehört vor allem der

S a u s s u r i t, der aus Epidot-Zoisit-Aggregaten besteht. Sind die tiefblauen Interferenzfarben des Zoisits zu erkennen, so ist die Bestimmung gesichert. Meist sind jedoch die Saussurite erneut umgewandelt und nicht mehr sicher bestimmbar. Ferner gehören hierhin zersetzte Körner anderer Mineralarten. Übergänge nach Epidot, Hornblende und Granat wurden beobachtet. Daher wurde im Gegensatz zu EDELMAN (1933) und ZONNEVELD (1947) für diese heterogene Gruppe der von VAN ANDEL (1950) eingeführte Name Alterit verwendet.

b) Trübe Minerale

Trüb durchscheinende grüne Körner, die unter gekreuzten Nicols noch als Ganzes auslöschen und sich somit als noch optisch einheitlich erweisen, wurden vom Alterit getrennt ausgezählt und als „Trüb“ bezeichnet. Die meisten dieser Körner dürften oberflächlich zersetzte Epidote sein. Wenn an noch nicht zersetzten Stellen die Interferenzfarben des Epidots und der Pleochroismus zu erkennen war, wurden die Körner noch zum Epidot gerechnet.

A u g i t tritt in zwei Varietäten auf:

- a) **Gemeiner Augit**. Ziemlich große Körner mit Anätzungsspuren. Intensiv braungrün bis grün, ohne Pleochroismus.
- b) **Titan-Augit**. Farbe je nach Ti-Gehalt braun bis braunviolett mit Pleochroismus.

Epidot ist eines der häufigsten Schwerminerale in den quartären Rheinsanden. Gestalt und optische Eigenschaften sind recht wechselnd, so daß die Bestimmung nicht immer leicht ist. Meist handelt es sich um durchsichtige Körner mit ziemlich hoher Lichtbrechung. Die Farbe schwankt von fast farblos über gelbgrün bis dunkelgrün, fast immer mit starkem Pleochroismus. Die Interferenzfarben werden von der Eigenfarbe überlagert, so daß eine typische grün-rote Farbkombination entsteht.

Hornblende tritt ebenfalls in mehreren Varietäten auf:

- a) **Grüne oder gemeine Hornblende**. Prismatische Körner mit deutlich ausgeprägten Spaltrissen und fein gezähnelten Basalenden. Olivgrün mit starkem Pleochroismus nach blaugrün.
- b) **Braune Hornblende**. Farbe braun mit Pleochroismus nach braungrün.
- c) **Basaltische Hornblende**. Korngestalt geschlossener, Spaltrisse und Auflösungserscheinungen treten zurück. Starker Pleochroismus von hellbraun bis intensiv rotbraun. Dickere Körner lassen oft nur an den Rändern noch ihre Farbe erkennen.

IV. DIE SCHWERMINERALGESELLSCHAFTEN

1. Allgemeines

Im Niederrheingebiet sind hauptsächlich Ablagerungen des Rheins vorhanden. Aufschotterung und Einschneiden wechselten im östlichen Teil des Gebiets miteinander ab. Aber auch die Maas ist an den Ablagerungen beteiligt. In den feinen Korngrößen macht sich ihr Einfluß jedoch wenig bemerkbar. So kommt zum Beispiel der Chloritoid, ein für viele Maassande typisches Schwermineral, hier nur sehr selten vor.

Die von EDELMAN (1933) unterschiedene Saussuritprovinz ist gekennzeichnet durch das Auftreten hoher Saussuritgehalte (= Alterit). Daneben kommen Epidot, Hornblende, Granat, Turmalin, Zirkon, Rutil, Staurolith u. a. in wechselnden Mengen vor. Die Lobithprovinz ist jünger. In ihr treten, bedingt durch den Eifelvulkanismus, vulkanische Minerale stark hervor. Mit diesen beiden Provinzen sind in groben Zügen die Mineralassoziationen gegeben, mit denen man bei den Terrassen im Niederrheingebiet zu rechnen hat. Will man die Terrassen weiter untergliedern, so muß man auch die Mengenverhältnisse der einzelnen Minerale innerhalb einer Assoziation zum Vergleich heranziehen.

Die Unterschiede in der Schwermineralführung der einzelnen Terrassenstufen oder auch bestimmter Zonen innerhalb der gleichen Terrassen können durch verschiedene Faktoren bedingt sein:

a) **Wechsel in der Sedimentzufuhr** durch Veränderungen im Einzugsgebiet des Flusses. Diese Veränderungen sind durch das verursachende Ereignis zeitlich fixiert und machen sich im Sedimentationsgebiet überall in gleicher Weise bemerkbar. Sie erlauben daher weitgehende Schlüsse und Vergleiche auf größere Entfernung hin.

b) **Granularvariation.**

Eine Entmischung des Sediments beim Transport in grobe und feine Sande kann, wie schon gesagt, durch Trennung der großen und kleinen Mineralkörner scheinbar neue Assoziationen hervorbringen. Bestimmte große oder kleine Minerale sind besonders anfällig für Veränderungen dieser Art. Die durch Granularvariationen bedingten Schwankungen treten im Profil oft in mehrfacher Wiederholung auf. In typischer Weise zeigt diese Erscheinung die Schwermineraluntersuchung von Wasserwerksbohrungen in der Mittelterrasse bei Krefeld durch De JONG (1956), wo abwechselnd grobe augitreiche und feine augitfreie Sande vorkommen.

c) **Vermischung mit anderen Assoziationen.**

Eine Beimengung von anderen Assoziationen durch Nebenflüsse kann im Untersuchungsgebiet keine große Rolle gespielt haben. Dagegen ist mit der Möglichkeit einer Aufarbeitung älteren Terrassenmaterials oder des tieferen Untergrundes, besonders des Tertiärs, zu rechnen.

d) **Verwitterung.**

Die in den lockeren Terrassensedimenten absickernden Wässer vermögen auf die Minerale in verschiedenem Maße lösend zu wirken. Daher können seit der Ablagerung des Sediments durch die selektive Ausmerzung leicht löslicher Minerale Veränderungen der ursprünglichen Mineralzusammensetzung eingetreten sein. R. WEYL (1952) räumt den Verwitterungsvorgängen eine große Bedeutung für die Ausbildung der Mineralgesellschaften ein, während T. J. H. VAN ANDEL (1952) darauf hinweist, daß in dem bisher bekannt gewordenen Material nur relativ selten unzweifelhafte Verwitterungsumbildungen angetroffen wurden.

Die Wirkung der Verwitterung führt durch Anätzung der Mineralkörner, die sich in einer sperrigen, skelettartigen Gestalt bemerkbar macht, schließlich zum Verschwinden des Mineralkorns. Dadurch werden mit zunehmender Intensität der Verwitterung die stabileren Minerale immer mehr angereichert, während die leichter löslichen zurücktreten. Das Verhältnis der stabilen Minerale untereinander muß

dabei angenähert konstant bleiben. Der Gesamtanteil der Schwerminerale am Sediment nimmt ab, was oft verbunden ist mit einer Zunahme der opaken Gruppe (VAN ANDEL 1952). Leicht lösliche Minerale sind die Pyroxene und Amphibole. Eine Mittelstellung nehmen Epidot, Granat und die metamorphen Minerale ein. Extrem widerstandsfähig ist die stabile Gruppe: Turmalin, Zirkon, Rutil.

Alle Indizien für Verwitterung, wie Anätzung, Zunahme der stabilen Minerale und Abnahme des Gesamtanteils der Schwerminerale im Sediment, müssen mit höherem Alter der Terrassen zunehmen, da die Verwitterung in älteren Terrassen länger wirksam sein konnte, ebenso in einem einheitlichen Profil von unten nach oben, da die Agentien der Verwitterung von oben her in das Sediment eindringen.

Die Masse der Alterite ist nicht durch Verwitterung nach der Sedimentation entstanden, sondern schon in diesem Zustand sedimentiert worden. Es konnte kein einziges eindeutiges Beispiel einer Anreicherung dieser Gruppe durch Verwitterung gefunden werden. Nach VAN ANDEL (1950) stammen diese Minerale aus den Alpen und gelangen besonders durch die Aare in die rezenten Rheinsande.

2. Die altpleistozänen Schichten auf dem Horst von Brüggen.

Typisch für die Schichtfolge auf dem Brüggener Horst (Abb. 2) ist das Profil von Grube Laumans (Brüggen-Oebel), wo sich zwischen die Schotter der Älteren und Jüngeren Hauptterrasse der Tegelenton einschaltet. Das Liegende bildet der mächtige Reuverton. Durch die Pflanzenzuführung der beiden Tonhorizonte sind auch die Schotter der Älteren und Jüngeren Hauptterrasse in ihrer Altersstellung festgelegt. Ältere und Jüngere Hauptterrasse unterscheiden sich lithologisch stark voneinander. Bei der ersteren handelt es sich um helle Sande mit wenig Kies, bei der letzteren um braune, ziemlich grobe Schotter.

Wie Profil 1 (Abb. 3) zeigt, ähnelt sich dennoch der Schwermineralbestand in den liegenden und hangenden Schottern wie auch in den Sandlinsen des Tegelentons weitgehend. Sie gehören demnach trotz der Nähe der Maas zur Saussuritprovinz EDELMANs. Der Einfluß der Maas ist also nicht so stark, wie auf Grund des relativ häufigen Vorkommens typischer Maasgerölle, wie der Revinienquarzite und der Gekrösefeuersteine, angenommen wurde. Typische Maasminerale sind z. B. die sogenannte Vogesenhornblende, eine gelbbraune Varietät mit einer typisch ausgebildeten Spaltbarkeit, und „trüber“ Chloritoid. Beide treten hier nicht auf. Außerdem sind Maassande meist gekennzeichnet durch das Vorherrschen von Turmalin, Staurolith und den metamorphen Mineralen (Andalusit, Disthen, Sillimanit; ZONNEVELD 1956 b). Der Sandanteil des Terrassenmaterials stammt also fast ausschließlich vom Rhein, während die Maas nur gröbere Gerölle lieferte. Auf Grund der engen Beziehungen in der Schwermineralführung erscheint die Bezeichnung der beiden Schotter als „Ältere“ und „Jüngere“ Hauptterrasse, die ihre enge Zusammengehörigkeit betont, besser als die frühere Bezeichnung „Älteste Diluvialschotter“ und „Hauptterrasse“. Geringere Unterschiede bestehen aber doch:

Die Schwermineralzusammensetzung der Jüngeren Hauptterrasse ist im Profil sehr gleichmäßig. Auffallend sind der hohe Prozentsatz der Alteritgruppe und die relativ geringen Werte für Epidot. In der Älteren Hauptterrasse treten stärkere Schwankungen des Mineralbestandes auf. Gleichmäßig ist hier nur die Verbreitung von Granat, dessen Werte denen der Jüngeren Hauptterrasse entsprechen, und von

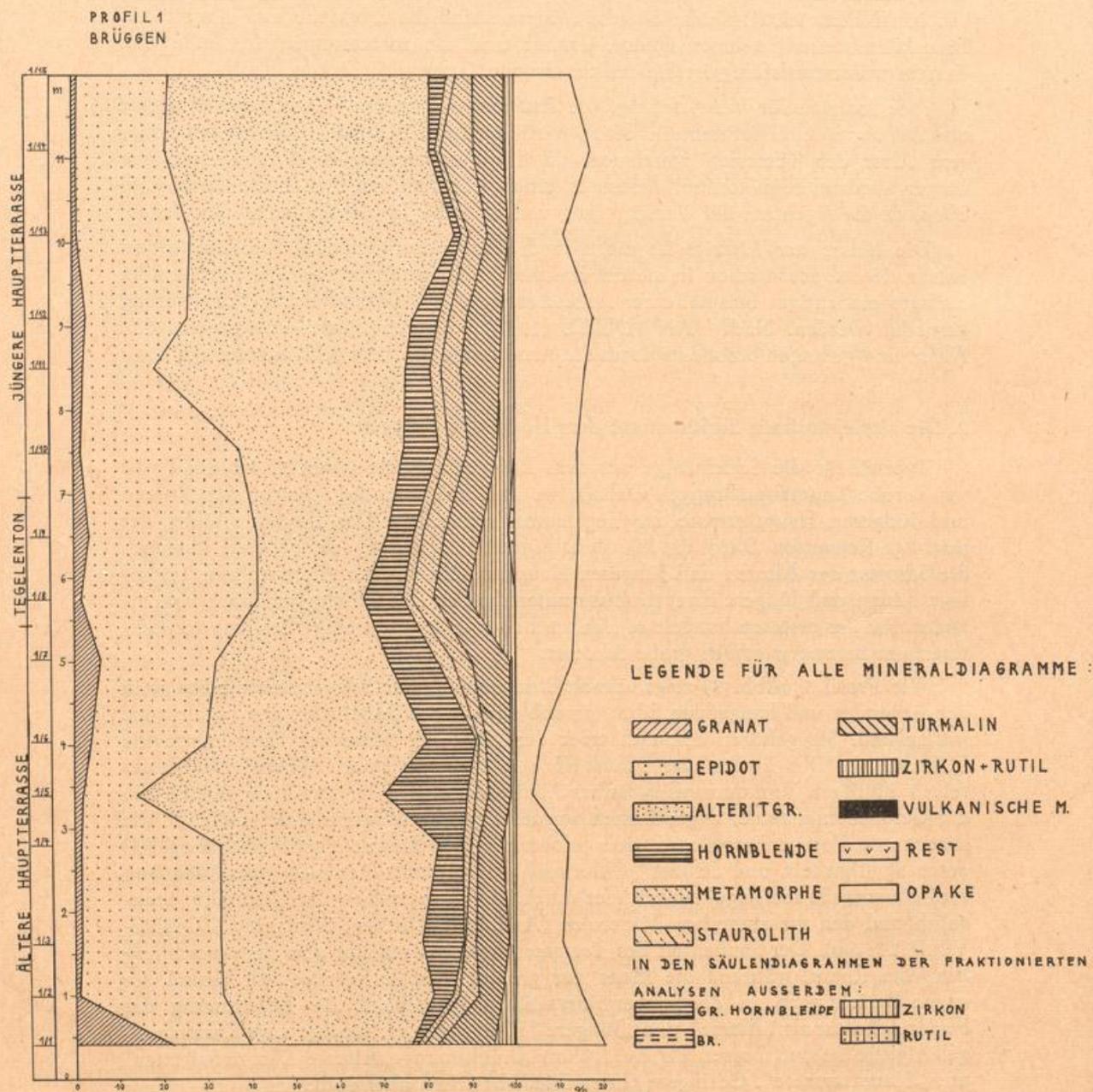


Abb.3 Schwermineraldiagramm des Profils von Grube Laumans (Brüggen-Oebel).

Staurolith, dessen Werte um 4–5 % unter denen der Jüngeren Hauptterrasse liegen. Der Granat zeigt an der Basis eine abnorme Schwankung auf das Zehnfache des Normalwertes. Dies ist am ehesten als lokale Aufarbeitung aus dem Untergrund zu erklären. Anhaltspunkte dafür liefert D. J. G. NOTA (1956), der in verschiedenen Schichten des tertiären Untergrundes granatreiche Assoziationen fand. Die stabilen Minerale Turmalin und Rutil zeigen eine leichte Häufigkeitsabnahme nach oben, die Alteritgruppe nimmt dagegen zu. Grüne Hornblende beginnt mit nur 1 %, steigt dann aber bis auf 20 % an.

Die Durchschnittszusammensetzung zeigt für die Jüngere Hauptterrasse im wesentlichen höhere Gehalte an Staurolith, für die Ältere Hauptterrasse an Hornblende. Die Unterschiede sind zahlenmäßig gering, aber sehr gleichmäßig.

Die Proben 1/8 und 1/9 stammen aus Feinsandlinsen innerhalb des Tegelentons. Wie Profil 1 zeigt, unterscheiden sie sich in ihrer Schwermineralführung nur unwesentlich von den Sanden und Schottern im Liegenden und Hangenden. Das auffallendste Merkmal ist die Zunahme von Zirkon und Rutil, während der Alterit etwas zurücktritt. Diese Schwankung der Zusammensetzung ist als Granularvariation zu deuten, da in dem feinkörnigen Sand die kleinen Zirkon- und Rutilkörner angereichert sind. Die übrigen Minerale zeigen keine deutlichen Abweichungen von ihren Durchschnittswerten.

D. J. G. NOTA (1956) und J. I. S. ZONNEVELD (1947) haben in Sanden innerhalb und unmittelbar unterhalb des Tegelentons mehrfach granatreiche Assoziationen mit 32 % Granat im Mittel angetroffen. Die Fundstellen liegen unmittelbar bei Venlo und Tegelen. Bei Brüggen tritt bereits keine solche Assoziation mehr auf. Sie ist auch im übrigen Niederrheingebiet bisher nirgendwo aufgefunden worden.

3. Die altpleistozänen Terrassen im Senkungsgebiet des Venloer Grabens

a) Die Ältere Hauptterrasse.

Im Gebiet des Venloer Grabens tritt die gleiche Schichtfolge in größeren Mächtigkeiten auf. Infolge der tektonisch tiefen Lage sind im allgemeinen nur die oberen Partien der Jüngeren Hauptterrasse aufgeschlossen, doch kommt im westlichen Teil des Grabengebiets auch die Ältere Hauptterrasse zutage. So sind nördlich Niederdorf helle Sande und Kiese aufgeschlossen, die lithologisch der Älteren Hauptterrasse von Brüggen gleichen. Man kartierte sie als Älteste Diluvialschotter und nahm an, daß sie südlich Niederdorf an einer ENE streichenden Störung relativ gehoben worden seien. Weiter nördlich werden sie vom Erosionsrand der Maasniederterrasse abgeschnitten.

In der Schwermineralführung (Abb. 4) zeigt sich eine weitgehende Übereinstimmung mit der Älteren Hauptterrasse von Brüggen, abgesehen von den Schwankungen, die dort an der Basis und in den obersten Schichten auftreten. Die Werte für die Alteritgruppe, Epidot, die Metamorphen, Granat, Hornblende und die Opaken sind fast die gleichen. Die Werte der Hornblende schwanken auch hier, jedoch nicht so stark wie in Brüggen. Lediglich in der stabilen Gruppe ist Turmalin etwas schwächer vertreten. Auf Grund der Schwermineralanalyse kann also eine Gleichsetzung dieser Schotter mit der Älteren Hauptterrasse von Brüggen mit einiger Sicherheit vorgenommen werden.

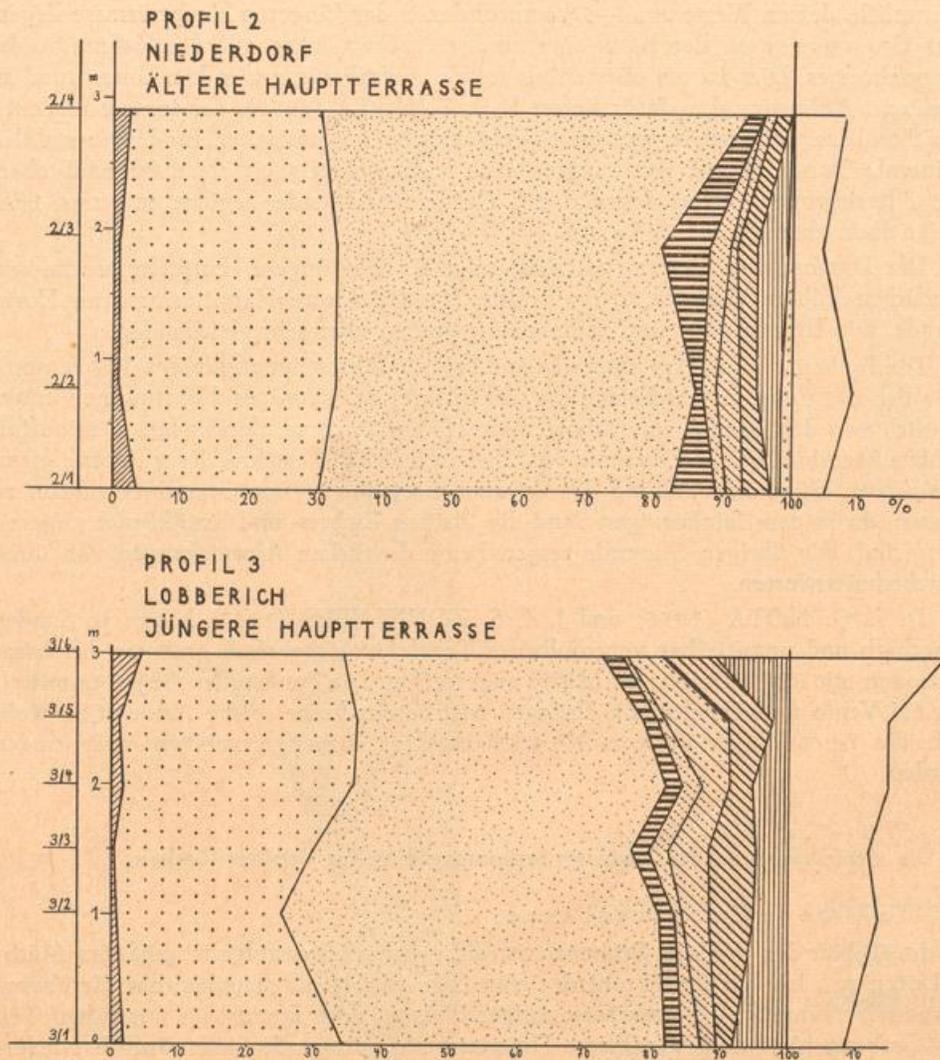


Abb. 4 Schwermineraldiagramme der Profile 2 aus Niederdorf (Ältere Hauptterrasse) und 3, Lobberich (Jüngere Hauptterrasse).

b) Die Jüngere Hauptterrasse.

Lobberich.

In Sassenfeld nordwestlich Lobberich sind Terrassenschotter in 3 m Mächtigkeit aufgeschlossen. Die lithologische Ausbildung entspricht der Jüngeren Hauptterrasse von Brüggem.

Die Schwermineralführung (Abb. 4) läßt sehr gleichmäßige Werte für die einzelnen Mineralgruppen erkennen. Mit der Jüngeren Hauptterrasse von Grube Laumans in Brüggem besteht weitgehende Übereinstimmung. Lediglich der Epidot weist hier

um 10–15 % höhere Werte auf. Auch Zirkon ist etwas stärker vertreten als in Brüggén. Die Schwermineralführung bestätigt aber im ganzen die Richtigkeit der ursprünglichen Einstufung als Jüngere Hauptterrasse.

Eine ganz ähnliche Zusammensetzung zeigt ein Profil auf der Heronger Heide (Profil 5), ebenso weitere Aufschlüsse bei Lobberich (Profil 4). Schirrik.

Ein Aufschluß westlich der Straße Viersen-Schirrik zeigt jedoch abweichende Verhältnisse (Prof. 6, Abb. 5). Über 3,50 m mächtigen hellen Sanden und Kiesen folgt eine 0,50 m mächtige graugrüne, etwas tonige Sandlage, darüber noch 1 m größere braune Schotter. Die lithologische Ausbildung der hellen Sande entspricht vollkommen der Älteren Hauptterrasse von Brüggén und Niederdorf. Der graugrüne Sand könnte eine Vertretung des Tegelentons sein, und erst die braunen Kiese ähneln der Jüngeren Hauptterrasse.

Sollte es sich hier um die Ältere Hauptterrasse handeln, so liegt sie weit höher, als es im Gebiet des Venloer Grabens zu erwarten ist. Das kann nur tektonisch zu erklären sein, und zwar durch eine Randstaffel der Viersener Störung, vielleicht als Fortsetzung der Dülkener Störung.

Die Ergebnisse der Schwermineraluntersuchung sprechen nicht gegen eine solche Deutung. Wie Profil 6 (Abb. 5) zeigt, ist die Ähnlichkeit in der Schwermineralführung mit den Profilen von Brüggén und Niederdorf ziemlich groß. Besonders im unteren Teil des Profils entsprechen sich die Mengenverhältnisse der Minerale ziemlich genau. Typisch sind hier wie in Brüggén die verhältnismäßig hohen Werte für grüne Hornblende und die geringen Werte für Staurolith. Höher im Profil tritt die Hornblende zurück, ebenso die stabilen Minerale, dagegen steigen die Metamorphen und die Alteritgruppe an. Dadurch ergibt sich eine gewisse Annäherung an die Zusammensetzung der Jüngeren Hauptterrasse, ohne daß diese jedoch ganz erreicht wird. Der graugrüne tonige Sand unterscheidet sich in seiner Schwermineralführung nicht von den liegenden Sanden. Da auch in Brüggén kein Unterschied zu beobachten ist, spricht das nicht gegen eine Gleichsetzung mit der Tegelenstufe. Ein positiver Beweis für diese Korrelierung kann jedoch mit Hilfe der Schwermineralanalyse nicht geführt werden.

Erst in den braunen Kiesen tritt eine stark abweichende Zusammensetzung auf, gekennzeichnet durch 25 % Zirkon und leicht erhöhte Werte für Granat und die Metamorphen. Dagegen sind die Werte für die Alteritgruppe, Epidot und Hornblende stark reduziert. Die starke Zunahme der stabilen Minerale könnte auf Verwitterungseinwirkung hindeuten. Dafür würde auch sprechen, daß die Hornblendewerte durch das ganze Profil hin nach oben abnehmen. Dies ist jedoch zunächst von einer Abnahme auch der stabilen Minerale begleitet. Erst in der obersten Probe ist mit dem Zirkon ein stabiles Mineral angereichert. Die anderen stabilen Minerale zeigen jedoch auch hier keine wesentliche Erhöhung ihrer Werte. Dies spricht gegen Verwitterungseinwirkung, deutet aber auf eine Granularvariation hin. Daher wurden von den Proben 6/6 und 6/7 fraktionierte Analysen durchgeführt (Abb. 5).

Bei der Probe 6/6 erreicht die Kurve in Klasse 3 einen Wert von 6 % und steigt dann weiter an, bis sie in Klasse 6 mit 27 % ein Maximum erreicht. Dann fällt sie bis zur 9. Klasse stark, weiter allmählich ab. Demgegenüber erreicht in 6/7 die Kurve bereits in Klasse 3 ihr Maximum mit 34 %. Von da fällt sie sehr stark ab. Von Klasse 9 ab kommen keine Schwermineralien mehr vor. Daraus ergibt sich

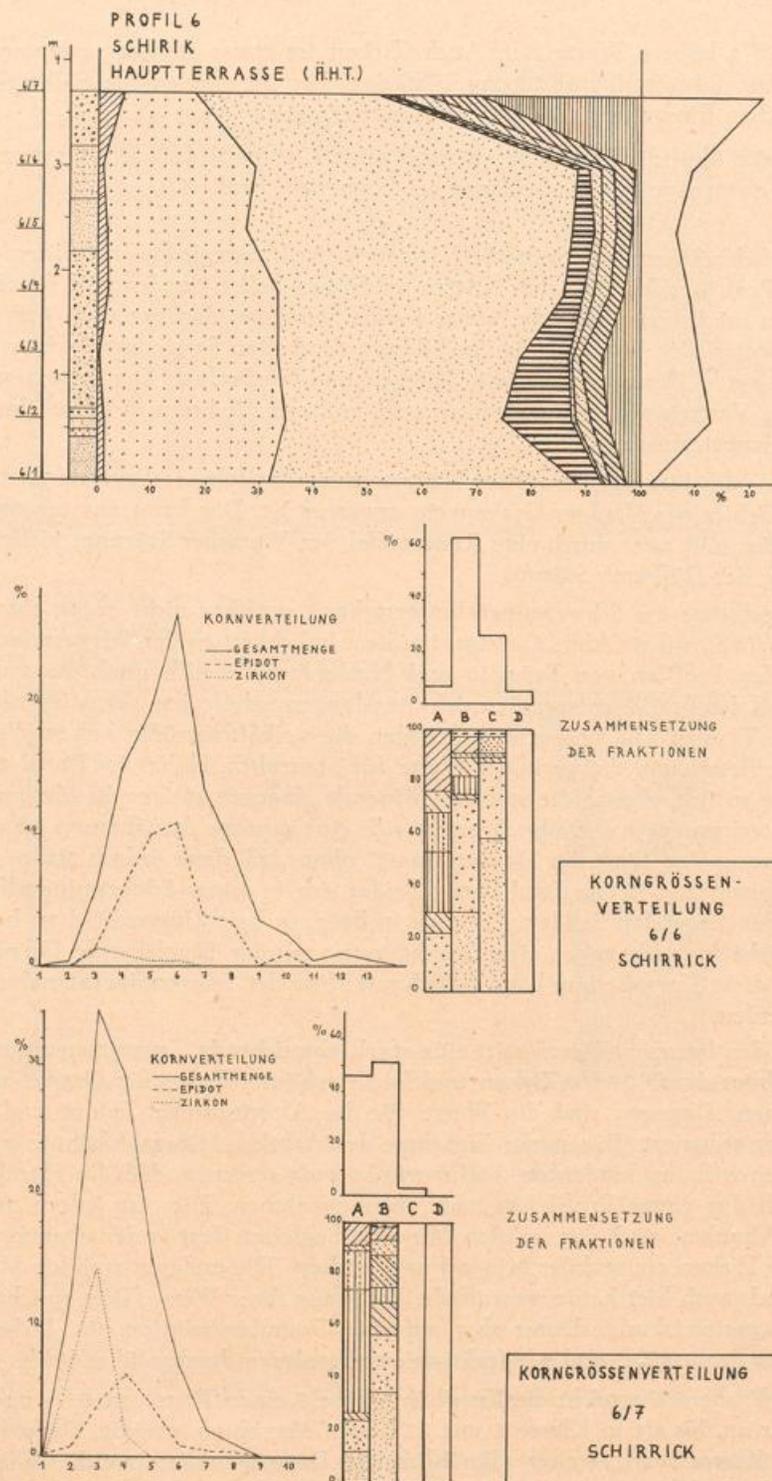


Abb. 5 Schwermineraldiagramm der Älteren Hauptterrasse von Schirrik (oben), Kornverteilungsdiagramme der Proben 6/6 und 6/7 (unten). Die Kurven zeigen links die Menge der auf die einzelnen Korngrößenklassen entfallenden Körner in $\%$. Rechts Mengenanteil und Mineralzusammensetzung der Fraktionen A—D.

eine anomal hohe Beteiligung der feinsten Korngrößen in Probe 6/7. Hier fallen fast alle Schwerminerale in die Fraktionen A (46 %) und B (51 %), während in 6/6 das Schwergewicht auf den Fraktionen B (63 %) und C (26 %) liegt. Es ist also zu erwarten, daß in Probe 6/7 diejenigen Minerale angereichert sind, die vorwiegend in den feineren Korngrößenklassen vorkommen. Folgendes ist zu beobachten:

Zirkon tritt fast ausschließlich in den Klassen 2—4 auf (Fraktion A). Da diese in 6/7 etwa achtfach stärker vertreten ist als in 6/6, erklärt sich damit die sehr starke Anreicherung des Zirkons.

Rutil verhält sich ähnlich, jedoch nicht so markant auf feine Korngrößen begrenzt; ebenso verhält sich hier der **Granat**.

Turmalin ist in seiner Korngrößenverteilung wenig charakteristisch.

Staurolith kommt hier meist in kleineren Körnern vor.

Demgegenüber treten in 6/7 folgende Minerale zurück:

Hornblende tritt als grüne Hornblende vorzugsweise in mittleren bis gröberen Korngrößenklassen auf.

Epidot bevorzugt die mittleren Korngrößen, ebenso **Alterit**.

Aus der Korngrößenanalyse ergibt sich also, daß die auffallende Abweichung der Probe 6/7 durch Granularvariation verursacht ist.

Die durchschnittliche Zusammensetzung dieses Profils läßt mit großer Wahrscheinlichkeit darauf schließen, daß es sich um die Ältere Hauptterrasse handelt.

4. Das Hauptterrassenprofil am Abfall zur Krefelder Mittelterrasse zwischen Mönchen-Gladbach und Viersen.

Zwischen Mönchen-Gladbach und Viersen bildet die Hauptterrasse, die hier tektonisch einer Randstufe des Venloer Grabens angehört, nach E einen scharfen Steilhang über der Krefelder Mittelterrasse. Sie ist in mehreren Kiesgruben bis zur Basis aufgeschlossen. Man nahm an, daß in dem hier entwickelten Hauptterrassenprofil die gleichen Schichtglieder stecken wie in dem gut gegliederten Profil von Brüggen. Die lithologische Gliederung ist jedoch nicht so klar wie in Brüggen, und es war nun zu untersuchen, ob es mit Hilfe der Schwermineralanalyse gelingen würde, ähnlich wie in Brüggen die einzelnen Schichtglieder klar voneinander zu trennen.

Der Hauptteil der Profile besteht aus den hellen Ältesten Diluvialschottern und der braungefärbten (Jüngeren) Hauptterrasse, getrennt durch die Tegelenstufe, die hier in Form eines Feinsandhorizontes ausgebildet ist. Darunter liegen feine weiße Sande mit Einschaltungen von feinem Quarzkies. Es ist anzunehmen, daß es sich um Pliozän handelt. Sie sind gekennzeichnet durch eine Assoziation von Alterit und stabilen Mineralen, wobei unter diesen der Turmalin stark vorherrscht. Hinzu kommen 8—10 % metamorphe Minerale, und zwar fast ausschließlich Staurolith. Man kann diese Mineralgesellschaft also als Turmalin-Alterit-Staurolith-Assoziation bezeichnen. Hornblende, Granat und besonders Epidot treten dagegen nur vereinzelt auf. Damit unterscheidet sich diese Assoziation scharf von allen anderen im Pleistozän auftretenden Schwermineralgesellschaften, so daß die Einordnung der Sande in das Pliozän durch die Schwermineralanalyse bestätigt wird. Das bedeutet allerdings, daß die Alteritgruppe nicht erst mit der Wende Plio-Pleistozän in den Rheinsedimenten erscheint, sondern schon früher eine bedeutende Rolle spielt.

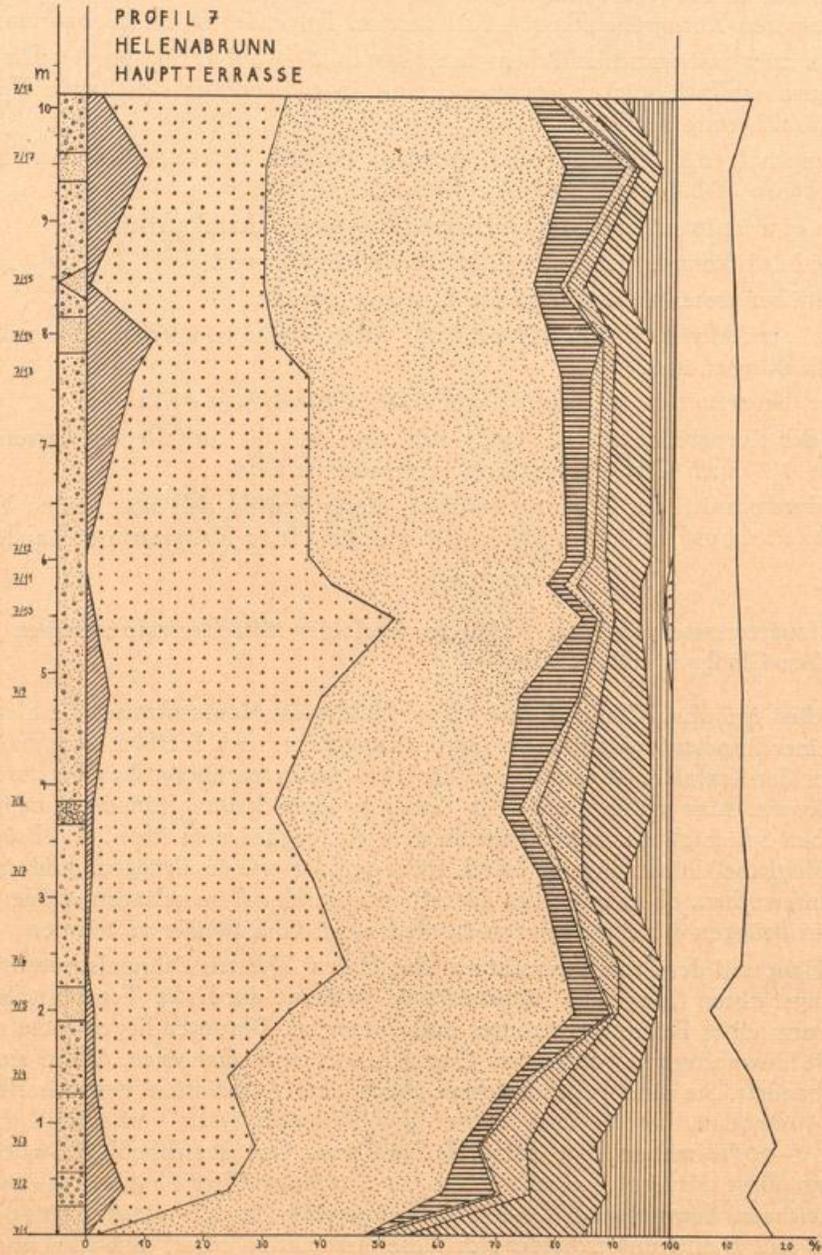


Abb. 6 Schwermineraldiagramm von Profil 7 (Helenabrunn).

Streng genommen bezieht sich die Definition der pleistozänen Saussuritprovinz nach EDELMAN nur auf das Auftreten des eigentlichen Saussurits, nicht aber der gesamten Alteritgruppe. EDELMAN deutet jedoch 1938 schon an, daß nach seiner Ansicht auch die Saussurite schon im Oberpliozän auftreten.

Der Beginn der pleistozänen Terrassenschotter ist charakterisiert durch das schlagartige Auftreten des Minerals Epidot, das sofort beträchtliche Prozentzahlen aufweist und in allen pleistozänen Terrassensanden charakteristischer Bestandteil der Assoziation ist.

Die Schwankungen in der Schwermineralführung der Terrassenschotter sind größer als in den Profilen von Brüggen und im Venloer Graben, so daß keine klare Unterteilung des Profils möglich ist. Vermutlich haben bei der Ablagerung der Schotter Granularvariationen und Aufarbeitungen eine größere Rolle gespielt.

In Profil 7 (Abb. 6) ist die Basis der Terrassenkiese gekennzeichnet durch das starke Auftreten des Epidots. Außer diesem treten Hornblende und Granat erstmals in merklicher Menge auf. Den weißen Kiesen entspricht in der Schwermineralführung eine Übergangszone von etwa 2 m Mächtigkeit, gekennzeichnet durch niedrige Werte für Epidot, hohe Werte für Turmalin, sowie Zirkon und Rutil. In dem Feinsandhorizont darüber tritt erstmals die für den Hauptteil des Profils typische Assoziation auf (7/5). Nach oben gehen die Epidotwerte noch etwas zurück. In zwei Sandlinsen treten granatreiche Assoziationen auf, dazwischen kommen aber auch granatarme Sandlinsen vor.

Fraktionierte Analysen von 7/14 und 7/15 ergaben, daß es sich nicht um Granularvariationen handeln kann. Grundsätzlich ähnlich ist Profil 8. Auch hier zeigt sich der Übergang von den pliozänen zu den pleistozänen Schichten mit der geringmächtigen Übergangszone. Die oberen Partien des Profils sind wegen der Nähe des Steilrandes erodiert, so daß keine granatreichen Einschaltungen zu beobachten sind.

Profil 9 bei Mönchen-Gladbach-Neuwerk ist durch eine mächtigere Übergangszone ausgezeichnet, in der die pliozäne Mineralassoziatioon allmählich in die des Pleistozäns übergeht.

Zusammenfassend ergibt sich: Die Grenze Plio- / Pleistozän kommt in der Schwermineralzusammensetzung scharf heraus. Die Übergangszone entspricht in ihrer Vertikalausdehnung den hellen Kiesen und kann wohl mit der Älteren Hauptterrasse gleichgesetzt werden. Daß ihre Zusammensetzung hier so erheblich von der Älteren Hauptterrasse in Brüggen abweicht, ist am ehesten auf eine hier besonders intensive Aufarbeitung der pliozänen Sande zurückzuführen. In Brüggen war eine Aufarbeitung von pliozänen Sanden an Ort und Stelle durch die Überlagerung mit dem mächtigen Reuverton nicht möglich. Ihre obere Begrenzung findet die Übergangszone an einem mehr oder weniger ausgeprägten Feinsandhorizont. Dieser kann eine Vertretung der Tegelenstufe darstellen, ohne daß die Schwermineralanalyse Beweise für oder gegen diese Annahme zu erbringen vermöchte. Die Jüngere Hauptterrasse zeigt in ihrer Schwermineralführung größere Schwankungen als im westlichen Teil des Arbeitsgebiets. Offensichtlich spielen Granularvariationen und andere Einflüsse hier eine Rolle. Abgesehen davon ist die Schwermineralführung der Jüngeren Hauptterrasse ziemlich gleichmäßig. Eine deutliche und auf größere Entfernungen hin durchgehende Gliederung in einzelne Zonen wie in Holland (ZONNEVELD 1947) ist nicht zu erkennen.

Weiter südlich, in der Niederrheinischen Bucht bei Köln, erwies sich die Hauptterrasse in Bezug auf ihre Schwermineralführung ebenfalls als homogen. So hat A. PRASHNOWSKI (in K. KAISER 1956) das Hauptterrassenprofil des Braunkohlentagebaus Hürtherberg bei Knapsack auf seine Schwermineralführung untersucht und keine Zonengliederung feststellen können.

Auch die Anwendung der morphometrischen Schotteranalyse durch K. KAISER (1956) zeigte, daß es sich bei der Hauptterrasse um ein nicht weiter zu gliederndes Schotterpaket handelt.

5. Die Terrassen am Viersener Höhenzug.

a) Die Hauptterrasse.

Auf der Hochfläche des Viersener Höhenzuges liegen in Höhen von 70–80 m auf den oligozänen Meeressanden noch Terrassenschotter. Es sind meist grobe Kiese, durch Eisenhydroxyd braun gefärbt und teilweise verkittet, in einer Mächtigkeit von meist nur 2–3 m. Am Tennisplatz Süchteln treten feinere und sandreichere Kiese in einer Mächtigkeit von 5 m auf. Diese Terrassenstufe wurde von mehreren Autoren (QUAAS 1916, STEEGER 1928, QUITZOW 1956) als Ältere Hauptterrasse bezeichnet. BREDDIN (1930) hat dagegen auf Grund der für dieses Gebiet recht erheblichen Höhendifferenzen von 15–20 m zur nächsttieferen Terrasse diese Stufe mit den Höhenterrassen gleichgestellt, die er am Rande des Bergischen Landes von der Hauptterrasse abgeschieden hatte. Die Schwermineralführung ist in den einzelnen Aufschlüssen ziemlich konstant, doch zwischen den verschiedenen Aufschlüssen zeigen sich gewisse Unterschiede.

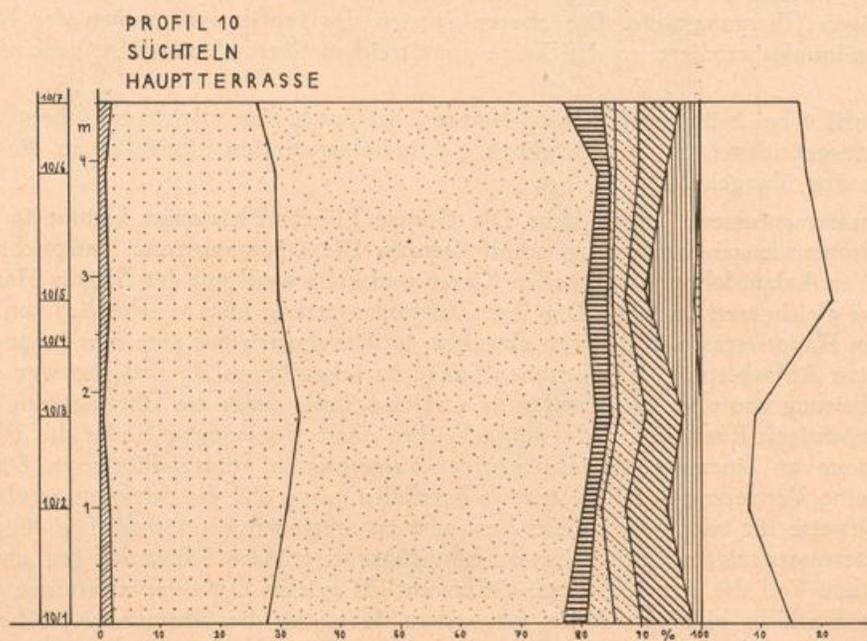
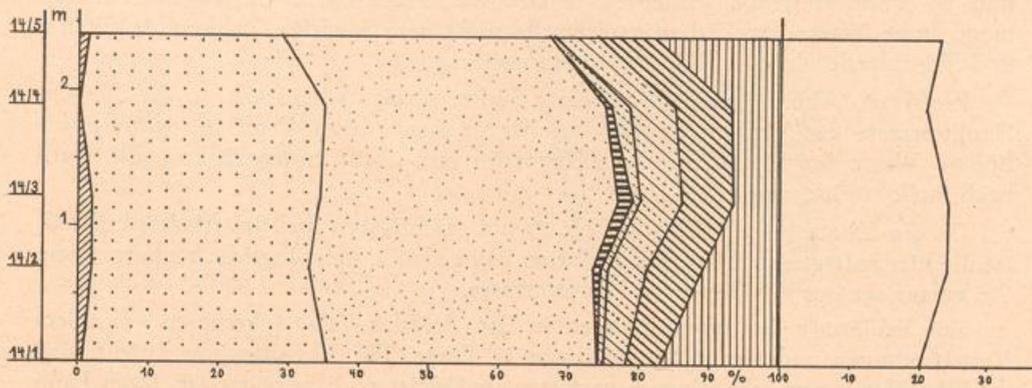
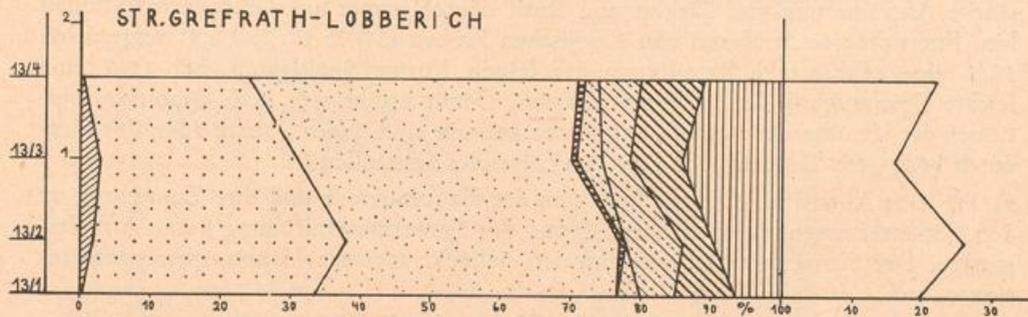


Abb. 7 Schwermineraldiagramm von Profil 10 bei Süchteln.

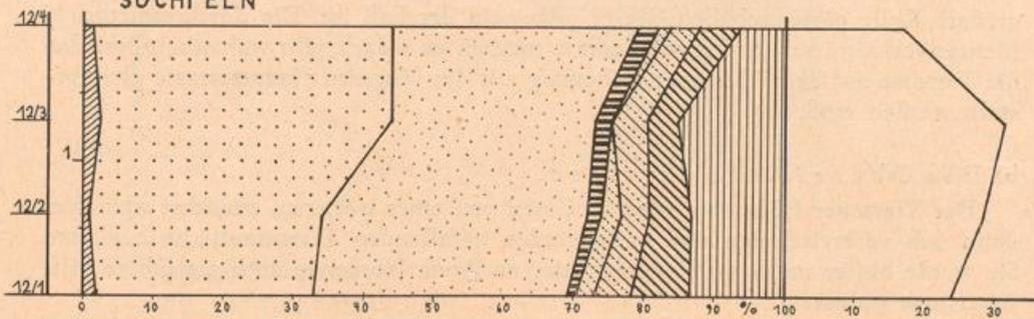
PROFIL 14
SCHLIEBECK



PROFIL 13
STR.GREFRATH-LOBBERICH



PROFIL 12
SÜCHTELN



PROFIL 11
OBERBOCHOLT

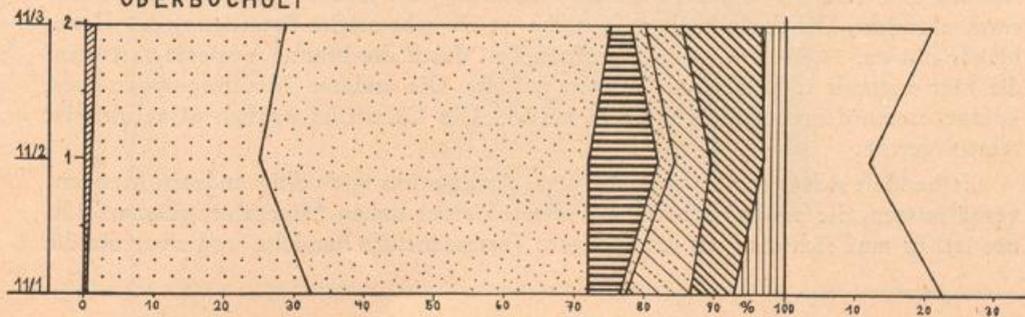


Abb. 8 Schwermineraldiagramme von vier Profilen der Jüngerer Hauptterrasse auf dem Viersener Höhenzug.

Die Profile 12 (Formsandgrube SW Süchteln), 13 (Straße Grefrath—Lobberich) und 14 (Formsandgrube Schliebeck W Grefrath, alle Abb. 8) zeigen übereinstimmend hohe Werte für Zirkon und Rutil, meist sehr niedrige Zahlen für Granat und Hornblende, dagegen höhere für Staurolith.

Profil 10 (Abb. 7) vom Tennisplatz Süchteln zeigt eine stark an die Jüngere Hauptterrasse des Venloer Grabens erinnernde Assoziation. Profil 11 weist etwas höhere Werte für Hornblende und Turmalin auf, dafür treten Zirkon und Rutil noch mehr zurück als in Profil 10.

Da die Schotter in Profil 10 (Abb. 7) am mächtigsten und am frischesten sind, ist die hier auftretende Mineralassoziation wohl als die ursprüngliche zu betrachten. Sie entspricht gut der Jüngeren Hauptterrasse.

Zur Erklärung der Abweichungen in den Profilen 11—14 kommen vor allem Verwitterungen und Granularvariationen in Frage. Für Verwitterung spricht, daß die Hornblende nur sehr schwach vertreten und meist auch angeätzt ist. Doch kann dies nicht allein die Ursache der abweichenden Zusammensetzung sein. Eine so starke Anreicherung von Zirkon und Rutil deutet immer auf Granularvariationen hin. Fraktionierte Analysen von 3 typischen Proben (10/3; 11/2; 13/3) zeigten bei 13/3 eine sehr starke Beteiligung der feinen Korngrößenklassen, bei 11/2 eine leichte Bevorzugung der gröberen Klassen. Damit ergibt sich, daß Granularvariationen die Ursache der veränderten Assoziationen sind. Nach Ausscheiden der hierdurch bedingten Unterschiede läßt sich folgendes feststellen:

a) Für eine Abtrennung dieser Stufe von der Hauptterrasse und ihre Zuordnung zu den Höhenterrassen bieten sich auf Grund der Schwermineralführung keine Anhaltspunkte. Der Schwermineralbestand weist vielmehr typische Hauptterrassenassoziationen auf.

b) Die Entscheidung, ob es sich um die Ältere oder die Jüngere Hauptterrasse handelt, ist angesichts der Tatsache schwierig, daß sekundäre Umbildungen hier eine größere Rolle gespielt haben, als es allgemein der Fall ist. Die durchschnittlichen Mengenverhältnisse der Schwerminerale machen es jedoch sehr wahrscheinlich, daß die Terrasse auf dem Viersener Höhenzug mit der Jüngeren Hauptterrasse gleichgestellt werden muß.

b) Die Obere Mittelterrasse.

Der Viersener Höhenzug wird im Osten von einer weiteren, zunächst schmalen, dann sich verbreiternden und nach Norden abfallenden Terrassenfläche begleitet. Sie wurde bisher meist als Hauptterrasse, an ihrem Nordende auch als Obere Mittelterrasse gedeutet.

Profil 15 vom Langerhof bei Hagenbroich (Abb. 9) zeigt in der Schwermineralführung eine sehr gleichmäßige Zusammensetzung, die jedoch von der Hauptterrasse stark abweicht. Die auffallendste Tatsache ist die sehr starke Beteiligung der Hornblende mit ca. 30 %. Sie ist zum größten Teil durch die braune Varietät vertreten, die hier erstmals in zählbaren Mengen auftritt. Die anderen Mineralgruppen, bes. Epidot, treten dementsprechend stark zurück. Der Gehalt an opaken Mineralen ist relativ gering.

Es handelt sich hier also um eine neue Assoziation mit völlig anderen Mengenverhältnissen, die zudem durch das Auftreten einer neuen Mineralart gekennzeichnet ist. Es muß sich also um eine jüngere Terrassenstufe handeln, und zwar um die

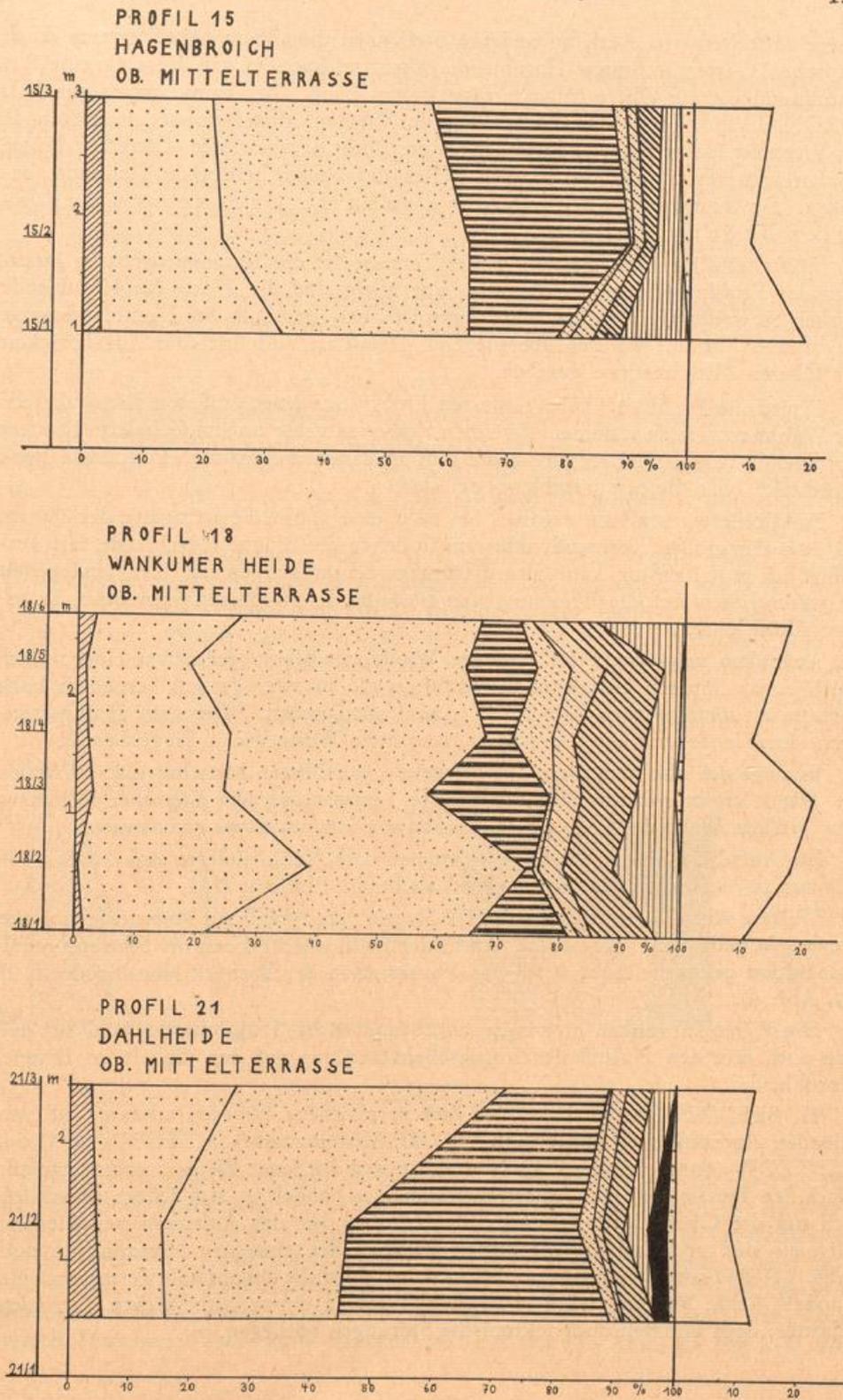


Abb. 9 Schwermineraldiagramme von drei Profilen der Oberen Mittelterrasse.

Obere Mittelterrasse. Auch an anderen Stellen ist die Obere Mittelterrasse durch die hohen Werte für Braune Hornblende gekennzeichnet, so daß diese als eine Art Leitmineral für die Obere Mittelterrasse gelten kann. Dies wurde zuerst von J. I. S. ZONNEVELD (1956) an Proben aus der Oberen Mittelterrasse am Nordende des Viersener Höhenzuges und aus der Kölner Bucht nachgewiesen. Diese Ergebnisse wurden inzwischen auch aus anderen Teilen des Niederrheinischen Tieflandes bestätigt. Es liegt hier also eine scharfe Grenze von regionaler Bedeutung vor.

In der nördlichen Fortsetzung dieser Terrasse ist die Zusammensetzung innerhalb der Profile nicht so gleichmäßig. Vor allem sind die Werte für Hornblende starken Schwankungen unterworfen. Stets ist aber innerhalb der Hornblendewerte die braune Varietät weitaus überwiegend. Damit ist auch hier die Zugehörigkeit zur Oberen Mittelterrasse gegeben.

Typisch ist Profil 18 (Abb. 9), dessen Proben aus einer größeren Kiesgrube auf der Wankumer Heide stammen. Zwischen Proben mit sehr hohem Gehalt an Brauner Hornblende (15–20 %) treten andere auf, in denen die Braune Hornblende stark zurücktritt, oder die fast hornblendefrei sind.

Fraktionierte Analysen ergaben bei 18/2 eine starke Bevorzugung der feinen, bei 18/3 der groben Korngrößenklassen, in denen die Braune Hornblende fast ausschließlich auftritt. Man kann also die großen Schwankungen im Hornblendegehalt im wesentlichen auf die Trennung verschiedener Korngrößenklassen beim Transport zurückführen.

Außerdem zeigt das Profil auf der Wankumer Heide gegenüber Hagenbroich einen etwas höheren Gehalt an Turmalin sowie in zwei Proben besonders hohe Gehalte an metamorphen Mineralen (Andalusit, Disthen, Sillimanit). Dafür erreichen Hornblende und Granat nicht ganz so hohe Werte wie in Hagenbroich.

Es zeigt sich also, daß diese Terrassenstufe zur Oberen Mittelterrasse zu stellen ist. Damit ergibt sich auch für die höchste Terrasse auf dem Viersener Höhenzug eine größere Wahrscheinlichkeit, sie als jüngere Hauptterrasse einzustufen.

Ein Aufschluß an der Straße von Straelen nach Venlo lieferte eine Assoziation mit nur 10 % Hornblende, überwiegend als braune Varietät (17).

Weitere Aufschlüsse finden sich NW Straelen am Abfall zur Maasniederterrasse. Sie zeigen helle, sandreiche Kiese. Auch hier ist in allen Proben die Schwermineralassoziation gekennzeichnet durch das Vorherrschen der Braunen Hornblende (z. B. 21, Abb. 9).

Die Werte schwanken hier zwischen 20 und 45 %. Fraktionierte Analysen zeigen auch hier den Einfluß der Korngrößenverteilung auf den Gehalt an Brauner Hornblende.

H. BREDDIN (1930) hatte hier drei verschiedene Niveaus erkannt und verschieden eingeordnet (Hauptterrasse bis Unt. Mittelterrasse). STEEGER (1952) und QUITZOW (1956) haben diese Niveaus in verschiedener Weise zusammengefaßt. Nach den Ergebnissen der Schwermineralanalyse handelt es sich jedoch ausschließlich um die Obere Mittelterrasse. Die Ursachen für das Auftreten verschiedener Niveaus sind noch unklar. Die Stufen zwischen den einzelnen Niveaus (vgl. auch Abb. 12) sind sehr undeutlich, so daß es sich wohl nicht um normale Terrassenränder handeln kann. Vielleicht sind es Erosionsstufen in einem einheitlichen Terrassenschotter; doch könnten auch tektonische Störungen vorliegen.

c) Die Mittlere und Untere Mittelterrasse.

Auf die Obere Mittelterrasse folgt am Viersener Höhenzug unmittelbar die Krefelder Mittelterrasse. Die Mittlere Mittelterrasse wurde nur in einem schmalen, stark eingetieften Tal abgesetzt, dessen Sohle bereits bei Düsseldorf unter das heutige Meeresniveau abfiel. Ihre Schotter liegen z. B. bei Krefeld als „Rinnenschotter“ unter der Unteren und der Krefelder Mittelterrasse begraben. Schwermineraluntersuchungen und Quarzzählungen (J. D. DE JONG 1956, MAARLEVELD 1956) haben erwiesen, daß es sich um die durch hohe Augitgehalte charakterisierte Mittlere Mittelterrasse handelt.

Die Untere Mittelterrasse muß im größten Teil des Niederrheingebietes wieder erodiert worden sein. Über ihre Reste breitete sich die Krefelder Mittelterrasse aus.

d) Die Krefelder Mittelterrasse.

Am Fuß des Viersener Höhenzuges zieht sich noch eine schmale Terrasse entlang, die erst nördlich Straelen in Höhen von 28–30 m größere Ausdehnung erreicht. Sie wird von H. QUITZOW (1956) mit der Krefelder Mittelterrasse parallelisiert, die östlich der dazwischen sich einschaltenden Niersniederterrasse eine weite Ebene bildet.

Nach den Untersuchungen von J. I. S. ZONNEVELD (1956) und J. D. DE JONG (1956) sind die jüngeren Mittelterrassen gekennzeichnet durch das Vordominieren der vulkanischen Minerale, insbesondere des Augits. Daneben spielen Epidot, Alterit, Granat und Hornblende weiterhin eine Rolle. Der Augit reagiert durch seine beträchtliche Größe noch empfindlicher auf Korngrößenschwankungen als Hornblende. Der Gehalt an vulkanischen Mineralen erlaubt daher keine zuverlässige Unterscheidung der jüngeren Mittelterrassen und der Niederterrasse.

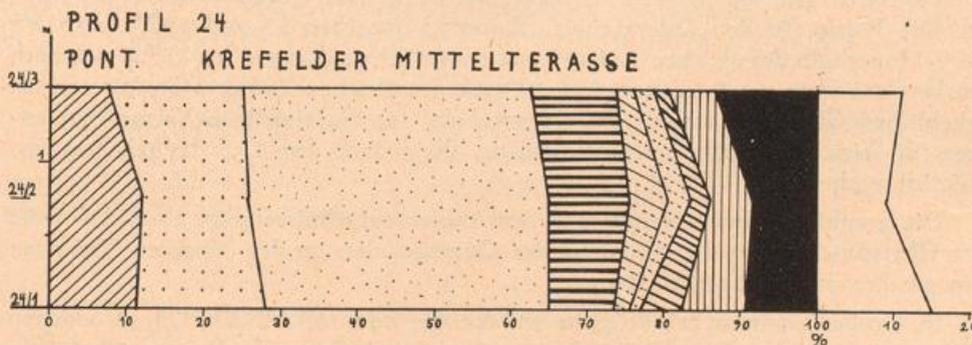


Abb. 10 Schwermineraldiagramm aus der Krefelder Mittelterrasse bei Pont.

Erst nördlich Straelen erreicht die Krefelder Mittelterrasse größere Breite, doch sind die Höhenunterschiede hier kaum noch bemerkbar. Eine Baugrube bei Pont lieferte drei Proben (24/1–3, Abb. 10), die eine vulkanische Mineralassoziation zeigen. Neben dem Augit kommen auch basaltische Hornblende und Titanit vor, zusammen 7–12 %. Auch Hornblende ist mit 8–11 % noch häufig (davon bis 4 % Braune Hornblende), ebenso Granat, der mit 8–12 % häufiger vorkommt als in den anderen Terrassen. Diese Werte stimmen sehr gut mit den Analysen von J. D. DE

JONG (1956) und J. I. S. ZONNEVELD (1956) aus der Krefelder Mittelterrasse überein. Die von H. W. QUITZOW (1956) vorgenommene Zuordnung zur Krefelder Mittelterrasse wird also durch die Ergebnisse der Schwermineralanalyse unterstützt.

V. GERÖLLANALYSEN

In den größeren Aufschlüssen wurden auch je einige Geröllproben entnommen. Die Fraktionen unter 5 mm Durchmesser wurden sofort im Aufschluß abgesiebt. Nach dem Waschen wurden die Geröllproben dann durch Sieben in Fraktionen von 5–8, 8–10, 10–15 und 15–20 mm getrennt. Die Größe der Fraktionen war so gewählt, daß in den feineren Fraktionen mindestens 300 Gerölle enthalten waren, oft aber über 1000. Dann wurde in den einzelnen Fraktionen der Prozentgehalt an Quarzgeröllen ermittelt.

Es ist schon seit langem bekannt, daß die älteren pleistozänen Terrassen fast nur Quarzgerölle führen und daß der Quarzgehalt in den jüngeren Terrassen zunehmend niedriger wird. Nach Einführung der quantitativen Schotteranalyse durch F. E. ZEUNER (1930) hat in den letzten Jahren besonders C. G. MAARLEVELD versucht, durch genauere Werte für den Quarzgehalt die einzelnen Terrassen zu unterscheiden. MAARLEVELD (1956) gibt folgende Durchschnittszahlen an:

Ältere Hauptterrasse (b. Venlo)	80–84 % Quarze
Jüngere Hauptterrasse	47 % (Bonn) bis 60 % (Straelen)
Untere Mittelterrassen	ca. 40 %
Niederterrasse	ca. 27 %

Tabelle II gibt die bei den durchgeführten Analysen gefundenen Quarzzahlen an. Die Werte für den Quarzgehalt schwanken zwischen 53 und 89 %, also um 36 %. Innerhalb des gleichen Aufschlusses traten Schwankungen bis 15 % auf, noch stärkere zwischen verschiedenen Aufschlüssen der gleichen Terrasse. So kann es zu erheblichen Überschneidungen der Quarzgehalte für die einzelnen Terrassen kommen, die eine einwandfreie Unterscheidung allein nach dem Quarzgehalt fast unmöglich machen.

Die graphische Zusammenfassung der Analyseergebnisse zeigt aber, daß trotz der Überschneidungen die Abnahme des Quarzgehaltes zu den jüngeren Terrassen hin gut herauskommt (Abb. 11).

In Grube Laumans bei Brüggen wurden die von MAARLEVELD gefundenen Werte gut bestätigt. Die Ältere Hauptterrasse hatte Quarzgehalte von 77–79 %, die Jüngere Hauptterrasse von 55 %. Noch höhere Quarzgehalte (80–90 %) zeigen die hellen Kiese der Übergangzone in den Profilen 7 bis 9. Auch in den höheren Teilen der Profile gehen die Werte nicht unter 70 %. Hier sind die Quarzgehalte der Hauptterrasse also bedeutend höher als bisher angenommen. Wie für die abweichende Schwermineralzusammensetzung, dürften Aufarbeitungen aus dem Pliozän die Ursache dafür sein.

Die Ältere Hauptterrasse von Niederdorf zeigt dagegen etwas niedrigere Quarzgehalte als in Brüggen. Noch niedrigere Werte zeigt die Terrasse auf dem Viersener Höhenzug (60 %). Dies spricht für die Einstufung als Jüngere Hauptterrasse, wie sie auf Grund der Schwermineralanalyse vorgenommen wurde.

ERGEBNISSE DER QUARZZÄHLUNGEN

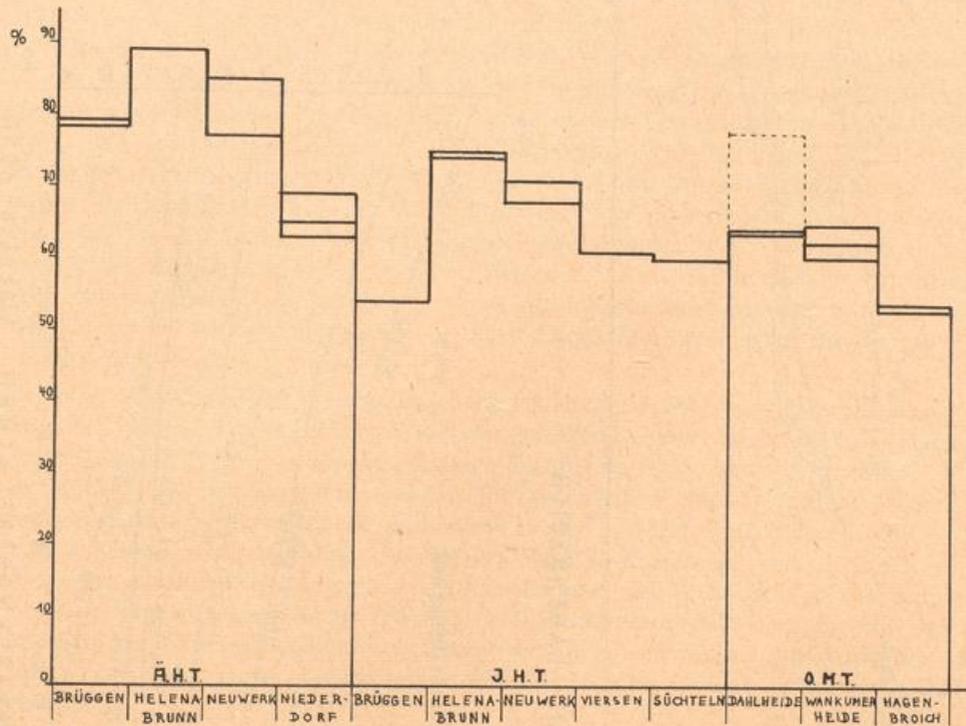


Abb. 11 Graphische Darstellung des Quarzgehaltes in der Älteren und Jüngeren Hauptterrasse und der Oberen Mittelterrasse.

Die Obere Mittelterrasse zeigt bei Hagenbroich 53–54 % Quarz, auf der Wankumer Heide 60–65 %. Bei Dahlheide westlich Straelen führt die Obere Mittelterrasse sogar bis 80 % Quarz, worauf schon MAARLEVELD (1956) hinweist, der diese hohen Gehalte durch Aufarbeitung aus dem Pliozän erklärt.

VI. ERGEBNISSE

Im Untersuchungsgebiet lassen sich zwei Bereiche unterscheiden (Abb. 12), die im Pleistozän eine verschiedene Entwicklung durchgemacht haben. Diese Entwicklung ist tektonisch bedingt. Die westliche Teilscholle umfaßt den Venloer Graben und den Horst von Brüggens-Erkelenz. Hier haben im älteren Pleistozän noch sehr kräftige Senkungen stattgefunden. Das Pliozän ist in größerer Mächtigkeit erhalten geblieben. Darüber breiteten sich nacheinander die Schotter der Älteren Hauptterrasse, die Tegelschichten und die Jüngere Hauptterrasse. Bei Brüggens ist die Tegelschicht und das jüngste Pliozän in Gestalt mächtiger Tone entwickelt, so daß das Profil klar gegliedert ist. Alle Schichtglieder zeigen jedoch eine sehr ähnliche Schwermineralführung. Die Zusammensetzung entspricht der Saussuritprovinz EDELMANs (1933), die für altpleistozäne Rheinsande kennzeichnend ist. Vorherr-

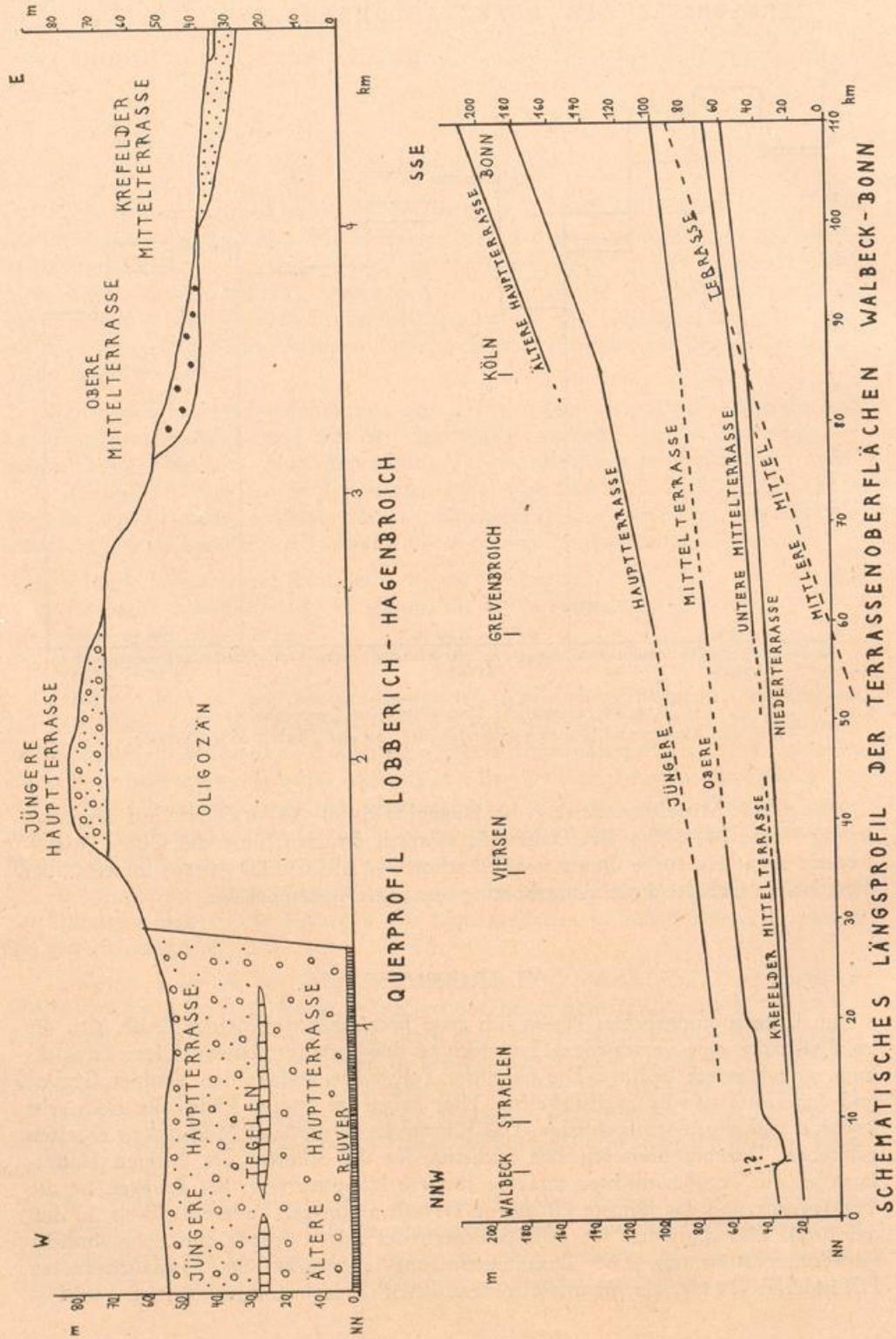


Abb. 12 Querprofil durch den Viersener Höhenzug und schematisches Längsprofil der Terrassenoberflächen am linken Niederrhein zwischen Bonn und Walbeck.

schend sind Alterit (Saussurit z. T.) und Epidot. Daneben treten Grüne Hornblende, Staurolith, Turmalin, Granat in wechselnden Mengen auf. Andere Minerale treten zurück.

Eine Zonengliederung, wie sie ZONNEVELD (1947) an gleichaltrigen Sedimenten des Peelgebiets durchführen konnte, ist hier nicht möglich. Auch der Tegelenton weicht in seiner Schwermineralführung nicht von den Terrassenschottern ab. In dem Profil auf dem Brüggener Horst unterscheiden sich lediglich Ältere und Jüngere Hauptterrasse in geringem Maße durch das Verhältnis Grüne Hornblende zu Staurolith. In der Älteren Hauptterrasse überwiegt die Hornblende, in der Jüngeren Hauptterrasse der Staurolith. Diese Unterschiede konnten, wenn auch durch Granularvariationen und andere sekundäre Einflüsse z. T. verwischt, auch im östlich anschließenden Gebiet des Venloer Grabens noch beobachtet und die beiden Stufen der Hauptterrasse danach getrennt werden. Diese Merkmale sind jedoch nur von lokaler Bedeutung.

Eine in der Senkung zurückgebliebene Randscholle des Venloer Grabens grenzt zwischen Viersen und Mönchen-Gladbach im Osten unmittelbar an die Krefelder Mittelterrasse. Hier wird im wesentlichen die gleiche Assoziation angetroffen, doch weichen die Mengenverhältnisse etwas ab. Insbesondere sind die stabilen Minerale hier weit stärker vertreten und gehen erst in den höheren Teilen der Profile leicht zurück. Diese abnorm hohen Gehalte an stabilen Mineralen können durch Aufarbeitung aus dem Pliozän erklärt werden, das hier sehr reich an diesen Mineralen, insbesondere an Turmalin, ist. Die Grenze Pliozän/Hauptterrasse prägt sich jedoch auch in der Schwermineralführung scharf aus durch das plötzliche Auftreten von Epidot sowie die starke Zunahme von Hornblende und Granat, während Turmalin abnimmt.

Die Viersener Störung bildet die Grenze zu der östlich anschließenden Scholle (Abb. 12). Hier haben im Pleistozän keine bedeutenden Senkungen mehr stattgefunden, so daß zwischen den Aufschotterungen Tiefenerosion möglich war. Am östlichen Rand des Niederrheingebiets sind alle Terrassenstufen erhalten, im westlichen Niederrheingebiet jedoch nur einige Stufen am Viersener Höhenzug.

Die Terrassenschotter auf dessen Hochfläche wurden bisher als Ältere Hauptterrasse und sogar als Höhenterrasse bezeichnet. Nach den Ergebnissen der Schwermineralanalyse dürfte es sich jedoch wahrscheinlich um die Jüngere Hauptterrasse handeln.

Die folgende Stufe, die den Viersener Höhenzug östlich begleitet, wurde bisher als Hauptterrasse angesehen. Die Schwermineralassoziaton ist aber gekennzeichnet durch sehr hohe Gehalte an Brauner Hornblende. Diese ist ein sehr typisches Mineral, das in solchen Mengen nur aus der Oberen Mittelterrasse bekannt ist. Es muß sich also auch hier um die Obere Mittelterrasse handeln. Die Quarzzählungen sprechen ebenfalls für diese Deutung.

Von der Mittleren Mittelterrasse ab tritt die sogenannte Lobith-Provinz auf (EDELMAN 1938), in der die vom Eifelvulkanismus gelieferten Minerale vorherrschen, besonders der Augit. Die Mittlere Mittelterrasse wurde am Viersener Höhenzug nicht abgelagert (vgl. das Terrassen-Längsprofil in Abb. 12) und die Untere Mittelterrasse wieder erodiert. Als nächste Stufe begleitet die Krefelder Mittelterrasse den Fuß des Viersener Höhenzuges in einem schmalen Streifen. Die Schwermineralzusammensetzung entspricht der von DE JONG (1956) bei Krefeld angetrof-

fenen. Granularvariationen verursachen allerdings große Schwankungen des Augitgehalts.

Die Schwankungen des Quarzgehaltes in den einzelnen Terrassen waren weit größer als die der Schwermineralzusammensetzung, so daß sich letztere als geeigneteres Mittel für die Untersuchung der Terrassen erwies. Im allgemeinen nehmen die Quarzgehalte in den jüngeren Terrassen mehr und mehr ab, doch wird diese Abnahme oft stark von Aufarbeitungen älterer Terrassenschotter verschleiert.

Die Neueinstufung einiger Terrassen am Viersener Höhenzug ergibt einige Folgerungen für die Entwicklung des Niederrheingebiets. Die Schotter der Älteren Hauptterrasse lagerten sich im ganzen Gebiet im Zusammenhang ab. Die fortwährende Senkung im westlichen Teil des Gebiets wurde durch größere Mächtigkeit der Ablagerungen ausgeglichen. Danach erfolgte im Ostteil des Gebiets eine starke Erosion, die die Ältere Hauptterrasse ausräumte. Gleichzeitig setzten sich im Westen die Tegelschichten ab. Bisher nahm man an, daß am Viersener Höhenzug ein Rest der Älteren Hauptterrasse der östlichen Scholle erhalten geblieben sei. Da anschließend die Jüngere Hauptterrasse beiderseits des Viersener Höhenzuges abgelagert wurde, müßte der Viersener Höhenzug damals eine Insel gewesen sein, die vom Rhein in zwei Armen umflossen wurde. Jetzt kann diese Annahme fallengelassen werden. Die Ältere Hauptterrasse wurde auf der östlichen Scholle völlig beseitigt, und anschließend erfolgte die Aufschotterung der Jüngeren Hauptterrasse. Nach ihrem Abschluß waren keine Höhenunterschiede zwischen den beiden Schollen vorhanden. Da nun auch im Westen keine wesentlichen Senkungen stattfanden, verlegte der Rhein seinen Lauf ganz auf die östliche Scholle. Die nun angelegten Täler waren schmaler und auf den östlichen Teil des Gebiets beschränkt. So konnten am Viersener Höhenzug ein Rest der Jüngeren Hauptterrasse und die Obere Mittelterrasse erhalten bleiben. Die Mittlere Mittelterrasse wurde nur in einem schmalen Rinnenkanal abgesetzt, die Untere Mittelterrasse größtenteils erodiert und von der Krefelder Mittelterrasse bedeckt, die nun den Fuß des Viersener Höhenzuges bildet.

TABELLE I
Ergebnisse der Schwermineralzählungen in Kornprozenten

Ort	Nr.	Opak	Alterit	Trüb	Epidot	Granat	Gr. Hornbl.	Br. Hornbl.	Staurolith	Andalusit	Disthen	Sillimanit	Turmalin	Zirkon	Rutil	Augit	Bas. Hornbl.	Titanit	Rest
Brüggen Ä.H.T.	1/1	20	26	10,5	17	22,5	1,5	—	3	—	1	—	13	3	1	—	—	—	0,5
	1/2	15	33,5	24	33	1	4,5	—	2,5	0,5	2	—	3	2,5	2,5	—	—	—	1
	1/3	10,5	26	19	32	1,5	8,5	—	2,5	—	0,5	—	7,5	1	1	—	—	—	—
	1/4	12	28,5	21	31,5	1,5	5,5	—	1,5	—	2	—	4,5	0,5	3,5	—	—	—	—
	1/5	4	49	7	12	2	19	—	3	1	1	—	5	—	1	—	—	—	—
	1/6	6	30,5	20	24,5	4	11	—	1,5	0,5	0,5	—	6	0,5	1	—	—	—	0,5
	1/7	13,5	29,5	9,5	26	6	11	—	4	1	0,5	2	8,5	0,5	1	—	—	—	0,5
	1/8	16	12,5	11,5	40	1,5	9	—	5	0,5	1	0,5	7,5	4	6,5	—	—	—	0,5
	1/9	14,5	18,5	11	38	3,5	6	—	5	1,5	0,5	—	8	3,5	3	1	—	—	0,5
J.H.T.	1/10	14	21	16	36	1,5	8	—	4,5	0,5	—	1,5	7	3	0,5	—	—	—	0,5
	1/11	16,5	38	19	16	2,5	5,5	—	4,5	0,5	2	—	9	0,5	2	—	—	—	0,5
	1/12	18	26	26	23	3	6	—	4	1,5	1	—	8	0,5	1	—	—	—	—
	1/13	11,5	37,5	25,5	23	0,5	1,5	—	4,5	—	1,5	—	4,5	0,5	1	—	—	—	—
	1/14	17,5	40	20	20	1	1	0,5	7,5	—	1	—	7	0,5	1	—	—	—	0,5
	1/15	13	40	19	22	1	3	1	4	1	1	—	4	—	3	—	—	—	—
Nieder- dorf Ä.H.T.	2/1	5	34	17,5	28	3,5	6,5	—	2,5	0,5	1	—	4	1,5	—	—	—	—	1
	2/2	9	38	15	32,5	1	1	—	3,5	0,5	1,5	—	2,5	2	1,5	—	—	—	0,5
	2/3	4,5	28	20	31,5	1	7	—	1	0,5	1	1,5	3	1,5	3	—	—	—	0,5
	2/4	8	43,5	20	27	2,5	2,5	—	1,5	—	—	—	2,5	—	0,5	—	—	—	—
Lobbe- rich J.H.T.	3/1	8,5	31	18	32	2	2,5	—	2,5	0,5	1,5	0,5	2,5	2,5	1,5	—	—	—	—
	3/2	13,5	33	23	24	1	2,5	—	4	1	—	—	6,5	3	2	—	—	—	—
	3/3	12	33	14	29,5	0,5	2,5	—	6	1	0,5	1,5	7	2,5	1,5	—	—	—	0,5
	3/4	15,5	32,5	14	33,5	2	2,5	—	4	1,5	0,5	1	3,5	2,5	2,5	—	—	—	—
	3/5	15	24,5	18	35,5	1,5	2	—	8,5	—	1	—	6,5	1,5	1	—	—	—	—
	3/6	23	28	10	29,5	4,5	3	—	5	—	1	—	8	8,5	2,5	—	—	—	—
Lobbe- rich J.H.T.	4/1	15	43	11	27,5	1,5	8	1,5	1,5	—	—	—	2,5	1	2	—	—	—	0,5
	4/2	12,5	43,5	25	20,5	1	2	0,5	1	0,5	—	1,5	2,5	1	0,5	—	—	—	0,5
	4/3	19	25	12,5	33,5	1,5	2	—	2,5	1	2	0,5	8	9	2,5	—	—	—	—
	4/4	25	28	17,5	37	0,5	—	—	2	—	2	—	1	6,5	2,5	—	—	—	3
	4/5	13,5	27	17	37	2	—	—	5	0,5	1	1	4,5	2,5	2	—	—	—	0,5
	4/6	20	32,5	15	28	1	0,5	—	4	—	1	1	5	6,5	4,5	—	—	—	1
Heron- ger Heide J.H.T.	5/1	6,5	26	19,5	38	1	0,5	—	3,5	—	—	—	6	4	1,5	—	—	—	—
	5/2	9,5	37	15	30	2	2,5	—	2	2,5	—	—	4,5	2,5	0,5	—	—	—	0,5
	5/3	17,5	35,5	12	28,5	1,5	3	—	5,5	1,5	—	0,5	7,5	4	0,5	—	—	—	—
	5/4	27,5	27	7	27,5	1,5	5	—	12	0,5	1	1	10	3,5	3,5	—	—	—	0,5
	5/5	15	31	10	26	2	7,5	0,5	8	2	1	—	9	2	1	—	—	—	—
	5/6	18	25	14	32,5	1,5	4	—	6	0,5	0,5	—	9	2,5	4	—	—	—	—
	5/7	20	28	19	33	1,5	3	0,5	4,5	0,5	0,5	0,5	4	2	2	—	—	—	1
Schirrik Ä.H.T.	6/1	2	37	19	30,5	1,5	5	—	1	—	—	0,5	3	0,5	2	—	—	—	—
	6/2	13,5	27,5	12,5	32,5	1,5	11,5	1	3	—	—	1	3	4	2	—	—	—	1
	6/3	11,5	27,5	17	33	0,5	9	0,5	1,5	—	—	0,5	4	4,5	2	—	—	—	—
	6/4	9,5	39,5	13	31,5	2	3,5	—	3	1	1	—	2,5	1,5	1	—	—	—	0,5
	6/5	6,5	41,5	18,5	25,5	2	4	—	2,5	0,5	—	1	3	1	0,5	—	—	—	—
	6/6	8,5	46,5	13	28	1	2	—	2	0,5	1,5	0,5	4	0,5	0,5	—	—	—	—
	6/7	22	27	6,5	13	5	1,5	—	7	—	0,5	0,5	9,5	23,5	6	—	—	—	—

Ort	Nr.	Opak	Alterit	Trüb	Epidot	Granat	Gr. Hornbl.	Br. Hornbl.	Staurolith	Andalusit	Disthen	Sillimanit	Turmalin	Zirkon	Rutil	Augit	Bas. Hornbl.	Titanit	Rest
Helena-brunn	7/1	17,5	45	1	1,5	0,5	—	—	5	1	—	1	30	12	3	—	—	—	—
	7/2	12,5	27	9,5	18	6,5	9,0	—	5	—	0,5	0,5	13	6,5	4	—	—	0,5	—
	7/3	17,5	26,5	8,5	25,5	3,5	3	—	8	—	0,5	—	11,5	8	5	—	—	—	—
	7/4	13,5	38,5	9,5	23,5	1,5	2,5	—	4,5	—	0,5	1,5	13	2	1,5	—	—	—	1,5
	7/5	7	31,5	17	32	1,5	5,5	—	1	—	—	0,5	6,5	1,5	2	—	—	—	1
	7/6	12	23	14	42	0,5	4,5	—	4,5	—	0,5	0,5	8	0,5	1	—	—	—	1
	7/7	13,5	22	17	37,5	1	3	—	2,5	—	0,5	0,5	7,5	4	4	—	0,5	—	—
	7/8	12	31,5	7,5	30,5	1	3	—	7,5	1	0,5	1,5	12	2,5	1	—	—	—	0,5
	7/9	12	19,5	14	36,5	4	9,5	0,5	3,5	—	0,5	—	8	1,5	2,5	—	—	—	—
	7/10	16,5	20	11,5	52	1,5	2,5	—	2	0,5	0,5	—	4,5	1,5	2,5	—	—	—	1
	7/11	15,5	26	10,5	42,5	—	3	—	5,5	1	0,5	—	5,5	2,5	2	—	—	—	1
	7/12	11	35	9	38	—	3	—	2	0,5	0,5	0,5	8	0,5	3	—	—	—	—
	7/13	11	28	15	30	8	5	—	2	0,5	1,5	—	6,5	1,5	1,5	—	—	—	1
	7/14	12	31	16	20,5	11,5	8,5	—	2	0,5	—	—	6	3	1	—	—	—	—
	7/15	9,5	29,5	16	29,5	0,5	4,5	—	3,5	—	0,5	0,5	6	5,5	4	—	—	—	—
	7/16	9	40,5	10	20,5	10	10	—	1	1	—	1	3,5	1,5	1	—	—	—	—
	7/17	13,5	28,5	12	31,5	2,5	4	—	3,5	—	1	0,5	7,5	6	2	—	—	—	1
Helena-brunn II	8/1	17,5	42,5	3	2,5	1,5	—	—	7	0,5	0,5	—	19,5	18,5	4	—	—	—	0,5
	8/2	17	44	1,5	2,5	1,5	1	—	6,5	—	0,5	1,5	24	12	5	—	—	—	—
	8/3	23,5	27	3,5	9	2,5	3	—	17,5	0,5	2,5	0,5	19	13	1,5	—	—	—	0,5
	8/4	14,5	24,5	13,5	28,5	2,5	5	—	4	—	0,5	1	7,5	9	3,5	—	—	—	0,5
	8/5	12	23,5	15	38	0,5	7,5	—	2,5	—	1	0,5	5,5	4	2	—	—	—	—
	8/6	12	25	18	34,5	2	2,5	—	2	—	—	—	11	3,5	1,5	—	—	—	—
	8/7	12	27	26	5,5	9	—	—	2,5	0,5	2	1	3,5	7	1,5	—	0,5	—	1,5
	8/8	18,5	15,5	9	44	5	9,5	—	3,0	0,5	—	0,5	3,5	4,5	4	0,5	—	—	0,5
Neuwerk	9/1	23,5	37,5	2	—	0,5	—	—	8,5	—	2	0,5	32,5	9	7,5	—	—	—	—
	9/2	13,5	47,5	2	1	2	—	—	5	0,5	—	1	21	13	6	—	—	—	—
	9/3	19,5	23,5	8,5	22	2	1,5	—	4,5	—	1,5	—	10,5	19,5	5,5	—	—	—	1
	9/4	17	27,5	10,5	19	2	2,5	—	8	—	1	0,5	17,5	7	4	—	—	—	0,5
	9/5	15	32	10	20,5	3,5	7	1	1,5	—	—	—	18	4	2	—	—	—	0,5
	9/6	18,5	28,5	10,5	25,5	1,5	—	—	7	—	2,5	0,5	11,5	7	4,5	—	—	—	1
	9/7	24	28	8,5	16	2,5	3	—	7,5	—	1	0,5	20	8,5	3,5	—	—	—	1
	9/8	17,5	29	11,5	25	3,5	6,5	1	6	—	1	1	12	2,5	—	—	—	—	1
	9/9	16	33,5	7,5	24	2	4	—	8	—	0,5	0,5	12	4	2,5	—	—	—	1,5
	9/10	18	31	11,5	27,5	2	3,5	—	6	—	—	1	9,5	6	2	—	—	—	—
	9/11	5,5	33,5	11,5	27,5	2,5	11	—	1,5	—	1,5	0,5	6,5	3	1	—	—	—	—
	9/12	19	31,5	15	30,5	0,5	3	—	2,5	—	—	—	2,5	10,5	4	—	—	—	—
	9/13	15	26	10	37,5	0,5	1	—	3,5	—	1	1	5,5	9,5	4,5	—	—	—	—
	9/14	17	29	11	26,5	5	1,5	—	3,5	—	—	0,5	8,5	11	3	—	—	—	0,5
	9/15	9,5	30	13	33,5	2,5	7,5	1	1,5	—	1	—	4	3,5	2,5	—	—	—	—
Tennisplatz Süchteln	10/1	15,5	35,5	15	24,5	2	5	—	4,0	1,5	1,5	0,5	9	1	0,5	—	—	—	—
	10/2	8	31	19,5	29,5	1,5	1,5	—	4	0,5	0,5	—	7	2,5	3	—	—	—	—
	10/3	9	31	18,5	32,5	0,5	3	—	4	—	1	0,5	6,5	2	0,5	—	—	—	—
	10/4	10	38,5	14,5	30	1,5	3,5	—	3	—	1	—	4,5	0,5	2,5	—	—	—	0,5
	10/5	22	38,5	12,5	28	1,5	2	0,5	3,5	—	1	—	3,5	4	3,5	—	—	—	1,5
	10/6	17,5	33,5	20,5	28	1	1,5	—	4	0,5	—	0,5	4	4	2	—	—	—	0,5
	10/7	15,5	38	13,5	24	2	5,5	—	4	—	2	—	7	2	1	—	0,5	—	0,5

Ort	Nr.	Opak	Alterit	Trüb	Epidot	Granat	Gr. Hornbl.	Br. Hornbl.	Staurolith	Andalusit	Disthen	Sillimanit	Turmalin	Zirkon	Rutil	Augit	Bas. Hornbl.	Titanit	Rest
Ober- Bocholt	11/1	23	27,5	12	32,5	—	4,5	—	9	—	1	—	7	5,5	1	—	—	—	—
	11/2	12	33,5	13,5	24,5	0,5	10	—	5	0,5	1	1	8	2	0,5	—	—	—	—
	11/3	20,5	30,5	16	27	1,5	3	—	5	0,5	0,5	1	11,5	1,5	2	—	—	—	—
SW Süchteln	12/1	24	28,5	8	30,5	2,5	1,5	—	4,5	1,5	—	1,5	8	9	4,5	—	—	—	—
	12/2	28,5	28,5	9,5	33,5	1	2	—	4	0,5	1,5	1	5,5	9	3,5	—	—	—	0,5
	12/3	31,5	21	8,5	41,5	2,5	2	—	6	—	—	—	3,5	10	5	—	—	—	—
	12/4	17,5	22,5	13	42,5	1,5	3,5	—	3,5	0,5	—	1	6	3	2,5	—	—	—	0,5
Str. Lobbe- rich — Grefrath	13/1	20	30	13	33	0,5	—	—	5	0,5	2	1	8,5	2,5	4	—	—	—	—
	13/2	26	24,5	14,5	36	2	1	—	7,5	0,5	—	—	4,5	7,5	2	—	—	—	—
	13/3	15,5	27,5	11,5	28	3	1	—	4	1,5	1	1	7,5	9,5	4	—	—	—	0,5
	13/4	22,5	36,5	10,5	23,5	0,5	1	—	6	1	1	—	9	7	4	—	—	—	—
Schlie- beck	14/1	19,5	27	11,5	35	0,5	—	—	3	0,5	0,5	—	5	12	5	—	—	—	—
	14/2	24	31	9,5	31	2	1	—	5,5	—	1	—	8	8	3	—	—	—	—
	14/3	24	35	8	32,5	2	1,5	—	6	1,5	—	—	6,5	5	2	—	—	—	—
	14/4	21	32	8	35	—	0,5	—	6,5	1,5	0,5	1	8,5	5	1,5	—	—	—	—
	14/5	22,5	32	6	27,5	1,5	—	—	5	0,5	0,5	0,5	8,5	13	5	—	—	—	—
Hagen- broich	15/1	19	18	12,5	30	3	4	10,5	4	—	1,5	0,5	4,5	8	3	—	—	—	1,5
	15/2	10	28,5	12	20	3	10	16,5	2	0,5	—	—	2	2	2	—	—	—	1,5
	15/3	13	26	10	18	3	3,5	26	1,5	1,5	—	1	4,5	2,5	0,5	—	—	—	2
Wankum	16/1	19	30	11,5	25	0,5	0,5	2	3	1,5	1,5	1	6,5	10,5	6	—	0,5	—	—
	16/2	22,5	26,5	14,5	30	1	1	—	3,5	—	1,5	—	7,5	11	3,5	—	—	—	—
Str. Straelen— Venlo	17	12,5	28,5	15,5	32	1	3,5	6,5	1	0,5	0,5	0,5	3,5	1,5	4,5	—	—	0,5	0,5
Wan- kumer Heide	18/1	10,5	32,5	11	20,5	1,5	4,5	11	2	1	1	—	10,5	3	1,5	—	—	—	—
	18/2	18	22,5	13	38,5	0,5	1	—	4	0,5	0,5	—	8,5	6,5	4	—	—	—	0,5
	18/3	21,5	25,5	8,5	21,5	3	3	17	4,5	—	0,5	0,5	9	3	3	—	—	—	1
	18/4	11,5	32,5	9,5	23,5	2	2,5	2	3,5	3	1,5	2	12	3,5	2	—	—	—	0,5
	18/5	15	36	9,5	17	1,5	2	9,5	5,5	1,5	4	—	9,5	2	1,5	—	—	—	0,5
	18/6	17,5	27,5	12	24	3	3	3	3,5	1	1	—	7	10	4,5	—	0,5	—	—
	18/6	17,5	27,5	12	24	3	3	3	3,5	1	1	—	7	10	4,5	—	0,5	—	—
Dahl- heide	20/1	6	29,5	5	16	13	7	22	1	—	0,5	—	3	2,5	0,5	—	—	—	—
	20/2	6,5	27	5,5	13,5	9	12	24,5	0,5	—	—	—	5	0,5	1,5	—	—	0,5	0,5
b. Straelen	21/1	12,5	25	3	10,5	5,5	4	41	0,5	1	0,5	0,5	5,5	—	—	1	—	—	2
"	21/2	9	21	9,5	11,5	4,5	8	30	1,5	0,5	1	1	3,5	2,5	1,5	—	—	—	4
"	21/3	13	32,5	12	24,5	3,5	8	8,5	2,5	—	0,5	—	4	1,5	2,5	—	—	—	—
"	22/1	17,5	21	10	18	5,5	2,5	17,5	3	0,5	—	0,5	7	10	3	—	—	—	1,5
"	22/2	12,5	23	12	22,5	5	3,5	16	3,5	1,5	—	—	7,5	3,5	1,5	—	—	—	0,5
"	22/3	14,5	24	7	20	5	7	17	3,5	0,5	2	0,5	9,5	2	2	—	—	—	—
Str. Gref- rath — Lobberich	23/1	12,5	30	7,5	12	27	13	0,5	1,5	—	—	—	3,5	3,0	1,5	—	0,5	—	—
	23/2	27	17	5,5	16	24,5	1,5	—	6,5	—	—	—	5,5	20	3,5	—	—	—	—
Pont	24/1	15	28	9	16,5	11,5	6,5	2	2	—	1	0,5	5,5	7,5	0,5	9	—	—	—
	24/2	9,5	33,5	5,5	14	12	6	4,5	5	1,5	0,5	1	2,5	5,5	1	7,5	—	—	—
	24/3	11	30,5	7,5	17,5	7,5	6	4	2,5	0,5	1	1,5	2	4,5	2	12	0,5	0,5	—

TABELLE II
Ergebnisse der fraktionierten Analysen in Kornprozenten

Probe	Korngrößenklasse											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Probe 6/6												
Alterit	0,5		3,5	3	8	6	4,5	2	1	0,5		
Trüb			0,5	1,5	3	2	0,5	0,5				
Epidot	1,5		6	10	11	4	3,5		1			
Turmalin		0,5		1	0,5	0,5	0,5					
Zirkon		1,5	1	0,5	0,5							
Rutil		1	2		0,5							
Staurolith		0,5	1,5	2	1	0,5						
Andalusit					0,5	0,5	0,5	0,5			0,5	
Disthen				0,5								
Granat	0,5	1	1,5	0,5	1,5							
Gr. Hornbl.			0,5	0,5	0,5			0,5	0,5		0,5	0,5
Probe 6/7												
Alterit	0,5	3,5	8,5	2,5	1,5	0,5						
Trüb		1,5	4	1	0,5							
Epidot	1	4,5	6,5	4	1	0,5						
Turmalin		1,5	1,5	4	0,5	0,5	0,5					
Zirkon	7	15	2									
Rutil		2,5	4,5	1								
Staurolith		0,5	3	1,5	5	0,5						
Andalusit				0,5	1,5	0,5						
Disthen		0,5	1									
Granat	1	3	1,5	1								
Gr. Hornbl.				0,5	0,5							
Probe 7/14												
Alterit	0,5	2,5	4	3	8	1,5	2	0,5				
Trüb		2,5	4,5	2	0,5	1						
Epidot		3,5	4,5	8,5	7	5	1	1				
Turmalin			1	1,5		0,5	1,5	0,5				
Zirkon		0,5	0,5	0,5								
Staurolith			1	0,5	1,5	1		0,5				
Andalusit						0,5	0,5	0,5				
Granat		2	1,5	3,5	2		3,5					
Gr. Hornbl.		0,5	2	4	3,5							
Probe 7/15												
Alterit		1	3,5	7	6	4,5	2	1		0,5		
Trüb	0,5	3,5	4	1	2	2		0,5				
Epidot		6	8,5	8,5	5	3,5	3					
Turmalin			1	1,5	0,5	0,5	1,5	0,5				
Zirkon	1	3	1	1								
Staurolith			1,5	0,5		0,5		1				
Granat		0,5		1		0,5						
Gr. Hornbl.		1	2	2	1,5	1						

Probe	Korngrößenklasse											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Probe 10/3												
Alterit			1,5	5	8,5	8	4	2	0,5			
Trüb			0,5	3,5	5	2,5	0,5	0,5				
Epidot		3	6,5	7,5	10	7,5	2,5					
Turmalin			1	1	1,5	3	1					
Zirkon			0,5	1,5	1							
Rutil			1									
Staurolith			0,5	0,5	1	1		0,5				0,5
Disthen			0,5	0,5				0,5				
Sillimanit						0,5						
Gr. Hornblende					1	0,5	0,5	0,5				
Probe 11/2												
Alterit			1,5	4	7	4	3	1,5	0,5	1,5		0,5
Trüb				0,5	4	1,5		1				
Epidot		1	2,5	5,5	10	6,5	6	4,5	0,5			
Turmalin				2	1	3	2	1,5	1,5			
Zirkon			0,5	1								
Rutil				0,5			2					
Staurolith				0,5	1,5	1,5		0,5		0,5		
Hornblende		0,5		3	1,5	1	1,5	1	1			0,5
Rest		0,5	1		1						0,5	0,5
Probe 13/3												
Alterit		2	7	5,5	3,5	3	1		0,5		0,5	
Trüb		0,5	3	1	2,5			0,5				
Epidot	0,5	4,5	5,5	10	5	1,5	2,5	1,5	0,5			
Turmalin	0,5		1	1,5		1,5	0,5	0,5	0,5			
Zirkon	5	7	3									
Rutil	1,5	1,5	1	1	1,5	0,5						
Staurolith		0,5	0,5	2,5	0,5	0,5	0,5					
Disthen				1		0,5	0,5					
Granat		1	0,5		0,5							
Rest				0,5	0,5	0,5	0,5					
Probe 18/2												
Alterit		3	6,5	3,5	3	0,5	0,5					
Trüb		3	6,5	3,5	0,5							
Epidot	0,5	9	15	8,5	2							
Turmalin		1,5	5,5	2		0,5						
Zirkon	3	5,5	0,5									
Rutil		1,5	0,5									
Staurolith			4,5	1	1							
Granat		1,5										
Gr. Hornbl.	0,5	0,5	1	1								
Br. Hornbl.			0,5									
Rest			2						0,5			

Probe 18/3	Korngrößenklasse											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Alterit			2,5	1,5	4,5	3	2,5	1	2,5	1,5		0,5
Trüb			0,5	1,5	2,5	1,5						
Epidot			3	7	5,5	3	1,5		1		0,5	0,5
Turmalin			1,5	0,5	3			2,5	1	1	0,5	1
Zirkon		0,5	1,5								0,5	
Rutil		1	0,5	0,5								
Staurolith			1	2,5	1,5	0,5	0,5				2	
Granat		1,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1				
Gr. Hornbl.			1	0,5	0,5							
Br. Hornbl.			0,5	1,5	3,5	2,5	2,5	2	3	1,5	2	1
Rest				0,5	0,5		0,5			0,5		
Probe 21/2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Alterit	1	4,5	8	3,5	2	0,5	1			0,5		
Trüb	0,5	4,5	2	1	0,5		0,5					
Epidot	1,5	13	9	1,5	0,5				1			
Turmalin			1	0,5	0,5	0,5			0,5	0,5		
Zirkon	1	0,5	0,5									
Rutil	0,5	2	1									
Staurolith		1,5	4	1								
Granat	0,5	2	0,5	0,5								
Gr. Hornbl.		3,5	2	1,5	0,5	0,5						
Br. Hornbl.		1,5	2	3	1	1	2	1,5	1,5	1		
Rest	0,5	0,5	0,5	0,5								
Probe 21/3	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Alterit			6	5	2	1		1	0,5	2		
Trüb		0,5	3	2,5	0,5							
Epidot		1,5	5	5	3	0,5	0,5	1	0,5	0,5		
Turmalin				1	2		0,5	0,5	0,5			
Zirkon	0,5	2	1,5	0,5								
Rutil				1,5								
Staurolith		0,5	1	1	0,5							
Disthen				0,5				0,5				
Granat		1,5	2,5	1,5	0,5	0,5						
Gr. Hornbl.			1	2		1						
Br. Hornbl.			2	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	7,5	1,5	0,5	1
Rest					0,5		1		1			

TABELLE III

Ergebnisse der Quarzzählungen

Nr.	Ort	Terrasse	Quarzgehalte in den Fraktionen				Durchschn.
			1	2	3	4	
25	Brüggen	ÄHT	66,6	74,3	83,3	76,0	78 0/0
27	"	ÄHT	70,4	81,3	83,5	80,2	79 0/0
29	"	JHT	46,2	49,3	55,6	57,8	54 0/0
6	Neuwerk	ÄHT	—	—	84,1	86,0	85 0/0
7	"	ÄHT	68,0	77,4	77,4	77,5	77 0/0
8	"	JHT	71,3	71,2	75,2	71,2	71 0/0
9	"	JHT	68,3	69,5	71,5	67,2	68 0/0
2	Helenabrunn	ÄHT	—	84,6	90,5	92,1	89 0/0
3	"	JHT	75,5	70,6	72,9	74,3	74 0/0
4	"	JHT	76,1	78,0	72,6	73,4	75 0/0
22	Niederdorf	ÄHT	—	64,8	64,5	63,3	63 0/0
23	"	ÄHT	66,9	68,2	69,9	71,2	69 0/0
24	"	ÄHT	63,6	66,1	65,9	63,0	65 0/0
1	Viersen	JHT	—	62,1	70,6	—	61 0/0
10	Süchteln	JHT	61,9	59,8	58,1	60,4	60 0/0
12	Hagenbroich	OMT	60,1	51,5	51,9	55,7	53 0/0
13	"	OMT	—	56,8	55,5	51,2	54 0/0
14	Wankumer Heide	OMT	72,5	60,7	66,3	63,8	65 0/0
15	" "	OMT	66,9	56,0	59,0	64,0	61 0/0
16	" "	OMT	63,7	64,3	59,0	63,3	63 0/0
19	Dahlheide	OMT	—	64,5	58,0	69,5	64 0/0
20	"	OMT	73,0	79,2	81,4	78,3	78 0/0
21	"	OMT	—	66,1	64,3	62,1	64 0/0

Fraktion 1: 15—20 mm

Fraktion 3: 8—10 mm

Fraktion 2: 10—15 mm

Fraktion 4: 5—8 mm

VII. LITERATURVERZEICHNIS

- A n d e l, Tj. H. van: Provenance, Transport and Deposition of Rhine Sediments. — Proefschrift Groningen, 129 S., Wageningen 1950.
- Zur Frage der Schwermineralverwitterung in Sedimenten. II: Fazielle Bedingungen und stratigraphische Bedeutung. — Erdöl u. Kohle, 5, S. 29, Hamburg 1952.
- B r a u n, F. J.: Die Terrassengliederung am linken Niederrhein zwischen Geldern und Kalkar. — Geol. en Mijnb., N. S., 18, S. 374—378, 1956.
- B r e d d i n, H.: Die Höhenterrassen von Rhein und Ruhr am Rande des Bergischen Landes. — Jb. preuß. geol. L. A., 49, T. I, S. 501—552, Berlin 1928.
- Löß, Flugsand und Niederterrasse am Niederrhein. — Jb. preuß. geol. L. A., 46, S. 635—662, Berlin 1925.
- Über Flußterrassen, diluviale und alluviale Bodenbewegungen im westlichen Niederrheingebiet. — Jb. preuß. geol. L. A., 50 (1929), T. II, S. 806—845, Berlin 1930.
- Die Gliederung der altdiluvialen Hauptterrasse von Rhein und Maas in der Niederrheinischen Bucht. — Der Niederrhein, 22, S. 76—79, Krefeld 1955.
- B r o c k m e i e r, H.: Über den Viersener Horst. — Ber. niederrh. geol. Ver., 7, S. 96—99, 1913, in: Sber. naturh. Ver. Rheinl. u. Westf., 1913, C, S. 96—99, Bonn 1914.

- Correns, C. W.: Zur Methodik der Schwermineraluntersuchungen. — Z. f. angew. Min., 4, S. 1 bis 11, 1943.
 — Probleme der Sedimentpetrographie. — Z. deutsch. geol. Ges., 100, S. 158—163, Hannover 1950.
- Doeglas, D. J.: The Importance of Heavy Mineral Analysis for Regional Sedimentary Petrology. — Rep. Comm. on Sedim., Nat. Res. Council, G, S. 102—121, 1940.
- Edelmann, C. H.: Petrologische Provincies in het Nederlandsche Kwartair. — Proefschrift Amsterdam, 1933.
 — Ergebnisse der sedimentpetrologischen Forschung in den Niederlanden und den angrenzenden Gebieten 1932—1937. — Geol. Rdsch., 29, S. 223—273, Stuttgart 1938.
 — Samenvatting van nieuwe Resultaten van het Sediment-petrologisch Onderzoek in Nederland en aangrenzende Gebieden. — Tijdschr. kon. ned. aardr. Gen., 65, S. 753—780, Leiden 1948.
- Edelmann, C. H. & Doeglas, D. J.: Reliktstrukturen detritischer Pyroxene und Amphibole. — Min.-Petr. Mitt., 42, S. 482—490, 1932.
- Erberich, G.: Sedimentpetrographische Untersuchungen an rezenten Rheinsanden vom Mainzer Becken bis an die holländische Grenze. — Decheniana, 95, S. 1—40, Bonn 1937.
- Fliegel, G.: Der Untergrund der Niederrheinischen Bucht. — Abh. preuß. geol. L. A., N. F., 92, Berlin 1922.
- Hövermann, J. & Poser, H.: Morphometrische und morphologische Schotteranalyse. — Proc. III. Int. Congr. Sedim. Wageningen, S. 135—156, 1951.
- De Jong, J. D.: Sedimentpetrographische Untersuchungen in Terrassenschottern im Gebiet zwischen Krefeld und Kleve. — Geol. en Mijnb., N. S., 18, S. 389—394, 1956.
- Kaiser, K.: Geologische Untersuchungen über die Hauptterrasse in der Niederrheinischen Bucht. — Sonderveröff. Geol. Inst. Köln, 68 S., Köln 1957.
- Karrenberg, H.: Verbreitung und Lagerung von Haupt- und Mittelterrasse am Niederrhein. — Z. deutsch. geol. Ges., 103, S. 118, Hannover 1951.
- Koldewijn, B. W.: Provenance, Transport and Deposition of Rhine Sediments. II. An Examination of the Light Fraction. — Geol. en Mijnb., N. S., 17, S. 37—45, 1955.
- Kurtz, E.: Verbreitung der diluvialen Hauptterrassenschotter von Rhein und Maas in der Niederrheinischen Bucht. — Verh. naturhist. Ver. Rheinl. u. Westf., 70 (1913), S. 55—108, Bonn 1914.
- Maarleveld, G. C.: Over Rolstenen. Opmerkingen bij een voorlopige Kart van de geografische verspreiding van Rolsteen-Associaties in de middenpleistocene fluviale afzettingen van Nederland. — Tijdschr. kon. ned. aardr. Gen., 69, S. 405—414, Leiden 1952.
 — Ergebnisse von Kiesanalysen im Niederrheingebiet. — Geol. en Mijnb., N. S., 18, S. 411 bis 415, 1956.
- Nota, D. J. G.: Sedimentpetrologische Untersuchungen altpleistozäner Ablagerungen im Gebiet von Tegelen, Niederlande. — Geol. en Mijnb., N. S., 18, S. 402—410, 1956.
- Quaas, A.: Beiträge zur Geschichte des Niederrheins. III. Zur Gliederung der Hauptterrasse. — Z. deutsch. geol. Ges., 68, Mb. S. 138, Berlin 1916.
 — IV. Zur Wertung der fossilführenden Schichten der Hauptterrasse. — Ebenda, 68, Mb. S. 154, 1916.
 — V. Ein neuer Feinsandhorizont „Viersener Stufe“ im Diluvium. — Ebenda, 68, Mb. S. 239, 1916.
 — VI. Das geologische Profil der Gemeindesandgrube Neuwirk. — Ebenda, 68, Mb. S. 294, 1916.
 — VII. Nochmals zur Gliederung der Hauptterrasse. — Ebenda, 74, Mb. S. 166, 1922.
- Quiring, H.: Die Schrägstellung der Westdeutschen Großscholle im Känozoikum in ihren tektonischen und vulkanischen Auswirkungen. — Jb. preuß. geol. L. A., 74, S. 486—558, Berlin 1926.
- Quitow, H. W.: Die Terrassengliederung im niederrheinischen Tieflande. — Geol. en Mijnb., N. S., 18, S. 357—373, 1956.
- Quitow, H. W. & Zonneveld, J. I. S.: Vorläufiges Ergebnis der Terrassenuntersuchungen im Maas- und Niederrheingebiet. — Geol. en Mijnb., N. S., 18, S. 428, 1956.
- Richter, K.: Morphometrische Gliederung von Terrassenschottern. — Eiszeitalter und Gegenwart, 2, S. 120—127, Öhringen 1952.
- Sindowski, K. H.: Über Verwitterbarkeit der Schwermineralien. — Z. deutsch. geol. Ges., 90, S. 626—634, Berlin 1938.
 — Grundsätzliches zur Schwermineralanalyse der diluvialen Rheinterrassen und Lösses des Mittel- und Niederrheingebiets. — Z. deutsch. geol. Ges., 92, S. 477—499, Berlin 1940.
- Steeger, A.: Das glaziale Diluvium des Niederrheinischen Tieflandes I—VII. — Ber. Vers. niederrhein. geol. Ver. für 1923, in: Sber. naturh. Ver. Rheinl. u. Westf., 1923, C, S. 1—46, Bonn 1925.

- Landschaftsformen am linken Niederrhein. — *Natur am Niederrhein*, 1, S. 1—12, Krefeld 1925.
- Das Nettetal am linken Niederrhein und der Viersener Horst. — *Bl. f. Naturd. u. naturw. Erf. d. Niederrh.*, 4, S. 1—16, Krefeld 1928.
- 100 Jahre Eiszeitforschung am Niederrhein. — *D. Niederrhein* 19, S. 57—63, Krefeld 1952.
- Straa ten, L. M. J. U.: Grindonderzoek in Zuid-Limburg. — *Med. Geol. Sticht.*, Ser. C, VI, No 2, Maastricht 1946.
- Weyl, R.: Zur Ausdeutbarkeit der Schwermineralvergesellschaftungen. — *Erdöl u. Kohle*, 2, S. 221 bis 224, Hamburg 1949.
- Schwermineralverwitterung und ihr Einfluß auf die Mineralführung klastischer Sedimente. — *Erdöl u. Kohle*, 3, S. 209—211, Hamburg 1950.
- Zur Frage der Schwermineralverwitterung in Sedimenten. I. Erscheinungsbild und Vorkommen. — *Erdöl u. Kohle*, 5, S. 29—33, Hamburg 1952.
- Woldstedt, P.: Probleme der Terrassenbildung. — *Eiszeitalter und Gegenwart*, 2, S. 36—44, Öhringen 1952.
- Die Stellung des Niederrheingebiets im Rahmen des europäischen Quartärs. — *Der Niederrhein*, 19, S. 55—56, Krefeld 1952.
- Wolters, R.: Sandig-kiesige Flußablagerungen am Niederrhein, glaziale oder interglaziale Bildungen? — *Geol. en Mijnb.*, N. S., 18, S. 386—389, 1956.
- Wunstorff, W. & Fliegel, G.: Die Geologie des Niederrheinischen Tieflandes. — *Abh. preuß. geol. L. A.*, N. F. 67, Berlin 1910.
- Zeuner, F. E.: Die Schotteranalyse. Ein Verfahren zur Untersuchung der Genese von Flußschottern. — *Geol. Rdsch.*, 24, S. 65—104, Stuttgart 1933.
- Zonneveld, J. I. S.: Het Kwartair van het Peel-Gebied en de naaste omgeving. — *Med. Geol. Sticht.*, Ser. C, VI, No 3, Maastricht 1947.
- The use of heavy minerals for stratigraphic purposes. — *Actes IV. Congr. Assoc. Int. Ét. Quat.*, S. 268—277, Rom 1956.
- Schwermineralgesellschaften in niederrheinischen Terrassensedimenten. — *Geol. en-Mijnb. N. S.*, 18, S. 395—401, 1956 — [1956a].
- Das Quartär der südöstlichen Niederlande. — *Ebenda*, S. 379—385, 1956 — [1956b].

Anschrift des Verfassers: Dr. rer. nat. Willi Monreal, (22b) Bendorf, Eisenbahnstr. 21.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Decheniana](#)

Jahr/Year: 1958

Band/Volume: [111](#)

Autor(en)/Author(s): Monreal Willi

Artikel/Article: [Schwermineral- und Gerölluntersuchungen in den Flußterrassen östlich und westlich des Viersener Höhenzuges am linken Niederrheingebiet 103-139](#)