

Beitrag zur Kenntnis der Stratigraphie und Klimatologie des Quartärs im Tschadbecken (Französisch-Aequatorialafrika)

Von Herbert Franz *)

Mit 1 Tafel und 1 Textfigur

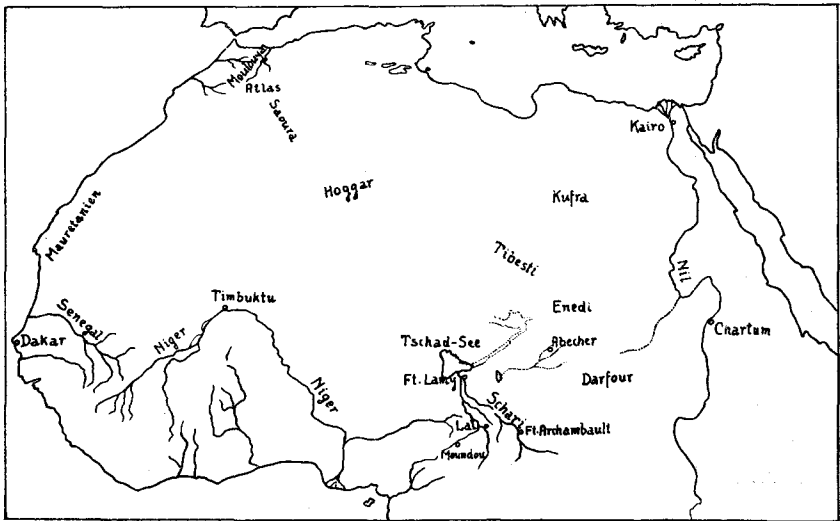
1. Einleitung

Während sich die Quartärforschung in früherer Zeit auf die eiszeitlich vergletscherten Gebiete und die periglazialen Räume konzentriert hatte, riefen in den letzten Jahrzehnten auch die Quartärablagerungen in größerer Entfernung von den Vereisungszentren mehr und mehr das Interesse der Fachwelt wach. Im Zuge dieser Entwicklung erfuhr zunächst das Studium der pleistozänen Ablagerungen im Mediterrangebiet, in letzter Zeit aber auch bereits das Quartär im Bereiche der Sahara und der südlich davon gelegenen Teile Afrikas eine immer intensivere Bearbeitung. Eines der Hauptergebnisse, die dabei gewonnen wurden, ist der Nachweis großer und wiederholter Klimaschwankungen in allen untersuchten Gebieten. Die Spuren dieser Klimaschwankungen treten in den quartären Oberflächenformen, Sedimenten und Bodenfolgen überall, selbst im äquatorialen Bereich unzweifelhaft in Erscheinung. Im Mediterrangebiet und in den südlich daran anschließenden Teilen Afrikas finden sich allenthalben untrügliche Spuren eines Wechsels zwischen feuchten und extrem trockenen Klimaperioden, die mindestens teilweise dem Wechsel von Kalt- und Warmzeiten in Nord- und Mitteleuropa entsprechen.

Das Tschadbecken bildet, im Süden der Sahara gelegen, ein Übergangsbereich zwischen dem Wüstengürtel und den feuchten Tropen. Es besitzt deshalb für das Studium des Klimawechsels in der jüngsten geologischen Vergangenheit ein besonderes Interesse. Bis vor kurzem war die Erforschung der Sedimente und Böden, ja selbst die topographische Aufnahme dieses Raumes noch nicht genügend weit fortgeschritten, um dort eine zusammenfassende Untersuchung der quartärgeologischen Verhältnisse möglich zu machen. In der jüngsten Vergangenheit sind jedoch vom

*) Anschrift: Prof. Dr. Herbert Franz, Institut für Geologie und Bodenkunde an der Hochschule für Bodenkultur, Wien 18, Gregor-Mendel-Straße 33.

geologischen und geographischen Dienst der französischen Verwaltung und ebenso von der ORSTOM (Office pour la recherche scientifique et technique outre mer) große Anstrengungen zur Erforschung und Erschließung des Landes unternommen worden. Die diesbezüglichen Veröffentlichungen und die Auskünfte, die ich von den zur Zeit meiner Reise im Tschadgebiet tätigen französischen Forschern erhalten habe, lieferten mir wertvolle Anhaltspunkte für die Erfassung der Zusammenhänge, über die im folgenden berichtet wird.



Übersichtskarte von Nordafrika

Die Möglichkeit, im Tschadgebiet wissenschaftlich zu arbeiten, verdanke ich einer Einladung der ORSTOM, die auf die Initiative von Herrn Prof. J. AUBERT zurückgeht, sowie der finanziellen Unterstützung durch die UNESCO. Die ORSTOM ermöglichte es mir auf Veranlassung von Herrn Prof. Dr. J. AUBERT und mit großzügiger Unterstützung seitens des Direktors der Mission Logone-Tschad in Fort Lamy, Herrn Dr. R. BOUCHARDEAU, eine Reihe wissenschaftlicher Exkursionen, die gerade während meiner Anwesenheit stattfanden, mitzumachen, und so in relativ kurzer Zeit einen großen Teil des Tschadbeckens und seiner Randgebiete kennenzulernen. Herr Direktor BOUCHARDEAU führte mich auch beim Leiter des geologischen Dienstes in Fort Lamy, Herrn Geologen J. BARBEAU, ein, bei dem ich ebenso wie bei den Herren der ORSTOM jede mögliche Hilfe für die Durchführung meiner Forschungsvorhaben fand. Schon zwei Tage nach meiner Ankunft in Fort Lamy konnte ich mich an einer Dienstreise beteiligen, welche die Herren J. TIXIER, Hydrologe, und E. GUICHARD, Pedologe bei der ORSTOM, nach Abécher im Oudaï unternahmen. Dort traf ich mit Herrn Geologen J. ABADIE zusammen, der auf einer eigens zu diesem Zwecke anberaumten Exkursion mit mir

über Arada nach Norden in die unbewohnte Grassavanne fuhr. Nach meiner Rückkehr von dort nach Abécher ermöglichten mir die Herren TIXIER und GUICHARD Geländestudien in der Umgebung dieser Stadt und fuhren schließlich mit mir auf einer vom Anreiseweg verschiedenen Route nach Fort Lamy zurück. In der Folge sorgte Herr Direktor BOUCHARDEAU dafür, daß ich mit dem Entomologen, Herrn LORENT, von Fort Lamy nach Bol am Nordufer des Tschadsees reisen konnte, wo ich die Gastfreundschaft der Herren LEFEVRE, Hydrologe im Dienste der ORSTOM, und O. GROSS, Stellvertreter des Chef du District, genoß. Schließlich konnte ich Herrn J. GUICHARD auf einer Dienstreise von Fort Lamy nach Laï im Süden des Tschadbeckens begleiten und von dort aus den Raum östlich Laï sowie südlich davon bis Koro und bis Moundou kennenlernen.

Bei allen Genannten und noch bei vielen anderen französischen Kollegen fand ich nicht bloß großzügigste Unterstützung meiner Arbeiten, sondern darüber hinaus wärmste persönliche Aufnahme, beides Voraussetzungen, ohne die eine erfolgreiche Forschungstätigkeit in diesem Gebiet völlig ausgeschlossen wäre. Es ist mir daher ein Bedürfnis, allen Genannten auch an dieser Stelle herzlichst zu danken.

Für die Klärung der quartärgeologischen Fragen gestaltete sich die Zusammenarbeit mit Herrn ABADIE, mit dem gemeinsam es gelang, auf der von Abécher über Arada nach Norden geführten Exkursion die Grundlinien der Quartärstratigraphie dieses Raumes zu erarbeiten, besonders fruchtbar. Ein vorläufiger Bericht über die Ergebnisse unserer quartärgeologischen Untersuchungen ist von uns gemeinsam erstattet worden und befindet sich im Druck (H. FRANZ u. J. ABADIE, 1959). Die vorliegende Arbeit beinhaltet eine ausführlichere Darstellung der in dieser ersten Mitteilung veröffentlichten Beobachtungen, ergänzt durch die Ergebnisse der Untersuchung einzelner mitgebrachten Proben von Böden und Sedimenten.

Mein Aufenthalt im Tschadgebiet erstreckte sich auf die Monate März und April 1957. Während dieser Zeit wurden im LKW auf drei Exkursionen folgende Routen befahren:

Exkursion I: Ft. Lamy—Massaguet—Ati—Oum-Hadjer—Abécher—Biltine—Arada—Oued Kharma—Arada—Abécher (hier mehrere Tage Geländearbeit in der Umgebung des Mont Kelinguen, bei Facha und Aga Dondi) — weiter von Abécher zurück nach Ft. Lamy über Am Dam—Mangalmé—Mongo—Bokoro—Ngoura und Massaguet.

Exkursion II: Ft. Lamy—Masaguet—Massakory (mit Abstecher nach Ndigororom) —Ngouri—Ira—Bol (von Bol Exkursionen nach Ira und in die Mare um diesen Ort, ferner mit Motorboot zur Insel Iba im Tschadsee) — Rückfahrt von Bol zurück nach Ft. Lamy über Ira—Ngouri und Massakory.

Exkursion III: Ft. Lamy—Bongor—Laï—Deressia (von hier aus mehrere Tage Kartierungsexkursionen) —Laï—Koro—Laï—Moundou. Von da Rückflug über Ft. Archambault nach Ft. Lamy. Die Exkursionsrouten sind in Karte 2 eingetragen.

2. Topographische, geologische und klimatische Verhältnisse des Gebietes.

Das bereiste Gebiet bildet einen Teil von Französisch-Äquatorialafrika, der befahrene Raum liegt zwischen 8,5 und 16° n. Breite sowie 14 und 21° ö. Länge. Er erstreckt sich von der Nordgrenze der tropischen Galeriewälder bei Moundou bis in den Bereich der baumlosen Grassavanne am Südrande der Sahara. Die Vegetationszonierung ist die Folge des gegen Norden immer trockener werdenden Klimas. Dieses ist durch eine in den europäischen Sommer fallende Regenzeit, die im Süden von Mai bis September, im Norden aber nur über die Monate Juli—August andauert, und eine den übrigen Teil des Jahres umfassende Trockenzeit gekennzeichnet. Auch die nördlichsten von mir bereisten Gebiete liegen noch im Bereich der Grassavanne, d. h. in einem Raume, in dem klimamorphologisch die Wirkung des Wassers diejenige des Windes auch gegenwärtig noch bedeutend übertrifft.

Hydrographisch ist das Tschadgebiet ein abflußloses Becken, in dessen Innerem sich zwei Seen befinden, der Tschadsee und der Lac Fitri. Der Tschadsee wird vom Schari gespeist, einem das ganze Jahr über Wasser führenden Fluß, der bei Ft. Lamy den Logone aufnimmt, der ebenfalls ständig fließt. Dem Lac Fitri wird nur während einiger Monate des Jahres Wasser zugeführt, einer seiner wichtigsten Zuflüsse ist der Batha. Die Flächen des Tschadsees und des Lac Fitri nehmen nicht die tiefsten Punkte des Beckens ein, dieses fällt vielmehr nach NE gegen das Gebiet des Padelanga und Egueï weiter ab, so daß der Tschadsee noch in junger Vergangenheit einen Abfluß in dieser Richtung hatte, den Bahr el Ghazal, der auch heute noch als Trockental scharf in der Landschaft hervortritt. Das Tschadbecken ist von Nordwesten, Nordosten, Osten und Süden von Gebirgen eingefaßt. Im NW erhebt sich das Hoggargebirge bis 2900 m, im NE der Tibesti bis 3400 m und der Ennedi bis 1250 m, im Osten erreicht das sudanesishe Bergland im Djebel Marra 3088 m, im Südosten liegt das Geregebirge, im Süden das Bergland des Gebietes von Ubangi-Schari und im Südosten das Bergland von Nordkamerun. Nur im Westen schließt an das Tschadgebiet eine weitere ausgedehnte Beckenlandschaft an, die des Niger, der erst in der jüngsten Vergangenheit einen Abfluß zum Meere erhalten hat.

Der geologische Untergrund des Tschadbeckens wird von Altkristallin gebildet. Dasselbe ist nach J. BARBEAU (1956) im Bereiche des Blattes Fort Lamy der geologischen Karte 1 : 1.000.000 von zwei Bruchsystemen durchzogen, die in Richtung NNE—SSW bzw. ENE—WSW verlaufen. An diesen Brüchen sind jüngere Eruptivgesteine emporgedrungen, in der Mehr-

zahl Rhyolite, vereinzelt aber auch Basalte, Phonolite und Trachyte. Das Altkristallin wird fast überall unmittelbar von tertiären bzw. quartären kontinentalen Sedimenten überlagert, nur in NE ist Paläozoikum, vor allem fossilführendes Karbon, in geringer Ausdehnung nachgewiesen (J. ABADIE, mündlich). Die geologische Karte von Französisch-Äquatorialafrika im Maßstabe 1 : 2,000.000 von G. GÉRARD verzeichnet an der Grenze des Tschadgebietes gegen Nordkamerun kretazische und eozäne Sedimente, im ganzen übrigen Teil des Tschadbeckens sind bisher keine mesozoischen und alttertiären Sedimente gefunden worden.

Die kontinentale jungtertiäre und quartäre Beckenfüllung besitzt eine stark wechselnde Mächtigkeit. In den Randgebieten bildet sie vielfach nur eine dünne Decke, aus der das Kristallin an vielen Stellen in Form von Inselbergen hervorragt. Im Beckeninneren erreichen die jungen Sedimente stellenweise eine Gesamtmächtigkeit von über 400 m. Durch zahlreiche Bohrungen, die vom Service des Mines et de la Géologie auf der Suche nach nutzbarem Grundwasser durchgeführt wurden, hat sich die Kenntnis der Beckenfüllung in den letzten Jahren stark erweitert. Das Tertiär ist fast überall von quartären Ablagerungen überdeckt, auf der geologischen Karte von Ft. Lamy 1 : 1,000.000 ist es nur im äußersten Nordosten, im Egueï und Padelanga als anstehend eingetragen. Dort liegen nach J. BARBEAU (1956) an seiner Basis sandig-tonige Kalke, darüber dichte, grüne Tone und tonige Sande, Flugsand, braunvioletter Sandstein und schließlich weißer mergeliger Kalk. Über diesem folgt Diatomit, der auf Grund seines Fossilgehaltes bereits dem Altquartär zugezählt wird.

Das Quartär wird teils durch fluviatile, teils durch limnische Sedimente repräsentiert, äolische Ablagerungen besitzen nach meinen Beobachtungen eine sehr viel geringere Verbreitung, als auf Grund der vorliegenden Kartenunterlagen angenommen werden müßte. Wo ich Dünen fand, stellen sie nur eine oberflächliche Zusammenwehung sekundär wieder beweglich gewordener fluviatiler oder limnischer Sande dar. Es wird hierauf bei Besprechung der quartären Ablagerungen mehrfach zurückzukommen sein.

Die fluviatilen Ablagerungen haben den Charakter großflächiger Aufschüttungen, was am Ostrande des Tschadbeckens, im Ouadaï, besonders deutlich in Erscheinung tritt. Hier wurzeln die quartären Schuttfächer am W-Fuß des kristallinen Gebirges, welches den Grenzraum zwischen Tschadbecken und Sudan einnimmt und fallen ganz flach, für den Beschauer unmerklich, gegen das Beckeninnere ab. In diesem gehen die fluviatilen Ablagerungen in limnische über, die Grenze zwischen beiden muß in dem von mir nicht besuchten Raume östlich des Bahr el Ghazal

liegen. Es sind deutlich mehrere fluviatile Niveaus unterscheidbar, die sich, wie ich feststellen konnte, weithin verfolgen lassen.

3. Die quartären Ablagerungen in Ouadaï

Fährt man auf der Straße von Abécher nordwärts nach Biltine und Arada, so gewinnt man einen ausgezeichneten Einblick in die Quartärstratigraphie dieses Raumes. Man erkennt unschwer, daß in diesem eine Mehrzahl fluviatiler Aufschüttungsniveaus vorhanden ist, die entlang der Flüsse ein System von Terrassen bilden.

Die Straße von Abécher nach Biltine überquert, nachdem sie die das Becken von Abécher im Norden begrenzende Bergkette überstiegen hat, eine beträchtliche Zahl in Ost-Westrichtung verlaufender Wadis. Es sind sehr wenig eingeschnittene Trockentäler, deren Verlauf weniger durch das Relief als durch den in ihrem Bereiche dichteren Baumwuchs markiert wird. Der Boden dieser Täler ist von einem graubraunen Sediment bedeckt, das nach den Munsel soil color charts die Farbe 10 YR 4/2—4/3 hat. Die obersten 60—100 cm dieser Sedimentdecke sind feinkörnig, sie entsprechen einem sandigen Lehm oder lehmigen Sand, der weder Steine noch Grobsand enthält. In größerer Tiefe wird der Sand grobkörnig und schließlich zu ausgesprochenem Grobsand. Die rezenten Flußbetten sind in diese Sedimentdecke, die wir (vgl. FRANZ und ABADIE 1959) *Fluviatil IV* nennen, ungefähr 1 m tief eingeschnitten. Sie weisen steile, vielfach senkrechte Uferwände auf und ihr Boden ist von grobem hellfärbigem Sand und Grus bedeckt, der in seiner Beschaffenheit stark von dem graubraunen Sediment der Umgebung absticht. Dies läßt erkennen, daß die Ablagerung des graubraunen Sedimentes der Vergangenheit angehört und daß die rezenten Gerinne im Begriffe stehen in das von ihm gebildete Niveau einzuschneiden. Zwischen den oft recht breiten, vom *Fluviatil IV* gebildeten Talböden der Wadis bildet das Gelände ein um 100—200 cm höheres Niveau. Dasselbe ist von Material bedeckt, das von dem graubraunen Sediment deutlich verschieden ist. Es handelt sich um Sande bzw. anlehmige Sande, die graurosa gefärbt sind, entsprechend dem Farbwert 10 YR 6/3—6/4 der Munsel-Farbtafeln. Diese Sande enthalten zum Teil recht grobe Quarzkörner, die teils eckig, teils gerundet und häufig gebräunt sind. An der Oberfläche des Sedimentes liegen vielerorts Quarzschotter, die mehr oder weniger stark abgerollt sind und zum Teil eine braune bis braunviolette Farbe aufweisen. Das grobklastische, stark abgerollte Material bezeugt einen langen Transport durch fließendes Wasser. In Gesellschaft der Quarzschotter findet man zu Kies abgerundetes, aus erosiv zerstörten Ortsteinschichten stammendes lateritisches Material,

die Franzosen nennen die abgerollten Lateritbruchstücke „Grenailles lateritiques“.

Der Kontakt zwischen dem Fluviatil IV und den Sedimenten des oben beschriebenen höheren Niveaus läßt erkennen, daß dieses älter sein muß und vor Ablagerung des Fluviatil IV im Bereiche der rezenten Wadis einer Ausräumung unterlegen ist. Wir haben die Sedimente des höheren Niveaus Fluviatil III genannt. Dasselbe bildet eine Art Niederterrasse, die am Westfuß des sudanesischen Grenzgebirges ansetzt und im anschließenden Ostteil des Tschadbeckens große Flächen einnimmt. Die Stadt Biltine liegt auf diesem Niveau, dessen Oberfläche sehr oft eine „Naga“ bildet, was in arabischer Sprache so viel bedeutet, wie ein unfruchtbarer Boden, der nur von dürftiger Vegetation bedeckt ist.

30 km NNW Biltine überquert die Straße nach Arada ein Gelände, welches sich wesentlich über das Niveau des Fluviatil III erhebt und den Namen „Dünen von Am Gafal“ trägt. Die Ränder dieses Niveaus sind von lockerem Sand bedeckt; derselbe ist stark abgerollt und hell gefärbt. Im Inneren der „Dünen von Am Gafal“ kann man erkennen, daß hier Reste eines noch höheren Niveaus vorliegen. Seine Oberfläche liegt etwa um 10 m höher als die des Fluviatil III, das Sedimentmaterial muß gleichfalls fluviatilen Ursprungs sein, da man darin große scharfkantige Bruchstücke von Quarzschottern findet *) und überdies vielfach eine deutliche Schichtung erkennen kann. Es handelt sich demnach um ein weiteres Terrassenniveau, das älter sein muß als das vom Fluviatil III gebildete, denn es ist vor der Ablagerung des Fluviatil III weithin ausgeräumt worden. Heute fällt es mit steilen Erosionsrändern gegen das Fluviatil III, stellenweise auch unmittelbar gegen das Niveau des Fluviatil IV, ab. Wo dies der Fall ist, fällt auf, daß die steilen Erosionsränder mehr oder weniger stark zerdellt sind und die Dellen teilweise in die Luft austreichen. Das bezeugt, daß sie gebildet worden sind, bevor die Ausräumung des Sedimentmaterials bis auf das Niveau des Fluviatil IV erfolgt war. Wir haben die Ablagerungen dieses im nördlichen Ouadaï höchstens fluviatilen Terrassenniveaus Fluviatil II genannt. Dasselbe besteht aus sehr wenig Ton enthaltenden Sanden, die aber trotzdem wesentlich röter gefärbt sind als die Sedimente des Fluviatil III. Die Farbe entspricht 5 YR 4/4—7,5 YR 4/4 der Munsell-Farbtafeln.

Arada liegt in einem Wadi mit graubraunem Sediment, das dem Fluviatil IV entspricht. Unmittelbar nördlich Arada liegen die „Dünen von Abousenep“. Dieselben bestehen an ihrem Südrande aus sehr lockerem

*) Das Vorhandensein scharfkantig zerbrochener Quarzschotter ist für das Fluviatil II sehr charakteristisch, wie es zu dem Zerfall der Schotter in diese Bruchstücke kam, ist ungeklärt.

und sehr hellem Sand, der zweifellos rezent zusammengeweht worden ist. Im inneren dieser „Dünen“ treten jedoch rote (Farbe 5 YR 4/4—7,5 YR 4/4), stärker verfestigte Sande auf, die denen der „Dünen“ vom Am Gafal völlig gleichen. Auch hier findet man Bruchstücke von Quarzschothern und auch hier läßt sich deutliche Schichtung beobachten. Es kann demnach kein Zweifel darüber bestehen, daß auch die „Dünen“ von Abousenep nur ein von der Ausräumung verschonter Rest des Fluviatil II sind, von dessen Oberfläche später Sand abgeweht und im Windschatten der vorherrschenden NW-Winde an dem gegen Arada gerichteten Südhang angehäuft worden sind. Die Oberfläche der Dünen von Abousenep läßt klar erkennen, daß ein jetzt stark erosiv zerschnittenes, ehemals aber ebenes Niveau vorliegt, dessen Höhe dem der „Dünen von Am Gafal“ entspricht. Die Sande des Fluviatil II reichen zusammenhängend von Arada nordwärts bis zum Wadi Fama, dessen Boden von braunen Ablagerungen des Fluviatil IV bedeckt ist.

Am Erosionsrand des Fluviatil II gegen das Wadi Fama treten an vielen Stellen unter den Sanden lateritische Ortsteinschichten zutage. An der östlichsten Stelle, wo wir auf sie stießen, war ihr Liegendes nicht aufgeschlossen. Weiter westlich fanden wir darunter Sandsteine, die J. ABADIE als dieselben erkannte, in denen er in einem nicht sehr weit nordöstlich gelegenen Aufschluß Reste karbonischer Pflanzen gefunden hatte.

Von dem Kontakt des Lateritpanzers mit dem Sandstein wurde folgendes Profil aufgenommen:

4. Lateritischer Eisenanreicherungshorizont („cuirasse laterique“), löcherig,
2. Weißliche Zone von 20—30 cm Mächtigkeit, mürber Sandstein.
3. Rote Zone, kompakt und sehr hart, enthält reichlich durchsichtige Quarzkörner 20—30 cm mächtig.
4. Lateritischer Eisenanreicherungshorizont („cuirasse laterique“), löcherig, von auffällig hohem Raumgewicht. Mächtigkeit wechselnd, mehr oder weniger weitgehend, stellenweise zur Gänze abgetragen.
5. Sand des Fluviatil II.

Es ist offensichtlich, daß der Sandstein intensiver Verwitterung unterlag, wobei sich die Horizonte 2 und 3 gebildet haben, daß ferner im Zuge autochthoner Bodenbildungsvorgänge ein Lateritpanzer entstand, wobei über diesem noch weitere, heute abgetragene Bodenhorizonte vorhanden gewesen sein müssen. Diese höheren Horizonte müssen der Abtragung unterlegen sein bevor das Sediment des Fluviatil II auf den denudierten Lateritpanzer abgelagert wurde.

Das beschriebene Profil entspricht vollkommen den Verhältnissen, von denen ERHART, PIAS und LENEUF (1954, p. 27) aus dem Süden des Tschad-

gebietes berichten. Dort liegt wie hier eine Verwitterungszone anstehenden Gesteins vor, auf der sich eine lateritische Ortssteinschicht gebildet hat. Diese ist der Rest einer ehemaligen Bodendecke, die unter feucht-tropischen Klimabedingungen gebildet wurde und vor der Ablagerung der darüber folgenden Sedimente der Abtragung zum Opfer gefallen war. Es wird später über gleichartige Befunde aus dem Raume von Abécher, Mangalmé und Koro zu Berichten sein.

Zwischen dem Wadi Fama und dem parallel dazu weiter im N verlaufenden Wadi Kharma liegt eine große ebene Naga mit sehr dürrtiger Vegetation. Es ist eine Aufschüttungsfläche, die aus Sedimenten des Fluvial III besteht.

Das Wadi Kharma im Norden dieser Ebene mit dürrtiger halbwüstenartiger Vegetation weist dichten Baumwuchs auf, bedingt durch das Vorhandensein eines entlang des Tales in geringer Tiefe verlaufenden Grundwasserstromes. Aus diesem entnehmen arabische Nomaden an vielen Stellen in offenen, auch während der Trockenheit nicht versiegenden Brunnen Wasser. Es ist das am weitesten nach N vorgeschobene Wadi, in dem Nomaden mit ihren Herden die Trockenzeit zu verbringen vermögen. Die im Wadi Kharma abgelagerten Sedimente sind braun, sie gehören dem Fluvial IV an. Sie sind am Rande des das Tal markierenden Waldstreifens weithin von lockerem, weißlichem Sand bedeckt, der in der jüngsten Vergangenheit von den offenen Savannenflächen her auf das Fluvial IV aufgeweht worden ist.

Auf seiner Nordseite wird das Wadi Kharma weithin von einem steilen, stark zerdellten Erosionsrand begleitet, an dem das um etwa 10m höher gelegene, im Norden angrenzende Gelände zum Talboden abfällt. Die Hänge sind mehr oder weniger stark von Flugsand überdeckt, der hier im Windschatten der NW-Winde zusammengeweht worden ist. Hat man diesen Wagram erstiegen, so befindet man sich auf der Höhe eines alten Terrassenniveaus, das den größten Teil des Raumes zwischen dem Wadi Kharma und dem weiter nördlich parallel zu ihm verlaufenden Wadi Oum Chalouba einnimmt. Dieses Niveau wird von denselben rötlichen Sanden gebildet, die wir von den Dünen von Am Gafal und den Dünen von Abcusenep kennen. Es sind die Sande des Fluvial II, in denen auch hier allenthalben eckige Bruchstücke von Quarzschottern und abgerollte Trümmer von lateritischen Ortsteinen auftreten. Auf der ausgedehnten Terrassenfläche, die in ihrem Inneren nur sehr wenig zerdellt ist, finden sich allenthalben flache Mulden, die während der Regenzeit mit Wasser gefüllt werden. Auf ihrem Grunde ist vielfach toniges Material zusammengeschwemmt, das beim Austrocknen schrumpft und bewirkt, daß der Boden der Mulden polygonal angeordnete Schwundrisse aufweist. Häufig

finden sich in den Mulden massenhaft „Grenailles lateritiques“ und neben diesen auch verästelte Kalkkonkretionen, die sich in den oberen Sand-schichten gebildet haben und aus ihnen ausgeschwemmt worden sind. In einer der Mulden haben wir einen Lateritpanzer von großer Ausdehnung angetroffen, unter dem sich eine anscheinend ziemlich mächtige Schicht von Quarzschottern von 2—3 cm Durchmesser fand. Diese Beobachtung läßt erkennen, daß das Fluvial II gelegentlich eine grobklastische Beschaffenheit annehmen kann.

Am Grunde mancher Regenwassermulden treten schildartige Gebilde auf, die aus verschieden stark verfestigtem, von gangartigen Hohlräumen durchsetztem Material bestehen. Diese Schilde sind annähernd kreisrund, besitzen einen Durchmesser von 4—5 m und eine Mächtigkeit von 20 bis 40 cm. Sie bestehen in der Mehrzahl aus einem grau bis weiß gefärbten, wenig verhärteten Material, sind aber an ihrer Oberfläche oft auch braun und dann bisweilen sehr hart, was durch Eisenanreicherung hervorgerufen ist. J. ABADIE, dem diese Schilde auf früheren Exkursionen aufgefallen waren, hat mich auf sie aufmerksam gemacht und die Vermutung ausgesprochen, daß es sich dabei um Reste von Termitennestern handle. Solche Termitenschilde „Cuirasses termitiques“ hat schon H. ERHART (1951, 1953) beschrieben. Die genaue Untersuchung an Ort und Stelle ergab, daß man häufig noch Reste der ehemaligen Termitengalerien findet und somit kein Zweifel bestehen kann, daß es sich tatsächlich um fossile Termitennester handelt. Dieselben müssen einerseits nach der Sedimentation des Fluvial II und andererseits vor der Gegenwart gebildet worden sein, da man heute auf dem Terrassenniveau zwischen Wadi Kharma und Wadi Oum Chalouba überhaupt keine, im Wadi Kharma aber nur viel kleinere Termitennester mit einem Durchmesser von 50 bis maximal 100 cm antrifft. Rezente Termitennester von so großem Durchmesser, wie ihn die fossilen Cuirasses termitiques aufweisen, fand ich im Tschadgebiet nur viel weiter im Süden, nämlich 140 km südlich von Fort Lamy an der nach Bongor führenden Straße. Die heutige Nordgrenze so großer Termitennester liegt damit etwa 500 km südlich des Wadi Kharma. Die großen rezenten Termitenhügel finden sich in einem ziemlich dicht bewaldeten Gelände, das während der Regenzeit vorübergehend überschwemmt wird, während der Raum zwischen Wadi Kharma und Wadi Chalouba heute baumlose Savanne ist. Nach mündlicher Mitteilung von J. ABADIE finden sich fossile Termitennester gleicher Beschaffenheit wie die beschriebenen in einem Gebiete, das sich von der besuchten Savanne nördlich des Wadi Kharma etwa 150 km gegen Osten und 60 km gegen Südosten erstreckt. Neben den eben beschriebenen großen Termitenschildern, findet man gelegentlich auch solche mit geringerem Durchmesser. Die kleineren sind

uns auch schon im Bereiche des Fluvial III südlich des Wadi Kharma begegnet, sie bestehen aus einer grauweißen, wenig verfestigten Masse, und sind zweifellos viel jünger als die großen, stärker verhärteten. Die großen fossilen Termitenschilder sind eindrucksvolle Zeugen einer feuchteren Klimaperiode der Vergangenheit.

Obwohl im Bereiche der Grassavanne nördlich von Arada infolge der geringen Niederschläge und dürrtigen Vegetationsdecke die bodenbildenden Prozesse sehr gedrosselt sind, haben die obersten Sedimentschichten doch eine Umwandlung in Bodenhorizonte erfahren. Dies ist am deutlichsten dort zu beobachten, wo das Fluvial II noch größere ebene Flächen bildet. Im Raum zwischen Wadi Kharma und Wadi Oum Chalouba wurde auf einer ebenen Fläche das folgende Profil aufgenommen:

- 0—20 cm Lockerer Sand, nicht geschichtet, leicht gerötet, vom Winde verlagert.
- 20—60 cm Auswaschungshorizont, Sand z. T. auffällig grob (einzelne Quarzkörner erreichen einen Durchmesser von 2—3 mm), die Mehrzahl der Körner gut gerundet, der Sand leicht verfestigt, gut geschichtet, die Farbe verhältnismäßig hell (5 YR 5/8—6/8).
- 60—80 (90) cm Einwaschungshorizont, in dem Eisen und Ton angereichert sind, grober toniger Sand, verfestigt, deutlich geschichtet.
- 80 (90) cm und tiefer, weniger tonhaltiger Sand, etwas wenig stark verfestigt und verfärbt als der Einwaschungshorizont, deutlich geschichtet.

Es liegt somit ein Sol lessivé vor, der infolge des trockenen Klimas und der geringen Vegetationsbedeckung so gut wie humusfrei ist.

In den Mulden ist nicht bloß die lockere oberste Sandschichte, sondern auch der Auswaschungshorizont größtenteils erosiv entfernt und es liegt weithin der Anreicherungshorizont, häufig an seiner Oberfläche von polygonalen Sprüngen durchzogen, zu Tage. In der Nähe von Abhängen sind in die Terrassenoberfläche schmale Erosionsrinnen eingegraben, die bis zum Illuvialhorizont in die Tiefe reichen können. Dies alles ist dadurch bedingt, daß das Bodenmaterial bis 60 cm Tiefe infolge der Tonauswaschung der Erosion wenig Widerstand entgegengesetzt. Dem ist es auch zu danken, daß sich in der Gegenwart Flugsand bilden kann, der aus den obersten, an Ton verarmten Schichten des Sol lessivé ausgeweht und wohl zumeist nur auf geringe Distanz verlagert wird.

Die Fahrt zurück nach Arada gab Gelegenheit festzustellen, daß das Fluvial II auch südlich des Wadi Lideyé, welches das Wadi Kharma nach Westen fortsetzt, in beträchtlicher Ausdehnung erhalten geblieben ist. Weiterhin findet es sich im Norden der Dünen von Abousenep in Form einzelner räumlich begrenzter Zeugenberge, deren Hänge größtenteils mit

rezentem Flugsand überdeckt sind. J. ABADIE (briefliche Mitteilung) hat es bei späteren Exkursionen im Raume westlich Arada und Biltine noch an zahlreichen weiteren Stellen nachweisen können, so vor allem in großer Ausdehnung zu beiden Seiten des breiten Tales des Wadi Haddad bis zum Becken von Haddad und weiter im Süden bis zur Straße Abécher — Oum Hadjer — Ati. Es ergibt sich hieraus, daß das Fluviatil II bei seiner Sedimentation eine sehr ausgedehnte, zusammenhängende Fläche im Westen der sudanesischen Grenzberge überschüttet haben muß. Es wurde im Zuge späterer Ausräumungsphasen vielfach zertalt und weithin ganz abgetragen. Den erhaltengebliebenen Resten ist die Höhe des alten Aufschüttungsniveaus rund 10 m über die jungen Talböden, die starke Zerdellung und die im Verhältnis zu den jüngeren Sedimenten intensive, rote Färbung gemeinsam.

Auch das Fluviatil III ist von J. ABADIE nach brieflicher Mitteilung auf späteren Exkursionen an vielen Stellen wiedergefunden worden, so zu beiden Seiten der „Dünen von Am Gafal“ und im Süden des Wadi Enne, wo es ausgedehnte vegetationslose, reich mit gefärbten Schottern überstreute Nagas bildet. In gleicher Weise hat es ABADIE entlang der Täler des Wadi Haddad, des fossilen Tales des Wadi Enne, des Wadi Almé, des Wadi Rimé und Wadi el Oudei angetroffen. Es bildet überall ebene Flächen, die um so weniger von Schotter und Grenailles lateritiques überstreut sind, je weiter man sich vom Gebirge entfernt.

Ich selbst habe das Fluviatil II auf der Rückfahrt von Arada nach Abécher an der Straße im Grenzbereich der Distrikte Biltine und Abécher wiedergefunden und ebenso im Becken von Abécher selbst. In diesem liegen besondere Verhältnisse vor, die kurz beschrieben werden müssen.

Das Becken von Abécher ist von allen Seiten von Kristallinbergen umrahmt, seine Entwässerung erfolgt durch mehrere Wadis nach Westen bzw. Südwesten. Der Grund des Beckens ist größtenteils von graubraunen Sedimenten des Fluviatil IV und nach ABADIE vielleicht auch noch jüngeren Ablagerungen erfüllt. Dieselben scheinen nach einer Reihe von Brunnengrabungen insgesamt nicht viel mehr als 20 m Mächtigkeit zu erreichen. Darunter stößt man auf das Kristallin, in der Hauptsache Granit, der bis zu beträchtlicher Tiefe verwittert ist, stellenweise aber auch in flachen Kuppen aus der Sedimentdecke aufragt. Vor der Ablagerung des Fluviatil IV muß eine intensive Ausräumung stattgefunden haben, der weithin alle Lockersedimente bis zum kristallinen Untergrund zum Opfer gefallen sind.

Obwohl die Wadis auch gegenwärtig nach heftigen Regengüssen immer noch aus den Ufern treten, ist die Sedimentation im großen und ganzen abgeschlossen und es hat eine neue Phase der Ausräumung ein-

gesetzt. Dies ist an den Fluß- und Bachbetten erkennbar, die in das Sediment des Fluviatil IV tief und mit nahezu senkrechten Wänden eingeschnitten sind und deren Boden von grobem, hellem, neben Quarz auch reichlich rosa Kalifeldspat enthaltenem Sand erfüllt ist.

SW und SE des Dorfes Aga-Dondi haben sich im Becken von Abécher Reste eines hohen Terrassenniveaus erhalten, das Dorf selbst liegt auf einem solchen. Es treten dort rote Sande (Farbe 5 YR 5/5 bis 7,5 YR 5/5) auf, die stellenweise leicht verfestigt sind. Weiter nördlich sind tiefere Schichten dieser Sande aufgeschlossen, die eine noch intensivere Farbe besitzen (5 YR 4/4). Das alte Niveau ist oberflächlich stark zertalt, ein einzelner Zeugenberg desselben hat sich auch im Süden des Wadi Chaou erhalten. An den Flanken dieses Zeugenberges fanden sich zahlreiche scharfkantig zerbrochene Quarzschotter, Grenailles lateritiques, Eisenschlacken und Tonscherben. Die Eingeborenen sammeln die Brocken lateritischen Eisenortsteins und schmelzen sie, um daraus Eisenwerkzeuge herzustellen. Das geschieht auf offenem Feuer im Gelände, was die Herkunft der Eisenschlacken erklärt. Weiter nördlich zieht sich ein Terrassenrest bis an den Fuß der ersten Granithügel hin, dort liegen auf seiner Oberfläche mehrfach windgeschliffene Quarzschotter. Alle Merkmale sprechen dafür, daß diese Terrassenreste dem Fluviatil II angehören. Dem Fluviatil III entsprechende Ablagerungen sind in dem von mir begangenen Raum innerhalb des Beckens von Abécher nicht gefunden worden, dagegen steht auf ausgedehnten Flächen das Kristallin unmittelbar an oder ist nur von einer dünnen Decke rein physikalisch verwitterten Schuttes überdeckt.

Stellenweise haben sich auf dem Kristallin Reste einer autochthonen älteren Verwitterungsdecke erhalten. Es sind, abgesehen von aufgemürbtem Kristallin, Reste von Rotlehm, die einerseits in Spalten des Gesteins und andererseits in Mulden kolluvial mit Gesteinsschutt und gelegentlich auch mit vereinzelt Windkantern zusammen geschwemmt erhalten geblieben sind. Die nahezu vollständige Abtragung der Rotlehmdecke bezeugt, daß sie einer sehr intensiven Erosion ausgesetzt war, die wahrscheinlich über längere Zeiträume wirksam gewesen ist. Ich komme auf das Alter dieser Bodenbildung bei Besprechung der in der Umgebung von Mangalmé gemachten Beobachtungen zurück. Die Windkanter liegen stets über den Rotlehmresten, sofern diese nicht in junge Kolluvien umgelagert wurden.

Verläßt man das Becken von Abécher in westsüdwestlicher Richtung auf der nach Oum-Hadjer und Ati führenden Straße, so folgt man auf dieser zunächst dem Wadi Chaou. Dieses durchbricht die Kette der das Becken im Osten begrenzenden Kristallinberge und tritt dann in ein sich

rasch verflachendes Gelände ein. Am Westabfall dieser Gebirgskette haben sich, von ihr gegen Erosion geschützt, Reste älterer fluviatiler Terrassen erhalten. Dieselben finden sich namentlich südlich der Straße und konnten von mir im Raume des Dorfes Facha untersucht werden. Ein oberstes Niveau ist dort nur in kleinen Resten erhalten. Es schließt unmittelbar an den von nacktem Gestein gebildeten Abhang der Gebirgskette an. Die Oberfläche des Niveaus weist zahlreiche flache Dellen, aber auch an den Flanken bis zum Talboden herabziehende Furchen auf. Es ist von zahlreichen, in scharfkantige Bruchstücke zerfallenen hellen Quarzschottern, daneben auch von abgerolltem Lateritortsteinmaterial (Grenailles lateritiques), Eisenschlacken und Tonscherben überstreut. Das Sediment selbst ist grobsandig und nur in der obersten Schicht rot gefärbt, in der Tiefe von einigen Metern wird es orange-gelb (7,5 YR 5/5) und scheint dort keine Quarzschotter mehr zu enthalten. Der rote Boden ist einem Auswaschungsprozeß unterlegen, wo der Illuvialhorizont zutage liegt, ist er leicht verfestigt und zeigt polygonale Sprünge.

Das alte Terrassenniveau fällt zu der im Tale des Wadi Chaou verlaufenden Straße steil ab, die Niveaudifferenz zum Fluß beträgt etwa 20m. Nach Westen schließt an das oberste Niveau ein tieferes an, auf dem das Dorf Facha gelegen ist. Auch dieses zweite Niveau erhebt sich noch 12 bis 15 m über den Flußlauf, es ist in beträchtlicher Ausdehnung am Ostfuß der Kristallinberge erhalten geblieben. Seine Oberfläche ist viel weniger stark zerfurcht als die des höheren Niveaus, die Sedimente sind bedeutend heller gefärbt. Quarzschotter konnten in den an der Oberfläche anstehenden, ziemlich groben Sanden nur sehr vereinzelt angetroffen werden. Die oberste Schicht des Sandes ist deutlich an Ton und Eisen verarmt, es hat eine Auswaschung der kolloidalen Substanzen stattgefunden. Dementsprechend hat sich ein Bodenprofil entwickelt, das folgenden Aufbau hat:

- 0—20 cm grober Sand, locker, zumeist aus gerundeten Quarzkörnern bestehend, Schichtung nicht deutlich erkennbar, Farbe 10 YR 5/3.
- 20—40 cm grober, leicht verfestigter Sand, Farbe 7 1/2 YR 5/4.
- 40—45 cm grober Sand mit geringem Tongehalt, etwas stärker verfestigt als der darüber liegende Horizont, Farbe 5 YR 5/4—7,5 YR 5/4.

Die Straße verläuft dort, wo sie das Gebirge durchquert, auf rotem Sand, dessen intensive Färbung der des obersten Terrassenniveaus entspricht. Sobald sie das Gebirge verläßt, tritt sie in helle Sande über, die beiderseits der Straße ein drittes Niveau bilden, das nur wenig über dem Wadi Chaou liegt. Dabei handelt es sich offenbar bereits um das Fluvial IV, das an der Grenze gegen die höheren Niveaus von hellem,

lockerem Sand mehr oder weniger stark überschüttet ist. Die mittlere Terrasse, auf der sich der Ort Facha befindet, entspricht in seinem Aussehen am ehesten dem Fluviatil III, das hier, wenn die Zuordnung richtig ist, allerdings auffallend hoch aufgeschüttet wurde. Das nur in räumlich sehr begrenzten Resten vorhandene oberste Niveau, müßte nach dieser Parallelisierung dem Fluviatil II zugerechnet werden. Ob diese Deutung richtig ist, bleibt so lange fraglich, als die tieferen Niveaus nicht weiter westwärts gegen Oum Hadjer und auch weiter südwärts verfolgt sind. Dort müßte sich zeigen, ob etwa noch ein weiteres Terrassenniveau vorhanden ist. Mir fehlte zu einer solchen Untersuchung die Zeit.

Auf der Rückfahrt von Abécher über Am Dam—Mangalmé—Mongo und Bokoro nach Fort Lamy, mußte wegen der großen zu bewältigenden Entfernung der größte Teil der Strecke in rascher Fahrt zurückgelegt werden. Es konnte deshalb nur an wenigen Punkten, vor allem an den beiden Übernachtungsorten Mangalmé und Bokoro länger gehalten und das Gelände eingehender untersucht werden. Darüber hinaus wurden an einigen weiteren Haltepunkten Proben aufgesammelt und auf der übrigen Strecke im Vorbeifahren Notizen gemacht. Die so zusammengetragenen Daten sind zwar unvollständig, sie runden aber das Bild doch in wesentlichen Punkten ab, so daß kurz über sie berichtet werden muß.

Die nach Am Dam führende Straße verläßt schon wenige Kilometer südlich Abécher das mit jüngsten Sedimenten gefüllte Becken und erreicht, ohne daß das Gelände sehr merklich ansteigt, eine Zone, in der allenthalben der granitische Untergrund ansteht. Das Gestein tritt in Form flacher Kuppen zutage, die sich meist nur wenige Meter über die Umgebung erheben. Zwischen ihnen ist heller, durch reichlichen Gehalt an rosa Feldspaten rötlich getönter Sand abgelagert, ein Produkt jüngster, vorwiegend physikalischer Verwitterung. Vereinzelt haben sich Rotlehmreste erhalten, stellenweise findet sich auch eine dünne Decke von braunem Fluviatil IV. Bei der Viehzuchtstation Abougoudam, SSE Abécher, tritt neben Fluviatil IV auf großen Flächen typisches Fluviatil III auf. Die Station Abougoudam liegt auf diesem Niveau 1 bis 2 m höher als das Fluviatil IV. Der Aspekt des Fluviatil III entspricht hier vollständig dem im Raume zwischen Abécher und Arada, an seiner Oberfläche liegen massenhaft gut gerundete, z. T. intensiv gefärbte Quarzschotter. Südlich von Abougoudam durchquert die Straße eine ausgedehnte Ebene, in der die Niveaus III und IV miteinander abwechseln. Sie überschreitet eine ganze Reihe in der Trockenzeit wasserloser Gerinne, deren Bett stets mit steilen Ufern etwa 1 m tief in das Gelände eingesenkt ist. Es handelt sich durchwegs um Zuflüsse des Batha, der selbst in der Trockenzeit versiegt.

In der Regenzeit scheinen die Gerinne zeitweise weithin über die Ufer zu treten.

Weiter südlich (ab Straßenkilometer 57 von Abécher) tritt der Granit in Form von Inselbergen wieder zutage. An den Flanken einzelner dieser Berge haben sich Reste des Fluvial II erhalten, die durch intensive rote Farbe sogleich auffallen. Wie nördlich von Arada so sind auch hier die obersten Sedimentschichten durch Auswaschung an Ton verarmt, wegen in bestimmter Tiefe durch Tonanreicherung eine leichte Verfestigung eingetreten ist.

Wichtiger als die Feststellung dieser weiteren Reste des Fluvial II sind Beobachtungen, die in diesem Raume über die jüngsten Erosions- und Akkumulationsvorgänge gemacht werden können. Es ist überaus auffällig, daß die felsigen Inselberge aus der fluvialen Aufschüttungsebene fast überall ohne Schuttmantel aufragen. Dies ist vor allem dort der Fall, wo sie von den jungen Ablagerungen des Fluvial III und IV umgeben sind. In den wenigen Fällen, in denen unter solchen Verhältnissen Schuttfächer angetroffen wurden, besitzen diese ein sehr junges Alter, was sich leicht an Beispielen zeigen läßt.

Bei Straßenkilometer 85 südlich Abécher ist am Fuße einer Berggruppe ein Schuttkegel aus hellem, kaum verwittertem, z. T. Blockschutt enthaltendem Material flach auf das braune Fluvial IV aufgeschüttet worden. Der Schutt wurde von einem Bach herangeschafft, dessen Bett tief in den Schuttkegel eingesenkt ist. Die Steilufer des Baches sind nicht bloß in den jungen Schutt eingeschnitten, sondern schließen in dessen Liegendem braune Feinsedimente auf, die ohne Zweifel dem Fluvial IV angehören. Es kann demnach kein Zweifel darüber bestehen, daß der Schuttkegel auf das Fluvial IV aufgeschüttet wurde und somit das Produkt einer Erosionsperiode darstellt, die der Ablagerung des Fluvial IV gefolgt ist.

Ein sehr ausgedehnter junger Schuttkegel wurde im Raume von Facha südwestlich von Abécher angetroffen. Er zieht dort von einer Bergkette, die das Wadi Chaou im Norden flankiert, gegen dieses herab. Der Talboden des Wadi Chaou ist weithin sichtbar durch üppigeren Baumwuchs markiert, eine Folge der größeren Nähe des Grundwassers in dem vom Fluvial IV gebildeten Talboden. Der Schuttkegel ist dem Fluvial IV aufgelagert und reicht bis an das gegenwärtig mit Ausnahme kurzer Perioden trockene Flußbett heran. Dies bewirkt eine Hebung des Talbodens und damit ein Schütterwerden des Baumbestandes im Bereiche der jungen Aufschüttung. Auch in diesem Falle liegt ein Schuttfächer vor, der erst nach Ablagerung des Fluvial IV aufgeschüttet worden ist.

Daß in jüngster Zeit nicht bloß Gesteinsschutt, sondern auch Bodenmaterial durch Hangabspülung am Fuße der Berge abgelagert worden ist,

konnte im Raume des Mont Kelinguen (1800 m) östlich von Abécher festgestellt werden. Dort finden sich in der Umgebung der Berge vorwiegend braune Sedimente des Fluvial IV, in welche die Betten der nur nach stärksten Regengüssen fließenden Bäche in der schon beschriebenen Weise tief eingeschnitten sind. Die Berghänge selbst sind zwischen den Felsblöcken stellenweise mit braunem Feinmaterial bedeckt, welches als Rest einer Bodendecke, u. zw. eines braunen Rankers im Sinne von KUBIENA (1953) anzusehen ist. Diese Bodendecke muß noch in junger Vergangenheit viel vollständiger gewesen sein, wie sich aus der Untersuchung der stellenweise am Hangfuß in beträchtlicher Mächtigkeit angehäuften Kolluvien ergab. Auf einem flachen Sattel, der zwischen dem Mont Kelinguen und seinem Nachbargipfel etwa 1 km vom Dorf Kalenia entfernt gelegen ist, erreicht das braune Kolluvium mehr als 150 cm Mächtigkeit. In allen Schichten desselben bis zu 150 cm Tiefe wurden Tonscherben gefunden, die dafür Zeugnis ablegen, daß sich das Kolluvium erst im Verlaufe der letzten Jahrtausende vor der Gegenwart gebildet hat.

Die über die jüngsten Erosions- und Akkumulationsvorgänge gemachten Beobachtungen lassen folgendes erkennen: Der braune Ranker, der von mir nicht bloß im Gebiete des Mont Kelinguen, sondern auch auf Inselbergen zwischen Mangalmé und Bokoro viel weiter im Südwesten des Tschadbeckens beobachtet wurde, ist offenbar zur gleichen Zeit gebildet worden wie das braune Sediment des Fluvial IV. Er unterliegt gegenwärtig wie dieses erosiver Abtragung. Der verstärkte Abtrag ist die Folge der mit fortschreitender Austrocknung immer schütterer werdenden Vegetation, durch die Böden und Sedimente immer weniger vor Abspülung geschützt werden. Da gleichzeitig die Regen im Trockenklima vorwiegend als heftige Wolkenbrüche fallen und das Niederschlagswasser größtenteils oberflächlich abfließt, sind alle Voraussetzungen für eine starke Hangabspülung gegeben. Diese reicht für die Abspülung der Feinerde, nicht aber für den Transport von Grobschutt aus, sofern es nicht zur Bildung temporärer Wildbäche kommt. Dies macht es verständlich, warum man an so wenigen Stellen Schuttfächer von den Inselbergen auf die umgebenden Aufschüttungsebenen herabziehen sieht.

Das braune Fluvial IV überdeckt durchaus nicht alle ebenen Flächen, von denen während der ihm vorausgehenden Erosionsperiode die älteren Sedimente ausgeräumt worden sind. Häufig steht das eingebnete Kristallin unmittelbar an, oder es ist nur von einem lateritischen Ortsteinhorizont als dem Rest einer einst mächtigen Bodendecke überlagert. Ein solcher Lateritpanzer (Cuirasse lateritique) fand sich auf der Fahrt von Abécher nach Am Dam erstmalig 113 Straßenkilometer von Abécher entfernt, dann aber im weiteren Verlaufe der Straße an vielen Stellen.

Während der Raum zwischen Abécher und Am Dam ganz überwiegend von Sedimenten des Fluviatil III und IV eingenommen wird und weithin die Spuren periodischer rezenter Überschwemmung trägt, liegt der Ort Am Dam selbst am Südufer des Batha auf einem Niveau, welches die Flußniederung um etwa 10 m überragt. Es ist unverkennbar, daß hier neuerlich ein Rest eines älteren, höheren fluviatilen Aufschüttungsniveaus vorliegt. Der Steilrand gegen den Batha legt Zeugnis davon ab, daß der Fluß dieses Niveau abzutragen im Begriffe steht. Die trotz starker Zerdellung noch erkennbare Ebenheit der alten Oberfläche und einzelne im roten Sand (Farbe 5 YR 5/6—6/6) enthaltene Quarzschotter bezeugen die fluviatile Entstehung. Es liegt ohne Zweifel der Rest eines alten fluviatilen Sedimentes, wahrscheinlich des Fluviatil II vor.

Zwischen Am Dam und dem nur wenige Kilometer von Mangalmé entfernten Ort Saraf verläuft die Straße in tiefer Lage, das Gelände wird auch in diesem Abschnitt wieder auf große Strecken periodisch überschwemmt. Erst 14 Straßenkilometer nordöstlich Mangalmé treten über Granit wieder rötliche Sedimente auf, etwa 10 km von Mangalmé entfernt nehmen diese eine so intensiv rote Farbe an, wie sie an keinem der bisher beschriebenen Sedimente beobachtet wurde. Zugleich steigt die Straße stark an und erreicht vor Mangalmé ein sehr hohes Aufschüttungsniveau, das von intensiv roten Sanden gebildet wird. Es handelt sich zweifellos um ein fluviatiles Sediment, das älter ist als das Fluviatil II und das im Schutze der Mangalmé im Norden halbkreisförmig umgebenden Berge erhaltengeblieben ist. Der Ort Mangalmé selbst liegt an zwei starken, ständig fließenden Quellen in einer in das alte Niveau tief eingesenkten Mulde. Unweit der Stelle, wo sich die Straße gegen diese Mulde absenkt, haben die Eingeborenen mehrere Materialgruben ausgehoben, um Material für die Herstellung von Ziegeln zu gewinnen. Diese Gruben geben einen guten Einblick in die stratigraphischen Verhältnisse.

Man erkennt hier, daß die Sedimentdecke am Abfall gegen die Mulde rasch an Mächtigkeit verliert, was ebenso wie der sanfte Abfall des Geländes gegen Süden durch teilweise Abtragung des Sedimentpaketes bedingt ist. Wo die Straße zum Ort abfällt, tritt am Hang Granit zutage, der an seiner Oberfläche mehr oder weniger stark kaolinisiert ist. In einem Aufschluß sieht man über der Granitverwitterung einen dünnen Lateritpanzer und über diesem einen von großen, eckigen Quarzkörnern durchsetzten Rotlehm. Dieser wird, wie in mehreren Aufschlüssen zu sehen ist, in scharfer Grenze von leicht verfestigtem, z. T. geschichtetem rotem Sand überlagert.

Es ergibt sich somit folgendes Gesamtprofil:

1. Der granitische Sockel, der an der Oberfläche kaolinisiert ist
2. darüber folgt ein Lateritpanzer von 10—15 cm Mächtigkeit.
3. Auf diesem liegt ein Rotlehm, der sehr plastisch ist und zahlreiche kantige Quarzkörner von 2—10 mm Durchmesser enthält. Derselbe ist ziemlich stark verfestigt, es hat die Farbe 2,5 YR 3/6—4/6. Die Quarzkörner entsprechen in Größe und Form den im Granit enthaltenen und sind offensichtlich als unverwitterter Rest einer autochthonen Granitverwitterung anzusehen. Die bis 1 m Mächtigkeit erreichende Rotlehmdecke ist zusammen mit dem Lateritpanzer und der Kaolinisierung des Granits als autochthone Bodenbildung anzusehen. Sie wurde mehr oder weniger stark erosiv abgetragen, bevor sich das Material des folgenden Horizontes in scharfer Grenze darauf abgesetzt hat.
4. Dieser besteht aus rotem Sand des Fluvial I, der keine größeren Quarzkörner oder Schotter enthält. Er ist leicht verfestigt, z. T. deutlich geschichtet, in den obersten Dezimetern durch Auswaschung an Ton und Eisen verarmt, ziemlich locker und wohl in geringem Umfange vom Winde umgelagert. Der Anreicherungshorizont ist dagegen stark verfestigt, besonders in 50—60 cm Tiefe, er ist viel röter (2,5 YR 3/6) als der Auswaschungshorizont.

Die Horizonte 1 und 2 sind nur an einer Stelle aufgeschlossen, die übrigen Aufschlüsse reichen bloß bis in den autochthonen Rotlehm hinab, der überall in scharfer Grenze vom feineren roten Sediment überlagert wird.

Verfolgt man die Straße von Mangalmé westwärts in Richtung Mongo, so treten jenseits der Mulde, in welcher der Ort Mangalmé liegt, die Rotlehme und roten Sande neuerlich über dem kristallinen Grundgebirge auf. Gleich westlich des Ortes ist nochmals ein ausgedehnter Terrassenrest erhalten, aus dessen Mitte eine Kristallinkuppe emporragt. Drei Straßenkilometer westlich von Mangalmé steht das Kristallin bereits wieder an vielen Stellen an, es ist teilweise von Rotlehmresten in bis zu 40 cm Mächtigkeit überdeckt. Rotlehmreste sind weiter an der Straße nach Mongo an vielen Stellen bis 13 km von Mangalmé zwischen anstehendem Granit zu beobachten. Dann senkt sich die Straße merklich ab, zwischen km 14 und 15 trifft man auf braunes Sediment, das die hier bereits wieder völlig eingeebnete Granitoberfläche in dünner Schicht überzieht. Damit ist das Niveau des Fluvial IV wieder erreicht.

Es ist offensichtlich, daß sich im Erosionsschutz der Berge von Mangalmé an deren Südflanke nicht bloß beträchtliche Reste einer autochthonen Rotlehmdecke, sondern über dieser auch noch Reste eines alten, bis zu großer Höhe aufgeschütteten fluviatilen Sedimentes erhalten haben. Die Bedeutung dieses Befundes beruht darauf, daß bei Mangalmé auf einer gut erhaltenen, aus der Granitverwitterung hervorgegangenen tropischen Bodenbildung in scharfer, erosionsbedingter Grenze ein offensichtlich altes fluviatiles Sediment liegt. Die gute Erhaltung der autochthonen Rotlehm-

decke schließt aus, daß zwischen der Rotlehm- und der Bildung des fluviatilen Sedimentes mehr als eine Periode erosiver Abtragung eingeschaltet war. Das rote Sediment von Mangalmé stellt demnach mit hoher Sicherheit das erste und somit älteste fluviatile Sediment dar, daß nach Zerstörung des autochthonen tropischen Waldbodens im Zuge der quartären Klimaverschlechterung zur Ablagerung gelangt ist. Ich habe dieses Sediment darum Fluviatil I genannt.

Dafür, daß dies tatsächlich so ist, spricht auch die petrographische Untersuchung des fluviatilen Sediments durch Herrn Dozent Dr. G. FRASL. Dieselbe ergab, daß der Sand neben großenteils gut gerundeten Quarzen reichlich Kalifeldspate enthält, was erkennen läßt, daß er keiner sehr intensiven chemischen Verwitterung unterworfen war. Der hohe Feldspatgehalt schließt es aus, daß sich der im Sediment enthaltene Ton (20% Rohton mit überwiegend Rotlehmcharakter) durch Verwitterung des fluviatilen Sedimentes bei und nach seiner Ablagerung gebildet hat. Der Rotlehm muß ein Erosionssediment darstellen, das von der Abtragung einer tropischen Bodendecke herrührt. Daß der Rotlehm eingeschwemmt wurde, ergibt sich auch daraus, daß alle Teile des mehrere Meter mächtigen Sedimentpaketes mit Ausnahme der obersten ausgewaschenen Schicht einen annähernd gleich hohen Rotlehmgehalt aufweisen. Der hohe Rotlehmanteil läßt darauf schließen, daß große Flächen tropischen Rotlehms Material zu diesem Sediment beigesteuert haben. Auch dies spricht dafür, daß im roten Sediment von Mangalmé das Erosions- und Akkumulationsprodukt der ersten fluviatilen Ablagerungsperiode nach der Klimaverschlechterung vorliegt, so daß dieses mit gutem Grunde als Fluviatil I bezeichnet werden kann.

Es bleibt nun noch die Frage zu erörtern, in welcher Relation die roten Sande von Mangalmé zu den aus dem nördlichen Ouadaï beschriebenen Sedimenten stehen. Leider konnte im Raume von Mangalmé nirgends der räumliche Kontakt des Fluviatil I zu den jüngeren Sedimenten untersucht werden, ja es war wegen Zeitmangels nicht einmal möglich festzustellen, ob sich angrenzend Reste des Fluviatil II erhalten haben. Dennoch kann mit Sicherheit behauptet werden, daß das Fluviatil II einer jüngeren Akkumulationsphase angehört. Es liegt nirgends mehr auf nennenswerten Resten der autochthonen Bodendecke auf, bestenfalls hat sich unter ihm der lateritische Eisenortstein, der an der Basis des tropischen Waldbodens gelegen hatte, ganz oder teilweise erhalten. Demgemäß findet sich im Fluviatil II auch schon grobklastisches Material in Form von Quarzschottern und Grenailles lateritiques, während solche grobe Beimengungen im Fluviatil I vollkommen fehlen. Schließlich ist der Rohtongehalt im Fluviatil II wesentlich geringer als im Fluviatil I, er beträgt im Ouadaï

3 bis 6⁰/₀, was erkennen läßt, das die autochthone Rotlehmdecke zur Zeit der Ablagerung des Fluvial II schon weitgehend zerstört war. Wahrscheinlich ist ein großer Teil des Rotlehms überhaupt durch neuerliche Umlagerung des Fluvial I ins Fluvial II gelangt.

Nicht sicher ist es zur Zeit noch, ob die beiden Sedimentationsperioden nach einer einzigen sie trennende Erosionsphase aufeinander gefolgt sind, oder ob etwa zwischen ihnen noch eine weitere Akkumulationsphase zwischengeschaltet war. Dies wird erst entschieden werden können, sobald die quartäre Terrassenfolge am Ost- und Südrande des Tschadbeckens wesentlich vollständiger aufgenommen sein wird, als das gegenwärtig der Fall ist. Zur Zeit ist die Möglichkeit keineswegs auszuschließen, daß etwa die relativ roten, nur in einem kleinen Terrassenrest erhaltenen Sande bei Facha südwestlich Abécher einer Akkumulationsperiode angehören, die zeitlich zwischen diejenige des Fluvial I und II fällt. Auch im Raume zwischen Laï und Moundou ist möglicherweise ein solches Zwischenniveau zu finden. Hierauf soll an späterer Stelle nochmals zurückgekommen werden.

Wenn auch im Raume von Mangalmé das Fluvial I nicht in unmittelbarer Nachbarschaft des Fluvial II beobachtet werden konnte, so steht doch außer Zweifel, daß die Oberkante dieses ältesten Niveaus so hoch über der Aufschüttungsgrenze des Fluvial IV liegt, daß sie auch höher liegt als die Terrassenoberfläche des Fluvial II. Wir kommen damit zu dem Ergebnis, daß am Ostrande des Tschadbeckens eine Folge quartärer fluvialer Sedimente in Form flacher Schuttfächer zum Absatz gelangt ist, zwischen deren Ablagerungszeiten, Perioden der Ausräumung eingeschaltet waren und deren Niveaus sich so zueinander verhalten, daß das älteste Sediment das höchste, das jüngste, das tiefste Niveau einnimmt und sich die übrigen entsprechend ihrem Alter dazwischenschalten.

4. Die Sedimente in Inneren des Tschadbeckens

In diesem Abschnitt wird über Beobachtungen berichtet, die auf den folgenden Routen gemacht wurden:

- a) entlang der Straße Fort Lamy—Massaguet—Ngoura—Ati—Am Djemena;
- b) entlang der Straße Mangalmé—Mongo—Bokoro—Moïto—Ngoura;
- c) entlang der Route Massaguet—Massakory—Ngouri—Bol:

d) auf den Exkursionen in der Umgebung von Ira nördlich von Bol und von Bol zur Insel Iba.

Die Straße von Mangalmé nach Mongo und Bokoro führt zunächst am Nordhang des flachen Kristallinrückens dahin, der die Niederung des Fitri-Sees, von der Niederung um Fort Archambault trennt. Das Kristallin steht deshalb an vielen Punkten an oder ist nur von einer seichten Sedimentdecke überlagert. Wo eine solche vorhanden ist, wird sie von typischen Ablagerungen des Fluviatil III und IV gebildet. An zahlreichen Stellen treten lateritische Ortsteinschichten zutage, die von der Erosion mehr oder weniger weit zu Grenailles lateritiques aufgearbeitet worden sind. Die Bachbetten, welche die Straße überqueren, sind auch hier 80 bis 100 cm tief ins Gelände eingeschnitten, sie haben wie im Ouadaï steile Ufer und sind am Grunde mit hellem Sand und Grus bedeckt. An wenigen Stellen treten intensiv rote Sande auf Flächen auf, die sich nur wenig über das Niveau des Fluviatil IV erheben. Der Ort Mongo liegt auf einer gutenhaltenen Terrasse des Fluviatil III, den Flugplatz hat man westlich des Ortes auf einer großen ebenen Fläche angelegt, auf der das hellrosa gefärbte Feinsediment von bunten Schottern und Grenailles lateritiques überstreut ist und offenbar schon von Natur aus eine vegetationsarme Naga gebildet hat.

Von Mongo führt die Straße westwärts bis zu dem bizarren Mont Korbo über ein Terrain, in dem zwischen Ablagerungen des Fluviatil IV und mit bunten Schottern überstreuten Abtragungsflächen des Fluviatil III an vielen Stellen der kristalline Untergrund zutage tritt. Auf den Bergen sind stellenweise zwischen den Granitblöcken Bodenreste erhalten geblieben. Es handelt sich wie im Bereiche des Mont Kelinguen bei Abécher um Reste eines braunen, tonarmen Rankers. Auch westlich des Mont Korbo wechseln Aufschüttungsflächen der beiden letzten fluviatilen Sedimente mit anstehendem Kristallin und über diesem erhaltenen Resten lateritischer Ortsteinschichten ab. Bei Straßenkilometer 223 westlich Mangalmé wurden ein letztes Mal intensiver rot gefärbte Sedimente beobachtet.

Von diesem Punkte aus hat man freien Ausblick nach Norden gegen die Niederung des Fitri-Sees. Diese liegt tiefer als die flache Schwelle, die der Straßenzug benützt. Weiter westwärts senkt sich die Straße selbst allmählich in die große Niederung hinab, die sich zwischen Fitri- und Tschadsee ausdehnt. Vor Bokoro wird die Sedimentdecke mehr und mehr sandig, das Sediment ist auch hier noch leicht rosa getönt, besteht aber doch wohl aus in jüngster Zeit zusammengewehtem Sand.

Die Straße von Bokoro nach Moïto durchquert einen Teil des Tschadbeckens, der in der Regenzeit auch gegenwärtig noch alljährlich weithin

überschwemmt wird. Zunächst herrscht das graubraune Sediment vor, es weist in flacheren Mulden einen stärkeren Tongehalt und dementsprechend in der Trockenzeit breite polygonale Risse auf. An vielen Stellen ist das braune Sediment von einer dünnen Schicht hellen Flugsandes überdeckt. Das Niveau sinkt nordwärts gegen Moïto noch weiter leicht ab, wobei das braungraue Sediment schrittweise durch ein grauschwarzes abgelöst wird. Dieses wird von den französischen Bodenkundlern „Argile noire tropicale“ genannt. Ich konnte feststellen, daß dieses Material im Tschadbecken überall die tiefsten Punkte einnimmt und beim Ansteigen des Geländes allenthalben allmählich in das braune Fluvial IV übergeht. Dies kann man z. B. auch in sehr eindrucksvoller Weise auf der Fahrt von Ngoura nach Massaguet beobachten. Die Argiles noires tropicales müssen daher zugleich mit den braunen Sedimenten gebildet worden sein. Sie werden an vielen Stellen zwischen Bokoro und Moïto von weißlichem Flugsand überdeckt, der über dem schwarzen Ton zu 50 bis 100 cm hohen Dünen zusammengeweht ist. Auch längs der Straße von Ngoura nach Ati habe ich an vielen Stellen die Überlagerung der Argiles noires tropicales durch rezenten Flugsand beobachten können. Die Überlagerung durch Flugsand beweist eindeutig, daß die Bildung des schwarzen tonigen Materials in der Vergangenheit erfolgt ist und gegenwärtig nicht andauert. Besonders klar tritt dies beim Ort Moïto in Erscheinung. Dort greift der Flugsand auf eine große von Argiles noires tropicales eingenommene Fläche über. Der schwarze Ton ist an der Oberfläche auch dort polygonal zersprungen, wo er von Flugsand bedeckt ist. Der Sand hat die Sprünge ausgefüllt, ohne daß sie sich neuerdings geschlossen hätten, auch sie sind demnach offensichtlich fossile Bildungen. Von den Inselbergen nördlich Moïto ergießt sich ein flacher Schuttkegel südwärts gegen die Straße. Er besteht aus Sand und eckigem, grobklastischem Material. Die Mächtigkeit des Schuttkegels beträgt im Bereiche der Straße nur 30 bis 40 cm, auch unter ihm stößt man allenthalben auf den schwarzen Ton. So wie sich der junge Schutt in Ouadaï über dem braunen Sediment des Fluvial IV ausbreitet, so tut er es hier, gleichzeitig ob er aus wasser- oder windtransportiertem Material besteht. Die am Ostrand des Tschadbeckens gemachte Feststellung, daß die Sedimentation des Fluvial IV abgeschlossen und durch eine Periode der Ausräumung abgelöst ist, hat demnach auch für das Innere des Tschadbeckens Geltung. Braunes Fluvial IV und schwarzer Ton sind in gleicher Weise Ablagerungen einer letzten Feuchtzeit, die der Vergangenheit an-

gehört, während sich das Tschadgebiet gegenwärtig in einer Periode fortschreitender Austrocknungen befindet.

Die Argiles noires tropicales finden sich nicht bloß im Norden des Lac Fitri und an der Straße Bokoro—Moïto, sie haben auch zwischen Moïto und Ngoura sowie Ngoura und Massaguet weite Verbreitung. Auch das Tal des Bahr el Ghazal nördlich von Massakory und die Bodensenken in der ausgedehnten Landfläche nördlich des Tschadsees sind größtenteils an ihrem Grunde von salzfreien oder salzhaltigen Argiles noires tropicales eingenommen. Schließlich finden sich solche auch noch an den tiefsten Punkten des Geländes zwischen Massaguet und Fort Lamy. Die Bindung an die tiefsten Punkte der Landschaft legt den Schluß nahe, daß es sich um Bildungen handelt, die das braune Fluvial IV an jenen Stellen vertreten, die zur Zeit ihrer Entstehung ständig unter Wasser gestanden sind.

Schon der General J. TILHO, einer der ersten Erforscher des Tschadgebietes, hat alte Überlieferungen gekannt, nach denen der Tschadsee noch in historischer Zeit viel größer gewesen ist, als gegenwärtig. J. BARBEAU (mündliche Mitteilung) ist auf Grund geologischer Aufnahmen zu dem Ergebnis gekommen, daß Tschad- und Fitrisee noch während der letzten Pluvialzeit miteinander in Verbindung gestanden sind. Es liegt daher der Schluß nahe, daß die Argiles noires tropicales das während ihrer Bildung ständig von Wasser bedeckte Areal markieren, wogegen das braune Fluvial IV auf den nur periodisch überschwemmten Flächen abgelagert wurde. Die Argiles noires tropicales sind somit als ein dem braunen Fluvial IV zeitlich entsprechendes limnisches Sediment anzusehen.

Am Grunde der Arme des Tschadsees zwischen den zahlreichen Inseln im nördlichen Seeabschnitt wird auch heute noch schwarzer Schlamm, eine Art tropischer Gytija, sedimentiert. Einzelne Seearme bei Bol wurden in den letzten Jahren durch Eindeichung trockengelegt und in Ackerland umgewandelt. Dabei zeigte es sich, daß der Seeboden in diesen Armen bis zu beträchtlicher Mächtigkeit aus einem schwarzen Material besteht, das äußerlich den Argiles noires tropicales vollkommen gleicht. Dünnschliffe, die einerseits aus Proben schwarzen Seeschlammes und andererseits aus Argile noire tropicale hergestellt wurden, weisen allerdings gewisse Unterschiede im mikroskopischen Bilde auf. Dieselben beruhen vor allem auf der Verschiedenheit der in den beiden Substraten enthaltenen organischen Rest. Dies ist jedoch nicht verwunderlich, wenn man Proben, die aus 3 m Tiefe vom Grunde des Sees emporgelobt wurden, mit einem

schon lange Zeit trockenliegenden, überdies offenbar in ganz seichtem Wasser abgelagerten Material vergleicht.

Um das heute von den Argiles noires tropicales bedeckte Gebiet ständig unter Wasser zu setzen war eine Hebung des Wasserspiegels im Tschadsee um nur wenige Meter erforderlich. Durch Marken an den Felsen der Inselberge werden Seestände bezeugt, die ganz wesentlich über das hierfür erforderliche Ausmaß hinausgehen und die bezeugen, daß der Tschadsee zusammen mit dem Fitriesee zeitweilig eine außerordentlich große Fläche unter Wasser gesetzt haben muß. J. BARBEAU (1956) hat durch höhere Wasserstände des Tschadsees verursachte Strandmarken von mehreren Stellen beschrieben. So erwähnt er am Hadjer-Bigli, einem vulkanischen Inselberg am SE-Ufer des Tschadsees solche Ufermarken in einer Höhe von etwa 15 m über dem heutigen Wasserspiegel. An anderen Inselbergen wurden nach derselben Quelle noch höhere Niveaus nachgewiesen; sie erreichen 30 bis 40 m über dem derzeitigen Wasserspiegel. Bei den geringen Höhenunterschieden, die im Inneren des Tschadbeckens vorhanden sind, mußte sich dieses bei einem so hohen Wasserstand weithin in eine riesige Wasserfläche verwandelt haben. In den Zeiten hoher Seestände müssen dementsprechend große Flächen von limnischen Sedimenten bedeckt worden sein. BARBEAU (1956) hat in der Tat über das Vorhandensein solcher Sedimente mit einem Gehalt an subfossilen Schalen von Schnecken -und Muschelarten, die noch heute im Tschadsee leben, berichtet. Ähnliche Funde wurden übrigens auch im Norden des Niger (vgl. ARAMBOURG 1948) gemacht.

Die Eintragungen in den vorhandenen topographischen Karten, so auch auf Blatt Fort Lamy 1 : 1,000.000, kennzeichnen die Landschaft nördlich des Tschadsees als eine Dünenlandschaft mit einem Streichen der Dünenwälle in Richtung NW—SE. Ich stand daher, als ich in Begleitung von Dr. LORENT von Massakory auf der nach NNE führenden Route über Ngouri nach Bol aufbrach, in der Erwartung in ein typisches Dünengebiet zu gelangen. Der Weg überquert zuerst das breite Tal des Bahr el Ghazal, des heute funktionslos gewordenen Abflusses des Tschadsees. Schon unweit nördlich Massakory bilden Argiles noires tropicales den Untergrund, der an vielen Stellen von hellem Flugsand mehr oder weniger tief verschüttet ist. Das Gelände fällt ganz unmerklich zum Talboden ab, der in erster Linie durch die reichliche Baumvegetation in der Landschaft hervortritt. Jüngere Dünen verlaufen im Talboden quer zu diesem, sie erreichen 2 bis 5 m Höhe und sind stets den Argiles noires aufgelagert und somit jünger als diese. Sobald man den Talboden in nordöstlicher Richtung verlassen hat, wird die Sandauflage auf der Piste mächtiger,

die Räder des Kraftwagens sinken tiefer ein, der Motor hat schwerer zu arbeiten. Zugleich erheben sich die Dünenwälle aus weißlichem Sand auf beiden Seiten des Weges zu bedeutenderer Höhe. Etwa 20 bis 25 km von Massakory entfernt bemerkt man, daß die ursprünglich fast weißen Sande mehr und mehr eine rötlichbraune Farbe annehmen. Ein kurzer Aufenthalt wurde dazu benützt, um auf einen der nächsten Sandrücken zu steigen. Der Rundblick zeigt dort, daß sich die „Dünenrücken“ fast alle zu einem bestimmten Niveau erheben, sich vielfach zu ausgedehnteren, fast ebenen Komplexen zusammenschließen und daß an ihren Flanken an vielen Stellen rötliche, leicht verfestigte Sande aufgeschlossen sind.

Je weiter man nach Norden gelangt, um so mehr gewinnen die rötlichen Sande die Oberhand und zugleich schließen sich die einzelnen Rücken immer stärker zu einem zusammenhängendem Niveau zusammen. Dieses ist zwar stark zerdellt und es sind zahlreiche große Eintiefungen, von den Franzosen „Mare“ genannt, in ihm vorhanden, der Charakter einer alten Aufschüttungsebene ist aber unverkennbar. Der Ort Ngouri liegt auf dem alten Niveau, der Weg von dort ostwärts über Djigidada nach Ira und von da südwärts nach Bol verläuft weithin auf ihm, die höheren Inseln im Nordteil des Tschadsees gehören ihm gleichfalls an.

Auf einigen Inseln in der Nähe von Bol sind diese Sande in den letzten Jahren bei der Eindeichung von Seearmen abgegraben und zur Aufschüttung von Dämmen verwendet worden. Dabei entstanden große Aufschlüsse, an denen die stratigraphischen Verhältnisse sehr klar zu erkennen sind. Ein Damm verbindet die beiden ehemaligen Inseln Berim und Bol. Die Sande sind beiderseits des Dammes bis zu 6 m Tiefe aufgeschlossen und zeigen die folgende Horizontierung:

- 0—60 cm rötlicher, mäßig feiner Sand, an der Oberfläche leicht verfestigt, vereinzelte subfossile Schneckenschalen von noch gegenwärtig im See lebenden Arten enthaltend.
- 60—180 cm mehr graubrauner, vielleicht etwas Humus enthaltender Sand, zwischen 60 und 110 cm etwas stärker verfestigt, darunter lockerer, zahlreiche Schneckenschalen derselben Art enthaltend, die schon in der obersten Schicht vorhanden war. Die Schneckengehäuse sind in einer etwa 10 cm breiten Schicht deutlich angereichert.
- 180—220 cm Übergang von rötlichem zu weißlichem, mäßig feinem Sand, reichlich verästelte Kalkkonkretationen enthaltend. Man findet kleine Krotowinen von 1 bis 2 cm Durchmesser, die mit hellem Sand gefüllt sind.
- 220—280 cm heller, lockerer Sand.
- 280—500 cm (600) feiner, weißer Sand, leicht verfestigt, deutlich geschichtet, einzelne graue Schichten von einer Dicke bis zu 10 cm enthaltend.

Der Aufschluß reicht fast bis zum Grundwasserspiegel, an seiner Basis sind die Sande auch während der Trockenzeit stets feucht, es wird Salz kapillar gehoben und bei der Verdunstung an der Bodenoberfläche angereichert.

Zwei weitere Aufschlüsse wurden anlässlich der Eindeichung eines See-arnes neben der Insel Moun bei Bol geschaffen. Sie zeigen eine ähnliche Schichtfolge, wie die bereits beschriebenen.

0—40 cm ehemals bearbeiteter Horizont, graurosa Sand, lose, etwas Humus enthaltend. An der Basis dieses Horizontes fanden sich Tonscherben, Säugetier- und Fischknochen.

40—180 cm rötlicher Sand, nach unten heller werdend, in großer Zahl die Schalen zweier Schneckenarten enthaltend, die noch heute im See leben. Vereinzelt finden sich auch Fischknochen.

180—190 cm Kalkanreicherungshorizont, in dem sich stark verzweigende Konkretionen zu einer hohlraumreichen, zusammenhängenden Konkretionsschicht verschmolzen sind.

ab 190 cm weißlicher, deutlich geschichteter Sand.

Die subfossilen Schneckenschalen und Fischknochen findet man nicht bloß an den Abhängen des Niveau gegen den See, sondern auch im Sediment selbst, sie sind demnach nicht etwa später aus dem See ausgeworfen oder von den Eingeborenen verschleppt, sondern im Zuge der Ablagerung der Sande in diese eingebettet worden. Es handelt sich somit eindeutig um limnische Sedimente, die der See bei einem höheren Stande abgelagert hatte.

Die Sande sind nicht bloß auf den Inseln sondern auch noch nördlich des Tschadsees an den Abhängen einzelner Bodensenken fossilführend, so z. B. an den Rändern des „Mares“ Karanga östlich von Ira. Der Boden dieses Mares, ist heute stark salzhaltig und das in der Trockenzeit völlig versiegende Wasser hat gleichfalls einen so großen Salzgehalt, daß die an den Hängen gefundenen subfossilen Schnecken dort nicht mehr leben könnten. Berücksichtigt man, daß nach BARBEAU (1956), wie schon erwähnt, gleiche subfossile Gastropoden noch viel weiter nördlich des Tschadsees gefunden worden sind, so gelangt man zu dem Schlusse, daß die in dem Raume zwischen Massakory—Ngouri und Ira große Flächen einnehmenden und auch die höheren Inseln aufbauendem Sande limnische Ablagerungen sind, die zu einer Zeit sedimentiert wurden, in der der Tschadsee eine sehr viel größere Ausdehnung besessen hat als gegenwärtig. Der Absatz dieser Sande ist offenbar während

einer Pluvialzeit zugleich mit einem der aus den Randgebieten des Beckens beschriebenen fluviatilen Sedimente erfolgt, zu einer Zeit also, während welcher große Mengen von Feinschutt von den Randgebieten das Innere des Beckens transportiert wurden. Da die Sande ein etwa 8 bis 10 m über dem heutigen Seespiegel liegendes Akkumulationsniveau bilden, muß der Wasserstand des Sees zur Zeit ihrer Ablagerung noch höher gewesen sein als dieses. Die von BARBEAU an einzelnen Inselbergen in etwa 15 m über dem heutigen Seespiegel gefundenen Ufermarken sind vielleicht bei diesem hohen Seestand gebildet worden.

Wie weit die Verbreitung der limnischen Sande im Norden des Tschadsees reicht, ist noch nicht festgestellt. Ebenso konnte in dem von mir besuchten Raume nicht geklärt werden, welchem fluviatilen Sediment sie zeitlich zu koordinieren sind, da ich nirgends den Kontakt mit gleichalterigen fluviatilen Ablagerungen untersuchen konnte. Sowohl die Höhe des Niveaus als auch die Tatsache, daß die limnischen Sande vom Bahr el Ghazal tief zerschnitten und stellenweise in beträchtlicher Breite ausgeräumt worden sind, spricht dafür, daß sie dem Fluvial II zu parallelisieren sind.

Die geologische Karte 1:1,000.000, Blatt Fort Lamy, verfaßt von J. BARBEAU, verzeichnet, wie schon erwähnt, im Norden des Tschadsees ein ausgedehntes Dünengebiet. Dieses „Dünengebiet“ scheint zur Gänze von den limnischen Sanden eingenommen zu werden und nur in dem Ausmaße tatsächlich Dünen aufzuweisen, als diese Sande sekundär verweht worden sind. BARBEAU (1956) hat darauf hingewiesen, daß Tschad- und Fitriisee nicht die tiefsten Teile des Beckens einnehmen, sondern daß dieses nordwärts gegen das Eguei und Padelanga weiter absinkt. Er schildert diese eigenartigen hydrographischen Verhältnisse in drastischer Weise mit den Worten „Dans son état actuel, l'hydrographie du Bassin tchadien est tronçonnée, résiduelle et illogique, puisqu' elle n'aboutit pas au point le plus bas du bassin qui se trouve dans le Pais-Bas et non dans le Lac Tschad.“ Die Abriegelung des Tschad- und Fitribeckens gegen Norden ist durch die Aufschüttung der Sande erfolgt, die heute beide Becken im Norden begrenzen. Der breite Wall wird nur vom Bahr el Ghazal durchbrochen, der eine letzte Ablaufrinne des Tschadsees nach Nordosten darstellt. Das Trockental des Bahr el Ghazal besitzt eine wechselnde Breite, bei Moussoro ist diese besonders groß, dort sind auch durch Talverzweigungen einzelne Zeugenberge vom alten Niveau der limnischen Sande abgetrennt. Es ist möglich, daß in diesem Raume neben dem Haupt-

niveau noch ein zweites tieferes Terrassenniveau ausgebildet ist. Nördlich von Moussoro kommen nach der Karte von BARBEAU im Egueï und Padelanga ältere Schichten, und zwar tonige Sande und unter diesen kontinentales Jungtertiär an die Oberfläche.

Der Bahr el Ghazal muß noch zur Zeit der Ablagerung des Fluviatil IV Wasser geführt haben, da sein Talboden, wie schon erwähnt, bei Massakory von Argiles noires tropicales eingenommen wird, die nur noch stellenweise von rezentem Flugsand überdeckt sind. Schon bei einer Hebung des Seespiegels um wenige Meter könnte der Bahr el Ghazal als Abfluß des Tschadsees auch heute noch in Funktion treten. Der Spiegel des Tschadsees hat sich infolge einer stärkeren Wasserzufuhr durch den Schari in den letzten Jahren tatsächlich um ca. 1 m gehoben und schon dies genügt, um das Trockental nach Durchstich einiger Dünenwälle in seinem dem See nächstgelegenen Abschnitt mit Wasser zu füllen. Dieses war im März 1957 noch in langsamem Vorrücken begriffen und damals schon bis auf 7 km an Massakory herangerückt.

Ohne daß es heute bereits möglich wäre, eine endgültige stratigraphische Gliederung der quartären Ablagerungen im Norden des Tschadsees zu geben, lassen die vorhandenen Unterlagen doch schon erkennen, daß in diesem Raume eine limnische Sedimentfolge vorliegt, die in ähnlicher Weise einen Wechsel von Pluvial- und Trockenzeiten dokumentiert, wie dies die quartären fluviatilen Ablagerungen in den Randgebieten des Beckens tun.

Bevor wir die Besprechung der quartären Ablagerungen im Inneren des Tschadbeckens zum Abschluß bringen, seien noch einige Beobachtungen über die zahlreichen tiefen Mulden mitgeteilt, von denen das Niveau der limnischen Sande im Norden des Tschadsees durchsetzt ist. Diese Mulden weisen auf ihrem Grunde kleine Seen auf, die z. T. perennieren, z. T. während der Trockenzeit austrocknen. Die Franzosen bezeichnen diese kleinen Wasserflächen ebenso wie die flachen Regenpfützen, die sich während der Regenzeit in den Grassavannen des nördlichen Oudaï bilden, als Mare, eine Bezeichnung, die in der geographischen Literatur sonst den Kraterseen vorbehalten ist. Man findet im Norden des Tschadsees zwei Typen solcher „Mare“, die einen weisen an ihren tiefsten Punkten Salzböden, die anderen an deren Stelle Diatomit auf. In beiden Fällen wird eine etwas höher gelegene Randzone der Mulden von einem schwarzen Boden eingenommen, der durchaus den Argiles noires tropicales entspricht. In den Mulden mit Salzanreicherung ist auch der schwarze Boden salzhaltig, z. T. sogar von einer Salzkruste von beträchtlicher Mächtigkeit

bedeckt. Nach außen schließt sich an die Zone des schwarzen Bodens eine solche weißen, losen Sandes an, darüber folgt der steilere Hang, der rasch zum Muldenrand ansteigt, welcher durch das alte Niveau der himnischen Sande gebildet wird. Gelegentlich treten an Stelle der schwarzen Böden braune, nämlich dort wo das Ufer höher ist. Braune Böden, die stark an das braune Fluviatil IV erinnern, finden sich am Ufer des Mar Korom bei Ira und auch am Tschadsee selbst, sie sind stets von üppigem Rasen bewachsen.

Die Mulden zeigen, was die topographischen Karten deutlich erkennen lassen, eine langgestreckte Form und auffällige Parallelorientierung. Sie setzen die ebenfalls auffällig parallelen Seearme zwischen den Inseln nach Norden fort, wie die Inselrücken ihrerseits einer Fortsetzung in den die Mulden trennenden Rücken finden. Die Parallelanordnung der Mulden und Rücken läßt an eine starke Beeinflussung des Reliefs durch den Wind denken, sie hat mit dazu geführt, daß die ganze Landschaft als Dünenlandschaft gedeutet worden ist. Wie weit hier der Wind und wie weit das Wasser stärker reliefgestaltend gewirkt haben, bedarf noch sorgfältiger Untersuchung. Es wird dabei in Rechnung zu stellen sein, daß der Einfluß des Wassers selbst in Halbwüstengebieten noch sehr groß ist und daß damit zu rechnen ist, daß die Windrichtung im Süden der Sahara im Zuge der wiederholten Klimaschwankungen sehr wahrscheinlich mehrfach gewechselt hat.

5. Die quartären Ablagerungen im Becken des Moyon Logone

Die Sedimente und Böden im Becken des Moyon Logone sind schon Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen, über deren Ergebnisse H. ERHART, J. PIAS und H. LENEUF (1954) einen ersten Teilbericht gegeben haben. Die genannten Autoren haben drei verschiedene sandige Sedimente (Sande von Kélo nach Roch) und zwei alluviale Niveaus beschrieben. Nach den im Norden des Tschadgebietes gemachten Feststellungen war zu erwarten, daß diese Ablagerungen der Sedimentationsfolge entsprechen würden, die wir im Norden des Tschadbeckens feststellen konnten. Es war daher von größtem Interesse für mich, diese Ablagerungen kennen zu lernen und ich bin den Herren R. BOUCHARDEAU und E. GUICHARD ganz besonders dafür dankbar, mir eine Exkursion in diesen Teil des Tschadgebietes ermöglicht zu haben. Ich hatte Gelegenheit, Herrn GUICHARD einige Tage bei Kartierungsarbeiten zu begleiten, die er im Raume von Deressia, einem großen Dorf im NE von Laï durchzuführen hatte. Darüber hinaus erhielt ich Gelegenheit die Gegend von Koro und auf der Fahrt von Laï nach Moundou auch noch das Gelände auf dieser Route zu sehen.

Laï liegt nahe dem SW-Rande des Tschadbeckens, in einem Raume, der auch in der Gegenwart vom Logone alljährlich weithin überschwemmt und hiedurch entscheidend geprägt wird. Unweit südlich Laï hebt sich das Gelände über das rezente Inundationsniveau heraus und es treten ältere Sedimente und Böden zu Tage. Ich konnte dieselben auf der Fahrt von Laï über Gabringolo und Bébé nach Koró und von Laï nach Moundou selbst sehen, sie sind überdies in der Arbeit von ERHART, PIAS und LENEUF (l. c.) aus dem Gebiet von Tikem und Fianga westlich von Laï anschaulich beschrieben.

Um Koró treten kristalline Gesteine zutage; sie bilden um den Ort einen Kranz niederer, das Niveau der Siedlung nur um 30 bis 40 m überragender Höhen. Diese tragen Spuren einer alten Einebnung, das Gestein ist auf der Einebnungsfläche tiefgründig verwittert. Schon ERHART, PIAS und LENEUF haben hier Reste einer lateristischen Verwitterungsdecke gefunden. Von den Höhen herabgerollte hohlraumreiche Trümmer eines mächtigen lateristischen Eisenortsteins finden sich allenthalben am Fuße der Berge. Der Talboden selbst ist von rotem Sand bedeckt, der genau dieselbe Farbe hat wie das Fluviatil I von Mangalmé. Der Farbton wurde nach den Munsell Soil Color Charts mit 2,5 YR 3/6 bestimmt. Es sind z. T. grobe Sande, mit wechselndem Tongehalt in denen die Quarzkörner teils gerundet, teils wenig abgerollt sind. Die granulometrische Analyse einer Probe des roten Sedimentes durch G. HAYBACH ergab 54,11% Grobsand, 23,85% Feinsand, 2,37% Schluff und 19,67% Rohton. Den hohen Rohtongehalt haben die Sande von Koró mit denen von Mangalmé gemeinsam, auch bei ihnen ist das gesamte mächtige Sediment reich an Ton, was nur verständlich ist, wenn der Ton als Erosions-sediment mit dem Sand abgelagert worden ist. Die Sande sind leicht verfestigt und stellen, wie schon ERHART, PIAS und LENEUF festgestellt haben, ein fluviales Sediment dar, das nach Aufschlüssen in Brunnen bei Koró und Djóró (westlich Koró) nicht unmittelbar auf dem Kristallin aufruht, sondern von diesem durch ein Paket von violetter Sandstein und weißem, schiefrig-kaolinitischem Material getrennt ist. In dem letzteren treffen die Brunnen auf einen Grundwasserhorizont.

In einem neu gegrabenen Brunnen im Dorf Besso ca. 76 km von Laï in Richtung Moundou entfernt wurden, wie wir feststellen konnten, ähnliche Schichten angefahren, wie in Koró, bloß liegt dort unter den verfestigten Sedimenten nicht der kristalline Sockel sondern Diatomit und unter diesem weißlicher wasserführender Sand.

Das Profil hat folgenden Aufbau:

1. Weißer, lockerer Sand, wasserführend (in 21 m Tiefe).

2. Weißlicher, geschichteter Diatomit.
3. Violetter, feinsandiger Tonschiefer.
4. Grober rötlicher Sandstein.
5. Schwarzroter, stark verfestigter Eisenanreicherungshorizont, in kompakten Blöcken aufbrechend.
6. Rötlicher Sand, lose, 80 cm mächtig, in den obersten 15 cm bearbeitet (Ap-Horizont).

Der Sand ist viel weniger rot, als in Koró und gehört sicher nicht dem Fluvial I an. Man trifft an der Straße Laï—Moundou jedoch auch dieses an mehreren Stellen inselhaft, allseits von jüngeren Sedimenten umgeben an. Solche Punkte befinden sich beim Dorf Soignan (38 km von Laï), bei Bao (56 km), bei Kilometer 73 der Straße und zwischen Kilometer 100 und 106 nahe dem Flughafen von Moundou. Es verdient hervorgehoben zu werden, daß einzelne dieser Vorkommen wie am Ostrande des Tschadbeckens deutlich höher liegen als die von jüngeren Sedimenten bedeckten Niveaus, daß sie aber stellenweise, so bei Moundou, auch in sehr tiefer Position angetroffen werden. Dort ist das ursprünglich mächtige Sedimentpaket offenbar nahezu bis zu einer Basis abgetragen, wofür auch das Auftreten von Grenailles lateritiques und stellenweise anstehende lateritische Ortssteinschichten sprechen .

ERHART, PIAS und LENEUF (1. c. pp. 19—24) berichten, daß die roten Sande stellenweise den granitischen Untergrund, stellenweise aber auch Sandsteine und Schiefer überlagern und daß das feste Gestein häufig von einem Lateritpanzer überdeckt ist. Dieser stellt den Rest einer alten Boden- und Verwitterungsdecke dar, deren Alter wie in Mangalmé höher ist als das der roten Sande. Wie dort hat sich auch hier im Südosten des Tschadbeckens ursprünglich in einem warm-feuchten Klima ein autochthoner Rotlehm gebildet. Dieser ist an der Straße Laï—Moundou zwischen den Ortschaften Manda und Bao (bei km 52 von Laï) noch in Spuren erhalten; man findet diese auf einem höheren Niveau zwischen dem Fluß Nia im Norden und der nächsten Talsenke weiter im Süden. Die Oberfläche dieses Niveaus wird von einer lateritischen Ortsteinschicht gebildet, die weithin von einer dünnen Rotlehmdecke, dem Rest eines autochthonen Bodens überlagert ist. Am höchsten Punkt, den die Straße bei Überquerung dieses offenbar alten Niveaus erreicht, nimmt die Bodenoberfläche eine röttere Farbe an als dies bei den Sanden des Fluvial I der Fall zu sein pflegt. Die Rotlehmreste zwischen den Grenailles lateritiques sind außerordentlich plastisch, sie enthalten nur sehr wenig Sand und weichen hiedurch deutlich vom Sediment des Fluvial I ab. Wahrscheinlich gehören die lateritischen Ortsteinschichten,

die man zwischen Gabringolo und Koró sowie an der Straße zwischen Laï und Moundou an vielen Stellen anstehend findet, größtenteils derselben Entstehungszeit an wie diese autochthonen Rotlehme.

Jedenfalls haben sich beide vor der großen Klimaänderung gebildet, der nach einer offenbar langen warmfeuchten Epoche die für diese charakteristischen Tropenwälder zum Opfer fielen. Mit der Zerstörung der Vegetation vollzog sich im Sinne einer Biorexistase (ERHART 1956) auch die Abtragung der alten Bodendecke gefolgt von einer Epoche wiederholten Wechsels zwischen Aufschüttung und Ausräumung plastischen Sedimentmaterials.

ERHART, PIAS und LENEUF (1954) haben als Sand von Keló Nr. 2 einen rosafarbenen Sand beschrieben, der jünger ist als die roten bzw. ockerfarbenen Sande, die ich dem Fluvial I gleichstelle. Nach den genannten Autoren nehmen diese helleren Sande im Südwesten des Tschadbeckens einen mehr nördlich gelegenen Raum ein, lassen aber als Zeugenberge (buttes-témoins) die roten Sande stellenweise zutage treten, wie dies z. B. in der Umgebung von Tikem im Südwesten von Bongor bzw. im Westen von Laï der Fall ist. In ganz ähnlicher Weise treten die Sande des Fluvial I an der Straße Laï—Moundou zwischen jüngeren, heller gefärbten Sedimenten zutage. Man befindet sich ganz ähnlich wie im Raume Am Dam—Mangalmé—Bokoro in einem Gebiete, in dem die älteren Sedimentdecken weithin bis zu ihrer Basis oder nahe an diese abgetragen sind und daher ihre ursprüngliche Mächtigkeit nicht mehr erkennen lassen.

Eine rasche Überquerung, die nur wenige kurze Aufenthalte möglich machte, gestattete es nicht, die Sedimentfolge am Südwestrande des Tschadbeckens im Detail zu analysieren. Der wiederholte Wechsel von Erosionsfurchen und zwischen diesen erhalten gebliebenen höheren Niveaus läßt jedoch auf der Route Laï—Moundou eine Ineinanderschichtung verschiedenfarbiger Sedimente in derselben Weise, wie sie aus dem Ouadaï beschrieben werden konnte, klar erkennen. Wie dort ist eine Mehrzahl von Substraten schon durch die Farbe zu unterscheiden, wobei neben einem ältesten und zugleich röttesten, mindestens drei weitere, nämlich ein weniger rotes, etwas jüngeres, ein nur noch hellrosa gefärbtes, noch jüngeres und schließlich weißer loser Sand in den rezenten Talfurchen auseinandergehalten werden können. Diese Sedimentfolge entspricht zweifellos dem Fluvial I bis III des Oudaï, wobei nachzuprüfen bleibt, ob die Zahl der Sedimentationsperioden nicht noch größer gewesen ist.

Wie im Norden des Tschadbeckens so kann auch hier im Süden dem

von relativ grobklastischem Material überdeckten Beckenrand das von feinklastischen Sedimenten erfüllte Beckeninnere gegenübergestellt werden. Es umfaßt den ganzen Raum beiderseits des Logone und Schari zwischen Lai und Fort Archambault im Süden, dem Tschadsee im Norden und darüber hinaus nach der geologischen Karte 1 : 2,000.000 auch noch das ausgedehnte Becken von Am Timan im Osten.

Die Sedimente und Böden dieses Raumes konnten von mir gemeinsam mit E. GUICHARD nur auf der Fahrt von Fort Lamy über Bongor nach Lai und während einiger Tage gemeinsamer Kartierungsarbeit bei Deressia in diesem südlichsten Teile des Tschadbeckens studiert werden. Es hat hierüber aber bereits PIAS (vgl. ERHART, PIAS und LENEUF 1956) ausführlich berichtet und auch gemeinsam mit N. LENEUF und B. LÉPOUTRE für das Becken des mittleren Logone zwischen Lai und Bongor eine Boden- bzw. Sedimentkarte 1 : 200.000 veröffentlicht.

PIAS (l. c.) unterscheidet 3 Serien:

1. alte Serie der Tone mit Kalkkonkretionen
2. wenig mächtige sandige Zwischenserie mit an der Basis größerem, darüber feinerem Material
3. rezente lehmige Serie.

Zu der Serie der Tone mit Kalkkonkretionen ist zu sagen, daß sie sowohl auf heute überschwemmtem wie auf nicht überschwemmtem Gelände zu Tage tritt und sehr große Flächen einnimmt. Man trifft in ihr Kalkkonkretionen bis zu Taubeneigröße und in verschiedenen Entwicklungsstadien ausgehend von noch nicht verfestigten Kalkanreicherungen. Sie enthalten oft in Mehrzahl Eisenkonkretionen bis zu Haselnußgröße eingeschlossen. Die Bildung der Eisenkonkretionen muß abgeschlossen gewesen sein, bevor sich die Kalkkonkretionen gebildet haben, sie gehört einem älteren Bodenbildungsprozeß an, der unter anderen als den gegenwärtigen Milieubedingungen vor sich gegangen ist.

Die Tone mit Kalkkonkretionen werden von den Sanden der Zwischenserie überlagert. Diese bilden in den großen Sumpfbereichen bei Deressia, wie schon PIAS beschrieben hat, flache Zeugenberge, um die herum das lockere Sediment nach seiner Ablagerung vom Wasser wieder weggespült worden ist. Die Böden der sandigen Serie sind intensiv ackergenutzt auf ihnen befinden sich die meisten der spärlichen Siedlungen, die in diesen Sumpfbereichen vorhanden sind. Eine verhältnismäßig reiche Bodenfauna bezeugt an den meisten Stellen, daß diese seit langer Zeit vom Wasser verschont worden sind.

6. Zur Charakteristik der Böden und Sedimente des Tschadgebietes

Die hohen Transportkosten zwangen dazu, Zahl und Umfang der Bodenproben, die zur Untersuchung von Fort Lamy nach Wien gesandt wurden, sehr knapp zu bemessen. Es war darum nicht möglich, die Geländearbeiten in dem Maße durch Untersuchungen im Laboratorium zu vervollständigen, wie das wünschenswert gewesen wäre. Trotzdem ergänzen die gewonnenen Untersuchungsergebnisse den Feldbefund besonders in der Richtung, daß sie Aufschlüsse über den Verwitterungsgrad und die Herkunft des Materiales geben.

Bei der Untersuchung der Proben bin ich von einer Reihe von Kollegen und Mitarbeitern in freundlicher Weise unterstützt worden. Herr Prof. Dr. W. KUBIENA (Reinbek bei Hamburg) ließ in seinem Institute eine Reihe von Sediment- und Bodendünnschliffen meiner Proben herstellen. Herr Prof. Dr. H. WIESENER (Wien) hat die Bestimmung der Tonminerale in einer Reihe von Proben durch Herrn cand. phil. F. HOFER am mineralogischen Institut der Wiener Universität vermittelt. Herr Doz. Dr. G. FRASL hat den Primärmineralbestand mehrerer Proben fluviatiler und limnischer Sedimente bestimmt und Frau Dr. G. HAYBACH die Schlämmanalysen durchgeführt.

Daß die quartäre Klimaverschlechterung noch im Raume südlich der Sahara so tiefgreifende Wirkungen ausgelöst hat, daß auf tropische Rotlehme und Laterite über mehrere Zwischenglieder in der Bodenentwicklung schließlich ein brauner Ranker, d. h. ein gemäßigten Klimaverhältnissen entsprechender Boden folgen konnte, war eine für mich sehr überraschende Feststellung. Sie bezeugt eine außerordentlich starke Abnahme der Verwitterungsintensität, die auch petrographisch nachweisbar sein muß. In der Tat hat die Untersuchung von Proben der verschiedenen fluviatilen Sedimente durch G. FRASL ergeben, daß schon das Fluviatil I einen namhaften Gehalt an mehr oder weniger leicht verwitternden silikatischen Mineralen aufweist.

Im roten Fluviatil I von Mangalmé beträgt der Anteil an Quarz an den leichten silikatischen Mineralen der Sandfraktion nach FRASL weniger als $\frac{1}{3}$, während die Feldspate (vorwiegend Kalifeldspat) $\frac{2}{3}$ erreichen und Glimmer gänzlich fehlen. Hieraus ist zu schließen, daß der Sand nach seiner Ablagerung keine sehr intensive Verwitterung mehr mitgemacht hat.

Das rote Sediment von Koro enthält zwar an Primärmineralen vorwiegend Quarz in zumeist stark abgerollten Körnern und an Schwermineralen Erze und schwer verwitterbare Silikate wie Zirkon (vorwie-

gend), Rutil, Monazit und Turmalin, daneben aber vereinzelt doch auch leicht verwitterbare grüne Hornblenden. Auch diese bezeugen, daß das Sediment nach seiner Ablagerung nicht mehr starker Verwitterung ausgesetzt war.

Eine Probe des Fluviatil II, die im Ouadaï unmittelbar südlich des Wadi Kharma eingesammelt wurde, besteht vorwiegend aus stark abgerollten Quarzkörnern. Daneben weist auch sie in der leichten Fraktion der Silikate $\frac{1}{4}$ Feldspat (meist Kalifeldspat) und in der schweren Fraktion Epidot und grüne Hornblende auf.

All das läßt erkennen, daß schon zur Zeit der Bildung der älteren quartären Flußsedimente die Verwitterungsintensität nicht mehr sehr groß gewesen sein kann, jedenfalls nicht groß genug, um noch Produkte einer allitischen Verwitterung, wie es die Rotlehme sind, hervorzubringen.

Wir müssen deshalb annehmen, daß sich seit der Zerstörung der autochthonen Rotlehmdecke vor Ablagerung des Fluviatil I im Tschadgebiet kein Rotlehm mehr gebildet hat und verstehen aus diesem Umstande, daß der Gehalt an Rotlehm vom Fluviatil I gegen das Fluviatil IV hin stufenweise abnimmt. Die fortschreitende „Verdünnung“ des Rotlehmgehaltes drückt sich deutlich in den Rohtonfraktionen aus, die bei der Schlämmanalyse aus den einzelnen fluviatilen Sedimenten gewonnen wurden.

Sediment	Lokalität	Schicht	Korngröße in %			
			Grobsand	Feinsand	Schluff	Rohton
Fluviatil I	Mangalmé	80—90	52,10	20,79	3,28	28,83
Fluviatil I	Koró		54,11	23,85	2,37	16,67
Fluviatil II (viell. zw. I und II)*	Facha b. Abécher	20—40	45,28	42,17	1,05	11,50
Fluviatil II	b. Wadi Kharma	40—60	31,76	60,48	1,83	5,93
Fluviatil II *) oder III	Facha	50—60	54,63	37,82	1,40	6,15

Die quartären Sedimente des Tschadgebietes sind, besonders im trockeneren Norden, nur sehr beschränkten Bodenbildungsprozessen unterworfen worden.

Diese bestehen einerseits in einer bescheidenen Humusanreicherung und andererseits in einer durch die Sickerwasserbewegung bedingten Sub-

*) Es wurde schon darauf hingewiesen, daß infolge Zeitmangels eine sichere stratigraphische Zuordnung der bei Facha erhaltenen Terrassenreste nicht möglich war. Der Verdacht, daß es sich bei der höchsten bei Facha erhaltenen Terrasse um ein zwischen das Fluviatil I und II zwischengeschaltetes Niveau handeln könnte, erfährt durch die Zahlen der Schlämmanalyse eine Stützung.

stanzverlagerung. Die letztere hat einerseits zur Bildung von Kalkkonkretionen geführt, andererseits die schon geschilderte Tonverlagerung im Sinne eines Sol lessivé hervorgerufen.

Man findet im nördlichen Ouadaï, vor allem in den Sanden des Fluvia-til II, häufig fein verästelte Konkretionen, die aus Kalziumkarbonat bestehen. Dieselben erreichen eine größte Länge von 1—3 cm, werden stellenweise durch Platzregen aus den Sanden ausgewaschen und in den flachen Regenmulden zusammengeschwemmt. Diese Konkretionen sind das Produkt der Lösung, Verlagerung und Wiederausfällung von Kalk, also eines bodenbildenden Prozesses. Das Sickerwasser nimmt aus den Oberflächenschichten der sandigen Sedimente auch peptisierten Ton in tiefere Teile des Bodenprofils mit, wodurch ein mehr oder weniger deutlicher Eluvialhorizont und unter diesem ein Illuvialhorizont entsteht. Die Tonverlagerung läßt sich durch die mechanische Bodenanalyse leicht nachweisen, was an zwei Beispielen gezeigt sei.

Fluvia til I. Bodenprofil bei Mangalmé

Schichttiefe	Grobsand	Feinsand	Schluff	Rohton
0—10 cm	56,96	36,71	1,30	5,03
20—30 cm	46,07	22,16	2,27	29,50

Fluvia til II. Bodenprofil nördlich des Wadi Kharma.

Schichttiefe	Grobsand	Feinsand	Schluff	Rohton
20—30 cm	34,14	62,23	0,48	3,15
40—50 cm	31,76	60,48	1,38	5,93

Die Tonverlagerung ist auch an Dünnschliffen nachweisbar. Das Fluvia-til I von Mangalmé zeigt im Dünnschliff stellenweise stark doppelbrechende Schlieren, die durch eine Parallelorientierung der Tonteilchen in der Fließrichtung bedingt sind. Eine Tonverlagerung läßt sich nicht bloß in den älteren fluviatilen Sedimenten, sondern auch noch im Fluvia-til IV feststellen. Sie ist auch in den limnischen Sedimenten, die ich im Norden des Tschadsees untersuchen konnte unverkennbar.

Ein Vergleich von Proben desselben Niveaus oder von verschiedenen Standorten zeigt sehr große Schwankungen in der Zusammensetzung des Primärmineralbestandes. Diese ist offenbar viel weniger durch die Sedimentationsperiode als durch das Einzugsgebiet bestimmt, aus dem das Material des betreffenden Sedimentes stammt. Dies würde es bei Vergleich entsprechend großer Probenserien ermöglichen, die Herkunft der einzelnen Sedimente zu ermitteln. Einige Beispiele sollen das verdeutlichen.

Das Fluvia-til I von Mangalmé setzt sich aus Mineralen zusammen, die

eindeutig ihre Herkunft einerseits aus einem Granit und andererseits aus hochmetamorphen Gesteinen, jedenfalls dem alten Dach, in das die Granite eingedrungen sind, erkennen lassen. Zwei von G. FRASL untersuchte Proben zeigten praktisch dasselbe Mineralspektrum: Innerhalb der leichten Minerale steht Feldspat (vorwiegend Kalifeldspat) mit $\frac{2}{3}$ der Körnerzahl an der Spitze, es folgt Quarz mit nahezu $\frac{1}{3}$, Glimmer sind sehr spärlich vorhanden. Unter den Schwermineralen sind opake Erze und Zirkon weitaus am häufigsten, in beträchtlichem Abstand folgen Sillimanit, Andalusit, Staurolith, Disthen, Turmalin und Hornblende. Hauptlieferant des Materials für das Fluviatil I von Mangalmé waren offenbar die Granite, aus denen sich die Berge im Norden des Ortes aufbauen und die auch weithin den Untergrund des Fluviatil I in diesem Gebiet bilden.

Das Fluviatil I von Koro besitzt ein ganz anderes Mineralspektrum. Der Anteil an leichten silikatischen Mineralen besteht hier praktisch nur aus Quarzkörnern, die stark abgerollt sind, demnach einen weiten Transport mitgemacht haben. Die Beimengung von Schwermineralien ist gering, es herrschen unter diesen opake Erze vor; Zirkon, Monazit, Rutil, Turmalin und Disthen sind ca gleich häufig; grüne Hornblende ist selten.

Auch eine Probe des Fluviatil II aus dem nördlichen Ouadaï (Probestelle unweit nördlich des Wadi Kharma) läßt weiten Transport erkennen. Da die Sedimente dieses Gebietes alle von Osten aus den Grenzbergen gegen den Sudan herangebracht worden sind, müssen sie in der Tat einen weiten Transport hinter sich gebracht haben. Die Zurundung der Mineralkörner, selbst der Zirkone, die eine eiförmige Gestalt angenommen haben, ist sehr vollständig. Unter den leichten Silikatmineralen nimmt der Quarz mit ca $\frac{3}{4}$ des Bestandes die erste Stelle ein. Es folgt Feldspat (meist Kalifeldspat) mit fast $\frac{1}{4}$. Unter den Schwermineralen herrschen opake Erze mit etwa $\frac{2}{3}$ des Gesamtbestandes vor, auch sie sind sehr stark abgerollt. An zweiter Stelle steht Zirkon, es folgen im Abstand Rutil, grüne Hornblende, Epidot, Staurolith, Turmalin, Disthen und Monazit.

Die limnischen Sedimente aus der Umgebung des Tschadsees bestehen ganz vorherrschend aus gut gerundeten Quarzkörnern. Eine Probe von der Insel Berim bei Bol enthielt daneben weniger als 5 Prozent Feldspat, an Schwermineralien vorwiegend Zirkon, Rutil, Monazit und Turmalin, daneben selten Staurolith, Hornblende, Epidot und Andalusit. Auch eine Probe eines Argile noire tropicale aus der Umgebung von Massakory enthielt vorwiegend sehr gut gerundete Quarzkörner und daneben an leichten Silikaten nur 1 bis 3 Prozent Feldspat. Der sehr geringe Schwermineralanteil bestand etwa zur Hälfte aus opaken Erzen, daneben aus reichlich Zirkon und Monazit, sowie Epidot, grüner Hornblende, Turmalin und Staurolith.

Bei der DTA-Untersuchung der Rohtonfraktion mehrerer Bodenproben durch F. Hofer wurde neben Quarz an Tonmineralen nur Kaolinit nachgewiesen. In einer einzigen Probe wurde außerdem Glimmer festgestellt.

1. Fluviatil I von Mangalmé (vgl. Profilbeschreibung auf S. 37).
 - a) Probe aus 10 bis 20 cm Tiefe.
 - b) Probe aus 60 bis 80 cm Tiefe.
2. Fluviatil I von Koró.
3. Fluviatil II südlich des Wadi Kharma, Probe aus 40 bis 60 cm Tiefe.
4. Profil von der Insel Berim im Tschadsee (vgl. Beschreibung auf S. 44).
 - a) rötlicher Sand aus den obersten 60 cm.
 - b) etwas dunklerer Sand, locker gelagert, aus 100 cm Tiefe.
 - c) heller Sand aus 220 bis 240 cm Tiefe.
5. Fluviatil IV aus der Umgebung des Mont Kelinguen bei Abécher (nur hier wurde neben Kaolin und Quarz auch Glimmer festgestellt).
6. Argile noire tropicale aus der Umgebung von Massakory.

Die Argiles noires tropicales enthalten wie die rezente Gytija vom Grunde des Tschadsees neben amorpher organischer Substanz auch reichlich Pflanzenreste. Je nach dem Standort herrschen bald Diatomeenschalen, bald Algenfäden, bald Wurzeln von Landpflanzen unter den geformten organischen Bestandteilen vor.

Eine Probe des braunen Fluviatil IV vom Fuße des Mont Kelinguen östlich von Abécher ließ im Primärmineralbestand deutlich die Herkunft aus den dort anstehenden basischen Tiefengesteinen erkennen. Die Abrollung der Mineralbruchstücke ist in der Mehrzahl sehr gering, nur etwa $\frac{1}{4}$ der Körner ist stärker zugerundet. Hierzu gehören vor allem die Quarze, die offenbar von weiter hergebracht worden sind. Unter den nicht abgerollten leichten Silikaten herrschten basische Plagioklasse vor. Unter den Schwermineralen nahmen Pyroxene und Hornblenden die erste Stellen ein, daneben fanden sich Biotit, Epidot, wenig Zirkon und Apatit, einzeln Granat.

Die Dünnschliffuntersuchung mehrerer Proben von Argiles noires tropicales ergab, daß sie neben amorpher organischer Substanz auch reichlich Pflanzenreste enthalten. Je nach dem Standort herrschen bald Diatomeenschalen, bald Wurzeln von Landpflanzen unter den geformten organischen Bestandteilen vor. Eine Probe der rezenten Gytija vom Grunde des Tschadsees bei Bol enthielt vorwiegend Algenfäden.

7. Zusammenfassung der Ergebnisse und Vergleich derselben mit den Quartärablagerungen benachbarter Gebiete

Fassen wir die zur Zeit aus dem Tschadgebiet vorliegenden Beobachtungen zusammen, so läßt sich daraus für die jüngste geologische Vergan-

genheit die nachstehende Boden- und Sedimentfolge in Verbindung mit einem bestimmten Klimaablauf ablesen:

1. Bildung einer autochthonen Rotlehmdecke, vielfach mit Entstehung lateritischer Eisenortsteinschichten an ihrer Basis. Tropisch-humide Klimaphase, Bodenbildung unter tropischem Regenwald. Ob die im Tschadbecken weit verbreiteten Lateritpanzer alle in dieser Periode entstanden sind oder z. T. ein höheres Alter haben, läßt sich z. Zt. nicht feststellen.

2. Weitgehende Abtragung der Rotlehmdecke als Folge eines trockener werdenden Klimas und starker Reduktion der Vegetationsdecke. Wahrscheinlich zu dieser Zeit Bildung von Windkantern.

3. Ablagerung des Fluviatil I, durch reichliche Beimengung von Rotlehm sediment intensiv gefärbter fluviatiler Sande in großer Mächtigkeit, als Folge starker Nierschlagstätigkeit.

Entstehung eines ersten Glacis am Fuße der Randgebirge des Tschadbeckens. — I. Pluvial.

4. Weitgehende erosive Ausräumung des Fluviatil I in einem I. Interpluvial. Wahrscheinlich wurde schon in diesem das Fluviatil I auf geringe Reste, die sich im Erosionsschutz der Berge erhalten haben, reduziert.

5. Ablagerung des Fluviatil II, eines geröteten, aber nicht mehr so intensiv wie das erste gefärbten, weil tonärmeren fluviatilen Sandes, der stellenweise reichlich, meist aber nur spärlich Quarzschotter und Lateritkiesel enthält. Entstehung eines zweiten Glacis, das vor allem am Ostende des Tschadbeckens eine sehr große Ausdehnung erlangt und bis heute erhalten hat, dessen Niveau aber tiefer liegt als das des Fluviatil I. — II. Pluvial.

Die weithin im Norden des Tschadsees und auf vielen Inseln in diesem in 8—10 m Höhe über dem rezenten Seespiegel aufgeschütteten limnischen Sande scheinen diesem Fluviatil II chronologisch zu entsprechen. Sie deuten an, daß der Tschadsee zur Zeit ihrer Entstehung eine enorme Ausdehnung besessen haben muß. Nicht bloß Fitri- und Tschadsee, sondern wahrscheinlich auch ein Teil des damals abflußlosen Beckens des Niger scheinen zu dieser Zeit eine zusammenhängende Wasserfläche gebildet zu haben.

6. Neuerliche Erosionsphase während einer trockenen II. Interpluvialzeit, Aufdeckung der alten Lateritpanzer auf weiten Strecken und teilweise erosive Aufarbeitung derselben zu Grenailles lateritiques.

7. Ablagerung des Fluviatil III, nur noch rosa- bis fleischfarbener Sande mit reichlichem Gehalt an groben, gerundeten Schottern und Lateritkies (Grenailles lateritiques). Aufschüttung des fluviatilen Sedimentes zu wesentlich geringerer Höhe als der des Glacis II. Es bleibt zu

untersuchen, ob ein auf vielen Inseln im Tschadsee ausgebildetes tieferes Niveau zugleich mit diesen fluviatilen Ablagerungen entstanden ist. — III. Pluvial.

8. Erosive Phase, in der das Fluviatil II entlang der Flußläufe als Folge eines wieder trockeneren III. Interpluvials ausgeräumt wurde.

9. Ablagerung des Fluviatil IV mit braunen, mindestens gegen Ende der Sedimentation ausschließlich feinklastischen Sedimenten, denen als limnische Bildung die Argiles noirs tropicales, eine tropische Gytija, zeitlich entsprechen. — IV. Pluvial.

10. Das letzte Pluvial wurde durch die rezente Trockenzeit abgelöst, die von einer neuen Phase vorherrschender Erosion begleitet ist. Diese äußert sich in fortschreitender Eintiefung der Gerinne in das Niveau des Fluviatil IV, in der Aufschüttung rezenter Schuttkegel am Rande der Gebirge auf dieses Niveau und in der Aufwehung von Flug-sand auf die Argiles noirs tropicales und auf andere, auch ältere Substrate.

Aufschüttung und Ausräumung haben einander im Tschadgebiet somit mindestens viermal abgelöst, ein noch öfterer Wechsel ist bei der noch unvollständigen Kenntnis der Ablagerung nicht ausgeschlossen. Dabei haben die jüngeren Aufschüttungsniveaus die Höhe der älteren nicht erreicht und es sind auch die jüngeren Ausräumungsperioden in ihrer Flächenwirkung hinter den älteren zurückgeblieben, so daß entlang der Flußläufe allenthalben ein System ineinandergeschachtelter Terrassen entstanden ist.

Es ist klar, daß der beschriebene Wechsel von Sedimentations- und Erosionsperioden eine Auswirkung der zuerst in Europa, jetzt aber bereits in nahezu allen Teilen der Erde nachgewiesenen Periodizität der quartären Klimaentwicklung ist. Es muß daher die Frage beantwortet werden, welchen Abschnitten der Quartärchronologie in anderen Teilen der Welt, besonders in benachbarten Gebieten von Afrika, die im Tschadgebiet festgestellten Pluvial- und Trockenzeiten chronologisch zuzuordnen sind. Zu diesem Zwecke muß auf die in den Nachbargebieten erzielten einschlägigen Forschungsergebnisse kurz eingegangen werden.

Auf dem afrikanischen Kontinent sind wir zur Zeit in Marokko über die Quartärablagerungen und die quartären Erosionsformen am eingehendsten unterrichtet. Dort haben die Forschungen von G. CHOUBERT, R. RAYNAL, M. GIGOUT, H. MENSCHING, K. WICHE und anderen dazu geführt, daß die fluviatilen quartären Sedimente einerseits den glazialen und periglazialen Ablagerungen in den Gebirgen und andererseits den marinen Küstensedimenten chronologisch zugeordnet werden konnten. Der un-

mittelbare Kontakt zwischen den glazialen und periglazialen Sedimente der Hochgebirge und der fluviatilen Terrassen läßt in Marokko überdies keinen Zweifel darüber, daß die Pluvialzeiten dort zugleich Kältezeiten waren, die den europäischen Eiszeiten chronologisch entsprechen (vgl. u. a. RAYNAL 1952 und 1955). Da die Glazialzeiten Perioden eustatischer Absenkung des Meeresspiegels waren, die marinen Terrassen aber zur Zeit höchster Stände des Meeresspiegels in den Interglazialen gebildet worden sind, muß die Bildung der Flußterrassen und der marinen Strandniveaus alternierend erfolgt sein, was in Marokko ebenfalls durch Beobachtungen bestätigt werden konnte und auch von M. PFANNESTIEL (1952) an der syrisch-palästinensischen Küste festgestellt wurde. Das marokkanische Quartär gliedert sich nach M. GIGOUT und R. RAYNAL (1957) und anderen Veröffentlichungen der letzten Jahre wie folgt:

Marine Transgression	fluviatiles Niveau	Krustenbildung	prähistorische Industrie
		älteres Villafranchien	
Calabrien (+ 100 m)	Moulouyen	starke Verkrustung	
Sicilien (+ 60 m)	Salétien	starke Verkrustung	
Thyrrhenien I (+ 30 m)	Amirien	starke Verkrustung	
Thyrrhenien II (+ 20 m)	Tensiftien	starke Verkrustung	
Ouljien (+ 5 m)	Soltanien	schwache Verkrustung	Atérien
Dunquerquien (+ 2 m)	Rharbien	keine Verkrustung	Neolithicum

rez. Meeresspiegel.

RAYNAL (1955) hat darauf hingewiesen, daß die Ineinanderschachtelung der Glaciterrassen in tektonisch ruhigen Gebieten Marokkos die Folge abnehmender Intensität der Klimaschwankungen sei, die er mit einer abklingenden Pendelbewegung vergleicht. Der sich abschwächenden Einwirkung der Klimafaktoren entspricht eine abnehmende Erosionswirkung und geringere Massenverlagerung, so daß die aufeinander folgenden Akkumulationsperioden ihre Sedimente zu immer geringerer Höhe aufgeschüttet haben. Da auch im Tschadgebiet eine gleichartige Ineinanderschachtelung der fluviatilen Sedimente besteht, ist anzunehmen, daß in beiden Gebieten gleiche Ursachen wirksam gewesen sind.

Vergleicht man die in Marokko vor allem an der Moulouya außerordentlich scharf ausgeprägten Terrassenfolgen mit der im Tschadgebiet festgestellten, so fällt auf, daß sie 6 Niveaus umfaßt, während wir nur

4 sicher unterscheiden konnten, die Möglichkeit der Existenz noch eines 5., zwischen Fluvial I und II liegenden, vorläufig aber nicht ausschließen möchten. Darüber hinaus haben schon GIGOUT und RAYNAL (1957) auf die Möglichkeit hingewiesen, daß die Abfolge der Erosions- und Akkumulationsperioden beim Übergang aus dem relativ humiden Klima Nordwestafrikas in aridere Bereiche eine Vereinfachung erfahren könnte. Diese müßte sich ergeben, wenn die eine oder andere Klimaschwankung in arideren Räumen nicht stark genug zur Auswirkung gekommen ist, um einen deutlichen klimamorphologischen und bodendynamischen Niederschlag zu finden.

Eine solche Vereinfachung des Klimarhythmus scheint in der zentralen Sahara tatsächlich vorzuliegen. Wir verdanken M. H. ALIMEN (1955, 1956 a, b) sehr eingehende Untersuchungen über die Quartärstratigraphie und die prähistorische Besiedelung des Oued Saoura im westlichen Teile der Zentralsahara. Das Oued Saoura liegt am Westrand des Grand Erg Occidental in einem Raume, der heute Vollwüste ist. Das Tal weist eine deutliche Terrassenfolge auf, aus der wie im Tschadgebiet 4 Pluvialzeiten abzulesen sind, von denen M. H. ALIMEN die letzte und zugleich schwächste nur als humide Phase mit mehreren Oszillationen bewertet. Es ergibt sich im Oued Saoura die folgende Chronologie (vgl. ALIMEN 1955):

- I. Pluvial: Konglomerate und Sandsteine von Mazer; Eintiefung des Oued Saoura 20 m tief in das pliozäne Niveau.
- II. Pluvial: Die Eintiefung die auf die Bildung der Konglomerate und Sandsteine von Mazer folgte, war sehr energisch, sie hat das gesamte pliozäne Schichtpaket durchschnitten und den altkristallinen Untergrund erreicht. Das damalige Talniveau hat dem heutigen (40—50 m) annähernd entsprochen. Darauf wurden die Konglomerate und Sandsteine der Gara Taourirt bis 15 m Mächtigkeit aufgeschüttet. Ihr oberer Teil ist bei Kerzaz ziegelrot gefärbt und hat Artefakte des Acheuléen geliefert. In tieferen, hell gefärbten Schichten wurden nur Artefakte der Grobgesteinskultur (Pebble-Kultur) gefunden. Zwischen den beiden Kulturhorizonten scheint eine Besiedlungslücke (im Chelléen) bestanden zu haben.
- III. Pluvial: Es hat nach weitgehender Ausräumung der älteren fluviatilen Sedimente feine graugrüne, stark kohärente Sande von semiaridem Typus in einer Mächtigkeit von 20—30 m abgelagert. Diese bilden die Hauptterrasse des Oued Saoura und schließen mit einem kalkig-kieseligen Tuff mit Pflanzenresten ab.
- IV. Pluvial = letzte humide Phasen: Zwei Phasen haben zwei Erosionsterrassen in 15 bzw. 10 m über dem rezenten Talboden gebildet.

Eine dritte und letzte hat wieder den kristallinen Untergrund erreicht und wurde von einer Periode abgelöst, in der gelbbraune Sande in einer Mächtigkeit von 2—5 m über dem rezenten Flußbett aufgeschüttet worden sind.

M. H. ALIMEN (1956) weist darauf hin, daß die prähistorischen Funde im Bereiche der Sahara zwei auffällige Besiedlungslücken, eine im Chelléen und eine zur Zeit des Levalloiso-Mustérien erkennen lassen. Es liegt nahe diese Besiedlungslücken mit ariden Klimaperioden, in denen der Raum der Sahara nicht bewohnbar war, in Zusammenhang zu bringen.

Die jüngsten, spät- und nacheiszeitlichen Klimaschwankungen haben für den Raum des Vorderen Orients und das Mittelmeergebiet in letzter Zeit durch K. W. BUTZER (1957) eine eingehende Untersuchung erfahren. Er kam unter Berücksichtigung zahlreicher Unterlagen zu folgender Gliederung:

1. Postpluvial I (anschließend an die letzte Pluvialzeit): Trockener und ein wenig kühler als heute mit ausgeprägter Windabtragung. Höhepunkt wahrscheinlich im 11. Jahrtausend v. Chr.
2. Subpluvial I (wahrscheinlich im 9. Jahrtausend): Ziemlich feucht mit Niederschlägen, die sich etwa auf halber Höhe zwischen denen eines Pluvials und denen der Neuzeit bewegen. Niedrige Temperaturen mit einem letzten Vorstoß der kleinen Würm-Kargletscher des Hochlandes.
3. Postpluvial II a (ca. 8000—6500 v. Chr.). Wieder trockener als heute und anscheinend wärmer als während der vorhergehenden Phase.
4. Postpluvial II b (ca. 6500—5500 bzw. 5000 v. Chr.). Etwas feuchter, ähnlich dem jetzigen Klima.
5. Subpluvial II (ca. 5000—2400 v. Chr.). Diese zweite postpluviale Feuchtzeit wird von BUTZER in ihrer Intensität etwa Subpluvial I gleichgesetzt, dauerte aber länger und war wärmer.
6. Postpluvial III (2400—850 v. Chr.) von BUTZER in Unterabteilungen gegliedert, sich an das heutige Klima annähernd, aber wiederholte kurzfristige Schwankungen aufweisend.

Die Feststellung zweier Subpluviale nach der letzten Eiszeit deckt sich gut mit den in Marokko und in der Sahara gemachten Feststellungen. Es verdient hervorgehoben zu werden, daß vor allem dem letzten Subpluvial eine starke Ausräumung vorangegangen zu sein scheint und daß dieses ein relativ warmes Klima aufgewiesen hat, welches der Bodenbildung günstig war. Wir gehen daher wohl nicht fehl, wenn wir dieser Periode das braune Fluviatil IV des Tschadgebietes chronologisch zuordnen und es mit dem Rharbien ins Neolitikum stellen. Die Auffindung von Tonscherben in einem

braunen Kolluvium bis 1,5 m Tiefe auf einem Sattel am Fuß des Mont Kelinguen bei Abécher spricht zusammen mit den mitgeteilten morphologischen Befunden für ein so junges Alter. Von großem Interesse ist es, daß die obersten Konglomeratschichten des Oued Saoura reichlich ziegelrotes Bindemittel enthalten, das auf eine intensive Bodenbildung unter tropischen Verhältnissen hinweist. Diese Feststellung läßt daran denken, daß die von J. BÜDEL (1955) und W. KUBIENA (1955) im Hoggargebirge am Südrande der Sahara gefundenen tropischen Braunlehme, zur gleichen Zeit entstanden sind. Dies wird auch durch meine Feststellungen nahegelegt, wonach zur Zeit der Ablagerung des Fluviatil II im Süden der Sahara ein riesiger Binnensee vorhanden war, durch den das Klima zweifellos bis in den Raum der heutigen Vollwüste stark beeinflußt worden ist. Es fällt allerdings auf, daß im Tschadgebiet selbst bisher keine dieser Periode entsprechende, gleich intensive Bodenbildung festgestellt werden konnte.

Die Daten, über die wir heute auf quartärgeologischem und paläoklimatischem Gebiete für den afrikanischen Raum nördlich des Äquators verfügen, sind noch lückenhaft, sie beginnen sich jedoch allmählich mit einander zu verknüpfen und ein Bild zu enthüllen, daß schon jetzt erkennen läßt, daß dieser ganze Raum von einem im wesentlichen einheitlichen Klimarhythmus beherrscht worden ist. Gewisse Phasenverschiebungen mögen zwischen den Gebieten diesseits und jenseits des Wüstengürtels bestanden haben, von solchen abgesehen ist die Parallelentwicklung in den Hauptperioden eine in verblüffender Weise übereinstimmende.

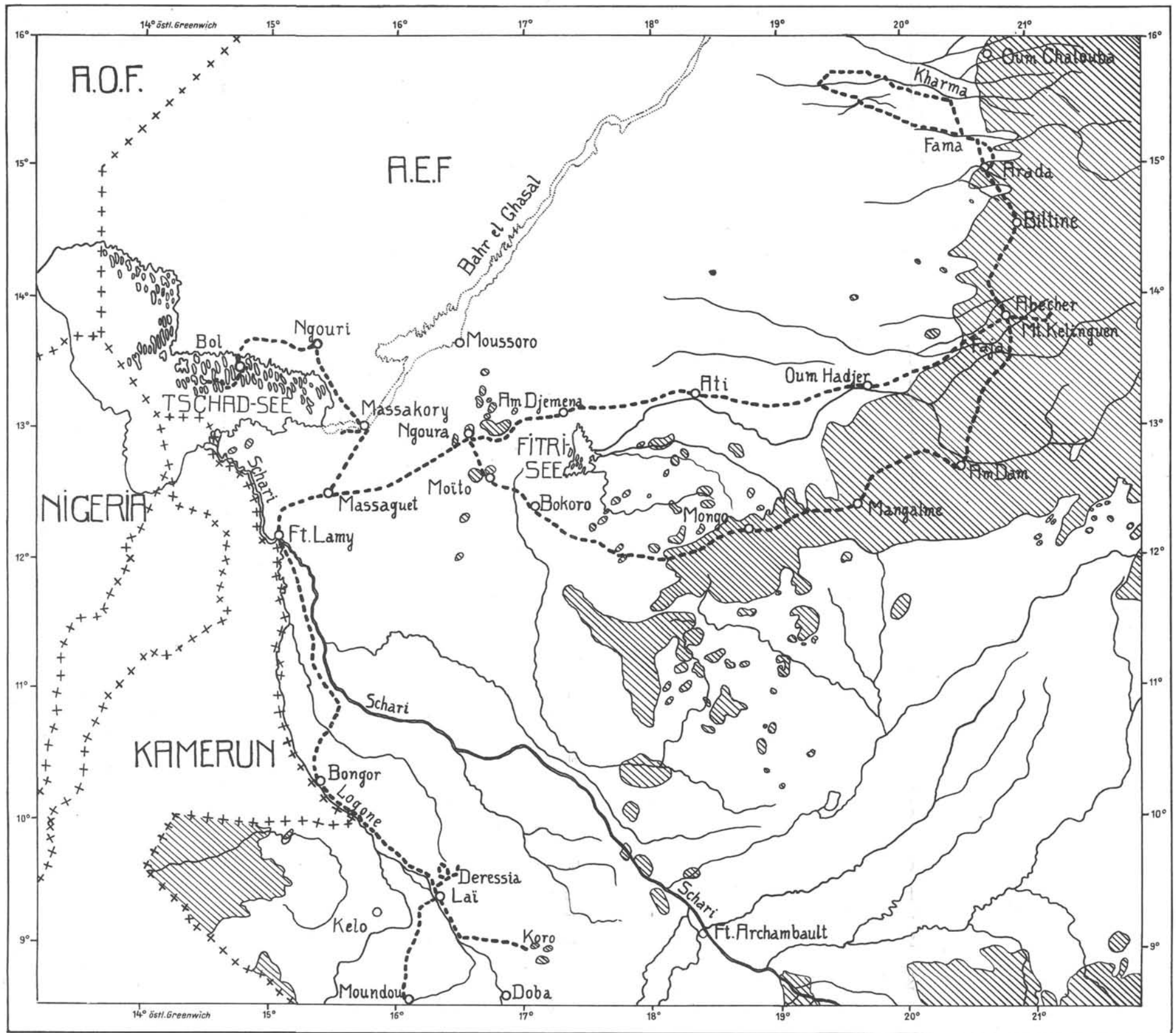
Literaturverzeichnis

- Alida Medina, M.: El Cuaternario en el Sáhara español. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. 43, 1945, 149—163.
- Alimen, M. H.: Présence d'Acheuléen dans les alluvions de l'oued Saoura. Chronologie quaternaire du Sahara nordoccidental. Bull. Soc. préhist. Fr. 52, 1955, 480—492.
- Fouilles dans des alluvions à Paléolithique ancien de la région de Kerzaz (Sahara occidental). Premiers aperçus. Bull. Soc. préhist. Fr. 53, 1956 (a), 748—655.
- Quelques aspects de la préhistoire Saharienne. Scientia (6) 50, 1956 (b), 6p (sep).
- Arambourg, C.: Observations sur le Quaternaire de la région du Hoggar. Trav. Inst. Rech. Sah. 5, 1948 (Alger), 7—18.
- La paléontologie des vertébrés en Afrique du Nord Française. XIX^{ème} Congr. géol. internat., Monogr. région., Alger 1952, 64.
- Balout, A.: Pluviaux Interglaciaires et Préhistoire Saharienne. Trav. Inst. Rech. Sahar. 8, 1952 (Alger), 9—19.
- Birrot, P., R. Capot-Rey et J. Dresch: Recherches morphologiques dans le Sahara central. Trav. Inst. Rech. Sahariennes 13, 1955, 13—74, 1 Karte.
- Bordet, P.: Présence de Laterites fossiles dans l'Atakor du Hoggar. C. R. Som. Soc. Géol. France 97, 1951.

- Bourcart, J.: Au sujet des formations quaternaires du Maroc atlantique. C. R. Soc. Géol. France 1933, 119—120.
- Résultat d'ensemble d'une étude du Quaternaire et du Pliocène marin du Litoral atlantique du Maroc et du Portugal. Sbornik na IV. kongres slav. geogr. i etnogr. Sofija 1936, Sofia 1938.
- Boudy, P.: Considérations sur l'évolution du climat en Afrique du Nord et en particulier en Maroc depuis la période préhistorique. C. R. séanc. Soc. Sci. Nat. Maroc. 46—51, 53—54, 1947.
- Büdel, J.: Bericht über klima-morphologische und Eiszeitforschungen in Nieder-Afrika. Erdkunde 6, 1952, 104—132.
- Reliefgenerationen und plio-pleistozäner Klimawandel im Hoggar-Gebirge (Zentrale Sahara). Erdkunde 9, 1955, 100—115.
- Butzer, K. W.: Late glacial and postglacial climatic variation in the near east. Erdkunde 11, 1957, 21—35.
- Mediterranean pluvials and the general circulation of the pleistocene. Geografiska Annal. 39, 1957, 48—53.
- Célérier, J.: Les problèmes de géomorphologie au Maroc. Vol. jub. Soc. Sc. nat. Maroc, 1948.
- Choubert, G.: Sur l'âge des regs quaternaires du Sud Marocain. C. R. Ac. Sc. 223, 1946, S 911.
- Au sujet des croûtes calcaires quaternaires. C. R. Ac. Sci. 226, 1948, 1630—31.
- Sur l'âge des limons rouges superficiels du Maroc. C. R. Ac. Sc. 227, 1948, S.558.
- Les rapports entre les formations marines et continentales quaternaires. INQUA, Rom—Pisa 1953, Actes du IV. Congr. Int. Quat. S. 576 ff. Roma 1956.
- Choubert, G., Joly, F., Gigout, M., Marcais, J., Margart, J. u. Raynal, R.: Essai de classification du Quaternaire continentale du Maroc. C. R. séances de l'Acad. des Sc. T. 243, S. 504—506, 30. Juli 1956.
- Dresch, J.: Les mouvements quaternaires en Afrique du Nord, croûtes calcaires et limons rouges en Afrique du Nord. Bull. Soc. Géogr. Nr. 309, 1949, S. 88—90.
- Pédiments et glacis d'érosion, pediplains et inselbergs. L'information géogr. 21/5, 1957, 183—196.
- Dresch, J. et Raynal, R.: Notes sur les formes glaciaires et périglaciaires dans le Moyen Atlas, le bassin de la Moulouya et le Haut Atlas oriental, et leurs limites d'altitude. Notes et Mém. Serv. Geol. Maroc. t. VII., 1953, p. 111—121, 2 fig., 4 pl.
- Dubois, J. et F. Tricart: Esquisse de stratigraphie du Quaternaire du Sénégal et de la Mauritanie du Sud. Comptes rend. Acad. Sci. 238, 1954, 2183—2185.
- Erhart, H.: I. Les Latérites du Moyen Niger et leur signification paléoclimatique.
 II. Sur la nature et l'origine des sols du delta central nigérien.
 III. Sur les terres à nodules calcaires et à pisolithes ferrugineux du delta central nigérien. Comptes rend. Acad. Sci. (Paris) 217, 1943, 323—325, 379—381, 455—456.
- Sur l'importance des phénomènes biologiques dans la formation des cuirasses ferrugineuses en Zone tropicale. Comptes rend. Acad. Sci. (Paris) 233, 1951, 804—806.
- Sur le rôle des cuirasses termitiques dans la géographie des régions tropicales. Comptes rend. Acad. Sci. (Paris) 233, 1951, 966—968.
- La nature minéralogique et la genèse des sédiments de la cuvette tchadienne. Comptes rend. Acad. Sci. (Paris) 237, 1953, 401—403.
- La genèse des sols en tant que phénomène géologique. Paris 1956, 90 S.
- Fischer, Th.: Entstehung und Verbreitung der Schwarzerde in Marokko. Pet. Mitt. Erg. Heft 133, S. 117—124.
- Gaucher, G.: Sur l'âge des sols rouges nord-africanis. C. R. Conf. Pédol. médit. Montpellier. Alger 1947, S. 373 ff.
- Sur certains caractères de croûtes calcaires en rapport avec leur origine. C. R. Ac. Sc. T 227, 1948, S. 154—156.

- Gigout, M.: Quaternaire du littoral atlantique du Maroc. Trace de la transgression de 5—8 m entre Casablanca et le Cap Blanc. C. R. Somm. Soc. Géol. France 1948, S. 25—27.
- Kilian, C.: Une variation de climat dans la période historique, le dessèchement progressif du Sahara depuis l'époque précaméline et les Garamantes. C. R. som. séanc. Soc. Géol. France, 110—11. Paris 1934.
- Kilian, C. u. Scaetta, H.: Observations pédologiques et biologiques sur la laterite fossile, les sols latéritiques et les sols alluviaux de Gao-Bilakela (Niger). Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord 32, 225—241, 1941.
- Kubiena, W.: Über die Braunlehmrelikte des Atakor (Hoggar-Gebirge, Zentral-Sahara). Erdkunde 9, 1955, 115—132.
- Neue Beiträge zur Kenntnis des planetarischen und hypsometrischen Formenwandels der Böden Afrikas.. Stuttgarter Geogr. Studien 69 (Lautensach Festschr.) 1957, 50—64.
- Lelubre, M.: Recherches sur la géologie de l'Ahaggar central et occidental. Bull. Serv. Carte géol. Algérie 2, 22, 2 Bde. 354 bzw. 386. Alger 1952. (a).
- Machatschek, F.: Das Relief der Erde. 2. Aufl. I. u. II. Band. Berlin 1955.
- Mensching, H.: Das Quartär in den Gebirgen Marokkos. (Geomorphol. Untersuchungen, zusammengestellt zu einem Profil vom Mittelmeer zur Sahara.) Pet. Mitt. Erg. Heft Nr. 256, Gotha 1955.
- Glacis — Fußfläche — Pediment. Ztschr. f. Geomorphol. 2, 1958, S. 165—186.
- Pfannenstiel, M.: Das Quartär der Levante.
- I. Die Küste Palästina-Syriens.
- II. Die Entstehung der ägyptischen Oasendepressionen.
- Akad. Wiss. u. Literatur, Mainz, Abh. math. nat. Kl., Jg. 1952, Nr. 7.
- Raynal, R.: Quelques exemples de l'action du froid et de la neige sur les formes du relief en Maroc. Notes Maroc. Nr. 2, 1952.
- Oscillations climatiques et évolution du relief au cours du Quaternaire. Notes Maroc., Nr. 5, 1955, S 10—14.
- Schwarzbach, M.: Das Alter der Wüste Sahara. Neues Jb. Geol. u. Paläont. M. H., Jg 1953 (1954), S 157—174.
- Tricart, J., F. Joly et R. Raynal: Etude morphométrique de galetes nordafricains. Notes du Service géol. de Maroc 13, 1955, p. 49—83.
- Wiche, K.: Klimamorphologische und talgeschichtliche Studien im M'Gounggebiet, Mitt. Geogr. Ges. Wien 95 H 1—6, 1953, S 4. 14.
- Pleistozäne Klimazeugen in den Alpen und im Hohen Atlas. Mitt. Geogr. Ges. Wien 95, H. 7—12, 1953.
- Fußfläche im Hohen Atlas. Sitzber. österr. Akad. Wiss., math. nat. Kl., Abt. I. 164, Heft 607, 389—416.

Eingegangen bei der Schriftleitung am 10. März 1959.



KARTE DES VOM VERFASSER BEREISTEN TEILES DES TSCHADGEBIETES
gezeichnet unter Benützung der geologischen Karte von Französisch-Äquatorial-Afrika von G. Gerard

Maßstab 1:4.000.000
0 100 200 km

 Gebiete mit anstehendem oder sehr oberflächennahem festem Gesteinsuntergrund, hauptsächlich Kristallin

+++ Verwaltungsgrenzen (Außerhalb des Verwaltungsgebietes von Französisch-Äquatorial-Afrika wurden in die Karte keinerlei topographische oder geologische Eintragungen gemacht.)

--- Vom Verfasser zurückgelegte Wegstrecken