

*Kurt P. Unger  
Jena*

## KLIMAMORPHOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AN PLEISTOZÄNEN SCHOTTERKÖRPERN DER SAALE (Ein Beitrag zur Frage der klimabedingten Terrassenbildung)

### Zusammenfassung

Mit Hilfe von Schotteruntersuchungen, insbesondere durch Anwendung morphometrischer Messungen, gelang es während einer kürzlich durchgeföhrten Bearbeitung der mittel- und jungpleistozänen Schotterkörper der Saale einige Beiträge zur Frage der glazialklimatischen Terrassenbildung im allgemeinen zu sammeln. An der saale (riss) eiszeitlichen Hauptterrasse konnte der Aufschotterungsvorgang der ansteigenden Phase einer Kaltzeit verfolgt werden. In der Warmzeit fluviale Akkumulation nur im Unterlauf; mit Beginn der Kaltzeit — Gröberwerden der Schotterfazies — greift die Aufschotterung in einem feucht-kalten Klima rasch flussaufwärts; dieser Vorgang hält bis zum kalt-trockenem Hochglazial an. Im Gegensatz dazu liess sich an der würmeiszeitlichen Niederterrasse und den jüngsten Flusssedimenten der absteigende Abschnitt einer Kaltzeit rekonstruieren. Mit Beginn des Spätglazials wird der glazialklimatische Schotterkörper teilweise ausgeräumt; im Postglazial beginnt dann im Unterlauf wieder die Sedimentation feinkörniger Ablagerungen; die Auelehmssedimentation zeigt vermutlich den Eingriff des Menschen in diese Vorgänge an.

Das mittlere Saaletal — vom Austritt des Flusses aus dem Thüringer Schiefergebirge bis zur ehemaligen Rndlage der Saalevereisung im Raum Halle Weissenfels — war von jeher ob der lehrbuchhaften Ausbildung seines Terrassenstockwerkes bevorzugtes Arbeitsfeld für terrassenmorphologische Untersuchungen in Mitteldeutschland. Bei einer vor Jahren durchgeföhrten morphologischen Formengruppenkartierung des Talstückes zwischen Saalfeld und Jena (A. Steinmüller u. K. Unger 1953/54) ergaben sich damals Zweifel an den bisherigen Terrassengliederungen. Insbesondere bot die Auffassung der Soergelschule (4, 9) mit ihrer Vielzahl von Saaleterrassen und der daraus abgeleiteten „Vollgliederung des Eiszeitalters“ berechtigte Kritik, die eine möglichst exakte Neubearbeitung des Problemkreises wünschenswert erscheinen liess.

Die kürzlich abgeschlossene Untersuchung der postglazialen Saaleakkumulationen, die unter klimamorphologischen Gesichtspunkten durchgeföhrte worden war, ergab nun neben der Gliederung der mittel- und jungpleistozänen Terrassen<sup>1</sup> auch einige Anhaltspunkte zur Frage der klimabedingten Terrassenbildung im allgemeinen. Durch

<sup>1</sup> Die Auseinandersetzung mit den älteren Arbeiten über die Terrassen des Saaletales soll zusammen mit den Ergebnissen der noch laufenden Bearbeitung der praeelstereiszeitlichen Schotterkörper veröffentlicht werden.

günstige Aufschlussverhältnisse und mit Hilfe des reichen Bohrmaterials, das mir in sehr dankenswerter Weise von der Staatl. Geol. Kommission überlassen worden war, gelang es nicht nur die Diskrepanzen der älteren Arbeiten zu klären, sondern sowohl für den saaleeiszeitlichen als auch für den würmeiszeitlichen Schotterkörper den Ablauf der Akkumulationsprozesse in grossen Zügen zu rekonstruieren. Durch die Aufnahmen innerhalb der Mittel terrasse wurde so ein ansteigender Abschnitt einer Kaltzeit erfasst; das Niederterrassenschotterfeld und die jüngeren Sedimente gaben dagegen ein Bild der absteigenden Phase der letzten Vereisung in einem periglazialen Flusslauf.

Der charakteristischste morphologische Leithorizont des gesamten Saaletales ist die Mittel terrasse I. Fast über ihr gesamtes Laufgebiet begleiten oft 1 km breite Terrassenriedel die Saale zu beiden Seiten. Die Terrassenflächen können bei einer durchschnittlichen Höhenlage von 18—25 m über der heutigen Aue oft bis 30 m relativer Höhe zum ehemaligen Talrand hin ansteigen; gegen die Aue schliessen die Terrassenriedel meist mit einer scharf ausgeprägten Steilstufe ab. Nur im Bereich wenig widerstandsfähiger Gesteine ist die vordere Kante manchmal stark abgeschrägt und der Steilabfall zur Aue um einige Meter reduziert. Die Breitfähigkeit und der Erhaltungszustand der Terrassenreste wird durch die Tatsache unterstrichen, dass mehrere Städte und eine ganze Reihe dörflicher Siedlungen auf ihnen Platz gefunden haben.

In dieser Ausbildung und Höhenlage durchzieht die Mittel terrasse I das Saaletal bis in den Raum Halle/Weissenfels und verdient zu Recht den Namen: Haupt terrasse — wie sie von L. Siegert und W. Weissermel (8) bezeichnet wurde. Ihr Schotterkörper liegt im Randgebiet der Saalevereisung mit einer Mächtigkeit von 10—12 m zwischen 15 und 28 m über der Aue und verzahnt sich dort mit Bändertonen und Geschiebemergel der Saalevereisung (8, 7). Auch im mittleren Saaletal gehört zu der Haupt terrasse nach Aussagen von zahlreichen Aufschlüssen und nach Ausweis von Bohrungen auf Terrassenriedeln ein einheitlicher, ehemals 12—15 m mächtiger Schotterkörper, dessen Mächtigkeit nach den vormaligen Talrändern zu infolge Anstieges seiner unteren Grenzfläche abnimmt. Dieser Schotterverband fiel — nach einer spätisseiszeitlichen, fluviatilen Ausräumungsphase — der späteren periglazialen, Überarbeitung zum Opfer und ist uns heute nur noch in verhältnismässig spärlichen Resten auf den Terrassenriedeln erhalten. Die relative Höhe solcher Schotterlager kann je nach Lage im ehemaligen Schotterfeld zwischen 15 und 30 m schwanken. Dieses ist durch seine sehr grobe Schotterfazies deutlich als kaltzeitlicher

Verband charakterisiert und die Lagerungsbeziehungen zu den glazigenen Sedimenten des Saaleeises erweisen ja zudem eindeutig seine glazialklimatische Entstehung.

Unter dieser groben, maximal 12—15 m mächtigen kaltzeitlichen Fazies treten aber nun flussabwärts von Jena ab und zu recht feinkornige Saaleablagerungen auf, die gänzlich andere Transportbedingungen des Flusses anzeigen. Abbildung 1 zeigt die Lagerung solcher Sedimente und ihre Überdeckung durch den glazialklimatischen Verband

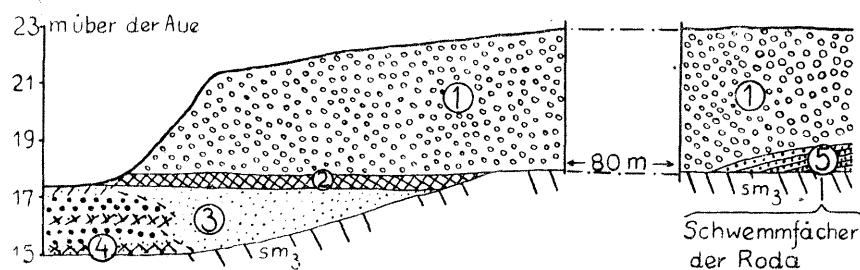


Fig. 1. Aufschluss in der Saalehauptterrasse bei Rüthen südlich Jena (K.P. Unger Mai 1954)

1. Saalegrobsschoffer; 2. Ton; 3. Feinsand; 4 lehm. Sand-Feinkies; 5. Schwemmfächer der Roda

in einem Aufschluss bei Jena, der bisher südlichsten Fundstelle. Schon E. Naumann (5) gibt an der Basis der Hauptterrasse bei Stöben Tone an und G. Sänger (7) beschreibt bei Uichteritz südlich Weissenfels im Niveau der Hauptterrasse einen „kleinschotterigen, sandreichen“ Kies, den er als Rest einer warmzeitlichen Saaleakkumulation ansieht, der bei der Aufschotterung der Hauptterrasse überdeckt wurde. In jüngerer Zeit wird in einer kritischen Betrachtung des Terrassenproblems der Saale (13) daran erinnert, dass im tiefsten Teil der Hauptterrasse von L. Siegert und W. Weissermel (8) eine warme Fauna angegeben wird. Diese Reste von *elephas antiquus var. trogontherii* und die warmzeitlichen Konchylien stammen aus den Kiesgruben, in denen G. Sänger seine warmzeitliche Schotterfazies der Saale fand! In der Hauptterrasse der Unstrut (8) und der Salzke (3) — beide münden in die Saale — fand sich im untersten Teil immer wieder *corbicula fluminalis*. Dazu tritt an der Salzke sogar *emys orbicularis* und ein Schneckenmergel mit *belgrandia marginata*. „Wir haben also bei der Hauptterrasse einen Schotterkörper vor uns, dessen untere Partie eine voll-interglaziale Fauna enthält, während die obere Partie unter glazialen Bedingungen abgelagert worden ist“ (13, s. 37).

Während also im unteren Laufabschnitt der Saale unter dem glazial-klimatischen Schotterverband der Hauptterrasse ein flussabwärts anscheinend mächtiger werdender warmzeitlicher Teil auftritt, sind im oberen Laufteil des Flusses (südlich Jena) bisher nirgendwo ähnliche Verhältnisse gefunden worden. Hier zeigen auch die am tiefsten im Profil liegenden Aufschlüsse an der Basis stets sofort die grobschotterige, kaltzeitliche Fazies! Wir werden auf diese Tatsache zurückkommen.

Mit Hilfe der morphometrischen Schotteranalyse wurde nun der glazialklimatische Grobschotterverband der Hauptterrasse, bei dem sich schon bei einer korngrößenmässigen Betrachtung leichte Veränderungen nach oben hin bemerkbar machen, näher untersucht. Dabei stützt sich die Bearbeitung auf den von A. Cailleux entwickelten „L'indice d'émoussé“. In allen aufgeschlossenen Schotterlagern der Hauptterrasse wurden zunächst Quarzschorter mit 30—60 mm grosster Länge gemessen und das Ergebnis in Morphogrammen<sup>2</sup> dargestellt. Diese wurden in Längsrichtung des Flusses und nach der relativen Höhenlage der Entnahmestelle innerhalb des Schotterstranges geordnet. — Schon bei dieser ersten Messreihe zeigte sich deutlich eine Wandlung der Transportbedingungen des Flusses während der Akkumulation des kaltzeitlichen Schotterverbandes der Saalehauptterrasse. Diese wird aber ganz deutlich, wenn man durch weitere Einschränkung der Größenklassen den Einfluss der Schottergröße auf den Zurundungssindex gänzlich ausschaltet, und z. B. 30—40 mm oder 50—60 mm grosse Schotter untereinander vergleicht. Dann zeigen alle Morphogramme aus gleicher Höhe des Schotterfeldes in sehr frappanter Weise, wie während des Gerölltransportes das dynamisch-statistische Gleichgewicht der Zurundung erhalten bleibt. Die Messungen in verschiedener Höhenlage des Schotterstranges ergeben aber im Extremfall zwei gänzlich verschiedene Morphogrammtypen (Fig. 2). Es lässt sich auf Grund der sehr zahlreichen Messungen der Schotterzurundung im Hauptterrassenschotterkörper der Saale sagen, dass gleichgrosse Gerölle gegen Ende der Akkumulation des Schotterfeldes merklich weniger gerundet wurden, als zu Beginn der kaltzeitlichen Aufschotterung. Da gleichzeitig mit dieser Änderung eine Veränderung der Körngrößen-zusammensetzung vor sich geht, kann

<sup>2</sup> Die Darstellung der Ergebnisse der Zurundungsmessungen in Diagrammform wurde von J. Tricart eingeführt und von ihm als „Histogramm“, später von H. Poser u. J. Hövermann als „Morphogramm“ bezeichnet. — Im übrigen sei wegen der Einzelheiten der Untersuchungsmethode auf die im Literaturverzeichnis angegebenen Arbeiten verwiesen.

man im grossen und ganzen zwei kaltzeitliche Schotterfazies unterscheiden: eine untere mit groben bis sehr groben Geröllen, die gut gerundet sind, und eine obere, etwas feinkörnigere mit weniger zugerundeten Schottern. Naturgemäß geht der Übergang von einer Fazies zur anderen allmählich vor sich, er kann aber, da der Einfluss anderer Faktoren (Gefälle usw.) nicht in Betracht kommt, nur die Folge einer klimabedingten Änderung der Wasserführung der Saale während der Saaleeiszeit gewesen sein. Beide Kriterien — Geringerwerden der Rundung und der Korngrösse — weisen aber auf ein Trockenwerden des Klimas im Verlauf dieser Vereisung. Wir erhalten also letzten Endes durch die Schotteruntersuchungen an der Saalehauptterrasse für die Saalevereisung eine Klimaabfolge, wie sie J. Büdel (1) für die Würmeiszeit aus dem Verhältnis Fliesserde Löss erbracht hat. Die tiefere Partie des glazialklimatischen Schotterkörpers der Hauptterrasse wurde im kaltfeuchten Frühglazial, die oberen Hori-zonte im kalttrockenen Hochglazial akkumuliert.

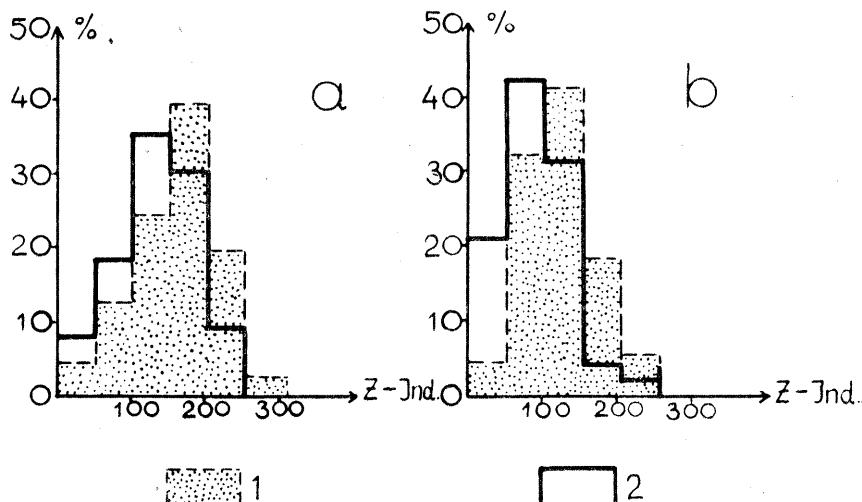


Fig. 2. Durchschnittsmorphogramme der Schotterzurundung im glazialklimatischen Hauptterrassenschotterfeld der Saale

a. untere Partie der Hauptterrasse; b. obere Partie der Hauptterrasse; 1. Schottergrösse: 30—40 mm;  
2. Schottergrösse: 50—60 mm

Im ganzen gesehen umfasst also die Akkumulation der Saalehauptterrasse den gesamten Zeitraum vom Mindel/Riss—Interglazial bis zum Höchststand der Saalevereisung, die *phase anaglaciale* im Sinne von L. Trevisan (10). Nur setzt eben die Aufschotterung in verschiedenen Teilen des Flusslaufes zu verschiedenen Zeiten ein. Während im Unterlauf warmzeitliche, früh- und hochglaziale Fazies

übereinander abgelagert wurden, im hier noch untersuchten Mittellauf lediglich hochglaziale Schotter über frühglazialen auftreten, ist zu erwarten, dass im Oberlauf die Aufschotterung erst im Hochglazial einsetzte<sup>3</sup>. Abbildung 3 stellt die Befunde an der Saalehauptterrasse in leicht schematisierter Form dar (Fig. 3). Dabei sei nochmals betont, dass für die Abbildung wie für die obige Darlegung die Ergebnisse der Geländeuntersuchungen aus didaktischen Gründen bewusst vereinfacht wurden. Der Fusspunkt der Tiefenerosion (12) oder *limite*

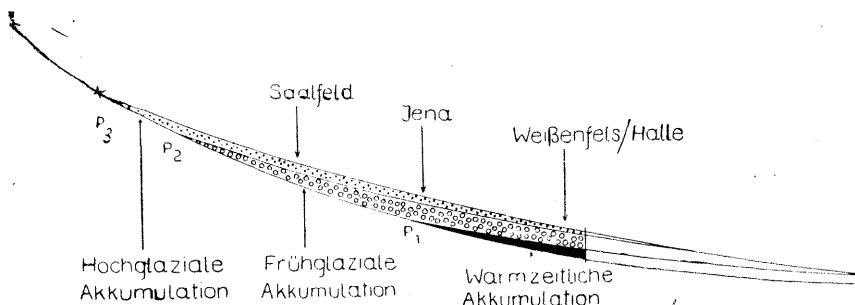


Fig. 3. Schematische Darstellung den Aufschotterungsvorganges des Hauptterrassenschotterkörpers der Saale (K. P. Unger, 1956) (Ohne Berücksichtigung des Eisvorstosses der Saalevereisung)

$P_1, P_2, P_3$  — Lage des Flusspunktes der Tiefenerosion

*climatique d'alluvionnement (10)* lag mit Ausgang der Praeriss—Warmzeit im Raume Jena; flussaufwärts war Erosions-, flussabwärts Akkumulationsgebiet. Mit Beginn der Saalevereisung, mit Gröberwerden der Schotterfazies greift die Aufschotterung sehr, sehr rasch flussaufwärts und erst im kalttrockenen Hochglazial wird bei grösstem Belastungsverhältnis des Flusses die höchste Lage des Fusspunktes der Tiefenerosion erreicht.

Im Gegensatz zu den Untersuchungen an der Saalehauptterrasse ergab die Bearbeitung des Sedimentkomplexes innerhalb der heutigen Talsohle des Saaletales nun Aufschluss über die absteigende Phase (*phase cataglaciale*) der Würmeiszeit. Hier gelang es insbesondere mit Hilfe der sehr zahlreichen Bohrungen im Bereich der grösseren Städte die morphologischen Vorgänge in diesem Zeitraum zu rekonstruieren. Die Entwicklung sei hier an Hand einiger Profile wiedergegeben.

<sup>3</sup> Leider ist dieser Laufabschnitt der Saale wegen der beiden im Schiefergebirge angelegten Talsperren für eine Bearbeitung nicht zugänglich.

Das Profil durch die Saaleaue bei Saalfeld (Fig. 4) kann als typisch für den Bereich des Mittellaufes des Flusses gelten. Die Talsohle wird hier von einem durchgehenden Grobschotterverband eingenommen, der abseits vom Fluss bis zur Oberfläche ansteht. Petrographisch und der Korngrössenzusammensetzung nach ist es die gleiche Geröllfazies wie die der Hauptterrassse und die Zurundung der zugänglichen oberen Partie entspricht ganz der hochglazialen Fazies des

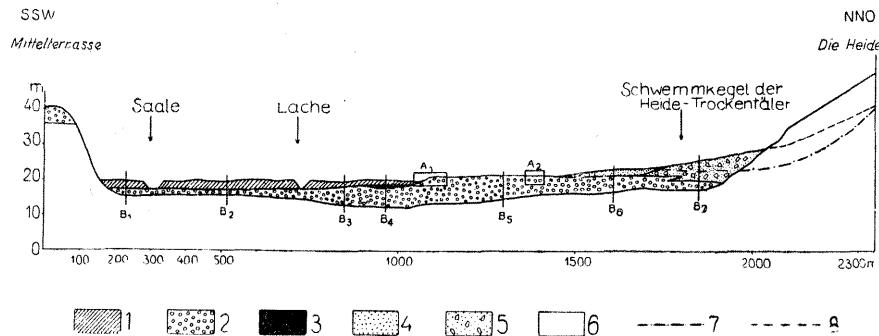


Fig. 4. Profil durch die Saaleaue im Mittellauf bei Saalfeld

1. Auelehm; 2. Saaleschotter; 3. Moorerde m. Schilfresten; 4. Schwemmsand; 5. Schwemmschutt; 6. Anstehendes; 7. heutige Längsprofile d. Trockentäler; 8. ehemalige Längsprofile d. Trockentäler; A<sub>1</sub>-A<sub>2</sub> — Aufschlüsse; B<sub>1</sub>-B<sub>7</sub> — niedergebrachte Bohrungen

kaltzeitlichen Hauptterrassenverbandes. Gegen das Buntsandstein-gebiet der „Heide“ hin verzahnt sich dieser jüngste Grobschötter-körper mit mächtigen periglazialen Schwemmfächern von Trocken-tälern, die heute durch die episodische Wasserführung dieser Gerinne tief zertalt sind. In der Nähe des Flusses ist das Schotterfeld ausgeräumt und in dem Ausraum liegt über den erodierten Grobschöttern der Auelehm. Die Bohrung 4 im Profil durchsank unter diesem einen zugetorften Totarm der Saale. Da der Auelembereich in diesem Laufabschnitt in der Regel 3—4 m unter der Oberkante der Grobschotter liegt und der Höhenunterschied im Gelände oft an einer kleinen Steilstufe zu erkennen ist, bezeichnen wir die Reste des Grobschotter-feldes als Niederterrasse, den Auelembereich als Aue. Flussabwärts bis in die Gegend von Jena sind diese Verhältnisse immer wieder zu beobachten.

Im Unterlauf der Saale dagegen ergibt die Auswertung der Bohrungen immer wieder andere Profile, von denen eines bei Naumburg (Fig. 5) hier wiedergegeben sein soll. Während die Bohrung auf der Niederterrasse 7,40 m Saalegrobschotter durchteuft, zeigen die beiden Bohrprofile in der Saaleaue nur rund 2,50 m Grobschotter an der

Basis. Zwischen der erodierten Niederterrasse und dem Auelehm schaltet sich hier aber noch ein feinkörniger Akkumulationskomplex der Saale ein. Tone Sande und Feinkiese, an anderen Stellen von Moorzwischenlagen durchsetzt, herrschen vor. Auch ist ein Höhenunterschied Niederterrasse/Aue kaum vorhanden.

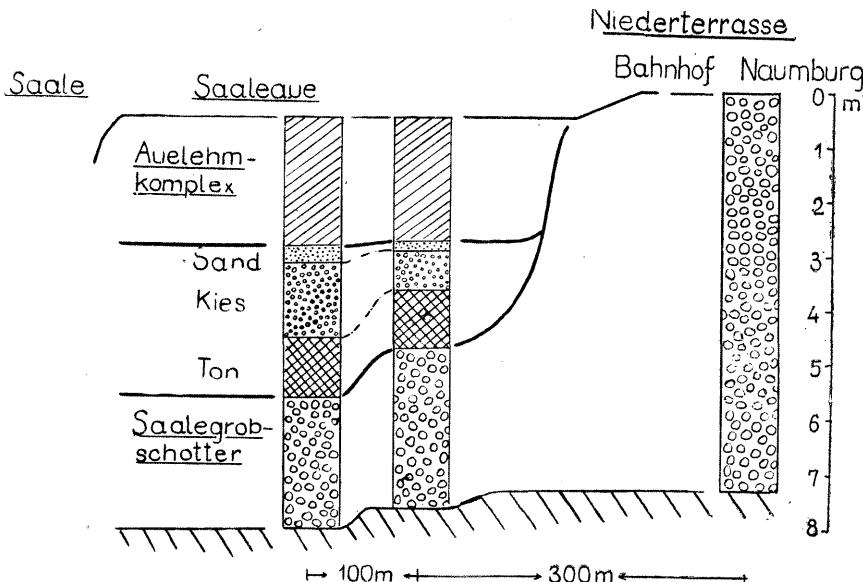


Fig. 5. Bohrprofile in der Talsohle des Saaletales bei Naumburg (K. P. Unger, 1955)

Das Niederterrassenschotterfeld ist nach Ausweis zahlreicher Kriterien bis zum Hochglazial der Würmeiszeit bei weit flussaufwärtiger Lage des Fusspunktes der Tiefenerosion akkumuliert worden. Mit Beginn des Spätglazials wurde dieser Punkt anscheinend schlagartig flussabwärts verlegt, die Saale räumte im gesamten hier untersuchten Laufabschnitt einen Teil dieses glazialklimatischen Schotterfeldes aus und begann im Postglazial im Unterlauf mit der Sedimentation von Tonen, Sanden und Feinkiesen. Leider lässt sich der Beginn dieser Akkumulation im Saalegebiet noch nicht angeben. Abbildung stellt die Vorgänge dieser jüngsten Entwicklung des Flusslaufes dar (Fig. 6). Dabei sind die noch jüngeren Veränderungen im Fluss (Beginn der Auelehm-ablagerung) sicher erst anthropogenen Ursprungs und als solche gesondert zu betrachten (vergl. dazu G. Reichelt, 6; K. J. Zandstra, 14). Führt man die Herkunft des Auelehms auf die vom Menschen ausgelöste Bodenerosion zurück, so möchte ich annehmen, dass die Ablagerung des Lehmes im Mittellauf der Saale eine Folge des Einbaues der sehr zahlreichen Stauwehre ist.

Überblicken wir zum Schluss dieser kurzen Betrachtung noch einmal die Ergebnisse der Geländeuntersuchungen an den mittel- und jungpleistozänen Schotterkörpern der Saale und die daraus abgeleiteten Vorstellungen über die Dynamik klimabedingter Terrassenbildung im ehemaligen Periglazialgebiet, so werden wir feststellen, dass bis zur endgültigen Klärung des Problemkreises noch eine Menge Ein-

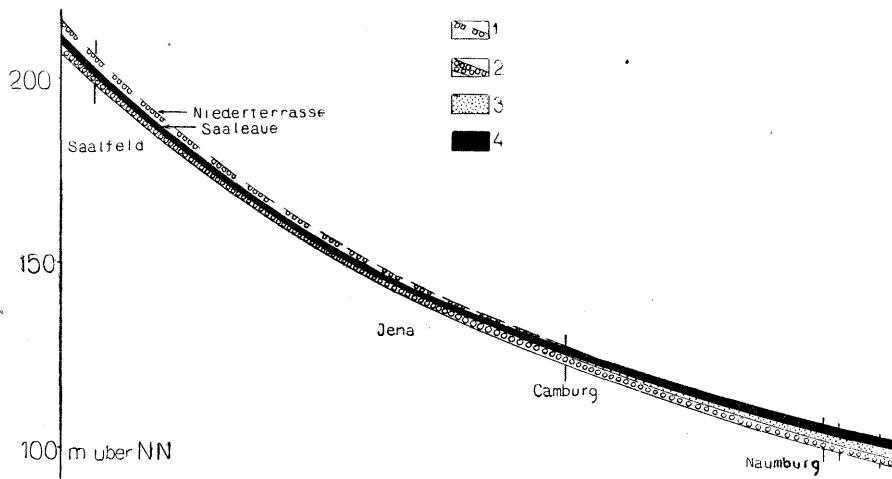


Fig. 6. Erosion und Akkumulation der Saale im Spät- und Postglazial (K. P. Unger, 1955)

1. Sohlengefälle zur Würmeiszeit; 2. Sohlengefälle nach der spätglazialen Ausräumung; 3. postglaziale Akkumulation im Unterlauf; 4. Auelchmbedeckung

zlarbeit geleistet werden muss. Und trotzdem ist zu hoffen, dass zur Zeit in Thüringen laufende Bearbeitungen der älteren Saaleschotterkörper und von Flussakkumulationen in anderen Teilen Mitteldeutschlands weitere Bausteine zur Vollendung des Gebäudes bereitgestellt werden.

#### Literatur

1. Büdel, J. — Die Klimaphasen der Würmeiszeit. *Naturwiss.*, Jhg. 37, 1950.
2. Hövermann, J., Poser, H. — Morphometrische und morphologische Schotteranalysen. *Proc. 3 Int. Congr. of Sedimentology Groningen-Wageningen*, 1951.
3. Mertin, H. — Das erstinterglaziale Vorkommen von *corbicula fluminalis* bei Köchstedt westlich Halle a. d. Saale. *Ztschr. f. Geschiebef.*, Bd. 16, 1940.
4. Müller, H. — Terrassen und diluviale Krustenbewegungen im Gebiet des mittleren Saalelaufes. *Mitt. Geogr. Ges.*, Jhg. 40, Jena 1933.

5. Naumann, E. — Über eine praeglaziale Fauna und über die Äquivalente der Ablagerungen des jüngeren Eises im Saaletal bei Jena. *Jhrb. d. Preuss. Geol. LA.*, Bd. 29, 1908.
6. Reichelt, G. — Über den Stand der Auelehmforschung in Deutschland. *Pett. Geogr. Mitt.*, 1953.
7. Sänger, G. — Über glaziale Einlagerungen in der Saalehauptterrasse der Umgebung von Weissenfels. *Beitr. z. Geol. Thür.*, 1, H. 6, 1927—28.
8. Siegert, L., Weissermel, W. — Das Diluvium zwischen Halle a. S. und Weissenfels. *Abh. d. Preuss. Geol. LA.*, NF., H. 60, 1911.
9. Toepfer, V. — Die glazialen und praeglazialen Schotterterrassen im mittleren Saaletal und ihre Stellung in der geologischen und astronomischen Gliederung des Eiszeitalters. *Ber. d. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.*, 32, 1, 1933.
10. Trevisan, J. — Genèse des terrasses fluviatiles en relation avec les cycles climatiques. *C. R. Congr. Intern. Géogr. Lisbonne 1949*, 2, 1950.
11. Tricart, J., Schaeffer, R. — L'indice d'émussé des galets, moyen d'étude des systèmes d'érosions. *Rev. Géomorph. Dyn.*, 1950, no 1.
12. v. Wissmann, H. — Über seitliche Erosion. *Coll. Geogr.*, 1, Bonn 1951.
13. Woldstedt, P. — Probleme der Terrassenbildung. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, Bd. 2, 1952.
14. Zandstra, K. J. — Die jungquartäre morphologische Entwicklung des Saartales. *Erdkunde*, Bd. 8, 1954.