

Glazial oder interglazial?

Gedanken zur zeitlichen Einstufung der Terrassen der Südostabdachung
der Alpen

RÜDIGER GERMAN, Tübingen

Inhaltsübersicht

- I. Einleitung und Problemstellung
- II. Die Ergebnisse von WINKLER v. HERMADEN
- III. Diskussion der Ergebnisse von WINKLER v. HERMADEN
- IV. Die Ergebnisse von FINK
- V. Diskussion der Ergebnisse von FINK
- VI. Gedanken über die mögliche Entstehung der Terrassenkörper der Südostabdachung und ihre mögliche zeitliche Einordnung
- VII. Zusammenfassung
- VIII. Literaturverzeichnis

I. Einleitung und Problemstellung

Im Sommer 1961 beschäftigte sich der Verfasser dank der Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft u. a. mit den Terrassen der Donau zwischen Ulm und Wien. Dabei konnten grundsätzlich neue Verhältnisse erkannt werden, welche eine modifizierte zeitliche Einstufung zumindest bei der Hoch- und Niederterrasse erfordern. Im Anschluß daran wurden einige neue Gedanken über das Schema der Erosion und Akkumulation entwickelt [GERMAN, 1964]. — Nach den Ergebnissen des Verf. sind an der Donau die Akkumulationen ein und desselben Schotterkörpers am Ober- und Mittellauf etwas verschiedenen Alters. Am Oberlauf haben wir im wesentlichen glaziale Akkumulation und spät- bzw. postglaziale Erosion [vgl. TROLL 1926]. Das Geschehen am Mittellauf, der im vorliegenden Fall etwa von Ulm bis mindestens Wien bzw. zur ungarischen Grenze gelegt wird, ist dagegen von hochglazialer und holozäner bzw. interglazialer Akkumulation bestimmt [vgl. BRUNNACKER 1956 b und 1960, GRAUL & GROSCHOPF 1952, GROSCHOPF 1961]. Diese interglaziale (bzw. holozäne) Akkumulation erfolgte auf die zuvor abgelagerten glazialen Schotter hinauf. Die glazialen Schotter der Würmeiszeit liegen somit im Raum Ulm—Wien (lokale Besonderheiten ausgenommen) unter den jüngeren Sedimenten des Holozäns begraben. Für das Wiener Becken haben diese Verhältnisse schon FINK & MAJDAN [1954] herausgearbeitet. Dabei wurde der Nachweis erbracht, daß die Akkumulation der Praterterrasse in ihren liegenden Teilen würmeiszeitlich erfolgte, während nur die hangenden Teile ins Holozän gehören.

Bei der Ausarbeitung der Ergebnisse an der Donau erinnerte sich der Verf. an die Diskussion über die zeitliche Zuordnung der Terrassen in der

Südostabdachung der Alpen. In den letzten Jahren spitzte sich diese Diskussion auf die Alternative glaziale oder interglaziale Entstehung zu. WINKLER v. HERMADEN [1955] beschreibt aus dem Einzugsgebiet von Mur, Drau, Save usw. zumeist interglaziale Terrassen, während FINK [1959 und 1961] auf Grund der bodenkundlichen Untersuchungen nur kaltzeitliche (glaziale) Terrassen kennt.

Es ist sowohl für die Gliederung und Stratigraphie des Quartärs als auch für die Kenntnis des Ausmaßes der Vereisung im Vergleich zu anderen Vergletscherungsgebieten wichtig, den Fragen glazialer oder interglazialer (bzw. kalt- oder warmzeitlicher) Entstehung der Terrassen nachzugehen. Der Verf. hat in absehbarer Zeit leider keine Möglichkeit, die Verhältnisse im Gebiet der Südostabdachung an Ort und Stelle selbst zu untersuchen. Es soll daher — mit allen Vorbehalten — der Versuch gemacht werden, auf Grund der Verhältnisse des nördlichen Alpenvorlandes und mit Hilfe der reichen Literatur die quartären Ablagerungen der Südostabdachung zu deuten. Vielleicht haben andere Kollegen die Möglichkeit, den angeschnittenen Fragen nachzugehen und die noch offenen Probleme weiterzuführen.

Ein derartiges Vorhaben, in die gegenwärtige Diskussion um die Terrasseneinstufung der Südostabdachung einzugreifen, mag zunächst vermessen erscheinen. Verf. hat beim Literaturstudium jedoch den Eindruck gewonnen, daß die Standpunkte der beiden Hauptvertreter nicht so verschieden sind, wie zunächst vermutet werden könnte. Beide Fachvertreter haben mit den ihren Fächern typischen Methoden gearbeitet, Geländebeobachtungen durchgeführt und auf Grund unseres bisherigen Wissensstandes ihre Ergebnisse gewonnen. Verf. hofft, daß einige seiner jüngsten Beobachtungen und die daraus gewonnenen Schlußfolgerungen aus dem nördlichen Alpenvorland in sinngemäßer Übertragung auf die Südostabdachung doch zu einer weiteren Klärung des Bildes der pleistozänen Terrassenbildung beitragen können.

Ein Vergleich nördliches Alpenvorland und Südostabdachung hat die Ausgangsbedingungen zu berücksichtigen. Auf die grundsätzlich ähnlichen Verhältnisse im nördlichen und südlichen Alpenvorland bei jeweiliger klimatischer Differenzierung hat verschiedentlich FINK [u. a. 1959, S. 8] hingewiesen. Die Südostabdachung stellt somit ein mit dem nördlichen Alpenvorland vergleichbares Klimagebiet dar. Gewisse Unterschiede beider Gebiete liegen im Landschaftsbau, der schon durch die Namengebung nördliches Alpenvorland und Südostabdachung herausgestellt wird. Weitere Unterschiede sollen in den einzelnen Abschnitten im Zusammenhang besprochen werden.

II. Die Ergebnisse von WINKLER v. HERMADEN

Welche Gesichtspunkte führten WINKLER v. HERMADEN [1955] zur Zuordnung des größten Teils seiner Terrassen in die Interglazialzeiten? In seinem engeren Arbeitsgebiet findet er zwei Gruppen von Terrassen:

- a) Terrassen mit reinem Schotter- und Sandmaterial,
- b) Terrassen mit mächtiger Lehmbedeckung (10 bis 20 m Lehmbedeckung).

Die Gruppe (a) schließt sich im wesentlichen an die würmeiszeitlichen Moränen an. Diese werden daher als sicher glaziale Akkumulationen eingeordnet. Außerdem werden noch bescheidene Reste einer höheren glazialen Schotter-

terrasse aufgefunden, die folglich in die Rißeiszeit gestellt wird. Die zeitliche und klimatische Zuordnung dieser Bildungen steht daher nicht zur Diskussion.

Alle anderen Terrassen des Untersuchungsgebietes (Gruppe b) sind dagegen „Lehmterrassen“ und sollen interglazialen Alters sein. Als Begründung führt WINKLER v. HERMADEN [1955, S. 40] an:

1. Sie zeigen einen ganz anderen vertikalen Aufbau als die nachweislich wärmezeitlichen Schotterakkumulationen.

2. Sie können weit in die ungarische Tiefebene hinein verfolgt werden (im Gegensatz zu den sicher glazialen Terrassen).

3. Sie zeigen keine Anzeichen glazialen Transports.

4. Bodenkundliche Untersuchungen ergaben warmzeitliche Bildung.

5. In den höchsten Terrassen sind silikatische Rotlehme weit verbreitet.

6. Die Terrassen der Südostabdachung haben in Österreich zwar keine paläontologischen Funde erbracht, doch lassen die auf gleichalten Terrassen Ungarns gefundenen Fossilien keinerlei glaziale Einflüsse erkennen. Aus Analogiegründen wird daher für die Steiermark Gleiches angenommen.

7. Die alluvialen Sedimente zeigen den „gleichen Schichtenaufbau“ und „analoge Mächtigkeit“ ... „wie die lehmbedeckten Quartärfluren“. WINKLER v. HERMADEN [1955, S. 41] kommt deshalb zu dem Schluß: „Es wäre daher widersinnig, aus dem Verband der in etwa sieben Niveaus übereinander auftretenden, mit Lehmen bedeckten Terrassen die heutige Alluvialflur, welche ihnen als 8. Niveau organisch zugehört, herauslösen zu wollen“ (Zitat im Original sperrgedruckt).

III. Diskussion der Ergebnisse von WINKLER v. HERMADEN

A. Die zeitliche Stellung der „interglazialen Terrassen“

Es erhebt sich nunmehr die Frage: Inwieweit sind diese Punkte (1—7) für die Zuordnung eines interglazialen Alters der Lehmterrassen beweiskräftig?

Zu 1. Der Vergleich mit den holozänen Bildungen der Flußläufe und ihrem Auelehm ist bestimmt wertvoll und liefert Anhaltspunkte für eine zeitliche Einordnung [WINKLER v. HERMADEN 1957, S. 330]. — Alluvionen, welche durch menschliche Eingriffe (Rodung) im Holozän entstanden, sind in den Interglazialen allerdings nicht zu erwarten. — In diesem Zusammenhang sind folgende Angaben von WINKLER v. HERMADEN [1955, S. 22 bzw. 32] wichtig: „Das Alluvium, welches ab Graz die Mur als ein nur mäßig breiter Saum begleitet, erweitert sich unterhalb von Leibnitz bedeutend“. Weiter heißt es [l. c., S. 23] „Einige Kilometer unterhalb von Leibnitz hört der spätglaziale Schwemmkegel auf und die postglazialen alluvialen Schuttfächer setzen die breiten Talböden bis zur Mündung ins Drautal zusammen. Ich konnte im Raum unterhalb von Leibnitz keine Spuren der rein aus Schottern bestehenden letzteiszeitlichen bzw. späteiszeitlichen Ablagerungen mehr feststellen“.

Diese Beobachtungen aus der Steiermark unterscheiden sich gar nicht so grundlegend von denen im nördlichen Alpenvorland, wie man vielleicht zuerst annehmen könnte. Vielmehr ist es ganz natürlich, daß als Folge der spät- und postglazialen Erosion am Oberlauf talab Akkumulation erfolgt. In zeitlicher Reihenfolge gesehen handelt es sich dabei zunächst um die kaltzeitliche Akkumulation von Schottern am Oberlauf bzw. am Mittellauf eines

Flusses. Der auf diese Weise hochglazial verstellte Oberlauf wird spätglazial und postglazial erodiert, damit die Flußkurve wieder den inzwischen veränderten Verhältnissen nach Abschmelzen des Eises angepaßt wird. Damit ist der Vorgang im Prinzip der gleiche wie derjenige bei der Trompetentalbildung im Sinne von TROLL [1926], nur daß der Vorgang nicht mit dem frühen Spätglazial (oder dem späten Hochglazial) aufhört, sondern — vermutlich mit Unterbrechungen — bis in die Gegenwart weiterläuft. Sichere Beweise für holozäne Verschüttungen der Flußläufe bzw. holozäne Überschüttungen letzteiszeitlicher Schotter haben für verschiedene Stellen des nördlichen Alpenvorlandes GRAUL & GROSCOPF [1952], GROSCOPF [1961], BRUNNACKER [1960] und FINK & MAJDAN [1954] erbracht. Dabei gelang es beispielsweise nachzuweisen, daß die untersuchten Aufschüttungen im Illerschwemmkegel teilweise erst vor kaum 2000 Jahren erfolgten. [GROSCOPF 1961]. Bei diesen Aufschüttungen im nördlichen Alpenvorland handelt es sich aber oft um eine relativ dünne, mehrere Meter mächtige Überdeckung der hoch- bzw. spätglazialen Schotter und Sande. Im Liegenden treten überall die älteren hochglazialen Ablagerungen auf.

Bei einem Vergleich verschiedener Seiten der Alpen ist aber noch zu berücksichtigen, daß die Entwässerungsverhältnisse der Südseite der Alpen von denjenigen der Nordseite teilweise abweichen. Im Norden fließen, abgesehen von Rhone und Rhein, alle Schmelzwässer zur großen Sammelader Donau. Im Osten der Alpen war das Vergletscherungsphänomen und damit natürlich auch die Schotterlieferung der Schmelzwasserläufe viel geringer als im Westen. Trotzdem haben die riesigen Massen der Schmelzwasserprodukte aus dem Einzugsgebiet der hochglazialen oberen Donau (einschließlich großer Teile des Rheingletschers) der mittleren Donau ihren Stempel aufgedrückt. Ohne die Zuflüsse der oberen Donau mit ihrer reichen Schotterführung wären die Schotterkörper an der mittleren Donau zweifellos nicht so mächtig geworden. Diesen mächtigen kaltzeitlichen Schottermassen stehen relativ wenig warmzeitliche gegenüber.

Im Süden der Alpen und im Südosten hat fast jedes einzelne Vergletscherungsgebiet auf große Längserstreckung seinen eigenen Abfluß. Außerdem hat das gegenüber der Nordseite kleinere Vergletscherungsphänomen zu geringerer Schotterbildung geführt. Es ist daher zu prüfen, ob event. die interglaziale Akkumulation (dabei kann selbstverständlich auch umgelagertes kaltzeitliches Material beteiligt sein) im Süden und Südosten der Alpen mengenmäßig die kaltzeitliche etwa übertrifft. Unter diesen Umständen könnte im Südosten der Alpen die interglaziale Bedeckung der glazialen Schotterkörper vielleicht weiter talauf in Richtung zu den Maximalmoränen reichen als im Norden. Jedoch ist bei diesen Überlegungen auch das Gefälle der einzelnen Flüsse in Rechnung zu stellen.

Bei einem Vergleich mit der Südostabdachung scheint mir auf alle Fälle der Gesichtspunkt der Bedeckung älterer Schotter durch jüngere besonders wichtig. Aus einigen Arbeiten von WINKLER v. HERMADEN [1955, S. 23 und 32] kann man leicht den Eindruck gewinnen, daß seiner Ansicht nach die wärmezeitliche Schotterakkumulation unterhalb von Leibnitz aussetzt. Andere Stellen — besonders in seinen Anmerkungen — zeigen jedoch andere Ansichten. So unterscheidet WINKLER v. HERMADEN [1955, S. 34, Anm. 29] verschiedene Teile des Schotterkörpers. Über die Verhältnisse im Leibnitzer Feld schreibt er: „Ich betone aber ausdrücklich, daß in den tieferen Teilen der jungquartären

Schotterkörper im Leibnitzer Feld teilweise auch die älteren würmeiszeitlichen bzw. spätwürmeiszeitlichen Aufschüttungen vertreten wären“. In WINKLER v. HERMADEN [1960 a, S. 210, Anm. 1] heißt es: „Infolge Mächtigkeitsabnahme der Würmaufschwemmungen von Graz talabwärts... sinken die jungquartären Schotter unterhalb von Leibnitz vermutlich allmählich auskeilend, unter das Holozän ab.“ Es scheint, daß WINKLER v. HERMADEN [1955] einer Umlagerung glazialer Sedimente nur Bedeutung beimißt, soweit es sich um Trompetentalbildung etwa bis zum Spätglazial handelt. Die daraus folgende Gesteinsumlagerung dürfte vermutlich bis zum Leibnitzer Feld reichen (s. o.). Die Möglichkeit einer Fortsetzung der Terrassen — besser wohl Schotterkörper — wird im Anschluß an SÖLCH [1917] von WINKLER v. HERMADEN [1955, S. 35] zwar nicht ausgeschlossen, aber offensichtlich etwas skeptisch beurteilt, da es dort heißt: „soweit solche sich dort überhaupt gebildet hatten“. Weiter lesen wir bei WINKLER v. HERMADEN [l. c.]: „vermutlich setzte dann dort an Stelle der Akkumulation talabwärts Erosion im Talboden ein“. Selbstverständlich muß es im Längsprofil der Flüsse von einem bestimmten Zeitpunkt an im Pleistozän auch einmal zur Erosion gekommen sein. Das Auskeilen der glazifluvialen Schotter dürfte von WINKLER v. HERMADEN [l. c.] aber wohl zu rasch angenommen werden. Der angegebene Zeitpunkt der Erosion erscheint außerdem nicht ganz richtig gewählt, zumal die Erosion im Laufe der Zeit talauf schreitet.

Bei der geröllreichen Sammelader des nördlichen Alpenvorlandes, der Donau, rechnet WINKLER v. HERMADEN [1957, S. 731] damit, „daß die Schotterführung der eiszeitlichen Flüsse“ ... bis ... „in das große ungarische Becken hineinreicht“. Bei diesen Überlegungen konnte WINKLER v. HERMADEN [l. c.] allerdings die inzwischen erkannte holozäne Schotterüberdeckung der glazifluvialen Ablagerungen noch nicht berücksichtigen.

Vielfältige Beobachtungen im nördlichen Alpenvorland ergaben, daß die glazifluvialen Schotterkörper talab zwar geringere Mächtigkeit als oberhalb aufweisen, jedoch bis Wien keineswegs auskeilen. Sie werden dafür von jüngeren Ablagerungen zugedeckt, wie sedimentologische und paläontologische Methoden zeigen. Diese Überdeckung erfolgt wiederholt. — Wir haben uns diesen Vorgang der fortgesetzten Überlagerung etwa folgendermaßen vorzustellen: Der Schwemmkegel des ersten Trompetentalniveaus überlagert das Niveau des hochglazialen Sanders des Maximalstandes, der Schwemmkegel des zweiten Trompetentalniveaus dasjenige des ersten Trompetentalniveaus usw. Auf diese Weise wandern die Schwemmkegel talab, bis einmal die ersten holozänen Überschwemmungen die letzten spätglazialen Bildungen überdecken usw. Auf diese Weise wird die Flußkurve wieder ausgeglichen, nachdem sie zuvor durch die Akkumulation der glazifluvialen Schotter beim Gletschervorstoß stark verändert worden war.

Im Schotterkörper finden wir bei diesen Bildungen am Oberlauf eine trompetenförmige oder schlauchartige Rinne, die sich schließlich mächtig verbreitert, wenn die bisherige Rinne das Niveau der Schotter, die Oberfläche, erreicht hat. Nunmehr können die Wassermassen in breiter Front die älteren Schotter, in die sie kurz zuvor noch eingesenkt waren, zudecken. Dabei bildet sich gelegentlich am Rand zu den älteren Schottern eine kleine Kante von maximal 0,5 bis etwa 1 m Höhe aus. Mit der Überdeckung der älteren Schotter in breiter Front kann der Fluß schlagartig die ganze Breite des Tales beherrschen und überschwemmen. Ein derartiger Vor-

gang scheint sich bei Leibnitz abzuspielden. Die holozänen Akkumulationen überschwemmen die spätglazialen Schwemmkegel der Mur, deren spätglaziale Schotter im Untergrund unter der holozänen Bedeckung wohl weiterführen dürften. Auf Grund der Beobachtungen im nördlichen Alpenvorland ist keineswegs anzunehmen, daß die würmeiszeitlichen Schotter unter der holozänen Bedeckung etwa nicht weiterführen sollten.

Sind nun die anderen Gesichtspunkte (vgl. S. 2), welche WINKLER v. HERMADEN [1955, S. 40] anführt, für ein interglaziales Alter der Terrassen beweiskräftig?

Zu 2. Wie schon erwähnt, läßt sich die würmeiszeitliche Akkumulation wahrscheinlich nur deshalb nicht weiter in die ungarische Tiefebene hinaus verfolgen, weil diese kaltzeitlichen Schotter unter holozänen Ablagerungen verschüttet sind. Entsprechend können die älteren glazialen Schotterkörper natürlich auch eine interglaziale Überdeckung (Deckschichten) tragen, die unter Umständen weit in die ungarische Tiefebene reicht. Wenn die Oberfläche eines Schotterkörpers warmzeitlicher Entstehung ist, darf aber noch keineswegs auf die gleichzeitige Bildung des ganzen Schotterkörpers im Liegenden geschlossen werden. — Es besteht auf Grund der Ergebnisse im nördlichen Alpenvorland die Möglichkeit, daß in den anderen quartären Bildungen der Südostabdachung unter einer warmzeitlich gebildeten Decke ebenfalls kaltzeitliche (glazifluviale) Sedimente erhalten sind (vgl. auch Kap. VI e).

Zu 3. Die Anzeichen glazialen Transports. Darunter werden vermutlich gekritzte Geschiebe verstanden. Diese sind, wie wir wissen, wenige hundert Meter nach dem Gletschertor völlig verschwunden. Wir dürfen daher nicht einmal in den Schottern, „welche dem Endmoränengebiet von Judenburg näher liegen“ [WINKLER v. HERMADEN 1955, S. 40], unmittelbare Spuren des Gletschers erwarten. Beweisend sind die Verzahnung der glazifluvialen Schotter mit der Endmoräne, der eventuelle Übergang der Vorstoßschotter in den Sander (die glaziale Serie i. S. von PENCK-BRÜCKNER 1909), sowie die Struktur und Morphologie der Schotter und Sande. Nach ersten Ergebnissen des Verf. [GERMAN, 1964] scheint es Kriterien dafür zu geben, um interglaziale Sande von glazialen zu trennen. Diese und andere (bes. paläontologische) Kriterien müssen erst ausgeschöpft werden, ehe die interglaziale Natur bestimmter Schotter gesichert erscheint.

Zu 4. und 5. Die Ergebnisse der bodenkundlichen Untersuchungen beruhen auf Arbeiten von KUBIENA. — Es ist z. B. recht gut vorstellbar, daß auf einer kaltzeitlichen Akkumulation im nächsten Interglazial eine Bodenbildung mit entsprechendem Charakter entsteht (Dieser Fall ist rund um die Alpen meist die Regel). Aber wieder sagt eine an der Oberfläche des Schotter-Lehmkörpers entstandene Schicht allein noch nicht viel über die Entstehungsbedingungen (Sedimentationszeit) des Liegenden aus. Nehmen wir gar mit WINKLER v. HERMADEN [1955] eine interglaziale Akkumulation der Schotter an, so wäre darauf eine Bodenbildung im gleichen Interglazial zwar möglich, wenn auch wohl nicht besonders verbreitet. In diesem Fall dürfte allerdings die Entwicklung dieser Böden, die doch laufend zugeschüttet worden sein müssen, kaum eine Entwicklung auf silikatische Rotlehme genommen haben. Auelehme oder Grundwassergley dürften in diesem Fall zu erwarten sein. Die Verwitterung zu den von WINKLER v. HERMADEN angeführten Böden ist zweifellos erst nach ihrer Heraushebung aus der Talaue erfolgt, als sie nicht mehr überflutet wurden.

Das war aber frühestens in demjenigen Glazial oder Interglazial möglich, das WINKLER v. HERMADENS [1957] Annahme nachfolgt.

Zu 6. Die paläontologischen Belegstücke in Ungarn wurden meist in den oberen Teilen des Schotterkörpers gefunden. Auch diese sagen, wie oben angeführt, wieder wenig über die Entstehung der liegenden Teile der Schotter aus [vgl. GERMAN 1964]. Auf Grund des Fazieswechsels im Längsprofil des Schotterkörpers ist ein Analogieschluß z. B. vom Unterlauf auf den Oberlauf in diesem Fall nicht statthaft.

Zu 7. Selbstverständlich müssen die verschiedenen Terrassen-niveaus im Verband untersucht und gesehen werden. Es erscheint wirklich unwahrscheinlich, daß nicht alle Bildungen in ähnlicher Weise entstanden sind. Das muß aber keineswegs im Sinne einer einheitlichen interglazialen Bildung ausgelegt werden. Wie angeführt, lassen die Ergebnisse aus dem nördlichen Alpenvorland die Gründe für eine rein interglaziale Zuordnung der Lehmterrassen der Südostabdachung fragwürdig erscheinen. Ebenso dürfte eine rein kaltzeitliche Bildung der Terrassen auszuschließen sein. — Die große Leistung in der Herausarbeitung des geologischen Kräftespiels in der Steiermark und in den Ostalpen durch WINKLER v. HERMADEN [u. a. 1955, 1957] soll hier nicht verkannt werden. Lediglich die Entstehungszeit der Aufschüttungen scheint in gewisser Weise revisionsbedürftig zu sein. Die Zuordnung in die Interglaziale ist trotz der zahlreichen Argumente nicht zwingend.

Es erhebt sich daher die Frage: Inwieweit dürfen die aktuogeologischen Verhältnisse der heutigen Talau auf die Interglaziale allgemein extrapoliert werden? — Die Antwort kann nur eine sorgfältige Untersuchung der hangenden Schichten der Schotterakkumulation zeigen. Die Schotter bilden ja an der Südostabdachung überall die Basis der Terrassenkörper. Ihnen sitzen die Lehmschichten auf. WINKLER v. HERMADEN [1955] nennt die hangenden Teile der Ablagerungen Decklehme, ohne in der Literatur eine Gliederung derselben anzuführen. Auf die Besprechung dieser Ablagerungen soll im Abschnitt VI näher eingegangen werden. — Im Anschluß an BRUNNACKER [1953] und FINK [1956] hat GERMAN [1961] wieder auf die Bedeutung der Deckschichten pleistozäner Sedimente im nördlichen Alpenvorland hingewiesen. Nur eine sehr sorgfältige Analyse dieser Deckschichten kann zu brauchbaren Ergebnissen über die Altersstellung der Terrassen führen. Gerade bei der besonders starken Mächtigkeit der Lehme über den Schotterkörpern der Südostabdachung liegt eine Untergliederung dieses Lehmkomplexes besonders nahe.

B. Die Datierung der Rutschungen

In diesem Zusammenhang soll wegen ihrer zeitlichen Einordnung auch noch auf die Rutschungen im Murbereich eingegangen werden. WINKLER v. HERMADEN [1955, S. 3—21 und 1960 b, S. 345] stellt diese Vorgänge ins Holozän (bes. ins Altalluvium) und in die Interglaziale. Als Begründung für diese Zuordnung werden angeführt:

1. Die Großrutschungen wurden „in die heutige Talsohle vorgepreßt“ und sind „daher jünger als die letzte große Talausformung“ [WINKLER v. HERMADEN 1955, S. 19].

2. Die Großrutschungen werden „unmittelbar von den alluvialen Bildungen überlagert“, „ohne daß im Kontaktbereich Reste jungdiluvialer Terrassen dazwischengeschaltet wurden [WINKLER v. HERMADEN 1955, S. 11].

3. Die Sohle der Großrutschungen reicht oft „unter die alluvialen Aufschwemmungen“ hinab [WINKLER v. HERMADEN 1955, S. 19]. Ähnlich argumentiert WINKLER v. HERMADEN [1960 b, S. 345].

Unter dem Gesichtspunkt der spät- und postglazialen Überdeckung hochglazialer Schotterfelder sind die vorstehend angeführten Punkte für die zeitliche Einstufung der Rutschungen aber nicht mehr beweiskräftig.

Zu 1. und 3. Die letzte große Talausformung in der Steiermark erfolgte zweifellos in der Würmeiszeit. Die Beobachtungen und Schlußfolgerungen durch WINKLER v. HERMADEN [1955, S. 19] stehen daher durchaus in Einklang mit der bisher allgemein vertretenen Ansicht. Nach der Talausformung erfolgte schließlich wieder einmal Akkumulation. Rutschungen, welche während dieser Auffüllung der Talsohle erfolgten, also während der Akkumulation (z. B. im Hoch- und bes. im Spätglazial), können aber von der heutigen Oberfläche aus gesehen das gleiche Bild zeigen, wie diejenigen, welche vor der Akkumulation während der Talausformung (Erosion) niedergegangen sind. Da die Täler der Steiermark recht ungleiche Querschnitte aufweisen [WINKLER v. HERMADEN 1960 a, S. 211 und BISTRICHAN 1940, S. 241], wäre z. B. auch das Fehlen von Schottern im Liegenden eines Hangrutschs (und unmittelbar über dem anstehenden Gebirge) kein Beweis gegen Hangrutschungen während der Aufschüttung des (noch etwas tiefer fließenden) Flusses. Das Niedergehen von Rutschungen während der Akkumulation, ist auf Grund des vorliegenden Beobachtungsmaterials durchaus möglich. Die vorstehende Argumentation soll selbstverständlich keinesfalls ausschließen, daß auch später, bis in die Gegenwart hinein, Rutschungen erfolgt sind. Die Tatsachen zeigen ja deutlich deren Auftreten. Es geht hier lediglich um die zeitliche Stellung der Mehrzahl der Rutschungen, um die zeitliche Zuordnung der besonders intensiven Abtragung der Landschaft. Diese scheint zu gewissen Zeiten recht kräftig erfolgt zu sein. Für diese Vorgänge bietet sich eine vegetationsarme oder vegetationslose Zeit viel eher an als ein Interglazial (vgl. u.).

Zu 2. Im Liegenden der alluvialen Aufschwemmungen dürfen wir auch im Murgebiet (und in vergleichbaren Tälern) mit großer Wahrscheinlichkeit die spät- und hochglazialen Schotter erwarten. Sie sind entsprechend der oben dargelegten wiederholten Überschüttungen am Mittel- bzw. Unterlauf der Flüsse unter den jeweils jüngeren Ablagerungen begraben. Innerhalb der Sedimentationsperiode (eines Schotterkörpers) haben wir somit das älteste unten und das jüngste oben. Die Bildungen, die älter als die Talausformungen sind (z. B. mittelpleistozäne Terrassen), liegen in Form von Terrassen oberhalb am Hang.

Wir dürfen daher im mittleren Flußbereich (etwa unterhalb von Leibnitz) gar nicht mehr mit dem Auftreten jungpleistozäner (würmeiszeitlicher) Terrassen rechnen, da die Schotterkörper dieser Zeit unter jüngeren Aufschwemmungen begraben liegen.

Die geologische Situation der Rutschungen zeigt somit nur an, daß sie in den Zeitraum zwischen Talausformung und Holozän zu legen sind. Das von WINKLER v. HERMADEN [1955 und 1960 b, S. 345] erwogene Maximum der Rutschungen „am Beginn des Postglazials (Ende des Spätglazials)“ erscheint daher auf Grund seines Beobachtungsmaterials zwar durchaus möglich. Es liegt m. E. allerdings wesentlich näher, die Vorgänge noch weiter an das Spätglazial heranzuschieben. Gerade im Spätglazial müssen wir — am Ende

der Periode des Dauerfrostbodens und vor Beginn der Wiederbewaldung — mit Bewegungen (klastischer) Sedimente an geneigten Hängen in bevorzugtem Maße rechnen. Zuvor hat im Hochglazial — abgesehen von der dünnen sommerlichen Auftauschicht — der Dauerfrostboden die Gesteinsmassen zusammengehalten. Im Holozän sorgte die Vegetation in ähnlicher Weise und verhinderte somit rasche Abtragung (vgl. soil erosion!).

Deshalb muß es in der dazwischenliegenden Zeit des Spätglazials, als der Dauerfrostboden abtaute, gerade in den oberflächennahen Bereichen, z. B. über dem verbliebenen Frostboden oder in den stark wasserhaltigen oder oberflächennahen Schichten zu Rutschungen großen Ausmaßes gekommen sein. Aus allen Teilen der Alpen sind uns gerade aus dem Spätglazial starke Abtragungsercheinungen bekannt, welche in Becken- und Tallandschaften zu rascher Auffüllung der Seen und Mulden geführt haben. Es liegt daher nahe, für das Murgebiet ähnliche Zustände anzunehmen, zumal die Eingliederungszeit der Rutschungen keineswegs dagegen spricht.

Die Zuordnung älterer (vorwürmeiszeitlicher) Rutschungen, die von WINKLER v. HERMADEN [1955] grundsätzlich nur in die Interglaziale gelegt werden, muß entsprechend den vorgebrachten paläoklimatischen Überlegungen überprüft werden. Zusammenfassend darf daher festgestellt werden, daß auf Grund der neuen Anschauungen über die Flußarbeit [GERMAN 1964] die zeitliche Eingliederung der Hangrutschungen neu bearbeitet werden sollte.

IV. Die Ergebnisse von FINK

Es ist das unbezweifelbare Verdienst von FINK [1959, 1961], die Deckschichten, die auf den Schotterkörpern der Südostabdachung liegen, näher untersucht und aufgegliedert zu haben. Seine wichtigsten Ergebnisse sind:

1. Die Decklehme zeigen bei genauer Untersuchung mehrere Schichten, sind also keine einheitliche (auelehmartige) Bildung.
2. Die Decklehme zeigen teilweise mehrere fossile Böden.
3. An der Basis der Decklehme tritt über dem Schotter meist ein Grundwassergley auf.
4. Die Decklehme sind primär zumeist äolischer Entstehung.

Im Einzelnen kann zu diesen Punkten angeführt werden: Die mehrschichtige Zusammensetzung der Decklehme geht nach FINK [1961, 141 ff.] aus den Einzelschichten der Profile hervor. Es werden dazu angeführt:

- solifluidal gestörte Lehme,
- Tagwassergley,
- Grundwassergley,
- fossile Bodenhorizonte (B-Horizonte),
- Schotterschnüre, die bergwärts auskeilen,
- äolische Staublehme und
- fluviatile (verschwemmte) Lehme.

Diese Aufzählung zeigt, daß die Deckschichten der Schotter recht komplex zusammengesetzt sein können. Die Mächtigkeit der Lehmdecke von 8 und mehr Metern [FINK 1961, S. 154] unterstreicht dies noch. Sie dürfte daher kaum generell als Auelehme erklärt werden können. Allerdings hebt FINK [1959] deutlich hervor, daß ein Erkennen der einzelnen Schichten (besonders wohl für den Nichtbodenkundler) nicht einfach ist.

Für die weitere Diskussion ist „das Grabenland mit seinen Terrassen . . . als Schlüsselstelle der Südostabdachung“ zu bezeichnen [FINK 1961, S. 162], „weil

die hier akkumulierten Schotter einem Fluß entstammen, dessen Ende mit einem Gletscher in Verbindung gestanden hatte und daher ebenso wie an den großen Strömen der Nordabdachung der glaziale Einfluß zur Geltung kam, mit dem periglazialen verschmolz und so die vielgliedrigen Terrassentreppen einen Spiegel des quartären Klimarhythmus darstellen. Ebenso widmet WINKLER v. HERMADEN [z. B. 1955] diesem Gebiet ja breite Darstellung und verschiedene Skizzen. In der Bedeutung dieses Gebiets stimmen daher beide Autoren überein.

Bemerkenswert für das Verständnis der Bildung der Deckschichten „ist das Fehlen einer Verwitterung an der Schotteroberkante“ [FINK 1961, S. 164, letzte Zeile, Original nicht gesperrt!]. „An Stelle dessen tritt ein Grundwassergley auf“ [FINK 1961, S. 165, erste Zeile]. In der Anmerkung auf der gleichen Seite wird dann vermerkt: „Die für die Nordabdachung charakteristischen Bodenbildungen an den Schotteroberkanten sind an der Südostabdachung sehr selten“. — Ähnliche Anzeichen finden wir bereits bei FINK [1958, S. 117], wo ein anmooriger Grundwassergley der letzten Warmzeit angeführt ist, über dem dann äolische Sedimente folgen.

Aus dem Fehlen eines Schotterverwitterungshorizontes und dem Auftreten des Grundwassergleys unmittelbar über dem Schotter schließt FINK [1961, S. 165, Anm.] „Wir müssen annehmen, daß das Trockenfallen der Schotter, welches eine Auflandung von Alluvionen verhinderte, an der Nordabdachung früher einsetzte, während an der Südostabdachung die tiefsten Deckschichten über dem Schotter meist fluviatiler Entstehung sind. Über den fluviatilen Deckschichten folgen dann unmittelbar Staublehme“.

V. Diskussion der Ergebnisse von FINK

Die Abtrennung der Lehmbedeckung vom Schotterkörper und besonders die Aufgliederung der Lehmschicht durch FINK [1959] ist zweifellos ein großer Fortschritt. Die Genese der Lehmschichten aus primär äolischem Staub der Kaltzeiten erscheint begründet. Dies gilt besonders dann, wenn eine klimatische Zonengliederung auch in der Südostabdachung möglich ist [FINK 1959, S. 10 und 1961, S. 171] wie das für große Bereiche Mitteleuropas schon durchgeführt ist [BRUNNACKER 1956 a, 1957 und FINK 1956]. Im Quartär haben wir für das fragliche Gebiet mit fortdauernder Hebung zu rechnen, wie die Terrassenabfolge zeigt [WINKLER v. HERMADEN 1957]. Dadurch ist es unwahrscheinlich, daß ein Sedimentkörper dann noch einmal von fluviatilen Sedimenten überdeckt wird, nachdem er einmal über das Überschwemmungsniveau gehoben wurde. Danach konnten sich auf der Oberfläche der Sedimentkörper, auf den nunmehrigen Terrassen, die von FINK [1959 und 1961] erkannten fossilen Böden bilden. Diese fossilen Böden beweisen einwandfrei die subaerische und nicht mehr subaquatische Bildung der Lehme. Um die von FINK [1959, S. 10] angeführte „eindeutig äolische Natur der Lehme (= Staublehme) beweisen“ zu können, dürften weitere Untersuchungen des Gefüges und auch der Korngröße ausreichen. Die Methode von FREISING [1951] erlaubt es, in Württemberg mit genügender Sicherheit z. B. aufgeflossenes von angewehtem Material bereits makroskopisch zu unterscheiden. Der Keuperuntergrund mag eine Trennung dieser Art in Württemberg wesentlich erleichtern. Eigene Beobachtungen im ganzen nördlichen Alpenvorland lassen aber eine allgemeine Trennung auch dort möglich erscheinen. Besonders in den höher gelegenen Gebieten der Südostabdachung sind solche solifluidalen Veränderungen zu erwarten und zweifellos auch vorhanden. Die von E. W. GUENTHER [1961] in zusammenfassender

Weise dargelegten Untersuchungsmethoden im Löß dürften in sinngemäßer Anwendung auch bei der vorliegenden Materie zum Ziel führen.

Auf die Korngröße haben ja FINK [1959, S. 11 und 1961, S. 174] und JANEKOVIC [1961, S. 189] hingewiesen, so daß die primäre äolische Bildung genügend wahrscheinlich gemacht werden kann. Es überrascht daher nicht, wenn FINK [1959, S. 8] schreibt, daß die ganze Situation derjenigen des nördlichen Alpenvorlandes entspricht, und daß die gleichen formenden Kräfte am Werk waren.

Bei einem Vergleich des nördlichen Alpenvorlandes mit der Südostabdachung muß aber wohl auch noch das etwas unterschiedliche geologische Substrat in Rechnung gesetzt werden. Die Alluvionen der Donau sind zumeist recht grobkörnig [vgl. FINK 1961, Tabelle 5, S. 174, Wellsand und Aulehm] und entstammen weitgehend dem sandigen Tertiär oder den aufgearbeiteten älteren Gesteinen. In der Südostabdachung dagegen finden wir relativ feinkörniges, weiches Material, das leicht zu Rutschungen neigt [WINKLER v. HERMADEN 1955]. Außerdem ist der Anteil der glazifluvialen Sedimente zweifellos weit geringer als im nördlichen Alpenvorland, so daß die Schotter-Sand-Komponente in der Südostabdachung gegenüber den Tonen und den periglazialen Fließerden zurücktritt. Schließlich verlaufen die Flüsse in der Steiermark auf recht lange Strecke in weichen Gesteinen, während auf der Nordseite der Alpen diese Zonen oft auf kürzestem Wege durchquert werden.

VI. Gedanken über die mögliche Entstehung der Terrassenkörper der Südostabdachung und ihre mögliche zeitliche Einordnung

a) Begriffsklärung

Die Ausdrücke Terrasse und Schotterkörper reichen im vorliegenden Fall zur eindeutigen Ansprache der Gegebenheiten nicht aus. Die Lehmbedeckung, welche dem Schotterkörper auflagert, gehört auch noch zu dem „Gesteinskörper“. Dieser besteht jedoch aus mehreren Sedimentschichten. Im vorliegenden Fall soll daher zur klaren Unterscheidung der Begriffe entweder von der (morphologischen) Terrassenoberfläche oder von dem (geologischen) Terrassenkörper gesprochen werden. Der Ausdruck Schotterkörper soll dann angewandt werden, wenn der gesamte Terrassenkörper nur aus Schottern besteht (z. B. in Endmoränennähe), oder wenn nur derjenige Teil des gesamten Terrassenkörpers gemeint ist, der im Liegenden der Lehne zu finden ist und nur aus Schottern besteht. Eine genaue Gliederung der Terrassenkörper der Südostabdachung soll im Abschnitt e) aufgestellt werden, wenn das gesamte Tatsachenmaterial zur Verfügung steht. Der recht treffende Ausdruck „Deckschichten“, welcher nach SOERGEL durch BRUNNACKER [1953] mit Erfolg angewandt wurde, soll im vorliegenden Fall ebenfalls erst später nach genauer Abgrenzung benützt werden.

b) Allgemeine Situation

Um die Frage der Entstehung der Terrassenkörper eindeutig zu klären, ist es zweckmäßig, ein Längsprofil aufzustellen. Dieses soll eine möglichst große Erstreckung besitzen und aus jeweils mächtigen Aufschlüssen bei genauer Schichtaufgliederung zusammengestellt sein. Erst dann kann entsprechend wie bei GERMAN [1964] die zeitliche Zuordnung getroffen werden. Wie dort ausgeführt und auch oben kurz erwähnt, gibt das Verfolgen der

Terrassenoberfläche keine Gewähr für gleichartige oder gleichzeitige Bildung der darunter liegenden Sedimente. Sowohl die Fazies als auch die zeitliche Stellung bestimmter Sedimente kann im Längsprofil eines Flusses wechseln. Eine geomorphologische Untersuchung von quartären Terrassen muß daher künftig wieder mehr das unterlagernde Substrat in die Untersuchung einbeziehen, wenn mit den geologischen und stratigraphischen Gegebenheiten kein Widerspruch herbeigeführt werden soll. Bei lokalen Untersuchungen sind die faziellen Unterschiede naturgemäß nicht oder nur schwer herauszuarbeiten, aber bei regionalen Arbeiten muß die Änderung der Sedimente in der Vertikalen unbedingt beachtet werden.

Gegenüber den Verhältnissen des nördlichen Alpenvorlandes mag auf der Südseite der Alpen bei der Untersuchung der Terrassenkörper ein weiterer Umstand eine Rolle spielen, auf den kurz hingewiesen werden soll. Die Schotterkörper des nördlichen Alpenvorlandes liegen fast ausnahmslos im tektonisch offensichtlich weitgehend ungestörten Vorland. Diejenigen der Südseite stecken dagegen meist noch in den Alpen selbst oder an deren Südrand. Unmittelbar am Alpenrand dürfen wir im Gegensatz zum Vorland vor eventueller Tektonik die Augen nicht verschließen. In eindrucksvoller Weise hat gerade diese Seite der Südostabdachung WINKLER v. HERMADEN [1957] herausgestellt. Im Wiener Becken konnte Verf. [GERMAN 1964] anlässlich einer kurzen Begehung im Sommer 1961 eine postrißeiszeitliche Verwerfung (wiederaufgelebter älterer Sprung) in Schottern nachweisen.

Durch die Bedeutung der Tektonik braucht das Schema der Bildung eines Schotterkörpers, wie es Verf. für die Donau entworfen hat, nicht ganz genau für die Südostabdachung zu passen. Es kann beispielsweise reichhaltiger sein durch die von WINKLER v. HERMADEN [1955] aufgezeigten tektonischen Ursachen.

Die Bildung der eigentlichen Terrassenkörper der Riß- und Würmeiszeit scheint auf Grund der Literatur im Prinzip überblickbar. Die Schotterkörper können mit Moränen verknüpft werden, wie u. a. SÖLCH [1917] und SPREITZER [1953, 1956 und 1961] aufgezeigt haben. Die gegenteiligen Ansichten älterer Autoren, welche bei FLÜGEL [1960, S. 60] der Vollständigkeit halber nochmals aufgeführt sind, dürften wohl ebenso wie entsprechende Meinungen im nördlichen Alpenvorland auf nicht richtiger Ausdeutung der Sedimente, der glazialen Serie von PENCK-BRÜCKNER [1909] beruhen.

Die zeitliche Einordnung derjenigen älteren Terrassen, welche vor der Rißeiszeit gebildet wurden, soll unten kurz erörtert werden, da zuvor die Bedeckung der jüngeren Schotterkörper besprochen werden muß.

c) Die Staublehme

Kernpunkt der Diskussion über die Entstehungszeit der Terrassen ist die primäre äolische Entstehung der Staublehme. Die Staublehme zeichnen sich gegenüber dem Löß durch die besonders kleine Korngröße der einzelnen Staubteilchen aus. In den Tabellen der Korngrößenanalysen führt das oft zu (meist wohl scheinbaren) zweiten Maxima bei der kleinsten Korngröße (Durchmesser unter 0,002 mm). Derartige Staublehme sind aus Ungarn [FINK 1961 und RONAI 1961], Jugoslawien [JANEKOVIC 1961] und aus der Ukraine [MIRTSCHINK 1932, zit. nach WOLDSTEDT 1958] bekannt. Bemerkenswerterweise nimmt die Korngröße in der Ukraine von Norden nach Süden ab. Wie ist das zu erklären? — Da auch bei diesen „Hydroaerolithen“ [RONAI 1961] nur eine Entstehung „aus dem auf die großen Überschwemmungsgebiete gefallenen

Staub träger Flußwässer der Ebene“ [RONAI 1961, S. 280] angenommen werden muß, liegt die Erklärung auf der Hand: In den traditionellen Lößgebieten der Eiszeitforschung im weiteren Umkreis der Alpen hatten die Gewässer der Kaltzeiten so viel Gefälle und solche Geschwindigkeit, daß meist nur „echter Löß“ ausgeweht wurde. In den weiten Ebenen der Ukraine und auch in Ungarn dagegen war das Gefälle so gering, daß die Schmelzwässer bei ihrem (trägen) Lauf und der anzunehmenden weitflächigen Ausdehnung auch Partikelchen noch kleinerer Korngröße ablagern konnten als in den talauf liegenden Gebieten mit größerem Gefälle. Durch die Ausblasung dieses Staubes findet die Abnahme der Korngröße in der Ukraine nach Süden ihre zwanglose Erklärung. Ähnlich dürften die entsprechenden Verhältnisse der gefällsarmen Flüsse in der großen ungarischen Tiefebene erklärt werden können.

Beim Staublehm ist zukünftig besonders Struktur und Gefüge zu untersuchen [vgl. GUENTHER 1961]. Insbesondere sollte es dabei möglich sein, eine event. sekundäre Umlagerung (tlw. Solifluktion) der Staublehme und event. auch der darin enthaltenen Böden zu unterscheiden. Nach FINK [1961, S. 173] dürfen wir ja annehmen, „daß während der Sedimentation des Staubes genügend Feuchtigkeit vorhanden war, die, verstärkt durch periglaziale Klimabedingungen, zu einer intensiven Tagwasservergleyung führte“. Eine sekundäre Umlagerung des Staublehmes erscheint daher durchaus möglich, ja in Anbetracht der Lage der Klimagürtel im Pleistozän und der Meereshöhe wahrscheinlich.

Die Erscheinung der Solifluktion schließlich macht es verständlich, warum WINKLER v. HERMADEN [1960 a, S. 209] bei seinen langen und sorgfältigen Beobachtungen in den steirischen Randgebirgen (außer auf oder zwischen den Terrassen) noch keinen Löß bzw. Staublehm festgestellt hat. An Hängen ist der Staublehm im Gegensatz zu den Verebnungen (Terrassen) zumeist abgeflossen. Er dürfte, außer an den angeführten Stellen, wohl höchstens noch an den Talrändern in den untersten Teilen der Hänge aufgefunden werden. Bei alt- und ältestpleistozänen Terrassen, welche schon hoch über der Talaue liegen, ist ein weiterer Faktor zu berücksichtigen. Mehrere Kaltzeiten mit dem zugehörigen Periglazialklima sind über den Terrassenkörper hinweggegangen. Mit zunehmender Heraushebung über die Talsohle besteht aber die Möglichkeit, daß der Terrassenkörper aus dem solifluidalen Ablagerungsgebiet in das Liefergebiet der abfließenden Massen gelangt. Wiederholte Solifluktion und der Wechsel vom Zufuhrgebiet ins Liefergebiet können bei alten Terrassenkörpern mindestens zur teilweisen Abtragung der sie bedeckenden Lehmschichten führen. Ein Teil davon wird in den Lehmschichten der tieferen Terrassenkörpern und in den Auelehmen (Grundwassergleiyen) enthalten sein. — Anders sind natürlich die Verhältnisse im Vorland der Alpen, außerhalb der Wirkung der Solifluktion, wo bei entsprechend geringerer Meereshöhe dem zunehmenden Alter der Terrasse eine mächtigere oder zumindest reicher gegliederte Deckschicht entspricht. Im Bereich der Südostabdachung scheinen wir demnach mit der Bedeckung der Schotterkörper durch Lehme rechnen zu müssen, welche primär einmal als Staub abgelagert worden sind.

d) Der Grenzbereich Staublehm-Schotterkörper

Diese primär äolische Entstehung der Staublehme scheint mir nicht in grundsätzlichem Widerspruch zu den Untersuchungen von WINKLER v. HERMADEN [1955 ff.] und seiner Schüler zu stehen. Die Arbeit von HÜBL [1941]

ist zwar keineswegs zwingend. Dagegen weist SCHOKLITSCH [1960] mit Hilfe der Methode von MIHALTZ-UNGAR zwar nach, daß die Quarzkörner der Lehmschicht nicht auf äolische Bearbeitung hindeuten. Wie schon CAILLEUX [1942] eindrucksvoll dargelegt hat und wie ZIMDARS [1958] für sein Untersuchungsgebiet aufzeigen konnte, sind Quarzkörner bestimmter Korngröße recht gut geeignet, Windwirkung zu beweisen. Insofern ist auch das Ergebnis von SCHOKLITSCH [1960, bes. Tab. S. 194] eindeutig: Bei den untersuchten Proben dominiert klar sein Typ I, welcher auf Flußarbeit hinweist. Die Quarzkörner des Typs III, welche Windwirkung aufzeigen, besitzen nur in der Probe 8 einen mit 0,5% von den anderen Proben allerdings minimal abweichenden Wert. Selbst wenn die Körner des Übergangscharakters (Typ II) zugerechnet werden, finden wir erst bei den zum Vergleich herangezogenen Lössen aus dem Burgenland einen bescheidenen Prozentsatz von Quarzkörnern, welcher äolische Wirkung nahelegt. Indes haben alle Proben der Untersuchung von SCHOKLITSCH [1960] aus dem Mur- und Raabbereich, insbesondere diejenigen, welche pleistozänen Terrassenlehmen entnommen wurden (Proben Nr. 4, 5 und 6), einen Nachteil. Dieser wird jedoch erst beim Studium der Profile und dem Vergleich mit den Entnahmestellen [SCHOKLITSCH 1960, S. 197; für Großpetersdorf s. FINK 1961, S. 145/146] deutlich sichtbar. Die Proben für die Quarzkornuntersuchung wurden ausschließlich der Basis der Lehmschichten entnommen. Diese Teile der Schichtfolge scheinen aber auf alle Fälle fluviatiler Entstehung zu sein. Die veröffentlichten Profile [bes. FLÜGEL 1961], die Schichtbeschreibung [bes. WINKLER v. HERMADEN 1955], die Untersuchungen von SCHOKLITSCH [1960, S. 196] mit der Beschreibung von Verzahnung der Schotter, Lehmschichten und Sande und schließlich die Grundwassergleye von FINK [1961, S. 173] mit der dichten massiven Struktur, „als Erbe des fluviatilen Sediments“ bzw. der „Auelehmstruktur“ bezeugen dies deutlich. Die Korngrößen zwischen Auelehmen, Staublehmen und den solifluidalen Massen werden naturgemäß wenig voneinander abweichen. Die verschiedenen Sedimente sind ja teilweise wechselseitig auseinander entstanden. Die Korngrößenangaben der Literatur liegen daher dicht gedrängt in dem von NIGGLI [1952, S. 125, Fig. 39] für den Bereich zwischen Löß und Hanglehm angegebenen Bereich. — Das Ergebnis von SCHOKLITSCH [1960, S. 198, Nr. 2] überrascht unter diesen Umständen nicht.

Methoden, welche die Struktur, das Gefüge oder die bodenkundlichen Verhältnisse [GUENTHER 1961] aufdecken, werden hier eher weiterführen. Gerade im Grenzbereich zwischen fluviatilen Deckschichten des Schotter und Staublehmen können sie besonders wichtig werden, um zu klären, wie die (sekundäre) Veränderung der Staublehme erfolgte.

Eine primäre Auflandung von vielen Metern Auelehm erscheint beim Gefälle der Täler in der Südostabdachung in den Interglazialen unwahrscheinlich. Wenn wir im Umkreis der Alpen mehrere Meter mächtige Alluvionen und ähnliche Bildungen finden, handelt es sich meist um Akkumulationen im Gefolge menschlicher Eingriffe oder bei spätglazialen Bildungen um Erscheinungen des Bodenfließens bzw. um Schuttströme des periglazialen Bereichs.

Geologische Überlegungen über Auelehme sind allerdings wenig beweiskräftig. An dieser Stelle hat der Bodenkundler das Wort. Nach FINK [1961] liegt an der Basis der lehmigen Deckschichten und über dem Schotter in den meisten Fällen ein Grundwassergley. Dieser bezeugt die Bildung der betreffenden Lage unter Grundwasser in der Talaue.

Über diesem Grundwassergley folgen in allen Profilen jeweils noch Tagwassergleye, aber kein Grundwassergley mehr. Das zeigt, daß der Terrassenkörper über die Talau herausgehoben und den Einflüssen des Grundwassers entzogen wurde. Dafür unterlagen die auf dem Grundwassergley abgelagerten Sedimente anderen Wirkungen, z. B. gelegentlich vom Hang austretenden Wässern. Im Hangenden des Grundwassergleys erfolgte daher eine andere Ausbildung der lehmigen Sedimente. Solifluktion und ganz besonders die Staubanwehung durch den Wind werden vermutlich starken Anteil haben. Diese Erscheinungen treten in den Kaltzeiten besonders häufig auf.

Nach FINK [1961, S. 152/153] ist gerade dieser Übergang von fluviatiler zu äolischer Sedimentation in vielen Profilen feststellbar. Gelegentlich in den lehmigen Deckschichten auftretende Böden [FINK 1961] deuten Warmzeiten an. Sofern diese Böden in situ gebildet worden sind, beweisen sie die Unterbrechung der Lehmauflagerung. Sollten auch die Böden aufgeflossen sein — wogegen die recht gute waagrechte und anscheinend ungestörte Lagerung spricht [FINK 1961, Abb. 6, S. 146] — müßte sie lebhaftere Umlagerung durch Bodenfließen zeigen. Derartige Umlagerungen werden ja auch durch das weiche tertiäre Material begünstigt, „das sehr weit solifluidal vertragen werden kann“ [FINK 1961, S. 174]. Auch in diesem Punkt dürfte eine Klärung möglich sein, da WINKLER v. HERMADEN (freundliche Mitteilung) ebenfalls im „Bereich der Lehme verschiedene Bodenhorizonte“ unterscheidet.

e) Gliederung des Terrassenkörpers

Es scheint demnach, daß wir bei den Sedimentkörpern der Südostabdachung im wesentlichen drei Teile unterscheiden müssen (vom Liegenden ins Hangende):

1. Den Schotterkörper.
2. Die Zwischenschichten.
3. Die lehmigen Schichten.

Der Schotterkörper (1) wird größtenteils kaltzeitlich entstanden sein. Die eingangs angeführten Einschränkungen und event. Umlagerungen entsprechend den angeführten Verhältnissen an der Donau sind auch hier zu berücksichtigen (Fazieswechsel). Die Zwischenschichten (2) besitzen fluviatilen Charakter und zeigen Grundwassergleye. Sie dürften zum großen Teil die interglaziale Bedeckung der zumeist (s. o.) kaltzeitlichen Schotter (1) darstellen. Die lehmigen Schichten (3) schließlich sind auf die inzwischen aus der Talau herausgehobene Terrasse in der nächstfolgenden Kaltzeit aufgeweht oder event. aufgeflossen. Gelegentlich ist diese Schicht mit Hilfe der darin auftretenden Böden weiter unterzugliedern. Ist ein derartiger mehrschichtiger Aufbau von (3) nachweisbar, so haben entsprechend mehr Kalt- und Warmzeiten an der Bildung des Terrassenkörpers mitgewirkt.

Daraus wird ersichtlich, daß die zeitliche Stellung der Terrassen der Südostabdachung ebenso komplex wie ihre Zusammensetzung ist. Wir können den gesamten Terrassenkörper schlecht in eine einzige bestimmte Kalt- oder Warmzeit einordnen, besonders wenn die lehmigen Schichten (3) mehrgliedrig sind. — Vielleicht dürfte sich in der Praxis zur leichteren Kennzeichnung oder Ansprache der Bildungen eine vereinfachte zeitliche Benennung empfehlen, sofern Lokalnamen für die einzelnen Aufschüttungen bzw. Terrassen nicht ausreichen. Bestimmend für eine solche vereinfachte Kennzeichnung (zeit-

liche Eingliederung) sollte vom Standpunkt des Glazialgeologen (wie der Verf.) der Schotterkörper im Liegenden (die Schicht 1) sein. Der Schotterkörper wäre demnach in dieser Definition (andere Möglichkeiten s. u.) kaltzeitlich. Selbstverständlich hat WINKLER v. HERMADEN [1955] trotzdem in seiner Weise mit interglazialer Zuordnung Recht, da er stillschweigend eine andere Definition für das Alter seiner Terrassen benützt.

In der vom Verf. vorgeschlagenen Definition müßten dann alle Ablagerungen im Hangenden des kaltzeitlichen Schotterkörpers als Deckschichten bezeichnet werden, da sie den kaltzeitlichen Schotterkörper bedecken. Dabei können in den Deckschichten natürlich (wie z. B. an der Donau) auch warmzeitlich umgelagerte Schotter und Sande enthalten sein. Das führt zu gewissen Schwierigkeiten der Abgrenzung, die aber hoffentlich zu beheben sind.

Inwieweit sich aber die vorstehend vorgeschlagene Definition als zweckmäßig erweist, kann erst gesagt werden, wenn festgestellt ist, wie sich diese Aufschüttungen talab fortsetzen. Sollte in der ungarischen Tiefebene z. B. der kaltzeitliche Anteil des Schotterkörpers nachweislich stark zurückgehen und ein eindeutig warmzeitlicher Schotter dominieren, müßten möglicherweise zeitlich aufeinanderfolgende kalt- und warmzeitliche Bildungen paarweise zusammengefaßt werden. Vor einer näheren Entscheidung müssen aber auch in dieser Frage eingehende Geländeuntersuchungen durchgeführt werden.

Aus dieser Aufgliederung einzelner Terrassenkörper und der verschiedenen zeitlichen Einstufung ihrer Teile wird ersichtlich, daß es bei irgendwelchen Funden sehr wichtig ist, die genaue Lage innerhalb des Terrassenkörpers anzugeben. Eine möglichst exakte Angabe des Fundpunktes (Koordinaten, bzw. Rechts- und Hochwert im Gitternetz) und seiner Höhenlage (über dem Meeresspiegel und ganz besonders unter der Geländeoberfläche; die Unterkante der Aufschlüsse kann sich durch Abbau teilweise rasch ändern) ist daher dringend notwendig. Wie aus obiger Darstellung ersichtlich, haben Aufsammlungen ohne Angabe der Schichten bzw. der horizontalen und vertikalen Lage des Fundpunktes leider nur begrenzten Wert. Daher sollte in der Pleistozängeologie — sofern möglich —, ebenso wie in der Ur- und Frühgeschichte, sorgfältiges Festhalten der Fundstellen und Horizonte erfolgen.

Die Aufgliederung der Terrassenkörper fordert aber auch noch eine andere bedeutsame Feststellung: Das Auffinden einzelner (z. B. paläontologischer) Funde in der Nähe der Oberfläche bzw. inmitten der Terrassen- oder Schotterkörper darf keineswegs zu dem Schluß führen, daß dieser Fund für die Bildungszeit des ganzen Terrassen- oder Schotterkörpers repräsentativ ist. Die Berücksichtigung dieses Umstandes mag manchen scheinbaren Widerspruch bei älteren Funden klären.

f) Ausblick

Die quartären Bildungen am Unterlauf der Mur, ja der ganzen Donau, erfordern unter den neuen Gesichtspunkten der Deckschichtengliederung eine eingehende Überarbeitung. Für das Mündungsgebiet der Donau sind wir durch Untersuchungen von PFANNENSTIEL [1950 und 1951] gut informiert. Danach ist eine rückschreitende Erosion der Donau in der Würmeiszeit bis mindestens nach Rustschik (Russe) nachweisbar [PFANNENSTIEL 1950, S. 53]. Es erscheint daher unzweckmäßig, wenn WINKLER v. HERMADEN [1955, S. 126 bzw. 1957,

S. 751] von eustatischer Fernwirkung des Schwarzen Meeres bzw. entsprechender Wirkung eines Brack- oder Süßwassersees in der ungarischen Tiefebene spricht. Im letzten Fall kämen nur Seespiegelschwankungen in Frage. Diese haben aber mit der Eustatik der Weltmeere nichts gemeinsam. Eine event. Fernwirkung des Schwarzen Meeres sollte in Anbetracht der großen Entfernung erst dann erwogen werden, wenn Beweise vorliegen. Rückschreitende Erosion durch die ganze ungarische Tiefebene ist recht unwahrscheinlich. In Anbetracht der am Alpenrand durch WINKLER v. HERMADEN [1955 und 1957] festgestellten Tektonik sollten deren Auswirkungen auf die Flußläufe größer sein als eventl. Fernwirkungen eines Meeres, die sich — sofern überhaupt — nur minimal auswirken könnten. Außerdem dürften in der niederungarischen Tiefebene ähnliche Senkungsvorgänge eine Rolle spielen, wie sie von SZADECKY-KARDOSS [1938, zit. nach WOLDSTEDT 1958, S. 256] für das Alföld bzw. durch FINK & MAJDAN [1958] und GERMAN [1964] für das Wiener Becken aufgezeigt wurden.

Auf Grund der vorgetragenen Überlegungen müssen daher in der Südostabdachung folgende Fragen nachgeprüft werden, um eine gesicherte zeitliche Zuordnung der dortigen Bildungen zu erhalten und um die dortigen Erscheinungen mit denen der übrigen zirkumalpinen Verhältnisse parallelisieren zu können. Als Beweismittel dazu dürften ähnlich wie im nördlichen Alpenvorland Sedimentenanalysen, das Auffinden von Schneckenhorizonten, Baumstammlagen und event. morphometrische Untersuchungen brauchbar sein.

1. Wo liegt das Ende der hochglazialen Schüttung des Maximalstandes?
2. Wie weit talauf reichen die spätglazialen (bzw. interglazialen) Überdeckungen?
3. Wo beginnt die holozäne (interglaziale) Überdeckung der kaltzeitlichen Schotter?
4. Wie mächtig sind die glazifluvialen Schüttungen in den verschiedenen Flußbereichen?
5. Wie mächtig sind in den einzelnen Flußabschnitten die holozänen (interglazialen) Überdeckungen?
6. Wie sind in der Südostabdachung die einzelnen Schüttungen sedimentologisch voneinander abzutrennen?

VII. Zusammenfassung

Auf Grund der veröffentlichten Literatur und eigener Studien im Donautal wird die Frage glazialer oder interglazialer Entstehung der Terrassen der Südostabdachung der Alpen diskutiert. Die Terrassenkörper sind recht komplexer Entstehung. Der eigentliche (zumeist kaltzeitliche) Schotterkörper wird von einer gewissen Stelle des Talverlaufes an von interglazialen Schichten (meist Auelehmen oder Grundwassergleyen) überlagert. Diese interglazialen Zwischenschichten sind ihrerseits wieder von (kaltzeitlichen) Lehmen bedeckt, die ursprünglich aus Staublehmen hervorgegangen sind. Innerhalb der (kaltzeitlichen) Lehme treten (warmzeitliche) Böden auf. Bis zur Auflandung der interglazialen Zwischenschichten lag der Sedimentkörper in der Talau. Anschließend wurde er aus dem Grundwasserbereich herausgehoben. Der Sedimentkörper gelangte damit aus dem subaquatischen in den subaerischen Bereich. Aufwehung, Solifluktion und Bodenbildung waren nunmehr möglich.

Aus den Fazieswechsel der Flußaufschüttungen und dem Wechsel von kalt- zu warmzeitlicher Sedimentation (z. B. innerhalb des Schotterkörpers) folgt: Eventuelle paläontologische und andere Funde müssen in ihrer horizontalen und besonders in ihrer vertikalen Lage (z. B. Tiefenlage in Metern unter der Geländeoberkante) genau angegeben werden. Infolge der komplexen Bildung der Schotter- und Terrassenkörper sagen Funde nicht unbedingt etwas über das Alter der ganzen Aufschüttung im Hangenden und Liegenden der Fundschicht aus. Sie sind mindestens nur für die Fundschicht (mit geringer vertikaler Ausdehnung) auswertbar. — Zum Schluß werden die Arbeitsziele aufgezeigt, die auf Grund vorstehender Überlegungen zwecks weiterer Klärung erstrebenswert erscheinen.

VIII. Literaturverzeichnis

- BISTRICHAN, K.: Bericht über Arbeiten aus dem Grenzgebiet von Geologie, Wasserwirtschaft und Flußbau im Laßnitzgebiet. — Sitzungsber. Ak. Wiss. in Wien, math.-naturw. Kl., Abt. I, 149, S. 240—244, Wien 1940.
- BRÜCKNER, ED. & PENCK, A.: Die Alpen im Eiszeitalter. 3 Bde. Leipzig 1909.
- BRUNNACKER, K.: Die bodenkundlichen Verhältnisse der würmeiszeitlichen Schotterfluren im Illergebiet. — Geol. Bavarica Nr. 18, S. 113—130, München 1953.
- Regionale Bodendifferenzierung während der Würmeiszeit. — Eiszeitalter und Gegenwart 7, S. 43—48, Öhringen 1956 (a).
- Erläuterungen zur Geol. Karte von Bayern 1 : 25.000, Nr. 7142 Straßkirchen. München 1956 (b).
- Die Geschichte der Böden im jüngeren Pleistozän in Bayern. — Geol. Bavarica Nr. 34, München 1957.
- Zur Kenntnis des Spät- und Postglazials in Bayern. — Geol. Bavarica Nr. 43, S. 74—150, München 1960.
- CAILLEUX, A.: Les actions éoliennes périglaciaires en Europe. — Mémoires de la Société Géol. de France. N. S. Tome XXI, mém. No. 46, S. 1—176, Paris 1942.
- FINK, J.: Zur Gliederung der Terrassen und Lössen in Österreich. — Eiszeitalter und Gegenwart 7, S. 49—77, Öhringen 1956.
- Das Quartär zwischen Wr. Neustädter Pforte und Rechnitzer Schieferinsel. — Erl. zur geol. Karte Mattersburg-Deutschkreuz. S. 36 bis 49. Geol. Bundesanstalt Wien 1957.
- Die Böden Österreichs. — Mitt. Geogr. Ges. Wien, 100, S. 92—134, Wien 1958.
- Leitlinien der quartärgeologischen und pedologischen Entwicklung am südöstlichen Alpenrand. — Mitt. Österr. Bodenkundl. Ges., 3, S. 1—14, Wien 1959.
- Die Südostabdachung der Alpen. — In: Exkursionen durch Österreich. — Mitt. Österr. Bodenkundl. Ges., 6, S. 123—183, Wien 1961.
- FINK, J. & MAJDAN, H.: Zur Gliederung der pleistozänen Terrassen des Wiener Raumes. — Jb. d. Geol. Bundesanstalt Bd. 47, S. 211 bis 249, Wien 1954.
- FLÜGEL, H.: Die jungquartäre Entwicklung des Grazer Feldes (Steiermark). — Mitt. Österr. Geogr. Ges., 102, Wien 1960.
- FREISING, H.: Neue Ergebnisse der Lössforschung im nördlichen Württemberg. — Jahreshfte der Geol. Abt. des Württ. Statist. Landesamts, 1, 54—59, Stuttgart 1951.
- GERMAN, R.: Deckschichtenanalyse und Gliederung pleistozäner Sedimente I. Die Ausbildung der wichtigsten Deckschichten. — Württ. Jahresh. 116, S. 69—77, Stuttgart 1961.
- Die Würmeiszeit im nördlichen Alpenvorland. — Zeitschr. d. Deutschen Geol. Ges. 114, S. 711—712, Hannover 1964.
- GRAUL, H. & GROSCHOPF, P.: Geologische schwemmkegel bei Ulm. — Ber. d. Naturf. Ges. Augsburg, 6, S. 3—27, Augsburg 1952.
- GROSCHOPF, P.: Beiträge zur Holozänstratigraphie Südwestdeutschlands nach C^{14} -Bestimmungen. — Jahresh. d. geol. Landesamts Baden-Württemberg, 4, S. 137—143, Freiburg 1961.
- GUENTHER, E. W.: Sedimentpetrographische Untersuchungen von Lössen. Zur Gliederung des Eiszeitalters und zur Einordnung paläolithischer Kulturen. Teil I: Methodische Grundlagen mit Erläuterungen an Profilen. — Fundamenta, Monographien zur Urgeschichte, Reihe B, Bd. 1, Hg. von H. SCHWABEDISSEN, Köln-Graz 1961.
- HÜBL, H. H.: Zur Sedimentpetrographie der Diluvial- und Pleistozänterrassenlehme in der Oststeiermark. — Zeitschr. d. Deutschen Geol. Ges. 93, S. 466—491, Berlin 1941.
- JANEKOVIC, G.: Über das Alter und den Bildungsprozeß von Pseudogley aus pleistozänen Staublehmen am südwestlichen Rand des pannonischen Beckens. In: Exkursionen durch Österreich. — Mitt. d. Österr. Bodenkundl. Ges. 6, S. 184—189, Wien 1961.
- NIGGLI, P.: Gesteine und Mineralagerstätten. Bd. 2, Exogene Gesteine und Mineralagerstätten. — Basel 1952.
- PFANNENSTIEL, M.: Die Quartärgeschichte des Donaudeltas. — Bonner Geogr. Abhandl., H. 6, Bonn 1950.
- Quartäre Spiegelschwankungen des Mittelmeeres und des Schwarzen Meeres. — Vierteljahresschr. d. Naturf. Ges. in Zürich, 46, S. 81—102, Zürich 1951.
- RONAI, A.: Die Besprechung der ungarischen Quartärsedimente. — Quaternary of central and eastern Europe. — Instytut Geologiczny, Prace, Tom 34, S. 263—285, Warszawa 1961.
- SCHOKLITSCH, K.: Untersuchungen an quartären Lehmen im Mur- und Raabebereich. — Anzeiger der Österr. Akad. d. Wiss., Math.-naturw. Kl. XX, Nr. 9, S. 192—199, Wien 1960.
- SÖLCH, J.: Beiträge zur eiszeitlichen Talgeschichte des steirischen Randgebirges und seiner Nachbarschaft. — Forsch. z. deutschen Landes- und Volkskunde, 21, Stuttgart 1917.
- SPREITZER, H.: Eiszeitstände und glaziale Abtragungsformen im Bereich des eiszeitlichen Murgletschers. — Geol. Bavarica Nr. 19, S. 65—73, München 1953.
- Die Gliederung der Würmvereisung im Gebiet des Mur- und Draugletschers. — Actes du VIe Congrès Int. du Quaternaire, I, S. 35—41, Roma 1956.

- Der eiszeitliche Murgletscher in Steiermark und Kärnten. — Geogr. Jahresber. aus Österreich, 28, S. 1—50, Wien 1961.
- TROLL, C.: Die jungglazialen Schotterfluren im Umkreis der deutschen Alpen. — Forsch. z. deutschen Landes- und Volkskunde, 24, S. 158—256, Stuttgart 1926.
- WINKLER v. HERMADEN, A.: Ergebnisse und Probleme der quartären Entwicklungsgeschichte am östlichen Alpensaum außerhalb der Vereisungsgebiete. — Österr. Ak., Wiss. Math.-naturw. Kl., Denkschriften, 110, 1. Abb., Wien 1955.
- Geologisches Kräftespiel und Landformung. — Wien 1957.
- Über Quartärforschung im steirisch-südburgenländischen Becken. — Anzeiger d. Österr. Ak. Wiss., Math.-naturw. Kl. XX, Nr. 9. S. 199—213, Wien 1960 (a).
- Über quartäre Massenbewegungen an den Hängen des Basaltplateaus des Stradener Kogels bei Bad Gleichenberg (610 m) und über die Verbreitung jungpliozäner und ältestquartärer Verwitterungs- und Aufschwemmungsböden mit silikatischen Roterden in der Südoststeiermark. — Abhandl. d. deutschen Akad. d. Wissensch. Berlin, 1960 (b).
- WOLSTEDT, P.: Das Eiszeitalter. Grundlinien einer Geologie des Quartärs. Bd. 1, Stuttgart 1954; Bd. 2, Stuttgart 1958.
- ZIMDARS, J.: Über Korn-Oberflächen von Sanden. Eine kritische Betrachtung der morphoskopischen Quarzkornanalyse. — Masch.-schr.-Diss. Tübingen 1958.