

Schwemmfächerbildung und Schwemmfächerformen

Von WILLI CZAJKA

Mit 4 Bildern

Sprachliche Begriffsklärung

Für den Spezialfall der formschaffenden, fluviatilen Aufschüttung, der hier behandelt wird, hat sich bisher die Benennung „Schwemmfächer“ nicht einheitlich durchgesetzt. Aber diese Bezeichnung ist so bildhaft, daß ein Mißverstehen kaum zu erwarten ist, jedenfalls weit weniger als beim Terminus „Schuttkegel“. Nicht nur, daß bei dieser Form nicht eigentlich ein Kegel, sondern nur der Sektor eines solchen gegeben ist, vielmehr erscheint das Bild vom Kegel erst dann in der Anwendung recht anschaulich, wenn die Aufschüttung steil ist. In diesem Sinne hat der Verfasser bereits früher argumentiert [CZAJKA 1950/51], andererseits aber dem Inhalt der damaligen Abhandlung entsprechend weniger Wert gelegt auf den klar zu fassenden Unterschied der Grenzfälle von „Schuttkegel“ und „Schwemmfächer“, als vielmehr auf den weiteren Unterschied von Piedmont-(Bergfuß)-Schwemmfächer und Fluß-Schwemmfächer.

Ohne weiteres ist jedoch einzuräumen, daß etwa die Gegenüberstellung von „Schuttkegel“ und „Schwemmkegel“, welche Unterscheidung MACHATSCHEK [1952, S. 39 u. 56] trifft, den praktischen Bedürfnissen genügen würde und teilweise, wenn auch nicht einheitlich, sprachlich so verfahren worden ist. Nur ist eben eine stärkere und didaktisch unmißverständliche Abhebung der beiden Formen und ihrer Genese leichter möglich, wenn bei steileren Formen von Kegeln, bei schwach geneigten jedoch von Fächern gesprochen wird. Eine Durchsicht der Handbücher und Spezialabhandlungen weist hinsichtlich solcher Benennungen eine bunte Mannigfaltigkeit auf. KREBS [1937] spricht überwiegend von Schuttkegeln und meint damit beispielsweise die Donauverzweigung unterhalb Preßburgs oder auch die jüngeren Ablagerungen der Flüsse des südlichen Karpatenvorlandes [S. 5 u. 9]. BEHRMANN [1933] wollte eine wie folgt anzuordnende Reihe bilden: Schotterkegel, Schwemmkegel, Schwemmebene [S. 446]. Dem Ordnungsprinzip der Reihe, dem in diesem Fall Korngröße und räumliche Abfolge entlang einem Fluß zugrunde gelegt wurde, ohne Berücksichtigung der besonderen Genese von Teilstrecken, kommt noch in anderem Sinne Bedeutung zu. Denn es sind bei schwankender Humidität — im Boden oder wegen wechselnder Wasserführung — Übergänge zwischen Schuttkegel und Schwemmfächer, wie sie hier gemeint werden, denkbar. Diese möglichen Übergänge sind wohl überhaupt der tiefere Grund, warum meist von einer genauen terminologischen Unterscheidung Abstand genommen worden ist.

Es ist daher nicht verwunderlich, wenn wir in dem morphologischen Vokabular von BAULIG [1956] eine ziemliche Fülle von verwandten Ausdrücken finden. Aber andererseits geht aus seiner Zusammenstellung klar hervor [Nr. 125], daß eine Unterscheidung von cône de déjection und aluvial cône für notwendig gehalten wird, d. h. in der Sache wird die hier angestrebte Unterscheidung von

Schuttkegel und Schwemmfächer gebilligt. Aber auf eine sprachliche Gegenüberstellung von Kegel und Fächer legt BAULIG sich nicht fest, obwohl in seine Begriffsammlung sowohl Fächer wie fan aufgenommen wurden. Vereinzelt wird der Bildgehalt von „Fächer“ auch im Deutschen benutzt. So meint PHILIPPSON [1924, S. 114], daß man sehr flache Kegel großer Flüsse Schwemmfächer nennen kann. Bei dem Bemühen um Klarheit ist es nicht angenehm, wenn neben die Schwierigkeiten einer fremdsprachlichen Synonymik die Erschwerung differenzierter Benennung innerhalb derselben Sprache tritt, selbst wenn dies durch genetische Übergänge zwischen den Formen verständlich erscheint.

Bemerkenswert einheitlich ist die Benennung bereits in der englisch geschriebenen Geomorphologie geworden. TWENHOFEL [1950, S. 69] unterscheidet talus slopes und alluvial fans im Sinne der hier gemeinten Schuttkegel und Schwemmfächer. Allerdings ist dazu zu sagen, daß im Englischen der Ausdruck talus inzwischen mehr ein materialbestimmter, sedimentpetrographischer Terminus geworden ist, eben wegen des groben Materials, das überwiegend zufolge der Schwerkraft nach unten rollt oder gleitet. Eine solche Sinnentwicklung begünstigt naturgemäß die klare Auseinanderhaltung von stark geneigtem Schuttkegel und schwachgeböschtem Schwemmfächer. Da die einheitliche Anwendung von alluvial fans im Englischen schon weitgehend verwirklicht ist, wäre die Angleichung des deutschen Sprachgebrauchs recht zweckmäßig. Der Schuttkegel zeigt die maximale Neigung des lockeren Hangschuttes, verstärkt noch durch die „Baufestigkeit“ des nicht gerundeten Schuttes, und das größte Material häuft sich bei ihm in erster Linie unten an; Schwemmfächer zeigen eine geringere, vielfach eine wesentlich geringere Hangneigung (zwischen 27 und 5 m Gefälle auf je 1000 m Entfernung), das gröbere Material liegt durchschnittlich im oberen Teil bis zum unteren Rand, und erst das aus ihm stammende feinere Material lagert sich unmittelbar vor diesem Rand ab.

Klimanormen für Bergfuß- und Flußschwemmfächer

Von Schuttkegeln wird hier nicht gesprochen werden. Um so wichtiger ist, daß es zwei Arten von Schwemmfächern gibt. Sie wurden schon weiter oben als Bergfuß-Schwemmfächer einerseits und Fluß-Schwemmfächer andererseits unterschieden. Verfasser hat schon früher im Anschluß an DE MARTONNE [1929, S. 563 ff., 2. Bd.] diese Unterscheidung benutzt [CZAJKA 1950/51, S. 158]. Die gleiche Trennung wie DE MARTONNE macht auch v. ENGELN [1948, S. 46 f.]. Flußschwemmfächer kommen in allen Klimaten vor. Auch große Ströme ruhen und verzweigen sich auf ihnen, so der Rhein bei Basel und die Donau unterhalb Preßburgs. Der Pilcomayo im Gran Chaco ist ein Beispiel aus einem periodisch trockenem Gebiet, allerdings mit permanent, wenn auch ungleichmäßig fließendem Wasser [CORDINI 1947]. Die Flußschwemmfächer schaffen zum guten Teil unter bestimmten Reliefvoraussetzungen die Schwemmlandebenen. Ihre Neigung liegt zwischen 5—7 m auf 1000 m. Die Bergfuß-Schwemmfächer sind am besten in semiariden Gebieten entwickelt. In subhumiden Regionen bilden sie sich nur schwach oder sind nur noch als Ruinen vorhanden. Sofern Schwemmfächerformen in humiden Gebieten auftreten, sind sie geologische, häufig verfestigte Gebilde, vielleicht durch lineare Erosion bereits zerschnitten und eventuell tektonisch verlagert, im ganzen also in erster Linie mehr geologische Bausteine als neue Formgebilde.

Die Zuordnung der Bergfuß-Schwemmfächer zu ariden Gebieten ist hier im Sinne der klimatischen Zonennorm und der unter dieser herrschenden Abfluß- und Aufschüttungsbedingungen zu verstehen. Konvergente Formen können sich durch Bedingungs austausch fallweise auch außerhalb der Trockengebiete bilden. Extrazonalität kann nämlich zweierlei bedeuten: Inselhaftes Auftreten der Zonennorm außerhalb der Zone und andererseits funktioneller Bedingungs austausch mit konvergentem Effekt. Nicht zu verwechseln ist hiermit bei der Zuordnung zu Klimazonen das Auftreten von pleistozän-kaltzeitlich entstandenen Schwemmfächern der heute gemäßigt humiden Gebiete, die sich als noch existierende „Gegenwartsformen“ bei unveränderter Lagerung aus den Seitentälern als Schotterfächer in Haupttäler vorschieben. Wie sich in der Regel in den gemäßigt-humiden Gebieten heute keine ausgesprochenen Bergfuß- oder Talausgangsschwemmfächer bilden, so sind sie auch in den feuchten Tropen selten [DE MARTONNE 1940, S. 106].

Fossilisierte, bzw. verschüttete Flußschwemmfächer muß man in den alluvialen Tiefebenen suchen. Sofern Fluß- und Bergfuß-Schwemmfächer als rezente Gebilde beobachtet werden, unterscheiden sie sich außer der Neigung in folgendem: Die Gerinne auf dem Bergfuß-Schwemmfächer, die allerdings meist trocken nebeneinander liegen, divergieren an seinem unteren Teil; auf dem Flußschwemmfächer dagegen verzweigen sich die Wasseradern auf dem Kopf, aber an seinem Ende treten die fließenden Gewässer meist wieder zusammen (Ausnahme: Bifurkationen). Die bloße Gegenüberstellung beider Formen sei damit abgeschlossen; über weitere Einzelheiten vgl. CZAJKA [1950/51].

*Begrenzter Wert von Teilvergleichen zwischen fluviatilen
Aufschüttungsvorgängen*

Die Flußschwemmfächer, und zwar insbesondere einzelne bekannte Fälle an großen Strömen, sind oft geschildert worden. Torrenten lassen sich als Flußschwemmfächer auffassen (Oberitalien). Die breiten Sohlentäler im deutschen Alpenvorland mit ihrem im Profil gewölbten Talboden sind von BÜDEL [1944], der den Ausdruck Schuttfächer gebraucht, hinsichtlich ihres Sedimentinhalts als Flußschwemmfächer erklärt worden. Die weitere Verfolgung dieser Fragestellung würde also in das Gesamtgebiet der fluviatilen Erosion und Akkumulation hineinführen. Dies ist hier nicht beabsichtigt, obgleich für Gebirgsflüsse mit ihren Blockhäufungen interessante Vergleiche zum Bergfuß-Schwemmfächer möglich wären.

Als ein hydrologisch möglicher Vergleich, der aber für größere Geschiebe noch nicht untersucht ist, möge auf die Bemerkung von WINKEL verwiesen werden, daß für die Flußsande sich ein wechselseitiger Zusammenhang zwischen Rauigkeit und Gefälle ergeben hat [1947 a, S. 10]. „Das Gefällsbedürfnis richtet sich nach der Geschiebegroße“ [1947 b, S. 40]. Zunächst gilt diese Korrelation zwischen Gefälle und Korngröße nur für Flachlandflüsse und damit für ihre Schwemmfächer. Ob eine derartige nicht einseitig gerichtete Ursächlichkeit auch für Bergfuß-Schwemmfächer zutrifft, wäre für die lehrsatzmäßige Fassung ihrer Entstehung von entscheidender Bedeutung.

Von den Bergfuß-Schwemmfächern wird noch zu besprechen sein, daß sie durch Gerinne, wenn auch durch stark wechselnde, aufgeschüttet werden und mithin als Form nicht simultan wachsen. Hierbei kann zur Vervollständigung

der Anknüpfungsmöglichkeiten daran erinnert werden, daß die sog. Deckenschotter, ungeachtet ihrer etwas suggestiv wirkenden Benennung, ebenfalls aus Schottersträngen zusammenwachsen [SCHAEFER, 1950]. Ein weiteres Grenzphänomen sind Übergangskegel oder Sandur vor Endmoränen. Bei allen pleistozänen Bildungen kann das Kraft-Last-Verhältnis, also das Überladensein mit Schutt, auch in dem Sinne diskutiert werden, daß hier — funktionell gesehen — im Entstehungsprozeß sehr gleichliegende Bedingungen zu den eigentlichen Schwemmfächern der semiariden Gebiete auftreten. Aber es bleibt noch ein meist recht greifbarer Unterschied: Die fluviatil bewegten Geschiebe im Vorland von Vereisungen, Schotter oder Sande, sind in größerem oder geringerem Grade bereits abgerundet oder befinden sich in der Abrundung; das Material der semiariden Schwemmfächer ist überwiegend kantig.

Denkt man nun noch an die Stromdelta-Aufschüttungen an Küsten, so ist durch das Auftreten von Uferwällen eine sehr deutliche Beziehung zu Teilvorgängen in semiariden Schwemmfächern gegeben, aber sonst liegen die gesamten Bildungsbedingungen anders. Die gemeinsame, etwa dreieckige Grundrißgestalt kann allenfalls bei sehr generalisierter Betrachtung einen Vergleichspunkt abgeben, aber innerhalb analytischer Untersuchungen ist es eine zu starke Vereinfachung, Deltas als „großartigste Schutfächer“ anzusprechen [PASSARGE 1929, S. 66].

Angesichts der Vielfalt von Aufschüttungsformen von etwa Dreiecksgrundriß, die in irgend einem Sinn wegen homologer Bestandteile oder Teilprozesse miteinander verglichen werden können, bleibt es wohl verständlich, daß man sich nicht durch eine terminologische Enge der Benennungen festlegen möchte; andererseits sind — zumindest außerhalb der Deltabildungen und pleistozänen, glazifluvialen Aufschüttungen — die Unterschiede zwischen Schuttkegel, Bergfuß-Schwemmfächer und Fluß-Schwemmfächer doch so groß, daß ihre Unterscheidung praktisch und logisch konsequent ist. Der „Schuttkegel“ bzw. „Schwemmkegel“, wie die geläufigsten Bezeichnungen älterer Herkunft (Bergfuß- und Fluß-Schwemmfächer zusammengenommen) in der deutschsprachigen Geomorphologie heißen, ist ein unentbehrliches Requisite in der Behandlung einiger Landformungsvorgänge und der Sedimentbildung geworden. Der Begriff gestattet in seiner Unschärfe hier und da eine Spezialform mit Hilfe der anderen genetisch zu erläutern, aber er ist angesichts der schon genannten Tatsachen nicht präzise genug, um Ordnung in die entsprechenden klimamorphologischen Untersuchungen zu bringen. Die Fortschritte der Klimamorphologie erfordern eine saubere Unterscheidung. Den Begriff „braiding streams“ der nordamerikanischen Morphologie, bei dem das Flußgeäder zum Anlaß der Benennung wurde, im Deutschen weiterhin mit KREBS [1937] als „Schuttkegel“ zu übersetzen, wobei zwar richtig die Form, aber zugleich mißverständlich die Materialvorstellung als Ausgangspunkt dient — entspricht nicht mehr den heutigen Bedürfnissen. Von der an sich schon nützlichen Verwendung des Wortes „Fächer“ sei hierbei ganz abgesehen. Die Wortwahl als solche ist nur eine Frage der Zweckmäßigkeit; aber die Unterscheidung zwischen Bergfuß-Schwemmfächern in Trockenregionen und den ubiquen Fluß-Schwemmfächern ist der Sache nach notwendig.

*Maßstabgerechte Betrachtung von Schwemmlandebenen und
Fächerkleinformen*

Neben die damit gezeigten Unstimmigkeiten tritt eine weitere Inkonsequenz, die aus der weitgehenden Vernachlässigung der Maßstabfrage erwächst, wenn die *Großform* der Schwemmlandebene als Riesenschwemmfächer, bzw. als die Verzahnung mehrerer Schwemmfächer aufgefaßt wird. Hierbei ist überwiegend an die Aufschüttungen von Fluß-Schwemmfächern zu denken, obgleich die Schwemmland-Ebene als *Großform* in der Bergfußzone beginnt. Schwemmfächer, gleich welcher Art, sind *Kleinformen*. Ihre Länge ist begrenzt. Im speziellen Fall des Bergfuß-Schwemmfächers in Trockengebieten sind es vielfach einige Kilometer, sofern räumliche Ausdehnungsmöglichkeit gegeben ist, gegebenenfalls auch einige Dutzend Kilometer. In letzterem Fall liegen jedoch schon zusammengesetzte Formen vor, und in Weiterbildung befindet sich dann nur noch der untere Teil. Immerhin entsteht bei fortgesetzter Aufschüttung und seitlichem Zusammenwachsen so etwas wie eine *Bergfuß-Schwemmlandebene*. Erst an sie schließt sich in der Fließrichtung der Abdachungsgewässer die normale Schwemmlandebene an, die aus Flußschwemmfächern gebildet wird. Zwar sind Bergfuß-Schwemmfächer und Fluß-Schwemmfächer, beide jeweils nach dem Zusammenwachsen der Nachbaraufschüttungen, die „schiefe Ebene“ der weiten Vorländer von Gebirgen, um so mehr wenn die älteren Stadien in tieferen Schichten bereits fossilisiert sind; aber genetisch liegt zwischen ihnen eine heutige oder einstige subaerische Übergangszone.

STAPPENBECK [1918/19] glaubt, die verschüttete Grenzzone dort erschließen zu können, wo in Bohrungen Druckwasser aufsteigt. Zunächst fehlt das Druckwasser vom Bergfuß an auf der schiefen Ebene abwärts; STAPPENBECK führt das auf den geologischen Bau der Bergfuß-Schwemmfächer zurück. In ihm wechseln grobe und feinkörnige Schichten, und die steigenden Brunnen finden ihre Bedingungen erst am alten Rand der Bergfuß-Schwemmlandzone (conos de deyección nach seiner Terminologie). Da die aus Bergfuß-Schwemmfächern zusammengesetzte Bergfuß-Schwemmlandebene, u. U. mit einer Sedimentmächtigkeit von 200—300 und mehr Metern, auf das suballuviale Gestein in der Zone des früheren Bergfußes aufgelagert wurde, würde also dann die Druckwasserzone am Rande der fossilisierten und verschütteten Bergfuß-Schwemmfächer liegen. Erst weiter abwärts folgen die alten, jetzt ebenfalls verschütteten Flußschwemmfächer. Jedenfalls ist die Ausdehnung der alluvialen Bergfußebene dieser Entstehung begrenzt. THORNBURY [1954] ist vielleicht zu zurückhaltend, wenn er nur eine Breite des alluvialen Piedmont von mehreren Meilen zugibt, aber auch er sieht eine Grenze im Schwemmland gegeben. Übrigens braucht der Bergfuß-Schwemmfächer in diesem Fall nicht unbedingt in periodisch trockenem Klima entstanden zu sein; die tektonische Hebung der Gebirgsschwelle kann eine konvergente Form bewirken.

Der Bergfuß-Schwemmfächer als Kleinform

Mit solchen sukzessiv aus dem Nebeneinander entstehenden größeren Formen bewegt sich die Betrachtung gegenüber den Kleinformen in einem anderen Maßstabe. Während dies für eine schmale Zone berechtigt sein mag, gehen größere räumliche Reichweiten über den Maßstab hinaus, der unter genetischen Gesichtspunkten für die Formen der Bergfuß-Schwemmfächer noch zulässig ist. Mit anderen Worten: Die Annahme einer zu großen Reichweite der Piedmont-

Schwemmfächerebene entspricht nicht den abgelaufenen Bildungsvorgängen. Es ist einleuchtend, daß die Unschärfe, die eintritt, wenn die Schwemmlandebenen vom Bergfuß bis zur Küste als Einheit betrachtet werden, auf die fehlende Unterscheidung von Bergfuß-Schwemmfächern und Fluß-Schwemmfächern zurückgeht. Infolge des Fehlens dieser Unterscheidung läßt sich bei der schwankenden Terminologie gar nicht einmal feststellen, was der Autor eigentlich gemeint hat. ATWOOD [1940] spricht für die Great Plains beispielsweise von einem „gigantischen torrentialen Fächer“ [S. 261 f.]. v. ENGELN [1948] dehnt die „Piedmontebene“ von den Anden bis zur La Plata-Mündung aus [Taf. I b, S. 66]. TWENHOFEL [1950] sagt allgemein und im Hinblick auf die hier besprochene Inkonsequenz eigentlich neutral: Die Ablagerungen von Piedmont-Ursprung erscheinen als die größten auf den Kontinenten [S. 73]. MACHATSCHEK [1940] sieht die außerordentliche Einförmigkeit der High Plains südlich vom North Platte River, die von 1600 auf 200 m fallen, als die Vereinigung zahlreicher Fächer an [S. 34]. THORNBURY [1954] schafft für diese im Tertiär entstandene schiefe Ebene, die heute aus stark verfestigtem Gestein besteht und wenig zerschnitten ist, einen eigenen Terminus (immer im Hinblick auf Schwemmfächer), indem er den Formen die „plain of older alluvium“ als Typus der Weiterbildung hinzufügt.

Diese Beispiele genügen wohl, um darzulegen, daß die sedimentäre Piedmontebene und ihre fluviatil gebildete Fortsetzung eine getrennte genetische Erklärung innerhalb der Großform „Schwemmlandebene“ verlangen. Diese ist u. U. auch in dem Abschnitt, der unmittelbar vor der Piedmont-Zone liegt, von zusammengesetzter Bildung. Daß dies für die Nähe der heutigen alluvialen Bergfußzone zutreffen kann, hat Verfasser für den Chaco-Rand bei Tucumán kurz dargestellt [CZAJKA 1950/51: Austritt eines Schwemmfächers von Norden aus einem Längstal größerer Breite, während die heutigen Abdachungsflüsse rechtwinkelig dazu verlaufen]. Als Sonderbildung auf rezenten Fluß-Schwemmfächern sind ferner Flußanzapfungen und damit Bifurkationen bekannt [CRIST, 1932]. So ergibt sich auch in Konsequenz des Maßstabgedankens, daß zwischen Bergfuß-Schwemmfächern und Flußfächern zu unterscheiden ist, bzw. zwischen Bergfuß-Schwemmebene und alluvialer Ebene im allgemeinen.

Die mannigfachen Homologien unter den Aufschüttungen und die daher möglichen genetischen Vergleiche, die schon weiter vorn erwähnt wurden, sowie die Tatsache, daß Bergfuß-Schwemmfächer eigentlich nur in ariden und semi-ariden Gebieten auftreten oder uns in Abweichung hiervon als Bildungen von schuttüberladenen Gewässern begegnen und damit als die Auswirkung einer funktionell bedingten, relativen Aridität (von der Wasserführung her gesehen) erscheinen, sind zwei Umstände, die den Erkenntniswert einer bloß formalen Klassifikation der Formen einschränkt. Die Abdachung NW-Afrikas gegen die Sahara sei als Beispiel erwähnt, bei deren Erklärung alle möglichen Fälle genannt werden, die auf einer schiefen Ebene auftreten können. DRESCH [1951] dürfte meinen, daß ein *glacis d'érosion* zufolge korradierender Schwemmfächer abgetragen wird (auch bei einem strukturell vorgegebenen Hang), wobei Einschneiden von Gerinnen ebenso auftritt wie die flächenhafte Wirksamkeit von *sheet-wash* und *rill-wash* und Zeugenberge eines älteren *Glacis* stehen bleiben können. Das Wertvolle einer solchen Auffassung besteht in der Berücksichtigung aller Varianten der Abtragung an derselben Großform. Aber das ändert sich sofort, wenn ein anderer Maßstab für die Betrachtung gewählt und zur Einzel- bzw. Kleinform übergegangen wird. Diese Notwendigkeit ist hier ge-

meint, wie auch schon im vorigen Abschnitt, wenn von der isolierten Untersuchung von Bergfuß-Schwemmfächern als Kleinform gesprochen wird.

Felsfächerformen

Es sind bisher eine Reihe von Grenzfragen berührt worden: Die Unterscheidung von Schuttkegel und Schwemmfächer, von Bergfuß-Schwemmfächern und Fluß-Schwemmfächern, von Bergfuß-Schwemmfächern der Trockengebiete und dem normalen Fehlen rezenter Bergfuß-Schwemmfächer in permanent feuchten Gebieten, sowie von der fast uferlosen Ausweitung des Bergfuß-Schwemmfächerkonzepts auf die Großform der alluvialen Ebenen. Eine weitere Grenzfrage kann man anschließen an den soeben erwähnten Fall von NW-Afrika, und zwar hinsichtlich der Wirkung eines korradierenden Schuttschleiers auf den liegenden Felsuntergrund. Damit wird in den Maßstab der Kleinformen zurückgekehrt. Jene Wirkung auf die felsige Bergfußzone kommt in den Auffassungen von JOHNSON [1932 a u. 1932 b] über die Entstehung geneigter Felsflächen (rock planes bzw. pediments) zum Ausdruck. Im höchsten Teil entstehen auf ihm „Felsfächer“ (rock fans). Der Schutt tritt nach JOHNSON aus den Abdachtungstälern von Gebirgen, die in Trockengebieten liegen, auf die felsige Bergfußebene hinaus und wird dort in schleierartiger Verbreitung episodisch und lokal differenziert nach abwärts bewegt. Die Fächervorstellung liegt hierbei in der bergnahen Kleinform des Felsuntergrundes begründet: Radial verlaufende Böschungslinien, von der Ausmündung des Tales aus der Erhebungszone gerechnet, schneiden die etwa konzentrisch zu zeichnenden Isohypsen hangabwärts. Der Verlauf der Höhenlinien ändert sich erst an den beiden Außenschenkeln des Fächers zufolge der dort zwischen den Felsfächern ausgebildeten Depression. Felsfächer liegt neben Felsfächer, einer vom andern durch jene Tiefenlinie getrennt, die meist ein trockenliegendes Gerinne ist. Bergsporne andererseits schließen den oberen Teil des Fächers ein. Sie sind von den benachbarten Fächern ebenfalls jeweils durch eingesenkte Gerinne getrennt, die sich dann beim Auslaufen der Sporne vereinen [vgl. Abb. 3, S. 25 bei v. WISSMANN 1951]. In der JOHNSON'schen Auffassung liegt also der Grenzfall eines Schwemmfächers vor, der nach seiner geringen alluvialen Überstreuung kaum noch einem Schwemmlandfächer entspricht, jedoch direkt durch abtragende Wirkung auf die Gestaltung des Untergrundes einwirkt. Die Möglichkeit eines Vergleichs zwischen alluvialen Bergfuß-Fächer ist jedoch nicht nur durch die Form, sondern zugleich dadurch gegeben, daß rein alluviale Fächer Ablagerungsformen sind, auf denen sich gleichzeitig Abtragungsvorgänge entfalten. Die später zu besprechenden Einzelbeispiele von Schwemmlandfächern entstammen der Punarandzone NW-Argentiniens. Im Hinblick auf dieses Gebiet ist hier zu vermerken, daß in ihm Felsfächer und Pedimente auf älterem Gestein (Präkambrium und Paläozoikum) kaum bestehen, wie schon W. PENCK hervorhob. Jedoch kommt die Schuttüberfahung von tertiärem Gestein vor.

Individuelle Erscheinungen an Bergfuß-Schwemmfächern

Nach diesen Abgrenzungen in allen Richtungen bleibt als eigentlicher Gegenstand die Behandlung der Bergfuß-Schwemmfächer in Trockengebieten. Obgleich sie eine sehr eng zusammengehörende Gruppe unter den Aufschüttungsformen sind, zeigen sie im einzelnen doch sehr deutlich individuelle Gestaltung. Bergfuß-Schwemmfächer haben einen unteren Rand. Bis zu dieser Stelle

hält das grobe Material aus. Weiter unterhalb liegen die kleinen Korngrößen. Das von KANTER [1936] genannte Beispiel des Bergfuß-Schwemmfächers von Pipanaco (im Becken von Andalgalá, NW-Argentinien) hat vom Bergfuß bis zum Fächerrand über 2,5 km ein Gefälle von 200 m [S. 260]. Weiter unterhalb, wo der gewöhnliche fluviale Schwemmfächer mit seinem Feinmaterial, wenn auch als Fortsetzung des Bergfußfächers, sich anschließt, kommen auf 15 km nur 150 m Gefälle. Bergfuß-Schwemmfächer und Fluß-Schwemmfächer der alluvialen Ebene vor dem Gebirge sind also nach Relief, Material und Gefälle deutlich zu unterscheiden. Dieser Normalfall vor der Sierra de Ambato braucht nicht überall gegeben zu sein. Auch im intramontanen Gelände variieren die Fächeraufschüttungen in ihrer Form und Beschaffenheit nach Art und Menge des Materials, das ihnen nach der Eigenart ihres Einzugsgebietes zugeführt werden kann. Der Belén-Fluß, der das sandige Becken des Campo Arenal entwässert und an der NW-Ecke des Beckens von Andalgalá in dieses eintritt, zeigt keinen Schwemmfächerrand, sondern ist ausschließlich ein Fluß-Schwemmfächer. Ferner können sich in einem Schwemmfächer kleinstkörnige, d. h. lehmige und tonige Partien befinden, wobei u. U. der Rand sich verwischt. Diese feinkörnigen Partien gehen wahrscheinlich auf Schlammströme zurück. Hier würden also Übergänge zwischen Schwemmfächer und Schlammstrom-Fächer (mud-flow) vorliegen. Sehr oft enthalten Schlammströme jedoch auch kantiges, grobes Material, das mit ihnen „mitgeschwommen“ ist. Die Herkunft der geringen Korngröße zu bestimmen, die zeitweilig auf solchen Schwemmfächern zur Ablagerung kam, ist im Falle bereits überdeckter Schichten nicht immer möglich. Möglicherweise haben in solchen Gegenden sowohl unter tropischem Klima entstandene feinkörnige Verwitterungsmassen, die teilweise noch in den Kammregionen vorhanden sind, wie auch pleistozäner Löß und vulkanische Asche bei der Materiallieferung mitgewirkt. Es werden später derartige individuelle Modifikationen noch beschrieben werden.

Bildung von Bergfuß-Schwemmfächern

Da die Vereinigten Staaten von Nordamerika große Trockengebiete einschließen, haben die Bergfuß-Schwemmfächer der Trockengebiete in der dortigen Geomorphologie stets eingehende Beachtung gefunden. Das gilt von Handbüchern [v. ENGELN 1948, S. 247; FINCH u. a. 1942, S. 290; LONGWELL u. a. 1948, S. 85 f.; THORNBURY 1954, S. 173 ff.], aber auch von Einzelabhandlungen [CHAWNER 1935; ECKIS 1938]. SALISBURY und ATWOOD [1908] nahmen bereits ein Beispiel in ihre Interpretation topographischer Karten auf. Die gewonnenen Einsichten geben im ganzen ein abgerundetes Bild wieder. Bergfuß-Schwemmfächer entstehen beim Austritt von Gerinnen aus engen Abdachungstälern von der Stelle ab, wo eine Gefällsverringerung stattfindet. Die „rauhere“ Laufstrecke liegt also oberhalb des Kopfes der Schwemmfächer, d. h. in den engen Erosionsschluchten. Das nächste große Gefälle wird an dem Rand des Schwemmfächers erreicht. Es ist der Schuttrand, der sich allmählich vorwärtsbewegt und hierbei das feinere, vor ihm liegende Material überfährt. Das geschieht niemals in der ganzen Breite des Fächerrandes, sondern gerade dort, wo die radial verlaufenden Gerinne jeweils den Rand erreichen. Im großen ganzen suchen sie den kürzesten Weg zwischen Austrittsschlucht und Schwemmfächerrand. Der Schwemmfächer ist vielfach durch sie zerschnitten. Dieses Einsenken der Gerinne bedeutet nicht, daß dort der Aufschüttungsvorgang

bereits abgeschlossen ist oder gar in jedem Fall auf eine tektonische Aufwärtsbewegung und daraus folgender Tieferlegung der lokalen Erosionsbasis geschlossen werden darf. Nur bei sehr tiefer Einschneidung herrscht in dem betreffenden, meist in der Kopfzone gelegenen Teil Aufschüttungsruhe. **Barriere**n**bildung** aus Geschieben oder mitgeführten entwurzelten Pflanzen führen lokal zu Verstopfungen der Gerinne, welche weiter oberhalb ihre Auffüllung mit Schutt zur Folge haben.

Die „Einschnittwunden“ in Fächern verheilen wieder. Verf. schlägt für diesen Wechsel von linearer und flächenhafter Abtragung und Wiederauffüllung die Kennzeichnung „reluvial“ vor. Begünstigt wird dieses Geschehen durch die periodisch verschiedene Wasserführung, wie sie für die Trockengebiete charakteristisch ist. Aufhöhungen an Gerinnen erfolgen ferner durch Aufschüttung von **Uferwällen**. Hierbei wird der grobe, scherbige Gesteinschutt an die Seite gedrängt und bildet Längsdämme. Zwischen beiden Uferwällen liegt aufgehöhntes feineres Material, was u. U. bei Nachlassen der Wasserflut wieder leicht erodiert wird und die beiden Wälle als Form deutlicher macht. Die Gerinne verzweigen sich und fließen wieder zusammen. Es können Muster wie bei der Verzweigung von Blätterärdchen entstehen. Im ganzen jedoch bietet der Fächer das Oberflächenbild einer Streifung, die hangabwärts gerichtet ist. An den Rändern des Fächers stellt sich häufig eine **Ablösung** von den trichterförmig einfassenden Bergspornen ein. Auch diese Kanäle können wieder verstopft werden und sind nicht durchweg als permanente, wenn auch bevorzugt als immer wiederbelebte Form zu betrachten. Wie die Bewegung einzelner, sehr großer Blöcke zeigt, können umfangreiche Massenverschiebungen stattfinden. Jedoch ist nach Auffassung des Verfassers die Bewegung großer Blöcke wohl nur dann möglich, wenn im Kolloidzustand sich bewegende, geringe Korngrößen als linear gerichteter **Schlammstrom** den Fächer erhöhen. Diese haben nicht nur eine Zugkraft, sondern wirken auch durch Stoß. Die Art dieser Schwemmfächer-Weiterbildung setzt also Modifikationen des Aufschüttungsvorganges voraus, die nur bedingt auftreten. Mitunter führt das Überwiegen von Schlammströmen (avalanches, mud-flows, volcanes) zu Sonderbildungen [MONTEVERDE-KITTL 1949]. Je weiter sich ein Bergfußfächer vorschiebt, um so mehr kann der Kopf desselben (fan-head) zunächst in den Ruhezustand, ja auch in die Abtragung eintreten. Formmerkmale des Kopfes sind nicht nur die flächenhafte Kappung der Schichten sondern auch die vertieften Gerinne (trenches).

Sedimentpetrographie der Bergfuß-Schwemmfächer

TWENHOFEL [1950, S. 69—73] hat in seiner Sedimentpetrographie im Hinblick auf diese Vorgänge von einem besonderen piedmont environment für Sedimentbildung gesprochen. Erfolgt anstelle des fortgesetzten Aufbaues der Fächer ein anhaltender Abbau, sei es durch Erlahmen der Schuttführung oder durch Zunahme der Humidität, so prägt er hierfür den Begriff eines piedmont cycle. Petrographisch liegt ein Sediment vor, das sehr viel scherbiges und eckiges Material enthält. LAWSON [1913] hat für diese Art von Brekzie den Ausdruck **Fanglomerat** eingeführt und damit die genetische Verbindung zwischen Material und Aufschüttungsform ausgedrückt. Für die ungeschichteten, feinkörnigen Teile der Schwemmfächersedimente, die zwischen den geschichteten Partien liegen, hat HARRINGTON [1946] den Ausdruck **Coenoglomerat** vor-

geschlagen. Möglich wäre auch Caenoglomerat (lat. caenum oder coenum = Schmutz, Schlamm, Schwemmsand). Die Abhebung der Bergfußfächer von den Flußschwemmfächern ist mithin sedimentpetrographisch durchaus bestätigt. Charakteristischerweise setzen hier bei Vergleichen wieder Maßstabwechsel der Betrachtung ein. So nennt TWENHOFEL [S. 218] den Fall der Kreuzschichtung die miniature alluvial fans. Das kann sich natürlich nur auf Flußsedimente, bzw. das geologische Äquivalent der Form eines Flußschwemmfächers beziehen. Bei Abräumung verschieden alten Materials im Gebirgsraum können schließlich in der Bergfußzone korrelierte Schichten in umgekehrter Reihenfolge übereinander liegen, wie STAPPENBECK [1918/19] für das Tucumaner Andenvorland zeigte: Zu unterst liegt das abgetragene tertiäre Material und darüber das Schwemmland, welches das inzwischen freigelegte Präpaläozoikum lieferte. Intramontan sind solche Befunde bei aufgeschlossenen Schwemmfächern kleineren Ausmasses für die relative Chronologie von Bedeutung, wie noch gezeigt werden wird.

Differenzierung der Bergfußschwemmfächer

Nachdem die Sonderstellung der Bergfuß-Schwemmfächer, insbesondere derjenigen in Trockengebieten, innerhalb aller Aufschüttungsformen von Dreiecksgrundriß und ihre Petrographie dargestellt sind, muß nunmehr zur Differenzierung der alluvialen Fächer in der Piedmontzone übergegangen werden. Hiermit kann nicht nur die Kenntnis der Kleinformen innerhalb der Aufschüttungen von Trockengebieten erweitert werden, sondern zugleich ergeben sich einige allgemeine Einsichten zur klimamorphologischen Gliederung. Die untersuchten Beispiele stammen aus NW-Argentinien, wie schon einmal gesagt wurde. Die allgemeinen Ergebnisse sind zum Teil schon in den vorangegangenen Abschnitten verarbeitet worden.

Bergfuß-Schwemmfächer treten in NW-Argentinien in drei Anordnungsgruppen auf: 1. Sie können am äußersten Andenrand liegen, befinden sich dort zwar in einem periodisch trockenen, aber immerhin subhumidem Gebiet und sind demzufolge nicht besonders lang, ruinenhaft oder in ihnen halten sich Aufschüttung und Abtragung die Waage. 2. Intramontan treten Fächer in andinen Längstälern auf; sie sind dort in ihrer Längenentwicklung eingeschränkt, wenn auch der Breite des Tales und seiner eventuellen Wasserführung entsprechend in unterschiedlichem Umfang, und liegen in semiariden Gebieten, wobei allerdings die Täler selbst weniger Niederschlag erhalten als die Randgebirge, die die Fächer mit Schutt und Wasser versorgen. 3. Räumlich sehr entwicklungsfähig sind bei intramontaner Lage die Bergfuß-Schwemmfächer in Bolsonen von Becken Grundriß; auch hier herrscht semiarides Klima; in dem Untersuchungsgebiet ist das Becken von Andalgalá besonders bemerkenswert. — Zur Behandlung gelangen im folgenden besonders Fächer in andinen Längstälern, also aus der zweiten Gruppe. Innerhalb dieser sollen im voraus Übersichtshalber an Arten unterschieden werden:

1. Rezente Fächer, die den seitlichen Talraum einseitig oder auf beiden Seiten ausfüllen.
2. Bei besonderer Materialanlieferung erfolgt die Fächeraufschüttung teilweise oder sogar überwiegend in Form von Schlammströmen.
3. Durch enge Talräume in der Längenentwicklung eingeengte Fächer, teilweise von besonders steiler Hangneigung.

4. Bergfuß-Schwemmfächer, die alternierend mit Querriedeln im Längstal auftreten; hierbei ist wechselndes Raumverhältnis beider Kleinformen möglich: kleine Fächer neben breiten Querriedeln und umgekehrt.
5. Pseudoschwemmfächer, deren Sedimentkörper überwiegend aus Schichten älterer Herkunft besteht, die tektonisch bewegt sein können.
6. Terrassierte Schwemmfächer.
7. Endform zu 4: Verwaschene Umrisse der Fächer infolge der Schuttfülle in ariden Bolsonen.
8. Endform in der Höhenstufe arider Gebiete: Dach des Schwemmfächers mit Frostbodenmuster bei geringer Neigung und ohne reguläre fluviatile Weiterbildung.

Konvergente Fächerformen infolge funktionell wirksamen Bedingungs-austausches unter anderen Klimanormen sind nicht aufgeführt worden.

Die reluviale Sukzession

Von den rezenten Schwemmfächern (Art 1) gilt, daß sie in ihrer Achse ein *konvexes Profil* haben. Nur wenn ein Fächer isoliert liegt, kann man in der Seitenansicht dieses Profil der Gesamtform sehen. Da sich der Fächer aus Fanglomerat-Strängen zusammensetzt, müßte das konvexe Profil dem Durchschnittszustand der Gesamtform entsprechen, also in der Beobachtung lediglich ein perspektivischer Effekt sein. Durch das Auftreten von Blockbarrieren, bzw. durch das Verstopfen von Gerinnen durch Schutt oder andere Hindernisse, ist die allgemeine Gefällskurve konvexer Art auf dem Fächer jedoch durch die Teilaufschüttungsgebilde vorgegeben. Am deutlichsten wird dies am äußeren Rand des Fächers, wo der Blockschutt endet. Der Kopf des Schwemmfächers und sein mittlerer Teil sind mehr eine schiefe Ebene. Auf dieser halten sich Aufschüttung und Abtragung die Waage. Für einzelne Teile können flächenhafte Abtragungsperioden längere Zeit anhalten. Wie die Beobachtung und das Experiment zeigen [STINY 1917], können auf dem oberen Teil des Fächers stabile Gerinne liegen und Einschneiden als Dauerzustand auftreten. Der rezent lebende Fächer liegt dann weiter unterhalb. Abb. 1 [zur Lage des Tales von Santa Maria vgl. Karten bei CZAJKA 1956 u. 1957 a] zeigt im Mittelgrund die *streifige Anordnung noch aktiver Gerinne* auf der Fächerfläche. Die landschaftliche Situation ergibt sich aus der am Schluß beigegebenen Erläuterung dieser Aufnahme. Im Untergrund der streifigen Fläche liegt nicht Schicht auf Schicht. Schon der Aufbau aus Schuttsträngen läßt dies gar nicht erwarten. Wohl aber kann man von einem etwa linsenartigen Durchschnitt der Stränge sprechen. Bestätigt wird dies durch den Wasserhaushalt im Schwemmfächerkörper, ersichtlich aus dem Umstand, daß die aktiven Kanäle von einer vergleichsweise höherwüchsigen Vegetation randlich begleitet werden. Da die Stränge abschnittsweise gebildet werden, streichen sie, vom gesamten Fächerkörper aus gesehen, rückwärts in die Luft aus. Insgesamt ist also ihre Anordnung eine *invers dachziegelartige*.

Man hat von der *Kappung der Schichten* auf der Dachfläche des Fächerkörpers gesprochen. Nach dem besprochenen Bildungsprozeß ist sie nicht nur eine sekundäre, auf Grund einer wesentlich späteren Abtragung, sondern sie ist eine primäre, allerdings im doppelten Sinne. Denn sie beruht nicht nur auf dem Ausstreichen der Schuttstränge nach oben sondern auch auf der flächenhaften Abtragung, die auf den Arealen zwischen den aktiven Streifen geschieht.

Abb. 2 zeigt eine solche Fläche im Abtragungszustand; ein sehr flaches Gerinne (Spülfurche) verläuft transversal zu den radial eingetieften Gerinnen. In dieser flachen Spülfurche wird zeitweilig gröberes Material nach den radialen Kanälen abgeführt, wie die kleinen Uferwälle zeigen. Im ganzen vollzieht sich eine flächenhafte Abtragung des Lockermaterials, das aber keinesfalls vorher bis zur kleinsten Korngröße aufbereitet ist, wie es teilweise den Konzepten über flächenhaft wirkende Abtragung zugrunde gelegt wird. Es gibt eine flächenhafte Abtragung, die keine Flächenspülung in des Wortes vollster Bildbedeutung ist, ja nicht einmal auf einer Vielzahl von gleichsinnig gerichteten kleinen Rinnen und ihrer Wirksamkeit beruht. Bei der Abtragung auf den Dachflächen rezenter Schwemmfächer können solche unter Angriff liegende Räume inselhaft ein wenig tiefer liegen als die ganze Umgebung. Sie werden dann von 70—80 cm tiefen Trockengerinnen eingerahmt. Im übrigen können sie wieder verschüttet werden, welchen Vorgang man mit dem Begriff „reluviale Sukzession“ festhalten kann. Ferner ergibt sich, daß die Kappung der „Schichten“ im oberen Fächerteil bereits eine primäre ist.

Wie auf Abb. 2 weiterhin sichtbar, werden Sträucher an den Wurzeln vielfach von Sandhäufchen umgeben. Bei Auftreten von Flugsand wird dies besonders auffällig. HUECK [1953, S. 83 ff.] hat beschrieben, wie umgekehrt auch die Wurzelhalse freigelegt werden können. Er denkt dabei allerdings nicht an Vorkommen im Tal von Santa María sondern im Becken von Andalgalá. Nach seiner Auffassung sind äolische Abtragungsvorgänge die Ursache, deren Betrag er sogar glaubt zeitlich berechnen zu können. Ganz abgesehen davon, daß der benötigte Fallwind im Becken von Andalgalá meist gar nicht den Boden erreicht, möchte ich mich nach meinen Beobachtungen mehr für zyklische Aufschüttungs- und Abbauvorgänge, also die reluviale Sukzession, auf dem Schwemmfächer aussprechen. Die großen Gerinne gleiten nämlich auch seitlich ab, was dann an dem Auftreten von Steil- und Flachhängen sichtbar wird. In diesem Vorgang wird wechselnd das Wurzelwerk der Sträucher hineingezogen.

Ein Sondervorgang an solchen Schwemmfächern ist die direkte Versorgung mit Schutt vom Hang aus. Das tritt auf, wenn sich die Schuttflächen sehr ausgebreitet haben und Gebirgshangteile, aus denen keine Trichtertäler austreten, im Streichen des Gebirges, die Bergfuß-Schuttflächen begleiten. Bei solch unmittelbarer Gravitations-Schuttzufuhr kommt ein konkaves Profil zustande. Ein weiterer Sonderfall (Art 2) ist die zeitweilige oder gar überwiegende Mitwirkung von Schlammströmen. Dies tritt meist ein, wenn die materiellliefernde Schlucht sich bergaufwärts an ihrem Ende stark ausweitet. Dort sammelt sich periodisch das Feinmaterial an, bis es bei heftigen Niederschlägen in den Suspensionszustand übergeführt wird und der Schlammstrom sich auf den Fächer hinausergießt. Dies ist der Fall auf dem sog. Volcan, gelegen in der Quebrada von Humahuaca nördlich von Jujuy [Lage siehe bei CZAJKA 1956 u. 1957 a; vgl. MONTEVERDE 1949 u. HARRINGTON 1946]. Die Beobachtungen über die Wirksamkeit derartiger Schlammströme kommen durch ihre relative Langsamkeit in gewisser Weise den Möglichkeiten gleich, die das Experiment liefern würde. Auch am Schlammstrommaterial vollzieht sich der reluviale Prozeß wie am Fanglomerat. Die Streifengliederung, das Entstehen von Uferwällen, die Ablösung des Fächers von den Felshängen durch Gerinne lassen sich auf dem Schlammstromfächer in bester Ausprägung studieren. Doch kann hierauf nicht näher eingegangen werden.

Raumverknappung in Längsbolsonen, deren Ausräumung erst im Gange ist

Während die Schwemmfächer im Längstal von Santa María mehrere Kilometer lang sind, zum Schluß übrigens auf einer 3—5 m hohen Schwemmsandterrasse des Flusses enden und diese überfahren, wird die Entfaltungsmöglichkeit der rezenten Fächer in engen Längstälern, wie der Quebrada von Humahuaca, stark eingeengt. Hier ist die Ausräumung der älteren Sedimente des Längsbolsones noch im vollen Gange, wie Abb. 4 zeigt, so daß für Schwemmfächer wenig Platz bleibt (Art 3). Sie liegen in Badlands, und zwar als dunkelgelber oder brauner Schutt in den farbbetonten Abtragungsformen, unter denen die Pfeilerwände eine große Rolle spielen. Über die Umwandlung eines linearen Bolson in einen bolsonoiden Raum hat Verf. anderweitig gehandelt [CZAJKA 1957 b]. Das Material, welches die Fächer in ein solches Tal hineinbefördern, fällt der Verfrachtung anheim, weil es immer Wasser führt. Der Rio Grande, ein Fremdlingsstrom in der semiariden Quebrada von Humahuaca, verhindert auf diese Weise eine neue größere Schuttanhäufung. Schon dadurch werden die rezenten Schwemmfächer steil. Auch werden sie aus hängenden Schluchten gespeist (Abb. 3, Mittelgrund rechts). Nur stundenweise führen sie während der Regenzeit gelegentlich Wasser von Transportkraft. Sie werden im oberen Teil nicht von trichterförmig zusammentretenden Hangspornen eingerahmt, sondern seitwärts der Fächer befinden sich die zugeschärfte Badland-Rücken der tertiären Bolsonsedimente (Abb. 4) oder die kurzen Querriedel, die senkrecht zur Flußrichtung in das Haupttal vorspringen. Die Oberfläche der Querriedel, die aus tertiärem Material bestehen, ist terrassenartig flach (Abb. 3, Mittelgrund links). Auf Abb. 4 verläuft ein Gerinne transversal über den eingeschlossenen Schwemmfächerteil. Auf dem steileren Fächer von Abb. 3 m ä n d r i e r e n die Gerinne. Bei den oft formvollendet geschwungenen Bögen möchte man angesichts der großen Neigung des Fächers von „gestoßenen“ Mäandern sprechen. Infolge dieses Vorganges bleiben buckelähnliche Teile im bewegten Schutt stehen (Abb. 3). Vielleicht ist es allgemein gesehen nicht unwichtig, daß die größte Schutzzuführung über den Fächer zum Rio Grande entgegengesetzt zu dessen Fließrichtung erfolgt.

Räumliches Nebeneinander von Fächern und Querriedeln

Abb. 3 zeigt an einem Beispiel das abwechselnde Auftreten von Querriedel und Schwemmfächer (Art 3). Jedoch sind die Querriedel im Tal von Humahuaca nur kurz. In anderen Längstälern am östlichen Punarand, wie im Cajón [CZAJKA 1957 b], beherrschen sie in großer Längserstreckung und zahlreich dicht nebeneinander auftretend den Talraum. Die Schwemmfächer bleiben hierbei nur von untergeordneter Breitenentwicklung. Offenbar ist die Schutzzufuhr gering. Die Querriedel, die dort aus tertiärem Material bestehen, zeigen Dachflächen, die schwach geneigte schiefe Ebenen sind. Auf diesen hat sich, wobei jetzt wieder nicht an die Fälle nur eines Tales gedacht ist, nicht nur früher flächenhafte Abtragung vollzogen, als ihr Niveau noch im Zusammenhang als alter Talboden eine Erosionsterrasse bildete, sondern die Konservierung der Querriedelebenen spricht für die Begünstigung der Erhaltung und Vererbung der schiefen Ebene nach unten auch in der Gegenwart. *Querriedel und Schwemmfächer werden von Abtragungsvorgängen verschiedenen Charakters betroffen*, wobei vor allem auf den Fächern die Schutzzufuhr noch anhält. Beide Kleinformen stehen im heutigen landschaftlichen Erscheinungsbild nicht als sukzessive

Formenreihe hintereinander, sondern ihr alternierendes Nebeneinander als Regelercheinung zeigt eine Formgemeinschaft von anderem genetischen Verknüpftsein. Abb. 3 läßt das Grundsätzliche der Anordnung dieser Kleinformen erkennen, wenn auch in anderen Fällen die Größe der Querriedel viel eindrucksvoller ist.

Konservierung von Querriedelresten unter dünnem Schuttschleier

Im Tal von Las Lajas, das ostwärts der Sierra von Fiambalá liegt und bis zu einer Breite zwischen 20—25 km, beiderseits von Gebirgen eingeschlossen, in der Mitte von Flußsedimenten ausgefüllt ist, laufen im besonderen auf der Westflanke rezente Schwemmfächer großer Ausdehnung auf diese hinauf. Am Oststrand des Tales tritt darüber ein zweites Niveau von kurzen Schwemmfächern auf. Durch Seitenerosion sind sie aufgeschlossen. Ihr Kern ist ein rötliches, feinkörniges Material, älterer, wahrscheinlich miozäner Herkunft. Darüber liegt eine flache Schuttdecke, die aus Hangschluchten zugeführt wird. Diese kurzen Sedimentkörper dürfen in ihrem Kern als Querriedelreste aufgefaßt werden, die bei der Tieferlegung des gesamten Tales in kurzer Erstreckung und angelehnt an den Gebirgsrahmen noch stehen blieben, von Schutt überfahren und dadurch offenbar konserviert wurden (Art 5). Sie haben als ganzes die Form von Schwemmfächern, wenn sie am Rande auch unterschritten sind. Durch ihren Aufbau treten sie als *Pseudoschwemmfächer* neben die heutigen breitentwickelten Fächer des tieferen Niveaus. Es legt das zugleich die Vermutung nahe, daß das Niveau der Querriedel aus einem alten Schwemmfächerniveau entwickelt wurde. Die Ausräumung aus dem Gesamttal muß erheblich gewesen sein, wofür die „miozänen Kerne“, die Reste des alten Talbodens sind, sprechen. Wir haben also hier den Fall, wo die sedimentpetrographische Unterscheidung innerhalb des Fächerkörpers einen *Stockwerkbau* erkennen läßt, in welchem die heutige Schuttkappe, die zeitweilig wohl auch noch ergänzt wird, so gering erscheint, daß die Bezeichnung Pseudoschwemmfächer angebracht ist.

Terrassierte Schwemmfächer als Ersatz für durchlaufende Terrassensysteme bei chronologischen Untersuchungen

Der Pseudoschwemmfächer gewinnt einen anderen Charakter, wenn er durch einen permanent wasserführenden Bach etappenweise tief zerschnitten wurde und das Material des älteren und unter diesen Umständen eingelagerten Schwemmfächers in ziemlicher Mächtigkeit erhalten ist (Art 6). Abb. 4 zeigt einen Fall, an dem in der Gesamtform sogar zwei Niveaus wahrscheinlich sind (Schwemmfächer vor der Quebrada del Diablo, die zum Rio Grande hinabzieht). Die verkanteten, buntfarbigen Schichten der liegenden tertiären Sedimente sind auf der Photographie durch ihre helle Tönung erkennbar. Darüber befinden sich Schwemmfächerschichten, in denen Fanglomerat und Gerölle wechsellagern. Dieselben vom Schutt einst überfahrenen Schichten sind auch in den Badlands am Fuß der gegenüberliegenden Bergwand sichtbar, wo im einzelnen noch weitere Überschichtungen durch Schutt zu beobachten sind. Der terrassierte *Schwemmfächer* vor der „Teufelsschlucht“ zeigt folgenden Bau: Zutiefst liegt das heutige Bachbett; das Liegende der gesamten Fächeraufschüttung ist das buntfarbene Miozän. Zwischen beiden Horizonten liegt meistens ein Schwemmfächerkörper, eingelagert in das teilweise abgetragene Liegende. Dieser ist zum größten Teil von Flächen überzogen, über denen allerdings in

höherem Niveau weiterer Schutt derselben Art auf den inselhaft aufragenden bunten Schichten liegt. Es könnten mithin zwei Schutthorizonte vorhanden sein. Jedoch kann die untere Fläche auf dem Schuttkörper auch nur eine Abtragungsfäche sein, so daß jetzt auf sie nur das Äquivalent des in Resten höhergebliebenen Schuttes hinabgleitet. Der oberste Schutt zeigt keine Flächen. Auf seinen am Hang gleitenden Massen liegt vulkanische Asche, die stellenweise wiederum dachziegelartig von dem gleitenden Hangschutt überfahren sein kann. In einem solch terrasierten Schwemmfächer treten also eine Anzahl von Horizonten auf, die bei *chronologisch gerichteten Untersuchungen* innerhalb des Gesamttales von großer Bedeutung sein können, vor allem weil durchgehende Terrassen fehlen, wie so oft in semiariden Gebieten, und das Querriedelniveau (Abb. 3) lokal in seiner Höhenlage stark schwanken kann. Als Terrasse existiert nur der Schwemmsand des Fusses 2—3 m über demselben. Er hat nicht den Charakter einer zerschnittenen Niederterrasse, sondern wird wahrscheinlich bei besonderen Hochfluten weitergebildet. Die Bedeutung der differenzierten Bergfuß-Schwemmfächer-Untersuchung für die Morphologie der Längstäler dürfte damit einleuchtend gemacht worden sein.

Das Arealverhältnis von Schwemmfächer- und Querriedelraum als Gradmesser der Aridität

Derartige Längstäler folgen einander am Punarand von E nach W in einer ganzen Serie. Am Schwemmfächer erkennt man die Trockenheitslage dieser Täler, die nach W zufolge der orographisch bedingten Klimakontinentalität immer ausgeprägter wird. Die sedimentären Bergfußzonen wechseln in dieser Richtung von der Schwemmebene bis zum Bolson. In der subhumiden Außenzone sind die Schwemmfächer von untergeordneter Bedeutung. In semiariden Gebieten nimmt ihre räumliche Ausdehnung, besonders ihre Breitenentfaltung relativ zum Areal der Täler zu. Aber sie bleiben in ihrer Ausdehnung von lokalen Verhältnissen abhängig, sind beeinflußt von zurückliegenden tektonischen Vorgängen (die Längstäler sind nicht ausschließlich Erosionstäler sondern Gräben oder ziehen auch an Überschiebungen hin) und der Menge des Schuttes, der aus dem linearen Randbolson des Längstales bereits entfernt oder dort noch angehäuft wird. In der normalen Abfolge von E nach W nimmt die Breite der Schwemmfächer zuungunsten der Querriedel zu (Reihe der Art 4 mit der Endform nach 7). Im letzten Längstal, dem von Chaschuil [Lokalisierung vgl. CZAJKA 1956 u. 1957 a], das bereits vom Südrand der Puna herkommt, sind die wenig aufragenden Rücken an den Talrändern bereits so von Schutt überzogen, daß sie ausschließlich weiche Formen zeigen, die teilweise in Fächer ohne streifige Oberfläche übergehen und in dieser Form auf die breiten flächenhaften Schuttflächen des Tales auslaufen (Art 7).

Abtragung von Fächern durch Solifluktion in der Höhenstufe

Im Niveau von 3500 m zeigen diese Flächen noch keine Solifluktion. Im Graben der Lagune Tres Quebradas bei einer Höhenlage von 4000 m, etwa 12 km vor der sog. (vulkanischen) Hauptkordillere [CZAJKA 1956 Profil IX u. 1957 a bei (b) in Einheit 1] wird die schwachgeneigte Oberfläche von dreieckigen, durch Bergnasen begrenzten Sedimentflächen von Frostmusterböden überzogen (Endform nach Art 8). Die Sedimente brechen mit einem kleinen Kliff in die Lagune ab und müssen wegen ihrer Lage in trichterförmig geöffneten

Tälern ursprünglich fluviatilen Ursprungs sein; aber sie unterliegen heute einem Abtragungsprozeß durch Bodenfließen. Wo aber oberflächlich Solifluktion herrscht, ist der Schwemmfächerkörper in seiner restlichen Grundrißform längst fossilisiert. Das wäre also das letzte Glied innerhalb der ostwestlichen Reihe zwischen subhumider und arider Region, in welcher sich jedoch die Höhenstufe bereits ausschlaggebend geltend macht. Im Tal von Chaschuil mit seinen undeutlichen Schwemmfächern befanden wir uns noch in einem hochgelegenen linearen Bolson mit begrenzter Ausräumung. Im ganzen zeigten sich mithin die Bergfuß-Schwemmfächer als gute Anzeiger der Aridität, wenn auch mancherlei Lokalformen und Sonderbildungen, die jetzt nicht noch einmal aufgezählt werden sollen, beachtet werden müssen. *Ohne die Hilfe eines differenzierten Schwemmfächerbegriffes wäre diese fortschreitende Modifikation von E nach W nur schwer in Kürze ausdrückbar.*

Tektonisch veränderte Schwemmlandfüße der Gebirge

Anknüpfend an die terrassierten Schwemmfächer wären die Weiterbildungen zu besprechen, die entstehen, wenn Schuttfüße bergwärts wachsen und schließlich größere ältere Schwemmfächer, etwa tertiärer Herkunft, tektonisch so gehoben werden, daß sie in Riedellandschaften oder sogar in terrassierte Riedellandschaften aufgelöst werden. Ein solches Beispiel wurde mit der Bucht von Concepción bereits gegeben [CZAJKA 1950/51]. Dort sitzen Firste als oberstes Stockwerk des zerlegten Großschwemmfächers auf den Riedeln, die das untere Stockwerk der Zerschneidung bilden. In räumlicher Ausweitung dieser auf einen Teil des sedimentären Bergfußes der Nevados del Anconquija gültigen Beschreibung ließen sich die Pampinen Sierras als „schuttummantelte Gebirge“ darstellen, denn das ist der tiefere Sinn der Namengebung für diesen Gebirgstyp. Die Riedelvorländer, die wirklich aus alluvialen Bergfüßen entstanden sind, wären hier ebenfalls zu behandeln, so das südliche Karpaten-Vorland oder die Doab (= Riedel)Gliederung des Himalaja-Vorlandes, natürlich immer unter Beachtung des Unterschiedes zwischen Bergfuß- und gewöhnlichem Fluß-Schwemmland. Die weiter oben besprochene sog. Kappung der oberen Schwemmfächer-teile, d. h. das Entstehen von Einebnungsflächen oder von Einzelriedeln, die von Flächen überzogen sind, wäre erneut aufzugreifen. Daß anstelle von Riedel-Plateaus auch Kämmen entstehen können [crêtes nach DE MARTONNE 1929, S. 575], wurde bereits mit dem Beispiel der Firste in der Bucht von Concepción erwähnt. Ein anderer Sonderfall ist die tektonische, so bedeutende Anhebung des Bergfuß-Schwemmlandes, wie sie im Lannemezan nördlich der Pyrenäen mit einem Radius von 125 km vorliegt [TAILLEFER 1950]. Aber der heute vorhandene „Doppelkegel“ gestattet in erster Linie nur zu studieren, wie sich Abdachungsgewässer auf einer Großfächerform mit tektonischer Versteilung verhalten [KREBS]. Alle diese Erweiterungen der Bergfuß-Schwemmfächer-Untersuchung seien abschließend nur kurz angedeutet. Jedenfalls laufen sie nicht ohne weiteres darauf hinaus, die alluvialen Schwemmebenen kurzerhand als verlängerte Bergfußzone anzusprechen.

Der Bergfuß-Schwemmfächer als Kleinform innerhalb des naturräumlichen Gefüges

Der Gedankenkreis um den Bergfuß-Schwemmfächer hat damit eine gewisse Abrundung erfahren. Am Anfang stand die Begriffsklärung, im Mittelpunkt

aber die Einzeluntersuchung konkreter Beispiele mit dem Ziel, die Schwemmfächer in der Piedmontzone von semiariden Gebieten, insbesondere innerhalb von Längstälern, durch differenzierte Betrachtung als klimamorphologische Anzeiger und zu einem systematischen Kriterium innerhalb der naturräumlichen Gliederung zu machen, und zwar sowohl für klimatische Graduierung der Landformen wie auch deren tektonische und petrisch variierbare Bedingungen. Die Modifikationen der Fächer wurde nicht nur lokal gesehen, sondern auch funktionell, um konvergente Bildungen in anderen Klimaten zu verstehen. Vor allem muß der Bergfuß-Schwemmfächer, der in seiner primären Bildung eine Kleinform ist, dreidimensional studiert werden. Seine Projektion in einen Deltagrundriß genügt ebenso wenig wie die bloße Vergleichung von Aufschüttungsvorgängen in den verschiedenen Kleinformen mit dreieckiger Grundrißgestalt. Der geologische Bau, die eventuelle Terrassierung unter möglicher Mitwirkung von Tektonik, die räumliche Anordnung in einem Längstal, die Reihenfolge der arealmäßigen Graduierung der Schwemmfächer-Schuttmassen bei zonal zunehmender Aridität und der Eintritt in die Höhenstufe der rezenten Solifluktion sind Teilgebiete dieser dreidimensionalen Charakterisierung. Die systematische Analyse der Aufschüttungsform der Schwemmfächer steht bei der großen Verbreitung des Phänomens der seit langem gepflegten Untersuchung von Moränenaufschüttung in keiner Weise an Bedeutung nach. Der *depositional Geomorphology* [ARMSTRONG 1947] wird damit ein selbständiges Kapitel hinzugefügt. Indem der Bergfußschwemmfächer ferner in Vergesellschaftung mit anderen Kleinformen, wie den Querriedeln gesehen wird, tritt neben die Wertung der sukzessiven Formenreihen als zeitlichem Entwicklungsgang die genetische Betrachtung der simultan im Raum gegebenen Formelemente. Mit dem Versuch einer solchen Zusammenschau sollte der abgewogenen Beobachtung vielseitiger Bedingungen entsprochen werden, die stets ein methodischer Grundzug der geomorphologischen Forschungen HANS SPREITZERS gewesen ist, dem ich diesen Aufsatz in Freundschaft zu widmen Gelegenheit erhielt.

Erläuterungen zu den Abbildungen

Abb. 1. Rezenter Schwemmfächer im kleinen Rincón der Sierra de Quilmes (links von der Aufnahme gelegen, 3000—4500 m), gegenüber im Hintergrund der Cerro Muños (Pampine Sierre, 4000—4500 m). Zwischen diesen beiden das Puna-Ostrand-Längstal von Santa María, 1900 m. Im Mittelgrund ist ein östlicher Ausläufer der Sierra de Quilmes weitgehend vom Schutt überflutet worden. Die Oberfläche des Bergfuß-Schwemmfächers zeigt Streifengliederung durch Gerinne. Am Fuße der Co. Muños bildet gefaltetes Tertiär eine Badland-Zone.

phot. CZAJKA 2256

Abb. 2. Oberfläche der Kopfzone des Schwemmfächers von Abb. 1. Das gezeigte Stück liegt höher als die großen Gerinne und zeigt eine kleine, transversal verlaufende Spülfurche. Monte-Vegetation mit Andeutungen von Schutterhöhlungen am Fuß der Sträucher. Am Rand der Spülfurche grobes Material, das in Art von Uferwällen aufgehäuft ist. Die Spülfurche trägt zur flächenhaften Abtragung des Schwemmfächerkopfes bei. Wasserherkunft hierbei der unmittelbar fallende Regen, während in den radial verlaufenden Gerinnen (Abb. 1) die zeitweilige Schluchtentwässerung der Sierra de Quilmes wirksam wird.

phot. CZAJKA 2221

A b b. 3. Unterer Hang eines Monoklinalkammes am Ostrand der Quebrada de Humahuaca, die nach rechts durch den Rio Grande de Jujuy entwässert wird. Aus den Hangschluchten treten steile Bergfuß-Schwemmfächer an den Fluß heran (Mittelgrund rechts). Zwischen den einzelnen Schwemmfächern liegen terrassenähnliche Reste, die sich als Querriedel in Richtung auf den Fluß vorschoben. Am Fluß (bei Maimará) Oasenwirtschaft. 2600 m.

phot. CZAJKA 2816

A b b. 4. Im Vordergrund zerschnittener Schwemmfächer vor der Garganta del Diablo (Quebrada de Humahuaca bei Tilcara). Der heute fossile Schwemmfächer hat gefaltetes Tertiär überfahren und diese damit vor der Abtragung bewahrt (siehe helle Schichten im Vordergrund links). Im Mittelgrund ein Stück des Rio Grande de Jujuy, der nach links fließt. Zu ihm geht der heutige Bach der Garganta del Diablo hinunter, aber auch die meist trocken liegenden Gerinne des rezenten Schwemmfächers der gegenüberliegenden Talseite. Dieser kommt aus Schluchten des Puna-Ostrandes.

phot. CZAJKA 2730

Schrifttum

- ARMSTRONG PRICE, W., *Geomorphology of depositional surfaces*. Bull. of the Am. Ass. of Petrol. Geologists. Vol. 31, Nr. 10. 1947. S. 1784—1800.
- ATWOOD, W. W., *The physiographic provinces of North America*. Boston 1940.
- BAULIG, H., *Vocabulaire franco-anglo-allemand de géomorphologie*. Paris 1956.
- BEHRMANN, W., *Die Südkarpathen*. Aus: *Der Wanderer*. Bukarest 1924.
- *Morphologie der Erdoberfläche*. In: F. KLU-TE, *Handb. d. Geogr. Wiss.* Band: *Allg. Geographie I*.
- BÜDEL, J., *Die morphologischen Wirkungen des Eiszeitklimas im gletscherfreien Gebiet*. In: *Geol. Rundsch.* 34. S. 483—519. Stuttgart 1944.
- CHAWNER, W. D., *Alluvial fan flooding*. The Montrose, California, flood of 1934. *The Geogr. Rev.* 25, S. 255—263. 1935.
- CORDINI, I. R., *Los rios Pilcomayo en la región del Patiño*. In: *Dirección de Min. y Geol., Anales I*. Buenos Aires 1947.
- CRIST, R. E., *Along the Llanos-Andes-Border in Zamora (Venezuela)*. In: *The Geogr. Rev.* 22, S. 411—422. 1932.
- CZAJKA, W., *Schwemmfächer u. Schwemmennebene in der Piedmontzone*. In: *Die Erde*, Berlin 1950/51. S. 155—166.
- CZAJKA, W., *VERVOORST, F., Die naturräumliche Gliederung Nordwest-Argentiniens*. In: *Pet. Geogr. Mitt.* 100, S. 8—102, 196 bis 208. 1956.
- CZAJKA, W., *Geomorphologische Reiseergebnisse aus der Argentinischen Puna u. ihren Randgebieten*. In: *Proceedings, VIIth Gen. Assembly — XVIIth Congress Int. Geogr. Union, Washington 1952*. S. 319—323. Washington 1957 a.
- *Das innerste Längstal am Ostrand der Argentinischen Puna (El Cajón de San Antonio)*. In: *Jb. d. Geogr. Ges. zu Hannover 1956/57*. — Hannover 1957 b.
- DRESCH, J., JOLY, F., RAYNAL, R., *Evolución des versants et creusement à la bordure nord-occidentale du Sahara*. In: *Bull. de l'Ass. de Géographes Français*, Nr. 216/217, S. 58—63. 1951.
- ECKIS, R., *Alluvial fans of the Cucamonga District, Southern California*. In: *Journ. of Geol.* Vol. 36, S. 224—247. 1938.
- ENGELN, O. D. v., *Geomorphology*. New York 1948.
- FINCH, V. C., TREWARTHA, GL. T., *Elements of Geography*. New York 1942.
- HARRINGTON, H. J., *Las corrientes de barro (mud-flows) de „El Volcan“, Quebrada de Humahuaca, Jujuy*. In: *Revista Soc. Geol. Argentina*. I, 2. S. 149—166. Buenos Aires 1946.
- HUECK, K., *Urlandschaft, Raublandschaft u. Kulturlandschaft in d. Prov. Tucumán im nordwestlichen Argentinien*. *Bonner Geogr. Abh.* 10, 1953.
- JOHNSON, D. W., *Rock planes of arid regions*. In: *The Geogr. Rev.* 22, S. 656—666. 1932 a.
- *Rock fans of arid regions*. In: *Am. Jn. Sci.* 5th ser., vol. 23, S. 389—416. 1932 b.
- KANTER, H., *Das Becken von Andalgalá in Argentinien*. In: *Ib.-Am. Archiv IX*, S. 257ff. 1936.
- KREBS, N., *Talnetzstudien*. In: *Sitz.Ber. Pr. Ak. Wiss., Phys.-Math. Kl.* 1937, VI. 23 S. Berlin 1937.
- LAWSON, A. C., *The petrographic designation of alluvial fan formations*. In: *Univ. of Calif. Publs., Bull. Dpt. of Geol. Sci.*, Vol. 7, Nr. 15. S. 325—334. 1913.
- LONGWELL, CH. R., KNOPF, A., FLINT, R. F., *Physical Geology*. 3d ed. New York 1948.
- MACHATSCHKE, F., *Das Relief der Erde*. 1. Aufl. Bd. II. Berlin 1940.
- *Geomorphologie*. 5. Aufl. Leipzig 1952.
- MARTONNE, E. de, *Traité de géographie physique*. Bd. II. S. 263 ff. Paris 1929.
- *Problèmes morphologiques du Brésil tropical atlantique*. In: *Ann. de Géogr.* 1940.
- MONTEVERDE, A. KITTL, E., *Avalanche „El Volcan“*. In: *Mem. del Primer Congr. vial regional del Norte Argentino. Univ. Nac. de Tucumán, Inst. Vias de Comunicación*. S. 890—956. 1949.
- PASSARGE, S., *Morphologie der Erdoberfläche*. Breslau 1929.

- PHILIPPSON, A., Grundzüge der allg. Geographie. II, 2. 1924.
- SALISBURY, R. D., ATWOOD, W. W., The interpretation of topographic maps. Prof. Paper 60, Dpt. of the Interior, Un. States Geol. Surv. Washington 1908.
- SCHAEFER, I., Die diluviale Erosion u. Akkumulation. Forsch. D. Landesg. 49. 1950.
- STAPPENBECK, R., El agua subterránea en los conos de deyección. In: Primera reunión nac. de la Soc. Argentina de Cienc. Nat., Tucumán 1916, S. 70—81. Bs. Aires 1918/19.
- STINY, J., Versuche über Schwemmkegel. In: Geol. Rundsch. 1917.
- TAILLEFER, F., Le versant atlantique des Pyrénées et son avantpays. In: Revue de Géomorph. Dynamique, 1er année, Nr. 3. S. 101 ff. 1950.
- TAILLEFER, F., Le Piémont des Pyrénées françaises. Contribution à l'étude des reliefs de piémont. Toulouse 1951 (vgl. BIROT, P., Le problème des piémont. A propos du „Piémont des Pyrénées françaises“ de Mr. F. Taillefer. Ann. de Géogr., LXIe année, S. 98—105, 1952).
- THORNBURY, W. D., Principles of geomorphology. New York 1954.
- TWENHOFEL, W. H., Principles of sedimentation. 2d ed. New York 1950.
- WINKEL, R., Angewandte Hydromechanik im Wasserbau. 2. Aufl. Berlin 1947.
- Die Grundlagen der Flußregelung. 2. Aufl. Berlin 1947.
- WISSMANN, H. v., Über seitliche Erosion. In Coll. Geogr. Bd. I. Bonn 1951.



Bild 1. Gerinne auf einem Bergfuß-Schwemmfächer.



Bild 2. Flächenhafte Abtragung auf dem Kopfteil eines Bergfuß-Schwemmfächers.



Bild Steiler Schwemmfächer neben Querriegel in einem Puna-Ostrand-Längstal.



Bild 4. Terrassierter Schwemmfächer mit älterem Sedimentkern.