

## Werk

**Titel:** Geomorphologische Abhandlungen

**Untertitel:** Otto Maull zum 70. Geburtstage gewidmet

**Jahr:** 1957

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 4 Z GEOGR 107:5

**Digitalisiert:** Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

**Werk Id:** PPN1030767181

**PURL:** <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN1030767181>

**OPAC:** <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=1030767181>

**LOG Id:** LOG\_0013

**LOG Titel:** Junge Erosion und Akkumulation in den Ostalpen

**LOG Typ:** section

## Übergeordnetes Werk

**Werk Id:** PPN103076624X

**PURL:** <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN103076624X>

**OPAC:** <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=103076624X>

## Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

## Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen  
Georg-August-Universität Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen  
Germany  
Email: [gdz@sub.uni-goettingen.de](mailto:gdz@sub.uni-goettingen.de)

## Junge Erosion und Akkumulation in den Ostalpen

Von

SIEGHARD MORAWETZ

### *Youthful erosion and deposition in the Eastern Alps*

One of the important sources of debris are slopes without story-like pattern where the channels run right down from ridge to valley-bottom without a bend. It was seen that a not inconsiderable reason for the frequent changes of inclination of the valley-bottom was not only the debris brought by tributaries, but also that from slopes in the immediate neighbourhood, and changes of structure due to small alluvial cones. This was demonstrated particularly well in the Mur transverse valley between Bruck and Graz. In the region of the Julian Alps there was often a sucking-out of loose material, in consequence of retro-erosion starting from the deep base-level of the Venetian plain; on the other hand, in the northward pointing valleys of the Klagenfurt basin, with a local base-level lying several hundred metres higher, there were broad deposits of gravels.

Gebiete mit erheblicher Erosion und Akkumulation sind oft auch Gegenden eines beachtlichen Formenwandels. Wenn der Mensch solche Landschaften bewohnt, müssen sich seine Siedlungen, Wege und sonstwie genutzten Flächen weitgehend diesen Erscheinungen anpassen. Die Frage nach den Stellen, wo entweder junge Akkumulation auftritt oder junge Erosion Beachtliches leistet, interessiert darum weit über den Kreis der Geomorphologen hinaus.

Steigt man von der Kamm- und Gipfelregion der Ostalpen abwärts, so erreicht man auf den hochgelegenen Karböden eine erste Verflachungszone, die als Denudationsbasis für all die darüber aufragenden Steilhänge, Kammpartien und Gipfelaufbauten dient. Diese Karböden wirken als auffallende Schuttsammler. Das Schuttmaterial stammt, oft ziemlich gleichmäßig verteilt, sowohl von dem steilen Hintergehänge wie auch den Seitenflanken, seien diese nun wirkliche Wände oder nur schroffige Steilhänge. Ein recht gleichförmiges Schuttband, das sich nicht mehr in

einzelne Schuttkegel zerlegen läßt, gehört zu den Ausnahmen. Meist liefern die zahlreichen Rinnensysteme, die die Steilhänge und Wandpartien gliedern, den überwiegenden Schuttanteil, oder der Schutt quillt aus den Gassen hervor, die von den Scharten herabführen. Da die Rinnensysteme oft in nur wenigen Zehnmeterabständen herabkommen, ist eine starke Verschmelzung der einzelnen Kegel zu einer mindestens unter bestimmten Blickwinkeln recht einheitlichen Halde verständlich. Dort, wo zwischen den Wandrinnensystemen nur ungegliederte Dreieckshänge herabziehen, deren Großformen zwischen den Seitentälern E. GERBER [1944] im Rhonetal untersuchte, fällt dagegen der geringe Schuttanfall auf. In den Dolomiten, vor allem in der Langkofelgruppe, den Geißlerspitzen, der Sella und in vielen anderen Hochgebirgsgruppen lassen sich zahlreiche Beispiele für diese Entwicklung anführen.

Stellen starker Veränderung sind meist die unteren wie oberen Haldenränder. Der untere Rand dann, wenn er sich vorschiebt, was meist in Form von Lappen und Streifen an Murzügen und Lawinentobeln geschieht, der obere Rand dagegen, wenn sich frische Kegel ganz oben nach der Wand und den Rinnen hin aufsetzen. Man sieht da die vielfältigsten Differenzierungen, und die Dauer der Schneebedeckung der Halden, wie die relativen Höhen der Rinnensysteme und Wände spielen für die Haldenentwicklung eine wesentlichere Rolle als die Gesteinsart und die Gesteinslagerung, denn all die verschiedenen Haldenerscheinungen kommen sowohl im Dolomit, den verschiedenen Kalkgesteinen und im Kristallin vor. Es gibt je nach den Gesteinen nicht so sehr qualitative, sondern meist nur quantitative Unterschiede. Daß nicht zu mäch-

tige, steilstehende, von Klüften durchzogene Schichtpakete einer Turmbildung und Kleinschartung Vorschub leisten und reichliche Schuttlieferanten abgeben, läßt sich leicht ableiten; aber auch dort, wo Schichtköpfe anstehen, fällt viel Schutt an. Ebenso können Plattenschüsse, deren nur mäßig dicke Platten von Klüften durchzogen werden, in die die Frostverwitterung leicht eindringt, recht viel Schutt beisteuern. Der Schutttransport vollzieht sich allerdings recht verschieden. Bei der Türmchen- und Schartenbildung wandert erst das Lockermaterial in den zahlreichen Rinnen und Schuttgassen abwärts, auf den Schichtkopfhängen mit kleinsten Denudationsterrassen wechseln schmale Bänder ab, die bis zum maximalen Böschungswinkel mit Schutt verdeckt sind — meist setzt hier schon ein leichter Tritt das Material in Bewegung — so daß man, wenn die Schichtköpfe zerklüftet sind, den Eindruck eines allgemeinen Schutthanges erhält. Auf den Plattenschüssen gleiten die aus dem Gesteinsverband gesprengten Stücke meist bald über relativ weite Strecken ab, so daß die Platten schuttarm oder gar schutfrei bleiben.

Dem unten angesammelten Schutt kommt eine wichtige Funktion zu; er verteilt das anfallende Wasser in die Hohlformen zwischen die Gesteinsstücke und selbst dort, wo auf Steilhängen und in Rinnensystemen der Wände das Wasser bereits in geschlossenen Strängen fließt, gliedert es sich auf den Halden wieder auf. Der Schutt wirkt als petrographisches Trockengebiet, und die lange Schneebedeckung in der Hochzone fördert noch diese Erscheinung. So bildet das Gebiet der Schutthalden einen Streifen, auf dem die lineare Wasserarbeit sich weitestgehend ausschaltet. Die Beobachtungen von O. LEHMANN [1933] und seine Bemühungen, den Werdegang der Halden, den der Wände darüber und den der Basishänge darunter mathematisch zu fassen, waren grundlegend. Die Berechnungen von J. P. BAKKER und J. W. N. LE HEUX [1952] führen dagegen so recht deutlich vor Augen, wie viele Entwicklungsmöglichkeiten es bei steilen Hängen gibt und daß Voraussagen bestimmter Formen kaum möglich sind. Gleichgültig, ob es sich nun um konvexe oder konkave Haldenhänge handelt und ob ein we-

sentlicher Teil der Halde nur aus einer dünnen Schuttdecke besteht oder ob eine große Schuttmächtigkeit den größten Teil des Raumes zwischen Wand und Haldenbasis einnimmt, füllt sich mancher nicht zu tief gelegene Karboden immer mehr mit Schutt, so daß dort endlich eine schiefe Schuttfläche entsteht. Es treten dann auf solchen Karböden ähnliche Fälle ein, wie ihn schuttüberdeckte Wandbänder und schuttverkleidete Denudationsstufen zeigen, nur daß die Karschwelle die Rolle der unteren Bandkante übernimmt, wobei aber ein maximaler Böschungswinkel für den Schutt nicht erreicht wird. Immerhin genügt z. B. eine Schuttmächtigkeit von rund 50 m nach knapp 300 m Bodenlänge, um eine schiefe Ebene von rund 10 Grad zu erzeugen, bei einer Bodenlänge von rund einem Kilometer tritt dieser Fall bei rund 180 m Schuttmächtigkeit ein. Zwischen der Waldgrenze und der Schneegrenze ist die Schuttverbreitung und der Schuttanfall am größten, und zwar näher der Schneegrenze größer als näher der Waldgrenze. Maximale Werte erreichen die Schuttmengen, wo Blockgletscher auf den Karböden lagern und der letzte Gletscherrückgang eine beachtliche Schwundmoränendecke zurückließ. Es fehlen hier schutfreie Partien und jedes oberflächlich fließende Gewässer ganz, auch ist eine strenge Scheidung in Karrückwandhalden, Seitenhalden und Bodenhalden nicht mehr recht möglich. Dauert die starke Schuttlieferung auf die Karböden an und bleibt der Abtransport über die Karschwellen gering, so sinkt bei entsprechenden Volumenverhältnissen zwischen den Karräumen und den überhöhenden Vollformen ein wesentlicher Teil der Wände, Steilhänge, Kämme und Gipfel in Form von Schutt auf die Karböden herab, wobei sich ein beachtlicher Formenwandel allein auf Grund denudativer Vorgänge vollzieht.

Unter diesen Karböden sieht man jedoch öfters Stufen, die durch ihre Zerlappung und zahlreichen Simse auffallen. J. SÖLCH [1935] nennt diese Simse Schrägsimse, da sie meist schräg über den Stufenabfall hinziehen. Kleine Wasseradern, die von den Hauptsträngen abzweigen, schufen diese Simse. Oftmals verlegen sich auf den hochgelegenen Kar- und Talstufen die fluviatilen Einschnitte, und diese

Verlegungen führen zu Mehrfachkerbungen der oberen Stufenkante. Auch heute noch fließen über manche Stufen mehrere Wasseradern herab, die bei stärkerem Einschneiden eine Zerschlitzung der Stufe bewirken. Die Mehrzahl der Wasseradern stammt entweder aus einer Verwilderung des Flußlaufes auf dem Boden oder der Stufenkante oder von einer Mehrzahl von Wasseraustritten aus dem Schutt. Nur muß dann jeder Wasserlauf bis zur Stufenkante selbständig bleiben. Auch von den Seitenhängen können Gewässer herabkommen und selbständig die Stufenkante queren. An allen solchen Stellen gibt es dann mehrere Wasserfälle nebeneinander. Noch manche Kare der Hohen und Niederen Tauern zeigen diese Erscheinungen. Sind die Einschnitte der Wasserläufe auf den Stufenkanten noch nicht tief, können Muren, Felsstürze und Lawinenzüge Verstopfungen der Rinnen hervorrufen; es können auch dadurch Neuanlagen erfolgen. Je tiefer die Einrisse jedoch werden, desto seltener führen Verstopfungen zur Bildung neuer Kerben. Die hochgelegenen Böden mit noch wenig entwickelten und fixierten Wasseradern, aber vielem labiler Schutt, der bis zur Stufenkante reicht, sind die Gebiete der Mehrfacheinschnitte. Etwas tiefer gibt es noch ab und zu zwei Einschnitte, zwischen denen die kräftig gewordenen Wasserläufe Pfeiler, Torsäulen und Rippen, die oft den Namen „Höhenburg“ tragen, heraus-schneiden. Die Höhenburg auf dem Moserboden im Kapruner Tal ist eine der bekanntesten Formen dieser Art.

Ein weiterer Abstieg führt in die durch Stufen nur mehr wenig gegliederten Talabschnitte hinab. Dort sind die zahlreichen seitlichen Schwemm- und Schuttkegel, zwischen denen sich die Flüsse oft nur mühsam durchwinden, die Zeichen einer kräftigen jungen Akkumulation. Die Schwemm- und Schuttkegel veranlassen Stauungen der Flußläufe, so daß sich kleine Böden bilden, auf denen Flußverwilderung herrscht. Wo aus Nebentälern oder von den Flanken besonders viel Moränenschutt angeliefert wird, treten sogar Talverbauungen ein. H. KINZL [1950] berichtet von solchen ganz jungen Datums aus der Weißen Kordillere in Peru, wo sich hinter dem Damm verhältnismäßig große Seen bil-

den. Unter der Südostflanke des Nanga Parbat schwimmen die allein von Lawinen gespeisten Gletscher auf hohen Moränenschuttdämmen, die weit in das Rupaltal hineinlappen; hier versperrt der Bazhingletscher das Tal sogar ganz. Aber nicht nur in den Nebentälern, sondern auch in den Haupttälern und bei großen Flußläufen haben die Schwemm- und Schuttkegelbildungen noch große Bedeutung. In den Ostalpen gehören die Schwemmkegel des Vintschgaues im oberen Etschtal zu den allergrößten, aber auch die des Gailtales und des Drautaales oberhalb von Möllbrücken sind für die Gestaltung des Talprofils ausschlaggebend. Man gewinnt an vielen Stellen den Eindruck, daß das Tal verschüttet wird. Nicht so sehr die Nebentäler, sondern die kleinen Einrisse liefern den meisten Schutt und erzeugen die größten Schwemmkegel. So hat der Litzerbach zwischen Laas und Kortsch im Vintschgau eine Kegellänge von 2500 m mit 350 m Höhenunterschied (Neigung 8°). Der Kegelbogen mißt 7 km und das engere Einzugsgebiet beansprucht mit 7 km<sup>2</sup> kein größeres Areal als der Kegel selbst. Wie ein Damm wirkt dieser Kegel, wenn man von Goldrein oder Morter nach Westen blickt, und die Etsch wird ganz an den Südhang gedrückt. Im Drautal treten zwischen Sachsenburg und der Debantmündung (51 km) 14 größere Schwemmkegel auf, deren Längen 500 bis 1700 m betragen und deren Bögen 1200 bis 3000 m messen. Einer der steilsten ist der von Berg mit 7° Neigung und einem Einzugsgebiet von nur 4 km<sup>2</sup>. Er drängt die Drau stark nach Süden, wo ihm der von Feistritz entgegen kommt und die Drau den auffallendsten Knick zwischen Oberdrauburg und Sachsenburg ausführt. Im Gailtal besitzt der Kegel des Rinsenbaches, der vom Reißkofel herab zieht, mit 4700 m Bogen- und 2100 m Achsenlänge bei 6° Neigung die größten Ausmaße. Sein Einzugsgebiet, das knapp 4 km<sup>2</sup> beträgt, übersteigt die Kegelfläche nur wenig. Gerade im Gailtal wird durch die Seitengewässer sehr viel Schutt der Gail zugeführt, und trotz Begradigung ihres Bettes ist sie nicht imstande, die angeschleppten Mengen zu verfrachten. Man muß an vielen Stellen baggern, damit sich das regulierte Bett nicht zu sehr erhöht. Diese Erhöhungen westlich und östlich von

Hermagor haben mit dem Stau der Gail durch die Dobratschbergstürze, die 535 Millionen m<sup>3</sup> auf die Gailtalsohle bei Arnoldstein schütten, nichts mehr zu tun. Ein Niederdrücken der Gailtalsohle durch den Nordschub der Karnischen Alpen, wie das FR. HERIRSCH [1936] wahrscheinlich machte, mag die Aufschotterung wohl begünstigen, steht aber mit der Anlieferung des Schuttes und Schotter in keiner unmittelbaren Beziehung. Talsohlenerhöhung durch seitliche Schuttanlieferung allein ist selbst bei den größten Alpenflüssen möglich. Die Vorgänge, die dazu führen, können einmal Stauung durch große seitliche Schwemmkegel sein, die sich entgegen schieben, und dann die seitliche Schutzzufuhr allein ohne Stauung, wenn der Hauptfluß das andrängende Material nicht mehr bewältigt. Bei den großen Schwemmkegeln, in die die Gewässer, die über die Kegel herabkommen, noch keine Einschnitte erzeugten, zu sagen, ob sie gefährlicher sind als die Kegel, in die die Seitengewässer bereits fest einnagen, bleibt offen. Tiefen sich die Gewässer in Richtung der Kegelachse stark ein, schleppen sie zum Hauptfluß wohl mehr Material heran, als wenn sie die Kegel nur mantelförmig überirren. Im Gailtal liefern die eingerissenen Kegel besonders viel Schutt und die Wildbachverbauung sucht diese Kegeleinrisse durch Stufung des Laufes zu festigen und dadurch die Vermurung zu unterbinden. Plötzliche Schneeschmelzen und die oft starken Herbstregen werden recht gefährlich. Vom Gestein sind die Schwemmkegel recht unabhängig. Im Drautal sieht man deutlich, wie im Süden die Gailtaler Alpen das kalkige, die Kreuzeckgruppe im Norden kristallines Material liefert. Steile Hänge ohne Stockwerkgliederung die zahlreiche Rinnen, Runsen und Tobeln gliedern, steuern am meisten Schutt und Schotter bei.

Folgt man den Hauptflüssen abwärts, so stellen sich vor Erreichen der pannonischen Niederung bei Save, Drau und Mur längere Durchbruchsstrecken ein. Wie verhalten sich dort Erosion und Akkumulation? Im Savetal findet man zwischen Sava und Ratschach unterhalb der Sanneinmündung über 26 km ein Gefälle von rund 1‰ und der Fluß besitzt im Savebergland ein felsiges Bett, während

flußaufwärts zwischen Sava und Krainburg die Save in den Schotterfeldern von Oberkrain (62 km) ein Gefälle von 2‰ aufweist. Von Ratschach abwärts beträgt das Gefälle über 30 km um 1,5‰, also mehr als im engen Durchbruch, und erst von Gurkfeld bis zur Krapinamündung sinkt es auf 0,7‰ ab. Die enge Durchbruchstrecke mit dem Felsbett hat jedenfalls ein geringeres Gefälle als die Strecken flußauf- und abwärts. Im Drautal hat die 42 km lange Durchbruchstrecke durch das kristalline Steirische Randgebirge zwischen Unterdrauburg und Faal ein Gefälle von 1,7‰. Auf dieser Strecke, die die beckenförmigen Weitungen von Hohenmauthen und Mahrenberg (2 km) mit 50 bis 70 m hohen Schotterterrassen einschließt, fließt die Drau weitgehend über Fels, und selbst in den Becken wird der Felsboden bei Trofin und östlich der Feistritzmündung bei dem Turner- und Kaiserfelsen erreicht. Im Vorfeld von Faal bis Marburg nimmt das Gefälle aber nicht ab, sondern erhöht sich bis auf 2‰, nimmt bis östlich von Pettau nur langsam ab (1,3‰) und beträgt auch im Warasdiner Feld östlich von Friedau noch über 1‰. Die zwischen Bruck und Graz rund 50 km lange Murtalstrecke durch das Steirische Randgebirge und die devonischen Kalke des Grazer Berglandes zeigt im Vergleich zu dem Save- und Draudurchbruch nirgends ein Felsbett. In der Enge zwischen Röthelstein und Schiffall sind die Hänge noch mit Schutt verpflastert, in der Badlunge prallt die Mur wohl seitlich an die Felsen, aber in dem Flußbett liegt noch eine Schotterbank. Seitlich felsige Prallstellen gibt es dann noch bei dem Schloß Rabenstein und unter der Kanzel, unter dem Pfaffenkogel und bei dem Jungfernsprung reicht die Mur bis knapp an die Felsen heran. In diesem Durchbruchstal fallen die verhältnismäßig langen Strecken mit 0,2 bis 0,8 km breiten Schottersohlen auf, ohne daß die Terrassenentwicklung große Ausmaße erreicht. Mit den Terrassen befaßten sich schon eine Anzahl Forscher, so F. ROLLE [1856], A. AIGNER [1905], V. HILBER [1912], J. SÖLCH [1917] und in letzter Zeit besonders eingehend A. WINKLER-HERMADEN [1955, 1957], der vor allem dem Wechsel von Erosions- und Akkumulationsphasen nachging. Das Flußgefälle ist trotz der erheblichen Tal-

breite größer als im Drau- und Savetal und macht zwischen Bruck und dem Weinzödlwehr vor Graz  $2,3\text{‰}$  aus, wobei auf den Abschnitt Pernegg-Frohnleiten  $3,2\text{‰}$ , den von Gratwein-Weinzödl aber nur mehr  $1,6\text{‰}$  entfallen. Trotz des hohen Durchschnittsgefälles fehlt hier das Felsbett. Auf den Schotterfluren südlich von Graz im Grazer Feld und Leibnitzer Feld ist das Gefälle wieder größer als im letzten Teil der Durchbruchstrecke und mißt von Weinzödl bis nach Liebenau südlich von Graz um  $2,8\text{‰}$ , zwischen Wildon und Lebring erhält man sogar  $3,1\text{‰}$ . Die Mur besitzt auf den Mur-Feldern über eine Strecke von 70 bis 80 km ein fast doppelt so großes Gefälle wie die Drau vom Gebirgsaustritt bei Faal bis in das Warasdiner Feld ( $2\text{‰} : 1,1\text{‰}$ ). Man kommt aber auch auf den Mur-Feldern südöstlich von Graz immer mehr aus dem Erosionsbereich in den der Erosionsminderung und schließlich schon jenseits der Staatsgrenze in Gebiete mit Akkumulation hinein. Aber nicht ganz allmählich vollzieht sich dieser Wandel, sondern in Abschnitten. In makroskopischer Schau bedeutet das folgende Aneinanderreihung von Formabschnitten: 1. stärker geneigte Terrassenfluren mit markanten Flußeinschnitten ohne Flußverwilderung und Stromgabelung und auch noch wenigen Terrassenteilfeldern, auf die K. TROLL schon 1926 aufmerksam machte, 2. geringere Neigung der Schotterfluren, aber Abnahme der relativen Terrassenhöhen, größere Teilfelder, die durch stärkeres Ausschwingen des Flusses herausgearbeitet wurden, 3. weiteres Niedrigerwerden der Terrassenhöhen, immer mehr Teilfelder, auf denen keine strenge Unterscheidung in Haupt- und Nebenterrassen mehr möglich ist, Verwilderung des Flusses, 4. die Terrassen sinken zu Randerscheinungen der breiten, das Landschaftsbild bestimmenden rezenten Talaue herab, in der Stromverwilderung schon in freie Mäanderbildung übergeht. Diese Entwicklungsfolge kann sich sowohl flußab- wie flußaufwärts verlegen, je nachdem die flachen Schwemmkegel sich abwärts verlagern oder zurückgeschnitten werden.

Ist auf den flachen Schotterfeldern des östlichen Alpenvorlandes die Frage nach Erosionsminderung mit Zunahme des Gebirgsab-

standes eindeutig zu bejahen und für das Save- und Draudurchbruchstal das Andauern der Erosion wegen des restlosen Durchschneidens der Schotterterrassen und der Arbeit im Anstehenden an vielen Stellen eindeutig belegt, so liegen die Verhältnisse im Murdurchbruchstal viel verwickelter und die Frage nach Erosion und Akkumulation läßt sich nicht so einfach beantworten. Die Mur, die bei Pernegg im Jahresmittel rund  $103\text{ m}^3/\text{sec}$  Wasser führt, bei Mengen von nur  $51\text{ m}^3/\text{sec}$  im Jänner, von  $254\text{ m}^3/\text{sec}$  im Mai und solchen von 1000 bis  $1400\text{ m}^3/\text{sec}$  während größter Hochwässer (22. Mai 1938), hat überall eine Schottersohle, die auf Grund der Kraftwerk- und Brückenbauten auf meist 5 bis 10 m zu veranschlagen ist. Das Vorhandensein dieser Schotterdecke legt zwei alternative Überlegungen nahe: gegenwärtige Erhöhung oder Beseitigung. Stimmt letztere, muß die Schotterdecke aber vor nicht zu langer Zeit gebildet worden sein. Das hieße weiter: Akkumulation und Erosion wechseln besonders schnell ab. Was für Beobachtungen lassen sich heute in diesem Flußabschnitt machen? Die Staumauern und Kraftwerkbauten bewirken eine heftige Feinsedimentation in den Stauräumen von Pernegg und Mixnitz. Aus den Untersuchungen G. TROPPERS [1950] über den Stauraum bei Pernegg weiß man, daß sich dort im Jahr 200 bis  $300\,000\text{ m}^3$  hauptsächlich Schlamm und an  $50\,000\text{ m}^3$  Geschiebe absetzen. Der Stauraum des seit Sommer 1927 arbeitenden Werkes ist so gut wie ausgefüllt, und um eine Verschlammung des Werkskanals und des Schleusengeländes zu verhindern, muß man ab und zu spülen. Zur Zeit der Spülung schleppt die Mur gewaltige Schlammengen weg. Das Maximum der Schlammführung betrug während einer Spülung im Frühjahr 1936  $5\text{‰}$ , das heißt: 3 g Schlamm befanden sich damals in einem Liter Murwasser, was das 1000fache der Drauschlammführung bei Villach und das 10 000fache der Enns bei Steyr ausmacht\*. Wenn eine solche Schlammführung durch ein Jahr anhielte, würde sich der Murtalboden im Durchbruch um 33 mm im Jahr erhöhen. In die Stauräume, die heute praktisch ausgefüllt

\*) Schwebstoff- und Geschiebeaufnahmen einiger österreichischer Flüsse (Hydrographischer Dienst in Österreich. 1937).

sind, bauen sich nach der Schlammzone am oberen Stauende die Schotterkegel hinein, die wieder einen Stau auf die oberhalb anschließende Flußstrecke ausüben. So entsteht durch den Stau gleichsam eine Umkehrung der Verhältnisse, wie sie auf den ganz flachen Schwemmkegeln der Schottervorlandfelder herrschen, wo Save, Drau und Mur zunächst recht kräftig, dann immer schwächer einschneiden und flußabwärts die Schwemmkegel vorschieben. In den Sedimenten des Staurumes entsteht dagegen beim Spülen unten nahe den Schleusen der kräftigste und breiteste Einriß, der nach den Schotterkegeln zu immer schwächer wird. Auf den Schotterfeldern vollzieht sich folgendes: nach dem Einschneiden in die flache Schwemmkegelspitze fällt bei jeder Prallstelle besonders viel Geschiebe an, und häufen sich diese Stellen, beziehungsweise werden die Einschnitte tiefer und steuern schon deshalb immer mehr Material bei, tritt bald Überlastung ein und es kann oder muß nun weiter unten im Bereich des Schwemmkegels zu neuer Akkumulation kommen. Damit ereignet sich auf den Vorlandkegeln nur das Gleiche, was man auf den bis 100mal steileren Schwemmkegeln innerhalb des Gebirges sieht, nämlich stark in die Kegelmäntel eingerissene Gewässer verfrachten ihren Schutt nun weiter nach unten auf den Haupttalboden, wo sie ihn in Form eines neuen flacheren Kegels absetzen. Wie empfindlich Flußläufe auf Eingriffe von der Seite her reagieren, zeigt ein Beispiel aus dem Weichbild der Stadt Graz. Bauschutt und Schutt aus den Luftschutzzollen leerte man oberhalb der Hauptbrücke 1943/45 über eine 4 bis 5 m hohe Kaimauer. Es entstand eine einige Meter breite Halde, die die Mur, obwohl sie dort eine Geschwindigkeit von 2 bis 2,4 m/sec hat und kräftig erodiert — die Brückenpfeiler wachsen immer höher aus dem Wasser heraus und die Kanäle bilden immer höhere Wasserfälle — vermochte der Fluß den Schutt in den vergangenen Jahren nicht zu beseitigen. Nur durch Schaufeln entfernt man die unschöne Halde und den Rest hofft man durch Ziehen eines Grabens zwischen dem Kai und dem Haldentorso mit Hilfe einer nun doppelseitig einsetzenden Spülung abzubauen. Eine Schuttmenge von dem Volumen einer

größeren Schotterbank hielt also in einem geraden Flußbett mit Erosion so lange stand.

In den infolge der Wasserabkehr fast trockenen Murbettabschnitten erfolgt Wasserzufuhr während der längsten Zeit des Jahres nur durch die kleinen Seitengewässer, die im Flußbett verlorene Wasserfäden bilden. Nach Gewittergüssen liefern diese Nebengewässer jedoch viel Geschiebe, das im breiten Murbett gleich liegen bleibt. Aber auch die steilen, unmittelbar über dem Flußbett aufragenden Hänge haben als Schuttlieferanten Bedeutung. Eine Hangstatistik zwischen Bruck und Gösting zeigt, daß Hänge bis zu 200 m relativer Höhe auf 42,7 km Länge, von 200 bis 400 m Höhe auf 46,5 km, von 400 bis 600 m auf 7 km und über 600 m auf 0,8 km den Fluß begleiten. Die unmittelbar flankierenden Hänge bedecken ein Areal von 48 km<sup>2</sup>, das kaum größer ist als das der Talsohle. Es gibt unter diesen Hängen ausgesprochene Prallhänge, die aber schon wieder von Rinnen durchzogen sind, deren Dichte 4 bis 5 erreicht, während die aus den Rinnen austretenden kleinen Schwemmkegeln sich zu geschlossenen Halden zusammenschließen; diese Kegel und Halden drängen wahrscheinlich den Fluß vom Prallhang wieder ab. Gleich südlich von Bruck gibt es auf der Schweizebenleiten im Amphibolit einen solchen Hang, ein anderer liegt im Devonkalk der Raacherleiten vor Gösting. Das Rinnenvolumen der Schweizebenleiten beläuft sich auf rund 700 000 m<sup>3</sup> und ein beachtlicher Teil des Materials lagert noch auf den Fußhalden. Alles Belege für eine schwache Transportkraft der Mur. Auch sonst sieht man, wie bereits die kleinen Rinnenschwemmkegel die Mur abdrängen. Die Schwemmkegel größerer Einrisse, so die von Prebach und Traföß südlich von Pernegg und der des Königsgrabens nördlich von Stübing bauen beachtliche Kegel vor, die eine Terrassierung verdecken können und gelegentliche Unterschneidungen der Mur wieder verbauen. Nur sehr kleine Tälchen im Kalkgestein des Grazer Berglandes, die keine dauernde Wasserführung besitzen und im Volksmund die Bezeichnung Falschgraben haben, bleiben mit ihrer Erosionsleistung und einer aktiven Schwemmkegelschüttung nach dem Murtalboden hin zurück, haben Stufenmündungen, beziehungs-

weise dort, wo die Mur anprallt, unterschrittene Schwemmkegel. Bei dem Kilometerstein 197 der Bahnlinie sieht man dies, und zwar hängt der Falschgraben mit nur 0,5 km<sup>2</sup> Einzugsgebiet um 10 m höher als das unmittelbar benachbarte Enzenbachtälchen mit einem solchen von 1,5 km<sup>2</sup>. Der Mur wird gegenwärtig im Durchbruchtal von den Seiten viel Schutt und Geschiebe zugeführt. Da die Messung von nur 50 000 m<sup>3</sup> Geschiebe im Murbett bei Pernegg darauf hinweist, daß die Mur kein großer Transporter ist, kann durch diesen Zuschub wohl Überlastung eintreten.

Wann die Aufschüttung einsetzte, darüber lassen sich nur Vermutungen anstellen. Zur Zeit des Eisrückganges im Spätwürm standen der Mur sicher die größten Wassermengen zur Verfügung. An schönen Sommertagen lieferte die Abschmelzung auf dem Murgletscher allein — vergleicht man auf der Basis der Pasterzenablation, wie sie V. PASCHINGER [1948] für die Jetztzeit feststellte, Mengen von 500 bis 600 m<sup>3</sup>/sec, die ein schon beachtliches Hochwasser bedeuten. Erhöhte Wasserführung bedingt erhöhte Transportkraft, ob damit auch eine verstärkte Erosionsleistung parallel ging, hängt von den zu gleicher Zeit anfallenden Geschiebemengen ab. Große Hochwässer rufen heute an Stellen, wo der Fluß austritt, Überschotterungen und Versandungen hervor, bleibt das Hochwasser dagegen im Flußbett gesammelt, nimmt es an den Uferrändern und vom Bettgrund Material fort. Es wechseln aber die Stellen mit Erosion oder Akkumulation auf kurze Distanzen, und wie die Gesamtleistung über längere Strecken aussieht, bleibt offen. Es ist aber wahrscheinlich, wie dies bereits K. TROLL im Jahre 1926 aussprach, daß in der Spätphase der Kaltzeit sich Erosion einstellte. I. SCHAEFER [1948, 1950] führte dann an die Vorgänge heran, die in der Kaltzeit sowohl Akkumulation wie Erosion zur Folge hatten. Im Murgebiet waren vor allem die ausgehende Kaltzeit und die Eisrückzugszeit hochaktive Zeiten, in denen zuerst die Erosion, dann die Akkumulation überwog. Es spielten sich aber die Vorgänge der Erosion und Akkumulation nicht gleichzeitig längs des ganzen Flußlaufes ab, vielmehr wanderten die Erosions- und Akkumulationsphasen flußabwärts.

Wie sehr eine tiefe Erosionsbasis zu einer Neubelebung der Erosion führt und verhältnismäßig stark geneigte Akkumulationen hinterläßt, zeigt das Beispiel der westlichen Julischen Alpen. Im Süden bildet die Adria und die nur bis 200 m Höhe ansteigende venetianische Ebene die Erosionsbasis, im Norden dagegen das 600 bis 800 m hoch gelegene Karnatal. Wandert man von Süden an das Gebirge heran, quert man zwischen der Isonzo- und Tagliamentomündung die 5 bis 10 km breite Lagunenzonenzone, kommt weiter in den 10 bis 25 km breiten feuchten Teil der Ebene, der an der Fontanili-Linie endet, es folgen dann die für ihre Größe steilen Schwemmkegel mit Neigungen von 3 bis 6 ‰, die im Meduna- und Cellinagebiet auf 9 bis 11 ‰ und vor den Moränen des Tagliamentogletschers auf 15 bis 20 ‰ ansteigen und sogar dem Auge deutlich sichtbar werden, schließlich lagern unmittelbar auf dem Gebirgsfuß Schuttkegel, die 200 bis 300 Höhenmeter überwinden und Neigungen von 60 bis 140 ‰ aufweisen. Die Torrentenbette schneiden in die Kegel nur ganz wenig ein. Im Zungenbecken des Tagliamentogletschers stellten sich sowohl bei dem Kommen und Gehen der Gletscher Verbauungen ein, der See von Cavazzo liegt zwischen solchen, und Erosion und Akkumulation wechselten rasch. Heute beanspruchen die Torrenten fast die ganze Talsohle. Schreitet man im Fellatal aufwärts, endet bei Chiusaforte die Talsohle. Das Resia- und Racolanatal weisen noch schöne Terrassen auf, und zwar das dem Gebirgsrand nähere Resiatal die größeren. 5 bis 6 km nördlich vom Racolanatal führt das Dognatal zur Fella, ein steiles Schlucht- und Kerbtal, in dem nur ganz kleine Leisten und Terrassenreste wie Schwalbennester oder Mauersimse an den Hängen kleben. Verbindet man diese Terrassenreste über die Talkerbe, so erhält man einen Talboden von rund 1 km Breite, der talein von 700 bis 1000 m Höhe ansteigt. Bis zu dieser Höhe arbeiten ganz junge Rinnensysteme von der heutigen Talkerbe aufwärts, während die zahlreichen höheren Rinnensysteme, die bis zu den Kämmen reichen, in der Höhe des alten Bodens zusammenlaufen. Überschreitet man den 2752 m hohen Montasio und steigt nach Nordosten in das Tal ab, betritt man in der Seisera einen 1000 m

breiten Talgries, der sich von 1040 bis 800 m nach dem Kanaltal hin senkt. Griesse treten weiter im Osten, von Süden nach Norden ziehend, im Römertal (900 bis 1000 m), bei den Weißenfelder Seen im Seebachtal (999 bis 926 m) und im Planicatal (960 bis 1065 m) auf, dem ersten Tal, das schon zur Save entwässert. Die tiefe Erosionsbasis der Fella bei Dogna und Chiusaforte im Vergleich zum Kanaltal

und obersten Savegebiet trug viel zur Entstehung der tiefen Dognatalschlucht bei und führte mit Hilfe zahlreicher seitlicher Rinnen zu einer Aussaugung der einst auch dort vorhandenen Griestalsohle. Für den Landschaftseindruck ist es jedoch recht entscheidend, ob man gemächlich über breite Schotterbetten bis unter die steilen Wände schreitet oder ob man sich durch engste Kerben zwängen muß.

### Literaturverzeichnis

- AIGNER, A. 1905: Eiszeitstudien im Murgebiet. (Mittl. d. Naturw. Vereins f. Steiermark, 42. Bd., S. 22—80.)
- BAKKER, J. P. and LE HEUX, J. W. N. 1952: A Remarkable New Geomorphological Law I. (Akad. van Wetenschappen, Amsterdam, Series B, 55.)
- GERBER, E. 1944: Morphologische Untersuchungen im Rhonetal zwischen Oberwald und Martigny. Geogr. Inst. d. Techn. Hochschule Zürich.
- HERITSCH, FR. 1936: Die Karnischen Alpen. Graz.
- HILBER, V. 1912: Die Taltreppe. Graz.
- KINZL, H. u. SCHNEIDER, E. 1950: Cordillera Blanca. Innsbruck.
- LEHMANN, O. 1933: Morphologische Theorie der Verwitterung von Steinschlagwänden. (Vierteljahrsschr. d. Naturforsch. Ges. Zürich, 78. Bd.)
- PASCHINGER, V. 1948: Pasterzenstudien. (Festschr. z. 100jähr. Bestand d. Naturw. Ver. f. Kärnten. Klagenfurt.)
- ROLLE, F. 1856: Die tertiären und alluvialen Ablagerungen in der Gegend von Graz, Köflach, Schwanberg und Ehrenhausen in Steiermark. (Jahrb. geolog. Reichsanstalt, Wien.)
- SCHAEFER, I. 1948: Vom Wesen der diluvialen Akkumulation und Erosion. (Verh. d. Deutschen Geographentages, Bd. 27, München, S. 101—110.)
- SCHAEFER, I. 1950: Die diluviale Erosion und Akkumulation. (Forsch. deutsch. Landesk. Bd. 49.)
- SÖLCH, J. 1917: Beiträge zur eiszeitlichen Talgeschichte des Steirischen Randgebirges und seiner Nachbarschaft. (Forsch. z. deutsch. Landes- u. Volksk. 21. Bd., S. 305—484.)
- SÖLCH, J. 1935: Fluß- und Eiswerk in den Alpen zwischen Ötztal und St. Gotthard. (Pet. Geogr. Mitt. Erg.-H. 219 u. 220, Gotha.)
- TROLL, K. 1926: Die jungglazialen Schotterfluren im Umkreis der deutschen Alpen. (Forsch. z. deutsch. Landes- u. Volksk. 24. Bd., S. 157—256.)
- TROPPER, G. 1950: Die Verlandung der Stauräume der Murkraftwerke Pernegg und Laufnitzdorf. (Österr. Wasserwirtschaft, H. 11.)
- WINKLER-HERMADEN, A. 1955: Ergebnisse und Probleme der quartären Entwicklungsgeschichte am östlichen Alpensaum außerhalb der Vereisungsgebiete. (Österr. Akad. d. Wiss. Denkschr. 110. Bd., Wien, S. 7 bis 180.)
- WINKLER-HERMADEN, A. 1957: Geologisches Kräftespiel und Landformung, Wien.