

## Randbemerkungen zur Schurf- und Aufschüttungsfrage.

Von Josef Stiny.

Meine Versuche, die Bildung der Flußbaustufen betreffend,<sup>1)</sup> haben gewissermaßen als Nebenabfälle eine ganze Reihe von Beobachtungen ergeben, die zwar dem Wasserbauingenieur zum großen Teile nicht fremd sind, in neueren geländekundlichen und geologischen Arbeiten aber immer noch übersehen werden. Die Folgen dieser Nichtbeachtung mancher wichtiger Grundgesetze, nach denen sich die Schurf- und Aufschüttungstätigkeit der Gewässer vollzieht, sind mißverständliche Auffassungen und Aufstellung unmöglicher Annahmen über Hang- und Flurenbildung; Anschauungsgegensätze prallen aufeinander oder man redet ganz aneinander vorbei. Es ist deshalb wohl berechtigt, wenn ich im Nachfolgenden die Abfallspäne der oberwähnten Versuche dem Drucke übergebe, nicht in dem irrigen Wahn, Neues an den Tag zu bringen, sondern einzig in dem schlichten Bestreben, zur Klärung beizutragen. Man verüble es mir nicht, wenn ich dabei auf die Einhaltung einer denkgerechten Reihenfolge verzichte, und die Versuchsergebnisse einzeln und lose so übergebe, wie sie sich eben darboten.

Von Wässern, deren Stoßkraft (besser als „Schleppkraft“) noch nicht erschöpft ist, und welche daher mit Geschiebe noch nicht überlastet sind, wird an der Grenze verschiedener Mittel im weicheren Gestein ein Kolk ausgewaschen, dessen Tiefe und sonstigen Größenausmaße von der Arbeitsfähigkeit des Wassers und von dem Unterschiede in den Bettwiderständen abhängig sind. In der Natur draußen kann man überall die Beobachtung machen, daß künstliche oder natürliche Unterschiede in der Widerständigkeit der Gerinnesohle der Auswirbelung willkommene Angriffspunkte bieten; so entstehen auch unterhalb von „versenkten“ Sohlschwellen (das sind Bauten, deren Krone über die augenblickliche Sohle des Bettes nicht emporragt) Kolke, die dem Bauwerke gefährlich werden können.

---

<sup>1)</sup> Stiny J., Die ost-alpinen Eiszeit-Schotterfluren. Zentralblatt für Min. usw. 1923, S. 202—213 und S. 234—245.

Die Abb. 3, welche Sievert („Zur Theorie der Talbildung“, Monatsberichte der Deutschen Geolog. Gesellschaft, 1900, S. 4) hinsichtlich des Einflusses des geologischen Baues der Täler auf die Bildung von Flußbaustufen gibt, übersieht den unvermeidlichen Kolk; wohl aber hat Sievert völlig recht mit seiner Behauptung, daß von derartigen, im geologischen Baue begründeten Bettungleichheiten nur örtliche Fluren ihren Ausgang nehmen können. Es bildet sich also beim Rückwärts-einschneiden des Rinnsales überall dort ein Kolk, wo ein widerstandsfähigeres Mittel vor einem leichter auswaschbaren liegt; baut überall gleicher Stoff die Sohle auf, dann schreitet der Tiefenschurf gleichmäßig nach rückwärts fort. Dieses Verhalten des schurffähigen Wassers erklärt ohne weiteres die Talverbreiterungen in weichen Mitteln unterhalb von Laufstrecken, die in härtere Gesteinsbänke eingeschnitten sind; die das Rückwärtsschreiten des Tiefenschurfes verlangsamende härtere Schwelle wird schließlich durch Einsägen einer engen Schlucht (Klamm) überwunden, die einen auffallenden Gegensatz zu der darunter anschließenden Talweitung bildet. Solche im geologischen Baue bedingte Quer- und Längsstufen sind aber ziemlich vergänglich und werden noch am längsten durch jugendliche, nicht zu kräftige Schollenbewegungen, der Beobachtung erhalten.

Geschiebereiches Wasser ohne weitere Schurffähigkeit kolkelt naturgemäß in solchen Strecken, die aus verschiedenen Mitteln aufgebaut sind, nicht, sondern füllt sogar unter Umständen bestehende Kolke auf. Schurffähige Wasser schaffen also Gefällbrüche und bilden sie weiter aus, aufschüttungsbereite Wasserläufe aber gleichen vorhandene Unregelmäßigkeiten der Sohle aus. Da nun nichts so sehr die Schurffähigkeit des Wassers belebt als Steigerung des Gefälles, so wird man in der Mehrzahl der Fälle aus vorhandenen Sohlenungleichmäßigkeiten (Kolke, Wasserfälle u. dgl.) auf jugendliche Hebungen des Gebietes schließen dürfen.<sup>2)</sup> Neigung zur Ausgleich bestehender Gefällsunregelmäßigkeiten ist dagegen weniger eindeutig; sie kann auf Senkung des Geländes hinweisen, muß es aber nicht, da zum Beispiel im Ablagerungsgebiete eines Gewässers ja von Haus aus schon das Bestreben zur Beseitigung

---

<sup>2)</sup> Oder auf Senkung des tiefer folgenden Geländes; die Wirkung ist die gleiche.

von Gefällbrüchen besteht; sie ist nur dann beweisend, wenn aus bestimmten Anzeichen geschlossen werden kann, daß das betreffende Gebiet früher noch Abtragstrecke weit oberhalb des Wendepunktes war.

Die Ursachen der Aufschüttung (Flurenbildung) muß man trennen in allgemeine (entfernere, mittelbare, vorbereitende) und in auslösende (unmittelbare). Die vorbereitende Ursache der Flurenbildung ist wohl immer die Überlastung des Wassers mit Geschiebe; zu den vorzüglichsten, auslösenden Ursachen der Aufschüttung aber gehört die Gefällsabnahme, die den Wasserlauf der Förderkraft (Stoßkraft) mehr oder minder beraubt und ihn zwingt, seine Last abzuwerfen. Mangelt die vorbereitende Ursache der Geschiebeablagerung, dann bringt auch die auslösende Kraft keine Fluren zustande; so sehen wir beispielsweise hier und dort im Gebirge einen Gießbach den Steilhang herabfallen; seit Menschengedenken hat der über große, fast unbewegliche Blöcke schäumende Bach kein Geschiebe mehr gebracht; rein und klar stürzt das Wasser zum sanften Talboden des Hauptflusses herab, unfähig, hier auch nur die geringste Aufschüttung zu erzeugen. Zuweilen kann man sich an einem und demselben Gerinne von der Bedingtheit der Aufschüttung durch zwei Einflüsse überzeugen; ein geschiebereicher und daher aufschüttungsbereiter Wildbach rollt seine trüben Wasser durch die Klamm ins Haupttal; hier erlahmt seine wilde Stoßkraft und unmutig ladet er die ihm zu schwer gewordene Last auf dem Rücken des Schwemmkegels ab, dessen kühn geschwungene Linien an seinem Rande mit der fast ganz ebenen Talaue verschwimmen; seiner Bürde ledig, windet sich der völlig zahm gewordene Bach nunmehr als harmloses, infolge Geschiebemangels nicht mehr ablagerungsfähiges Wiesenwässerchen, einer Laue gleich, durch das Haupttal, seinem Aufnehmer zu.

Mit dem rückwärts schreitenden Tiefenschurfe wandert auch die Schwemmkegelspitze nach aufwärts; das Gebiet der Ablagerung schiebt sich immer weiter in das Abtragsgebiet hinein und die allgemeine Aufschüttung nimmt zu. Gegen dieses einfache, klare, streng folgerichtige Gesetz verstoßen sehr viele Geologen und Erdkundler dadurch, daß sie Abtrag- und Auftraggebiet nie auseinanderhalten, wenn sie geradewegs behaupten, reichliche Niederschläge erzeugen

Eintiefung, geringe Wasserführung schaffe Aufschüttung. Sie haben Recht und Unrecht, je nachdem.

Tatsächlich zeigen die ausgeführten Versuche ebenso wie Beobachtungen in der Natur, daß Ablagerung und Schurftätigkeit untrennbar zusammengehören; die erstere ist ohne die letztere genau genommen gar nicht denkbar. Im Einzugsgebiete muß das Wasser sich einnagen und mit Geschiebe beladen oder irgendsonstwie in das Gerinne gelangten Schuttfortstoßen, damit es im Gelände der Gefällsabnahme aufschütten kann; nun hängt aber die Geschiebeverfrachtung von der Stoßkraft des Wassers ab, die nach du Boys roh durch die Formel

$$S = \gamma J t$$

ausgedrückt werden kann, wobei  $S$  die Stoßkraft (Schleppkraft),  $\gamma$  die Dichte der Flüssigkeit,  $J$  das Spiegelgefälle und  $t$  die Tiefe bedeutet. Die Stoßkraft eines Gewässers wächst also mit dem Gefälle und mit der Wassermenge (welche ihrerseits mit der Tiefenzunahme ansteigt). In einem und demselben Gerinne kann das Gefälle durch Schollenbewegungen vergrößert oder die Abflußmenge durch Reichlicherwerden der maßgebenden Niederschläge vermehrt werden. Das gleiche Ergebnis erhalten wir aus der bekannten Formel für die Wucht (lebendige „Kraft“, Arbeitsfähigkeit des Wassers;  $W = \frac{m v^2}{2}$ ); hier nimmt die Geschwindigkeit mit der Vermehrung des Gefälles oder der Vergrößerung der Wassermenge zu.

Aus beiden Formeln geht klar und deutlich hervor, daß zum Beispiel Vermehrung der maßgebenden (das heißt Hochwasser erzeugenden) Niederschläge Geschiebeentnahme und Schurftätigkeit im Einzugsgebiete auslöst. Aber nur in diesem; denn die Geschiebelast muß doch irgendwo abgeladen werden; natürlicherweise ist dies im Auftragsgebiete des Gewässers der Fall. Daraus ergibt sich, wenn man von Baustufen und Schotterfluren, also Gebieten der Massenablagerung spricht, ganz von selbst der Schluß, daß Zunahme der Wassermenge (zum Beispiel durch Feuchterwerden des Klimas) zur Aufschüttung führt; da man von Baustufen spricht, kann man natürlich nur den Auftrag im Gebiete der allgemeinen Ablagerung meinen; von irgendwoher muß freilich das abgeladene Geschiebe stammen, und zwar naturgemäß aus dem Gelände vorherrschenden Schurfes. Man könnte sich

mit Vorteil auch kurz so ausdrücken: Vergrößerte Wassermengen feisten vermehrten Schurf im Abtrag- und verstärkte Ablagerung im Auftraggebiete; in dieser Form kommt die Vergrößerung der Leistungsfähigkeit in beiden Laufstrecken am besten zum Ausdruck.

Wird nun die Wassermenge stark verringert, so wird damit die Arbeitsfähigkeit des Wassers im Abtraggebiete geschwächt oder ganz gebrochen; das reine Wasser aber kann nun im Gebiete sonstigen Auftrages nicht nur nichts abladen, sondern wird sich sogar mehr oder weniger tief in die eigenen Ablagerungen einschneiden; die angestellten Versuche haben in Übereinstimmung mit den Beobachtungen an Hunderten von Gebirgshächen ergeben, daß das Gewässer mit dieser Schurfarbeit an der Schwemmkegelspitze beginnt; von dieser weg wird der entstehende Schurfrunst immer weiter nach abwärts verlängert, so daß er oben am tiefsten und breitesten, unten seicht und schmal erscheint; nach Form und Bildungsweise ähnelt er ganz den Keilbrüchen.<sup>3)</sup> Hand in Hand mit der Geschiebeentnahme auf der Spitze des Schwemmkegels geht natürlich eine Aufschüttung an seinem Fuße; der Schwemmkegel wird länger und flacher, das Ablagerungsgebiet weicht vor dem sich nach abwärts verlängernden Abtragsgebiet sachte zurück. Verminderung der Abflußmenge (zum Beispiel durch Trockenwerden des Klimas) führt somit zur Eintiefung im Gebiete sonstiger Ablagerung. Dies allein dürfen wir ins Auge fassen, wenn wir von der Bildung der Flußbaustufen reden; dabei gehen uns strenge genommen die Vorgänge im Sammelgebiete gar nichts an. Werfen wir aber trotzdem einen Blick auf die Erscheinungen, die sich während der Abnahme der Wassermenge im Einzugsgebiete abspielen, so sehen wir folgendes: Mit dem Erlahmen der Schurfkraft wird sich der Verwitterungsschutt im Einzugsgebiete anhäufen; mit der Zeit wird der Bach im Schutte ersticken und das Gebirge in Schutt sich einpuppen; solches schuttstarrende Gelände hat man vielleicht im Auge, wenn man gar oft meint, „trockenes Klima erzeugt Aufschüttung“. Der Ausspruch gilt aber nur für das Gebiet früherer Eintiefung; im einstigen Auftraggebiete aber wird zuerst Schurftätigkeit auftreten, später dann, wenn die Wasserführung immer geringer wird und schließlich vielleicht ganz

---

<sup>3)</sup> Stiny J., Technische Geologie, S. 445.

aufhört, muß eine Art Beharrungszustand im Unterlaufe sich ausbilden.

Baustufenbildung infolge Eintritt eines Trockenklimas wäre nur möglich, wenn die niederschlagsarme Zeit später wieder von einem Feuchtklima abgelöst würde; dann würde sich der Gürtel der Schuttüberhüllung rückläufig wieder in ein Abtraggebiet verwandeln und die zunehmende Eintiefung würde rückwärts schreitend aus der Massenablagerung Grundstufen mit Flur und Hang<sup>4)</sup> herausarbeiten. Allein diese Stufen liegen tief drinnen im Gebirge und nicht vorwiegend im Vorlande und sie wären mit Schutthalden und zahlreichen Anzeichen eines Trockenklimas so enge und so auffällig verknüpft, daß ihre Entstehungsart gar bald erkannt werden müßte. In den Ostalpen haben sie gewiß nicht ihresgleichen; hier liegen die ausgiebigsten Schottermassen im Alpenvorlande oder in tektonischen Senkungsfeldern im Innern der Alpen; überall, wo sie sich sonst weit in die Alpentäler hinein erstrecken, reicht zu ihrer Erklärung Geschiebeüberlastung aus sonstigen Ursachen (zum Beispiel Gefällsvermehrung infolge Schollenbewegungen) aus.

Die weit verbreiteten Irrtümer über die Schaffung von Baustufen in Trockenzeiten wurzeln wohl zumeist in Beobachtungen am äußeren Rande von Trockengebieten. Man denkt da zum Beispiel nicht selten an den Ostzipfel der oberitalienischen Tiefebene; hier haben die Flüsse, die aus den Alpenschluchten hervorbrechen (allen voran Cellina, Meduna, Tagliamento und Torre), gewaltige Aufschüttungsarbeit geleistet; aber der Vergleich ist unstatthaft; ganz abgesehen davon, daß die venezianische (friaulische) Ebene nicht als Trockengebiet gelten kann, beruht die ungeheure Schuttablagerung am Südfuße der venezianisch-julischen Alpen auf der gesteigerten Schurfarbeit der Flüsse in dem gehobenen und niederschlagsreichen (über 1500 m jährliche Regenmenge) Hochgebirge und dem plötzlichen Gefällsverluste in der Ebene; dazu kommt noch die erstaunliche Wasserlässigkeit des angehäuften Kalk- und Dolomitschuttes der weitgedehnten Schwemmfächer; das Wasser rinnt dem mitgeführten Geschiebe förmlich davon, indem es sich zwischen den Hohlräumen der Ablagerungen in die Tiefe verliert; auf die dadurch erfolgende Begünstigung der Anhäufung von Geschiebe

---

<sup>4)</sup> Vgl. Hilber V., Die Tattreppe.

am Fuße von Kalkgebirgen habe ich<sup>5)</sup> in einer Erwiderung an Gortani<sup>6)</sup> bereits einmal aufmerksam gemacht.

Aber auch die Heranziehung von Beispielen aus Innerasien ist unangebracht. Denn die Flüsse, welche hier stark aufzuschottern pflegen (Chotan darja, Kerje darja, Amu darja, Syr darja usw.), entspringen alle in Gebirgszügen, die keinesfalls als „trocken“ gelten können. Sie sind darum innerhalb ihrer Einzugsgebiete schurfbefähigt und lassen ihre Bürde erst fallen, wenn sie das vergleichsweise ebene und trockene Wüsten- (Takla-Makan) oder Steppengelände betreten haben. Von den gewaltigen Hochgängen der zeitweise furchtbar anschwellenden Gebirgsflüsse Innerasiens haben uns ja Sven Hedín und andere Forschungsreisende lebendige Schilderungen entworfen. Wir sehen auch hier wiederum im Großen und Ganzen Schurftätigkeit im halbfuchten oder feuchten Einzugsgebiete und dementsprechend Aufschüttung im gefällsarmen Auftragsgebiete.

Bei diesen Betrachtungen darf man nun das eine nicht übersehen, daß ein längerer Wasserlauf mehrere Ablagerungsgebiete haben kann, vor denen Abtragsstrecken liegen. Die Ursachen dieser Erscheinung können mannigfaltige sein: Aneinandergrenzen von Schollen verschiedener Bewegungsrichtung oder verschiedener Bewegungsgeschwindigkeit, Gesteinwechsel u. dgl. m. Es kann aber auch rein örtlich und zeitlich Abtrag und Auftrag miteinander wechseln; jeder Flußbauer weiß davon ein Lied zu singen; geregelte Flußstrecken befördern in der Regel die Geschiebeentnahme,<sup>7)</sup> während an ihrem unteren Ende wieder Aufschotterung stattfindet. Auch bei den Versuchen hat sich gezeigt, daß in einem im Einzelfalle verschieden breiten Gürtel zwischen dem Hauptabtrag- und dem Hauptauftragsgebiete streckenweise Schurf- und Aufschüttungstätigkeit örtlich und zeitlich abwechseln können; der Wasserbauer spricht vielfach von einer „neutralen“ Strecke des Flußgebietes im Gegensatze zum Hauptauftrag- und Hauptabtragsgebiete. Der Wasserlauf beladet sich zum Beispiel bis zur Grenze seiner Stoßkraft mit Geschiebe, läßt dann weiter abwärts einen Teil der mitgeführten Grobstoffe fallen, das nunmehr reiner gewordene Wasser gräbt sich wieder ein und sättigt sich mit Geschiebe; dieses Spiel wieder-

<sup>5)</sup> Stiny J., Versuche über Schwemmkegelbildung. Geologische Rundschau, 1917, Bd. VIII, Heft 5/8, S. 195.

<sup>6)</sup> Gortani M., Materiali per lo studio delle forme di accumulamento I. Memorie Geografiche 1912, S. 339 ff.

<sup>7)</sup> Wenn nicht ein zu weiter Durchflußquerschnitt gewählt wurde.

holt sich zuweilen bis zum Gebiete endgültigen Erlahmens der Förderkraft. In der Natur beobachten wir örtlichen Wechsel zwischen Schurf- und Ablagerungstätigkeit sehr häufig bei unseren Gebirgsflüssen; ein Seitenbach mündet ein und wirft ungeheure Schuttmassen in das Bett des Vorfluters; dieser wird aufgestaut und schüttet oberhalb des sperrenden Riegels ein ausgedehntes Schotterfeld auf; aber auch talwärts des Querdammes wird Aufschotterung infolge Uebersättigung des Talflusses mit Geschiebe und Gefällsabnahme stattfinden; erst ein gutes Stück unterhalb der Eimmündung des geschiebereichen Seitenbaches treten wieder verhältnismäßig geordnete Verhältnisse im Gerinne ein; da versperrt ein zweiter Wildbachkegel dem Hauptflusse den Weg; die so entstehenden Schwemmkegelstufen sind nur zu bekannt; sie beweisen aber, wie verwickelt die Frage der Flurenbildung eigentlich ist und wie diese Erscheinung dort, wo sie als ein allgemeiner geologischer Vorgang von weltweiter Verbreitung aufgefaßt wird, von einer hohen Warte aus betrachtet werden muß, ohne daß man sich durch örtliche Abweichungen beirren läßt. Die Schwemmkegelstufen als Ganzes, nämlich als Quer- mit daran nach oben und unten anschließenden Längsstufen, treten dann erst recht deutlich hervor, wenn eine allgemeine Eintiefung des Hauptgewässers Hänge und Kanten freilegt; Sölich<sup>\*)</sup> hat auf diese Weise die Längbaustufen an der Mürz und Mur zu erklären versucht; ich habe mich selbst davon überzeugt, daß zum Beispiel die Schotterfluren, welche die Mur auf ihrem Laufe zwischen Ramingstein und Murau begleiten, die Oberflächen reiner Schwemmkegelstufen sind.

Man kann also festhalten, daß Aufschüttung, ob örtlich beschränkt oder flächenweit verbreitet, immer durch Geschiebeüberlastung bedingt wird, während reinere Wasserführung — wenn die sonstigen Voraussetzungen zutreffen — zur Eintiefung führen wird. Nirgends sieht man die Erscheinung, daß verkleinerte Schwerstoffführung Tiefenschurf nach sich zieht, hübscher bestätigt als auf dem Schwemmkegel von Wildbächen, deren Geschiebeherde verbaut wurden; das nunmehr abfließende, geschiebearme Wasser nagt sich immer tiefer in

---

<sup>\*)</sup> Sölich J., Beiträge zur eiszeitlichen Talgeschichte des steirischen Randgebirges und seiner Nachbarschaft. Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde, 21. Bd., Heft 4, Stuttgart 1917.



das Ablagerungsgebiet ein und zwingt zur Vornahme der Tal-  
laufregelung.

Wo Aufschüttung und Schurf miteinander abwechseln, be-  
ziehungsweise sich ablösen, liegen Wendepunkte im Längs-  
schnitte der Flußsohle. Längere Wasserläufe können neben dem  
Hauptwendepunkte, der das Abtrag- vom Auftraggebiete im Großen  
scheidet, noch mehrere bis viele untergeordnete Wendepunkte  
besitzen, welche den Überblick über die Erscheinung der Fluren-  
bildung erschweren; so trennt ein örtlicher Wendepunkt fast  
jeden tätigeren Geschiebeherd von der sich daran anschließenden  
Aufschüttungsstrecke; jeder Wildbach bietet hierfür in kleinerem  
Maßstabe Belege; wie in Strecken, die der Erhaltung von Aus-  
wirbelungsformen günstig sind, Kolke und Furten miteinander  
abwechseln, so folgen in den Gerinnen unserer Alpenwässer  
auf verwilderte Talstücke solche ruhigerer Entwicklung oder  
der Eintiefung, um ihrerseits wieder von Schotterfeldern abge-  
löst zu werden. Für die Beurteilung der allgemeinen Fluren-  
bildung entscheiden nur die Hauptwendepunkte, oder besser  
gesagt, der Wendepunkt erster Ordnung des Gewässers.

Die wechselnde Geschiebeführung ist es auch vorwiegend,  
welche die häufigen Teilfluren der Natur und des Versuches  
schafft. Jede Belebung der Schurfkraft im Entnahmegebiete  
breitet auf den Schwemmfächern und Schwemmebenen Geschiebe-  
walzen aus, jedes Sinken der Schwerstoffführung fördert Ein-  
tiefung und Grundstufenbildung. Damit soll aber keineswegs über-  
sehen werden, daß auch andere Ursachen Teilfluren heraus-  
arbeiten; so können Gleithänge, wie sie durch Verlegung von  
Flußkrümmungen entstehen, Fluren und Teilfluren bilden; sie  
unterscheiden sich aber von den in vorliegendem Aufsätze be-  
trachteten Fluren dadurch, daß sie Grundstufen sind und nicht  
überall steil zur nächsttieferen Flur abfallen, sondern sich meist  
ganz allmählich und sanft zu ihr herabsenken und sich mit  
ihr verflößen; für ihre Anlage gibt der Lauf der Mur zwischen  
Judenburg und Zeltweg einige hübsche Beispiele. Siegert  
(S. 6 und 7 a. a. O.) hebt außerdem auch noch hervor, daß  
ihre Anlage und Verteilung keine Gesetzmäßigkeit erkennen läßt;  
Vergleiche mit den Fluren naher Seitentäler ergeben Nicht-  
übereinstimmung.

In diesem Zusammenhange kann ich die Bemerkung nicht  
unterdrücken, daß manche Leisten, die von den Erdkundlern

für ihre Arbeiten benützt werden, künstlicher Entstehung sind. Auf Hängen (zum Beispiel Waldheimat) oder auf den Leibern von Schwemmkegeln (Kammern im Liesingtale) pflügt der Landmann in der Regel in derselben Art, und zwar am unteren Ende des quer liegenden Feldes beginnend, und am oberen schließend; auf diese Weise wandern die Erdschollenstreifen im Laufe der Jahrhunderte immer weiter nach abwärts, wobei das untere Feldende erhöht und das obere ständig erniedrigt wird; dem Bauern dünkt diese allmähliche, künstliche Massenverlagerung willkommen, da sein Acker dadurch immer sanfter geneigt wird; die Regenspülung tut ein übriges, um die wachsenden Neigungsunterschiede noch mehr herauszuarbeiten. Solche durch Ackern entstehende Längsstufen können mehrere Meter, in selteneren Fällen auch acht bis zehn Meter, hoch werden und minder erfahrene Geländekundler wohl täuschen.

Der rätselhafteste Punkt der Baustufenfrage scheint mir bis jetzt noch immer die Beobachtungsfeststellung zu sein, daß die jüngeren Fluren in der Regel schmaler sind als die älteren, in die sie mehr oder minder eingeschachtelt erscheinen. O. Lehmann<sup>9)</sup> gibt für diese, wie eine Gesetzmäßigkeit anmutende Erscheinung eine Erklärung, die durch ihre Einfachheit und Großzügigkeit blendet; er faßt die Längsstufen der Täler als Schrumpfflächen auf, an denen sich die Linie der Unterwaschung gegen die Talmitte und zugleich in geringere Höhen zurückzog; ihm sind daher die Talstufen ein Zeichen dafür, daß eine allmähliche Hebung in einem Zuge, aber mit Zeiten der Beschleunigung, stattgefunden habe. Die Lehmann'sche Deutung hat ja gewiß viel für sich; vorläufig aber kann ich mich noch nicht ganz mit ihr befreunden, da sie im Flußgebiet Abtrag- und Auftragstrecken nicht schärfer hervorhebt und schließlich ohne Ungleichmäßigkeiten, ohne Rucke, in der Hebung auch nicht auskommt; und so schwindet eigentlich bei näherer Betrachtung der Vorzug, den sie anfangs gegenüber älteren Erklärungsversuchen zu haben schien. Ich will mich gerne durch triftigere Gründe, als die bisher vorgebrachten, eines Besseren belehren lassen, bleibe aber vorläufig bei meiner schon früher (a. a. O.) geäußerten Anschauung, der die Ergebnisse meiner Versuche Stütze zu gewähren scheinen.

---

<sup>9)</sup> Lehmann O., Beiträge zur gesetzmäßigen Erfassung des Formenablaufes bei ständig bewegter Erdrinde und fließendem Wasser. Mitteilungen d. geograph. Gesellschaft in Wien, 1922, Bd. 65, S. 74—76.

Die Versuche zeigen nämlich, daß die Verschmälerung der jeweils später gebildeten, niedrigeren Flur auf ein allmähliches Erlahmen der flurschaffenden Kräfte hinweist. Auf unseren Ostalpenkörper übertragen, würde das ungefähr soviel heißen, daß der Emporstieg der Ostalpen als Gebirge etwa im Pliozän das Höchstausmaß seiner Geschwindigkeit erreichte; von da an nahm die Raschheit der Emporwölbung immer mehr ab und scheint sich in der geologischen Jetztzeit einem Tiefpunkte zu nähern; dementsprechend sind die Baustufen im Großen und Ganzen seit den gewaltigen Aufschüttungen des Tertiärrandes immer schmaler und niedriger geworden. Würde im Versuche die Wildheit der flurbildenden Kraft gesteigert, dann rollten neue Schotterwalzen über die älteren Fluren, deckten sie ein und machten sie unsichtbar; die jugendlicheren Baustufen begruben unter sich die älteren; Zunahme der Hebung zum Beispiel vereinfacht das Oberflächenbild des Auftraggebietes, indem sie ein verhüllendes Schuttuch über die feineren Züge des alten Stufenbaues der Landschaft breitet. So mögen etwa in unseren Ostalpen an vielen Stellen vor dem Mittelpontikum ältere Fluren durch jüngere überdeckt worden sein, als äußeres Zeichen einer anschwellenden (beschleunigten?) Hebung; dieser vorschreitenden Entwicklung folgte dann der Höhepunkt der Aufschüttung etwa in der zweiten Hälfte der pontischen Stufe und sodann die rückläufige Entwicklung, an deren Ende wir uns jetzt gesetzt fühlen könnten. Natürlich gilt das hier entworfene Bild nur im Großen und Ganzen, während im Einzelnen die Entwicklung auch einen ganz anderen Weg gegangen sein kann. Im allgemeinen aber liefert uns der Gang der Erdgeschichte zahlreiche Beweise, sowohl für ein zeitweises Anwachsen als auch ein darauf folgendes Nachlassen der flurschaffenden Kräfte; während aber die Gebilde erlahmender Flurenschöpfung uns in der Regel klar und deutlich sichtbar werden, gibt uns von der Steigerung der stufenbildenden Kraft nur hin und wieder ein glücklicher Zufallsaufschluß oder eine Bohrung Kunde.

Ein weiteres Ergebnis der angestellten Versuche ist die Feststellung, daß unter sonst gleichen Umständen, wie Korngröße des Geschiebes usw. die Neigung der Erzeugenden des Schwemmkegels ein unmittelbarer Ausfluß des Gewichtsverhältnisses zwischen Wasser und Geschiebe ist. Je mehr die Geschiebefracht, in Gewichtshundertsteln der Gesamtmasse von Wasser und Schwerstoffen ausgedrückt, anwächst, um so steiler

wird die Aufschüttungsform. In geschiebereichen Bächen wechselt nun der Anteil der Schwerstoffe an der Gesamtfracht innerhalb kürzerer Frist oft sehr; deshalb befinden sich hier die Massen der Oberschicht des Schwemmkegelmantels niemals im Gleichgewicht und die Sohle des Wasserlaufes in beständiger Unruhe, beziehungsweise Umbildung. Dies haben bereits meine Versuche über Schwemmkegelbildung ergeben (a. a. O., S. 195 ff.).

Als Abschluß meiner Mitteilungen möchte ich noch eine kurze Bemerkung über die Art und Weise der Bewegung des Geschiebes auf der Gerinnesohle anfügen. A. Schoklitsch<sup>10)</sup> hat beobachtet, daß mit wachsender Stoßkraft die Geschiebe zuerst vorwärts geschoben, dann aber gerollt wurden und schließlich eine Bewegung annahmen, welche jener eines Huhnes gleicht, das halb springt, halb flattert. Ganz ähnliche Beobachtungen konnte ich an zahlreichen Bächen der Ostalpen machen.<sup>11)</sup> Auch meine im Winter 1922/23 ausgeführten Versuche haben ergeben, daß beim Abtriften des Geschiebes die rollende und hüpfende Bewegung vor der gleitenden weitaus vorherrscht. Besonders deutlich trat dies bei einzelner Geschiebeverfrachtung (Einzelfracht) hervor; ging diese in Massenförderung über, dann sammelte sich das bewegte Geschiebe in einem Streifen an der Gerinnesohle an und trieb als Gemenge von Wasser und Schwerstoffen bandförmig nach abwärts; der Geröllstreifen nahm selten die ganze Breite der Sohle ein. Zuweilen verzweigte er sich mit dem Wasserstrom, zwischen seinen Ästen Inseln in Ruhe bleibenden Geschiebes umschließend. Die Bewegungsart der einzelnen Körner im abtriftenden Brei konnte ich nicht genauer beobachten, doch schien sie mir am ehesten noch eine rollende zu sein. (Die Geschiebe der obersten Lage aber vollführten deutlich eine rollende bis hüpfende, zum Teil auch „flatternde“ Bewegung. Die Geschiebeschweife, deren Bildung hinter jedem größerem Geschiebestück Schoklitsch (a. a. O.) so schön beschreibt und abbildet, konnte ich gleichfalls bei meinen Versuchen in allen Entwicklungsstufen verfolgen. Ich würde daher auf die Sache gar nicht mehr weiter zurückkommen, wenn nicht ein so au-

<sup>10)</sup> Schoklitsch A., Ueber Schleppekraft und Geschiebebewegung. Leipzig 1914.

<sup>11)</sup> Stiny J., Die Schlammförderung und Geschiebeführung des Raabflusses. Mitteil. der geograph. Gesellschaft in Wien, 1920.

erkannter Fachmann wie Schaffernak<sup>12)</sup> erst vor kurzem die Beobachtung mitgeteilt hätte, daß bei seinen Versuchen „das Geschiebe wie eine breiartige Masse abfloß und nicht, wie immer vermutet wird, die einzelnen Stücke in großen Sätzen flußab eilen“. Vielleicht ist aber der Gegensatz zu den früher geäußerten Anschauungen, der beim ersten Lesen des Satzes sich unmittelbar aufdrängt, in seiner Schärfe gar nicht vorhanden und die unleugbaren Unterschiede mehr solche des Ausdruckes als der Auffassung. Fürs erste glaube ich selbst nicht daran, daß alle Geschiebe gerade springend und in großen Sätzen talabwärts eilen; die Bewegungsart dürfte eine vorwiegend rollende und nur gelegentlich eine hüpfende sein. Dann aber spricht Schaffernak von einem „Abfließen“ des Breis, ohne näher zu beschreiben, ob die Bewegungsart dabei mehr eine rollende oder eine gleitende war; ein Abrollen des Geschiebes auf der Sohle würde sich ganz gut mit dem Eindruck des Fließens, den Schaffernak erhielt, vereinbaren lassen. Trifft diese Vermutung zu, dann schrumpft eigentlich der vermeintliche Gegensatz zwischen den angegebenen Anschauungen in nichts zusammen und es ergibt sich Übereinstimmung in den Auffassungen.

Bruck a. M., im Dezember 1923.

---

<sup>12)</sup> Schaffernak F., Neue Grundlagen für die Berechnung der Geschiebeführung in Flußläufen. Leipzig und Wien 1922, S. 13.