

B E R I C H T E   A U S   D E R   P R A X I S

Die Geröllfracht in Wildbächen

von

Leopold Hoffmann

Dücker in der Wildbachverbauung

von

Emil Leys

von Leopold Hoffmann

SCHOCKLITSCH schreibt in seinem Buch über Geschiebe (1929): "Nach dem heutigen Stand der Forschung kann von einem "Rechnen" mit Geschiebetrieb in der Regel keine Rede sein, man kann höchstens mehr oder minder zutreffende Schätzungen durchführen".

Nun, nach unseren neueren Erkenntnissen über die Art des Gerölltriebes ist es möglich, eine verhältnismäßig einfache Formel aufzustellen, die eine recht gute Beurteilung der maximalen Geschiebefracht ermöglicht.

Die Geröllfracht ist abhängig:

- 1) Von der Größe und Beschaffenheit des Einzugsgebietes (Geländeform, geologischer Untergrund, Jungschutt, Altschutt, Bewuchs u. a.).
- 2) Von der Menge des freien Gerölles im Bachgebiet.
- 3) Vom Gefälle des Baches.
- 4) Von der Korngröße des Gerölles.
- 5) Von der Dauer des Gerölltriebes.

Von der Größe des Einzugsgebietes hängt die Profilsgröße des Baches ab und vor allem die für den Gerölltrieb maßgebliche Sohlenbreite des Gerinnes, die aber eine Funktion der Wasserabflußmenge und daher auch der Größe des Einzugsgebietes ist. Die Menge des freien Gerölles muß nicht unbedingt mit der Größe des Einzugsgebietes im gleichen Verhältnis stehen. Ebensowenig, wie es auf die absolute Wassermenge ankommt. (KREPS sagt: Aus der weit streuenden Punktwolke der Messungen ist man geneigt, eine Korrelation zwischen Wassermenge und Geschiebetrieb überhaupt zu leugnen). Die Stoßkraft der Pulsationen und der Wasserwirbel bringt das Geröll in Bewegung, nicht die "Sohlengeschwindigkeit". (Nach SCHAFFERNAK ist die Sohlengeschwindigkeit in den verschiedenen Flußgebieten, ja im gleichen Flußbett selbst, an verschiedenen Orten verschieden. In seiner Formel für die mittlere Sohlengeschwindigkeit  $V = k(t.J)^{\alpha}$  ist z.B. für den Inn bei Innsbruck  $k = 0'85$  und  $\alpha = 0'48$ , bei Kufstein jedoch  $k = 0'54$  und  $\alpha = 0'45$ ; für die Salzach bei Golling  $k = 0'78$  und  $\alpha = 0'44$  und bei Salzburg  $k = 0'52$  und  $\alpha = 0'47$  usw.  $t$  bedeutet die Wassertiefe in Metern und  $J$  das Gefälle.)

Der nachstehenden Formel liegt vor allem die Folgerung aus den neuen Erkenntnissen über den Gerölltrieb zugrunde, daß Geröllstücke nur einzeln bewegt werden, rollend und kollernd, und wenn sie ganz von Wasser umspült werden. In dicker Schicht, also breiartig, be-

wegen sich Geschiebe nie. Sie werden an der Sohle durcheinandergewirbelt, wie vom Winde bewegtes dürres Laub. Es ist also immer nur die oberste Geröllschicht in Bewegung, u. zw. in der Dicke der größeren Stücke, die die kleineren durch ihren Stoß beim Kollern immer in Bewegung halten und mitreißen. Das Geröll fließt aber nur in einem Teilstreifen der Sohlenbreite ab, der von der Querschnittsform unabhängig ist. Bei größerem Durchfluß wird der Streifen breiter. Er kann im Mittel mit  $0'8$  der Breite  $b$  angenommen werden. Es fließt also über die Breite  $0'8b$  ein Geröllstreifen mit der Höhe  $d$  (Korngröße der großen Geröllstücke) mit einer Geschwindigkeit, die etwa  $0'5$  bis  $0'85$  der mittleren Wassergeschwindigkeit in diesem Querschnitt entspricht, ab.

Die Formel für die Geröllfracht kann also heißen:

$$G = c \cdot 0'8 b \cdot d \cdot f(J) \cdot z$$

Darin bedeutet  $c$  eine Konstante, die die Beschaffenheit des Einzugsgebietes und den freien Geröllvorrat ausdrückt. Es schwankt zwischen  $0'5$  und  $1$ , und zwar

- $c = 1$  für Gräben mit steilen Einhängen im kahlen Kalkgebirge mit viel freiem Jungschutt ohne Feingeschiebe (ähnlich den Gesäusewildbächen).
- $c = 0'9$  Gräben im Altschutt mit zahlreichen steilen Grabenabbrüchen und Rutschungen im Oberlaufgebiet.
- $c = 0'8$  Steile Gräben mit viel freiem Geröll, vermischt mit Schlamm und Schlick aus Rutschungen.
- $c = 0'7$  Gräben mit einzelnen, ausgesprochenen Geschiebeherden und zahlreichen Uferanbrüchen, Schiefergestein.
- $c = 0'6$  Bewaldete Gräben mit Uferanbrüchen und zeitweise aufgerissener Deckschicht.
- $c = 0'5$  Gräben im Hügelland und gutem Bewuchs und wenig Uferanbrüchen und keinem ausgesprochenen Geschiebeherd. Normale Verwitterung.

Messungen bei Verlandungen nach Hochwässern bei neu errichteten Sperren werden einen Hinweis geben, ob etwa die Spanne von  $1$  bis  $0'5$  vielleicht bis  $0'3$  oder  $0'2$  auseinanderzuziehen wäre.

In  $b$  ist bereits die Größe des Einzugsgebietes ausgedrückt, da die Gerinnegröße eine Funktion des Abflusses ist. Eine Berücksichtigung sollte allerdings die Form und Größe des Einzugsgebietes durch genauere Annahme der Abflußzeit  $z$  (solange Gerölltrieb herrscht) finden, da Starkregen bei kleineren Einzugsgebieten auch nur von kurzer Dauer sind und daher konzentrierter und ausgeprägter in wenigen Stunden ablaufen, während die geschiebeführenden (bettbildenden) Mit-

telwässer aus großen Einzugsgebieten einige Tage anhalten können. (Nach Beobachtungen von SPECHT ist die größte Regenmenge bei Regen von 15 bis 55 Minuten Dauer (kleine Einzugsgebiete E) etwa  $r = \frac{50}{3} \left(1 + \frac{30}{t}\right) \sqrt[3]{\frac{1}{1+E}}$ , während sie in größeren Einzugsgebieten bei 1 bis  $2\frac{1}{2}$  Stunden Regendauer  $r = \frac{4100}{3t} \sqrt[3]{\frac{1}{E}}$  ist. t in Minuten).

Der maßgebliche Gerölldurchmesser d kann folgend ermittelt werden: Aus einer für das Bachgebiet charakteristischen Schotterbank wählt man eine etwa 1 m<sup>2</sup> große Fläche aus, beseitigt die oberste etwa 10 cm dicke Schotterschicht, da sich bei länger andauerndem niedrigen Wasserstand eine Deckschicht gebildet haben könnte, die dem Druckschnitt nicht entspricht. Dann sucht man auf der darunterliegenden Schicht die zehn größten Steine aus, um zu sehen, ob sich die Größe nach dem fünften noch stark ändert. Die zwei bis drei größten werden aus der Reihe fallen, aber ab dem fünften wird die Änderung nicht mehr groß sein, sodaß man den Mitteldurchmesser des fünften als maßgeblichen Korndurchmesser annehmen kann.

Die Wassergeschwindigkeit  $v = kR^{2/3} J^{1/2}$  beträgt, wenn k für geröllführende Bäche mit 20 und R im Mittel mit 0'8 angenommen wird,  $v = 1'6 \sqrt{J}$ , wovon 0'7 als Geröllgeschwindigkeit in die Formel kommen.  $\sqrt{J}$  wird für Gefälle von 1'3 % aufwärts besser durch die Funktion  $0'1 + J$  ausgedrückt, und da bei steileren Gerinnen der Reibungskoeffizient des Gerölls rasch abnimmt, kann in der Funktion f(J) noch ein weiterer Faktor aufgenommen werden, sodaß in der Formel für die Geschiebefracht für f(J) für Hochwasser gesetzt werden kann f(J)  $11'2(0'1 + 4J)$  und für Mittelwasser (nicht wegen der kleineren Wassermenge, sondern wegen der geringeren Wasser- bzw. Geröllgeschwindigkeit) f(J)  $11'2(0'1 + 3J)$ .

Die neue Formel für die Geröllfracht lautet daher:

|                  |                                                            |
|------------------|------------------------------------------------------------|
| für Hochwasser   | $G = 323 \quad c \quad b \quad d \quad (0'1 + 4J) \quad z$ |
| für Mittelwasser | $G = 323 \quad c \quad b \quad d \quad (0'1 + 3J) \quad z$ |

wobei G in m<sup>3</sup>, b in m, d in cm und z in Stunden einzusetzen ist. J bedeutet das Bachgefälle.

Die Formel ist dimensionsrichtig, denn b und d sind Längen, in f(J) steckt v in m/s und z bedeutet die Zeit (s). Es ergibt also die Formel richtig G in m<sup>3</sup> (c und J sind dimensionslos).

Das spezifische Gewicht der Geröllstücke wurde nicht berücksichtigt, da erfahrungsgemäß der Einfluß unbedeutend ist. In den Schotterbänken finden sich Geröllstücke der verschiedensten Wichten und Korngrößen durcheinander.

Die Geröllfracht im Vorfluter ist nicht gleich der Summe der Frachten aus den einzelnen Zubringern, da bedeutende Mengen durch Abrieb und Auflösung als Schweb abfließen. Der abgeführte Schweb beträgt ein Vielfaches der Geröllfracht. Wie bedeutend die Lösung sein kann, er-

sieht man daraus, daß z.B. im Donausand bei WIEN keine Beimengungen aus Kalkgestein mehr zu finden sind.

Als Beispiel für die Formel der Geröllfracht sollen folgende Annahmen getroffen werden:

|   |                    |
|---|--------------------|
| b | 6 m                |
| d | 10 cm (Faustgröße) |
| J | 4 %                |
| c | 0'9                |
| z | 8 Stunden          |

Es ist dann  $G = 323.0'9.6.10.0'26.8 \quad 36.000m^3$   
für Hochwasser.

Eine Sperre mit  $36.000 m^3$  Verlandungsraum wäre also bei einem Hochwasser in 8 Stunden voll.

## ZUSAMMENFASSUNG

Es wird eine verhältnismäßig einfache Formel angegeben, um aus einem bestimmten Wildbacheinzugsgebiet für einen bestimmten Zeitraum, z. B. einem Hochwasser, die unter bestimmten Bedingungen zu erwartende maximale Geschiebefracht zu ermitteln.

## SUMMARY

A relatively simple formula is given in order to determine the maximum bedload to be expected under certain conditions from a given torrent catchment area for a given lapse of time, e.g. during a flood.

## R É S U M É

Une formule relativement simple est donnée pour obtenir, dans un certain secteur de déversement des torrents et pour un certain temps, par exemple une crue, le transport d'éboulis maximum prévisible sous certaines conditions.

## Р Е З Ю М Е

Дана сравнительно простая формула для определения ожидаемого максимального движения донных наносов в бассейне данного горного потока при данных условиях за определенное время, напр. время паводка.

Anschrift des Verfassers:

Dipl.Ing. Dr. Leopold HOFFMANN  
Scheigergasse 74  
A - 8010 Graz