

A B F L U S S M E S S A N L A G E N I N G E S C H I E B E -
F Ü H R E N D E N W I L D B Ä C H E N

von

Gerhard Ruf

Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien
Institut für Wildbach- und Lawinenverbauung,
Wien, Österreich

S U M M A R Y

The conditions in small alpine torrential catchments require special constructions to enable exact and reliable recording of peak hydrographs. The so-called "Schmittens-flume", resulting from own experience and published developments of others, is described in the way of design principles, including the elements of hydraulic computation. The thus intended criteria to achieve a stable stage-discharge-relationship are: transport of bed load without temporary deposition, a smooth water surface free of waves, no effects upon the hydraulic conditions from upstream or from tail water, a trouble-free stilling well, as well as the determination of the stage-discharge-relationship under consideration of accelerated flow by computing the draw down curve. The magnitude of the errors eliminable this way is pointed out and some experiences with this type of measurement flume are reported.

1. E I N L E I T U N G

Hochwasser-Durchflußmengen wurden in Österreich bisher fast nur in den größeren Flüssen gemessen, Meßanlagen in kleinen Einzugsgebieten dienten meist der Erfassung von Nieder- und Mittelwassermengen. Steigende Ansprüche an die Sicherheit in den Gebirgsregionen und damit an Wildbachverbauung und Gefahrenzonenbestimmung bewirkten aber auch steigendes Interesse an verlässlichen Angaben über Hochwässer aus kleinen Einzugsgebieten. Dies rechtfertigte Bemühungen, die Schwierigkeiten zur genauen und verlässlichen Aufzeichnung von Hochwasser-Ganglinien in alpinen Wildbächen zu überwinden.

Erfahrungen aus dem Betrieb von Meßanlagen in den Muster-einzugsgebieten des Institutes für Wildbach- und Lawinenverbauung an der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, kombiniert mit den Erfahrungen anderer, vor allem aus schweizer Berichten, ergaben Entwurfsgrundsätze für Meßgerinne. Die nach dem Ort ihrer ersten Ausführung "Meßgerinne Schmitten" genannte Bautype wird hiemit vorgestellt.

2. F R A G E S T E L L U N G

In Lehrbüchern und Standardwerken von Hydraulik und Hydrologie werden Besonderheiten zur Abflußmessung in geschiefbeführenden Gebirgsbächen nicht erwähnt. Die in Flüssen gebräuchlichen, einfachen Ausführungen von Pegelstellen können aber hier nur geringen Ansprüchen an die Meßergebnisse von Hochwässern gerecht werden. Die wesentlichen Ursachen dafür sind:

- a) Der Feststofftransport. Die Gerinne befinden sich meist in ständigem Wechsel zwischen Auflandung und Ausräumung. Höhenlage und Breite der Bachsohle, Gefälle, Anströmrichtung und Profilform sind unsicher. Meßschachte und deren Zuleitung sind häufig, in der Rückgangsphase von Hochwässern immer verlegt.
- b) Die große Variationsbreite der Durchflußmengen bewirkt einerseits, daß das Niederwasser nur einen Teil jener Gerinnebreite benetzt, die der sog. "bettbildende Wasserstand" beansprucht; andererseits werden für Spitzenabflüsse große Profile benötigt.
- c) Die kurze Dauer der hohen Wasserstände bietet nur eine geringe Chance für Eichmessungen im oberen Bereich, außer mit automatischen Anlagen (KELLER und STORRER, 1979).

Diese Störfaktoren möglichst zur Gänze auszuschalten erfordert rel. aufwendige bauliche Vorkehrungen, wie sie im folgenden beschrieben werden.

Der umgekehrte Weg, nämlich diesen besonderen Verhältnissen durch besonders einfache und billige Anlagen zu begegnen, hat sich bei den gegebenen Ansprüchen an die Meßgenauigkeit von Hochwasser-Ganglinien nicht bewährt. In Berichten über solche Einrichtungen (z.B. HEINRICH, 1974) sollten daher die dort genannten Meßzwecke nicht übersehen werden: Niederwasser, Trockenwetterabfluß, wasserwirtschaftliche Rahmenplanung. Eindrucksvoll beschrieb WALSER (1971) die Gefahr, mit Kompromissen bei Meßprofilen wertvolle Zeit zu verlieren, bis Mängel und Fehlerquellen erkannt werden bzw. bis es gelingt, durch mehrfache Umbauten Verbesserungen zu erzielen.

Noch wahrscheinlicher ist jedoch, daß eine im Hochwasserbereich unrichtige Wasserstands-Abflußbeziehung, die durch Rechnung oder Extrapolation zustande kam, als solche in einem Wildbach gar nicht erkannt wird. Bei Hochwasser sich verstärkende Kontraktionswellen oder regelmäßige, nach dem Rückzug des Hochwassers wieder abgetriftete Anlandungen können ebenfalls lange unbemerkt bleiben. Selbst bei Meßgerinnen, die in Modellversuchen geprüft und geeicht waren, konnten hydraulisch bedingte Störungen nicht ohne weiters eliminiert werden, wobei der Fehler bis auf 200 % geschätzt wurde (SMITH and CHERY, 1974). Aber erst beständiges Mißtrauen den eigenen Daten und Meßstellen gegenüber deckt solche Umstände auf und führt schließlich zu möglichst genau geplanten, komplexen Meßanlagen.

3. ENTWURFSGRUNDSÄTZE ZUM

"MESSGERINNE SCHMITTEN"

Folgende Bedingungen (3.01 bis 3.04) sind bereits aus der Literatur bekannt:

- 3.01 Befestigtes (künstliches) Profil (HICKOK and REE, 1965; WALSER 1971, u.a.)
- 3.02 "Schießender Abfluß" (= superkritische Geschwindigkeit, $Fr > 1$) im Gerinne zur Abtrift des Geschiebes (WALSER, 1971; SMITH and CHERY, 1974)
- 3.03 Absturz unterhalb zur Weiterbeförderung des Geschiebes, und vor allem oberhalb des Gerinnes mit Kolk zur genaueren Abgrenzung und Definition der im Gerinne herrschenden hydraulischen Bedingungen (WALSER, 1971). Der sehr bedeutende Einfluß von wechselnder Zuflußgeschwindigkeit wird dadurch ausgeschaltet (sh. Kap. 3.10).
- 3.04 Ein gerundeter Einlauf zum verengten Gerinne wurde bereits 1938 vom sog. "San Dimas Flume" berichtet (REINHART and PIERCE, 1964), ebenso von der Meßanlage an der Massa des Eidgen. Amtes für Wasserwirtschaft Bern (BRETSCHNEIDER, 1966; WALSER, 1971), sowie vom sog. "Walnut Gulch Flume" (SMITH and CHERY, 1974). Allerdings ist

nicht überall der Zweck erkennbar, weil z.B. beim letztgenannten Gerinne die hydraulischen Bedingungen, um damit Störungswellen zu vermeiden, nicht erfüllt sind (sh. 3.08).

Als weitere Bedingungen haben sich herausgestellt:

- 3.05 Das Querprofil des Gerinnes muß ungegliedert sein, mit einheitlichem Böschungswinkel. Nur dann ist eine ausgeglichene Geschwindigkeitsverteilung möglich, und nur dann ist eine Extrapolation der Schlüsselkurve (Wasserstands-Durchflußmengen-Funktion) oder deren rechnerische Herstellung sinnvoll. Sog. "Niederwassergerinne" oder Profile mit "Hochwasservorland" sind unbedingt zu vermeiden.
- 3.06 Die Sohle des Gerinnes muß wesentlich schmaler sein als die des natürlichen, im Ausgleichsgefälle befindlichen Bachbettes, im allgemeinen daher auch schmaler als das Ausbauprofil. Andernfalls wird sich der Niederwasser-Durchfluß trotz superkritischem Fließen auf einen Teil der Breite konzentrieren und Ablagerungen zulassen. Die gewünschte Genauigkeit bei Niederwasser und das Auflösungsvermögen des Meßgerätes ergeben die den Durchflußänderungen entsprechenden minimalen Wasserstands-differenzen. Diese Überlegung wird meist die Sohlenbreite bestimmen.
- 3.07 Trotz der Bedingung des schießenden Abflusses sind hohe Geschwindigkeiten zu vermeiden. Es ist daher das Gerinne so zu berechnen, daß superkritische Geschwindigkeit bei Niedrigstabfluß gerade noch gewährleistet ist, die Geschwindigkeitszunahme mit steigendem Durchfluß aber möglichst gering bleibt.
- Aus den Bedingungen 3.05 bis 3.07 ergibt sich daher als optimales Profil ein Trapezprofil mit schmaler Sohle und flachen, einheitlichen Böschungen. Bewährt hat sich ein Böschungsanstieg von 1:2. Ein V-förmiges Profil wie das im "Walnut Gulch Flume" wäre bei häufigem Geschiebetrieb einem zu starken Abrieb ausgesetzt.
- 3.08 Durch die Verengung in einem Gerinne mit schießendem Abfluß, und zwar gleichgültig, ob geradlinig oder gerundet, würden ohne Gegenmaßnahmen beträchtliche Störungswellen ("schräge Wellenfronten") entstehen, die sich in Beruhigungsstrecken nicht ausgleichen, sondern weiter reflektiert werden. Die Höhe solcher Wellen wurde in Meßgerinnen bis zu 40 % des Wasserstandes beobachtet, SMITH and CHERY (1974) geben für ein Zusammenwirken mit Schräganströmung Durchflußfehler bis zu 200 % an. Eine hydraulisch exakte Lösung zur Vermeidung von Störungswellen wäre die Berechnung der Kontraktion so, daß positive und negative Wellenfronten durch Interferenz aufgehoben werden (CHOW, 1959), was im Trapezgerinne auf Schwierigkeiten stößt. Die Wellenbildung wird aber auch durch eine parabolisch gerundete Verengung unterdrückt, wenn keine

nennenswerte Strömung gegen den Bogenanfang besteht. Ein solcher Zustand kann durch eine besondere Ausformung des in Abs. 3.03 erwähnten Absturzbauwerkes erreicht werden: das unbedingt nötige Kolkbecken sollte so knapp wie möglich bemessen sein (sh. auch WALSER, 1971) und die bogenförmige oder polygonal gegen die Strömung gewinkelte Stufe konzentriert die Turbulenz auf die Mitte des Kolkbeckens. Diese Ausbildung hat bereits die Station an der Massa (BRETSCHEIDER, 1966; WALSER, 1971), sie hat sich auch in Österreich bewährt.

- 3.09 Ein enges Zulaufrohr als Verbindung zum Meßschacht ist auch in Bächen mit geringer Geschiefbeführung unbrauchbar. Bewährt hat sich jedoch ein durchgehender Schacht über die gesamte Böschungshöhe vom Gerät bis zur Gerinnesohle und in begehbarer Breite, dessen Sohle zur Absetzung von Sand und Schlamm ca. 40 - 50 cm unter der Gerinnesohle liegt. Die Abdeckung dieses Schachts gegenüber dem Gerinne mit gelochten Metallplatten muß sich völlig glatt (bündig) in die Böschungsmauer einfügen und kann aufklappbar oder ausziehbar sein. Als Material wurde Aluminiumlegierung (AlMg) verwendet. Die Löcher haben Durchmesser von 15 Millimeter und werden im untersten Bereich dichter (ca. 80 St/m²), höher oben weniger dicht (ca. 15 St/m²) gesetzt.
- 3.10 Im Gerinne stellt sich beschleunigter Abfluß ein. Durch das in 3.03 und 3.08 beschriebene zuflußneutralisierende Einfangwerk (Kolkbecken) wird der Beginn der sich parabelförmig absenkenden Spiegellinie auf den Anfang des Gerinnes fixiert. Das Ende der Senkungslinie ist der Übergang zur gleichförmigen Strömung, deren Höhe sich mit den üblichen Fließformeln ergibt. Dieses Ende der Spiegelabsenkung liegt aber nicht mehr im Gerinne, sondern meist mehr als 100 m stromab. Wird die Wasserstands-Durchfluß-Beziehung, die sog. "Schlüsselkurve" für den oberen Teil durch Extrapolation oder Rechnung bestimmt, so sollte unbedingt eine Senkungslinienberechnung durchgeführt werden. Würde man statt dessen stationär-gleichförmige Strömung berechnen, so entstünden Fehler bei der Durchflußbestimmung bis zu 100%! (sh. Kap. 4.6). Gewisse Unsicherheiten bleiben allerdings bei jeder Berechnung bestehen.

4. HYDRAULISCHE DIMENSIONIERUNG

4.1 Länge

Es kann nicht vermieden werden, daß bei hohen Wasserständen das Ende der Spiegelabsenkung mit gleichförmiger Strömung außerhalb des Gerinnes liegt. Daher ist die Länge des Gerinnes auch nicht sehr entscheidend. Zur Glättung des Wasserspiegels und als Abstand des Meßquerschnitts vom stärker gekrümmten Anfang der Senkungslinie hat sich

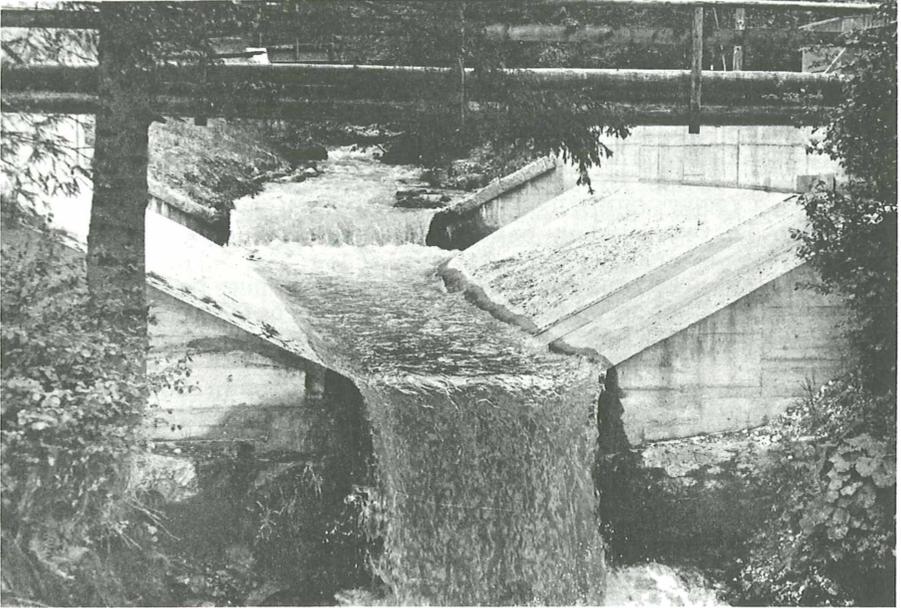


Abb. 1: "Meßgerinne Schmitten". Trotz schießendem Abfluß ergibt sich ein glatter Wasserspiegel im Meßquerschnitt.

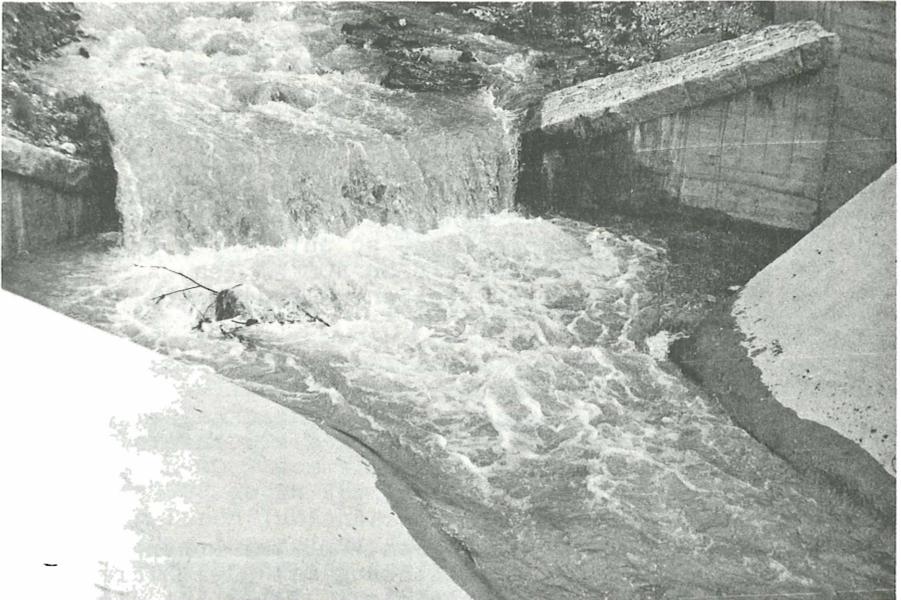


Abb. 2: Einlaufbauwerk. Die Ausrundung des Gerinneanfangs ist hier etwas zu gering.

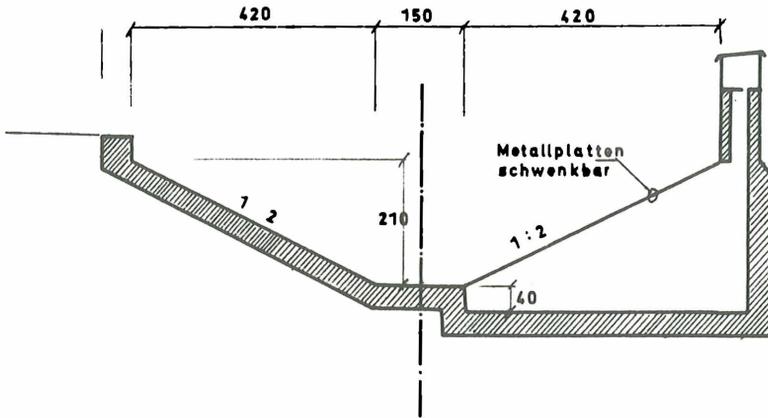


Abb.3: Querprofil im Meßquerschnitt mit durchgehendem Meßschacht.

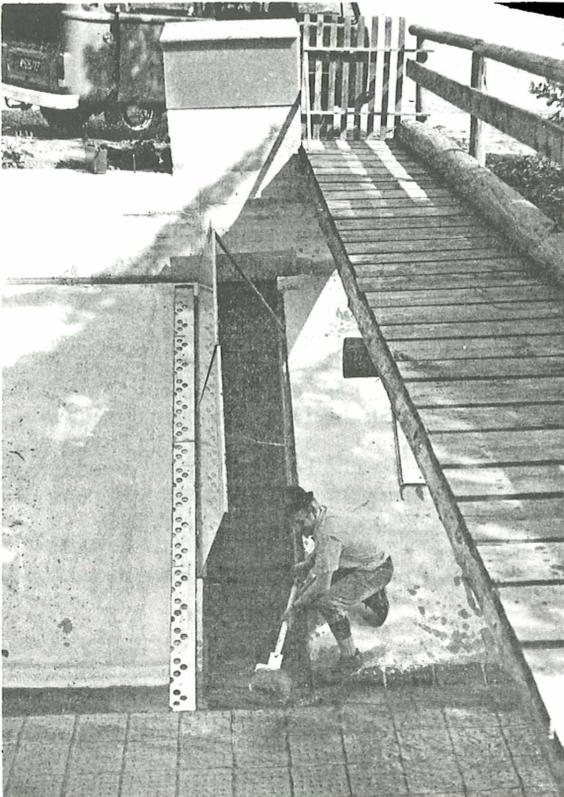


Abb. 4: Die Funktionstüchtigkeit des Meßschachtes ist jederzeit leicht überprüfbar.

eine Länge von mindestens 8 - 10 m bis zum Meßschacht als günstig erwiesen. Von hier bis zum Absturz am Ende des Gerinnes, der den Weitertransport des Geschiebes sichert, genügt eine kurze Strecke von ungef. der maximalen Überfallhöhe, da sich Veränderungen bei schießendem Abfluß nicht gegen die Strömung fortpflanzen können und es daher auch keine weitere Absenkung gibt.

4.2 Sohlenbreite

Die Breite der Sohle des Trapezprofils wird gemäß 3.06 festgelegt, wobei von der Voraussetzung auszugehen ist, daß die Wassertiefe auch bei Niederwasser noch knapp unter der Grenztiefe liegt (was hernach durch die Bestimmung des Gefälles zu sichern ist). Die Grenztiefe im Trapezprofil kann aus Diagrammen oder mit der folgenden Formel, die iterativ zu lösen ist, erhalten werden:

$$t_{gr} = \frac{1}{S+n \cdot t_{gr}} \cdot \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g} \cdot (S+2 \cdot n \cdot t_{gr})} \quad (1)$$

Darin bedeutet:

t_{gr} = Grenztiefe, in m

S = Sohlenbreite, in m

n = Böschungsmaß, $\cotg. \beta$

Q = Durchfluß, in m^3/s

g = Erdbeschleunigung = $9,81 \text{ m/s}^2$

4.3 Längsgefälle

Das Gefälle wird etwas über dem Grenzgefälle festgelegt, um das Auftreten eines Wassersprunges auszuschließen. Auch die Unsicherheit bei der Schätzung des Niedrigstabflusses, der zumeist den Ausschlag gibt, sowie bei der Annahme der Rauigkeit und bei der baulichen Ausführung sollte noch gedeckt sein. Höher, als es diesen Erfordernissen entspricht, sollte das Gefälle aber nicht liegen, um große Geschwindigkeiten zu vermeiden.

Die Formel für das Grenzgefälle lautet:

$$J_{gr} = \frac{v_{gr}^2}{k_M^2 \cdot R^{1,33}}; \text{ mit: } v_{gr} = \frac{Q}{F}; \text{ und: } R = \frac{F}{U}; \text{ sowie: } F = t_{gr} \cdot S + n \cdot t_{gr}^2 \quad (2)$$

(im Trapezprofil). Darin bedeutet:

J_{gr} = Grenzneigung ($\tg. \alpha$)

v_{gr} = Grenzgeschwindigkeit, in m/s

k_M = Geschwindigkeitsbeiwert nach Strickler, in $\sqrt[3]{\frac{m}{s}}$ (aus Tab.)

F = Durchflußfläche als Funktion von t_{gr} , in m^2

U = benetzter Umfang als Funktion von t_{gr} , in m

R = hydraulischer Radius, in m

4.4 Profilshöhe

Bei Vorhandensein eines Kolkbeckens mit natürlicher Sohle nach dem Einfangwerk wie in 3.08 beschrieben, sollte sich am Gerinneanfang die Grenztiefe einstellen. Bis zum Ende des Gerinnes ermäßigt sich die erforderliche Höhe um ca. 10 %. Es ist jedoch angezeigt, für die Turbulenzen aus dem Kolkbecken und für Treibgut noch ein ausreichendes Freibord vorzusehen.

4.5 Einlaufbauwerk

Um eine möglichst geringe Variation der Absturzweite zu erreichen, sollte auch die Absturzhöhe nicht zu groß sein. Die Höhe des Unterwassers (t_{gr} am Gerinneanfang) sollte aber nicht über der Zuflußhöhe liegen, damit im eingetieften Kolkbecken noch ein Fließwechsel stattfindet.

Zur Abschätzung der kürzestmöglichen Kolkbeckenlänge, d.h. ohne jegliche Sicherheit gegen Verklausungen oder Treibgut und ohne Berücksichtigung der Länge des Wassersprunges, wird eine vereinfachte, aus dem Projektilprinzip (CHOW, 1959) abgeleitete Formel vorgeschlagen:

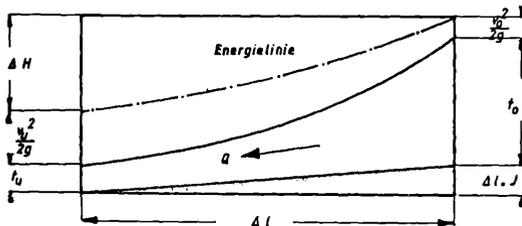
$$x = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2y}{g}} + h_0 \quad (4)$$

x = Kolkbeckenlänge, in m
 v_0 = Ankunftsgeschwindigkeit, in m/s
 y = Absturzhöhe, in m
 h_0 = Überfallshöhe (Wassertiefe vor dem Absturz), in m

WALSER (1971) empfiehlt in Anbetracht geringerer Genauigkeitsansprüche an Hochwasserdaten zugunsten genauer Funktionsweise bei Mittel- und Niederwasser sogar einen Abstand, bei welchem der Überfallstrahl des Hochwassers über das Kolkbecken hinausgeht.

4.6 Rechnerischer Pegelschlüssel

Zur Ermittlung der Beziehung Wasserstand-Durchflussmengen im Meßprofil auf rechnerischem Wege ist die Senkungslinie vom Gerinneanfang zu berechnen. Dazu dient folgender Ansatz:



$$t_u = t_0 + \Delta l \cdot J + \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} - \Delta H,$$

welcher bei Anwendung der

Manning-Stricker-Formel für die Reibungshöhe die folgende Gebrauchsformel ergibt:

$$t_u = t_0 + \Delta l \cdot J - \frac{v_u^2 - v_0^2}{2g} - \Delta l \cdot \frac{v_m^2}{K_M^2 \cdot R_m^{1,33}} \quad (3)$$

Darin bedeutet:

t_u = Wassertiefe im Meßquerschnitt, in m

t_0 = Wassertiefe am Gerinneanfang Grenztiefe t_{gr} , in m

l = Länge vom Gerinneanfang bis zum Meßquerschnitt, in m

J = Längsgefälle ($tg \alpha$)

v_u Geschwindigkeit im Meßquerschnitt, in m/s

v_0 Geschwindigkeit am Gerinneanfang = Grenzgeschwindigkeit v_{gr} , in m

v_m = mittlere Geschwindigkeit $\frac{v_0 + v_u}{2}$, in m

R_m = mittlerer hydraulischer Radius $\frac{R_0 + R_u}{2}$, in m

Lösung durch Iteration: v_0 bzw. v_u aus $\frac{Q}{F_0}$ bzw. $\frac{Q}{F_u}$

F_u mit geschätztem t_u , Variation bis zur Übereinstimmung mit dem Formelergebnis. Programmierbares Rechenggerät mit über 100 Schritten und Vergleichsregister ist angeraten.

Als Beispiel ein Auszug aus der Pegelschlüsselberechnung für das Gerinne im Schmittenbach, mit vergleichsweiser Angabe jener Spiegelhöhe, die sich für gleichförmige Strömung nach der Manning-Strickler-Formel ergäbe (t_{gl}). Deren Verwendung als Pegelschlüssel würde für tatsächliche Wasserstände mit der Höhe t_u abweichende Durchflusmengen Q^x liefern.

Q	$t_0 = t_{gr}$	t_u	t_{gl}	Q^x	Abw.
m ³ /s	m	m	m	m ³ /s	%
50,00	2,29	2,06	1,54	100	100
37,07	2,00	1,78	1,34	69	86
20,06	1,50	1,31	1,01	36	77
8,74	1,00	0,85	0,68	14	60
2,34	0,50	0,40	0,34	3,15	35
0,953	0,30	0,23	0,21	1,15	21
0,484	0,20	0,146	0,141	0,52	7
0,159	0,10	0,074	0,074	0,16	0
0,112	0,08	0,060	0,060	0,11	0
0,072	0,06	0,046	0,046	0,07	0

Zur rechnerischen Erstellung eines Pegelschlüssels vor oder ohne Messungen liefert die Senkungslinienberechnung sicher die bestmöglichen Werte. Sie sollten aber dennoch möglichst durch Eichmessungen bestätigt werden. Liegen nur Messungen bei niedrigen Wasserständen vor, so kann die

Extrapolation daraus allerdings ähnliche Abweichungen wie die oben angeführten ergeben, ohne die Unsicherheit zu beseitigen.

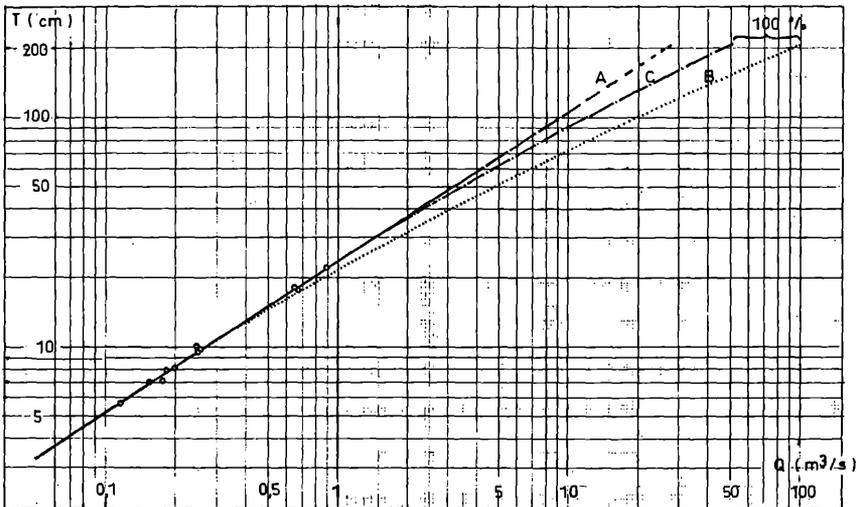


Abb. 5: Eichkurve. A = Regression aus den Messungen im unteren Bereich; B Berechnung für gleichförmigen Abfluß; C = Berechnung für ungleichförmigen Abfluß.

5. ERF AHRUNGEN MIT DEM "M E S S G E R I N N E S C M I T T E N"

Innerhalb der 3 1/2 Jahre Betriebsdauer des ersten Gerinnes mit dieser Konzeption war die Funktionsweise im Sommer zufriedenstellend: kein Liegenbleiben von Geschiebe im Gerinne, glatter Spiegel bei allen aufgetretenen Wasserständen, Bestätigung der gerechneten Schlüsselkurve durch die Eichmessungen. Die Bauweise des Schachtes hat sich in anderen Einzugsgebieten schon viel länger bewährt, und noch nie haben Ablagerungen die Registrierung gestört. Eine Räumung in Abständen von 2 Monaten und mehr hat auch in geschiebereichen Wildbächen genügt. Nachteile bringt der Schacht jedoch im Winter: während längerer Perioden von strengem Frost entsteht auch im Schacht eine dünne Eisdecke, und wenn nicht, so verstärkt die große Wasseroberfläche im Schacht die Bereifung des Registriergerätes durch aufsteigenden Wasserdampf. Starke Eisbildung tritt am Überfall am Ende des Gerinnes auf und kann sich so hoch aufbauen, daß das ganze Gerinne eingestaut wird und dann auch vereist. Diese Nachteile werden aber deshalb in Kauf genommen, weil der Hauptzweck, die Messung von geschiebebeladenen Hochwässern mit dieser Gerinnetype optimal erreicht werden kann, und andererseits in alpinen Wildbächen die Winterprobleme zur Gänze ohnehin nicht, ausgemerzt werden können. Durch Entfernen und Aufhacken des Eises können aber Stichprobenmessungen für die im Winter praktisch schwankungsfreie Abflußganglinie erhalten werden.

6. Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Verhältnisse in den alpinen Wildbächen mit kleinen Einzugsgebieten machen besondere bauliche Anlagen nötig, um Ganglinien von Hochwasser-Durchflüssen genau und verlässlich aufzuzeichnen. Anhand von Entwurfsprinzipien wird eine Bau-type, das sog. "Meßgerinne Schmittens", ein Ergebnis aus eigenen und fremden Erfahrungen, einschließlich der Grundlagen zur hydraulischen Dimensionierung beschrieben. Die dabei hauptsächlich angestrebten Kriterien zur Sicherung einer eindeutigen Wasserstand-Durchfluß-Beziehung sind: Abtrift des Geschiebes ohne vorübergehender Ablagerung, ein wellenfreier, glatter Wasserspiegel, vom Ober- und Unterwasser unbeeinflusste hydraulische Verhältnisse, ein störungsfreier Meßschacht, sowie die rechnerische Erstellung des "Pegelschlüssels" unter Beachtung der beschleunigten Strömung in Form einer Senkungslinienberechnung. Es wird auf die damit eliminierbaren Fehlergrößen hingewiesen und über Erfahrungen mit einer solchen Meßanlage berichtet.

7 L I T E R A T U R

- Bretschneider, H., 1966: Wassermeßstationen an der Massa, Schweiz. Die Wasserwirtschaft, 306-307.
- Chow, Ven Te, 1959: Open-channel hydraulics. McGraw-Hill Kogakusha Ltd., Tokyo.
- Hickok, R.B. and Ree, W.O., 1965: Instrumentation of Experimental Watersheds. In: Symposium of Budapest. Int. Ass. of Scient. Hydrology, Publ. No. 66, 286-298.
- Hinrich, H., 1974: Vorbildliche Wasserstands- und Abflußmeßanlagen in Gebirgswässern. Die Bautechnik, 4, 131-133.
- Keller, H.M. und Storrer, A., 1979: Automatische Wasserproben-Entnahme für die Bestimmung von Hochwasserspitzen nach dem Verdünnungsverfahren. Wasser, Energie und Luft, Baden, 71, Nr. 10, 217-220.
- Reinhart, K.G. and Pierce, R.S., 1964: Stream-Gaging Stations for Research on Small Watersheds. Agriculture Handbook No. 268, U.S. Government Printing office, Washington, 37 S.
- Smith, R.H. and Chery, D.L.Jr., 1974: Hydraulic performance of flumes for measurement of sediment-laden flash floods. In: Flash Floods Symposium. Int. Ass. of Hydrological Sciences, Publ. No. 112, 17-22.
- Walser, E., 1971: Wassermeßstationen an geschiebeführenden Gebirgsflüssen. In: Symposium Hydrometrie Koblenz, 1970. Bes. Mitt. z. Deutschen Gewässerkundl. Jahrbuch, Koblenz, Nr. 35, 226-233.

Wien im März 1981

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Wien](#)

Jahr/Year: 1981

Band/Volume: [138_1981](#)

Autor(en)/Author(s): Ruf Gerhard

Artikel/Article: [Abflussmessenanlagen in geschiefbeführenden Wildbächen 125-136](#)