

Abteilung I — Binnenschifffahrt

Thema 5

Problem der Geschiebeführung in kanalisiertem Flüssen und in den Abschnitten eines teilweise kanalisiertem Wasserlaufs, vor allem an der Einmündung der Nebenflüsse

von

Dr.-Ing. Karl Felkel, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

Thema des Berichtes

Rechenautomatenprogramm zur Berechnung der als Folge der Geschiebebewegung eintretenden Veränderungen der Höhenlage der Flußsohle und des Wasserspiegels

Zusammenfassung

Die zeitlichen Veränderungen der Höhenlage der Sohle und des Wasserspiegels eines geschiebeführenden Flusses, wie sie etwa durch bauliche Eingriffe in das Flußregime ausgelöst werden können, lassen sich dann rechnerisch verfolgen oder vorausbestimmen, wenn die in der Natur in Abhängigkeit vom Ort und von der Zeit allmählich vor sich gehenden Veränderungen rechnerisch durch die Behandlung zahlreicher aufeinanderfolgender, möglichst kleiner örtlicher und zeitlicher Intervalle erfaßt werden. Da hierbei außerordentlich viele Rechenoperationen erforderlich werden, können solche Berechnungen nur mit Hilfe programmgesteuerter Digitalrechner (Rechenautomaten) praktisch durchgeführt werden.

Der Bericht behandelt zunächst die Ausgangsgleichungen eines entsprechenden Rechenautomatenprogramms. Hierbei handelt es sich darum, für jedes Zeitintervall (z. B. für jeden Tag) die Wasserspiegellage sowie die davon abhängende, durch einen jeden Berechnungsquerschnitt jeweils transportierte Geschiebemenge neu zu berechnen. Aus der Feststoffbilanz für jede von zwei benachbarten Berechnungsquerschnitten begrenzte Teilstrecke wird sodann die Größe der darin im entsprechenden Zeitintervall eingetretenen Aufhöhung oder Eintiefung der Sohle erhalten. Wiederholt man diesen Berechnungszyklus in der Weise, daß man einen längeren Zeitraum (z. B. ein Jahrzehnt) erfaßt, so gewinnt man hierfür Zahlenwerte über den Ablauf der Veränderungen der Höhenlage der Sohle und des Wasserspiegels längs des Flußabschnittes.

Das hier vorgelegte mathematische Modell beschränkt sich auf die Berücksichtigung des durch die natürliche Strömung bewirkten, in der Nähe der körnigen, kohäsionslosen Sohle stattfindenden Feststofftransportes, wobei es die Geschiebetriebformel von MEYER-PETER und MÜLLER verwendet. Sie kann jedoch auch durch eine andere Gleichung ersetzt werden. Es ist ferner möglich und kann in gewissen Fällen erforderlich werden, in der für jede Teilstrecke vorzunehmende Feststoffbilanz auch die sekundären Beiträge mit zu berücksichtigen, etwa den Einfluß der Schifffahrt, den Geschiebeabtrieb oder die Auswirkung der natürlichen Abpflasterung der obersten Sohlenschicht. Die Erforschung der mathematischen Gesetzmäßigkeiten dieser Erscheinungen befindet sich teilweise noch in den Anfängen. Sie wurden deshalb sowie im Interesse der besseren Übersichtlichkeit in die hier vorgelegte Fassung des mathematischen Modells nicht mit aufgenommen.

Der logische Aufbau und der Ablauf der Gesamtrechnung werden in einem detaillierten Strukturdiagramm dargestellt und im Text sowie durch schematische Bilder weiter erläutert. Der Beitrag schließt mit der Wiedergabe des in der Programmiersprache ALGOL niedergeschriebenen Rechenautomatenprogramms, das in einen jeden mit einem ALGOL-Übersetzer der ALCOR-Gruppe ausgestatteten Digitalrechner unmittelbar eingelesen werden kann.

Inhalt

	Seite
1. Einleitung	123
2. Die Grundgleichungen für die Berechnung der Geschiebebewegung	125
3. Die Gleichungen zur Erfassung der Veränderungen der Höhenlage der Flußsohle	126
4. Die Gleichungen zur Berechnung der Wasserspiegellagen	128
5. Strukturdiagramm und ALGOL-Programm der Gesamtrechnung	134

1. Einleitung

Bauliche Veränderungen, die in einem Fluß mit beweglicher Sohle vorgenommen werden, beispielsweise die Errichtung von Buhnen, Längswerken oder Durchstichen, können Umgestaltungen der Sohle nach sich ziehen. Wird in einem geschiebeführenden Fluß der Geschiebetransport durch die Errichtung einer oder mehrerer Staustufen unterbunden, so wird die Flußsohle oberhalb der in Fließrichtung gesehenen ersten Staustufe durch Feststoffablagerungen aufgehöhht. Gleichzeitig tritt unterhalb der letzten Staustufe eine Sohlenerosion ein.

Wie sich bei der Kanalisierung des Oberrheins gezeigt hat, können sich dabei Sohlenabsenkungen von mehreren Metern ausbilden. Hierdurch werden die Ufer- und die Strombauwerke gefährdet. Das mit der Sohlenerosion verbundene Absinken der Flußwasserstände kann schwerwiegende schädliche Auswirkungen auf die Schifffahrt und die betroffenen Häfen haben sowie auf den Grundwasserstand des Flußtales und auf die damit in Verbindung stehenden Nutzungen. Es ist daher erforderlich, sich bereits bei der Planung von Ausbaumaßnahmen Rechenschaft abzulegen über die Folgen, die ein etwaiger Eingriff in den Geschiebehaushalt des Flusses bewirken wird. Das hier vorgelegte mathematische Verfahren dient diesem Ziel und ermöglicht die Vorausberechnung der Größe und des zeitlichen Ablaufes der zu erwartenden Veränderungen der Höhenlage der beweglichen Flußsohle und des Wasserspiegels.

Bei den zur Umgestaltung der Flußsohle führenden physikalischen Vorgängen kann unterschieden werden zwischen solchen mit verhältnismäßig großen Auswirkungen (primärer Einfluß) und solchen, deren Beitrag geringer ist (sekundäre Einflüsse).

Als primärer Einfluß ist derjenige Feststofftransport anzusehen, der durch das vom Abflußregime abhängige Arbeitsvermögen der Strömung bewirkt wird. Der Widerstand, den dabei das einzelne Sohlenkorn der Bewegung entgegensezt, ist hauptsächlich von dessen Größe, Form, Dichte und Lagerung abhängig. Beide Wirkungen, die Aktion des Wassers und die Reaktion des Feststoffes, sind Funktionen meßbarer physikalischer Größen. Sobald diese und die mathematischen Gesetzmäßigkeiten, nach denen die Größen zu verbinden sind um die in der Natur beobachteten Ergebnisse zu liefern, bekannt sind, kann die Berechnung durchgeführt werden.

Die hierzu benötigten Meßergebnisse beziehen sich vor allem auf die geometrische Gestalt des Abflußgerinnes, auf die den Abfluß charakterisierenden Größen und auf die

kennzeichnenden Werte des Geschiebekorns und seiner Bewegung. Die Art der Abhängigkeit des Geschiebetriebs vom Abfluß und von der Geschiebebeschaffenheit wird in der Literatur von mehreren Forschern behandelt. In dem anschließend mitgeteilten Beispiel eines mathematischen Modells wird eine der bekannten Geschiebetriebformeln (diejenige nach MEYER-PETER und MÜLLER [1, 2]) verwendet. Sie kann hierbei aber ohne weiteres durch eine andere Gleichung ersetzt werden. Durch die Nachrechnung von in der Natur beobachteten Sohlenentwicklungen mit dem mathematischen Modell läßt sich überprüfen, ob die gewählte Geschiebetriebformel den Verhältnissen der untersuchten Flußstrecke gerecht wird, andernfalls sie entsprechend modifiziert werden kann.

Die Erforschung der quantitativen Auswirkungen der meisten sekundären Einflüsse, von denen nachstehend einige angeführt werden, befindet sich derzeit noch in den Anfängen.

Das Bild 1 zeigt schematisch die Jahresdauerlinie des Wasserstandes für einen Pegel eines in diesem Abschnitt nicht kanalisierten, schiffbaren Flusses. Die Geschiebebewegung infolge der natürlichen Strömung setzt erst ein, wenn ein bestimmter Pegelstand überschritten wird und erstreckt sich dann auf den senkrecht schraffierten Teil der unter der Dauerlinie liegenden Fläche. Bei den hierbei vorhandenen hohen Wasserständen befinden

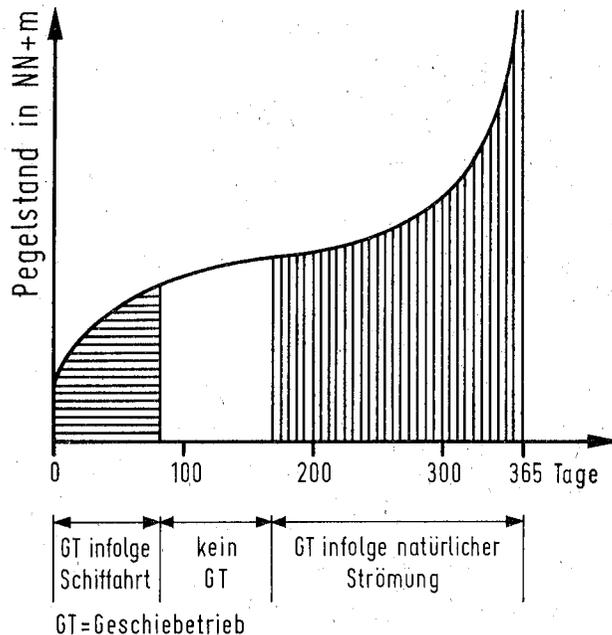


Bild 1

Schematische Jahresdauerlinie des Wasserstandes mit den Bereichen, in denen Geschiebeführung infolge der natürlichen Strömung und infolge der Schiffahrt herrscht

sich die Schiffsschrauben der auf dem Fluß verkehrenden Schiffe in einem solchen Abstand von der Flußsohle, daß sich der Propellerstrahl auf diese nicht oder nur gering auswirkt. Je weiter jedoch die Wasserstände absinken, desto dichter über der Sohle bewegt sich die Schiffsschraube, bis sie den praktisch möglichen Mindestabstand erreicht hat. Sinkt der Pegelstand weiter, dann muß der Schiffstiefgang vermindert werden. Der Abstand

des Schiffsbodens und damit des Propellers zur Sohle kann hierbei nicht mehr weiter verkleinert werden; er ist so gering, daß die Sohle im Bereich des Propellerstrahls aufgewirbelt und in Bewegung gesetzt wird. Die horizontal gestrichelte Teilfläche des Bildes 1 gibt denjenigen Bereich der Jahresdauerlinie wieder, in dem bei geringen Wasserständen ein Geschiebetrieb durch die Schifffahrt bewirkt wird.

Von Einfluß auf die Geschiebebilanz ist ferner der Abrieb, also die Verkleinerung des Geschiebekorns längs seines Weges. Nimmt man an, daß sich hierbei die Masse des Geschiebes laufend verkleinert, da das abgeriebene Material schwebend weitertransportiert wird, so muß man umgekehrt auch daran denken, daß, wenn sich die Fließgeschwindigkeit verringert, Feststoffpartikel zu Boden sinken, die vorher bei größeren Fließgeschwindigkeiten schwebend transportiert wurden und dabei nicht in die Geschiebebilanz eingegangen waren.

Weitere sekundäre Einflüsse auf die Geschiebebewegung dürften von der sich natürlich ausbildenden Abpflasterung der Sohle mit größeren Geschiebestücken ausgehen sowie von dem Umstand, daß Beginn und Ende des Geschiebetriebs vermutlich nicht beim gleichen Pegelstand eintreten.

Da für die sekundären Einflüsse beim derzeitigen Stand der Forschung noch keine zuverlässigen Gesetzmäßigkeiten angegeben werden können sowie im Interesse seiner besseren Übersichtlichkeit werden sie beim nachstehend behandelten mathematischen Modell nicht berücksichtigt. Es bereitet jedoch keine Schwierigkeiten, dieses entsprechend zu ergänzen, sobald für die Erfassung sekundärer Einflüsse mathematische Beziehungen zur Verfügung stehen.

2. Grundgleichungen für die Berechnung der Geschiebebewegung

Die Strömung erzeugt auf der Flußsohle eine in Fließrichtung wirkende (Schub-) Schleppspannung S .

$$S = \gamma_w t \cdot J \quad (1)$$

- S = Schleppspannung des Wassers in kp/m^2
 γ_w = spez. Gewicht des Wassers = $1\,000 \text{ kp/m}^3$
 t = Wassertiefe in m
 J = Energieliniengefälle

Dieser aktiven Spannung der Strömung wirkt in umgekehrter Richtung eine von der Art des Sohlenmaterials und seiner Lagerung abhängende passive Reaktion entgegen, die unmittelbar beim Einsetzen einer Geschiebebewegung ihren Größtwert

$$\tau = A \cdot (\gamma_s - \gamma_w) \cdot d \quad (2)$$

erreicht.

- τ = passive Grenzschubspannung des Geschiebes kp/m^2
 A = dimensionsloser Koeffizient
 γ_s = spezifisches Gewicht des Sohlenkorns kp/m^3
 d = maßgebender Korndurchmesser des Geschiebegemisches in m.

Er wird erhalten zu

$$d = \frac{\sum(d' \cdot p)}{100}, \quad (3)$$

wenn man das Korngemisch in eine Anzahl Korngruppen mit den mittleren Durchmessern d' zerlegt, deren Gewichtsanteil in Prozenten des Probengewichts jeweils p beträgt.

Wird das spezifische Gewicht des Geschiebes mit rd. $2\,680 \text{ kp/m}^3$ eingesetzt, ergibt sich

$$(\gamma_s - \gamma_w) = 1\,680 \text{ kp/m}^3. \quad (4)$$

Die Größe des Koeffizienten A geben MEYER-PETER und MULLER [1, 2] zu $A = 0,047$ an, und zwar auf Grund von Laboratoriumsversuchen mit Gefällen J zwischen $0,4$ und

20 ‰, Korngrößen von 0,4 bis 30 mm, Wassertiefen von 0,01 bis 1,2 m, Abflußmengen von 0,002 bis 2,0 m³/m · s und spezifischen Korngewichten γ_s zwischen 1,25 und 4,2 t/m³. Es kann also sein, daß für eine spezielle Flußstrecke ein anderer Beiwert als $A = 0,047$ gilt. Es sind daher Messungen in der Natur darüber erforderlich, bei welchem Abfluß der Geschiebetrieb in den einzelnen Flußabschnitten einsetzt. Ist der Zeitpunkt hierfür, also für

$$S = \tau \quad (5)$$

bekannt, so kann A berechnet werden zu

$$A = \frac{\gamma_w \cdot t \cdot J}{(\gamma_s - \gamma_w) \cdot d} \quad (6)$$

Je größer die Differenz $S - \tau$ wird, desto mehr Geschiebe wird transportiert. MEYER-PETER und MÜLLER fanden hierfür auf Grund ihrer bereits erwähnten Laboratoriumsversuche die Beziehung

$$g_s = K_g (S - \tau)^{3/2} \quad (7)$$

In dieser Formel ist g_s die pro Meter Flußbreite in der Sekunde transportierte Geschiebemenge beim Gleichgewichts-(Beharrungs-)Zustand in kp/m · s (unter Wasser gewogen) und K_g eine dimensionslose Konstante von der Form

$$K_g = \frac{1}{b^{3/2} \cdot \left(\frac{\gamma_w}{g}\right)^{1/2}} \quad (8)$$

worin g die Erdbeschleunigung und b ein empirischer Wert ist, den MEYER-PETER und MÜLLER zu 0,25 angeben. Auch in bezug auf den Koeffizienten b wäre eine Überprüfung seines für spezielle Flußabschnitte gültigen Wertes erwünscht, sei es durch unmittelbares Messen des Geschiebedurchganges durch einen Meßquerschnitt, welche Aufgabe derzeit meßtechnisch noch nicht befriedigend gelöst ist, oder durch Nachrechnen bereits eingetretener Sohlenentwicklungen. Mit $b = 0,25$ erhält man

$$K_g = \frac{1}{0,25^{3/2} \cdot \sqrt{\frac{1000}{9,81}}} = \text{rd. } 0,79 \quad (9)$$

Wollen wir anstelle des je Sekunde transportierten Gewichtes unter Wasser das je Tag bewegte Volumen V des Geschiebes je Meter Flußbreite erhalten, so müssen wir die Konstante K_g entsprechend erweitern zu

$$c_v = K_g \cdot \frac{1}{\gamma_s - \gamma_w} \cdot \varepsilon \cdot 86\,400 = 0,79 \cdot \frac{1}{1680} \cdot 1,3 \cdot 86\,400 = 53,0 \quad (10)$$

Dabei ist ε gleich dem Verhältnis von spezifischem Gewicht zum Raumgewicht des Geschiebes im Trockenem und ist ein Maß für die Lagerungsdichte. ε wurde in unserem Beispiel mit 1,3 eingeführt; 86 400 gibt die Anzahl der Sekunden je Tag an. Das durch einen Querschnitt innerhalb eines Tages transportierte Geschiebevolumen in m³ beträgt dann

$$V = 53,0 \cdot (S - \tau)^{3/2} \cdot B \quad (11)$$

wobei B die am Geschiebetransport teilnehmende Breite der Flußsohle ist.

Neben diesen Hauptgleichungen sind bei der Aufstellung einer Geschiebebilanz u. U. noch weitere, bei Näherungsrechnungen vernachlässigbare Beziehungen für sekundäre Einflüsse einzusetzen, auf die in der Einleitung hingewiesen wurde.

3. Die Gleichungen zur Erfassung der Veränderungen der Höhenlage der Flußsohle

Die Veränderungen der Höhenlage der Sohle eines geschiebeführenden Flusses lassen sich rechnerisch verfolgen oder vorausbestimmen, wenn die in der Natur in Abhängigkeit vom Ort und von der Zeit allmählich vor sich gehenden Veränderungen auch rechnerisch

als vorher. Dies wiederum hat ein Absinken des Wasserspiegels im Abschnitt $i + 1$ zur Folge, so daß zu Beginn des nächsten Zeitintervalls ($T = 2$) in diesem Abschnitt auch eine andere (nämlich eine geringere) Schleppspannung auftritt als vorher.

Herrschte zur Zeit $T = 1$ im benachbarten Abschnitt i Gleichgewicht (d. h. war $V_{i, T} = V_{i+1, T}$), so ist nun, während der Zeit $T = 2$, $V_{iT} > V_{i+1, T}$ und die Erosion und in ihrem Gefolge das Absinken des Wasserspiegels greift in den Abschnitt i über. In jedem Zeitintervall kann ein anderer Abfluß in Rechnung gestellt werden, so daß z. B. alle für einen Pegel im Gewässerkundlichen Jahrbuch abgedruckten täglichen Abflüsse unmittelbar in die Berechnung eingehen können.

Die praktische Durchführung einer solchen Berechnung über Strecken von vielen Kilometern und über Zeitabschnitte von mehreren Jahrzehnten erfordert die Durchführung von so vielen Rechenoperationen, daß hierfür nur der Einsatz von Rechenautomaten in Frage kommt.

4. Die Gleichungen zur Berechnung der Wasserspiegellagen

Für jeden einzelnen Zeitpunkt T ist, im untersten Querschnitt $i = 1$ der Berechnungsstrecke beginnend, die Wasserspiegellage für den jeweiligen Abfluß und für die veränderte Sohlengestalt neu zu berechnen. Der unterste Berechnungsquerschnitt soll in einem im Beharrungszustand verbleibenden Flußabschnitt liegen, für den die Funktion zwischen Abfluß und Wasserstand bekannt ist und beibehalten werden kann.

Der Wasserspiegelberechnung werden für den jeweiligen Zeitpunkt T stationäre momentane Verhältnisse zugrunde gelegt. Sie baut auf der bekannten Beziehung

$$H_i = H_{i-1} + J_M \cdot L_{i-1} + h_{i-1} - h_i \quad (16)$$

auf (vergleiche Bild 3). Bei Berücksichtigung der Möglichkeit eines Hochwasserabflusses über die beiderseitigen Vorländer gemäß Bild 4 ergeben sich unter anderem die Beziehungen

$$h = \frac{1}{2gQ} \cdot (F_L \cdot V_L^3 + F_F \cdot V_F^3 + F_R \cdot V_R^3) \quad (17)$$

und

$$J = \frac{Q^2}{(W_L \cdot F_L + W_F \cdot F_F + W_R \cdot F_R)^2} \quad (18)$$

wobei

$$W_L = k_L \cdot R_L^{2/3} \cdot \left(\frac{L_F}{L_L}\right)^{1/2}, \quad (19)$$

$$W_F = k_F \cdot R_F^{2/3}, \quad (20)$$

$$W_R = k_F \cdot R_R^{2/3} \cdot \left(\frac{L_F}{L_R}\right)^{1/2} \quad (21)$$

Die Abflußbeiwerte k_F , k_L und k_R nach STRICKLER sind zuvor durch Rückrechnung aus gemessenen Abflüssen zu ermitteln. Durch den Faktor $\left(\frac{L_F}{L_L}\right)^{1/2}$ in Gleichung (19) bzw. $\left(\frac{L_F}{L_R}\right)^{1/2}$ in Gleichung (21) werden die Auswirkungen von Krümmungen berücksichtigt. L_F ist der in der Flußachse gemessene Abstand zwischen zwei Berechnungsquerschnitten, L_L und L_R sind die entsprechenden Distanzen über den Vorländern. Die Bedeutung der verwendeten Formelzeichen geht im übrigen aus der Tafel I und teilweise aus den Bildern hervor.

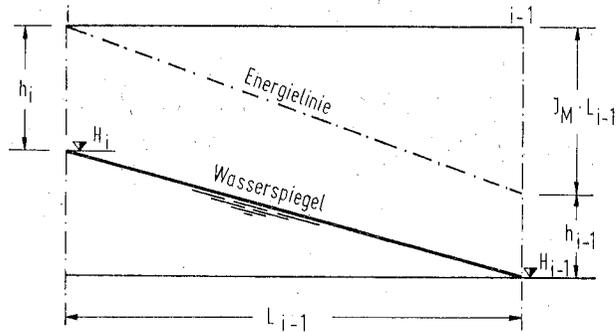


Bild 3
Schematischer Längsschnitt des Wasserspiegels und der Energielinie zwischen zwei benachbarten Berechnungsquerschnitten

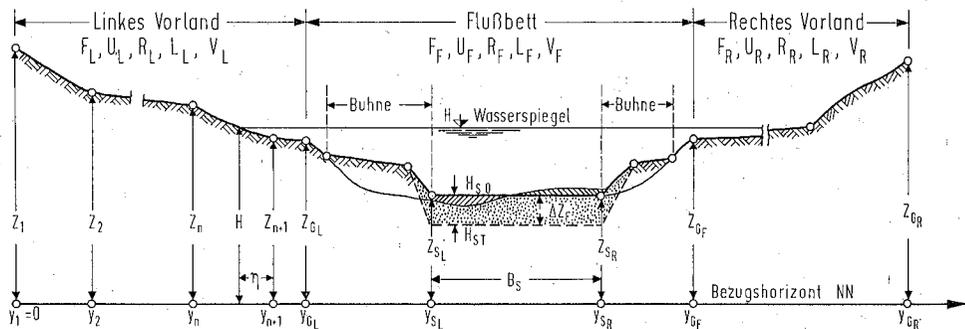


Bild 4
Skizze eines Berechnungsquerschnittes

Die weiteren zur Berechnung des Wasserspiegels verwendeten Gleichungen können den als Tafeln III und IV abgedruckten Strukturdiagrammen entnommen werden. Das entsprechende Berechnungsverfahren wurde von FELKEL und CANISIUS [3] veröffentlicht, so daß hier nicht weiter darauf eingegangen wird. Es soll lediglich noch hervorgehoben werden, daß die geometrische Gestalt des Gerinnes durch Horizontal- und Vertikalkoordinaten beschrieben wird. Dabei wird die x-Achse in die Flußachse gelegt, während die y-Werte innerhalb eines jeden Profils den Horizontalabstand von der linken Profilgrenze angeben. Die z-Koordinaten entsprechen den Höhen über Normalnull.

Um aus diesen Koordinaten die Abflußquerschnitte und die benetzten Umfänge zu berechnen, wird innerhalb eines jeden Querprofils die fortlaufende Summe der jeweils zwischen zwei benachbarten Punkten mit den Horizontalkoordinaten y_n und y_{n+1} liegenden Teilflächen ΔF und die der Teilumfänge ΔU gebildet. Dabei sind im Hinblick auf die Lage des Wasserspiegels zum Gelände die vier im Bild 5 dargestellten Fälle möglich. Ihre rechnerische Behandlung geht aus der Laufanweisung im oberen Teil des Strukturdiagramms, Tafel III, hervor.

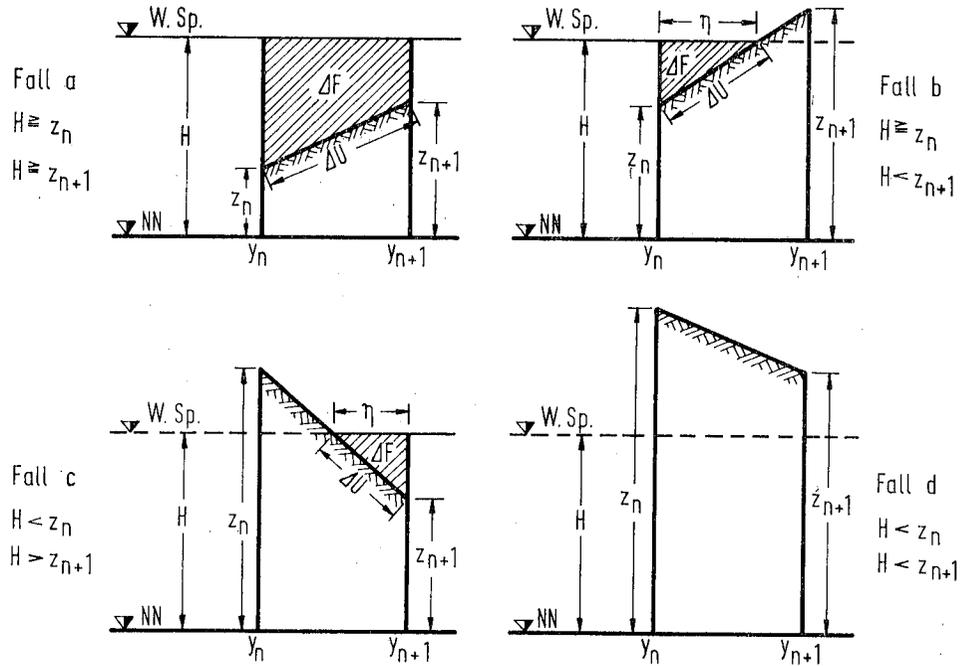


Bild 5
 Die vier möglichen Fälle bei der Berechnung des Abflußquerschnitts und des benetzten Umfangs aus Horizontal- und Vertikalkoordinaten

Tafel I

Name im ALGOL-Programm	Name im Text und im Struktur-Diagramm	Bedeutung	Einheit
AI	A	$Q / \sqrt{J[I]}$ bzw. $Q / \sqrt{J_i}$	m ³ /s
A[I]	a _i	Beiwert in Gleichung (13)	
ANZT		Anzahl der in die Rechnung eingeführten Tage eines Jahres	
BIS JAHR		Jahreszahl des Jahres, mit dem die Berechnung endet	
BS[I]	B _{Si}	Sohlenbreite, innerhalb der im Querprofil I bzw. i Geschiebetransport stattfindet	m
C1, C2, C3	c ₁ , c ₂ , c ₃	Koeffizienten in der Gleichung der Abflußkurve des untersten Querschnittes der Berechnungsstrecke	
CGT	c _G	Beiwert in der Geschiebetriebformel, bezogen auf die je Tag transportierten Geschiebemassen	
CV	c _V	Beiwert in der Geschiebetriebformel, bezogen auf das je Tag transportierte Volumen	
DELTA	ϑ	Abminderungsfaktor für die Geschwindigkeitshöhen bei verzögerter Fließbewegung	
DF	ΔF	Teilflächen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Koordinaten	m ²
DH	ΔH	Errechnete Differenz zwischen dem Wasserspiegel im oberen und im unteren Querschnitt eines Rechenschrittes von der Länge LF[I] bzw. L _{F_i}	m
DHV	Δh	Differenz zwischen den Geschwindigkeitshöhen im oberen und im unteren Querprofil eines Rechenschrittes von der Länge LF[I] bzw. L _{F_i}	m
DM[I]	d _i	Maßgebender (Mittlerer) Durchmesser des Geschiebekorns	m
DS	Δs	Angenommene Differenz zwischen den Wasserspiegelhöhen im oberen und im unteren Querprofil eines Rechenschrittes von der Länge LF[I] bzw. L _{F_i}	m
DU	ΔU	Teil des benetzten Umfangs zwischen zwei aufeinanderfolgenden Koordinaten	m
DZ[I]	Δz_i	Tägliche Veränderung der Höhenlage der Sohle im Abschnitt zwischen zwei benachbarten Querprofilen I und I + 1 bzw. i und i + 1	m
E	E	Anzahl der Querprofile eines Berechnungsabschnittes	
EPSILON	ε	Verhältnis des spezifischen Gewichtes des Geschiebes zu seinem Raumbgewicht, beides im Trockenen	
F	$\Sigma \Delta F$	Fortlaufende Summe der Teilflächen DF	m ²
FE[I]	G _{F_i}	Zahlenwert, den der Index N bzw. n für denjenigen Geländepunkt des Querprofils I bzw. i annimmt, der die Grenze zwischen Fluß und rechtem Vorland bildet	
FFLUSS	F _{F_i}	Abflußquerschnitt des Flußbettes	m ²
FLINKS	F _{L_i}	Abflußquerschnitt des linken Vorlandes	m ²
FNP	F _{N_P}	Größe des Einzugsgebietes des Stromes an derjenigen Pegelstelle, für die Abflußmengen eingelesen werden	km ²
FN[I]	F _{N_i}	Größe des Einzugsgebietes des Stromes bis zum Querprofil I bzw. i	km ²

noch: **Tafel I**

Name im ALGOL-Programm	Name im Text und im Struktur-Diagramm	Bedeutung	Einheit
FRECHTS	FRi	Abflußquerschnitt des rechten Vorlandes	m ²
GIT	GiT	Die im Laufe eines Tages T durch das Querprofil I bzw. i transportierten Geschiebemassen	kg
GIT1	GET	In die zu untersuchende Flußstrecke von oben je Tag einwandernde Geschiebemasse	kg
GS	γs	Spezifisches Gewicht des Sohlengeschiebes	kp/m ³
GW	γw	Spezifisches Gewicht des Wassers	kp/m ³
H[I]	Hi	Höhenlage des Wasserspiegels im Querprofil I bzw. i	(NN+)m
HV[I]	hi	Geschwindigkeitshöhe im Querschnitt I bzw. i	m
I	i	Feldindex der aufeinanderfolgenden Querprofile, mit Schritten der Größe 1 entgegen der Fließrichtung von 1 bis E ansteigend	
JAHR		Jahreszahl	
J[I]	Ji	Energieliniengefälle im Querprofil I bzw. i	
JM	JM	Mittleres Energieliniengefälle zwischen zwei benachbarten Querprofilen	
KF[I]	kFi	Abflußbeiwert des Flußbettes im Querprofil I bzw. i	} m ³ /s
KL[I]	kLi	Abflußbeiwert des linken Vorlandes im Querprofil I bzw. i	
KR[I]	kRi	Abflußbeiwert des rechten Vorlandes im Querprofil I bzw. i	
LE[I]	GLi	Zahlenwert, den der Index N bzw. n für denjenigen Geländepunkt des Querprofils I bzw. i annimmt, der die Grenze zwischen linkem Vorland und Flußbett bildet.	
LF[I]	LFi	Abstand zweier benachbarter Querprofile, in der Achse des Flußbettes gemessen. Schrittweite der Rechnung	m
LL[I]	LLi	Abstand zweier benachbarter Querprofile, in der Achse des linken Vorlandes gemessen	m
LR[I]	LRi	Abstand zweier benachbarter Querprofile, in der Achse des rechten Vorlandes gemessen	m
LS[I]	SLi	Zahlenwert, den der Index N bzw. n im Querprofil I bzw. i für die linke Grenze derjenigen Sohlenbreite annimmt, innerhalb der Geschiebetransport stattfindet	
MAXN	n _{max}	Der größte innerhalb eines Berechnungsabschnittes auftretende Zahlenwert von RE[I] bzw. GRi	
N	n	Feldindex der durch Koordinaten gegebenen Punkte eines Querprofils, mit Schritten der Größe 1 von links nach rechts von 1 bis RE[I] bzw. GRi ansteigend	
Q[I]	QiT	Gesamtabfluß durch ein Querprofil I bzw. i	m ³ /s
QPJT	QP, Jahr, T	Stationärer Gesamtabfluß am Pegel an einem bestimmten Tag	m ³ /s
RE[I]	GRi	Zahlenwert, den der Index N bzw. n für den Endpunkt des rechten Vorlandes im Querprofil I bzw. i annimmt	

noch: **Tafel I**

Name im ALGOL-Programm	Name im Text und im Struktur-Diagramm	Bedeutung	Einheit
RFL	R _F	Hydraulischer Radius des Flußbettes	m
RLI	R _L	Hydraulischer Radius des linken Vorlandes	m
RRE	R _R	Hydraulischer Radius des rechten Vorlandes	m
RS[I]	S _{Ri}	Zahlenwert, den der Index N bzw. n im Profil I bzw. i für die rechte Grenze derjenigen Sohlenbreite annimmt, innerhalb der Geschiebetransport stattfindet	
S[I]	S _{iT}	Mittlere, das Geschiebekorn angreifende Schleppspannung im Querprofil I bzw. i	kp/m ²
SH[I]	H _{Si}	Mittlere Höhenlage der beweglichen Flußsohle im Querprofil I bzw. i	
T	T	Feldindex, der in die Berechnung eingeführten Tage eines Jahres, von 1 bis ANZT ansteigend	NN + m
TAU[I]	τ _i	Grenzspannung, bei der die Geschiebebewegung beginnt	kp/m ²
U	ΣΔU	Fortlaufende Summe der Teile des benetzten Umfanges DU	m
UFLUSS	U _{Fi}	Benetzter Umfang des Flußbettes	m
ULINKS	U _{Li}	Benetzter Umfang des linken Vorlandes	m
URECHTS	U _{Ri}	Benetzter Umfang des rechten Vorlandes	m
VFL	v _{Fi}	Mittlere Fließgeschwindigkeit im Flußbett	m/s
VLI	v _{Li}	Mittlere Fließgeschwindigkeit über dem linken Vorland	m/s
VOLUMEN[I] VON JAHR	V _{iT}	Geschiebevolumen, das innerhalb eines Tages durch den Querschnitt I bzw. i transportiert wird Jahreszahl des Jahres, mit dem die Berechnung beginnt	m ³
VRE	v _{Ri}	Mittlere Geschwindigkeit über dem rechten Vorland	m/s
X[I]	x _i	Ortspunkt der Flußachse im Querprofil I bzw. i	km
XE	x _{1E}	Kilometerpunkt des oberen Endes der Berechnungsstrecke	km
XX	x ₁	Kilometerpunkt des unteren Endes der Berechnungsstrecke	km
Y[I, N]	y _{in}	Horizontalkoordinaten eines Geländepunktes im Querprofil I bzw. i	m
Z[I, N]	z _{in}	Vertikalkoordinaten eines Geländepunktes im Querprofil I bzw. i	(NN+)m
ZST	Z _{st}	Fortlaufende Nummer des Strombett- oder Abfluszustandes	m

5. Strukturdiagramm und ALGOL-Programm der Gesamtrechnung

Die Bedeutung der in den Strukturdiagrammen verwendeten Symbole ist in der Tafel II erläutert. Derjenige Teil der Wasserspiegelberechnung, der für jeden einzelnen Querschnitt vom neuen ausgeführt werden muß, ist in der Tafel III gesondert dargestellt. Er wird im Gesamtdiagramm (Tafel IV) und im ALGOL-Programm (Tafel V) nicht nochmals angeschrieben, sondern durch das Wortsymbol „Prozedur Energielinie“ bzw. 'PROCEDURE' ersetzt.

Im allgemeinen findet dann kein Geschiebetrieb statt, wenn in Gleichung (14) $S_{iT} \leq \tau_i$. Es gibt jedoch eine Ausnahme von dieser Regel. Sie ist in Bild 6 schematisch skizziert und entspricht den Verhältnissen, wie sie etwa im Rhein bei Bingen auftreten. Im oberhalb von Bingen gelegenen Abschnitt (i + 1) fließt der Rhein mit geringem Gefälle auf seinen hier relativ feinkörnigen Alluvionen. Von Bingen ab treten kleinere Strombreiten und ein erheblich größeres Gefälle auf, wobei unbedeckter Fels die Stromsohle bildet. Hierbei ist der passive Widerstand der Sohle τ_i bei allen Abflüssen größer als der aktive Angriff der Strömung S_{iT} . Dennoch lagert sich Geschiebe, welches, sobald $S_{i+1} > \tau_{i+1}$, aus der oberhalb gelegenen Strecke (i + 1) heraustransportiert wird, nicht, wie es Gleichung (15) besagt, im Abschnitt i ab, sondern durchwandert diesen und verläßt ihn an der Grenze zum Abschnitt (i - 1). Es ist also erforderlich, in den Berechnungsablauf an dieser Stelle eine logische Entscheidung vorzusehen.

Der Aufbau dieses Teiles der Berechnung ist in der rechten Hälfte der Tafel IV im oberen Teil der Laufanweisung „für $i \leq (E-1) (-1) 1$ “ veranschaulicht. Die Frage, ob sich dann, wenn $S_{iT} \leq \tau_i$ wird, V_{iT} tatsächlich zu Null ergibt, ist nicht nur im Fall von Felssohlen, sondern stets zu prüfen. Sie ist zwar nicht für die Höhenlage im Abschnitt i, hingegen für die Massenbilanz des Abschnittes (i + 1) von Bedeutung.

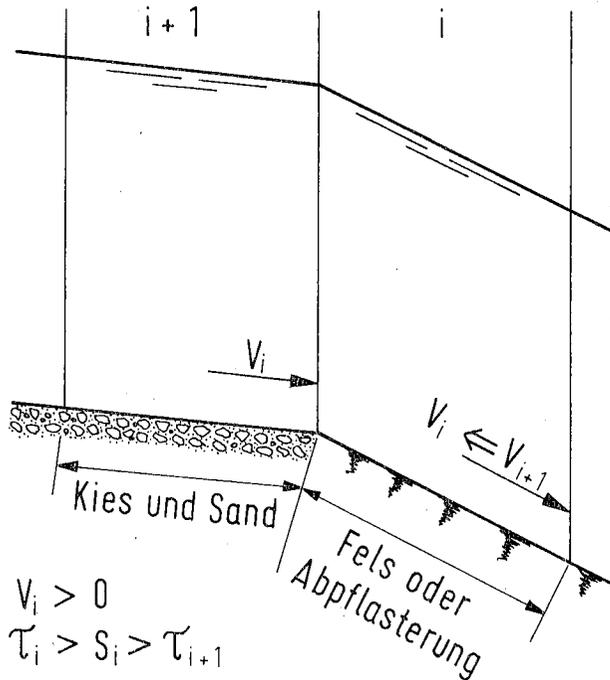
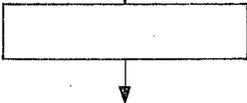
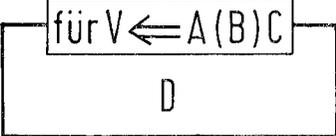
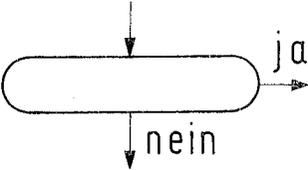
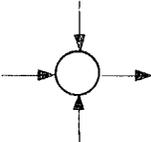


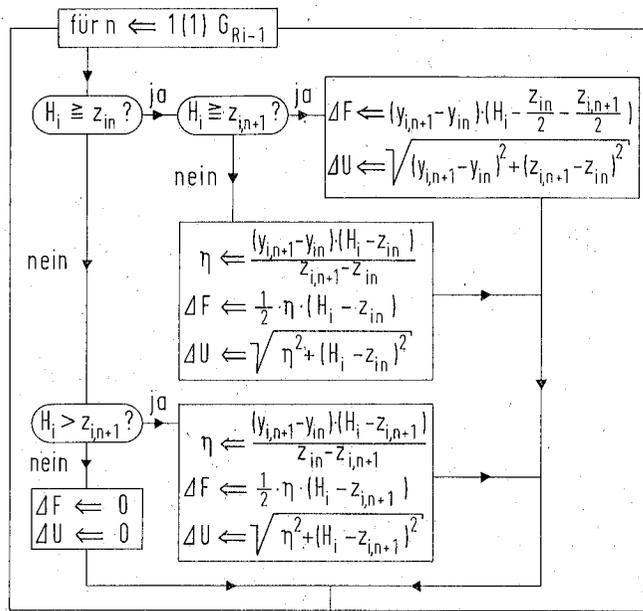
Bild 6
Schematisches Längsprofil für den Berechnungsfall $V_i > 0; \tau_i > S_i > \tau_{i+1}$

Tafel II

Symbol	Bezeichnung (und Bemerkung)
	Anfang der Rechnung
	Anweisung (Rechteckiges Kästchen mit nur einem Eingang und einem Ausgang)
	Laufanweisung (Bedeutung: Die Anweisung D wird erst für $V=A$ ausgeführt, anschließend für $V=A+B$, für $V=A+2B$, ... usw., bis der letzte Wert von V die Schranke C überschritten hat)
	Bedingung (Kästchen mit abgerundeten Seiten einem Eingang und zwei Ausgängen. Ist die Bedingung erfüllt („ja“), so geht es waagrecht, wenn nicht („nein“), senkrecht weiter)
	Marke (Kreis mit mehreren Eingängen aber nur einem Ausgang)
	Ende der Rechnung
	Ergebnis-Pfeil (Bedeutung: „y ergibt sich aus x“ oder „y wird ersetzt durch x“)

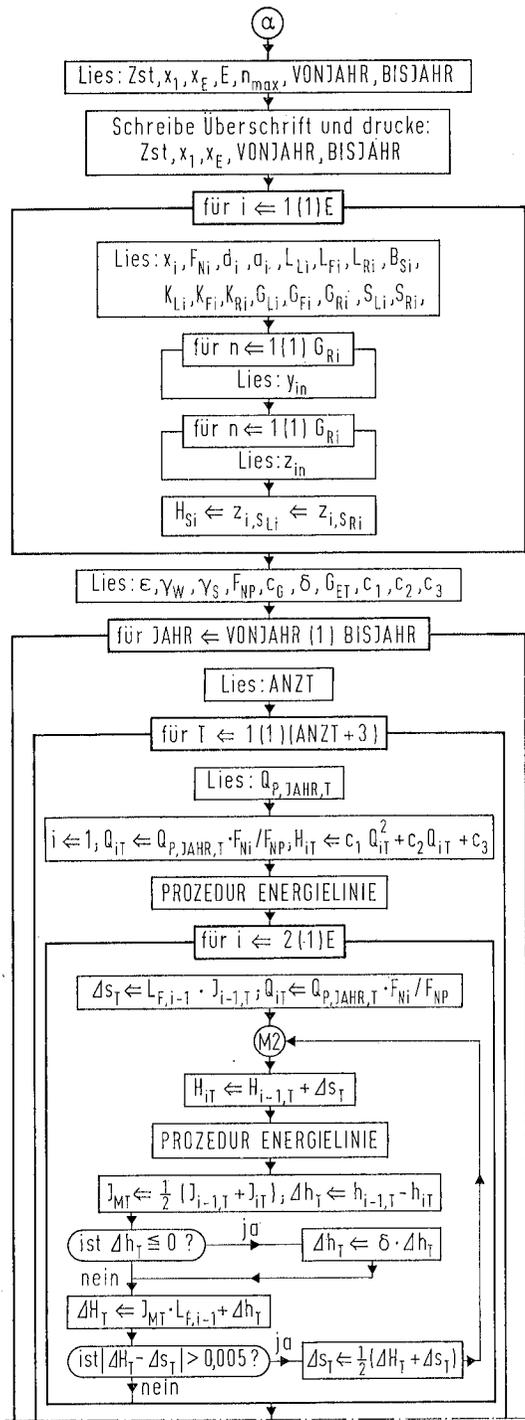
Tafel III

Prozedur Energielinie :



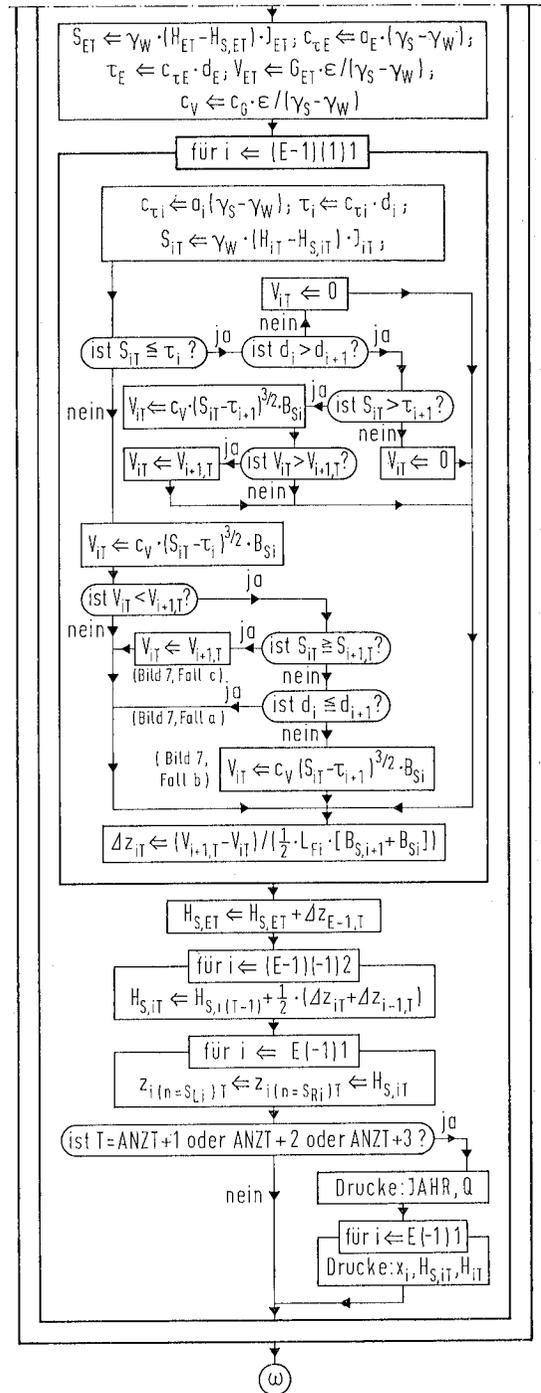
$$\begin{aligned}
 & n = G_{Li} & n = G_{Fi} & n = G_{Ri} \\
 F_{Li} & \leftarrow \sum_{n=1} \Delta F, & F_{Fi} & \leftarrow \sum_{n=G_{Li}} \Delta F, & F_{Ri} & \leftarrow \sum_{n=G_{Fi}} \Delta F, \\
 U_{Li} & \leftarrow \sum_{n=1} \Delta U, & U_{Fi} & \leftarrow \sum_{n=G_{Li}} \Delta U, & U_{Ri} & \leftarrow \sum_{n=G_{Fi}} \Delta U, \\
 R_L & \leftarrow \frac{F_{Li}}{U_{Li}}, & R_F & \leftarrow \frac{F_{Fi}}{U_{Fi}}, & R_{Ri} & \leftarrow \frac{F_{Ri}}{U_{Ri}}, \\
 W_L & \leftarrow k_L \cdot R_L^{2/3} \cdot \sqrt{\frac{L_{Fi}}{L_{Li}}}, & W_F & \leftarrow k_F \cdot R_F^{2/3}, & W_R & \leftarrow k_R \cdot R_R^{2/3} \cdot \sqrt{\frac{L_{Fi}}{L_{Ri}}}, \\
 A & \leftarrow F_{Li} \cdot W_L + F_{Fi} \cdot W_F + F_{Ri} \cdot W_R, \\
 J_i & \leftarrow \left(\frac{Q}{A} \right)^2, \\
 v_{Li} & \leftarrow W_L \cdot \sqrt{J_i}, & v_{Fi} & \leftarrow W_F \cdot \sqrt{J_i}, & v_{Ri} & \leftarrow W_R \cdot \sqrt{J_i}, \\
 h_i & \leftarrow \frac{1}{2gQ} \cdot (v_{Li}^3 \cdot F_{Li} + v_{Fi}^3 \cdot F_{Fi} + v_{Ri}^3 \cdot F_{Ri})
 \end{aligned}$$

Tafel IV



Fortsetzung siehe rechts oben

Fortsetzung von links unten



Ist $S_{iT} > \tau_i$, dann tritt, falls $V_{iT} > V_{i+1, T}$, im Abschnitt i Erosion auf. Ist bei $S_{iT} > \tau_i$ hingegen $V_{iT} < V_{i+1, T}$, wobei sowohl V_{iT} als auch $V_{i+1, T}$ nach Gleichung (14) ermittelt wurden, so sind 3 Fälle zu unterscheiden (Bild 7):

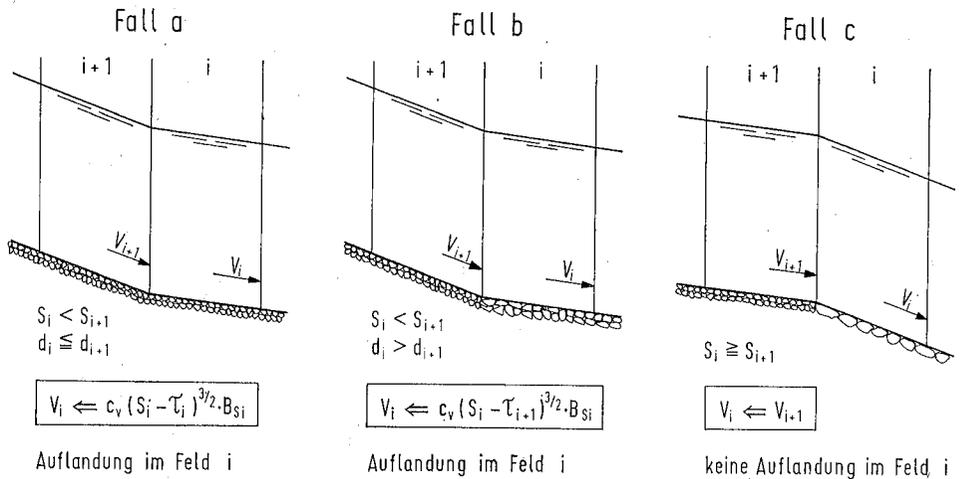


Bild 7

Schematische Längsprofile für die 3 möglichen Berechnungsfälle bei der Bedingung $V_{iT} < V_{i+1, T}$, wobei sowohl V_{iT} als auch $V_{i+1, T}$ nach Gleichung (14) ermittelt wurden

Fall a: $S_{iT} < S_{i+1, T}; \quad d_i \leq d_{i+1}$.

Der Abschnitt i landet auf.

Fall b: $S_{iT} < S_{i+1, T}; \quad d_i > d_{i+1}$.

Auch in diesem Falle landet das Feld i auf. Zum Unterschied zu den Verhältnissen beim Fall a ist jedoch für die Berechnung von V_i der Korndurchmesser des Feldes $i+1$ maßgebend.

Fall c: $S_i = S_{i+1}$.

Es tritt keine Ablagerung im Feld i auf, sondern das von $i+1$ kommende Geschiebe wird durch den Abschnitt i hindurchtransportiert ($V_i = V_{i+1}$).

Der weitere Fortgang der Berechnung geht ebenfalls aus dem Strukturdiagramm, Tafel IV, hervor. Die Tafel V schließlich enthält das in der Programmiersprache ALGOL 60 [4,5] niedergeschriebene ALGOL-Programm.

Tafel V

```

'BEGIN'
'REAL' XX, XE, DELTA, GIT, GIT1, GW, GS, FNP, CGT, QPJT, DS, JM, DH, DHV, CV,
      EPSILON, C1, C2, C3;
'INTEGER' ZST, E, MAXN, VONJAHR, BISJAHR, I, N, JAHR, T, ANZT, IL, IR;
READ (C1, C2, C3);
READ (ZST, XX, XE, E, MAXN, VONJAHR, BISJAHR);
WRITE('')
BERECHNUNG DER VERAENDERUNGEN DER HOEHENLAGE DER FLUSSSOHLE UND DES WASSERSPIEGELS
IM ABSCHNITT VON KM '');
TYPE (XX); WRITE ('' BIS KM '');
TYPE (XE); WRITE (''
ZWISCHEN DEN JAHREN ''); TYPE (VONJAHR);
WRITE ('' UND ''); TYPE (BISJAHR);
WRITE (''
ZUSTAND ''); TYPE (ZST);
'BEGIN'
'REAL' 'ARRAY' X, FN, DM, A, BS, KL, KF, KR, VOLUMEN, LL, LF, LR, S, TAU, AGSGW,
      DZ, SH, H, Q, J, HVE[1:E],
      Y, Z [1:E,1:MAXN];
'INTEGER' 'ARRAY' LE, FE, RE, LS, RS [1:E];
'PROCEDURE' ENERG(I,J,HV);
'VALUE' I;
'INTEGER' J;
'ARRAY' J,HV;
'BEGIN'
'REAL' F, U, DIY, DIZ, DF, DU, DIH, ZZ, HDI, FLINKS, ULINKS, FRECHTS, URECHTS,
      FFLUSS, UFLUSS, RLI, WLI, RRE, WRE, WFL, RFL, AI, V, VLI, VFL, VRE;
'INTEGER' NEND, NANF, N, IZAHL;
NEND:= LEC[-1];
NANF:= 1;
IZAHL:= 1;
ALFA:
F:= U:= 0;
'FOR' N := NANF 'STEP' 1 'UNTIL' NEND 'DO'
  'BEGIN'
DIY:= Y[I,N+1] - Y[I,N];
DIZ:= Z[I,N+1] - Z[I,N];
'IF' H[I] 'NOT LESS' Z[I,N] 'THEN'
  'BEGIN'
'IF' H[I] 'NOT LESS' Z[I,N+1] 'THEN'
  'BEGIN'
DF:= DIY * (H[I] - 0,5 * Z[I,N] - 0,5 * Z[I,N+1]);
DU:= SQRT ( DIY * DIY + DIZ * DIZ )
  'END'
'ELSE'
  'BEGIN'
DIH:= H[I] - Z[I,N];
ZZ:= DIY * DIH / DIZ;
DF:= 0,5 * ZZ * DIH;
DU:= SQRT ( ZZ * ZZ + DIH * DIH )
  'END'
  'END'
'ELSE'

```

noch: **Tafel V**

```

      *BEGIN*
      *IF* H[C] *GREATER* Z[C,N+1] *THEN*
      *BEGIN*
      HDI:= H[C] - Z[C,N+1];
      ZZ:= DIY * HDI / (Z[C,N] - Z[C,N+1]);
      DF:= 0,5 * ZZ * HDI;
      DU:= SQRT (ZZ * ZZ + HDI * HDI)
      *END*
      *ELSE*
      *BEGIN*
      DF:= DU:= 0
      *END*
      *END*
      F:= F + DF;
      U:= U + DU
      *END*
      *IF* IZAHL *EQUAL* 1 *THEN*
      *BEGIN*
      FLINKS:= F;
      ULINKS:= U;
      NANF:= LEE[C];
      NEND:= FEE[C]-1;
      IZAHL:= 2;
      *GOTO* ALFA
      *END*
      *ELSE*
      *BEGIN*
      *IF* IZAHL *EQUAL* 2 *THEN*
      *BEGIN*
      FFLUSS:=F;
      UFLUSS:= U;
      NANF:= FEE[C];
      NEND:= REC[C]-1;
      IZAHL:= 3;
      *GOTO* ALFA
      *END*
      *ELSE*
      *BEGIN*
      FRECHTS:= F;
      URECHTS:= U
      *END*
      *END*

      *IF* ULINKS *EQUAL* 0 *THEN*
      *BEGIN*
      RLI:= 0;
      WLI:= 0
      *END*
      *ELSE*
      *BEGIN*
      RLI:= FLINKS/ ULINKS;
      *IF* RLI *NOT GREATER* 0 *THEN*
      WLI:= 0
      *ELSE*

```

noch: **Tafel V**

```

WLI:= KLCI] * EXP(0.6666666667 * LN(RLI)) * SQRT(LFCI]/LLCI])
  'END';

'IF' URECHTS 'EQUAL' 0 'THEN'
  'BEGIN'
RRE:= 0;
WRE:= 0
  'END'
'ELSE'
  'BEGIN'
RRE:= FRECHTS / URECHTS;
'IF' RRE 'NOT GREATER' 0 'THEN'
WRE:= 0
'ELSE'
WRE:= KRCI] * EXP(0.6666666667 * LN(RRE)) * SQRT(LFCI]/LRECI])
  'END';
RFL:= FFLUSS / UFLUSS;
'IF' RFL 'NOT GREATER' 0 'THEN' WFL:= 0
'ELSE'
WFL:= KFCI] * EXP(0.6666666667 * LN(RFL));
A1:= FLINKS * WLI + FFLUSS * WFL + FRECHTS * WRE;
JC1]:= QC1] * QE1] / (A1 * A1);
V:= SQRT (JC1]);
VLI:= WLI * V;
VFL:= WFL * V;
VRE:= WRE * V;
WC1]:= (VLI * VLI * VLI * FLINKS
        + VFL * VFL * VFL * FFLUSS
        + VRE * VRE * VRE * FRECHTS) / (19.82 * QE1]);
  'END' PROCEDURE ENERG;
'FOR' I := 1 'STEP' 1 'UNTIL' E 'DO'
  'BEGIN' READ (XC1], FNC1], DMC1], AC1], LLECI], LFC1], LRC1], BSC1], KLC1], KFC1], KRC1],
            LEECI], FEC1], REC1], LSEC1], RSEC1]);
'FOR' N := 1 'STEP' 1 'UNTIL' REC1] 'DO'
  READ (YCI, N]);
'FOR' N := 1 'STEP' 1 'UNTIL' REC1] 'DO'
  READ (ZCI, N]);
  IL:= LSEC1];
  IR:= RSEC1];
  'IF' ZCI, IL] 'EQUAL' ZCI, IR] 'THEN'
  SHCI]:= ZCI, IL]
  'ELSE'
  'BEGIN'
  WRITE (''
  FEHLER BEI DATEN VON KM ''); TYPE (XC1]);
  'GOTO' STOP
  'END'
  'END';

READ (EPSILON, GW, GS, FNP, CGT, DELTA, GIT1);
'FOR' JAHR := VONJAHR 'STEP' 1 'UNTIL' BISJAHR 'DO'
  'BEGIN'
  READ (ANZT);
  'FOR' T := 1 'STEP' 1 'UNTIL' ANZT+3 'DO'

```

```

                                noch: Tafel V
'BEGIN'
READ (QPJT);
I:= 1;
QE I := QPJT * FNC I / FNP;
HE I := C1 * QE I * QE I + C2 * QE I + C3;
ENERG (I, J, HV);
'FOR' I := 2 'STEP' 1 'UNTIL' E 'DO'
  'BEGIN'
  DS := LFE I - 1 * JE I - 1;
  QE I := QPJT * FNC I / FNP;
  M2 := HE I := HE I - 1 + DS;
  ENERG (I, J, HV);
  JM := 0,5 * (JE I - 1 + JE I);
  DHV := HVE I - 1 - HVE I;
  'IF' DHV 'NOT GREATER' 0 'THEN'
  DHV := DELTA * DHV;
  DH := JM * LFE I - 1 + DHV;
  'IF' ABS(DH-DS) 'GREATER' 0,005 'THEN'
  'BEGIN'
  DS := 0,5 * (DH+DS);
  'GOTO' M2
  'END';
  'END';

SEE := GW * (HEE - SHEE) * JEE ;
AGSGWEE := ACE * (GS - GW) ;
TAUEE := AGSGWEE * DMEE ;
VOLUMEEE := GIT1 * EPSILON / (GS - GW) ;
CV := CGT * EPSILON / (GS - GW) ;
'FOR' I := (E - 1) 'STEP' -1 'UNTIL' 1 'DO'
  'BEGIN'
  AGSGWEI := ACE * (GS - GW) ;
  SEI := GW * (HEI - SHEI) * JEI ;
  TAUEI := AGSGWEI * DMEI ;
  'IF' SEI 'NOT GREATER' TAUEI 'THEN'
  'BEGIN'
  'IF' DMEI 'GREATER' DMEI + 1 'THEN'
  'BEGIN'
  'IF' SEI 'GREATER' TAUEI + 1 'THEN'
  'BEGIN'
  VOLUMEI := CV * EXP (1,5 * LN(SEI - TAUEI + 1)) * BSEI ;
  'IF' VOLUMEI 'GREATER' VOLUMEI + 1 'THEN'
  VOLUMEI := VOLUMEI + 1 ;
  'END'
  'ELSE'
  VOLUMEI := 0 ;
  'END'
  'ELSE'

VOLUMEI := 0 ;
'END'
'ELSE'
'BEGIN'
VOLUMEI := CV * EXP (1,5 * LN(SEI - TAUEI)) * BSEI ;

```

noch: **Tafel V**

```

'IF' VOLUMEN[I] 'LESS' VOLUMEN[I + 1] 'THEN'
'BEGIN'
'IF' S[I] 'NOT LESS' S[I + 1] 'THEN'
VOLUMEN[I] := VOLUMEN[I + 1]
'ELSE'
'BEGIN'
'IF' DMC[I] 'GREATER' DMC[I + 1] 'THEN'
VOLUMEN[I] := CV * EXP (1.5 * LN(S[E I] - TAU[E I + 1])) * BSE[I] ;
'END'
'END'
'END' ;
DZ[E I] := (VOLUMEN[I + 1] - VOLUMEN[I]) / (0.5 * LFC[I] * (BSE[I + 1] + BSE[I])) ;
'END' ;
SHE[E] := SHE[E] + DZ[E - 1] ; 'FOR' I:= E-1 'STEP' -1 'UNTIL' 2 'DO'
SHE[I] := SHE[I] + 0.5 * (DZ[E I] + DZ[E I-1]);
'FOR' I:= E 'STEP' -1 'UNTIL' 1 'DO'
  'BEGIN'
  IL:= LSE[I];
  IR:= RSE[I];
  ZE[I,IL]:= SHE[I];
  ZE[I,IR]:= SHE[I]
  'END';
'IF' T 'EQUAL' ANZT+1 'OR' T 'EQUAL' ANZT+2 'OR' T 'EQUAL' ANZT+3 'THEN'
'BEGIN'
WRITE(''

```

WASSERSTAENDE BEI EINEM ABFLUSS VON ''); TYPE (QPJT);
 WRITE ('' CBM/S

AM PEGEL

XC[I]	JC[I]	SE[I]	TAUE[I]	VOLUMEN[I]	SHE[I]	HE[I]
-------	-------	-------	---------	------------	--------	-------

```

'');
'FOR' I:= E 'STEP' -1 'UNTIL' 1 'DO'
  'BEGIN'
  FIXT(4,3,XC[I]); SPACE(2);
  FIXT(0,7,JC[I]); SPACE(2);
  FIXT(5,3,SE[I]); SPACE(2);
  FIXT(5,3,TAUE[I]); SPACE(2);
  FIXT(7,2,VOLUMEN[I]); SPACE(2);
  FIXT(4,2,SHE[I]); SPACE(2);
  FIXT(4,2,HE[I]); WRITE(''
  'END'
  'END'
  'END'
  'END';
STOP:
'END'
'END'

```

Schriftumsverzeichnis

- [1] MEYER-PETER, E. und MULLER, R.: Eine Formel zur Berechnung des Geschiebetriebs. Schweizerische Bauzeitung 67 (1949) S. 29—32.
- [2] MEYER-PETER, E. und MULLER, R.: Formulas for Bed-Load Transport. Bericht über die zweite Tagung des Int. Verbandes für wasserbaul. Versuchswesen Stockholm, 1948, S. 39—64.
- [3] FELKEL, K. und CANISIUS, P.: Rechenautomatenprogramm zur Spiegelberechnung für ausufernde Hochwässer. Die Wasserwirtschaft (1967), S. 308—314.
- [4] BACKUS, J. W. et al.: Revised Report on the Algorithmic Language ALGOL 60. Numerische Mathematik 4 (1963) S. 420—453.
- [5] BAUMANN, R.: ALGOL-Manual der ALCOR-Gruppe. München und Wien: Verlag R. Oldenbourg 1965.