

## **Geschiebe- und Schwebstoffführung der österreichischen Donau**

*Josef Schmutterer*

Die Sohle der österreichischen Donau ist nahezu stabil, die vorhandene schwache Eintiefungstendenz von im Mittel 0,8 cm/Jahr ist nicht durch greifbare Tatsachen, sondern nur rechnerisch feststellbar. Das Wandern von Schotterbänken, wie seinerzeit am unverbauten Inn, tritt seit der Niederwasserregulierung im Wiener Durchstich praktisch nicht mehr auf. Es ist daher nicht verwunderlich, wenn man sich erst seit der Planung und Ausführung von Donaukraftwerken eingehend mit Problemen der Schwerstoffführung befaßt. Derzeit werden von der Jochenstein AG. laufend an drei (früher vier) Stellen, vom Amt der oberösterreichischen Landesregierung in Linz und vom Bundesstrombauamt im Rahmen der Beweissicherung für die Donaukraftwerke an vier Stellen Schwebstoffmessungen durchgeführt. Außerdem hat das Bundesstrombauamt eine Jahresserie von Geschiebemessungen in Deutsch-Altenburg und zwei Einzelmessungen im unteren Stauraum Ybbs-Persenbeug durchgeführt. Die zusammenfassende Bearbeitung aller Messungen erfolgt im Bundesstrombauamt.

Die Schwerstoffe werden dabei nicht nach der Korngröße in Geschiebe- oder Schwebstoffe unterteilt, sondern nach der Art der Fortbewegung — was an der Sohle und in Sohlennähe schiebend, gleitend und hüpfend zu Tal wandert und sich mit dem Geschiebekorb auffangen läßt, gilt als Geschiebe, was im Wasser schwebend und von der Turbulenz des Wassers verwirbelt dahintreibt und mit dem Schwebstoffentnahmegerat erfaßt wird, gilt als Schwebstoff. Schwierigkeiten bereitet diese Definition nur bei der Unterscheidung der Ablagerungen in den Stauräumen, da dort die Schwerstoffe nicht scharf getrennt abgelagert werden. Die Auswertung vergleichender Sohlenaufnahmen zeigt wohl in Jochenstein und Ybbs-Persenbeug zwei durch einen ziemlich unveränderten Abschnitt geteilte Ablagerungsbereiche, denen oberer zur Gänze dem Geschiebe zugeordnet werden kann. Die Erfassung der Sande mit einem Durchmesser unter 1 mm ist dagegen schwierig. Diese Korngrößen fallen auch bei Bag-

gerungen nur bei Anschnitt lang lagernder Schotterbänke oder an bestimmten Örtlichkeiten in merklichem Umfang an. Alle Anzeichen deuten darauf hin, daß diese Korngröße in den Schwerstoffen der Donau nur verhältnismäßig wenig auftritt.

Sowohl der Geschiebetrieb als auch die Schwebstoffführung sind komplexer Natur und weisen selbst bei anscheinend gleichen Abflußverhältnissen große Streuungen der Einzelwerte auf. Zweidimensional dargestellt — Wasser- und Schwebstoffführung — ergibt sich eine Punktwolke verschiedener Dichte, die keine genauere Aussage gestattet. Siehe auch Rémy-Berzencovich „Eine neue Methode zur Ermittlung des Feststofftriebes in Flußläufen“, Österreichische Wasserwirtschaft, 1959, Heft 3.

Von der Strömbauabteilung Deutsch-Altenburg durchgeführte Schwebstoffserienmessungen im Profil der Rollfähre Deutsch-Altenburg, Donau-km 1887,0 (20 Probeentnahmen in jeweils zwei Minuten Inetrvall), weisen

1. bei einer Wasserführung von  $5300 \text{ m}^3 \text{ sec.}$  (Hochwasser) und einem Mittel von  $112,2 \text{ mg/l}$ , ein Max. von  $136,4 \text{ mg/l}$  und ein Min. von  $77,2 \text{ mg/l}$ ,
2. bei einer Wasserführung von  $1320 \text{ m}^3 \text{ sec.}$  (höheres Niederwasser) und einem Mittel von  $10,3 \text{ mg/l}$ , ein Max. von  $19,5 \text{ mg/l}$  und ein Min. von  $5,1 \text{ mg/l}$ ,
3. bei einer Wasserführung von  $1275 \text{ m}^3 \text{ sec.}$  (höheres Niederwasser) und einem Mittel von  $8,7 \text{ mg/l}$  ein Max. von  $30,8 \text{ mg/l}$  und ein Min. von  $0,5 \text{ mg/l}$  auf.

Schwebstoffvollmessungen über einen Querschnitt zeigen eine ganz unregelmäßige Verteilung der Schwebstoffe. Zum Beispiel ergab eine Messung in Engelhartzell, Donau-km 2201, bei einer Wasserführung von  $1160 \text{ m}^3 \text{ sec.}$  (kleines Mittelwasser) mit einem Mittel von  $12,1 \text{ mg/l}$ , ein Max. von  $39,2 \text{ mg/l}$  und ein Min. von  $9,6 \text{ mg/l}$ . Die Schwebstoffführung der Donau weist daher nach Zeit und Ort große Streuungen auf, Einzelwerte haben daher keine Aussagekraft. Ähnliches ist beim Geschiebetrieb zu beobachten. Ehrenberger\* hat in einer Meßvertikalen (III) bei einem Mittel von  $248 \text{ g/m}^3 \text{ sec.}$  aus 20 Messungen innerhalb von  $2\frac{1}{2}$  Stunden ein Max. von über  $1100 \text{ g/m}^3 \text{ sec.}$  und ein Min. von  $0 \text{ g/m}^3 \text{ sec.}$  gefunden. Krepss\*\* hat erkannt, daß

\* Ehrenberger „Direkte Geschiebemessungen an der Donau bei Wien und deren Ergebnisse“, die Wasserwirtschaft, Heft 34, Jänner 1931.

\*\* Krepss: „Gedanken über das Problem der Geschiebemessungen“ Arbeitsbesprechung über Geschiebemeßmethodik in Liezen 1952.

die einzelnen Grobgeschiebemessungen an irgendeiner Stelle auf keinen Fall irgendwie repräsentativ in bezug auf Ort oder Zeit sind. Karoly\*\*\* kommt ebenfalls für den Geschiebetrieb zu einer derart streuenden Datenmenge in bezug auf Wassermenge, Wasserstand oder Geschwindigkeit, daß die Bestimmung eines eindeutigen Zusammenhanges illusorisch erscheint. Das bestätigen auch die 112 Geschiebemessungen 1956 des Bundesstrombauamtes in Deutsch-Altenburg, Donau-km 1885,9.

Die Probleme der Feststoffführung können daher nur auf dem Wege der Großzahlforschung mit Hilfe der Methoden der mathematischen Statistik gelöst werden. Dies setzt nicht nur das Vorliegen und die Bearbeitung einer großen Zahl von Beobachtungsergebnissen voraus, sondern auch eine sinnvolle Auswahl der Messungen nach Art, Zeit, Ort und Häufigkeit (Umfang des Kollektives), eine kritische Beurteilung der Messungen zur Ausschaltung systematischer Fehler (im Gegensatz zur regellosen Streuung der Einzelwerte) sowie die Ordnung der Meßwerte nach Richtgrößen bzw. Abhängigkeiten von Variablen, zum Beispiel nach dem Wasserstand, der Wasserführung, der Fließgeschwindigkeit, der Zeit usw. und ihre Zusammenfassung in entsprechend charakteristische Gruppen.

Auf die Schwebstoffführung der Donau angewandt bedingt dies:

1. Die Durchführung von Vollmessungen in allen Beobachtungsprofilen, um entweder festzustellen, daß die Morgenlesungen repräsentativ für die Schwebstoffführung sind oder Reduktionsfaktoren zu errechnen, die geeignet sind die Morgenlesungen den repräsentativen Werten anzunähern. Für den Bereich des Kraftwerkes Jochenstein ergaben sich aus den sechs Vollmessungen 1953—1957 zum Beispiel Reduktionsfaktoren 0,749 für Passau (Inn), 1,149 Passau (Donau) und 0,955 Engelhartzell (Donau). Die Zahl dieser Vollmessungen ist wohl klein; die Schwebstoffbilanz des Staauraumes Jochenstein hat jedoch bei Berücksichtigung der Schwebstoffablagerung und Anwendung dieser Reduktionsfaktoren mit der max. zu erwartenden Genauigkeit für die Jahre 1954—1960 das Bestehen der Gleichung: eintretende Schwebstoffmenge-Ablagerungen = austretende Schwebstoffmenge erwiesen.

2. Die Bestimmung der mittleren Schwebstoffführung für Wassermengenintervalle von je 100 m<sup>3</sup>/sec. (z. B. Q = 1800—1899 m<sup>3</sup>/sec.). Dadurch wird aus der Punktwolke der Relation Wasser- bzw.

\*\*\* Karoly „Folgerungen aus den Ergebnissen der Geschiebemessungen an der Donau“ Österr. Wasserwirtschaft, Heft 10, 1957.

Schwebstoffführung ein Punktzug, dem durch die einfache Potenzformel  $g = A (Q-Q_0)^n$  Formel 1, eine ausgleichende, mathematisch statistischer Berechnung zugängliche Form gegeben werden kann.

$g$  Schwebstoffdichte

$Q$  Wasserführung

$Q_0$ ... Grenzwasserführung, bei der die Schwebstoffführung beginnt  
 $A$  und  $n$  sind Konstante, die nach der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt werden können.

Die Übereinstimmung der aus der Gleichung abgeleiteten Werte mit den Mittelwerten der Schwebstoffführung der Wassermengenintervalle ist bei Nieder- und Mittelwasser sehr gut, weist aber bei Hochwasserführung größere Streuungen auf (zum nicht geringen Teil begründet durch die wenigen Beobachtungswerte für die Errechnung der Mittel). Die Formel ist jedoch für die Interpolation fehlender Tageswerte bei kleiner und mittlerer Wasserführung durchaus geeignet. Der Exponent  $n$  der Formel 1 liegt zwischen 3 und 4, das heißt der doppelten Wassermengendifferenz ( $Q-Q_0$ ) entspricht die 8–16fache Schwebstoffführung. Die Hochwässer bestimmen daher die Größe der Jahresschwebstofffracht.

3. Eine Staffelung der Häufigkeit der Schwebstoffmessungen nach der Wasserführung; zum Beispiel wird in Wallsee (oberes Ende des Stauraumes Ybbs-Persenbeug)

bei Niederwasser unter  $1100 \text{ m}^3/\text{sec}$ . dreimal wöchentlich,

bei Mittelwasser ( $1100-2290 \text{ m}^3/\text{sec}$ .) einmal täglich,

bei höherem Mittelwasser und kleinerem Hochwasser ( $2290$  bis  $3260 \text{ m}^3/\text{sec}$ .) zweimal täglich und

bei Hochwasser über  $3260 \text{ m}^3/\text{sec}$ . viermal täglich gemessen.

Trotz dieser Staffelung entspricht auf Grund der Meßwerte des hochwasserreichen Jahres 1959 einer Schwebstoffmessung bei

Niederwasser eine Schwebstoffmenge von  $3100 \text{ t}$ ,

Mittelwasser eine Schwebstoffmenge von  $3400 \text{ t}$ ,

hohem MW und kl. HW eine Schwebstoffmenge von  $9500 \text{ t}$  und

Hochwasser eine Schwebstoffmenge von  $33400 \text{ t}$ .

Man ersieht daraus die überragende Bedeutung der Schwebstoffmessungen bei hoher Wasserführung. Der Fehler, der bei der Bestimmung der Jahresschwebstofffracht durch die Interpolation der

Werte für die Tage, an denen bei Niederwasser nicht gemessen wird, eintreten kann, ist daher unbedeutend.

Diese Lenkung und Auswertung der Schwebstoffmessungen hat nun gestattet, an die Lösung praktischer Probleme heranzutreten. Die erste Aufgabe bestand in der Aufgliederung der Schwebstoffablagerungsperioden im Stauraum Ybbs-Persenbeug, um Unterlagen für die Wehrbedienung (Spülungen) zu erhalten.

Im wasser- und schwebstoffreichen Kalenderjahr 1959 wurde an der Stauwurzel Ybbs-Persenbeug, in Wallsee, aus den 7-Uhr-Messungen eine Schwebstoffjahresfracht von 5,750.000 t ermittelt. Der gleiche Wert für Ybbs (Unterwasser Ybbs-Persenbeug) wurde mit 6,160.000 t festgestellt. Da gleichzeitig zwischen Herbst 1959 und Herbst 1960 im unteren Teil des Stauraumes Ybbs-Persenbeug eine anscheinend zur Gänze aus Schwebstoffen bestehende Anlandung von 1,3 Mio. m<sup>3</sup> (Saldo aus Eintiefung und Hebungen) erfolgte, was unter Annahme eines Raumbgewichtes der Schwebstoffablagerungen von 1,35 t/m<sup>3</sup> einem Gewicht von 1,750.000 t entspricht, ergibt sich, daß die Morgenmessungen in Wallsee bzw. Ybbs nicht repräsentativ sind.

Da ausreichende Vollmessungen fehlen, muß behelfsmäßig den Meßwerten in Wallsee ein Reduktionsfaktor von 1,375 zugeordnet werden. Nimmt man an, daß dieser Reduktionsfaktor, ebenso wie in Jochenstein, praktisch für alle Wasserführungen gleich angenommen werden kann, so ist es zwar nicht möglich, die Jahresschwebstofffracht einwandfrei zu bestimmen, aber durch einen Vergleich der Schwebstoffführungen in den Wasserführungsintervallen eine charakteristische Aussage über die Schwebstoffablagerungen im Stauraum zu machen. Die Einzelauswertung zeigt:

1. bei Niederwasser werden 30% des eintretenden Schwebstoffes abgelagert, während 70% den Stauraum wieder verlassen,
2. bei mittlerer Wasserführung und kleinem Hochwasser erfolgt ein Abtrag der Schwebstoffablagerungen im Stauraum derart, daß die Schwebstoffführungen im Unterwasser etwa um 60 % größer sind als an der Stauwurzel,
3. bei Hochwasser lagern sich 40% des im Stauraum eintretenden Schwebstoffes ab.

Dieses Ergebnis überrascht, da auf Grund der bisherigen Erfahrungen mit einer Grenzgeschwindigkeit für die Schwebstoffablagerung von etwa 0,60 m/sec. gerechnet wurde. Da bei Hochwasser das

Stauziel gesenkt wird und beträchtliche Wassergeschwindigkeiten auftreten, war bei Hochwasser eher eine wühlende Wirkung zu erwarten gewesen. Ähnliche Verhältnisse zeigten sich für die Schwebstoffführung 1954 im Bereich des Kraftwerkes Jochenstein, das ist vor Stauerrichtung!

Es wird Sache weiterer Untersuchungen und Messungen sein, festzustellen, ob das aufgezeigte Phänomen einen zufälligen Wert darstellt oder eine Gesetzmäßigkeit anzeigt. Vor allem wären folgende Fragen zu behandeln:

1. Ergibt sich aus den Vollmessungen ein konstanter Reduktionsfaktor, wie bei dieser Untersuchung angenommen wurde?
2. Werden bei Hochwasserführung zusätzlich Totwasserräume für Schwebstoffablagerungen erschlossen?
3. Dringen bei Hochwasser Geschiebe und Sand aus dem oberen Stauraum in den unteren ein und kommen dort trotz der verhältnismäßig größeren Fließgeschwindigkeit zur Ablagerung?
4. Nimmt die maßgebende Korngröße des Schwebstoffes bei Hochwasser stärker zu, als die zugehörige Fließgeschwindigkeit, beziehungsweise Turbulenz?
5. Liegt ein Zufallsergebnis vor, das auf Umstände zurückzuführen ist, die durch Messungen und Beobachtungen nicht erfaßt werden konnten?

Wie diese Aufzählung zeigt, müssen die üblichen Schwebstoffmessungen im Sinne einer Korngrößenbestimmung erweitert werden. Schließlich wäre der Chemismus des Schwebstoffes zu untersuchen, um die wissenschaftliche Untermauerung der düngenden Wirkung der Schwebstoffe zu erfassen und Richtlinien für die Verwertung der zu beseitigenden Schwebstoffablagerung in den Stauräumen erarbeiten zu können.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die vorliegenden Messungsergebnisse und Bearbeitungsgrundlagen zwar schon die Lösung spezieller Schwebstoffprobleme erlaubt, daß die Bearbeitung des Schwebstoffkollektives aber zweifellos noch großer Anstrengung und gegebenenfalls Erweiterung der Messungen bedarf, um Vorhersagen für den praktischen Wasserbau, insbesondere den Kraftwerksbau und Betrieb, zu ermöglichen.

Überraschenderweise bereitet die Aufstellung und Auswertung des Geschiebekollektives der Donau geringere Schwierigkeiten. Das

Bundesstrombauamt hat zwischen April 1956 und April 1957 bei Deutsch-Altenburg (Donau-km 1886) 115 Geschiebevollmessungen durchgeführt. Das Meßprofil war besonders ausgewählt, es faßt den Abfluß vom Niederwasser bis zum mittleren Hochwasser in einem Querschnitt zusammen und ist frei von störenden Einbauten. Wesentliche Veränderungen der mittleren Sohlenlage sind nicht bekannt. Bei jeder dieser Vollmessungen wurde in 10 Meßvertikalen mit dem Ehrenbergerkorb dreimal nacheinander Geschiebe aufgefangen. Die jeweilige Auffangzeit schwankte zwischen 60 und 360 Sekunden, je nach Wasser- und Geschiebeführung, um einerseits genügend Geschiebe aufzufangen und andererseits eine störende Überfüllung des Geschiebefängers zu vermeiden. Die doppelte Verhängung des Geschiebekorbes an Gierseil und Hubseil läßt ein ruhiges nicht schürfendes Aufsetzen des Korbes an der Sohle zu. Das Geschiebegewicht jeder Einzelmessung und die Korngrößezusammensetzung jeder Vollmessung wurden bestimmt.

Die Auswertung dieser 3450 Messungen zeigt, daß durch die zweimal wöchentlichen Vollmessungen die Jahresgeschiebefracht mit ungewöhnlicher Genauigkeit zu erfassen war. Die aus der Summe der ersten, der zweiten beziehungsweise der dritten Werte der Vollmessung ermittelten Geschiebegeichte wiesen eine Streuung unter  $\pm 1\%$  auf, was wohl bereits im Bereich der Meßgenauigkeit liegt. Die Verteilung der Mittelwerte der Geschiebeführung über den gewählten Meßquerschnitt erfolgt mit einmaliger Stetigkeit und zeigte nur im Bereiche des linken Ufers ein starkes Abfallen, welches durch das etwa  $\frac{1}{2}$  km oberhalb angeordnete Bühnenfeld verursacht sein dürfte. Die Messungen bestätigen, daß der Geschiebetrieb auch bei Niederwasserführung nicht zum Erliegen kommt. Die Grenzwasserführung des Geschiebetriebes liegt anscheinend tiefer als das beobachtete NNW. Die Abhängigkeit der Geschiebeführung von der Wasserführung entspricht ungefähr der  $1\frac{1}{2}$ -ten Potenz des um die Grenzwasserführung verminderten Abflusses. Der hiezugehörige Exponent wurde ebenso wie die Umrechnungskonstante nach der Methode der kleinsten Quadrate ermittelt. Die Formel zeigt den gleichen Aufbau, wie die für die Schwebstoffführung (Formel 1).

$$G = a \cdot (Q - Q_0)^n \quad \text{Formel 2}$$

Die Aussiebung der Geschiebeproben ergab als maßgebenden Korndurchmesser nach Meyer-Peter 13 mm. Geschiebe über 70 mm Durchmesser kommt nur vereinzelt vor, Körner unter 3 mm wur-

den nur in Spuren aufgefangen, was wohl nur zum Teil auf die Durchlässigkeit des Geschiebekorbes für die kleinen Durchmesser zurückgeführt werden kann. Die praktische Erfahrung am Strom zeigt, daß das Feinkorn in jüngeren Ablagerungen fehlt. Ein Vergleich der Sieblinien für das Geschiebe, das bei kleinerer, mittlerer beziehungsweise großer Wasserführung aufgefangen wurde, zeigt keinen merklichen Unterschied. Es ist daher anzunehmen, daß die Schleppkraft der Donau noch nicht durch die Größe des Geschiebes ausgelastet ist und daß es, zumindestens im Bereich von Deutsch-Altenburg, zu keiner Sohlenabpflasterung kommt.

Das Raumgewicht des Geschiebes wurde mit  $1,8 \text{ t/m}^3$  festgestellt. Die mittlere Jahresgeschiebefracht bei Deutsch-Altenburg kann mit  $600.000 \text{ m}^3$  angenommen werden. Zum Vergleich sei angeführt, daß in der tschechoslowakisch-ungarischen Grenzstrecke im Jahr ungefähr  $600.000\text{—}700.000 \text{ m}^3$ , im Jahre 1959 im Stauraum Ybbs-Persenbeug  $457.000 \text{ m}^3$  und Stauraum Jochenstein im mehrjährigen Mittel etwa  $300.000 \text{ m}^3$  Geschiebe zur Ablagerung kommen.

Wie neueste Messungen zeigen, beginnt etwa bei der doppelten Mittelwasserführung das Geschiebe durch den Stauraum Ybbs-Persenbeug zu wandern. Die etwa 1 km oberhalb des Wehres hierbei herrschende Wassergeschwindigkeit von etwa  $1,35 \text{ m/sec}$  entspricht derjenigen vom Niederwasser im freien Strom. Es ist daher anzunehmen, daß der Geschiebedurchzug gering ist. Die Anzahl der Messungen reicht jedoch noch nicht aus, um festzustellen, welche Kubatur man den Geschiebeablagerungen in den Stauräumen Jochenstein und Ybbs-Persenbeug zuschlagen muß, um die Jahresgeschiebefracht der Donau zu erhalten.

Die maßgebende Korngröße des im Stauraum Ybbs-Persenbeug abgelagerten und gebaggerten Geschiebes nimmt von der Stauwurzel zum Kraftwerk zu ab, sie beträgt unterhalb Wallsee, km 2092—2093, 37 mm, zwischen km 2088 und 2089 etwa 29 mm und aus der Bagge- rung km 2084—2085 etwa 22 mm nach Meyer-Peter. Das Geschiebe ist daher noch bedeutend gröber wie in Deutsch-Altenburg, wo, wie oben angeführt, der maßgebende Korndurchmesser des Geschiebes mit 13 mm errechnet wurde.

Auch im Stauraum Ybbs konnten im Durchschnitt nur 2,3% Geschiebe mit einem Korndurchmesser unter 3 mm festgestellt werden. Dagegen war die Menge der Grobkörner von mehr als 70 mm über  $6\frac{1}{2}\%$  angestiegen. Der Durchmesser des Geschiebes verkleinert sich daher durch Abrieb auf der rund 200 km langen Strecke von Wallsee bis Deutsch-Altenburg merklich.

Zum Schluß soll der mittleren errechneten Geschiebefracht der Donau bei Deutsch-Altenburg von 600.000 m<sup>3</sup> die Schwebstofffracht in Engelhartzell gegenübergestellt werden.

1954	7,58 Millionen Tonnen
1955	4,79 Millionen Tonnen
1956	4,13 Millionen Tonnen
1957	2,86 Millionen Tonnen
1958	2,56 Millionen Tonnen
1959	5,40 Millionen Tonnen

Da auch die Ablagerungen im Stauraum Ybbs-Persenbeug fast die dreifache Menge (1,3 Mill. m<sup>3</sup>) als die Geschiebeablagerung (rund 457.000 m<sup>3</sup>) ergeben hat, ersieht man, daß die Erforschung der Schwebstoffführung auch für den praktischen Kraftwerksbau von größerer Bedeutung als die Geschiebefracht ist. Während daher die Schwebstoffmessungen an der österreichischen Donau laufend fortgeführt werden, begnügt man sich mit der Feststellung der Geschiebeablagerungen in den Stauräumen auf Grund jährlicher Sohlenaufnahmen, welche nur gelegentlich durch Geschiebemessungen oberhalb des Wehres bei Hochwasser ergänzt werden.

#### DISKUSSION

##### R u d o l f

Beim Vortrag fehlten Angaben über Korngrößen hinsichtlich der Grenze zwischen Schwebstoff und Geschiebe. Wir haben Untersuchungen diesbezüglich am Inn an mehreren Meßstellen gemacht

##### S c h m u t t e r e r

1. Aus den Ergebnissen der Geschiebe- und Schwebstoffmessung können keine mathematisch-physikalisch entwickelte Formeln abgeleitet werden, weil die vielen Faktoren nicht erfaßt werden können. Es ist aber möglich, und zwar für jeden Fluß und erforderlichenfalls für jedes Profil eine spezielle empirische Formel zu entwickeln, welche den wahrscheinlichen Mittelwert der Schwebstoffführung bei gegebener Wassermenge anzeigt. Diese Gleichungen haben folgende allgemeine Form:

$$g = A (Q - Q_0)^n$$

Hierin bedeutet

g	die Schwebstoffführung
Q	die Wassermenge
Q <sub>0</sub> .	die Grenzwassermenge, bei der der Schwebstofftrieb beginnt

A und n sind Konstante, die nach der Methode der Ausgleichsrechnung zu bestimmen sind. Der Wert n liegt für die Donau zwischen 3 und 4.

2. An der Donau wurde schon aus praktischen Erwägungen — Schwierigkeit der Trennung der Meßergebnisse — bewußt davon abgesehen, die Schwerstoffe durch Angabe einer Grenzkorngröße in Schwebstoff und Geschiebe zu unterteilen. Dies bereitet keine besonderen Schwierigkeiten, da die ganz feinen Sande des Grenzgebietes nur ungewöhnlich schwach vertreten sind.

#### K r i s c h

Das Ergebnis einer Schwebstoffvollmessung läßt sofort erkennen, ob das Entnahmeprofil einen repräsentativen Querschnitt für Einzelnahmen darstellt oder nicht.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wasser und Abwasser](#)

Jahr/Year: 1961

Band/Volume: [1961](#)

Autor(en)/Author(s): Schmutterer Josef

Artikel/Article: [Geschiebe- und Schwebstoffführung der österreichischen Donau 61-70](#)