Versuche zur Ermittlung des Einflusses des Abtriebes auf die Grösse des Sperrenkolkes in Anlehnung an die Eggenbergersche Versuchstechnik und die verallgemeinerte Müllersche Kolkgleichung

Autor(en): **Kotoulas, D.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse**

Band (Jahr): **119 (1968)**

Heft 10

PDF erstellt am: **15.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-765599

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Versuche zur Ermittlung des Einflusses des Abriebes auf die Größe des Sperrenkolkes in Anlehnung an die Eggenbergersche Versuchstechnik und die verallgemeinerte Müllersche Kolkgleichung

Von *D. Kotoulas*, Zürich/Thessaloniki

Oxf. 116.3:384.3

1. Problemstellung

In der gesamten Fachliteratur über das Kolkproblem nimmt die verallgemeinerte Müllersche Gleichung (Müller, 1944) eine besondere Stelle ein. Sie wurde unter besonderer Berücksichtigung des Abriebes des Sohlenmaterials in der Kolkwanne aufgebaut. Die Gleichung von Müller lautet:

$$S_o = (h_s + h_u) = \frac{w''}{g^{3/10}} \cdot \left(\frac{\gamma_w}{\gamma''_s}\right)^{4/9} \cdot \left(\frac{h^{0,5} \cdot q^{0,6}}{d_{90}^{0,4}}\right)$$

S_o = Kolkwassertiefe (m)
h_s = eigentliche Kolktiefe (m)
h_u = Unterwassertiefe (m)
q = spez. Wassermenge (m^3/sec m)
d_{90} = maßgebender Korndurchmesser der Sohlenmischung (m)
γ_w = spez. Gewicht des Wassers ($\gamma_w = 1$)
γ'' = $\gamma_w - 1$ = spez. Gewicht des Geschiebes unter Wasser
g = Erdbeschleunigung (m/sec^2)
w'' = dimensionslose Größe (für Überströmen $w'' = 3{,}6$)

Vorher hatte Eggenberger (1944) – bei Anwendung einer besonderen Versuchstechnik zur Berücksichtigung des Abriebes und unter Verwendung von Sohlenmaterial aus einheitlichem Korn – für die Kolkwassertiefe bei reinem Überströmen und der Kombination Überströmen–Unterströmen folgende Gleichung aufgestellt:

$$S_o = (h_s + h_u) = w \cdot \frac{h^{0,5} \cdot q^{0,6}}{d_{90}^{0,4}}, \quad w = 22{,}88$$

Die Behandlung des Kolkproblems als Spezialfall des Geschiebetransportes führte Müller (1944) zu der erwähnten, dimensionsrichtigen, verallgemeinerten Kolkgleichung. Diese Gleichung wird auch heute noch in der Praxis verwendet.

Die Anwendung dieser Gleichung in der Praxis setzt voraus, daß ihre Ergebnisse bei einheitlichem Korn auf natürliche Mischungen übertragbar sind. Ob und wieweit dies möglich ist, soll in dieser Arbeit untersucht werden. Dazu wurden an der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau (VAWE) der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich spezielle Modellversuche durchgeführt.

2. Versuchsbedingungen

Ausgangspunkt bildete die bei unseren früheren Kolkversuchen verwendete feinere, natürliche Sohlenmischung (Kotoulas, 1967). Bei Konstanthaltung des maximalen Korndurchmessers dieser Ausgangsmischung wurde Sohlenmaterial aus einheitlichem Korn und zwei Übergangsmischungen hergestellt (Abbildung 1), nämlich:

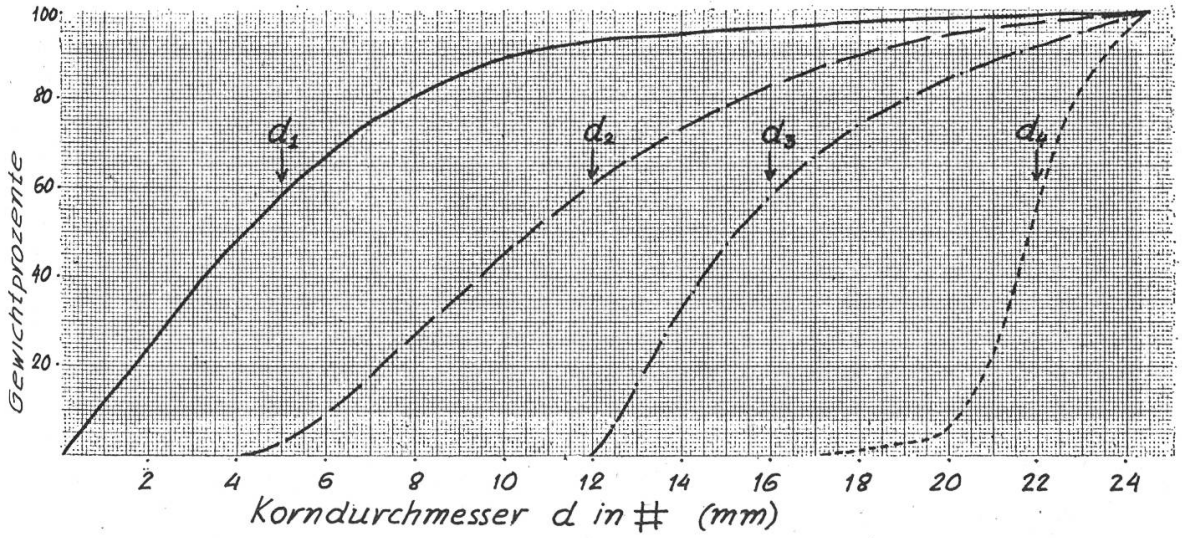


Abbildung 1
Mischungslinien des gebrauchten Sohlenmaterials.

d_1: natürliche Mischung,
d_2: Übergangsmischung (nahezu natürliche Mischung),
d_3: Übergangsmischung (nahezu einheitliches Korn),
d_4: einheitliches Korn

Bei konstanter Absturzhöhe h = 0,400 m und spez. Wassermenge q = 0,08 m³/sec m wurden folgende Versuche durchgeführt:

$$d_1hq,\ d_2hq,\ d_3hq,\ d_4hq$$

Der Versuch d_1hq konnte nicht bis zum Endzustand gebracht werden, weil die Kolktiefe größer als die zur Verfügung stehende Gerinnesohle war. Zur Bestimmung der Kolktiefe durch Extrapolation wurden mit derselben

Mischung (d_1) folgende Ergänzungsversuche bei kleineren Wassermengen ($q_1 = 0{,}0100$, $q_2 = 0{,}0135$, $q_3 = 0{,}0200$ m³/sec m) durchgeführt:

$$d_1hq_1,\ d_1hq_2,\ d_1hq_3$$

Die Versuchsanordnung war wie bei den früheren Kolkversuchen (Kotoulas, 1967) (Abbildung 2).

Zusammenfassend sei hier die spezielle Versuchstechnik zur Berücksichtigung des Abriebes nach Eggenberger (1944) beschrieben:

Nach Einbau des Materials wurde die Rinne von unten her sorgfältig eingestaut und die Versuchswassermenge bis zur Erreichung eines Beharrungszustandes laufen gelassen. Der durch Kolk entstandene Geschiebewall wurde künstlich abgetragen, weil er in der Natur infolge der Wegschwemmung bei Hochwasser nicht vorhanden wäre. Dies führte zu einer wesentlichen Kolkvertiefung und einem neuen, etwas kleineren Wall, der wiederum künstlich entfernt wurde. Dieser Vorgang wurde bis zur Erreichung eines sehr kleinen Geschiebewalles wiederholt. Das Geschiebe im Kolkboden und auf der Kolkböschung war aber noch keineswegs in Ruhe, der Endkolkzustand also noch nicht erreicht. Unter der Annahme, daß das in Bewegung befindliche Geschiebe durch Abrieb immer feiner und endlich wegtransportiert wird, wurde es parallel zur Kolkböschung und tangential zum Kolkboden solange entfernt, bis es auf dem Kolkboden blieb. Somit war die Kolkbildung beendet.

Für alle durchgeführten Versuche wurde diese Technik sorgfältig verfolgt.

3. Versuchsergebnisse und Schlußfolgerungen

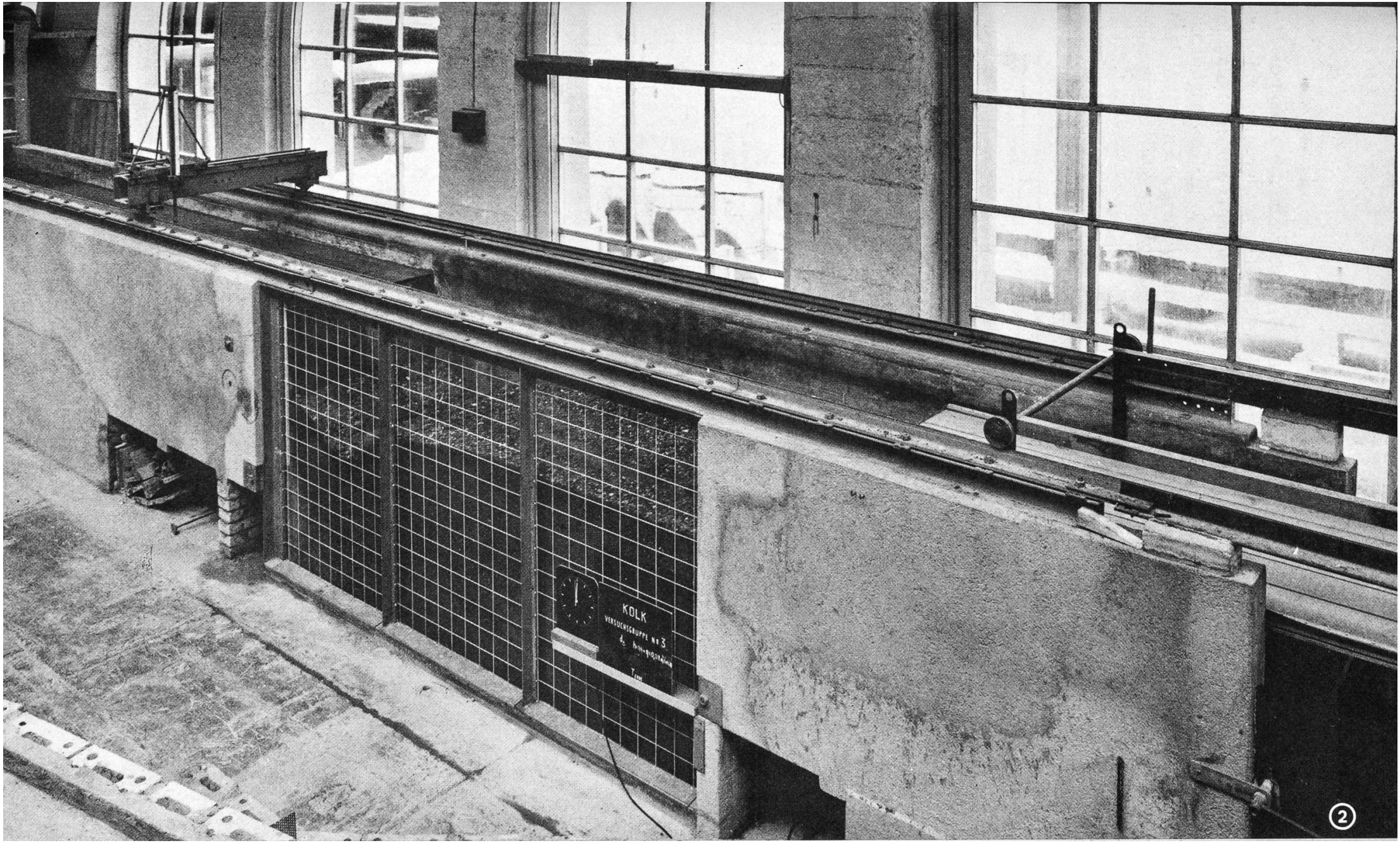
Nach jedem Versuch wurde die Kolkwassertiefe (S_0) gemessen und nach der Gleichung von Müller berechnet (Tabelle 1).

Tabelle 1

Gemessene und berechnete Kolkwassertiefen bei Berücksichtigung des Abriebes

Versuch	*Kolkwassertiefe (m)*		$z = \frac{S_{o_m}}{S_{o_r}}$	$\varphi = \frac{d_{max} - d_o}{d_{90}}$
	gemessen S_{o_m}	*gerechnet* S_{o_r}		
d_1hq	2,25	0,95	2,36	2,35
d_2hq	0,98	0,65	1,50	1,11
d_3hq	0,72	0,63	1,15	0,60
d_4hq	0,57	0,56	1,00	0,36

Abbildung 2 Gesamtansicht der Versuchsanlage. →


KOLK
VERSUCHSGRUPPE Nr 3
2

Wie man sieht, stimmen berechnete und gemessene Kolkwassertiefe für das Sohlenmaterial aus einheitlichem Korn überein. Unter diesen Bedingungen liefert uns die Gleichung sehr gute Resultate. Für die zwei Übergangsmischungen stellen wir eine ständige Abweichung der gerechneten Kolkwassertiefe von der gemessenen fest. Die Abweichung steigt, je mehr sich das Sohlenmaterial der natürlichen Mischung nähert.

Tabelle 2

Gemessene Kolkwassertiefen bei den Ergänzungsversuchen

Versuch	*spez. Wassermenge (m^3/sec m)*	*gemessene Kolkwassertiefe (m)*
d_1hq_1	0,0100	0,40
d_1hq_2	0,0135	0,60
d_1hq_3	0,0200	0,97

Die Ergebnisse der Ergänzungsversuche sind in Tabelle 2 zusammengefaßt. Die Auftragung dieser Kolkwassertiefen in Funktion der entsprechenden Wassermengen auf logarithmischem Papier (Abbildung 3) führte — wie

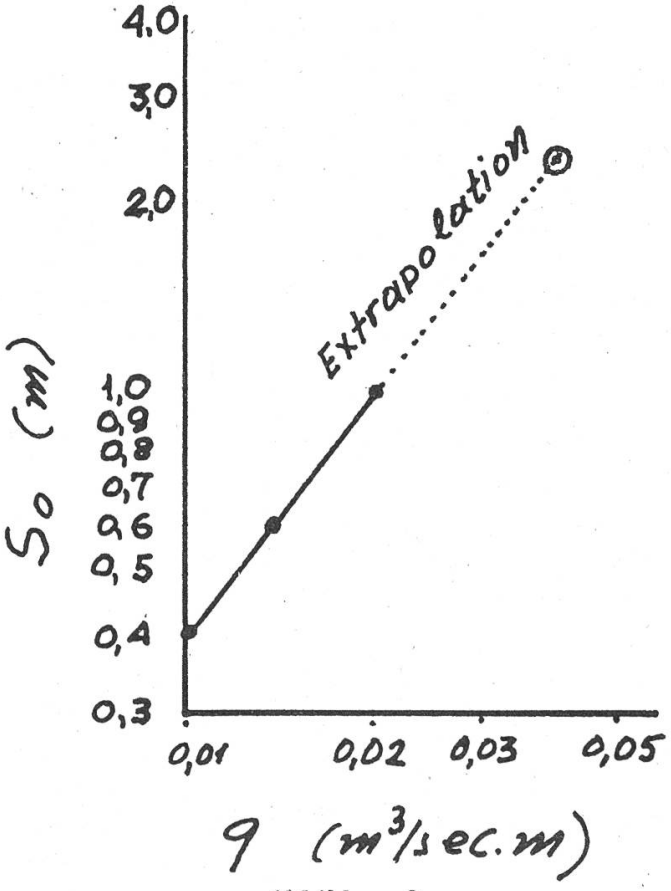


Abbildung 3

Abhängigkeit der Kolkwassertiefe von der Wassermenge (Ergänzungsversuche).

bei den Versuchen von Eggenberger — zu einer Geraden. Die Extrapolation dieser Geraden bis auf q = 0,040 m³/sec m ergab die für den abgebrochenen Versuch gesuchte Kolkwassertiefe S_0 = 2,25 m.

Wie bereits erwähnt, sind bei uneinheitlichem Sohlenmaterial die gemessenen Kolkwassertiefen stets größer als die berechneten. Die dimensionslose Beziehung zwischen der gemessenen (S_{0_m}) und der entsprechend berechneten (S_{0_r}) Kolkwassertiefe wird benannt:

$$\frac{S_{0_m}}{S_{0_r}} = z$$

Anderseits kann eine Kornverteilungskurve des Sohlenmaterials folgendermaßen dimensionslos beschrieben werden:

$$\varphi = \frac{d_{max} - d_0}{d_{90}}$$

d_{max}, d_0, d_{90} = max., min. und bei 90 Gew.-% Korndurchmesser des Sohlenmaterials

In der Tabelle 1 sind die Werte von z und φ angegeben.

Bringt man die Größe z in Beziehung zu φ, so erhält man für die vier Hauptversuche eine Gerade (Abbildung 4) folgender Form:

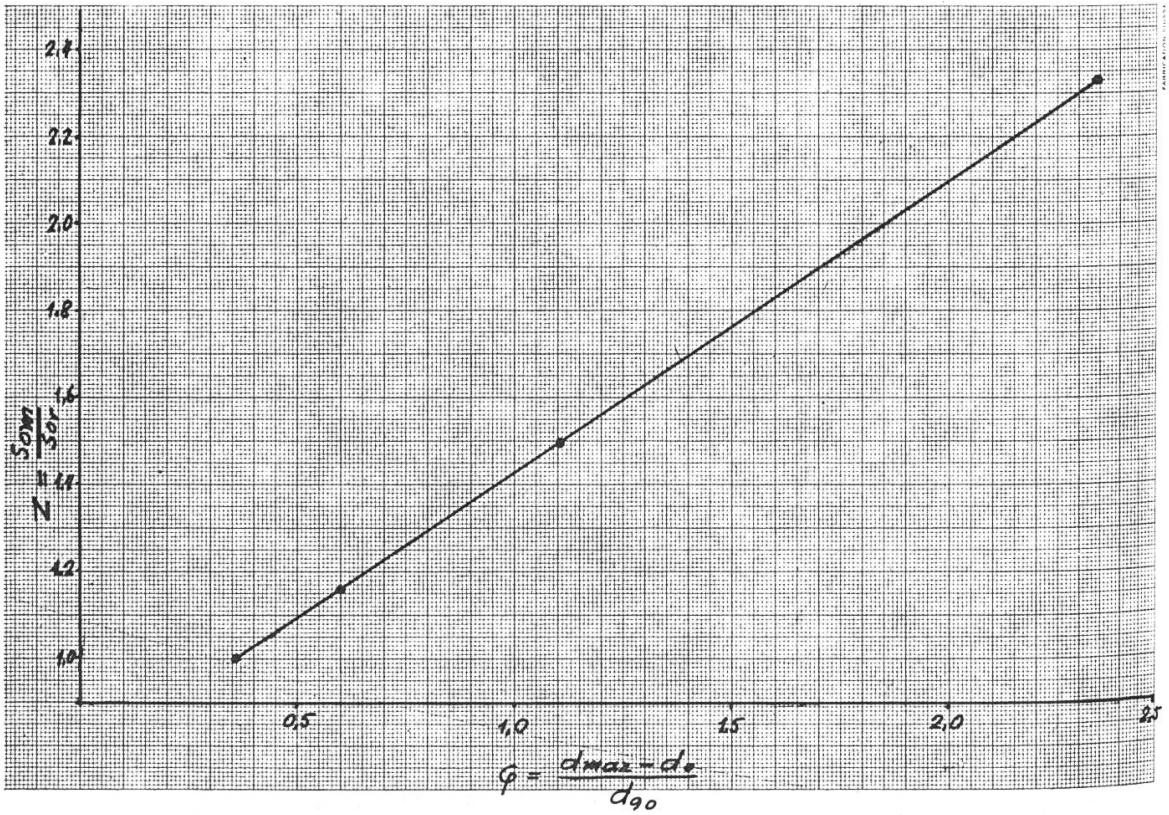


Abbildung 4
Abhängigkeit der Größe Z von der Größe φ.

$$z = a + b \cdot \varphi$$

oder bei a = 0,75 und b = 0,7

$$z = 0{,}75 + 0{,}7 \cdot \varphi$$

und somit: $$S_{o_m} = S_{o_r} \cdot (0{,}75 + 0{,}7\,\varphi)$$

So kann die verallgemeinerte Müllersche Gleichung, damit sie von der Art des Sohlenmaterials unabhängig wird, wie folgt korrigiert werden:

$$S_o = (h_s + h_u) = z \cdot \left[\frac{w''}{g^{3/10}} \cdot \left(\frac{\gamma_w}{\gamma''_s}\right)^{4/9} \cdot \left(\frac{q^{0,6} \cdot h^{0,5}}{d_{90}^{0,4}}\right)\right]$$

Die so korrigierte Gleichung kann ohne Beschränkung auf natürliche Verhältnisse übertragen werden.

Schlußbetrachtungen:

- Die Berücksichtigung des Abriebes beim Kolkvorgang führt bei natürlichen Mischungen zu sehr großen Kolktiefen. Ohne Berücksichtigung des Abriebes ist beim Versuch dıhq die Kolktiefe $S_0 = 0{,}345$ m (Kotoulas, 1967), während sie bei Berücksichtigung des Abriebes (Tabelle 1) $S_0 = 2{,}25$ m ist (siebenmal größer!). Deswegen muß diese Gleichung in der Praxis mit großer Vorsicht verwendet werden.
- Die Versuche zeigen, daß sich Sohlenmaterial aus einheitlichem Korn anders verhält als natürliche Mischungen. Deshalb dürfen die aus einheitlichem Material gewonnenen Erfahrungen und Gleichungen nicht ohne weiteres auf natürliche Verhältnisse übertragen werden. Sie müssen vielmehr im Modell mit natürlichen Mischungen überprüft werden.

Résumé

Influence de l'usure par frottement sur la dimension de l'affouillement des barrages — Essais de détermination fondée sur la technique d'expérimentation d'Eggenberger et sur l'équation généralisée d'affouillement de Müller

L'équation de Müller, appliquée aujourd'hui encore dans la correction des torrents, ayant été développée sur la base d'expériences réalisées avec des matériaux de grain uniforme, son application dans des conditions de mélange naturelles donne-t-elle des résultats conformes à la réalité? Une série de mesures effectuées selon le procédé d'Eggenberger avec quatre matériaux allant du mélange naturel au grain homogène montrent que les frottements provoquent, par rapport aux valeurs obtenues par calcul à l'aide de l'équation de Müller, une augmentation de la profondeur d'affouillement croissant avec l'hétérogénéité du matériau. L'adjonction à l'équation d'un facteur de correction tenant compte de cette dernière, donc basé sur la composition granulométrique, et la poursuite des études de laboratoire sur modèles sont encore nécessaires afin d'assurer la validité des résultats, à considérer prudemment jusque là. *J.-F. Matter*

Literaturverzeichnis

Eggenberger, W., 1944: Die Kolkbildung beim reinen Überströmen und bei der Kombination Überströmen — Unterströmen. Diss. ETH, Mitteilung Nr. 5 der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau (VAWE) an der ETH, Zürich

Kotoulas, D., 1967: Das Kolkproblem unter besonderer Berücksichtigung der Faktoren Zeit und Geschiebemischung im Rahmen der Wildbachverbauung. Diss. ETH, Mitteilung der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Band 43, Heft 1, Zürich

Müller, R., 1944: Die Kolkbildung beim reinen Unterströmen und allgemeine Behandlung des Kolkproblems. Diss. ETH, Mitteilung Nr. 5 der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau (VAWE) an der ETH, Zürich