

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik =
Revue technique suisse des mensurations et améliorations foncières

Herausgeber: Schweizerischer Geometerverein = Association suisse des géomètres

Band: 39 (1941)

Heft: 8

Artikel: Entwässerung durch offene Gräben [Schluss]

Autor: Fluck, Hans

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-199129>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 09.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Der Schweizerische Geometerverein ernannte ihn 1939 in Anerkennung seiner hervorragenden Verdienste um die Ausbildung der Vermessungsfachleute und des Vermessungswesens überhaupt zu seinem Ehrenmitgliede.

Neben all dieser reichen, beruflich orientierten Tätigkeit umfaßt das Interesse des Jubilaren auch die Politik in Gemeinde, Kanton und Bund. Die freisinnige Partei hat in ihm einen überzeugten, klar analysierenden und entschlußfreudigen Berater.

Im Militärdienst stieg er von Stufe zu Stufe. Heute, wo für das Land die militärische Bereitschaft erstes Gebot ist, ist auch seine Tätigkeit in der Hauptsache soldatisch orientiert. Als Kommandant einer Heeresinheit steht er auf verantwortungsvollem Posten.

Das sind einige kurze Daten aus dem Lebensweg des Jubilaren. Tiefe Dankbarkeit für sein umfassendes Wirken und seine Menschlichkeit steht an der Schwelle seiner siebenten Lebensdekade, und der allseitige Wunsch begleitet ihn, gleich forsch, jeder Pose abhold wie bis anhin, so auch fernerhin in seinem Lebenskreis zu wirken.

Bertschmann, Präsident des SGV.

Entwässerung durch offene Gräben

Nach einem Vortrag, gehalten von Kulturingenieur *Hans Fluck*, im Vortragskurs 1940 des Verbandes praktizierender Grundbuchgeometer.

(Schluß.)

In der ausländischen Literatur finden sich eine Menge anderer empirischer Formeln, die auf alle möglichen Einflüsse Rücksicht nehmen. Berechnet man aber die Abfluß-Spende für einen bestimmten Fall, so ergeben sich aus den Formeln derart verschiedene Ergebnisse, daß man kein Zutrauen zu ihnen haben kann. Ich verzichte daher darauf diese Formeln zu zitieren.

Einen wertvollen Aufschluß über das zu erwartende Hochwasser geben Hochwassermarken an bestehenden Wasserläufen, sofern diese Marken den Wasserstand auf einer genügend langen Strecke festlegen. In diesem Fall werden Gefälle und Wasserquerschnitt sowie mittelst Flügelmessungen auch die Rauigkeit des Gewässers ermittelt. Aus diesen Beobachtungen läßt sich dann die Hochwassermenge berechnen. Hierbei ist aber sehr zu beachten, daß Wasserpflanzen die Rauigkeit bei niedrigem Wasserstande viel stärker beeinflussen, als bei Hochwasser. So wurde zum Beispiel am linken Hauptkanal der Magadinoebene durch Flügelmessungen die Rauigkeit k nach Strickler, auf die wir noch zurückkommen werden, zu 8,85 bestimmt, während die Hochwasserberechnungen mit einem $k = 35$ durchgeführt wurden.

In der Magadinoebene ist man für die Bemessung der offenen Gräben von dem größten beobachteten Niederschlag innert 24 Stunden ausgegangen. Er beträgt 204 mm, rund 200 mm. Unter der Annahme, daß

im gebirgigen Teil des Einzugsgebietes 80% der Niederschläge innert 15 Stunden zum Abfluß kommen, ergibt sich eine Abfluß-Spende von:

$$q = \frac{0,200 \cdot 0,8 \cdot 10^6}{15 \cdot 3600} \sim 3 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1} \text{ km}^{-2}$$

Für den ebenen Teil des Einzugsgebietes wurde gefordert, daß die Hälfte des Niederschlages von 200 mm in 24 Stunden abgeführt werden:

$$q = \frac{0,200 \cdot 0,5 \cdot 10^6}{86400} \sim 1 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1} \text{ km}^{-2}$$

Diese Annahmen haben sich bewährt.

Der Abfluß des Wassers in offenen Gräben erfolgt in gleichförmiger Strömung, indem die beschleunigende Kraftkomponente der Schwere dem verzögernden Reibungswiderstand gleich ist. Für die mittlere Geschwindigkeit v des Querschnittes, die mit der Querschnittsfläche F vermehrt, die Abflußmenge Q in der Zeiteinheit liefert, gilt die Formel:

$$v = k R^{2/3} J^{1/2}$$

Diese Formel wurde von Gauckler für Gefälle $\geq 0,7\text{‰}$ schon im Jahre 1868 aufgestellt. Der Schweizer Ingenieur Strickler hat dann im Jahre 1923 eine Abhandlung veröffentlicht, aus der hervorgeht, daß innerhalb der im Wasserbau vorkommenden Bereiche der Dimensionen, Rauigkeit und Geschwindigkeit die Gauckler'sche Formel als allgemein gültige Gleichung für die mittlere Strömungsgeschwindigkeit bei gleichförmiger Bewegung in Flüssen, Kanälen, geschlossenen Leitungen betrachtet werden kann.

k beträgt bei grobem Kies 50/100/150 mm	35
bei feinem Kies 10/20/30 mm	45
bei Kies mit vielem Sand	50

Aus der angeführten Formel geht hervor, daß nicht nur die Rauigkeit und das Gefälle für die Wassergeschwindigkeit ausschlaggebend sind, sondern auch die Form des Gerinnes. In der Kulturtechnik erhalten die Gräben meistens trapezförmigen oder trapezähnlichen Querschnitt. Für eine bestimmte Größe der Querschnittsfläche und ein bestimmtes Gefälle ergibt jenes Trapez das Maximum des Durchflusses, welches ein halbes regelmäßiges Sechseck bildet. Der Böschungswinkel ist in diesem Fall 60° , die Böschungsneigung 1 : 0,58.

In der Kulturtechnik kommen aber meistens die Böschungsverhältnisse 1 : 1, 1 : 1,5, 1 : 2 und gelegentlich 1 : 3 vor. Uns interessieren daher vielmehr diejenigen Trapeze, die bei den genannten Böschungsverhältnissen den größten Abfluß geben. Dies ist offenbar dann der Fall, wenn bei konstanter Querschnittsfläche F der benetzte Umfang p ein Minimum erreicht.

Bedeutet t die Wassertiefe und s die Sohlenbreite des Grabens und ist die Böschungsneigung 1 m, dann haben wir

$$F = st + mt^2 \quad s = \frac{F}{t} - m$$

$$p = \frac{F}{t} - mt + 2t \sqrt{1 + m^2}$$

$$\frac{dp}{dt} = -\frac{F}{t^2} - m + 2\sqrt{1 + m^2} = 0$$

$$F = t^2 (2\sqrt{1 + m^2} - m) = t^2 M$$

$$p = \frac{t^2 M}{t} - mt + 2t \sqrt{1 + m^2} = 2t M$$

$$s = p - 2t \sqrt{1 + m^2} = 2t M - 2t \sqrt{1 + m^2} \\ = t (2M - M - m) = t (M - m)$$

$$R = \frac{F}{p} = \frac{t^2 M}{2t M} = \frac{t}{2}$$

Für m	=	1	1,5	2	3
ist M	=	1,82	2,10	2,47	3,32

Beispiel.

$$Q = 9 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1} \quad J = 2\text{‰} \quad k = 35 \quad m = 1,5$$

$$Q = F \cdot v = t^2 M \cdot k R^{2/3} J^{1/2} = \frac{t^{8/3} \cdot 2,1 \cdot 35 \cdot 0,002^{1/2}}{2^{2/3}} = 9$$

$$t = \left(\frac{9 \cdot 2^{2/3}}{2,1 \cdot 35 \cdot 0,002^{1/2}} \right)^{3/8} = \underline{1,735 \text{ m}}$$

$$s = t (M - m) = 1,735 (2,1 - 1,5) = \underline{1,04 \text{ m}}$$

Praktisch hat das hydraulisch günstigste Querprofil jedoch nur geringe Bedeutung, wie aus der nachfolgenden Tabelle hervorgehen mag:

No.	s	H. W.			M. W.		F*
		t	v	F	t'	v'	
	m	m	m/sec ⁻¹	m ²	m	m/sec ⁻¹	m ²
1	0,40	1,93	1,41	6,36	0,38	0,55	<u>6,80</u>
2	1,04	1,735	<u>1,42</u>	<u>6,32</u>	0,26	0,52	8,08
3	1,50	1,62	1,41	6,36	0,22	0,49	9,00
4	<u>2,00</u>	<u>1,50</u>	1,41	6,37	<u>0,18</u>	0,47	10,00
5	3,00	1,31	1,38	6,50	0,15	0,42	12,00

Diese Tabelle wurde berechnet für folgende Annahmen:

$$\text{Hochwassermenge } Q = 9 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$$

$$\text{Mittelwassermenge } Q' = 0,2 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$$

$$J = 2\text{‰} \quad k = 35 \quad m = 1,5 \quad \text{Kanaltiefe} = 2,00 \text{ m}$$

Das im obigen Beispiel berechnete hydraulisch günstigste Profil (Nr. 2) weist selbstverständlich die größte Wassergeschwindigkeit und somit den kleinsten Wasserquerschnitt auf. Der Unterschied mit den übrigen Profilen ist aber sehr klein.

Für die Erstellungskosten ist zudem nicht der Wasserquerschnitt F , sondern der Querschnitt F^* des Aushubes maßgebend. Aus der Tabelle ist nun ersichtlich, daß das hydraulisch günstigste Profil nicht die kleinste Aushubfläche aufweist.

Maßgebend bei der Wahl der Sohlenbreite ist daher nicht das hydraulisch günstigste Querprofil, sondern es kommt vor allem darauf an, welche Bedingungen an die Höhe der Wasserspiegel gestellt werden. Soll z. B. der Hochwasserspiegel mindestens 0,50 m und der Mittelwasserspiegel mindestens 1,80 m unter dem Terrain liegen, dann muß hier die Sohlenbreite mindestens zu 2,00 m gewählt werden.

3. Ausbau und Unterhalt der offenen Gräben

Ein offener Graben, der ohne besondere Sicherungen in das Gelände eingeschnitten wird, würde in der Regel bald zerfallen. Insbesondere ist der Böschungsfuß leicht Zerstörungen ausgesetzt. Zu seinem Schutze kommen alle möglichen Befestigungsarten in Anwendung: Hölzerne Längsschwellen, Bretter, Flechtzäune, Strauchbündel, Steinpflasterung, Steinpackungen, Gneisplatten, Betonplatten, Konstruktionen aus armiertem Beton usw. Überschreitet die Wassergeschwindigkeit eine bestimmte, von der Bodenart abhängende Grenze, so muß auch die Sohle befestigt werden. Diese Grenze liegt etwa bei folgenden mittleren Geschwindigkeiten:

bei feinem Sand und Schlamm	0,4—0,5 m/sec ⁻¹
bei gewöhnlichem Sand, Lehm und Moor	0,8—1,0
bei grobem Sand und Tonboden	1,5
bei Kiesboden	über 1,5

Mit Bezug auf die gebräuchlichen Uferschutzbauten und Sohlenbefestigungen verweise ich auf die vom Schweiz. Kulturingenieurverein veröffentlichten Typen von Sohlenbefestigungen und Uferschutzbauten für Entwässerungsanlagen und Bachkorrekturen. Wir wollen hier nur festhalten, daß ausschließlich wetter- und säurefestes Material verwendet werden darf. Holz kommt nur in Frage, wo es stets unter Wasser zu liegen kommt. Sind Steine vorhanden, so ist wohl die Steinpflasterung am meisten zu empfehlen, vorausgesetzt, daß sie gut fundiert wird und auf Kies verlegt wird. Eine Bettung auf Sand taugt nichts, da der Sand bald ausgeschwemmt würde.

Durch die Ufer- und Sohlenschutzmaßnahmen wird den Fischen zweifellos das Leben nicht leicht gemacht, ja es wird ihnen in vielen Fällen verunmöglicht. Es bestehen zwar eine Reihe von Vorschlägen für Fischwohnungen, Fischnischen und Fischunterständen, meistens aus Beton oder armiertem Beton. Ich möchte den Herren Betonfabrikanten nicht zu nahe treten, aber ich kann kein Zutrauen zu diesen künstlichen Gebilden haben. Die Fische meiden den Beton. Selbst Aale, die ein sehr zähes Leben haben, gehen in Betontrögen leicht zugrunde. Wenn es irgendwie möglich ist, sollen zum Schutz der Fische Altwässer beibehalten werden; dort fühlen sie sich sicher eher zu Hause als in den sogenannten Fischwohnungen. Wo es angeht, sollten im Interesse der Fische auch kleine Abstürze vorgesehen werden, da sie das Wasser mit Sauerstoff versehen, ohne die Freizügigkeit der Fische zu beeinträchtigen.

Aus Sparsamkeitsgründen wird in der Regel nur der vom Mittelwasser benetzte Teil der Böschung gesichert. Der Rest der Böschung wird mit Rasenziegeln bedeckt oder mit einer Humusschicht versehen und angesät. Die Böschungsneigung sollte auf alle Fälle folgende Maße nicht überschreiten:

bei Tonboden 1 : 1
bei Lehmboden 1 : 1 ½
bei Sandboden 1 : 2

Um die Gefahr von Auflandungen zu vermeiden, müssen in allen Gräben, die Geschiebe mit sich führen würden, Geschiebesammler vorgesehen werden. Da Sand und Schlamm die Geschiebesammler aber leicht passieren, sollte die Geschwindigkeit in den Gräben nicht unter 0,20 bis 0,25 m/sec⁻¹ sinken. Das Gefälle sollte nicht unter 0,3% angenommen werden. In der Stirnwand des Kiessammlers ist eine Entleerungsöffnung vorzusehen, damit das Wasser bei der Reinigung abgelassen werden kann. Nach der Reinigung wird die Öffnung wieder mit flachen Steinen so geschlossen, daß sie kein Geschiebe durchläßt. Größte Beachtung ist dem Absturz beim Austritt des Wassers aus dem Kiessammler zu schenken. Um die zerstörende Wirkung des fallenden Wassers zu beheben, ist meistens ein Wasserpolster anzubringen.

Bei Kreuzungen der offenen Gräben mit Straßen oder Bahnlinien sind Brücken oder Durchlässe notwendig. Die Brückenwiderlager dürfen den für den Abfluß des Hochwassers notwendigen Querschnitt nicht vermindern. Mittelpfeiler können bei den verhältnismäßig kleinen Lichtweiten stets vermieden werden. Ist bei einer Bachkorrektur eine Vertiefung der bestehenden Sohle erforderlich, so hängt das Vorgehen von der bestehenden Brückengründung ab, die daher genau ermittelt werden muß. Ist sie ungenügend, so muß sie vorerst durch Unterfangen vertieft werden, es sei denn, daß eine teilweise Vertiefung mittelst einer Mittelwasserrinne genüge.

Ist die Brücke auf einen Holzrost fundiert, so ist ganz besondere Vorsicht am Platze, da durch die Vertiefung der Holzrost trocken gelegt werden kann und damit der Fäulnis ausgesetzt wird.

Bei der Bemessung der Durchlässe soll man nicht vergessen, daß die Gräben bei Hochwasser auch Schwemmgut mit sich führen, die den Durchlaß leicht verstopfen können.

Fehlt es bei der Überquerung einer Straße an der nötigen Bauhöhe, dann muß an Stelle des Durchlasses ein Düker oder Syphon treten. Die Leitung muß mit aller Sorgfalt druckfest ausgebaut werden. Der Schlammablagerung ist größte Aufmerksamkeit zu schenken. Viele Düker zeigen nur deshalb mangelhafte Leistung, weil sie mit Schlamm und Sand angefüllt sind. Für die Berechnung der kreisrunden Düker kann folgende Formel verwendet werden:

$$H = \left(1,5 + \lambda_1 \frac{L}{d} \right) \frac{v^2}{2g}$$

H = Höhendifferenz der Wasserstände beim Ein- und Auslauf.

L = Länge des Dükers.

d = Durchmesser des Dükers.

$$\lambda_1 = 0,01989 + \frac{0,0005078}{d} \text{ (Darcy).}$$

Kreuzen sich zwei große Kanäle, dann ist der Bau einer Kanalbrücke notwendig, wie dies z. B. der Fall war, bei der Kreuzung des linken Hauptkanals der Magadinoebene mit dem Wildbach Trodo.

Mit Bezug auf den Unterhalt der offenen Gräben ist zu sagen, daß selbst in gepflasterten Schalen mit Verunkrautung und Schlammablagerung zu rechnen ist. In den kleinen Wasserläufen finden wir immer eine Menge Wasserpflanzen, die dem Wasserablauf hinderlich sind: so die Laichkräuter, Krebschere, kanadische Wasserpest, Igellockgewächse, Wasserhahnenfuß usw.

Die Wasserpflanzen sollten alle Jahre zweimal, im Frühjahr und im Herbst, abgeschnitten werden. Am besten eignet sich dazu eine alte Sense mit langem Stil. Die Krautung hat von unten nach oben zu geschehen, damit die Pflanzen davon schwimmen und sich das Wasser senkt. An einer geeigneten Stelle wird quer über den Bach ein Rechen erstellt um die Pflanzen aufzufangen. Die Fischer sind immer sehr wenig erbaut von der Reinigung der Kanäle, indem sie befürchten, daß den Fischen die Nahrung ausgeht. Wir haben schon alles mögliche versucht, um die Fischer zu befriedigen. Wir haben z. B. die Pflanzen längs den Ufern stehen gelassen. Sofort aber verdichteten sich diese Pflanzen infolge des Sandes und Schlammes zu festen Polstern, die selbst den Fischen nicht mehr zugänglich waren. Dann versuchten wir die Pflanzen dort stehen zu lassen, wo eine Erhöhung des Wasserspiegels nicht viel schadete. Leider mußten wir aber konstatieren, daß die Bachsohle sich immer mehr erhöhte. Schließlich sind wir dazu gekommen, die Kanäle nicht nacheinander ganz zu reinigen, sondern abwechslungsweise und stückweise, sodaß kein Kanal vollständig pflanzenlos blieb.