

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 59/60 (1912)  
**Heft:** 25

**Artikel:** Die Kutter'schen Rauhigkeitsziffern in der Chézy'schen Formel  
**Autor:** Rümelin, Th.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-30098>

### **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:** 06.02.2025

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

INHALT: Die Kutter'schen Rauigkeitsziffern in der Chézy'schen Formel. — Die Radrennbahn Zürich-Oerlikon. — Die Kirche St. Johann in Davos. — † L. Zedel. — Ueber die Abklärung in der Anwendung verschiedener Motorsysteme innerhalb der Einphasentraktion. — Miscellanea: Ueber Widerstandsfähigkeit von Gips gegen Feuer. Zum Gotthardvertrag. Ueber die Berechnung gewölbter Platten. Elektrisches Kraftwerk Molinis-Lüen. Schweizerischer Bundesrat. Verbesserung der Abdampf-Druckverhält-

nisse an grossen Dampfturbinen. Ausnützung der Wasserkräfte in Graubünden. — Konkurrenzen: Bebauungsplan Gerbale-Tablat. — Literatur. — Vereinsnachrichten: St. Gallischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Bernischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender: Stellenvermittlung.

Tafeln 76 bis 79: Die Kirche St. Johann in Davos. — Tafel 80: L. Zedel.

Band 60.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und unter genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 25.

## Die Kutter'schen Rauigkeitsziffern in der Chézy'schen Formel.

Von Regierungsbaumeister a. D. Th. Rümelin, Dresden.

Alle Rechte vorbehalten.

### Ueber die Gesetze der Wasserbewegung im allgemeinen.

Die Kutter'schen Rauigkeitsziffern gelten nur für stationären Zustand und gleichförmiges Fliessen oder, wenn man der in meiner bei K. Wittwer in Stuttgart über „Das gleichförmige Fliessen des Wassers“ erscheinenden Abhandlung gegebenen Anregung folgen will, für Fliessen schlechtweg. Nicht jede Wasserbewegung ist ein Fliessen. Es gibt drei Zustände der ortsverändernden Bewegung des Wassers:

1. Die praktisch wirbellose Bewegung, die unterhalb den von Reynold's untersuchten Grenzen liegt und in langsamem Gleiten kleinerer oder grösserer Teile der Wassermasse besteht;

2. diejenige Bewegung, die wir mit „Fliessen“ bezeichnen und für welche die Erscheinung der Sekundärströmungen und der Pulsationen ein typisches Merkmal bildet. Ist diese Bewegungsart ganz rein vorhanden, ohne Uebergänge zu 1. oder 3., so herrscht vollkommene Ditropie<sup>1)</sup>;

3. alle diejenigen Bewegungsarten des Wassers, die nicht mehr als ein regelrechtes Fliessen angesehen werden können, wie das dem freien Fallen ähnliche, sehr rasche und sich beschleunigende Dahinstürzen auf viskoser Unterlage oder das ebenso erfolgende Schütten, Spritzen u. dergl. aus Röhren usw., wobei die Wassermasse im ganzen fortgetragen wird.

Zwischen den drei Zuständen gibt es Uebergänge, welche, entsprechend der Natur des Wassers, sich durchaus stetig und lückenlos darbieten.

Die Bewegungen 1. und 3. sollen hier nicht weiter betrachtet werden; der Leser möge sich bloss vor Augen halten, dass diese beiden den Bewegungszustand 2. zwischen sich einschliessen, insofern als bei der mit kaum merkbarer Geschwindigkeit sich vollziehenden Ortsveränderung 1. der dem Fliessen eigentümliche Bewegungszustand der ganzen Wassermasse *noch nicht*, bei der mit grosser Geschwindigkeit erfolgenden Bewegung 3. dagegen *nicht mehr* vorhanden ist. Durch Steigerung der Geschwindigkeit kann eine Wassermasse nacheinander die Bewegungszustände 1., 2. und 3. annehmen.

Eine auf synthetischem Wege zustande kommende Formel, die das wahre Wesen des Fliessens darstellen soll, hat zur Voraussetzung ihrer Richtigkeit und Brauchbarkeit die einwandfreie Erkenntnis dieses Vorganges. Solange eine derartige Erkenntnis nicht vollständig gelungen und experimentell umfassend bestätigt ist, haben schärfere mathematische Formulierungsversuche nur einen zweifelhaften Wert, und der Praktiker jedenfalls wird sich besser an die empirischen Formeln halten, die bis jetzt über das Fliessen des Wassers existieren.

Die bequemste und für Bauprojektierungen stets ausreichende Formel über die Wassergeschwindigkeit ist bekanntlich diejenige von Chézy<sup>2)</sup>

$$v = k \sqrt{RJ},$$

worin  $k$  am einfachsten sich bestimmt aus der Kutter'schen Formel

$$k = \frac{100 \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}}.$$

<sup>1)</sup> Hierüber vergleiche die eingangs genannte Schrift.

<sup>2)</sup> Oft auch, aber mit Unrecht, Eytelwein'sche Formel genannt. Man müsste mindestens «Chézy-Eytelwein'sche Formel» sagen.

Obige Formel für  $v$  findet man auch als Lueger'sche Formel bezeichnet, z. B. bei Christen, Translation des Wassers. Lueger hat die Formel in seiner ausgedehnten Bau- und Projektierungspraxis allerdings fast ausschliesslich verwendet, auch über das  $m$  Tabellenwerte berechnet, allein die Formel stammt von Kutter. Der Fall liegt ähnlich wie bei der Geschwindigkeitsformel. Wie dort Chézy, so gebührt hier Kutter das Verdienst der „Erfindung“ und theoretischen Formulierung, während Eytelwein und Lueger die Formeln in der Praxis weiter ausgebaut haben. Spricht man also von einer Chézy-Eytelwein'schen Formel, so müsste man auch die Bezeichnung Kutter-Lueger'sche Formel annehmen. Da ferner Bazin zur Bestimmung seines Koeffizienten je eine grosse Menge scharfer Versuche ausgeführt hat und, wie unten gezeigt ist, diese Zahlen sich ohne weiteres rechnerisch für die  $m$  der Kutter'schen Formel übertragen lassen (da Kutter auf der alten Darcy-Bazin'schen Formel fusste), und da weiterhin im Nachstehenden begründet ist, warum diese Formel mit dem Beiwert 100 der Bazin'schen Formel mit dem Beiwert 87 vorzuziehen ist, so dürfte es gerecht sein, in Zukunft der Formel

$$k = \frac{100 \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}}$$

den Namen der Kutter-Bazin-Lueger'schen Formel oder, mit Rücksicht auf das verhältnismässig geringere Verdienst Luegers daran, kürzer der „Formel von Kutter und Bazin“ zu geben. Die Bedeutung der Buchstaben in diesen Formeln ist bekannt.

### Die empirischen Formeln.

Die Benützung der empirischen Formeln von Chézy und Kutter ist also ein Notbehelf. Wenn ich dem entwerfenden und bauenden Praktiker von all den vielen empirischen Formeln über das Fliessen des Wassers gerade diese empfehle, so geschieht dies aus folgenden Gründen:

1. Es gibt noch kürzere, einfachere Formeln, wie z. B. die Formel mit konstanten Koeffizienten oder etwa die Formel von Hessel-Stockholm, allein diese Formeln sind nicht so zuverlässig wie jene von Chézy und Kutter.

2. Es gibt verwickeltere Formeln, wie z. B. die von Christen, Siedek, Hermanek, Matakiewicz, Lindboe, Waidern und andern. Allein die grössere Schärfe, die mit diesen Formeln allenfalls, aber durchaus nicht immer, gegenüber Chézy-Kutter erreicht wird, ist nicht so bedeutend, dass dadurch der unverhältnismässige Zeitaufwand gerechtfertigt wird, den diese neuern Formeln erfordern.

3. Es gibt spezialisiertere Formeln, die bloss für Bewegung in Röhren oder in städtischen Kanalnetzen usw. aufgestellt sind. Diese Formeln sind erstens nicht kürzer und bequemer als Chézy-Kutter, zweitens aber haben sie den grossen Nachteil, dass sie eben spezialisiert sind, also den allgemeinen Ueberblick vermissen lassen.

4. Bazin's neuere Formel

$$k = \frac{87 \sqrt{R}}{\gamma + \sqrt{R}}$$

ist nicht so bequem wie die von Kutter, denn die Auswertung von  $87 \sqrt{R}$  erfordert auf dem Rechenschieber einen Griff mehr als diejenige von  $100 \sqrt{R}$ ; sie kann auch nur mit Mühe im Kopf berechnet werden. Da sie jünger als die Kutter'sche Formel ist, so fehlt ihr auch die geschichtliche Prioritätsberechtigung. Der irrigen Meinung, als ob sie andere Werte ergäbe wie Kutter, braucht nicht ausführlich entgegengetreten zu werden, es genügt der Hinweis, dass die Rauigkeitsziffer

$$\gamma = \frac{(87 - 100) \sqrt{R} + 87 m}{100}$$

ist, dass die Formel somit keine selbständige Neuerung gegenüber Kutter darstellt und dass beliebig viele andere entsprechende Formeln, wie z. B.

$$k = \frac{97 \sqrt{R}}{\varepsilon + \sqrt{R}}, \text{ mit } \varepsilon = \frac{(97 - 100) \sqrt{R} + 97 m}{100}$$

oder allgemein:

$$k = \frac{C \sqrt{R}}{w + \sqrt{R}}$$

mit einer ganz beliebigen Konstanten  $C$  und

$$w = \frac{(C - 100) \sqrt{R} + C m}{100}$$

als der zu  $\sqrt{R}$  und  $m$  proportionalen Rauigkeitsziffer aufgestellt werden können.

5. Die ältere Bazin'sche oder Bazin-Darcy'sche Formel

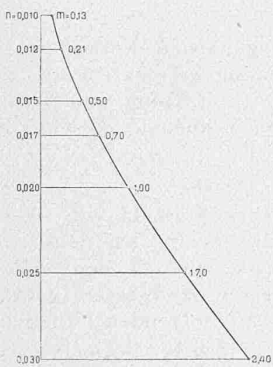
$$k = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \frac{\beta}{\sqrt{R}}}}$$

ist augensichtlich nicht so bequem wie die Formel von Kutter.

6. Die Formel von Ganguillet-Kutter für

$$k = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{1,55}{J}}{1 + \left(23 + \frac{1,55}{J}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}} \quad (J \text{ in } \text{‰})$$

ist für die Entwurfs- und Baupraxis entbehrlich. Die einfache Kutter'sche Formel reicht hier mit demselben Rechte aus, mit welchem Bazins neuere Formel z. B. von französischen Konstrukteuren in praktischen Fällen durchgängig gebraucht wird. Nur wenn bei langsam fließenden Strömen oder Kanälen mit kleinem  $J$  der Wert  $\frac{1,55}{J}$  erheblich grösser wie 1 wird, so erscheint die Anwendung der grossen Formel von Ganguillet und Kutter geboten. In allen übrigen Fällen aber ergeben die Kutter'schen Formeln das gleiche  $k$ , und es lässt sich dann  $m$  aus  $n$  berechnen und umgekehrt (siehe die Tabelle und Abbildung).



Mittelwerte der Rauigkeitsziffern  $n$  und  $m$  der Kutter'schen Gleichungen.

Gerinnewandungen	$n$	$m$
aus neuem vollständig glattgeputztem Beton, glattgehobeltem Holz oder glatten Metallplatten ohne Ränder, zum Beispiel eiserne Druckrohrleitungen neu . . . . .	0,010	0,13
aus älterem vollständig glattgeputztem Beton, sauberem glatten Quadermauerwerk oder älteren eisernen Druckrohrleitungen, Druckrohrleitungen in Eisenbeton . . . . .	0,012	0,21
aus unverputztem, aber sehr glattem Feinbeton, wie z. B. mit «Kanalhaut» überzogene Zementrohre u. dgl. . . . .	0,014	0,36
aus rauh zugeriebenen älteren Betonputzflächen, gewöhnl. Schichten- oder Backsteinmauerwerk . . . . .	0,015	0,50
aus ebenen Betonflächen ohne Putz, gefugtem hammerrechten Bruchsteinmauerwerk, Sohle etwas mit Schlamm bedeckt . . . . .	0,017	0,70
aus altem Beton oder Mauerwerk mit schlammiger, unbefestigter Sohle, Wände und Sohle aus Fels . . . . .	0,020	1,00
aus Kies mit steiniger oder schlammiger Sohle und wenig Wasserpflanzen . . . . .	0,025	1,70
Gewässer mit in Bewegung befindlichem Geschiebe, Wasserpflanzen, Eisgang usw. . . . .	0,030	2,40 und mehr

Anmerkung. Zu beachten ist, dass die Rauigkeitsziffern sich an Berührungsstellen mit totem Wasser (z. B. bei ungleich tiefen Flüssen) häufig erniedrigen, weil hier die Wandreibung stellenweise fortfällt.

Die Rauigkeitsziffern von Kutter und Ganguillet.

Von mancher Seite sind gegen die empirische Formel von Kutter und Ganguillet Einwände gemacht worden. Der Verfasser steht, wie schon weiter vorn angedeutet, auf dem Standpunkt, dass der Praktiker sich den Kutter'schen Formeln nach wie vor ruhig anvertrauen darf. Daran konnte bis jetzt keiner der in der Literatur veröffentlichten Einwände etwas ändern. Auch die umfassenden, mit grosser Sorgfalt ausgeführten und durchgerechneten Versuche Dr. Eppers, die dieser in seiner „Hydrometrie der Schweiz“ aufgezeichnet hat, beweisen nichts gegen die Zuverlässigkeit der Kutter'schen Formeln, im besondern der bisher üblichen Werte  $m$  und  $n$  der sogenannten Rauigkeit der Gerinnewandungen. Da gerade Epper am meisten ins Feld geführt wird, wenn die Zulässigkeit der Weiterverwendung jener Formeln angezweifelt wird, so muss hierauf näher eingegangen werden.

Es ist zunächst auf einen grundsätzlichen Irrtum aufmerksam zu machen, dem man allerdings bei hydraulischen Berechnungen öfters begegnen kann.

Die aus der Chézy'schen Formel abgeleitete Beziehung

$$k = \frac{v}{\sqrt{R J}}$$

gilt, wenn man die von Kutter, bzw. Kutter und Ganguillet gegebenen Werte für  $m$  und  $n$  einsetzt, nur für gleichförmige Wasserbewegung, nicht aber dann, wenn sich das Messprofil im Stau- oder in einer Beschleunigungsstrecke befindet. Denn in diesen Fällen wird entweder ein Teil des am Profil vorhandenen, also wirklich gemessenen Spiegelgefälles  $J$  dazu verwendet, eine Geschwindigkeitsänderung zu erzeugen, oder es wird durch den Stau kinetische Energie teilweise in potentielle Energie umgesetzt. Diese Teile von  $J$  sind von dem im Profil errechneten, bzw. gemessenen  $J$  der gleichförmigen Wasserbewegung abzuziehen oder hinzu zu addieren, wenn man aus  $J$  und  $v$  einen Rückschluss auf  $k$ , bzw.  $m$  und  $n$  machen will.

Sehen wir uns daraufhin die Epper'schen Beispiele an, die von Krieger im „Zentralblatt der Bauverwaltung“, 1910, Seite 494, zum Teil als Einwände gegen die Formelwerte von Kutter und Ganguillet angeführt sind<sup>1)</sup>, so finden wir folgende Ergebnisse:

1. Beispiel: Tafel 67 in Eppers „Hydrometrie der Schweiz“, Kanal des Richtstollens im Simplontunnel.

$$R = 0,13; J = 6,833 \text{ ‰}; k = 64,1; n = 0,0126.$$

„Glatte Beton“. Diese Zahl  $n$  stimmt mit den bisher von Kutter und Ganguillet gegebenen Werten recht gut überein.

2. Beispiel: Tafel 81 in der „Hydr. d. Sch.“, Mühlbach bei Burgdorf.

$$R = 0,53; J = 1,775; k = 33,1; n = 0,0264.$$

Das Messprofil Eppers zeigt 3,60 mittlere Wasserbreite bei 0,74 m Tiefe, wobei das Gerinne auf der Sohle Bohlenbelag, an den Wänden Beton aufweist. Hier stimmt also etwas nicht. Sind nun die Kutter'schen Werte für  $n$  falsch? Nein, ein Blick auf die Lageplanskizze, die Epper gibt, bringt die Aufklärung. Das Wasser, muss man vermuten, befindet sich im Messprofil nicht in gleichförmiger, sondern in ungleichförmiger Bewegung, wie ja natürlich, denn das Profil liegt nur rund 20 m unterhalb der Radstube der Mühle.

3. Beispiel: Tafel 84 der „Hydr. d. Sch.“, Kanal des städtischen Elektrizitätswerkes Aarau.

$$R = 2,02; J = 0,12; k = 65,2; n = 0,0173.$$

Erdprofil in feinem Kies von 11,75 Sohlen- und 15,89 m Spiegelbreite, bei 2,64 m Wassertiefe, die oberen Teile der Seitenböschungen sind als Betonmauer ausgeführt. Die Zahl für  $n$  stimmt sehr gut mit dem bisher Bekannten.

<sup>1)</sup> Diese Epper'schen Beispiele haben auch in die neue, 4. Auflage des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften, III 1, bearbeitet von Bubendey, Aufnahme gefunden.



4. Beispiel: Tafel 86 der „Hydr. d. Sch.“, Oberwasserkanal des Wasserwerkes Festi Rasini bei San Giovanni Lupatoto<sup>1)</sup>.

$$R = 1,78; J = 0,057 \text{ ‰}; k = 100,5; n = 0,0109.$$

Sogenannter „relativ günstigster Kanalquerschnitt“ im Trapezprofil mit 10,55 m Spiegelbreite und 3,2 m Wassertiefe in der Mitte. Die Wandungen bestehen aus Betonpflaster, das leicht verschlammte ist. Die Grösse  $n$  kann aus dem Grunde nicht stimmen, weil das Messprofil nur 300 m oberhalb der Kraftstation genommen ist, während das Sohlgefälle des Kanals 0,4 ‰ beträgt. Das Profil liegt also im Stau.

5. Beispiel: Tafel 86 a bis c der „Hydr. d. Sch.“, Zuleitungstollen zum Wasserwerk Kubel<sup>2)</sup>. Das annähernd quadratische Stollenprofil aus Beton mit Glattputz an den Wänden läuft nicht voll, und zwar sind bei fünf verschiedenen Füllungen Wassermessungen vorgenommen worden.

$$R = 0,59; J = 0,555 \text{ ‰}; k = 83,1; n = 0,0113.$$

$$R = 0,57; J = 0,555 \text{ ‰}; k = 81,3; n = 0,0115.$$

$$R = 0,51; J = 0,555 \text{ ‰}; k = 79,8; n = 0,0115.$$

$$R = 0,44; J = 0,555 \text{ ‰}; k = 77,3; n = 0,0116.$$

$$R = 0,27; J = 0,555 \text{ ‰}; k = 71,8; n = 0,0115.$$

Die Werte stimmen vorzüglich.

6. Beispiel: Tafel 80 der „Hydr. d. Sch.“, Oberwasserkanal der Kraftanlage Rheinfelden.

$$R = 3,77; J = 0,234; k = 67,1; n = 0,0179.$$

Breites Erdprofil in Kiesgrund mit 55,73 m Spiegelbreite; die Ufer werden links durch Bruchsteinmauerwerk, rechts durch ein rauhes Steinpflaster gebildet. Die mittlere Wassertiefe beträgt 4,6 m, in der Nähe des linken Ufers 4,1, in der Nähe des rechten 4,0 m. Das errechnete  $n$  kann nicht ganz richtig sein, weil an der Profilstelle, 192 m hinter dem Kanaleinlauf, noch keine vollständig gleichförmige Wasserbewegung erreicht sein kann.

7. Beispiel: Tafel 74 der „Hydr. d. Sch.“, Taverbach am Simplon.

$$R = 0,19; J = 1,76 \text{ ‰}; k = 18,2; n = 0,035.$$

Rechteckiges Profil mit 2,21 m Sohlenbreite bei 0,23 m Wassertiefe; die senkrechten Wände links und rechts bestehen aus glattem Stein; die Sohle ist unbefestigt. Wiederm ergibt sich, wenn man das örtliche Gesamt- $J$  unreduziert verwendet, ein falscher Wert für  $n$ . Das Profil liegt aber nur 25 m oberhalb der Einmündung des Taverbach in den Ganterbach, es muss sich also, wie an solchen Stellen die Regel und wie auch aus dem Längenprofil zu schliessen, in ungleichförmiger, nämlich beschleunigter Wasserbewegung befinden.

8. Beispiel: Tafel 79 der „Hydr. d. Sch.“, Simme bei Wimmis.

$$R = 0,55; J = 1,8 \text{ ‰}; k = 19,8; n = 0,043.$$

Erdprofil im groben Kies bei 17,63 m Sohlenbreite und von links nach rechts fortschreitend, den Wassertiefen 0,35 — 0,6 — 0,6 — 0,75 — 0,7 — 0,2 m. Die Ufer sind durch kleine Mauern begrenzt.

Die abnormen Werte von  $k$  und  $n$  fallen auf. Bei der geringen Geschwindigkeit von 0,62 m/sek im Mittel kommt einem die Sache nicht recht geheuer vor, doch scheint der Lageplan 1 : 4000 auf Tafel 78 Aufklärung zu bieten. Daraus geht nämlich hervor, dass ungefähr 12 m unterhalb des Messprofils eine unvermittelte Profilverbreiterung bestand, die eine beschleunigende Wirkung auf das Spiegelgefälle oberhalb ausgeübt haben muss<sup>1)</sup>. Das breitere und unregelmässige Profil, das laut Lageplan nun auf 350 m folgt, unterhalb der Brücke aber auch nicht besser wird, erfordert für den Abfluss der 6,2 m<sup>3</sup> offenbar eine grössere Tiefe, als die schöne geradlinige und geradufrige Strecke oberhalb und am Messprofil und bewirkt gleichzeitig eine kleinere Geschwindigkeit. Es scheinen alle Voraussetzungen für einen Wassersprung bei  $N$  gegeben und damit ist klar, dass am Messprofil ein Beschleunigungszustand herrscht. Man muss dann einen ziemlichen Teil

des Spiegelgefälles  $J$  der Messstelle auf Rechnung der Geschwindigkeitsänderung an der Sprungstelle, also der Rückgewinnung von potentieller Energie oder, was dasselbe ist, der Arbeit zur Hebung von Wassergewicht, setzen, und es kommt dann für das noch verbleibende sogenannte reine Reibungsgefälle ebenso ein höheres  $k$ , wie umgekehrt ein kleineres  $n$  heraus.

9. Beispiel: Tafel 72 der „Hydr. d. Sch.“, Rhein bei Rheinfelden.

$$R = 2,63; J = 0,18 \text{ ‰}; k = 46,9; n = 0,0258.$$

Erdprofil in Kies. 159,9 m Spiegelbreite. Wassertiefen: am linken Ufer 1,4, links der Mitte 3,8, rechts der Mitte 3,6, am rechten Ufer 1,4 m. Der Wert  $n$  stimmt, aber wohl nur zufällig, nicht schlecht. Es dürfte nicht wundernehmen, wenn vielleicht etwas ganz anderes herausgekommen wäre. Man bemerke, das Spiegelgefälle  $J$  ist aus drei bis vier Einzelerhebungen, die sich über zwei Tage verteilen, und aus Ablesungen an beiden, um je 80 m von der Strommitte entfernten Ufern gemittelt.

10. Beispiel: Tafel 88 der „Hydr. d. Sch.“, Rhein bei Nol.

$$R = 3,54; J = 0,29; k = 47,42; n = 0,0265.$$

Erdprofil im Kies. 88,3 m Spiegelbreite. Wassertiefe vom linken zum rechten Ufer: 2 — 6 — 6,4 — 6,4 — 4,6 — 3,4 — 2,6 m. Der errechnete Wert  $n$  stimmt nicht schlecht. Das Beispiel kann übrigens keinen grossen Anspruch auf allgemeine Gültigkeit machen, weil  $v$  mittels Schwimmermessung gefunden worden ist. Schon aus diesem Grunde erscheint die Angabe des  $k$  auf zwei Dezimalen unnötig scharf.

11. Beispiel: Tafel 76 der „Hydr. d. Sch.“, Rhone bei Zehnäusern.

$$R = 0,69; J = 0,368 \text{ ‰}; k = 34,3; n = 0,0268.$$

Erdprofil im groben Kies, die Spiegelbreite beträgt 15,69 m, die Wassertiefe von links nach rechts hin der Reihe nach 0,45 — 0,7 — 0,83 — 1,15 — 1,15 m. Das linke Ufer besteht aus einer senkrechten Mauer, das rechte und die Sohlenpartien unmittelbar davor aus Steinplatten. Der Wert  $n$  stimmt nicht übel, weil an der rund 70 m unterhalb des Messprofils folgenden (starken) Profilverbreiterung offenbar, wie aus dem Lageplan 1 : 5000 hervorzugehen scheint, das Wasser seicht wird, sodass keine wesentliche Geschwindigkeitsänderung eintritt. Es liegt also, trotz der Profilverbreiterung unterhalb, kein Analogon zum 8. Beispiel vor.

Was hier für die Rauheitszahl  $n$  ausgeführt worden ist, lässt sich sinngemäss natürlich auch für die Zahl  $m$  der vereinfachten Kutter'schen Formel nachweisen.

#### Schlussfolgerung.

Keines der von Krieger, Bubendey und andern a. a. O. gebrachten Beispiele aus Eppers Hydrometrie beweist also etwas gegen die bisher bekannten Werte der Kutter'schen Rauheitsziffern.

### Die Radrennbahn Zürich-Oerlikon.

Von M. Scheifele, Gemeindeingenieur in Oerlikon.

(Schluss von Seite 305.)

Von der statischen Berechnung sei nur das Wesentlichste erwähnt<sup>2)</sup>. Als ständige Belastungen wurden ausser dem Eigengewicht auch Wind- und Schneedruck berücksichtigt. Als Verkehrslasten kamen hier nur Fahrzeuge in Frage; das Gewicht eines Motorrades mit Mann wurde zu 200 kg angenommen. Ferner wurde die Annahme getroffen, dass höchstens drei Fahrzeuge gleichzeitig einen gewissen Querschnitt der Bahn passieren können. Um den Erschütterungen durch Motorfahrzeuge Rechnung zu tragen, wurden die Radlasten im Sinne des Artikel 4, Absatz 3 c der Schweizerischen Kommissionsvorschriften um 50 ‰ erhöht.

<sup>1)</sup> Ausführliche Begründung dürfte erübrigen, da solche Wirkung von Werkkanälen, in denen verschiedene Profile sich folgen, bekannt ist. Einen typischen derartigen Fall kann man im Werkkanal Trostberg-Tacherting der Bayerischen Stickstoffwerke beobachten, beim sog. Scherferhaus.

<sup>2)</sup> Mitgeteilt von Ing. Jaro Poltva von der Firma Sander & Cie.

<sup>1)</sup> Beschreibung der Anlage in Bd. IL, S. 43 u. ff.

<sup>2)</sup> Beschreibung der Anlage in Bd. XLIII, S. 161 u. ff.