

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Band: 75/76 (1920)

Heft: 8

Artikel: Beobachtungen über Geschwindigkeitshöhen bei Profiländerungen in Kanälen

Autor: Büchi, J.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-36512>

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: 15.10.2024

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

aus verschiedenen An- und Umbauten hervorgegangenes Wohnhaus, dessen leidliche Instandstellung und Anpassung an die neuen Bedürfnisse weitgehende Umänderungen und Kosten veranlasst hätten. So entschloss sich im Jahre 1912 der neue Besitzer zu vollständigem Abbruch und zur Erstellung eines neuen Hauses, dessen Ausführung er der Architektenfirma Streiff & Schindler übertrug.

Die Anordnung des Grundrisses, wie sie aus den Abbildungen 3 bis 6 ersichtlich ist, ergab sich zwanglos aus den Wünschen des Bauherrn und der Lage des Grundstückes. Die Sonne verschwindet hier in der Winterzeit schon kurz nach 11 Uhr hinter den Flanken des Glärnisch; dafür öffnet sich, namentlich zu den Zeiten, da dichter grauer Nebel die ganze schweizerische Hochebene einhüllt, eine prächtige Aussicht auf den Talkessel von Glarus, auf die in glitzerndem Weiss strahlenden Hänge der einrahmenden Berge und die aus dem Hintergrund grünsenden Gipfel des Kärpfstock-Freiberggebietes. Diesem Blick wenden sich in breiter Südfront die Wohn- und Schlafzimmer zu, während aus der breiten Fensteröffnung der Halle das Auge über liebliches Waldwiesengelände auf die schroffen Felswände des Wiggis trifft (Abb. 1). Die Verlegung der Treppe in einen haubenbekrönten Flankierungsturm wahrte dem althergebrachten Namen seine neue Berechtigung.

Beobachtungen über Geschwindigkeitshöhen bei Profiländerungen in Kanälen.

Von J. Büchi, beratender Ingenieur, Zürich.

Am Kanal des Wasserkraftwerks der Aluminium-Industrie-Aktien-Gesellschaft an der Rhone bei Chippis finden sich mehrere Uebergänge vom relativ grossen Profil des offenen Kanals in die wesentlich kleinern Profile der eingeschalteten Tunnelstrecken und umgekehrt; einige dieser Uebergänge sind in den Abbildungen 1 bis 4 dargestellt. Der Kanal wurde in den Jahren 1907 bis 1910 ausgeführt.

Man hatte damals angenommen, dass in diesen Uebergangstrecken zusätzliche Gefällsverluste bzw. Gefällsrückgewinne eintreten, und diese nach der Formel $\xi \cdot \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$ bestimmt, wo v_1 die mittlere Profil-Geschwindigkeit am Beginn des Uebergangs und v_2 jene an seinem Ende

ist. Die Uebergänge sind absichtlich sehr schlank ausgeführt worden. Man nahm daher den Koeffizienten ξ für die Verengungen (Gefällsverluste) zu $\xi_1 = 1,00$ und für die Erweiterungen (Gefällsrückgewinne) zu $\xi_2 = 0,5$ an und hat dementsprechend das Sohlengefälle der Uebergangstrecke ausgebildet. Aus einer Reihe von, während Beharrungszuständen ausgeführten Beobachtungen in den Jahren 1912 bis 1915 lassen sich nun diese Koeffizienten ξ_1 und ξ_2 schärfer bestimmen. Der Aluminium-Industrie-A.-G. verdanke ich die Ermächtigung zur Vornahme dieser Beobachtungen.

1. Theoretische Grundlagen.

Da die Uebergangstrecken sehr lang sind, setzt sich der beobachtete Höhenunterschied der Wasserspiegel vom Anfang bis zum Ende der Uebergangstrecke zusammen aus dem gewöhnlichen Reibungsgefälle $J \cdot L$ und der Geschwindigkeitshöhe $\xi \cdot \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$ nach dem Bernoullischen Theorem (Forchheimer, Hydraulik 1914, Seite 28 ff.). Es ist also $\Delta h = J \cdot L + \xi \cdot \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$.

Das Reibungsgefälle J wird am besten nach der Chézyschen Formel $v = c \cdot \sqrt{RJ}$ bestimmt, wo man c nach Ganguillet und Kutter berechnet und den Rauigkeits-Koeffizienten n mit dem der Ausführung der Sohle und Wandung entsprechenden Wert ansetzt. Hierbei teilt man die Uebergangstrecke zweckmässig in zwei Teilstrecken und berechnet für jede das Gefälle J aus ihrem mittleren Querschnitt. Der erste Ausdruck in der vorstehenden Formel für Δh ist stets positiv (Gefälle). Der zweite ist bei Verengungen positiv, bei Erweiterungen negativ; Δh selbst ist bei Verengungen stets positiv. Bei Erweiterungen

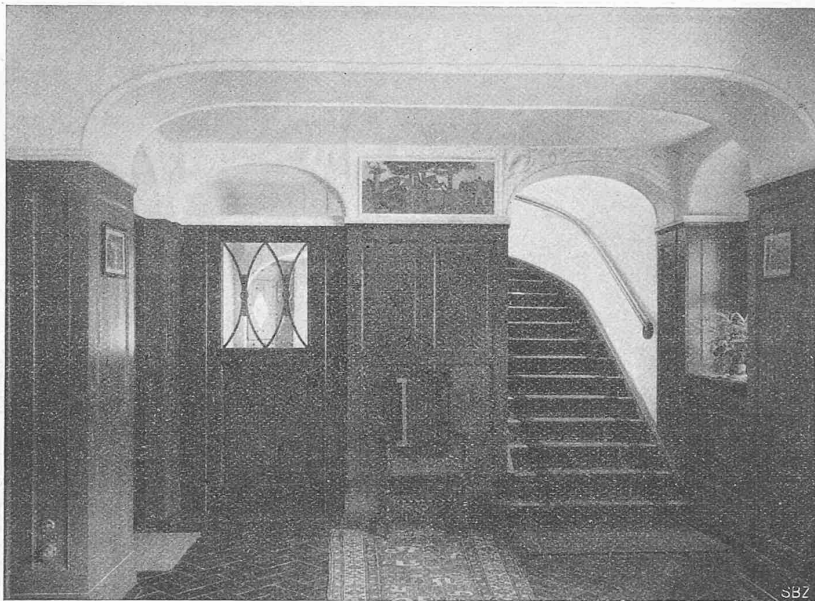


Abb. 7. Halle im Erdgeschoss, gegen Eingang und Treppe gesehen.

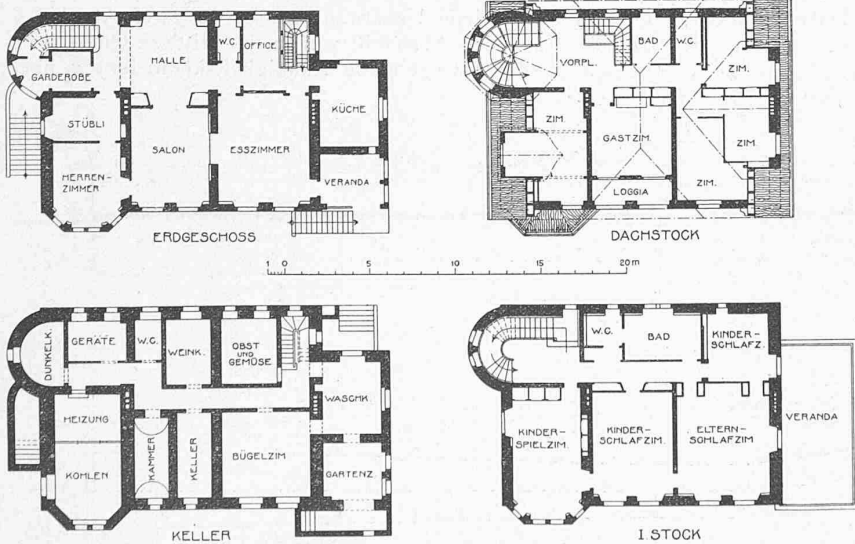


Abb. 3 bis 6. Das „Waldschlössli“ bei Glarus. — Grundriss 1:400.

Das Innere dieses eigenartigen Sitzes stattete Arch. Streiff mit jener vornehmen, unaufdringlichen Form- und Farbgebung aus, wie es des Künstlers eigenstes Gebiet und Geheimnis war. Einsichtvolle Unterstützung durch die Bauherrschaft, das Vorhandensein wertvoller alter Stiche und anderer Kunstwerke trugen zum guten Gelingen bei.“

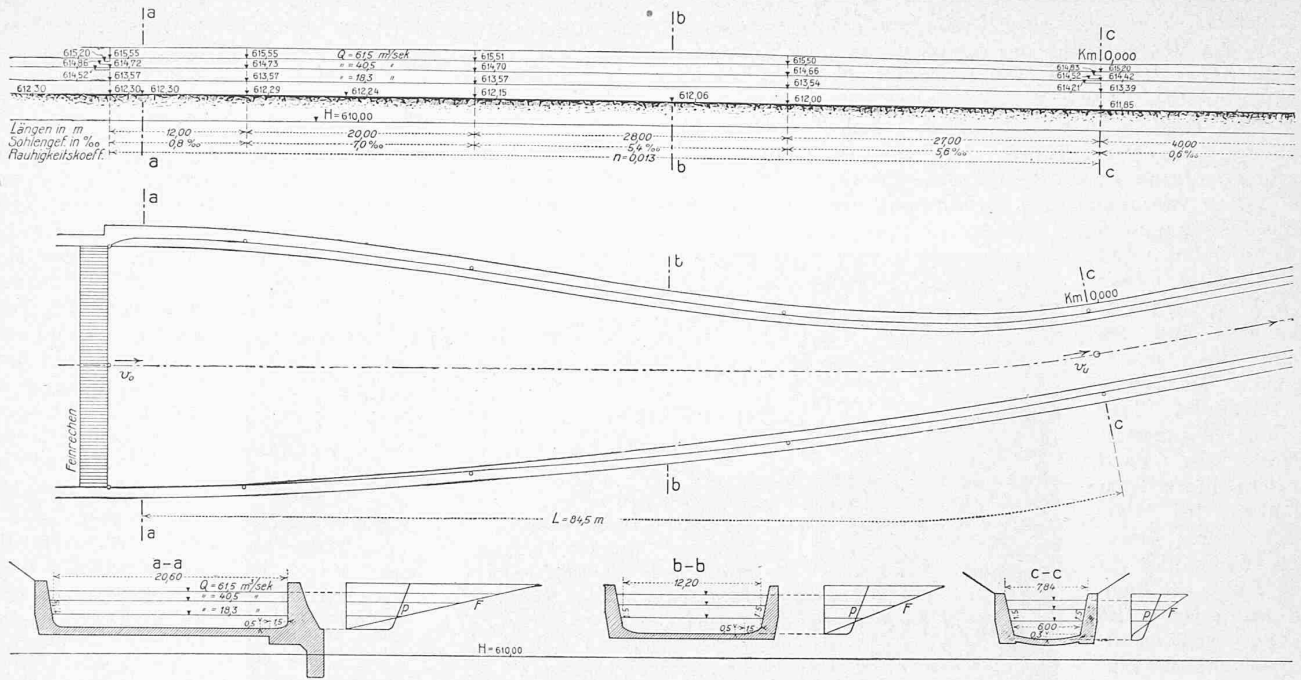


Abb. 1. Profil-Verengung. — Masstab 1 : 600.

kann dagegen Δh positiv oder negativ sein, je nachdem das Reibungsgefäll grösser oder kleiner ist, als der absolute Wert des Ausdrucks $\xi \cdot \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$.

Bei der Projektierung im Jahr 1907 waren durchwegs gepflästerte Sohle und Seitenwände vorausgesetzt worden. Man nahm damals die Rauigkeitskoeffizienten n nach Ganguillet und Kutter an zu 0,018 für die Verengung nach Abbildung 1 und zu 0,020 für die Uebergänge nach Abbildungen 2, 3 und 4. In der Ausführung wurde dann aber die Sohle fast durchwegs betoniert und verputzt, ebenso ein erheblicher Teil der seitlichen Begrenzungsflächen. Auf Grund der Beobachtungen an den benachbarten Normalstrecken des Kanals ergeben sich demnach für die ausgeführten Uebergänge die Rauigkeitskoeffizienten $n = 0,013$ für die Uebergangsstrecke nach Abbildung 1, $n = 0,012$ u. 0,015 für den obern bzw. untern Teil nach Abb. 2, $n = 0,015$ u. 0,012 " " " " " " " " " " " 3, $n = 0,016$ u. 0,013 " " " " " " " " " " " 4.

2. Beobachtungen und Auswertung.

Bei den Beobachtungen ging man folgenderweise vor:

a) Längs der Uebergangsstrecken wurde eine Reihe von Nieten (nach Anordnung laut Abbildung 1) am obern Rand des Mauerwerks eingegossen und nivelliert. Dann wurde von diesen Nieten aus mit einem eigens hierzu ausgeführten rechten Winkel mit verschiebbarer vertikaler Latte der Wasserspiegel links und rechts in den einzelnen Profilen eingemessen (abgestochen); hierbei war der horizontale Schenkel des Winkels, der auf die Nieten aufgelegt wurde, mit einer Wasserwaage versehen. Das untere Ende des vertikalen Masstabes wurde jeweils so auf die Wasserspiegelfläche aufgesetzt, dass es gerade den Wasserspiegel berührte. Aus den Höhen der Messpunkte und den Abstichen wurden die Wasserspiegellkoten berechnet und in den Längenprofilen der Abbildungen 1 bis 4 eingetragen.

b) Während der Beobachtungszeit über mehrere Stunden wurde die Füllung des Kanals so konstant als möglich gehalten. Am Kanalpegel Km. 1,670 wurde der Wasserspiegel alle Viertelstunden abgelesen und aus diesen Ablesungen der mittlere massgebende Wasserspiegel während der betreffenden Messung berechnet. Für diesen Kanal-Pegel wurde seinerzeit auf Grund von Messungen ein Schlüssel (Wassermengenkurve) aufgestellt, den man zur Bestimmung der Wassermengen während der Versuche benützte.

c) Die Querschnitte des Kanals am Anfang und Ende der einzelnen Uebergangsstrecken sind in den Abbildungen 1 bis 4 ebenfalls dargestellt. Aus diesen Profilen wurden die Querschnittflächen und damit die Geschwindigkeiten v_1 und v_2 berechnet.

d) Für die Bestimmung des Fließgefälls (Reibungsgefälls) wurde jede Uebergangsstrecke in zwei Abschnitte geteilt. Für jeden Abschnitt wurde der mittlere Querschnitt berechnet, der massgebende Rauigkeitskoeffizient n nach

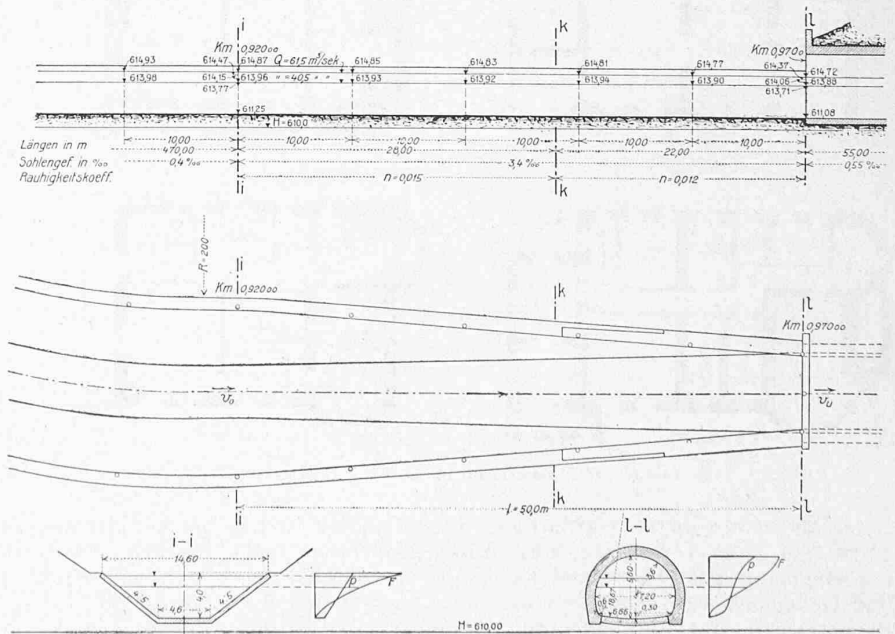


Abb. 3. Profil-Verengung. — Masstab 1 : 600.

Ganguillet und Kutter entsprechend der Ausführung angenommen und daraus das J aus der Formel

$$v = c \cdot \sqrt{RJ}$$

berechnet.

e) Die untenstehende Tabelle gibt nun die Beobachtungen und berechneten Werte für die einzelnen Uebergänge, und am Schluss sind jeweils die gesuchten Werte von ξ_1 bzw. ξ_2 angegeben. Diese Koeffizienten ξ_1 und ξ_2 werden durch den Ausdruck dargestellt:

$$\xi = \frac{\Delta h - J \cdot L}{\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}}$$

Beobachtungen über Geschwindigkeitshöhen bei Profiländerungen in Kanälen.

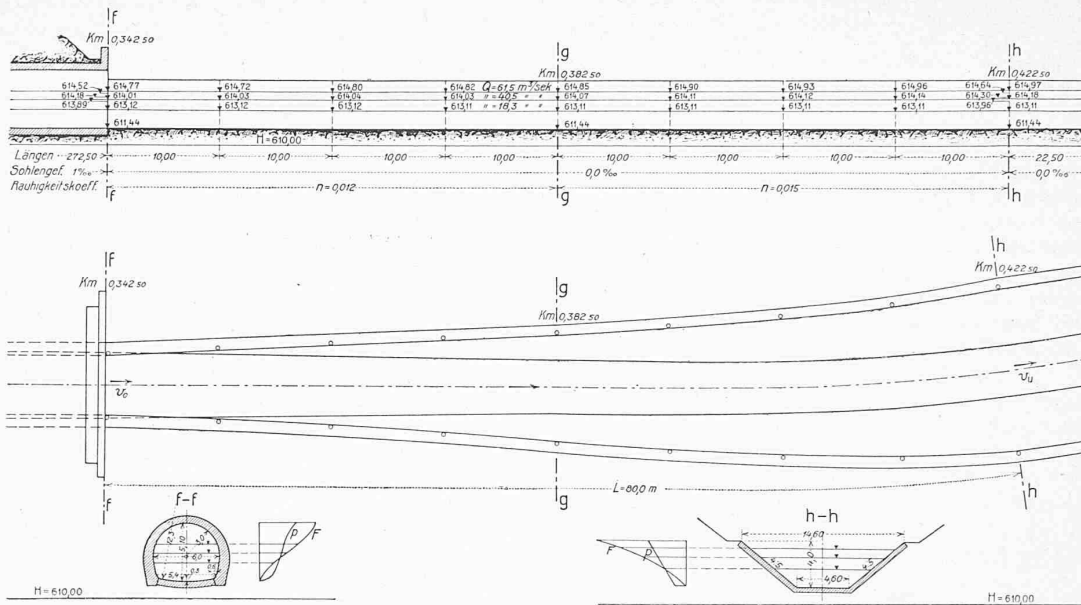


Abb. 2. Profil-Erweiterung — Masstab 1: 600.

Beobachtungen Δh im Kanal des Rhonewerks der A.-I.-A.-G. bei Chippis.

Abb. 1. Profilverengung.

	Q in m³/sek					
	36,0	40,5	44,5	53,0	61,5	im Mittel
Gesamtgefälle Δh in m	0,310	0,300	0,340	0,370	0,350	
Fließgefälle $\Delta h_1 = J \cdot L$	0,013	0,013	0,013	0,014	0,013	
Energiegefälle $\Delta h_2 = \Delta h - \Delta h_1$	0,297	0,287	0,327	0,356	0,337	
$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$	0,278	0,290	0,322	0,358	0,366	
ξ_1	1,07	0,99	1,01	1,00	0,92	1,00

Abb. 3. Profilverengung.

	Q in m³/sek						
	18,3	36,0	40,5	44,5	53,0	61,5	im Mittel
Δh	0,060	0,080	0,090	0,100	0,150		
$\Delta h_1 = J \cdot L$	0,020	0,020	0,019	0,019	0,019		
$\Delta h_2 = \Delta h - \Delta h_1$	0,040	0,060	0,071	0,081	0,131		
$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$	0,042	0,060	0,076	0,112	0,150		
ξ_1	0,95	1,00	0,93	0,72	0,87	0,90	

Abb. 2. Profilerweiterung.

Δh	-0,070	-0,170	-0,120	-0,200		
$\Delta h_1 = J \cdot L$	0,047	0,047	0,046	0,047		
$\Delta h_2 = \Delta h - \Delta h_1$	-0,117	-0,217	-0,166	-0,247		
$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$	-0,191	-0,244	-0,301	-0,370		
ξ_2	0,61	0,89	0,55	0,67	0,68	

Abb. 4. Profilverengung.

	Q = 45,0					
Δh	0,300	0,400	0,430	0,480		
$\Delta h_1 = J \cdot L$	0,032	0,027	0,027	0,026		
$\Delta h_2 = \Delta h - \Delta h_1$	0,268	0,373	0,403	0,454		
$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$	0,264	0,387	0,421	0,455		
ξ_1	1,01	0,96	0,96	1,00		0,98

3. Genauigkeit der Messungen und Berechnungen.

Es soll noch kurz untersucht werden, welchen Einfluss die Beobachtungsfehler auf die Genauigkeit der Ergebnisse haben können.

a) Die Wassermengenbestimmung erfolgte mit Flügelmessungen, die vom eidgenössischen hydrometrischen Bureau und unabhängig davon auch von Ing. Jaggi in Bern für Werte von 16 bis 53 m³/sek ausgeführt wurden und deren Ergebnisse höchstens um 1% von einander abwichen. Das Messprofil liegt in einer 600 m langen, geraden Strecke ohne jede Ablagerung, hat regelmäßige Trapezform, ist vom Stau unbeeinflusst

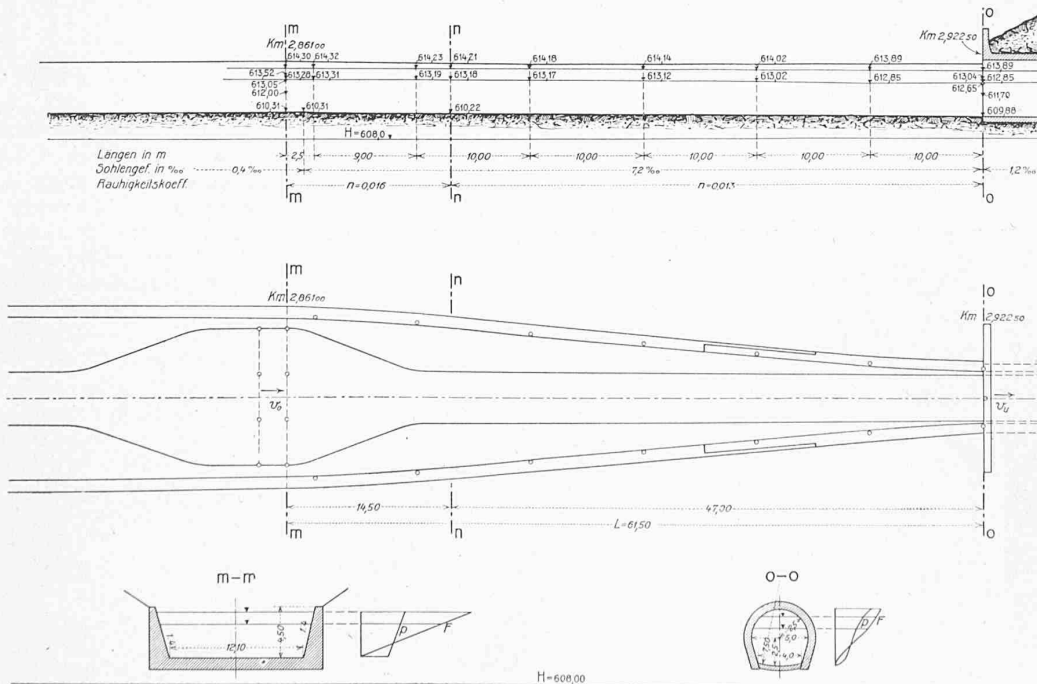


Abb. 4. Profil-Verengung. — Masstab 1: 600.

und weist mittlere Fließgeschwindigkeiten von 1,4 bis 1,6 m/sek auf, also die denkbar günstigsten Verhältnisse. Der Fehler der Messungen dürfte zwischen 1 und 2 % liegen, infolgedessen beträgt der Fehler in bezug auf die beobachteten Gefällsverluste $\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$ rund 2 bis 4 %.

b) Der Rauigkeitskoeffizient n ist, wie aus getrennt durchgeführten Messungen an den normalen Kanalstrecken hervorgeht, auf rd. 10 % genau bestimmt und somit das Fließgefälle J der Uebergangstrecken auf rd. 20 %. Da das Reibungsgefälle überhaupt nur $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{2}$ der beobachteten Wasserspiegeldifferenzen zwischen Anfang und Ende der Profilveränderungen beträgt, macht daher dieser Fehler nur 20 % von $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{2}$ aus, d. h. $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{10}$ und zwar durchschnittlich 1 % im Falle 1, 6 % im Falle 2, 7 % im Falle 3 und 2 % im Falle 4.

c) Der Einfluss der Wasserspiegelschwankungen an der Pegelstelle während eines einzelnen Versuchs (Variation max. 9 cm) ist durch die Mittelbildung der Ablesungen auf ± 2 % reduziert, und er wird sich im Durchschnitt der Serien im allgemeinen aufheben. Das nämliche gilt für die Abstichfehler an den Beobachtungstellen, deren Einfluss auf die einzelnen Geschwindigkeiten kleiner ist als 1 %, und in dem Mittel der einzelnen Serie verschwindet.

4. Zusammenfassung.

Fasst man die einzelnen Einflüsse zusammen, so ergibt sich, dass die gefundenen Mittelwerte der Koeffizienten ξ folgenden konstanten Fehler aufweisen können

Uebergangstrecke	1	2	3	4
maximaler Fehler	5 %	12 %	13 %	6 %

also für praktische Zwecke schon ziemlich genau sind. Die gefundenen Werte ξ können, insbesondere für die genauere Beobachtung der Fälle 1 und 4 mit 1,00 und 0,98 als günstig betrachtet werden, auch wenn man die schlanke Form der Uebergänge gebührend in Betracht zieht. Man wird indessen gut tun, solange keine anderseitigen präziseren Messungen an ähnlich grossen Objekten vorliegen, die Koeffizienten etwas ungünstiger zu wählen. Meines Erachtens sollte daher der Koeffizient ξ in der Formel

$$\Delta h = J \cdot L + \xi \cdot \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$

für ähnliche Profilverengerungen mit $\xi_1 = 1,05$ und für ähnliche Profilerweiterungen mit $\xi_2 = 0,65$ angesetzt werden.

Die Untersuchungen zeigen also, dass man bei schlanken Profilübergängen den Uebergangsverlust fast vollständig auf den angenähert theoretischen Wert $\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$ reduzieren kann und dass man bei schlanken Profilerweiterungen etwa $\frac{2}{3}$ des theoretisch wieder zu gewinnenden Gefälls $\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$ tatsächlich wieder gewinnt, welche Kenntnis zur Vermeidung von unnützen Gefällsverlusten bei den Profilübergängen und zur möglichst vollständigen Ausnützung der Kanalprofile von einigem Wert ist.

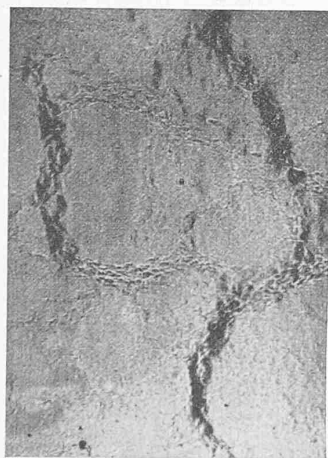


Abb. 22.

V = 40.



Abb. 23.

V = 90.



Abb. 24.

V = 140.

Aus der Praxis der Metallographie.

Von Bruno Zschokke, Prof. an der E. T. H.
Adjunkt der Eidg. Materialprüfungsanstalt.

(Schluss von Seite 73.)

Riss- und Fältelungserscheinungen bei einseitig erhitztem Flusseisenblech. Ein grösseres, viereckiges, oben offenes Reservoir aus Flusseisenblech vernietet musste nach siebenjährigem Gebrauch ausrangiert werden, da seine Innenseite, hauptsächlich in den Ecken und in der Nähe der Nietten, zum grössten Teil über und über mit feinen Rissen bedeckt war. Unbeschädigte Materialproben des Reservoirs zeigten bei der Zerreissprobe, nach der chemischen Zusammensetzung, bei der makroskopischen Aetzprobe und im mikroskopischen Gefügeaufbau durchaus normale Eigenschaften. Die Kerbschlagbiegeprobe deutete, wenn auch in geringem Masse, auf Kaltsprödigkeit des Materials, die möglicherweise auf zurückgebliebene Reckspannungen zurückzuführen war. Die weitere Untersuchung führte zum Schluss, dass die erwähnten Risse entweder ausschliesslich, oder im Verein mit schon vorhandenen Reckspannungen ihre Entstehung sich im Laufe der Zeit sehr oft wiederholenden, stossartig wirkenden *Wärmespannungen* verdankten, hervorgerufen durch schroff auftretende Temperaturunterschiede zwischen Aussen- und Innenwandung des Reservoirs. Dieses diente nämlich zum raschen Auflösen von festem Aetzatron unter Zuhilfenahme von kochendem Wasser, wobei ein *sehr plötzlicher* Temperaturanstieg um etwa 100° stattfand. Dass die Rissbildung diesem Umstand zuzuschreiben ist, wird auch durch den Umstand erhärtet, dass drei andere, von der gleichen Maschinenfabrik gleichzeitig gelieferte Behälter von derselben Konstruktion, die aber nur zum Aufbewahren von kalten Flüssigkeiten dienten, nach sieben Jahren keine Risse aufwiesen. Es wurde der Versuch gemacht, solche Risse durch plötzliche einseitige Erhitzung von Blechen auch künstlich hervorzurufen. Zu dem Zweck wurden rissfreie, viereckige, blankpolierte Versuchsplättchen aus dem erwähnten Reservoirblech einseitig durch Aufgiessen von geschmolzenem Blei rasch auf eine Temperatur von 300° gebracht. Wenn bei diesen Versuchen auch keine eigentlichen Risse auftraten — die Verhältnisse liegen hierfür bei kleinen Versuchstücken natürlich wesentlich ungünstiger als bei einem grossen in sich geschlossenem Behälter — so trat doch sehr deutliche Oberflächen-Fältelung ein (Abbildung 22). — Rissbildung durch plötzliche einseitige Erhitzung ist auch bei Teerkesseln und andern Gefässen mehrfach beobachtet worden.¹⁾

Die Abbildungen 23 und 24 zeigen im *Betrieb gebrochene Stahlkugeln von Kugellagern* von der Zusammensetzung: 1,10 % C; 0,26 % Si; 0,23 % Mn; 0,05 % S; 0,03 % P und 1,25 % Cr. Am Rand der polierten, nicht geätzten Bruchflächen sind kleine schwarze Risse und Flecken zu erkennen, die sich als mit Schlacken ausgefüllte ganze Stellen kennzeichnen. Der Bruch der Kugeln ist also nicht auf ungeeignete chemische Zusammensetzung, auch nicht auf das Vorhandensein von Härterissen, sondern auf Kerbwirkung der fehlerhaften Randpartien zurückzuführen. Dass es sich nicht um Härterisse, oder Risse handelt, die durch Ueberbeanspruchung der Kugeln entstanden, geht daraus hervor, dass der Inhalt der Risse aus zwei deut-

¹⁾ Siehe auch: Carl Sulzer, „Wärmespannungen und Rissbildung“. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Jahrgang 1907, Nr. 30, S. 1165.