Zeitschrift: Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schiffahrt

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 14 (1921-1922)

Heft: 8

Artikel: Die Versuche am Grundablassstollen Mühleberg und deren Verarbeitung [Fortsetzung]

Autor: Keller, A.J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-920302

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

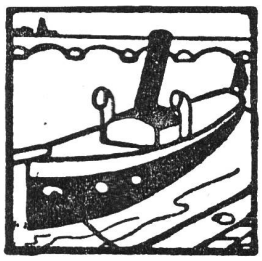
Terms of use

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 23.07.2025

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

SCHWEIZERISCHE WASSERWIRTSCHAFT



OFFIZIELLES ORGAN DES SCHWEIZERISCHEN WASSERWIRTSCHAFTSVERBANDES

ZEITSCHRIFT FÜR WASSERRECHT, WASSERBAUTECHNIK, WASSERKRAFTNUTZUNG, SCHIFFAHRT .·. ALLGEMEINES PUBLIKATIONSMITTEL DES NORDOSTSCHWEIZERISCHEN VERBANDES FÜR DIE SCHIFFAHRT RHEIN-BODENSEE

GEGRÜNDET VON DR O. WETTSTEIN UNTER MITWIRKUNG VON a. PROF. HILGARD IN ZÜRICH UND ING. GELPKE IN BASEL

Verantwortlich für die Redaktion: Ing. A. HÄRRY, Sekretär des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, in ZÜRICH 1
Telephon Selnau 3111 .·.·. Telegramm-Adresse: Wasserverband Zürich.

Alleinige Inseraten-Annahme durch:
SCHWEIZER-ANNONCEN A. G. - ZÜRICH
Bahnhofstrasse 100 — Telephon: Selnau 5506
und übrige Filialen.
Insertionspreis: Annoncen 40 Cts., Reklamen Fr. 1.—
Vorzugsseiten nach Spezialtarif

Administration und Druck in Zürich 1, Peterstrasse 10
Telephon: Selnau 224
Erscheint monatlich
Abonnementspreis Fr. 18.— jährlich und Fr. 9.— halbjährlich
für das Ausland Fr. 3.— Portozuschlag
Einzelne Nummer von der Administration zu beziehen Fr. 1.50 plus Porto.

No. 8 ZÜRICH, 25. Mai 1922 XIV. Jahrgang

Die **Einbanddecke** zum XIII. Jahrgang (Ganz-Leinwand mit Goldprägung) kann zum Preise von Fr. 3.25 zuzüglich Porto bei unserer Administration bezogen werden. Gefl. recht baldige Bestellung erbeten.
Die Administration.

Inhaltsverzeichnis:

Die Versuche am Grundablaßstollen Mühleberg und deren Verarbeitung (Fortsetzung). — Untersuchung über die Verbesserung der Gefällsausnützung in Staugebieten. — Mitteilungen der Kommission für Abdichtungen des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes. — Ausfuhr elektrischer Energie ins Ausland. — Schweiz. Wasserwirtschaftsverband. — Wasserkraftausnutzung. — Schiffahrt und Kanalbauten. — Geschäftliche Mitteilungen. — Mitteilungen des Linth-Limmatverbandes.

Die Versuche am Grundablaßstollen Mühleberg und deren Verarbeitung.

Von A. J. Keller, dipl. Ing. an der Bauabteilung der Bernischen Kraftwerke A.-G.

(Fortsetzung.)

Die Stellen, über die hinaus die Weiterführung der Berechnung nicht möglich ist, liegen in Abb. 18 in den beidseitigen Endquerschnitten 1 und 2. Diese Schnitte gehen durch die Punkte P_1 und P_2 hindurch, indem die Energielinien des stromaufwärt verfolgten strömenden Wasserlaufes bezw. des stromabwärts verfolgten schiessenden Wasserlaufes die Höhenlage der Energielinien erreicht haben, welche der Grenztiefe entspricht.

Dass die Berechnung über die genannten Endquerschnitte 1 und 2 nicht weitergeführt werden kann, ist darin begründet, dass die Energielinien sich sowohl beim strömenden als auch beim schiessenden Abfluss von oben her den Grenz-Energielinien nähern und ausserhalb der Schnittpunkte P_1 und P_2 unter diese Linien hinuntersinken müssten, da das Reibungsgefälle und somit auch das Gefälle der Energielinie beim strömenden Abfluss kleiner, beim schiessenden Abfluss aber grösser ist, als dasjenige der Grenz-Energielinie. Da aber die Höhe der Grenzenergie, wie sich aus deren Definition (siehe auch Abb. 13) ohne weiteres ergibt, die kleinste Energie ist, mit welcher der Abfluss des Wassers erfolgen kann, ist eine Fortführung der Berechnung über die Endquerschnitte 1 und 2 hinaus unmöglich. Unter diesen Verhältnissen bleibt nur eine Möglichkeit zur Abklärung des Wasserabflusses bestehen, nämlich die, dass zwischen den Schnitten 1 und 2 ein Wechsel in der Fliessart des Wassers stromabwärts vom schiessen zum strömen eintritt.

Erfolgt der Übergang vom schiessen zum strömen ohne Energieverlust, so muss der Wechsel im Profil W (Schnittpunkt der beiden Energielinien für strömenden und schiessenden Abfluss) erfolgen. Der Verlauf der Wasserspiegellinie in der Übergangsstrecke ergibt theoretisch einen plötzlichen Anstieg. Die Modellversuche des Flussbaulaboratoriums Karlsruhe haben einen ziemlich steilen Anstieg mit nachfolgenden Querwellen ergeben. Das Profil, in welchem die Grenztiefe erreicht wurde, ergab unwesentliche Abweichungen gegenüber den theoretisch bestimmten. Der Übergang vom schiessenden zum strömenden Wasser wird Wechsel-

sprung genannt. Zur Ermittlung der Höhe des Wechselsprunges (Abb. 18) wird sich eine graphische Darstellung, wie sie zum Beispiel in Abb. 13 enthalten ist, gute Dienste leisten. Ist nämlich die Kote des Schnittpunktes der beiden Energielinien für schiessenden und strömenden Abfluss für eine bestimmte Wassermenge ermittelt, so können aus der Zeichnung ohne weiteres die zugehörigen Wassertiefen oder mit dem Zirkel deren Differenz, die gleich der Höhe des Wechselsprunges ist, direkt abgegriffen werden. Die durchgeführten Modellversuche des Flussbaulaboratoriums Karlsruhe haben die Richtigkeit der theoretisch durchgeführten Bestimmung der Höhe des Wechselsprunges mit genügender Genauigkeit erwiesen. Ist der Wechselsprung von einer Wasserwalze überlagert, so verschiebt sich nach den angegebenen Versuchen dessen Lage entsprechend der Energie vernichtenden Wirkung der letztern flussaufwärts. Eine analoge Wirkung haben auch die Seitenwalzen, da überhaupt durch alle Walzen, wie auch alle andern energieverzehrenden Hindernisse (grössere Rauhigkeit) das Gefälle der Energielinie für strömenden Abfluss erhöht, d. h. (siehe Abb. 18) der Punkt W flussaufwärts verschoben wird.

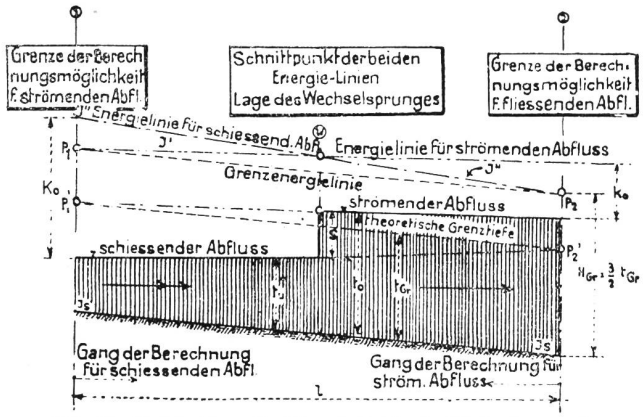


Abb. 18. **Rechteckiges Profil nach Rehbock „Wechselsprung".**

Es soll nun untersucht werden, unter welchen äussern Bedingungen der Übergang vom strömenden zum schiessenden Abfluss und umgekehrt stattfinden kann. Der Fliesswechsel vom schiessen zum strömen tritt zunächst dann ein, wenn zwei Flußstrecken zusammenstossen, deren obere den schiesenden, die untere aber den strömenden Normalabfluss bedingt. Ein solcher Wechsel kann aber auch in einer Flussstrecke mit gleichförmig fortlaufendem Bett entstehen, wenn die den Eigenschaften des Bettes entsprechende normale Fliessart durch Einflüsse, die von den angrenzenden Flußstrecken herrühren, geändert ist.

Dies kann bei einem gleichförmig verlaufenden Flussbett mit strömendem Normalabfluss der Fall sein, wenn von der stromaufwärts anschliessenden Flußstrecke her ein schiessender Wasserstrom eingeleitet wird, der etwa durch starke Einengung des Querschnittes (Stolleneinlauf, durch vorspringende Ufer, durch eine getauchte Wand oder durch stehende Einbauten) erzeugt werden kann.

Ebenso kann aber auch in einer gleichförmig verlaufenden Flußstrecke mit schiessendem Normalabfluss ein solcher Wechsel entstehen, wenn von der stromabwärts anschliessenden Flußstrecke aus die strömende Fliessart durch hier vorhandene Einbauten, durch Einengungen oder durch andere Einflüsse hervorgerufen wird.

Der Fliesswechsel vom strömen zum schiessen erfolgt nur dann, wenn zwei Flußstrecken zusammenstossen, von denen bei gleichförmigem Abfluss die obere den strömenden, die untere aber den schiessenden Normalabfluss bedingen würde. Diese Änderung der Fliessart des Wassers setzt demnach eine Änderung in den Eigenschaften des Bettes voraus. Sie kann dadurch hervorgerufen werden, dass das Bett stromabwärts ein grösseres Gefälle (Überfälle) oder eine geringere Rauhigkeit der Wandungen aufweist als die oberhalb liegende Flußstrecke.

IV. Energieverluste des Stollens.

1. Bestimmung der Energielinie.

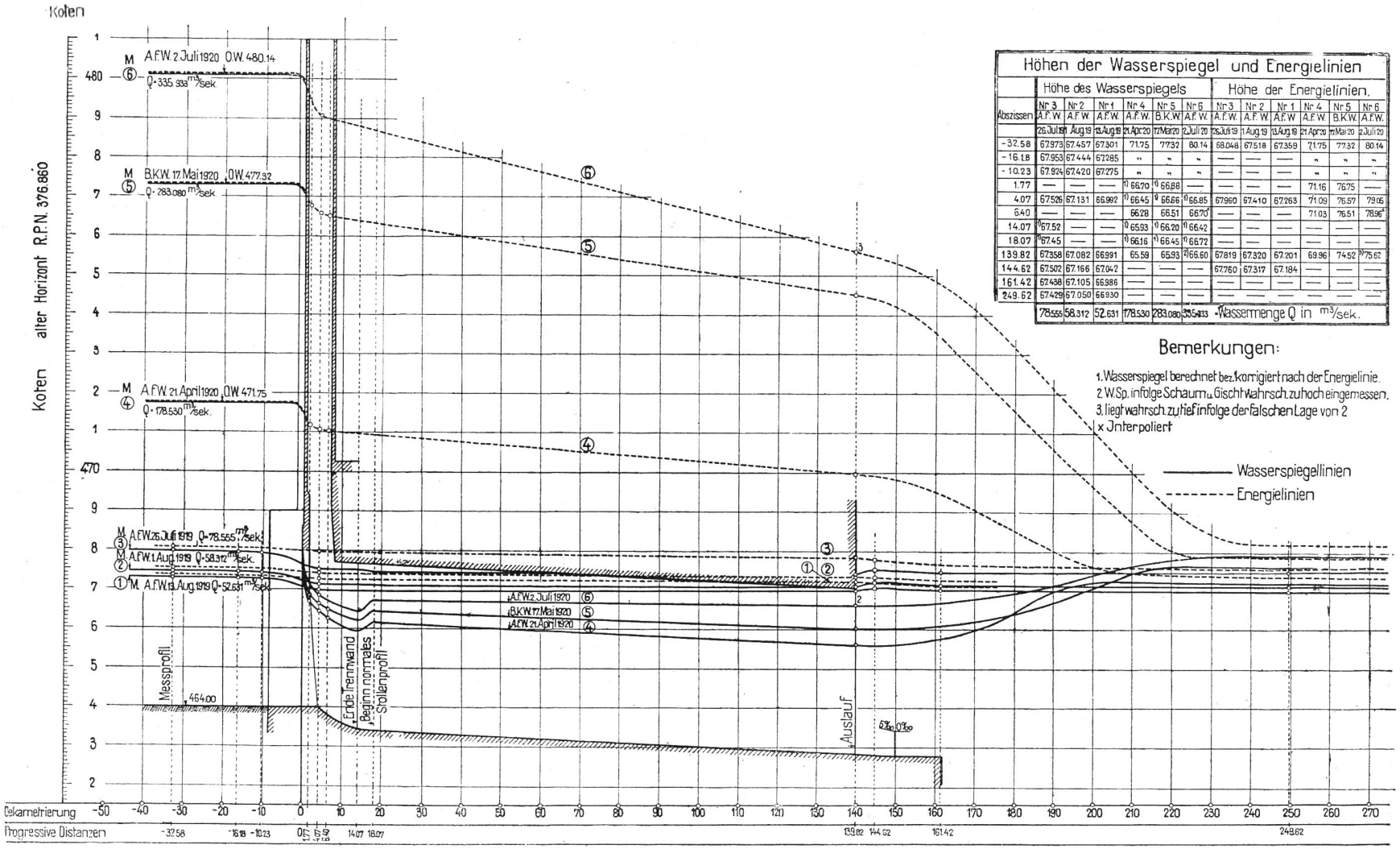
Entsprechend den in Kapitel III gegebenen Methoden wurden in Abb. 19 die Wasserspiegel- und die Energielinie der einzelnen Versuche aufgezeichnet. Erstere war durch die eingemessenen mittleren Wasserspiegel ohne weiteres gegeben. Die letztere wurde aus der Wasserspiegellinie, den Profilabmessungen, den gemessenen Durchflussmengen und durch entsprechende Wahl des Geschwindigkeits-Ausgleichwertes x berechnet. Die Wahl von x war im Bereiche des Stollens äusserst schwer, weil für so grosse Geschwindigkeiten keine Versuchswerte vorlagen. Es wurde gewählt:

Einlaufturm: $x = 1.10$
Stollenauslauf: $x = 1.075$

in der Erwägung, dass entsprechend dem bedeutend kleineren Profil am Stollenauslauf im Vergleich mit dem Profil Thalmatten und der infolge der Stollenkrümmung ungleichmässigen Geschwindigkeitsverteilung kaum kleiner als in Thalmatten (Seite 98) angenommen werden kann. Da beim Einlaufturm infolge der plötzlichen Richtungsänderungen der einzelnen Wasserfäden und dem zweiteiligen Einlauf die Geschwindigkeitsverteilung im Querschnitt als bedeutend unregelmässiger angenommen werden muss, als beim Stollen-Auslauf, so folgt daraus auch ein entsprechend grösseres x.

2. Beschreibung des Abflussvorganges.

Bei den Messungen 1—3, bei welchen die Einlauföffnung des Grundablassturmes nicht unter Druck stand, erfolgte der Abfluss vom Einlauf bis zum Auslauf strömend, da überall die Wassertiefe mehr als ca. $^2/_3$ der gesamten Energie beträgt.



Höhen der Wasserspiegel und Energielinien

Abszissen	Höhe des Wasserspiegels Nr. 3 A.F.W.	Nr. 2 A.F.W.	Nr. 1 A.F.W.	Nr. 4 A.F.W.	Nr. 5 B.K.W.	Nr. 6 A.F.W.	Höhe der Energielinien. Nr. 3 A.F.W.	Nr. 2 A.F.W.	Nr. 1 A.F.W.	Nr. 4 A.F.W.	Nr. 5 B.K.W.	Nr. 6 A.F.W.
	26. Juli 19	1. Aug. 19	13. Aug. 19	21. Apr. 20	17. Mai 20	2. Juli 20	26. Juli 19	1. Aug. 19	13. Aug. 19	21. Apr. 20	17. Mai 20	2. Juli 20
- 32.58	67.973	67.457	67.301	71.75	77.32	80.14	68.048	67.518	67.359	71.75	77.32	80.14
- 16.18	67.953	67.444	67.285	"	"	"	—	—	—	"	"	"
- 10.23	67.924	67.420	67.275	"	"	"	—	—	—	"	"	"
1.77	—	—	—	1) 66.70	1) 66.88	—	—	—	—	71.16	76.75	—
4.07	67.526	67.131	66.992	1) 66.45	1) 66.66	1) 66.85	67.960	67.410	67.263	71.09	76.57	79.06
6.40	—	—	—	66.28	66.51	66.70	—	—	—	71.03	76.51	78.96
14.07	1) 67.52	—	—	1) 65.93	1) 66.20	1) 66.42	—	—	—	—	—	—
18.07	1) 67.45	—	—	1) 66.16	1) 66.45	1) 66.72	—	—	—	—	—	—
139.82	67.358	67.082	66.991	65.59	65.93	2) 66.60	67.819	67.320	67.201	69.96	74.52	3) 75.62
144.62	67.502	67.166	67.042	—	—	—	67.760	67.317	67.184	—	—	—
161.42	67.438	67.105	66.986	—	—	—	—	—	—	—	—	—
249.62	67.429	67.050	66.930	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	78.555	58.312	52.631	178.530	283.080	335.933	= Wassermenge Q in m³/sek.					

Bemerkungen:

1. Wasserspiegel berechnet bez. korrigiert nach der Energielinie.
2. W.Sp. infolge Schaum u. Gischt wahrsch. zu hoch eingemessen.
3. liegt wahrsch. zu tief infolge der falschen Lage von 2
x Interpoliert

Abb. 19. **Wasserspiegel- und Energielinien-Längenprofil der Versuche in Mühleberg.**

In der Abbildung 7 sind diese Versuche in die Diagramme der Grenzabflussmengenkurve eingetragen; daraus ergibt sich ohne weiteres die Fliessart des Wassers, ebenso auch aus Abb. 13.

Bei den Messungen No. 4 bis 6 ist zweifelsohne auf der ganzen Stollenlänge schiessender Abfluss, da die Wassertiefe bedeutend weniger als $^2/_3$ der gesamten Energie beträgt. Der Vergleich der Versuche mit der Grenzabflussmengenkurve (Abb. 7 und 13) gibt in gleich eindeutiger Weise die schiessende Fliessart des Wassers an. Dass bei den ersten drei Versuchen strömendes und bei den letzten drei Versuchen schiessendes Wasser auftritt, ergibt sich auch aus dem in Abb. 19 eingetragenen Wasserspiegelverlauf auf der Übergangsstrecke vom Ende Trennwand bis Beginn normales Stollenprofil (Distanzzahlen 14.07 bis 18.07). Im ersten Fall ist eine kleine Absenkung und im letzten Fall ein Anstieg von 20 bis 30 cm zu erkennen. Auf Seite 101 ist dies als Charakteristikum vom strömenden und schiessenden Abfluss angegeben worden.

Der Normalabfluss ist für das normale Stollenprofil in Abb. 9 in Form einer Abflussmengenkurve angegeben. Es ergibt sich daraus, dass bei dem vorhandenen Sohlengefälle J = 0,005 als grösste Wassermenge 185 m^3/sek. abgeführt werden können. Soll mehr Wasser abfliessen, so muss der Stollen als Druckstollen arbeiten. Die Versuchsergebnisse zeigen aber, dass dieser Fall nicht eingetreten ist und zwar, weil vom O. W. her infolge des durch den Stau erzeugten Druckes am Einlauf schiessendes Wasser eingeleitet wurde.

Am Schlusse des Kapitels III ist erwähnt, dass in Flussbetten, die strömenden Normalabfluss aufweisen, durch oberhalb liegende Querschnitteinengungen (getauchte Wand etc.) schiessender Abfluss erzeugt werden kann. Der vorliegende Fall ist eine derartige Erscheinung von sich bildendem schiessenden Abfluss. Der Vollständigkeit halber sei beigefügt, dass der Normalabfluss beim Stollen wegen dem Rückstau des Unterwassers im allgemeinen nicht zur Auswirkung gelangen kann. Da beim schiessenden Abfluss die Wassertiefe kleiner ist als beim strömenden, kann der Fall, wie er hier vorliegt, eintreten, dass der Stollen selbst für Wassermengen, die den Normalabfluss übersteigen, als Freilaufstollen arbeitet, dann allerdings natürlich mit schiessendem Abfluss. Dieser letztere Fall trat in Mühleberg deshalb ein, weil die durch die Eintrittsöffnung bedingte Kontraktion des einfliessenden Wassers und die relative Grösse und Lage des Stollenprofils zur Einlauföffnung derart sind, dass sich der Wasserspiegel weit unter den Scheitel des Stollens absenkte. Siehe Wasserspiegellängenprofil, Abb. 19.) Dass der Abfluss bei den Messungen No. 4, 5 und 6 kein Normalabfluss ist, ergibt sich daraus, dass die Energielinie ein bedeutend grösseres Gefälle aufweist als die Sohle, wie aus nachstehender Zusammenstellung ersichtlich ist.

Neigung der Sohle	Neigung der Energielinie ‰ Messung No. 4	5	6
5‰	8.05	14.9	25.1

Aus dem Vergleich der Energielinien der Messungen 3 und 4 (siehe Abb. 19) könnte geschlossen werden, dass für einen gewissen Oberwasserstand, der zwischen den Koten 467.92 und 471.79 liegt, das Gefälle der Energielinie gleich dem Sohlengefälle ist. Dieser Fall konnte aber wegen dem nachgewiesenermassen stets vorhandenen Rückstau durch das Unterwasser nicht eintreten.

Entsprechend dem grösseren Gefälle der Energielinie gegenüber dem Sohlengefälle nimmt die Energie, bezogen auf die Stollenkote, ab, was, wie Abb. 13 und 14 ergeben, eine Vergrösserung der Wassertiefe nach sich zieht. Es ist deshalb die Neigung des Wasserspiegels im Bereich des normalen Stollenprofils kleiner als die Sohlenneigung. Sie beträgt:

Messung No.	4	5	6
	4.8‰	3.5‰	1.0‰

Nach dem Stollenauslauf ist ein starker Anstieg des Wasserspiegels und ein gleichzeitig starkes Fallen der Energielinie verzeichnet. (Abb. 19.) Es tritt hier der Wechselsprung auf. Der schiessende Abfluss geht in den strömenden über. Die Lage des Wechselsprunges unmittelbar nach der Einmündung des Stollenauslaufes in das Aarebett ist dadurch bedingt, weil im Aarebett den Abflussmengen der Versuche No. 4, 5 und 6 strömender Normalabfluss entspricht. Da der Übergang vom Stollenauslauf zum Aarebett in einer allseitigen plötzlichen Erweiterung erfolgt, treten Seiten-, Deck- und Grundwalzen auf, die soviel Energie verzehren, dass auf verhältnissmässig kurzer Strecke die Energielinie auf den Betrag heruntergedrückt wird, der dem Normalabfluss entspricht. In Abb. 20 ist die an den Wechselsprung anschliessende Flußstrecke wiedergegeben, die durch starke Querwellen charakterisiert ist.

Auf den Einlauf zurückkommend, sei erwähnt, dass die Energielinie unmittelbar nach dem Stolleneinlauf eine plötzliche Senkung erfährt. Diese ist auf den sogenannten Eintrittsverlust zurückzuführen. Derselbe ist weniger auf die übliche Reibung, die beim Fliessen auftritt, als auf die Wirkung der Wasserwalzen zurückzuführen, die sich vor der Einlauföffnung bilden (Abb. 21 und 22), sowie auf die erhöhte Turbulenz des Wassers, die infolge der Kontraktion, die sich nach dem Eintritt bildet, zur Auswirkung gelangt.

Aus diesen Darstellungen ergibt sich, dass die Grösse des Eintrittsverlustes, des Reibungsverlustes im Stollen und die Ermittlung der Lage und Grösse des Wechselsprunges von praktischer Bedeutung sind. Die nachfolgenden Abschnitte werden sich mit dieser Frage beschäftigen.

(Fortsetzung folgt.)