Die Versuche am Grundablassstollen Mühleberg und deren Verarbeitung [Schluss]

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **14 (1921-1922)**

Heft 10

PDF erstellt am: **03.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-920307

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

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. 10 ZÜRICH, 25. Juli 1922 XIV. Jahrgang

Inhaltsverzeichnis:

Die Versuche am Grundablaßstollen Mühleberg und deren Verarbeitung (Schluss.) — Der Stand der Arbeiten für die Elektrifizierung der österreichischen Bundesbahnen zu Beginn des Jahres 1922. — Mitteilungen der Kommission für Abdichtungen des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes. — Ausfuhr elektrischer Energie ins Ausland. — Die Schweiz und die Reichsprojekte am Oberrhein. — Ein neuer Fernmesser für Flüssigkeitshöhen. — Schweiz. Wasserwirtschaftsverband. — Tessinischer Wasserwirtschaftsverband. — Wasserkraftausnutzung. — Schiffahrt und Kanalbauten. — Geschäftliche Mitteilungen.

Die Versuche am Grundablaßstollen Mühleberg und deren Verarbeitung.

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

(Schluss.)

Das Rauhigkeitsgefälle wurde, von den beiden Messquerschnitten ausgehend, konstant angenommen, was genau genommen nicht zutrifft, aber kaum einen wesentlichen Fehler ergeben wird. Aus c ergab sich nach der Formel von Ganguillet & Kutter dessen Rauhigkeitsgrad n. Die nachfolgende Tabelle enthält die wesentlichen Berechnungsdaten:

Messung No.		1	2	3	4	5	6
Energiekote Anfang	m	67.263	67.410	67.960	71.03	76.51	78 96
Engergiekote Ende	m	67.201	67.320	67.819	69.96	74.52	75.62
Absolutes Energiegefälle . .	Em	0.062	0.090	0.141	1.07	1.99	3.34
Relatives Energiegefälle . .	J_R ‰	0.457	0.664	1.04	8.05	14.9	25.0
Profilradius . .	Rm	1.60	1.517	1.45	1.59	1.69	1.695
Geschwindigkeitszahl . . .	c	74.8	70.4	75.6	80.1	81.1	66.2
Rauhigkeitszahl (G. & K.)	n	0.0141	0.0149	0.0138	0.0131	0.0130	0.0161

Die grosse Abweichung des ermittelten n bei der letzten Versuchsreihe ist bedingt durch die grosse Ungenauigkeit der Wasserspiegeleinmessung im Einlaufturm (siehe Kap. II, Seite 70) und anderseits durch die bei dieser Messung besonders heftig auftretende Pulsation, die für die Abstichmessungen am Stollenauslauf stets einen viel zu hohen Wert und deshalb eine zu kleine Energie ergab, der zufolge sich das Energiegefälle zu gross einstellen musste. Von den verbleibenden Messungen No. 1 bis 3 (strömend) und 4 und 5 (schiessend) geben erstere bedeutend grössere Werte als letztere. Da aus den Modellversuchen von Rehbock keine Änderung der Rauhigkeitszahl mit dem Fliesszustand ersichtlich ist, wurde angenommen, dass die Differenzen auf prinzipielle Messfehler zurückzuführen seien. Die Einmessung des Wasserspiegels im Einlaufturm und am Stollenende ist im Kapitel II, Abschnitt 3, beschrieben. Die Ausbildung des Wasserspiegels ist infolgedessen für die Messungen 1 bis 3 für Einlaufturm wie Stollenende nicht bekannt. Je nach der Lage des Einmesspunktes in den beiden Messprofilen zur entsprechenden mittleren Wasserspiegelkote wird das berechnete Gefälle grösser oder kleiner ausfallen Eine weitere Unsicherheit der Bestimmung des Energiegefälles, die den beiden Messungen anhaftet, liegt in der Wahl von x, die allerdings bei den Messungen 1 bis 3 nicht im gleich starken Mass zum Ausdruck kommt, wie bei den Messungen 4 und 5. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die gegenseitige Abweichung der n-Werte der beiden Messgruppen einerseits durch

gemeinsame Fehler, die aber verschieden zur Auswirkung gelangen und anderseits durch prinzipielle Fehler, die in der Messmethode begründet sind, bewirkt werden. Welcher Gruppe die grössere Wahrscheinlichkeit zugesprochen werden kann, ist schwer zu entscheiden.

Werden nun anderseits die ermittelten n mit denjenigen am Simmedruckstollen (n = 0.0117) und Stollen Kallnach (n = 0.0115) verglichen, so scheint der erhaltene Wert reichlich hoch. Es muss aber beim gegenseitigen Vergleich in Rechnung gesetzt werden, dass der Grundablaßstollen eine gekrümmte Axe aufweist und infolgedessen ein vermehrter Energieverlust auftreten wird, der in der Rauhigkeitszahl zum Ausdruck kommt. Ebenso müssen die Berechnungsannahmen Seite 136 und 137 berücksichtigt werden, die eher zu grosse als zu kleine n ergeben. Herr Ingenieur Büchi hat in seinem diesbezüglichen Vortrag: „Beobachtungen an Wasserkraftanlagen im Betrieb und Folgerungen" (Bern. J. & A. V. 9. IV. 20) für den Navizancestollen folgende Werte mitgeteilt:

n = 0.0115 gerade Strecke.
0.0125 Krümmung v_m = 3,6—3,7 m/sek.

Die Messungen ergeben also eine wesentliche Erhöhung des Koëffizienten in den Krümmungen. Der Vergleich mit den Messungen Mühleberg kann aber nur ein orientierender sein, da ausser den Stollenabmessungen (S. B. Z. 1911, Band LVIII, S. 100) die Krümmungsverhältnisse der Novizance-Stollenaxe nicht angegeben sind. Die Krümmungsverhältnisse des Stollens Mühleberg ergeben sich aus der Abb. 1. Diese drei Faktoren: Geschwindigkeit, Krümmungsradius und Abmessung bestimmen nämlich den zusätzlichen Energieverlust in Krümmungen.

Das Eidg. Amt für Wasserwirtschaft hat seinerzeit die Bestimmung der Rauhigkeitszahl n (Ganguillet und Kutter), die sich auf Grund der Messungen No. 1 bis 3 mit Q = 52.631 m³/sek., Q = 58.312 m³/sek., Q = 78.555 m³/sek. ergibt, einer eingehenden Untersuchung unterworfen. Dabei wurde die in Betracht kommende Stollenlänge in fünf bezw. sechs Einzelstrecken eingeteilt und die Berechnung des Rauhigkeitskoëffizienten n unter Zugrundelegung der allgemeinen Formel der ungleichförmigen Bewegung, sowie unter Berücksichtigung der Querschnittsveränderungen der beiden Einläufe und der Übergangsstrecke durchgeführt.

Der Geschwindigkeits-Ausgleichwert wurde hiebei entsprechend der bisher üblichen Weise zu 1.00 angenommen.

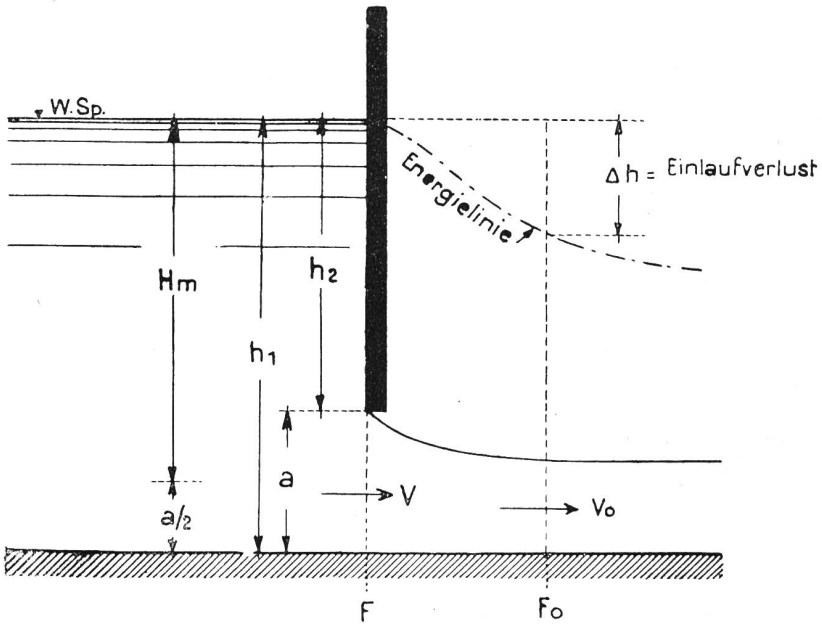

Abb. 23. Schematische Darstellung des Stollenauslaufes.

Der Berechnung wurden in bezug auf die infolge innerer Bewegungen, Wirbel und Walzen auftretenden Energieverluste verschiedene Annahmen zugrunde gelegt. Von diesen Annahmen seien die zwei folgenden samt deren Ergebnis kurz angeführt:

a) Das Wasser fliesst vom Einlaufturm bis zum Stollenauslauf vollständig walzenfrei; es treten nirgends im Stollen innere Bewegungen, Wirbel auf.

Bei dieser Annahme wurden für n folgende Werte ermittelt:

1. Q = 62.631 m³/sek. . . n = 0.0136
2. Q = 58.312 „ . . n = 0.0154
3. Q = 78,555 „ . . n = 0.0137
im Mittel n = 0.0142

b) Es treten nur bei der Querschnittsverbreiterung im Profil 14.07 infolge der stumpf endigenden Zwischenwand innere Bewegungen auf, welche die durch die plötzliche Geschwindigkeitsverminderung frei werdende lebendige Kraft vollständig aufzehren.

Sonst treten nirgends innere Bewegungen (Walzen etc.) ein.

Es ergeben sich in diesem Falle folgende Werte von n:

1. Q = 52.631 m³/sek. . . n = 0.0112
2. Q = 58.312 „ . . n = 0.0135
3. Q = 78,555 „ . . n = 0.0118
im Mittel n = 0.0122

Die Annahme a) wird bezüglich der Erscheinungen bei der Querschnittserweiterung im Profil 14.07 der Wahrscheinlichkeit näher kommen als b). Die Untersuchung des Amtes für Wasserwirtschaft lag bei Abfassung dieses Berichtes bereits vor.

Es sei hervorgehoben, dass auch hier der Einfluss der Grundrisskrümmung des Stollens sich in gleicher Weise bemerkbar macht, wie dies bereits erwähnt wurde.

5. Abflussmengenkurve des Stollens.

Bei der Ermittlung der Abflussmengenkurve muss beobachtet werden, dass je nach der Fliessart des Wassers dessen Abflussverhältnisse sich grundverschieden einstellen. Zusammenfassend können sie folgendermassen dargestellt werden:

„Schiessend". Weder die Kote des U. W. noch die Sohlenneigung des Stollens, noch dessen Rauhigkeitsgrad haben einen wesentlichen Einfluss auf die Abflussmenge. Diese ist in der Hauptsache nur durch die O. W.-Kote bedingt.

„Strömend". Ist die Kote des U. W. durch die durch den Stollen abfliessende Wassermenge eindeutig bestimmt, dann ist auch in diesem Fall der Abfluss nur eine Funktion der O. W.-Kote. Ist hingegen diese Bedingung nicht erfüllt, was z. B. der Fall ist, wenn ein Teil der Aare durch das alte Aarebett zum Abfluss kommt, (erste zwei Baujahre, Messungen 1—3) oder wenn wesentliche Sohlenänderungen im Unterwasser auftreten, so ist der Abfluss durch den Stollen sowohl durch die Kote des U. W. wie auch des O. W. bedingt.

Die Berechnungsweise für strömenden Abfluss ist die allgemein übliche, indem von einer angenommenen resp. bekannten U. W.-Kote ausgehend mit einer bestimmten Wassermenge die zugehörige O. W.-Kote durch abschnittweises Rechnen der Wasserspiegellinie sich ergibt. Durch entsprechende Kombination in der Annahme der U. W.-Koten und der Abflussmenge kann die Abflussmengenkurvenschar berechnet werden.

Die Berechnung der Abflussmengen bei schiessendem Abfluss erfolgt nach Formel (8), indem entsprechend den Versuchsergebnissen μ aus den ermittelten φ und ψ errechnet wird. Anderseits kann auch aus der Formel (11) der Durchflussquerschnitt in Profil 6.04 und nach Formel (13) der Eintrittsverlust ermittelt werden. Die zugehörigen Koëffizienten ψ und λ ergeben sich aus den Versuchsergebnissen. Aus der O. W.-Kote und dem Eintrittsverlust ergibt sich die Energiekote in Profil 6.04 m und da dessen Durchflussfläche bekannt ist, so ist die Abflussmenge bestimmt.

Der Vollständigkeit halber muss erwähnt werden, das zwischen der Berechnung nach Formel (8) und der Berechnungsweise für strömenden Abfluss kein lückenloser Zusammenhang besteht. Nach den gemachten Beobachtungen tritt nämlich schon schiessender Abfluss ein, bevor die ganze Einlaufmündung unter Druck steht. Es muss also festgestellt werden:

1. Bei welcher Wasserführung und bei welcher U. W.-Kote tritt der Wechsel zwischen schiessendem und strömendem Abfluss ein?
2. Wie ist die Abflussmenge bei schiessendem Abfluss zu rechnen, wenn die Stollenöffnung nicht unter Druck steht?

Der letztere Fall soll zuerst besprochen werden, indem auf Seite 116 verweisend, festgestellt wird, dass der horizontalen Sohle beim Einlauf von Distanzzahl 4.07 m an sich eine Stollenstrecke mit über 5 % Sohlenneigung anschliesst, die, wie die Nachrechnung zweifelsohne ergeben wird, schiessenden Normalabfluss aufweist. Tritt ein Wechsel im Fliesszustand ein, dann muss er in Profil 4.07 m erfolgen (vergl. Abb. 17). Die Berechnung wird, von der Grenzabflussmengenkurve ausgehend, die in Abb. 5 (Profil unter der Segmentschütze hat die gleiche Kurve wie Profil 4.07 m) dargestellt ist, durch abschnittweises Rechnen der Wasserspiegellinie die O. W.-Kote ergeben.

Sofern die Wasserspiegellinie flussabwärts von Interesse ist, erfolgt deren Berechnung den Regeln folgend, von Profil 4.07 m ausgehend, flussabwärts. Der Normalabfluss des Aarebettes ist strömend. Es wird deshalb im flussabwärtigen Verlauf ein Übergang vom schiessen zum strömen (Wechselsprung) stattfinden, der nach der auf Seite 116 angegebenen Methode ermittelt wird. Dieser Übergang wird sich mit höher werdendem U. W. einerseits und mit sinkendem O. W. anderseits näher zum Profil 4.07 m rücken. Begründung siehe Kapitel V, Abschnitt 1, Seite 155. Kommt er in dasselbe zu liegen, so kann dort kein Übergang vom schiessen zum strömen stattfinden und erfolgt deshalb der Abfluss auf der ganzen Stollenlänge strömend.

Durch verschiedene Versuchsrechnungen mit verschiedener Wassermenge Q kann so schliesslich der unter 1. erwähnte U. W.-Stand erhalten werden.

6. Genauigkeit der Wassermessungen und der berechneten Koëffizienten.

Über die Genauigkeit der Wassermessungen gehen die Meinungen vielfach auseinander. Es sind nun neuerdings Wassermessungen durchgeführt worden (O. W.-Kanal Bannwil, U.-W.-Kanal Hagneck), die einen gegenseitigen Vergleich erlaubten und ergaben, dass die relative Abweichung sich in der Grössenordnung von 1 % bewegte. Relativ müssen die Abweichungen genannt werden, weil der absolute Fehler der Flügelmessung noch nicht bekannt ist. Die Messungen Mühleberg bewegten sich in ähnlichen Verhältnissen, wie die beiden erstgenannten; der Fehler kann deshalb als von der gleichen Grössenordnung eingeschätzt werden.

Die Festlegung der Fehlergrenze für die in den Messungen No. 1 bis 3 eingemessenen Wasserspiegel ist dem Verfasser nicht möglich, weil er diesen Messungen nicht beiwohnte. Immerhin kann ohne weiteres behauptet werden, dass die einzeln eingemessenen Wasserspiegelkoten im Bereiche des Stollens jedenfalls eine bedeutend grössere Genauigkeit haben, als die Messungen No. 4, 5 und 6, weil der Abfluss nicht so stürmisch erfolgte. Hingegen kommt als we-

sentliche Fehlerquelle der Umstand in Betracht, dass die Einmessungen im Bereiche des Stollenprofiles nur je in einem Punkte erfolgen (siehe Seite 70) und deshalb nicht nur die mittlere Wasserspiegelkote, sondern auch dessen Energie unter Umständen mit grossen Fehlern behaftet ist. Die ober- und unterhalb des Stollens eingemessenen Wasserspiegel-Koten werden jedenfalls Fehler in der üblichen Grenze (Grössenordnung cm) aufweisen.

Bei den Messungen 4 bis 6 ist der Fehler des eingemessenen O. W.-Spiegels kleiner als 1 cm. Im U. W. (Aarebett) beträgt er einige cm. Die Fehlergrenzen der im Bereiche des Stollenauslaufes ermittelten Wasserspiegel-Koten nehmen mit der Wassermenge zu. Eine einwandfreie Ermittlung der Wasserpiegelkote war unmöglich, da der Wasserspiegel mit einer in der Grössenordnung von Dezimeter dicken Schicht, aus einem Gemisch von Wasser und Luft bestehend, überdeckt war. Zudem hob und senkte sich der Wasserspiegel in unregelmässigen langgezogenen Intervallen. Bei den Messungen 4 und 5 kann die Genauigkeit beim Einlaufturm auf ca. 10 bis 20 cm und beim Auslauf auf ca. 10 cm eingeschätzt werden. Bei der Messung No. 6 betrug die Genauigkeit beim Auslauf ca. 20 cm. Für die Einschätzung der Fehlergrösse beim Einlaufturm genügt der Hinweis auf die Ausführungen in Kapitel II, Seite 70.

Die Fehlergrenze der berechneten Energielinien ist durch die Fehler der eingemessenen Wasserspiegelkoten einerseits und dessen Verhältnis zur Grenztiefe anderseits bedingt. Das letztere ergibt sich aus Abb. 13. In der Nähe der Grenztiefe wird auch der fehlerhaft eingemessene Wasserspiegel keinen wesentlichen Fehler der Energielinie nach sich ziehen. Je grösser die Wassertiefe wird (strömender Abfluss), desto mehr nähert sich der absolute Fehler der berechneten Energielinie asymthotisch dem absoluten Fehler des eingemessenen Wasserspiegels. Je kleiner die Wassertiefe wird, desto grösser wird bei fehlerhafter Einmessung des Wasserspiegels der Fehler der Energielinie und erreicht asymthotisch den Wert „unendlich". Für die Messung 5 ergibt z. B. ein absoluter Fehler des Wasserspiegels von $\pm$ 0,10 m unter Benützung der 300 m^3/sek.-Kurve einen absoluten Fehler der Energiehöhe von $+$ 0.82 und $-$ 0,69 m.

Der Energielinie haftet nun noch ein weiterer Fehler an, der aber nicht durch Messfehler bedingt ist. Es ist dies der Umstand, dass der Geschwindigkeitsausgleichwert x angenommen werden musste. Der absolute Fehler der Energielinien, bedingt durch falsche Annahme von x, wächst mit der Geschwindigkeit. Für Messung 5 ergibt ein relativer Fehler von 1 % in der Annahme von x beim Einlauf einen Fehler von 0.10 m, da die zugehörige Geschwindigkeitshöhe 10 m beträgt, wie aus Abb. 19 ohne weiteres abgegriffen werden kann.

Wird das oben angeführte mit den in Abb. 19 aufgezeichneten Energielinien verglichen, so ergibt sich, dass der absolute Fehler der Energielinie mit dem grössern Gefälle derselben zunimmt, was für die Genauigkeit der Bestimmung der Rauhigkeitszahl n (Ganguillet & Kutter) und des Eintrittsverlustes von wesentlicher Bedeutung ist. Die Ermittlung der Fehler, die den einzelnen Koëffizient-Bestimmungen anhaften, würde zu weit führen.

Dagegen soll für die Messung No. 5 die mögliche Fehlergrenze der Rauhigkeitskoëffizienten-Bestimmungen festgelegt werden. Es werden dabei folgende Annahmen gemacht:

Geschwindigkeits-Ausgleichwert:	= $\pm$ 2 %	beim Einlaufturm und Auslauf je entgegengesetzt.
Sekundl. Abfluss: Q	= $\pm$ 2 %.	
Wasserspiegel	= $\pm$ 0.10 m	beim Einlaufturm und Auslauf je entgegengesetzt.

Nach den Messungen hat sich ein absolutes Energiegefälle von 1.99 m ergeben, die angenommenen Fehlergrenzen einzeln in Erscheinung tretend, ergeben dann folgende Reduktion desselben:

x	= $+$ 1.65 m	$-$ 0.34 m
Q	= $+$ 1.90 m	$-$ 0.09 m
Wasserspiegel	= $+$ 0.92 m	$-$ 1.07 m.

Wird angenommen, alle 3 Fehler treten gleichzeitig in gleicher Richtung wirkend auf, so ergibt die Rechnung ein absolutes Energiegefälle von 0.58 im einen und 3.50 m im andern Fall. Die daraus abgeleiteten Rauhigkeitszahlen ergeben sich dann zu 0.006 bezw. 0.017.

Bei der Ermittlung der Fehlergrenzen für die Bestimmung von n spielt die Einschätzung der Genauigkeit des eingemessenen Wasserspiegels die ausschlaggebende Rolle. Da aber bei den Messungen No. 4 und 5 ganz offensichtlich der systematische Fehler (Wasseroberfläche bestand aus einem Gemisch von Luft und Wasser) überragt und zu dessen einwandfreier Einschätzung die nötigen Anhaltspunkte fehlen, ist die Bestimmung der Fehlergrenze von n problematisch. Anderseits wurde im Vorhergehenden die Annahme gemacht, die Fehler beim Einlaufturm und Stollenauslauf seien entgegengesetzt, was bei systematischen Fehlern nicht der Fall ist. Die nachfolgende Überlegung wird einen bessern Anhaltspunkt bei der Einschätzung des Fehlers der n-Bestimmung geben.

Da zwei Messgruppen mit drei bezw. zwei Versuchen vorliegen, die zweifelsohne mit verschiedenen systematischen Fehlern behaftet sind, kann deren Generalmittel als wahrscheinlichster Wert angesprochen werden und das Intervall zwischen den beiden Gruppen als Fehlergrenze. Es ergibt sich dann als wahrscheinlichsten Wert n = 0.0137 $\pm$ 0.0006 oder $\pm$ 4,5 %.

Bei der Ermittlung von φ und ψ bildet der im Einlaufturm eingemessene Wasserspiegel die grösste Fehlerquelle. Die Ermittlung des Fehlers ist, da alle Messungen (No. 4 und 5) mit dem gleichen systematischen Fehler behaftet sind, unmöglich.

V. Schlussbemerkungen.

1. Verhalten des Grundablaßstollen Mühleberg bei verschiedenen äussern Bedingungen.

a) In Kapitel IV, Abschnitt 5 (Seite 153) ist beschrieben worden, unter welchen Bedingungen ein Übergang vom schiessen zum strömen im Stollen stattfindet, wobei behauptet wurde, dass der Wechselsprung mit höher werdendem U. W. einerseits und mit sinkendem O. W. anderseits näher zur Einlauföffnung hinrückt, um schliesslich dieselbe zu erreichen, worauf auf der ganzen Stollenlänge strömender Abfluss eintreten wird.

1. Diese Frage näher untersuchend, soll vorerst der Einfluss des sinkenden O. W. betrachtet werden, wobei nachfolgende Voraussetzungen gemacht sind: Der Stollen sei unendlich lang und die Abflussmenge sei kleiner als der maximale Abfluss als Freilaufstollen. Die Neigung des Stollens betrage 1 ‰. Steht die ganze Einlauföffnung unter Druck, so erfolgt der Abfluss nach derselben schiessend, da aber der Normalabfluss strömend ist, so wird an einer bestimmten Stelle ein Wechselsprung auftreten, dessen Lage durch den Schnittpunkt der beiden Energielinien für strömenden und schiessenden Abfluss gegeben ist.

   Mit sinkender O. W.-Kote wird, wie Abb. 19, Versuch No. 4, 5 und 6 zeigt, die Energielinie im Bereich des schiessenden Wassers sich ebenfalls senken und das Verhältnis der Wassertiefe zur gesamten Energiehöhe immer grösser, d. h. der schiessende Abfluss nähert sich immer mehr dem Grenzzustand. In gleicher Weise nimmt beim strömenden Abfluss das Verhältnis Wassertiefe zur gesamten Energiehöhe zu (weil entsprechend den kleinern Geschwindigkeiten die Geschwindigkeitshöhe abnimmt), was aber im Gegensatz zum schiessenden Wasser ein Entfernen vom Grenzzustand zur Folge hat.

   Diese beiden Tatsachen bewirken, dass sich bei sinkendem O. W.-Stand der Wechselsprung zweifelsohne immer mehr der Einlauföffnung nähern wird.

2. Für die Untersuchung des Einflusses des Unterwassers wird von der gleichen Annahme wie unter 1. vorgegangen. Die Energielinie für schiessenden Abfluss wird eine bestimmte Neigung und Höhenlage aufweisen. Wird nun das Unterwasser aufgestaut, so wird die Energielinie für schiessendes Wasser ihre Lage unverändert beibehalten, da die Abflussmenge keine Änderung erfährt. Die Energielinie für strömenden Abfluss wird hingegen, wie aus Abb. 19 ersichtlich ist, entsprechend der Wassertiefe eine höhere Lage aufweisen. Dass dadurch der Wechselsprung weiter flussaufwärts verschoben wird, ergibt sich ohne weiteres. (Vergleiche auch Abb. 18.)

b) Es soll die Frage geprüft werden, wie lang der Stollen gemacht werden kann, damit auf der ganzen Länge schiessender Abfluss eintritt. Abschnittweise werden die Energielinie und der Wasserspiegel flussabwärts schreitend gerechnet. Beträgt die Wassertiefe noch ca. $^2/_3$ der gesamten Energie, so wird die Lage des Wechselsprunges (Seite 116) gerechnet, wodurch die Stollenlänge bestimmt ist.

c) Wird bei unveränderlichen O. W.- und U. W.-Koten die unter Druck stehende Einlauföffnung verkleinert (Schliessen der Segmentschütze), so ergibt sich der Abfluss in ähnlicher Weise wie unter Fall a). Beiläufig bemerkt, konnte vom Einlaufturm aus das Aufwärtswandern des Wechselsprunges gut beobachtet werden.

d) Soll der Stollen als Druckstollen arbeiten, so sind zur Ermittlung der Bedingungen, unter denen dies stattfindet, besondere Untersuchungen notwendig. Nur beiläufig sei darauf verwiesen, dass, wenn der Stollen unter Druck steht, ausser dem Reibungsverlust und dem Eintrittsverlust noch ein dritter Energieverlust, hervorgerufen durch die Wasserwalze, die dann im Einlaufturm auftritt, hinzukommt. Die richtige Einschätzung dieses letztern Verlustes ist zurzeit noch nicht möglich.

   Damit der Stollen als Druckstollen arbeitet, müsste lediglich die Einlauföffnung gegenüber dem Stollenprofil um einen gewissen, nach obigen Theorien leicht zu ermittelnden Betrag vergrössert oder das Stollenprofil verkleinert werden. Die Kapazität des gesamten Grundablasses wäre dann durch den Stollen begrenzt, währenddem sie jetzt durch die Einlauföffnung bestimmt ist.

2. Zusammenfassung der Abflusserscheinungen, wie sie sich aus den Versuchen und deren Bearbeitung ergeben haben.

Aus den Versuchen und deren Bearbeitung sei als wesentlichstes Ergebnis für den Mühleberger-Stollen hervorgehoben:

1. Steht die Einlauföffnung unter Druck, so erfolgt der Abfluss mit freier Oberfläche und schiessend. Es ist dann die Abflussmenge nur durch die Kote des Oberwassers bestimmt.
2. Wird die Stollenlänge vergrössert, so kann der Abfluss strömend und unter Drucksetzung des Stollens erfolgen.

3. Das gleiche kann eintreten, wenn der Unterwasserspiegel auf eine höhere Kote gehoben wird.
4. Steht die Einlauföffnung unter Druck, so kann durch Vergrösserung oder durch bessere hydraulische Ausbildung derselben (Ausrundung) deren Abflussmenge innert gewissen Grenzen (bis zur maximalen Stollenkapazität) vergrössert werden, wobei aber darauf zu achten ist, dass beim Übergang vom Einlaufturm zum Stollen kein wesentlicher Energieverlust (Walze) auftritt.
5. Überschreitet die Vergrösserung der Einlauföffnung ein bestimmtes Mass, so kann die einfliessende Wassermenge vom Stollen nicht mehr abgeführt werden. Der Wasserspiegel wird im Einlaufturm ansteigen und der Stollen wird unter Druck gesetzt, sofern der Übergang vom Einlaufturm zum Stollen einen kontraktionslosen Abfluss gestattet. Die Abflussmenge ist dann durch die Wasserspiegelkoten des Einlaufturmes und des Unterwassers bedingt.
6. Ist im Einlaufturm die Wasserspiegelkote höher als die Scheitelkote des anschliessenden Stollens, so tritt an dieser Stelle eine Wasserwalze auf. Entsprechend ihrer energievernichtenden Wirkung wird dadurch der Abfluss vermindert.
7. Die Berechnung der verschiedenen Abflussverhältnisse erfolgt am besten unter Beiziehung der Energielinien und der von Prof. Rehbock und Dr. Ing. Böss eingeführten Berechnungsmethoden für schiessenden und strömenden Abfluss.
8. Die Abnahme der Energie beim Durchfliessen des Stollens ist zurückzuführen auf:
   a) Eintrittsverlust.
   b) Reibungsverlust des Stollens (inkl. Verlust in der Krümmung).
   c) Wasserwalze im Einlaufturm, sofern dieselbe zur Ausbildung gelangen kann.
9. Bei der Ermittlung des Eintrittsverlustes muss unterschieden werden, ob das Wasser strömend oder schiessend zum Abfluss kommt.
   a) Strömend. Durch Anwendung der Brückenstauformel von Prof. Rehbock (siehe Bauing. 30. Nov. 21, Seite 603).
   b) Schiessend. Es müssen entweder der Abfluss-Koëffizient μ bezw. der Geschwindigkeits-Koëffizient φ und der Kontraktions-Koëffizient ψ oder aber der Kontraktions-Koëffizient ψ und der Koëffizient λ gewählt werden. Mit relativ grosser Sicherheit können auf Grund der Versuchsergebnisse diese Koëffizienten bestimmt werden.
10. Der aus dem Reibungsverlust ermittelte Rauhigkeitsgrad $n = 0.0137$ (Ganguillet & Kutter) ist grösser, als sich aus andern Versuchen ergab, was z. T. auf den gekrümmten Verlauf des Stollens zurückzuführen ist. In welchem Umfang die Stollenkrümmung an der Erhöhung des Rauhigkeitsgrades beteiligt ist, oder ob noch andere Faktoren bei derselben mitwirken, kann nicht beurteilt werden, da einwandfreie Versuche oder sogar eine zuverlässige Formel nicht vorliegen, die gestatten, die durch die Krümmung verursachte Erhöhung des Reibungs-Koëffizienten zu bestimmen.
11. Die Einschätzung der energievernichtenden Wirkung der im Einlaufturm auftretenden Wasserwalze ist zurzeit noch nicht möglich.
12. Da die Bestimmung des Eintrittsverlustes relativ etwas unsicher ist (Grosse Schwankung von λ) und die Einschätzung der energievernichtenden Wirkung der allenfalls auftretenden Wasserwalze im Einlaufturm zurzeit noch nicht möglich ist, werden unter Umständen bei Neukonstruktionen die zweckmässigsten Abmessungen eines Grundablaßstollens sich nur durch Modellversuche ermitteln lassen. Diesen vorausgehend muss aber die Grenze der Übertragbarkeit der Modellversuche auf die Wirklichkeit bestimmt werden.

Der Stand der Arbeiten für die Elektrifizierung der österreichischen Bundesbahnen zu Beginn des Jahres 1922.

Von Sektionschef Ing. Paul DITTES
Direktor des Elektrifizierungsamtes der österreichischen Bundesbahnen.

In einem in den Heften 3/4 ff. des XIII. Jahrganges dieser Zeitschrift enthalten gewesenen Auszuge aus einem von mir am 27. März 1920 gehaltenen Vortrag wurde der Stand der Arbeiten zur Elektrifizierung der österreichischen Bundesbahnen zu Beginn des Jahres 1920 dargestellt.

Es dürfte daher heute — nach zwei Jahren — auch für weitere Kreise von Interesse sein, welche Fortschritte seither in den erwähnten Arbeiten erzielt worden sind.

Mitte 1920 wurden die mit der Inangriffnahme der Bauarbeiten für das Spullerseekraftwerk am 1. September 1919 eingeleiteten Arbeiten für die Elektrifizierung der österreichischen Bundesbahnen auf eine verfassungsmässige Grundlage gestellt, indem die Nationalversammlung der Republik Oesterreich die Regierungsvorlage über die Einführung der elektrischen Zugförderung auf den österreichischen Bundesbahnen mit dem Beschlusse vom 23. Juli 1920 zum Gesetz erhob. Dieses Gesetz, dessen technische und wirtschaftliche Grundlagen im grossen Ganzen mit dem bereits auf Seite 77 ff. No. 9/10 des XIII. Jahrganges gekennzeichneten Programm für die Einführung der elektrischen Zugförderung und den Ausbau der hiezu erforderlichen Wasserkräfte übereinstimmen, enthält zunächst im § 1 die Beurkundung des Ent-