

# Ueber graphische Behandlung von Wasserschlossproblemen

Autor(en): **Braun, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **77/78 (1921)**

Heft 11

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-37232>

## **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.

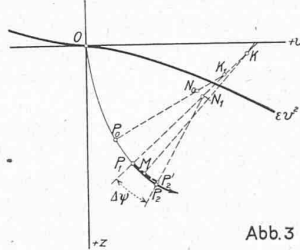
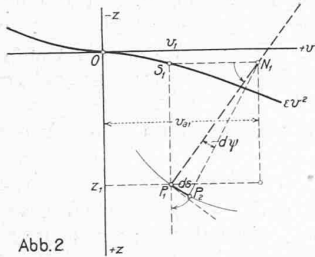


$$\frac{dv}{dz} \Big|_1 = \frac{P_1 S_1}{S_1 N_1} = \frac{z_1 \mp \epsilon v_1^2}{v_{a1} - v_1} \text{ nach Gl. (6)} \dots (8)$$

Weiter ist, wenn  $ds$  das Bogenelement  $P_1 P_2$  der  $vz$ -Kurve ist und  $d\psi$  den Winkel  $P_1 N_1 P_2$  bezeichnet, nach Gl. (7a)

$$dt = \frac{ds}{n \cdot P_1 N_1} = \frac{d\psi}{n} \dots (9)$$

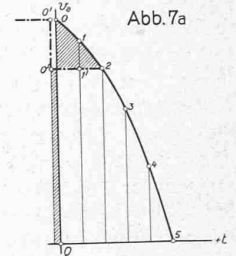
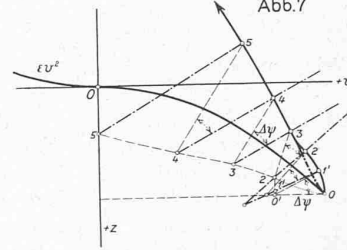
Für einen Punkt  $P_1$  der  $vz$ -Kurve mit den Koordinaten  $z, v$  ist also die Normale durch den weiteren Punkt  $N_1$  mit den Koordinaten  $\mp \epsilon v^2, v_a$  bestimmt. Die Zeiteilung auf der  $vz$ -Kurve, die den zeitlichen Verlauf der Grössen  $z$  und  $v$  ergibt, ist weiter durch die sehr einfache Beziehung (9) gegeben. Man wird zweckmässig für praktische Anwendung das Zeitelement  $\Delta t = \frac{\Delta\psi}{n}$  konstant lassen.



halbirt  $P_1 P_2'$  in  $M$  und konstruiert nun mit den Werten für  $M, z, v, t + \Delta t/2, v_a$  die Normale in  $M$ . Diese schneidet  $P_1 N_1$  in  $K$ . Dann ist mit sehr grosser Genauigkeit  $K$  der Krümmungsmittelpunkt für das Bogenstück  $P_1 P_2$ , dessen Endpunkt durch  $\Delta\psi$  bestimmt ist.

Da man auf solche Weise bei Festlegung der  $vz$ -Kurve gleichzeitig auch die Zeiteilung erhält, kann der zeitliche Verlauf der Grössen  $z$  und  $v$  unmittelbar der  $vz$ -Kurve entnommen werden.

Die Abbildungen 4 bis 8 erläutern das Verfahren an einigen einfachen Beispielen. Abbildung 4 stellt einen Vorgang plötzlichen totalen Abschlusses dar, unter Zugrundelegung eines quadratischen Widerstandsgesetzes mit  $\epsilon = 0,5$ . Bis zum Punkte 5 sind die Normalen und



Zur genauen Konstruktion der  $vz$ -Kurve braucht man noch den Krümmungshalbmesser für den Punkt  $v, z$ . Für diesen ergibt sich unter der Voraussetzung der Gleichung (5) zuerst:

$$\frac{d^2v}{dz^2} = \frac{1 - (2\epsilon v + \frac{dv_a}{dz} - \frac{dv}{dz}) \frac{dv}{dz}}{v_a - v}$$

worin:

$$\frac{dv_a}{dz} = \frac{\partial v_a}{\partial z} + \frac{\partial v_a}{\partial t} \cdot \frac{dt}{dz} = \frac{\partial v_a}{\partial z} + \frac{1}{n(v_a - v)} \cdot \frac{\partial v_a}{\partial t}$$

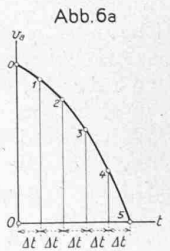
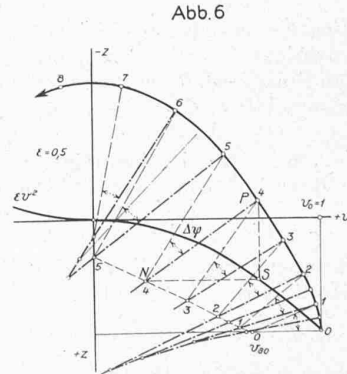
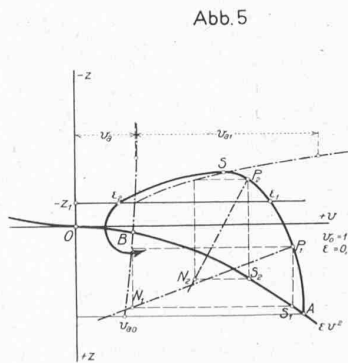
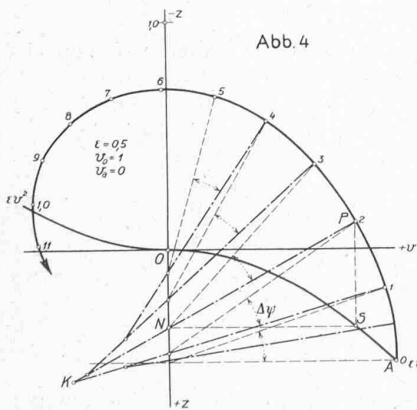
Damit nach Einsatz der Gleichung (6):

$$\rho = \frac{\sqrt{1 + (\frac{dv}{dz})^2}}{\frac{d^2v}{dz^2}} = \frac{\sqrt{(z \mp \epsilon v^2)^2 + (v_a - v)^2}}{(v_a - v)^2 + (z \mp \epsilon v^2)^2 - (v_a - v)(z \mp \epsilon v^2)(2\epsilon v + \frac{dv_a}{dz})} (10)$$

Man benötigt meist  $\rho$  nur für den Anfangspunkt, Unstetigkeitsstellen usw. Für den Ausgang vom Beharrungs-

Winkel  $\Delta\psi$  eingezeichnet. Schon mit sechs Bogenstücken erhält man den besonders interessierenden Scheitelwert mit einer Genauigkeit, die derjenigen der Rechnung, die sich für diesen Fall durchführen lässt, kaum nachsteht. Die Zeitdauer erhält man nebenbei. Bei Auftragung der Spiegelschwankungen als Funktion der Zeit und Vergleich mit einer Sinuslinie erhält man die charakteristischen durch das quadratische Widerstandsgesetz bedingten Abweichungen.

Einen etwas weniger einfachen Abschlussvorgang zeigt Abb. 5.<sup>1)</sup> Die Ausflussöffnung werde plötzlich geändert, und zwar von  $v_a = 1$  auf  $v_{a0}$ , und bleibe dann konstant. Die  $v_a$ -Linie wird dabei infolge der Spiegel-erhebung mit abnehmendem  $z$  wachsen; der Punkt  $B$ , in dem die  $v_a$ -Linie die Widerstandslinie schneidet, gibt den Punkt, der dem neuen Beharrungszustand entspricht. Nun ist weiter angenommen, dass bei  $z = -z_1$  eine Ueberfallkante angebracht sei. Die der Ueberfallhöhe  $-z + z_1$



Zustand  $z_0 = \epsilon v_0^2$ , der in sehr vielen Fällen vorliegt, wird  $z_0 - \epsilon v_0^2 = 0$  und damit:

$$Q_0 = v_{a0} - v_0 \dots (11)$$

also ein äusserst einfacher Wert. Für die weitere Konstruktion genügt es, bei der Unsicherheit der Grundlagen (Widerstandsgesetz, Wert von  $\epsilon$  usw.) als Krümmungsmittelpunkt für das an  $P_1$  anschliessende Bogenstück  $P_1 P_2$  den Schnittpunkt  $K_1$  der Normale  $P_1 N_1$  mit der Normale des vorangehenden Punktes  $P_0 N_0$  anzunehmen. Ist in Sonderfällen erhöhte Genauigkeit erforderlich, so verfährt man wie folgt. Man schlägt (Abbildung 3) aus  $K_1$  einem Kreisbogen  $P_1 P_2'$  für ein bestimmtes Zeitintervall  $\Delta t = \frac{\Delta\psi}{n}$ ,

entsprechende Wassermenge liefert ein  $v_a^*$ , das zu dem  $v_a$  der Ausflussöffnung zutritt. In dem kleinen Masstab der Abbildung ist die Zeiteilung nicht eingetragen. Werden auf der Strecke  $SE_2$  die Krümmungshalbmesser sehr gross, so kann man die Kreisbogen genügend genau durch Tangentenstücke ersetzen. Will man in einem solchen Fall besonders genau konstruieren, um beispielsweise die Ueberfallwassermenge genau zu ermitteln, so wird die später besprochene Ueberhöhung der Abszissen anzuwenden sein.

Abbildung 6 zeigt den Abschlussvorgang unter denselben Verhältnissen wie Abbildung 4, mit dem Unter-

<sup>1)</sup> In dieser Abbildung sind irrtümlich die Punkte  $E_1$  und  $E_2$  mit  $\epsilon_1$  und  $\epsilon_2$  und der Abstand  $v_a^*$  mit  $v_{a1}$  bezeichnet.

schiede, dass  $v_a$  zu Beginn des Vorgangs plötzlich auf  $v_{a0}$  und von da ab allmählich entsprechend dem Zeitdiagramm Abbildung 6a abnimmt.

Abbildung 7 zeigt den Fall, dass  $v_a$  von 1 an allmählich, dem Zeitdiagramm Abbildung 6a entsprechend, abnimmt. Hier entsteht zu Beginn der Konstruktion eine Schwierigkeit, insofern  $q_0$  zu Null wird. Man hilft sich zweckmässig, indem man die  $v_a$ -Linie  $o\ 1\ 2\ 3$  durch die flächengleiche Ersatzlinie  $o'\ 1'\ 2'\ 3'$  ersetzt. Man kann nach Durchführung der Konstruktion für die Ersatzlinie nachträglich leicht und genügend genau die tatsächliche  $v_z$ -Kurve vom Punkte 3 an rückwärts zum Punkte 0 interpolieren. Wäre  $v_a$  zugleich von  $z$  abhängig, beispielsweise durch einen Faktor  $\sqrt{1-kz}$ , so müsste für einen bestimmten Punkt das dem Zeitdiagramm zu entnehmende  $v_a$  mit diesem Faktor, für den  $z$  gegeben ist, multipliziert werden. Die Konstruktion bleibt im übrigen dieselbe.

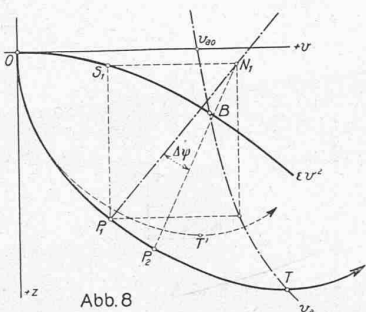


Abb. 8

Abbildung 8 zeigt endlich einen Fall, in dem nach einer vom Ruhezustand aus erfolgten plötzlichen Belastung auf konstante Leistung die hierfür von der Anlage verbrauchte Wassermenge mit wachsender Spiegelsenkung stark zunimmt. Die grösste Spiegelsenkung wird im Punkte T erreicht. Der Punkt B entspricht als Schnittpunkt der  $v_a$ -Linie mit der Widerstandslinie dem neuen Beharrungszustand. Die gestrichelte Kurve mit dem Scheitel T' entspräche dem Vorgang bei gleichbleibender Wassermenge.

Auch in solchen Fällen, in denen für  $v_a$  eine verwickeltere Beziehung vorliegt, als bisher angenommen, lässt sich häufig noch das graphische Verfahren leicht durchführen, wenn die analytische Lösung praktisch unmöglich wird. Bei einiger Übung, die bei jeder graphischen Arbeit unerlässlich ist, dürfte daher das im Vorstehenden besprochene Verfahren der Rechnung in sehr vielen Fällen wesentlich überlegen sein, da es sehr übersichtlich und genau ist und überdies gestattet, alle Einzelheiten zu berücksichtigen.

In manchen Fällen wird man, um die Zeichnung genauer und bequemer zu gestalten, die Masstäbe für  $z$  und  $v$  verschieden wählen müssen. Die dadurch bedingten Änderungen an den Gleichungen (6) und (7a) sind einfach. Wird zum Beispiel  $z$  in  $m$ -facher Vergrößerung aufgetragen, so erhält man mit:  $u = mz$ ,  $z = u/m$ , statt Gleichung (6)

$$\frac{dv}{du} = \frac{u \pm mev^2}{m^2(v_a - v)} \quad (12)$$

statt Gleichung (7a)

$$ndt = \frac{\sqrt{du^2 + dv^2}}{\sqrt{\frac{(u \pm mev^2)^2}{m^4} + (v_a - v)^2}} = d\psi' \quad (13)$$

Die Konstruktion bleibt nach den Gleichungen (12) und (13) fast genau so einfach wie für  $m = 1$ . Anstelle des Wertes  $z \pm ev^2$  zur Bestimmung der Normale der  $v_z$ -Kurve tritt  $\frac{u \pm mev^2}{m^2}$  für die  $vu$ -Kurve. Anstelle von  $d\psi$  und  $ds$  der  $v_z$ -Kurve treten das entsprechende Bogen-Element  $ds'$  und der entsprechende Winkel  $d\psi'$  der  $vu$ -Kurve.

Zum Schlusse sei die Warnung gestattet, den Winkel  $\Delta\psi$  nicht zu klein zu wählen, wozu man anfangs neigt, um die Genauigkeit zu erhöhen. Es ist nur selten zweckmässig,  $\Delta\psi$  kleiner als  $\pi/12$  zu wählen.

## Unterirdische Brücke zur Ueberführung von Rohrleitungen über einen Eisenbahntunnel.

Der anfangs der neunziger Jahre erstellte Tunnel der rechtsufrigen Zürichseebahn, der die Stationen Zürich-Letten und Zürich-Stadelhofen miteinander verbindet, und der den Heimplatz in geringer Tiefe unterfährt, wird beim Kunsthaus von mehreren Gas- und Wasserleitungen und einer Abwasserdohle unter einem Winkel von  $67^\circ$  gekreuzt (siehe Abb. 1 Grundriss). Die Lage des Tunnels in der Moräne und die Ueberlagerung von nur  $6\frac{1}{2} m$  über Tunnelscheitel brachten es mit sich, dass die bergmännische Erstellung des Tunnels, die offenbar gewählt wurde, um den lebhaften Verkehr auf dem Heimplatz und auf den dort zusammentreffenden Strassen nicht zu stören, nicht ohne Einfluss auf die Umgebung des Tunnels bleiben konnte. Ausser den unter diesen Umständen unvermeidlichen Setzungen über der First entstanden, durch sie hervorgerufen, auch seitlich des Tunnels Lockerungen. Mehrfache Beobachtungen, die auf dem Heimplatz und in seiner Nähe gemacht wurden, und über die vielleicht in anderem Zusammenhang noch zu berichten sein wird, haben gezeigt, dass diese gelockerte Zone durch mit etwa 5 : 3 geneigte, das Tunnelfundament beidseitig berührende Ebenen abgegrenzt werden kann. Der Sicherheit halber wurden diese Neigungen im Entwurf mit 1 : 1 angenommen, wie aus dem Längsschnitt der Abb. 1 hervorgeht.

Die Erkenntnis dieser Verhältnisse ist nicht neu. Schon beim Bau des Kunsthauses (S. B. Z., Bd. LVII, S. 206), bei der Erstellung des Hauses von Muralt an der Rämistrasse (S. B. Z., Bd. LV, S. 277), des Hauses Spillmann an der Zollikerstrasse („Beton- und Eisenkonstruktionen“ 1911, Heft 1) und bei der im Jahre 1918 am Kreuzplatz erstellten Wartehalle wurde die Gründung so vorgenommen, dass eine Belastung des in der Einflusszone liegenden Erdreiches vermieden worden ist. Die seither an den städtischen Leitungen gemachten Beobachtungen und eingetretenen Senkungen haben gezeigt, dass solche Massnahmen nicht nur für Gebäude erforderlich sind.

Als im Jahre 1918 eine Senkung des Strassenbelages und der Tramgeleise vor dem Kunsthaus am Heimplatz verriet, dass sich die über dem Tunnel liegenden Leitungen

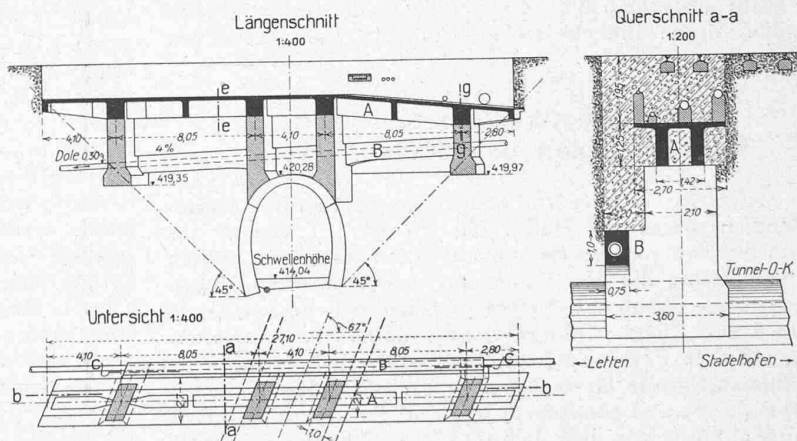


Abb. 1. Grundriss, Längs- und Querschnitt der Tunnel-Überbrückung.

gesenkt hatten, haben sich Bahn- und Stadtverwaltung nach längeren Verhandlungen und eingehenden Studien auf die Ausführung des in den beigegebenen Abbildungen dargestellten Entwurfes geeinigt, der nach den Angaben der Bahnverwaltung vom Ingenieurbureau J. Bolliger & Cie. in Zürich bearbeitet worden ist. Die unterirdische, eisenbewehrte Plattenbalkenbrücke A (in Abbildung 1) dient zur Ueberführung folgender Leitungen über den Tunnel: zwei Gasleitungen von 100 und 150 mm lichter Weite und zwei Wasserleitungen von 100 und 300 mm. Die tiefliegende Dole von 30 cm lichter Weite wurde durch einen besondern