Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 101/102 (1933)
Heft: 6

Artikel: Graphische Berechnung von Wasserspiegel-Linien
Autor: Frank, Josef
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-83036

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: 15.12.2025

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

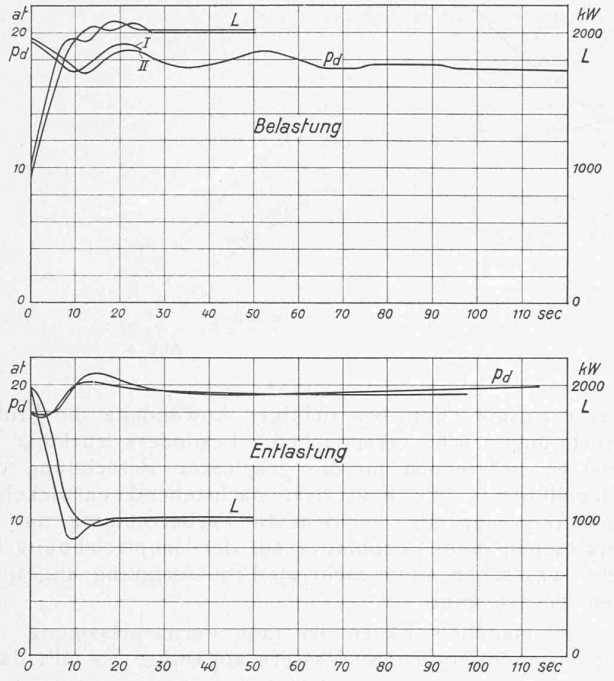

Abb. 5. Diagramme der Regulierversuche.

ist. Beim Versuchskessel wurde dieser Wirkungsgrad nicht erreicht, weil die Gebläse zum Dampferzeuger, der ursprünglich für Gasbetrieb erbaut war, nicht den Wirkungsgrad aufwiesen, der sich mit solchen Gebläsen erreichen lässt. Die Volumenverhältnisse entsprechen infolge anderer Gemischwärmen und Temperaturen nicht den richtigen Betriebsbedingungen und die Gebläse arbeiteten demzufolge nicht mehr im besten Betriebspunkt. Ausserdem wurden die Gebläse durch den Versuch, durch Verdrehen der Schaufeln dem günstigsten Betriebspunkt näher zu kommen, eher verschlechtert als verbessert. Aber auch der 32 t-Kessel dürfte noch weiterhin verbessert werden, sobald mit kleineren Luftüberschüssen gearbeitet wird, sodass sich eine höhere Temperatur vor der Gasturbine einstellt. Dass sich der Brennstoff auch mit kleineren Luftüberschüssen noch vollständig verbrennen lässt, haben bereits Versuche am 10 t-Veloxkessel im Kesselhaus der Firma BBC erwiesen. Bei den vorliegenden Versuchen war ferner der Gegendruck der Gasturbine infolge zu kleiner Rohrweiten und zu grosser Längen der Abgasleitung sehr hoch (bei Vollast 550 mm WS). Mit höheren Gastemperaturen, z. B. 520° C und einem Kaminwiderstand von nur rd. 50 mm WS würde die Leistung der Gasturbine um ungefähr den Betrag zunehmen, der bei den Versuchen vom Hilfsmotor geliefert werden musste. Damit nähert sich aber der wirtschaftliche Wirkungsgrad dem thermischen, der für Vollast und höheren Luftüberschuss bereits 93,3 % betragen hat.

Zur Ermittlung der Heizflächenbelastung sollen folgende wichtigsten Abmessungen der beiden Kessel angeführt werden:

	Versuchs-Kessel	32 t-Kessel
Brennkammer-Strahlungsheizfläche	14 m²	26,8 m²
Brennkammer-Berührungsheizfläche	22,4 m²	42,6 m²
Brennkammer-Volumen	3,0 m²	4,88 m²
Ueberhitzerheizfläche	50 m²	54,5 m²
Vorwärmerheizfläche	148 m²	160 m²

Mit diesen Angaben ergeben sich die Flächenbelastungen beim Versuchskessel zu rund 470 kg/m²/h und beim 32 t-Kessel zu rund 460 kg/m²/h.

Beim 32 t-Kessel, der zum Versand gebracht werden musste, und dessen Versuche deshalb nicht ganz zu Ende geführt werden konnten, wurde die höchste Belastung nicht mehr festgestellt. Die höchste Belastung eines Veloxkessels wird im wesentlichen bestimmt durch die höchstmögliche Drehzahl des Gebläses oder der Gasturbine und durch den kleinstmöglichen Luftüberschuss. Es ist demzufolge anzunehmen, dass die max. Dampfleistung dieses Kessels bei etwa 35 t/h gelegen ist, sodass die max. Heizflächenleistung des eigentlichen Dampferzeugers etwa 505 kg/m²/h, die des gesamten Kessels, also einschliesslich Ueberhitzer und Vorwärmer, etwa 125 kg/m²/h betragen dürfte.

Die erste Versuchsreihe wurde ergänzt durch eine Anzahl von Regulierversuchen. Der Turbloc wurde das eine Mal von Halblast auf Vollast, das andere Mal von Vollast auf Halblast gebracht. Diese Leistungsänderungen wurden in der Zeit von rd. 15 sec durchgeführt. Ein Abblasen von Dampf ins Freie fand nicht statt. Abb. 5 zeigt die rasche Anpassungsmöglichkeit des Kessels an veränderte Betriebsverhältnisse.

Aus der Zusammenstellung der Versuchsresultate kann das Schlussergebnis entnommen werden, das als günstig zu bezeichnen ist. Insbesondere fällt der hohe wirtschaftliche Wirkungsgrad auf, der erst bei kleinen Belastungen abzusinken beginnt. Der thermische Wirkungsgrad erreicht beim 32 t-Kessel maximal 93,3 % und beim Versuchskessel 93,75 %. Als Folge des hohen Kesselwirkungsgrades ist auch der hohe thermische Wirkungsgrad für eine Dampf-Kraftanlage von den gegebenen Verhältnissen zu buchen.

Graphische Berechnung von Wasserspiegel-Linien.

Von Ing. JOSEF FRANK, Komotau (Böhmen).

Allgemeines.

Für die Berechnung von Wasserspiegellinien kann, sofern es sich um stetige Fliessformen handelt, der Satz von Bernoulli verwendet werden, der mit den Bezeichnungen der Abb. 1 geschrieben werden kann:

$$t_o + iL - t_u = h_r + \alpha \frac{v_u^2 - v_o^2}{2g}$$

Die linke Gleichungsseite stellt das absolute Wasserspiegel-Gefälle h dar. Es ist also

$$h = h_r + \alpha \frac{v_u^2 - v_o^2}{2g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Das zweite Glied rechts ist das Geschwindigkeits-Gefälle und berücksichtigt die Aenderung der kinetischen Energie des Wassers.

$$h_g = \alpha \frac{v_u^2 - v_o^2}{2g}$$

Gl. (1) kann also auch geschrieben werden:

$$h = h_r + h_g$$

Der Wert α dient als St. Venant'scher Beiwert zur Berücksichtigung der ungleichmässigen Geschwindigkeits-Verteilung im Querschnitt. In Uebereinstimmung mit zahlreichen Verfassern [1]) wird er, da nicht genau bekannt und in verhältnismässig weiten Grenzen schwankend, im nachstehenden zunächst gleich 1 gesetzt.

Bestimmung des Reibungsgliedes h_r.

Der Bestimmung des Reibungsgefälles J wird die allgemeine Gleichung zugrundegelegt:

$$v = k R^m J^{1/2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

worin v die Wassergeschwindigkeit, R der Profilradius und k ein von der Bettbeschaffenheit abhängiger Geschwindigkeitsbeiwert ist. Der Gl. (2) entspricht ein grosser Teil der gebräuchlichen älteren und neueren Fliessformeln, dabei ist nach Chézy $m = 0{,}5$, nach Forchheimer $= 0{,}7$, nach Manning-Strickler $= 2/3$ usw.

Aus Gl. (2) ergibt sich das Reibungsgefälle zu

$$J = \frac{v^2}{k^2 R^{2m}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

[1]) Z. B. Böss, Berechnung der Wasserspiegellage beim Wechsel des Fliesszustandes, Berlin 1919.

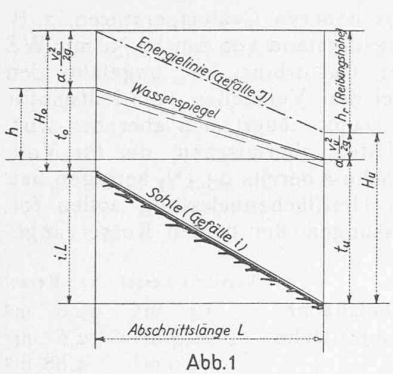

Abb. 1

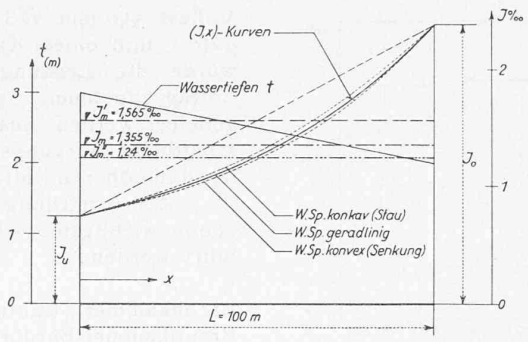

Abb. 2

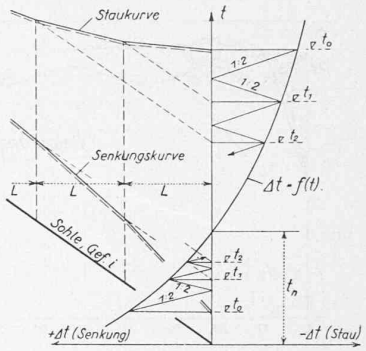

Abb. 3

Der gesamte, auf der betrachteten Strecke L entstehende Reibungsverlust, der bekanntlich das absolute Gefälle der Energielinie darstellt, ist gegeben durch den Ausdruck:

$$h_r = \int_0^L J\,dx = \int_0^L \frac{v^2}{k^2 R^{2m}}\,dx \quad . \; . \; . \; . \quad (4)$$

der in geschlossener Form nicht integrabel ist. Anstelle der Integration muss daher eine der nachstehenden Näherungsmethoden zur Bestimmung des „mittleren Gefälles" treten.

Sobald nach der an einem gegebenen Ort auftretenden Spiegellage gefragt, L also gegeben ist, bringt die Bestimmung des mittleren Reibungsgefälles J_m stets eine probeweise Rechnung mit sich. Es ist, ausgehend von einem Ende des Abschnittes L, unter Annahme eines angenähert berechneten oder geschätzten Gefälles, die Spiegellage am anderen Abschnittsende zu bestimmen und dann nach einem der unten gegebenen Verfahren (b bis d) ein neues mittleres Gefälle zu berechnen. Falls die so berechnete Spiegelhöhe mit der zuerst angenommenen nicht genügend genau übereinstimmt, so ist die Berechnung zu wiederholen.

Zur Berechnung des mittleren Reibungsgefälles gibt es folgende Verfahren:

a) Berechnung des Gefälles J_m aus den für den Anfangsquerschnitt geltenden Werten[2]), d. h. das mittlere Gefälle wird gleich gross mit dem Anfangsgefälle angenommen, was natürlich nur in gewissen Fällen zulässig ist. Proberechnung entfällt dann.

$$h_r = \frac{v_u^2}{k_u^2 R_u^{2m}} L \text{ bezw. } = \frac{v_o^2}{k_o^2 R_o^{2m}} L \quad . \; . \; . \quad (5)$$

b) Die gebräuchlichste Methode ist die der Mittelwertbildung für Querschnittfläche F und benetzten Umfang p. Es wird gebildet $F_m = {}^1/_2 (F_u + F_o)$, $p_m = {}^1/_2 (p_u + p_o)$, daraus $R_m = F_m : p_m$ $v_m = Q : F_m$. Damit wird nach Gl. (3)

$$h_r = \frac{Q^2 p_m^{2m}}{k_m^2 F^{2+2m}} L \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (6)$$

Berechnung durch Probieren.

c) Eine besonders bei ganz oder halb graphischen Verfahren[3]) verwendete Methode besteht darin, das Reibungsgefälle aus dem in der Abschnittsmitte, bei $L/2$, liegenden Querschnitt zu bilden. Dieses Verfahren gibt nur bei Rechteckprofilen die gleichen Ergebnisse wie Gl. (6), da sich nur hier F und p linear mit der Länge (bei geradlinigem Spiegelverlauf) ändern. Auch dieses Verfahren bedingt eine Proberechnung.

d) Die Mittelbildung kann zum Unterschied von b) statt mit den Berechnungselementen F und p erst mit den Gefällen J vorgenommen werden, d. h. es werden die den Begrenzungsquerschnitten entsprechenden Gefälle J_u und J_o nach Gl. (3) ermittelt und das Gefälle J_m als arithmetisches Mittel aus diesen beiden Werten gebildet.

$$h_r = L J_m = L \frac{J_u + J_o}{2} \quad . \; . \; . \; . \quad (7)$$

Dieser Ansatz kann bei richtiger Anwendung die Proberechnungen sehr vereinfachen. Besonders fruchtbar erweist er sich jedoch für die graphische Berechnung der Spiegellinien[4]). Er liegt dem nachstehend entwickelten Verfahren zugrunde, bei dem die Proberechnung nur im Verschieben eines Deckblattes auf der Hauptzeichnung besteht, was schon kaum mehr als Proberechnung angesprochen werden kann.

In manchen Fällen ist eine Vernachlässigung der kinetischen Energie des Wassers angängig. Es fällt dann das Glied $\alpha \frac{v_u^2 - v_o^2}{2g}$ in Gl. (1) fort und das Wasserspiegelgefälle wird gleich dem Reibungsgefälle gesetzt.

Bevor auf die Einzelheiten des graphischen Verfahrens eingegangen wird, soll versucht werden, ein allgemeines Bild über die Genauigkeit der unter a) bis d) genannten Verfahren zur Bestimmung der Reibungshöhe zu geben.

Es sei das folgende extrem gewählte Beispiel angenommen:

In einem Rechteckprofil von 10 m Breite soll bei einer Wasserführung von $Q = 50$ m³/sec die Wassertiefe auf eine Länge $L = 100$ m von 3 auf 2 m abnehmen. Mit Hilfe der Manning-Stricklerformel $v = k R^{2/3} J^{1/2}$ wird mit $k = 40$ bei Annahme einer geradlinigen Spiegellinie der Verlauf der Funktion $J = f(x)$ berechnet, wobei x die Länge bedeute. Es ergibt sich die in Abb. 2 enthaltene (J, x)-Kurve. Die von dieser und den Begrenzungsordinaten eingeschlossene Fläche stellt den Wert der Gl. (4) dar. Die Verwandlung dieser Fläche in ein Rechteck mit der Basis L gibt das mittlere Gefälle J_m (= 1,355 ‰). Der tatsächliche Spiegelverlauf ist nicht geradlinig, sondern bei Senkungskurven nach oben konvex, bei Staukurven konkav. Dementsprechend weicht die (J, x)-Linie im ersten Fall nach unten, im letzten Fall nach oben ab, was in Abb. 2 punktiert angegeben ist. Die Abweichungen sind nicht gross und sollen bei vorliegender Untersuchung vernachlässigt werden. — Die Berechnung des mittleren Gefälles nach Gl. (6) würde J_m'' (= 1,24 ‰) ergeben. Der gleiche Wert ergibt sich, da es sich um ein Rechteckprofil handelt, nach c).

Gl. (7) wird durch ein Trapez mit den Parallelseiten J_u und J_o und der Höhe L dargestellt, also durch das der wirklichen (J, x)-Fläche umschriebene Trapez. Das entsprechende mittlere Gefälle ist J_m' (= 1,565 ‰).

Gl. (5) entspricht ein Rechteck von der Basis L und der Höhe J_o bezw. J_u, je nach dem Richtungssinn der Berechnung. Das Verfahren dürfte nur vereinzelt und in untergeordneten Fällen verwendbar sein.

Bei unregelmässigen Flussläufen können nur die Verfahren b) und d) angewandt werden, a) scheidet von vornherein aus und c) ist deshalb nicht verwendbar, weil in der Natur nur die Begrenzungsprofile eines Berechnungsabschnittes aufgenommen sind und das in Abschnittsmitte liegende Profil in den meisten Fällen gar nicht bekannt ist.

[2]) Vgl. das graphische Verfahren von Kozeny. (Ueber die gleichförmige Bewegung des Wassers in elementarer Darstellung, „Die Wasserwirtschaft", 1929).

[3]) Z. B. Schocklitsch, Graphische Hydraulik, Leipzig u. Berlin, 1923.

[4]) Gl. (7) liegt z. B. dem Verfahren von Willmitzer zugrunde. (Willmitzer, Verfahren zur Ermittlung von Spiegellinien, „Deutsche Wasserwirtschaft", 1926, S. 225.)

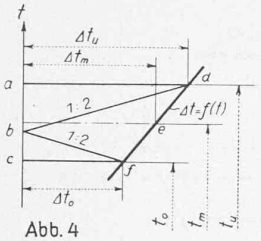

Abb. 4

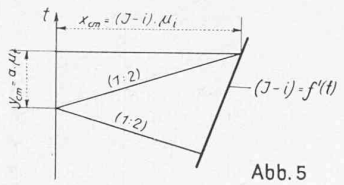

Abb. 5

Anhand von Abb. 2 lässt sich allgemein sagen, dass Gl. (7) zu grosse und Gl. (6) zu kleine Reibungswerte gegenüber den tatsächlichen Verhältnissen liefern. Der Unterschied zwischen den Ergebnissen nach beiden Verfahren wird jedoch umso kleiner, je flacher die (J, x)-Kurve wird, d. h. je kürzer L gewählt wird.

Bei dem gewählten Beispiel ist zu beachten, dass es in seinen Abmessungen ganz extrem angenommen ist und dass es in der Praxis niemandem einfallen würde, bei derartigen Verhältnissen Berechnungsabstände von 100 m zu wählen. Schon eine Verkleinerung auf 50 m würde, wie man aus Abb. 2 ersehen kann, eine mit Rücksicht auf die sonstigen Unsicherheiten (Rauhigkeit!) genügende Uebereinstimmung zwischen den beiden Verfahren und mit den wirklichen Verhältnissen ergeben. Man kann also von beiden Berechnungsverfahren eine ausreichende Genauigkeit erwarten, wenn die Berechnungsabschnitte nicht unsachgemäss gross gewählt werden. Tatsächlich hat eine ganze Reihe von durchgeführten Berechnungsbeispielen nach den Gleichungen (6) und (7) gezeigt, dass die Ergebnisse nur unwesentlich voneinander abweichen und zwar sowohl bei regelmässigen als auch bei unregelmässigen Profilen.

Graphische Verfahren unter Zugrundelegung von Gl. (6) dürften kaum möglich sein. Das Verfahren unter c) eignet sich und ist auch bereits mehrfach, wenigstens bei halb graphischen Verfahren, verwendet worden. Im Nachstehenden wird ein zeichnerisches Verfahren entwickelt, das auf Gl. (7) fusst. Es ist sowohl für regelmässige als auch für unregelmässige Profile verwendbar.

Die bisher bekannt gewordenen graphischen Verfahren beziehen sich ausnahmslos auf regelmässige Profile mit gleichmässigem Sohlengefälle. Aus der Grundgleichung lässt sich dann für zwei angenommene Begrenzungstiefen t_o und t_u die Abschnittslänge berechnen:

$$L = \frac{(t_o - t_u) - \frac{v_u^2 - v_o^2}{2g}}{J_m - i} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

bezw., wenn die kinetische Energie des Wassers vernachlässigt wird,

$$L = \frac{t_o - t_u}{J_m - i} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

Auf diesen Beziehungen fussen die Verfahren von Schocklitsch [3]) und Willmitzer [4]), letzteres ausserdem noch auf der Nebenbedingung, die Wasserspiegellinie als Polygon mit gleichen Brechungswinkeln zu erhalten. Beide Verfahren verzichten auf die willkürliche Wahl der Abschnittlängen. Das vorliegende Verfahren geht von bekannter Abschnittlänge L und von einer der beiden Begrenzungspiegellagen aus und berechnet jeweils die andere. Je nachdem man die kinetische Energie des Wassers berücksichtigt oder vernachlässigt, lauten somit die entsprechenden Gleichungen:

$$h = \frac{v_u^2 - v_o^2}{2g} + L\frac{J_u + J_o}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

bezw.

$$h = L\frac{J_u + J_o}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

I. REGELMÄSSIGES GERINNE, KINETISCHE ENERGIE DES WASSERS VERNACHLÄSSIGT.

Wird in Gl. (9) $t_o - t_u = \Delta t$ gesetzt, so ergibt sich

$$\Delta t = L(J - i) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

Nehmen wir zunächst gleiche Berechnungsabschnitte L an, so ist nach Gl. (11) Δt nur abhängig von J und da dieses seinerseits von t abhängt, so ist

$$\Delta t = f(t) \text{ für } L = \text{konst.} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

und bedeutet die Tiefenänderung auf der Strecke L, wenn das Reibungsgefälle für die ganze Strecke unveränderlich und nur von der Anfangstiefe t abhängig wäre. Mit Hilfe der Gl. (12) lässt sich eine Kurve berechnen und zeichnen, deren Ordinaten die Wassertiefen t und deren Abszissen die Tiefenänderungen Δt sind (Abb. 3). Zieht man nun die in Abb. 3 und 4 ersichtlichen Zickzacklinien mit unter 1 : 2 geneigten Schrägstrahlen — „Wendestrahlen" —, so ergibt sich anhand von Abb. 4 folgendes:

$$ad = \Delta t_u = L(J_u - i)$$

$$cf = \Delta t_o = L(J_o - i), \text{ ferner}$$

$$ab = \tfrac{1}{2}\Delta t_u \text{ und } bc = \tfrac{1}{2}\Delta t_o, \text{ somit}$$

$$ac = \tfrac{1}{2}(\Delta t_u + \Delta t_o) = L\left(\frac{J_u + J_o}{2} - i\right) = \Delta t_m$$

Durch diese Konstruktion ergibt sich also die neue Wassertiefe t_o, wobei das Reibungsgefälle nach Gl. (7) als Mittel aus den Begrenzungsgefällen berücksichtigt ist.

Die Neigung 1 : 2 ist natürlich unter Berücksichtigung der Masstäbe für Δt und t aufzufassen. Sind die Masstabeinheiten $\mu_{\Delta t}$(1 m = $\mu_{\Delta t}$ cm) und μ_t(1 m = μ_t cm), so beträgt die ideelle Neigung 1 : 2 *rein zeichnerisch*

$$1 : z = 1 : \frac{2\,\mu_{\Delta t}}{\mu_t} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

Wenn, wie bei späteren Verfahren, mit der h_r-Linie gearbeitet wird, so tritt an Stelle von $\mu_{\Delta t}$ die Masstabeinheit für h_r, nämlich μ_{h_r}.

Es ergibt sich also bei gleichen Abschnittlängen L die in Abb. 3 gezeigte einfache Konstruktion, die sowohl für Stau- als auch für Senkungskurven verwendbar ist, für diese allerdings nur dann, wenn die Aenderung der kinetischen Energie des Wassers vernachlässigt werden darf. Die gefundenen Wassertiefen können durch Parallele zur Sohle ins Längenprofil übertragen werden, wodurch der Längsschnitt der Spiegellinie gewonnen wird. Der Längenmasstab des Längenprofiles ist beliebig wählbar, der Höhenmasstab muss jedoch mit dem t-Masstab übereinstimmen.

Beim Uebergang von einer Berechnungslänge L_1 auf eine neue L_2 sind die zeichnerischen Neigungen der Wendestrahlen proportional den Längen L_1 und L_2 umzurechnen. Hat sich für die Berechnungslänge L_1 die zeichnerische Neigung der Wendestrahlen 1 : 2 nach Gl. (13) zu $1 : z_1$ ergeben, so beträgt sie für die neue Länge L_2

$$1 : z_2 = 1 : \left(z_1 \frac{L_1}{L_2}\right) = 1 : \left(\frac{2\,\mu_{\Delta t}}{\mu_t}\frac{L_1}{L_2}\right) \quad . \quad . \quad (14)$$

Schliesslich ist es auch möglich, die auf der rechten Seite der Gl. (11) angedeutete Multiplikation mit L durch die zeichnerische Neigung der Wendestrahlen zum Ausdruck zu bringen. Dann ist statt der Kurve $\Delta t = f(t)$ eine Kurve

$$(J - i) = f'(t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

zu zeichnen, siehe Abb. 5. Wird das Gefälle in ‰ ausgedrückt und mit der Masseinheit μ_i (1 ‰ = μ_i cm), ferner L in km angegeben, so geht aus Abb. 5 hervor:

$$(J - i)\,\mu_i = x_{cm}$$

$$a = (J - i)\,L/2$$

$$y_{cm} = a\,\mu_t = (J - i)\,L/2\,\mu_t$$

Die rein zeichnerische Neigung der Wendestrahlen ist dann:

$$1 : z = \frac{y}{x} = \frac{(J - i)\,L/2\,\mu_t}{(J - i)\,\mu_i} = 1 : \left(\frac{2}{L}\frac{\mu_i}{\mu_t}\right) \quad . \quad . \quad (16)$$

Hat man Staukurven für verschiedene Wassermengen zu berechnen, so wird es sich gleichfalls empfehlen, mit den J- bezw. den $(J - i)$-Kurven zu arbeiten. Man trägt nach Abb. 6 mit Bezug auf das gestrichelte Axenkreuz die J-Linie auf und parallel zur Ordinatenaxe im Abstand i = konst. die i-Linie. Die Differenz zwischen den beiden Linien gibt den Wert $(J - i)$, der im Bereich der Staukurven negativ ist. Die Neigungen der Wendestrahlen sind nach Gl. (16) festzulegen. Soll nun von einer Wassermenge Q_1, für die die J-Linie bereits gezeichnet ist, auf eine neue Wassermenge Q_2 übergegangen werden, so sind die J-Werte nur nach den Quadraten der Wassermengen

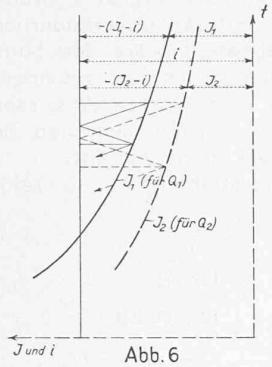

Abb. 6

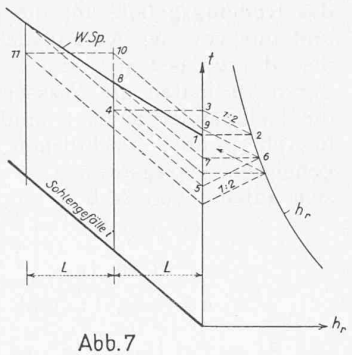

Abb. 7

umzurechnen, da sich ja die Gefälle wie die Quadrate der Wassermengen verhalten, wenn Gl. (2) zugrunde liegt.

$$J_2 = J_1 \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (17)$$

Da $\left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^2$ ein Festwert ist, sind die Abszissen einfach mit einem konstanten Wert zu multiplizieren, damit die J_2-Linie erhalten wird.

Die behandelte Aufgabe lässt sich statt mit der Δt-Kurve nach Gl. (11) auch mit der Reibungskurve h_r nach einem Verfahren lösen, das sich den weiterhin gegebenen anschliesst.

$$h_r = J\,L = F(t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (18)$$

Es sind nach Gl. (18) für einige Werte t die Reibungshöhen h_r zu rechnen, nach Abb. 7 aufzutragen und zur h_r-Kurve zu verbinden. Zur Konstruktion werden wieder die 1 : 2 geneigten Wendestrahlen verwendet, deren zeichnerische Neigung unter Berücksichtigung der Masstäbe gefunden werden kann. Wird mit μ_{h_r} die Masstabeinheit für h_r (1 m = μ_{h_r} cm) bezeichnet, so ergibt sich mit den schon früher festgelegten Bezeichnungen die zeichnerische Neigung der Wendestrahlen 1 : 2 zu

$$1 : z = 1 : \left(2\,\frac{\mu_{h_r}}{\mu_t}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19)$$

Die Hälfte des zur Ausgangswassertiefe 1 (Abb. 7) gehörigen Reibungsverlustes $\overline{1\,2}$ wird mit Hilfe des Wendestrahles 2—3 über 1 aufgetragen: Punkt 3. Nun wird 3—4 horizontal gezogen und 4—5 parallel zur Sohle (Uebertragung der Wassertiefe 4 in das Berechnungsdiagramm). 5—6 ist 1 : 2 geneigt und 6—7 liefert die neue Wassertiefe, die durch Strahl 7—8 in das entsprechende Profil übertragen wird. Weitere Konstruktion durch den Linienzug 6—9—10—11 usw.

$$\overline{1\,3} = L\,\frac{J_u}{2} \text{ und } \overline{4\,8} = \overline{5\,7} = L\,\frac{J_0}{2}.$$

Das gesamte Reibungsgefälle, das voraussetzungsgemäss gleich dem Wasserspiegelgefälle ist, beträgt somit

$$h_r = \overline{1\,3} + \overline{4\,8} = L\,\frac{J_0 + J_u}{2}, \text{ entspricht also Gl. (7).}$$

Beim Uebergang von einer Abschnittlänge L_1 auf eine andere L_2 ist die zeichnerische Neigung der Wendestrahlen analog Gl. (14)

$$1 : z_2 = 1 : \left(\frac{2\,\mu_{h_r}}{\mu_t}\,\frac{L_1}{L_2}\right) = 1 : \left(z_1\,\frac{L_1}{L_2}\right) \quad . \quad . \quad (20)$$

Beim Uebergang auf eine neue Wassermenge Q_2 sind die Reibungshöhen entweder entsprechend der Beziehung

$$h_{r_2} = h_{r_1}\left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (21)$$

umzurechnen, wobei sich eine neue h_r-Kurve ergibt, oder es ist die Multiplikation mit $(Q_2 : Q_1)^2$ in der zeichnerischen Neigung der Wendestrahlen zum Ausdruck zu bringen. Es ergibt sich hierfür

$$1 : z_2 = 1 : \left[z_1\left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2\right] = 1 : \left[2\,\frac{\mu_{h_r}}{\mu_t}\left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2\right] \quad . \quad (22)$$

Handelt es sich bei einem Fall um sehr grosse Wassertiefen, die bei gegebenem Zeichenraum einen zu kleinen Masstab für t bedingen würden, so kann auf die

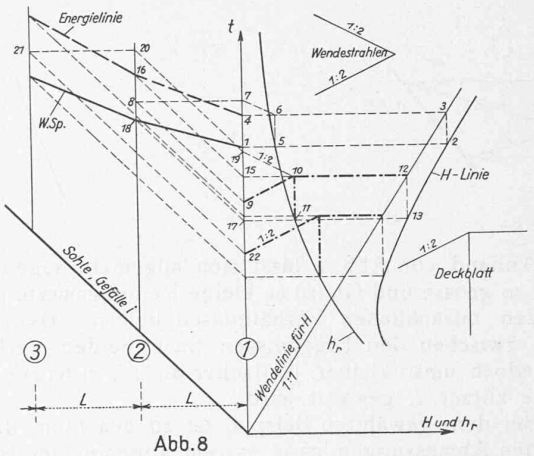

Abb. 8

Darstellung der Sohle verzichtet und an deren Stelle eine Parallele in gewissem Abstand verwendet werden, was auch für alle folgenden Verfahren gilt.

II. REGELMÄSSIGES GERINNE, KINETISGHE ENERGIE DES WASSERS BERÜCKSICHTIGT.

a) *Berechnung flussaufwärts.*

Die Berechnung erfolgt nach Gl. (1), wobei das Glied h_r nach Gl. (7) gefunden und der Beiwert α zunächst gleich 1 gesetzt wird. Die Berechnungsabschnitte sind vorerst gleichbleibend angenommen, der Uebergang auf veränderliche L wird später erörtert. Dem Verfahren liegt das bekannte Energielinienverfahren zu Grunde.

Es sind folgende Kurven zu berechnen und aufzutragen: (Abb. 8)

1. Die Reibungskurve $h_r = F(t) = L\,\frac{v^2}{k^2\,R^{2m}}$,

2. die dazugehörigen Neigungen der Wendestrahlen 1 : 2 wie früher,

3. die H-Linie nach der Beziehung

$$H = t + \alpha\,\frac{v^2}{2g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (23)$$

mit $\alpha = 1$. Der Masstab für H kann beliebig gewählt werden.

4. eine Wendelinie (1 : 1 geneigt unter Berücksichtigung der Masstäbe für t und H), die gestattet, die als Abszissen mit der Masstabeinheit μ_H (1 m = μ_H cm) gezeichneten Energiehöhen in die Ordinatenrichtung zu „wenden" und im t-Masstab darzustellen. Zeichnerische Neigung der Wendelinie

$$1 : (\mu_H : \mu_t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (24)$$

5. Ein Deckblatt auf durchsichtigem Pauspapier wie in Abb. 8 angegeben: zwei sich rechtwinkelig schneidende Linien, durch deren Schnittpunkt ein 1 : 2 geneigter Wendestrahl (vergl. unter 2) geht.

Die Hauptzeichnung ist zweckmässig auf Millimeterpapier anzufertigen, um dadurch das Arbeiten mit dem Deckblatt zu erleichtern.

In Querschnitt 1 (Abb. 8) ist die Spiegellage durch Punkt 1 bekannt. Durch den Linienzug 1—2—3—4 wird die Energiehöhe in Querschnitt 1 bestimmt. Die der Ausgangswassertiefe entsprechende halbe Reibungshöhe wird durch den Konstruktionszug 5—6—7 über der Energielinienlage aufgetragen, es ist also $\overline{4\,7} = \frac{J_1}{2}\,L$. Die Neigung 6—7 ist dabei 1 : 2 (ideell). 7—8 wird horizontal gezogen und 8—9 parallel der Sohle. Nun wird das Deckblatt (in Abb. 8 stark strichpunktiert) mit dem Schrägstrahl durch Punkt 9 gehend und mit den beiden anderen Strahlen waagrecht bezw. vertikal liegend so lange verschoben, bis die Punkte 10, 11, 13 und 12 ein Rechteck bilden (Hauptzeichnung zu diesem Zweck auf Millimeterpapier!). Die Horizontale 13—11—17 gibt die neue Wassertiefe t_2 an, die durch die Parallele zur Sohle 17—18 in Profil 2 übertragen wird. Die Horizontale 12—10—15 liefert die neue Energiehöhe, die durch den Strahl 15—16 parallel zur Sohle gleichfalls nach Profil 2 übertragen wird.

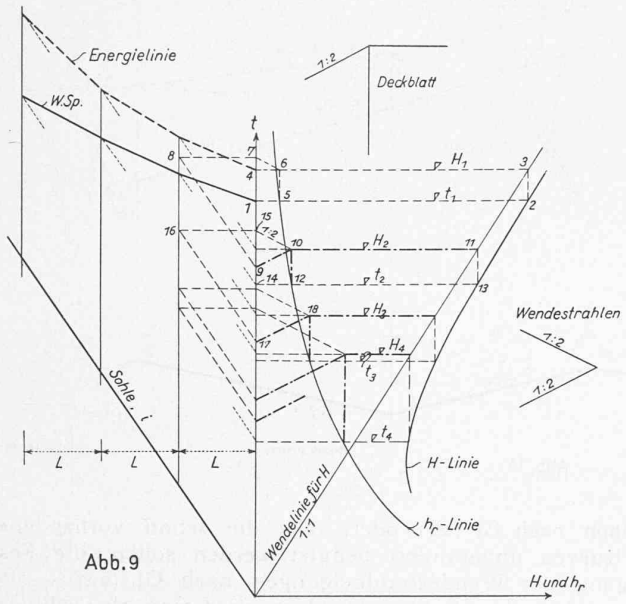

Abb. 9

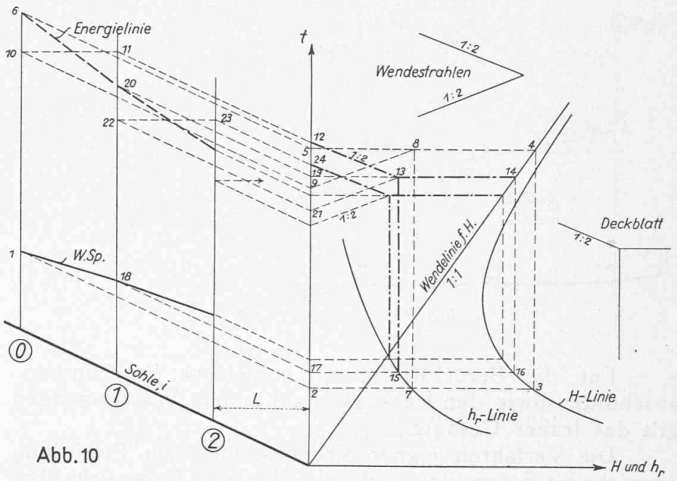

Abb. 10

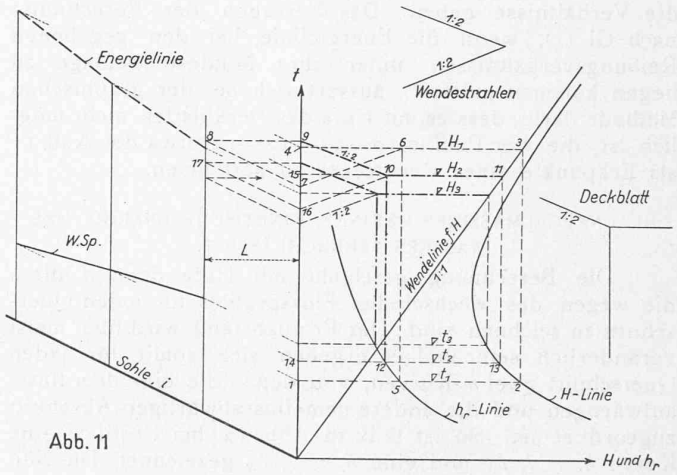

Abb. 11

Das Reibungsgefälle, d. h. der vertikale Abstand zwischen den Punkten 4 und 16 der Energielinie, setzt sich zusammen aus den Strecken $\overline{47}$ und $\overline{8\,16}$. $\overline{47}$ ist nach seiner Konstruktion gleich der halben zur Anfangswassertiefe gehörigen Reibungshöhe, also

$$\overline{47} = L\frac{J_1}{2}, \text{ ebenso ist } \overline{8\,16} = L\frac{J_2}{2}.$$

Das gesamte Reibungsgefälle ist dann

$h_r = \overline{47} + \overline{8\,16} = L\frac{J_1 + J_2}{2}$ entspricht somit Gl. (7).

Das absolute Wasserspiegelgefälle (vertikaler Abstand zwischen 1 und 18) ergibt sich nach Abb. 18 zu

$$h = (\overline{16\,8} + \overline{74}) + \overline{41} - \overline{16\,18} = h_r + \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g}$$

entsprechend Gl. (1).

Bei Anwendung von verschieden grossen Abschnittlängen müssen die Neigungen der Wendestrahlen nach Gl. (20) umgerechnet werden oder es muss, wie oben beschrieben, die J-Kurve gezeichnet und die zugehörigen Neigungen nach Gl. (16) errechnet werden.

Beim Uebergang auf eine andere Wassermenge sind entweder die Reibungskurven nach Gl. (21) umzurechnen und die alten Neigungen beizubehalten oder aber die Reibungskurven beizubehalten und die neuen Strahlneigungen nach Gl. (22) zu bestimmen. Die H-Linie ist gleichfalls umzurechnen. Gehört $k_1 = v_1^2/2g$ zur alten Wassermenge Q_1, so ergibt sich für die gleiche Spiegellage und die neue Wassermenge Q_2 die Geschwindigkeitshöhe

$$k_2 = k_1 \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (25)$$

Die Geschwindigkeitshöhen sind im Diagramm dargestellt durch die horizontalen Abstände zwischen Wendelinie und H Linie. Bei Umrechnung der letztgenannten auf eine neue Wassermenge brauchen also nur diese Abstände nach Gl. (25) umgerechnet zu werden, was rein mechanisch mittels Reduktionszirkel oder Strahlendiagramm vorgenommen werden kann.

Wie man aus Abb. 8 entnehmen kann, könnte aus dem Konstruktionszug 19—20—21—22 der zwischen den Profilen 1 und 2 liegende Teil, der aus parallelen Geraden besteht, herausfallen. Das selbe gilt sinngemäss für alle nach aufwärts anschliessenden gleichen Konstruktionszüge, von denen jeweils die in den unterhalb gelegenen Abschnitten liegenden Teile überflüssig sind. Man kann daher auf die Mitwirkung des Längenprofiles für die Konstruktion überhaupt verzichten und nur mit dem ersten Abschnitt L arbeiten. Damit ergibt sich Abb. 9. Die Konstruktion ist grundsätzlich die gleiche wie früher und erfolgt in der Reihenfolge der beigeschriebenen Ziffern. Wird — wie in Abb. 9 — das Längenprofil doch über den ersten Abschnitt hinaus mit gezeichnet, so dient dieses nur dazu, um die berechneten Wassertiefen und Energiehöhen aufzunehmen. Bei verschieden grossen Berechnungsabschnitten L ist bei Anwendung des Verfahrens nach Abb. 9 von jeder Abschnittsgrösse ein Abschnitt an das untere Ende des Längenprofiles zu stellen.

b) *Berechnung flussabwärts.*

Die Berechnung flussabwärts, etwa bei schiessendem Wasser, ist grundsätzlich die selbe wie unter a), jedoch muss das Deckblatt eine andere Form erhalten, wie aus Abb. 10 ersichtlich. Der Konstruktionsgang ist in den Abb. 10 und 11 gegeben und zwar in Abb. 10 mit Heranziehung des Längenprofiles für die Berechnung, im zweiten Fall (Abb. 11) erfolgt die Berechnung lediglich mit Hilfe des ersten Abschnittes wie bei Abb. 9 und das Längenprofil dient nur zur Aufnahme der ermittelten Wassertiefen und Energiehöhen.

Bei Abb. 10 ist folgender Konstruktionsgang einzuhalten:

Die Ausgangswassertiefe wird durch den Strahl 1—2 in das Kurvendiagramm übertragen, die zugehörige Energiehöhe wird durch den Linienzug 2—3—4—5 gefunden und durch 5—6 nach Profil 0 übertragen. Durch 7—8—9 wird von der Energiehöhe die der Anfangswassertiefe entsprechende halbe Reibungshöhe abgezogen. 9—10 ist parallel zur Sohle, 10—11 waagrecht und 11—12 wieder parallel zur Sohle. Das Deckblatt wird mit dem Schrägstrahl durch 12 solange verschoben, bis 13—14—16—15 ein Rechteck bilden. Die neue Wassertiefe, gegeben durch 16—15—17 wird durch 17—18 nach Profil 1 übertragen. Die neue Energiehöhe, gegeben durch 14—13—19, wird durch 19—20 ebenfalls nach Profil 1 übertragen. Weitere Berechnung durch die Linienzüge 13—21—22, 22—23 usw.

Für Abb. 11 ist der Zeichenvorgang ganz analog, er erfolgt in der Reihenfolge der beigeschriebenen Ziffern und braucht nicht mehr näher beschrieben zu werden.

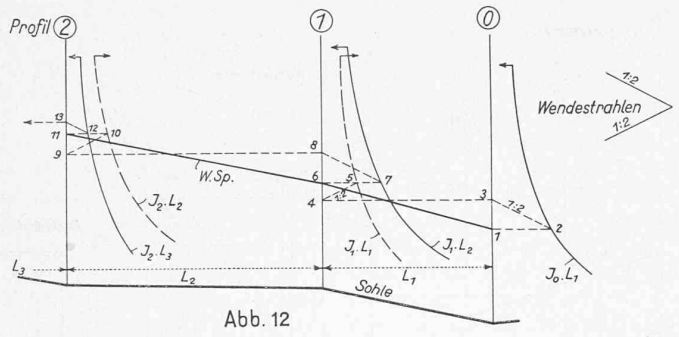

Abb. 12

Für die Berücksichtigung ungleicher Berechnungsabschnitte sowie den Uebergang auf andere Wassermengen gilt das früher Gesagte.

Die Verfahren eignen sich besonders zur Ermittlung verwickelter Spiegellinien, da sie eine gute Uebersicht über die Verhältnisse geben. Das Versagen der Berechnung nach Gl. (1), wenn die Energielinie bei den gegebenen Reibungsverhältnissen unter ihre Mindesthöhenlage zu liegen kommen müsste[5]), äussert sich bei der graphischen Methode darin, dass es mit Hilfe des Deckblattes nicht möglich ist, die vier Punkte 10—11—12—13 etwa der Abb. 11 als Eckpunkte eines Rechteckes zu bestimmen.

III. UNREGELMÄSSIGES GERINNE, KINETISCHE ENERGIE DES WASSERS VERNACHLÄSSIGT.

Die Berechnung geschieht mit Hilfe der h_r-Linien, die wegen des wechselnden Flussprofiles für jeden Querschnitt zu zeichnen sind. Der Profilabstand wird hier meist veränderlich sein und es ergeben sich somit für jeden Querschnitt zwei h_r-Kurven, von denen die eine dem flussaufwärtigen und die andere dem flussabwärtigen Abschnitt zugeordnet ist. So ist s. B. in Abb. 12 bei Profil 1 eine Kurve $h_r = J_1 L_1$ und eine $h_r = J_1 L_2$ gezeichnet. Die Neigung der Wendestrahlen ist wie früher 1 : 2 (unter Berücksichtigung der Masstäbe). Es kann auch mit einer einzigen Kurve ausgekommen werden, beispielsweise mit $h_r = J_1 L_1$. Dann muss aber die Umrechnung auf die Länge L_2 in der zeichnerischen Neigung des Wendestrahles zum Ausdruck kommen, Gl. (20), oder man verwendet die J-Kurven und bestimmt die Strahlneigung für beide anschliessenden Strecken nach Gl. (16). In Abb. 12 sind jedoch zwei h_r-Kurven für jeden Querschnitt verwendet. Bei Berechnung flussaufwärts, also bei Profil o beginnend, ist folgender Zeichnungsgang einzuhalten:

Ausgangsspiegel ist Punkt 1. Durch den Linienzug 1—2—3 wird $\overline{1\,3} = \frac{\overline{1\,2}}{2}$ = halber Reibungsverlust für L_1 und Spiegellage 1. 3—4 ist horizontal und 4—5—6 liefert die neue Wasserspiegelhöhe 6. Gesamtgefälle in Abschnitt $L_1 = \overline{1\,3} + \overline{4\,6} = L_1 \frac{J_0}{2} + L_1 \frac{J_1}{2} = L_1 \frac{J_0 + J_1}{2}$ gemäss Gl. (7). Weiterer Berechnungsgang: 7—8—9—10 usw., wobei zu beachten ist, dass immer die dem gerade behandelten Berechnungsabschnitt zugehörigen h_r-Kurven verwendet werden.

Bei Berechnung flussabwärts, also ausgehend von Punkt 11, ist folgendermassen vorzugehen: Linienzug 11—10—9, 9—8 horizontal, Linienzug 8—7—6 liefert die neue Wasserspiegellage 6, usw.

Das Verfahren ist sehr einfach und wird z. B. bei Wasserkraftentwürfen, wenn viele Staukurven zu untersuchen sind und die kinetische Energie des Wassers vernachlässigt werden kann, gute Dienste leisten. (Das gleiche gilt auch von dem unter IV gebrachten Verfahren, wie überhaupt der Vorteil der graphischen Verfahren bei derartigen zahlreichen Berechnungen sich allgemein bemerkbar macht.)

Beim Uebergang von der Wassermenge Q_1, für die die h_r-Kurven gezeichnet vorliegen, auf eine Wassermenge Q_2 erfolgt entweder die Umrechnung der Reibungshöhen nach Gl. (21) oder, falls die schon vorhandenen h_r-Kurven unverändert benutzt werden sollen, die Festlegung der Wendestrahlneigungen nach Gl. (22). — Bei unregelmässiger Sohlenausbildung wird man als Ordinaten der h_r-Kurven nicht mehr die Tiefen, sondern die absoluten Höhen, z. B. bezügl. Normal-Null, verwenden. (Es ist sogar nicht einmal erforderlich, die Abschnittslängen masstäblich darzustellen. Dies ist nur bei den Höhen erforderlich).

[5]) Böss, a. a. O., Fussnote 1.

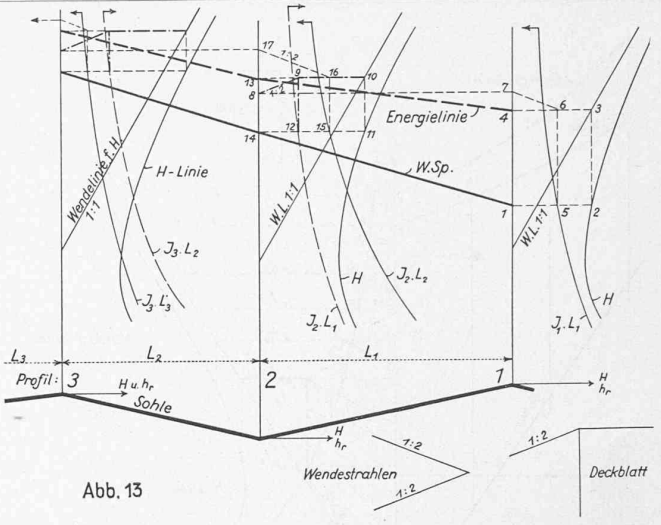

Abb. 13

IV. UNREGELMÄSSIGES GERINNE, KINETISCHE ENERGIE DES WASSERS BERÜCKSICHTIGT.

Soll die lebendige Kraft des Wassers berücksichtigt werden, so ist ausser den unter III beschriebenen h_r-Kurven in jedem Profil noch die H-Kurve zu zeichnen. Bei unregelmässiger Sohlenform ergibt sich die Energiehöhe durch Addition der Geschwindigkeitshöhe zur Wasserspiegelkote.

a) *Die Berechnung flussaufwärts* (strömendes Wasser) ist in Abb. 13 dargestellt. Ausgangswasserspiegel ist Punkt 1. 1—2—3—4 liefert die Energiehöhe in Profil 1. Durch 1—5—6—7 wird $\overline{4\,7} = L_1 \frac{J_1}{2}$. 7—8 ist horizontal. Das Deckblatt (strichpunktiert) wird mit dem Schrägstrahl durch 8 solang verschoben, bis 9—10—11—12 ein Rechteck bilden, wobei 9—10 waagrecht und 9—12 senkrecht ist. Neue Wassertiefe auf Höhe 11—12—14, neue Energiehöhe auf Höhe 10—9—13. Für die weitere Rechnung ist die h_r-Kurve für L_2 zu verwenden, also 14—15—16—17 usw. In gleicher Weise wie früher lässt sich zeigen, dass sowohl Gl. (7) als auch Gl. (1) erfüllt ist.

b) *Die Berechnung flussabwärts*, z. B. bei schiessendem Wasser, geht aus Abb. 14 hervor. Der Vorgang ist folgender: Ausgangswasserspiegel ist Punkt 1. 1—2—3—4 gibt die Energiehöhe in Profil 1 an. 1—5—6—7 liefert $\overline{4\,7} = L_1 \frac{J_1}{2}$, 7—8 ist waagrecht. Das Deckblatt (strichpunktiert) wird durch 8 solang verschoben, bis 8a—11—10—9 ein Rechteck bilden. Neue Wassertiefe wird gefunden durch 11—12, neue Energiehöhe durch 8a—9—13. Für die weitere Rechnung ist die zweite Reibungskurve zu nehmen, also 12—14—15—16, 16—17 ist horizontal. Von 17 mittels Deckblatt weiter.

Bezüglich der Berücksichtigung verschiedener Wassermengen gilt das früher Gesagte. Die Umrechnung der H-Linie geschieht durch Umrechnung der Geschwindigkeitshöhen nach den Quadraten der Wassermenge entsprechend Gl. (25) und dem dazu Gesagten.

V. BERÜCKSICHTIGUNG DES BEIWERTES α IN GLEICHUNG (1).

α kann zur Berücksichtigung der ungleichmässigen Geschwindigkeitsverteilung im Querschnitt dienen und schwankt je nach Profilgestaltung und Rauhigkeit zwischen 1,02 und 1,20.[6]) Im Mittel ist $\alpha = 1{,}09$. Beim zeichnerischen

[6]) Ueber seine Bestimmung siehe Rehbock: „Die Bestimmung der Lage der Energielinie bei fliesenden Gewässern mit Hilfe des Geschwindigkeitshöhen-Beiwertes", Bauingenieur 1922, S. 453.

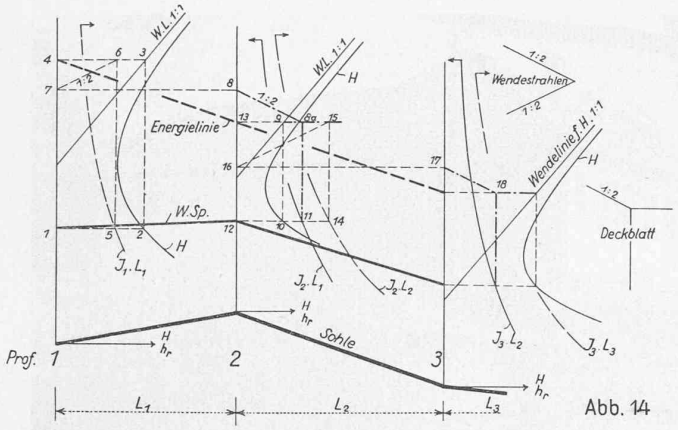

Abb. 14

Verfahren wird α berücksichtigt, indem in Gl. (23) bei Berechnung der Energiehöhen der entsprechende Wert eingesetzt wird. Am Verfahren selbst ändert sich durch die Einführung von α nichts.

Eine zweite Bedeutung von α ergibt sich bei verzögerter Wasserbewegung (Staukurven). Während man früher von der Annahme ausging, dass infolge Wirbelbildung die freiwerdende kinetische Energie des Wassers nicht in Energie der Lage umgesetzt werden könne, sondern verloren gehe, hat sich in neuerer Zeit ergeben, dass diese Annahme nicht zutreffend ist. Wird nun die gesamte kinetische Energie als rückgewinnbar angesehen, so führt dies zur Annahme von $\alpha = 1$ (wobei von der ungleichmässigen Geschwindigkeitsverteilung im Querschnitt abgesehen ist). Ein schweizerischer Vorschlag geht dahin, in gewissen Fällen nur $^2/_3$ der Geschwindigkeitshöhendifferenz als rückgewinnbar anzusehen, was in Gl. (1) durch $\alpha = ^2/_3$ berücksichtigt werden kann.

Das Kennzeichen für verzögerte Wasserbewegung ist Divergenz von Wasserspiegel und Energielinie flussaufwärts und es wären dann, falls sich eine solche im Lauf der Rechnung ergibt, beim zeichnerischen Verfahren die horizontalen Abstände zwischen H-Linie und zugehöriger Wendelinie (also die Geschwindigkeitshöhen) auf $^2/_3$ zu reduzieren. Mit Hilfe dieser so erhaltenen „reduzierten" Energiehöhenlinie ist sodann die Konstruktion im Verzögerungsbereich weiter zu führen.

Eidgenössisches Amt für Wasserwirtschaft.

(Fortsetzung von Seite 48, Auszug aus dem Jahresbericht 1932.)

Ausbau des Rheins.

Rheinschiffahrt unterhalb Basel.

Verkehr. Die Wasserführung des Rheins war im Berichtjahr für die Schiffahrt bedeutend ungünstiger als im Vorjahr. Der minimale schiffbare Wasserstand von 1,20 m am Pegel Schifflände Basel wurde nur an 97 Tagen erreicht oder überschritten, gegenüber 173 Tagen im Jahre 1931.

Gesamtumschlag in den Basler Hafenanlagen:

1927: 739 840 t	1929: 617 567 t	1931: 1 279 190 t
1928: 472 077 t	1930: 1 099 887 t	1932: 1 408 679 t

Vom Umschlag im Jahre 1932 entfallen 288 961 t auf den Rhein und 1 119 718 t auf den Rhein-Rhone- und Hüninger Zweigkanal. [Im übrigen verweisen wir auf unsere monatliche Berichterstattung und den Bericht auf S. 298 letzten Bandes. Red.]. Die grösste Zahl der an einem Tage eingetroffenen Schleppzüge betrug 6.

Rheinregulierung Strassburg-(Kehl)-Istein. Ende 1931 waren die Vorarbeiten, wie Anschaffung von Baumaschinen, Geräten und Fahrzeugen, die Einrichtung von Bauhöfen, Stein- und Schiffslagerplätzen und der Bau von Zufahrtstrassen und Geleiseanlagen in der Hauptsache abgeschlossen. Im Berichtjahre nahmen die Bauarbeiten im grossen und ganzen in allen drei Bauabteilungen ihren ungehinderten Fortgang. Wenn das Niederwasser zu Anfang des Jahres vorübergehend den Bau der Grundschwellen und Buhnen etwas verzögerte, so begünstigte es anderseits die Vollendungsarbeiten an im Rohbau fertig erstellten Buhnen. Mit Ausnahme weniger Tage bei Hochwasser, Niederwasser und Frost konnte der Baubetrieb während des ganzen Jahres aufrecht erhalten werden. Ausserordentliche Hochwasser traten seit Beginn der Arbeiten noch nicht ein.

Es waren 91 Senkbrücken im Betrieb. Die Zahl der Arbeiter betrug im Mittel etwas über 1000 Mann. Der Senkwurstbau an Buhnen und Grundschwellen pro Kilometer stellte sich billiger als nach dem Voranschlag. Die Ersparnis rührt zum Teil davon her, dass die Masse des Senkwurstbaues in den bis jetzt ausgebauten Strecken kleiner gehalten werden konnte als nach Voranschlag. Zum grössten Teil ist die Ersparnis aber den seit Aufstellen des Voranschlages gesunkenen Einheitspreisen zuzuschreiben. Der Einsparung an Masse beim ersten Ausbau kann ebenfalls ein Mehrbedarf an Masse beim weitern Ausbau gegenüberstehen. Ob die Einsparungen, die auf die allgemeine Preissenkung zurückzuführen sind, in den noch verbleibenden Baujahren sich gleichermassen aufrecht erhalten lassen, kann in Anbetracht der langen Bauzeit (noch zehn Jahre) nicht beurteilt werden.

Ende 1932 erstreckten sich die Arbeiten bereits auf mehr als 65 km Länge. Die erzielten Ergebnisse sind durchaus befriedigend. Die Bauwerke wirken verhältnismässig rasch auf die Sohlengestaltung ein, d. h. die angestrebte Fahrrinne nach Breite, Tiefe und Lage folgt den Arbeiten rascher als es bei den Regulierungsarbeiten unterhalb Strassburg, wo die Strömungsgeschwindigkeiten kleiner sind, der Fall war. Es ist bereits in zwei Abschnitten von je rund 10 km — die eine oberhalb Breisach, die andere oberhalb Strassburg — die Fahrrinne gut ausgebildet. Die Bauwerke haben sich bis jetzt ohne Ausnahme als standfest erwiesen; sie wurden in der Sommerhochwasserperiode weder unterspült noch beschädigt. [Im übrigen verweisen wir auf den ausführlichen Baubericht auf Seite 91* letzten Bandes. Red.].

Kraftwerk Kembs. Die Bauarbeiten des seit dem Jahre 1928 in Ausführung begriffenen Kraftwerkes schritten programmgemäss fort. Beide Grosschiffahrtschleusen sind beendigt. Im Laufe des Monates Januar konnte das Rheinwasser in den Seitenkanal eingelassen werden. Am 3. Mai fuhr ein talwärts fahrender Schleppzug erstmals durch die Schleuse. Von diesem Zeitpunkt an benutzte die Schiffahrt nach Basel auf dem Rhein die Kembserschleusen. — Der Konzessionär wurde ermächtigt, den ersten Aufstau bis auf Kote 240,00 gemäss dem eingereichten Programm vorzunehmen. Ende August war diese Stauhöhe erreicht. Der Betrieb des Kraftwerkes konnte am 1. Oktober mit zwei Maschinengruppen aufgenommen werden. Das Programm für den Einstau über Kote 240,00 bis zur endgültigen Kote 244,00 (am Wehr), durch den die schweizerische Rheinstrecke bis zur Birsmündung eingestaut wird, war Ende 1932 noch nicht endgültig bereinigt.

Ausbau des Rheinabschnittes Basel-Bodensee.

Die Arbeiten zur Abklärung der Verhältnisse auf dieser Strecke und zur Förderung des Ausbaues betrafen zum weit überwiegenden Teil einmal die Untersuchungen über die Art des Ausbaues der Stufen *Rheinau* und *Koblenz-Kadelburg,* und sodann die Abklärung der Frage, ob die Stufe Rekingen mit der Stufe Koblenz-Kadelburg zusammenzulegen sei. Diese Untersuchungen erfolgen im Einvernehmen mit Baden. Die Entscheidungen konnten noch nicht getroffen werden. — Baden und die Schweiz verständigten sich darüber, wie das Mass der Bodensenkungen im Bereich des künftigen Kraftwerkes *Neu-Rheinfelden* nach einheitlichem Programm erfasst werden soll. Die ersten Erhebungen nach diesem Programm wurden durchgeführt. — Um den Einfluss des in Betrieb gesetzten Kraftwerkes *Schwörstadt* auf das künftige Kraftwerk Säckingen zu ermitteln, wurden die Rückstauverhältnisse beim Kraftwerk Schwörstadt näher untersucht. — Der Bau des Kraftwerkes *Dogern* schritt programmgemäss fort; Inbetriebsetzung voraussichtlich im Herbst 1933. Die Zusatzverleihung wurde bereinigt und dem Konzessionär zur Annahmeerklärung zugestellt.

Alter Rhein.

Die Versuche über die Bedingungen der Schlammführung und der Schlammablagerung im Alten Rhein, die in der Versuchsanstalt für Wasserbau an der Eidg. Techn. Hochschule im Auftrage des Amtes und der schweizerischen Rheinbauleitung durchgeführt wurden, gelangten zum Abschluss. Die Ergebnisse konnten verwertet werden in einer Untersuchung, die das Amt durchführte über die mutmassliche Schlammablagerung im regulierten Alten Rhein. Das Amt und die Eisenbahnabteilung arbeiten an der Lösung des Problems, zusammen mit dem Oberbauinspektorat und der Rheinbauleitung, weiter mit. (Forts. folgt.)