Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 119/120 (1942)

Heft: 22

Artikel: Die wirtschaftliche Geschwindigkeit in Kanälen mit freiem Wasserspiegel

Autor: Langhard, K.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-52371

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: 07.08.2025

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

INHALT: Die wirtschaftlichste Geschwindigkeit in Kanälen mit freiem Wasserspiegel. — Wohnungsbau bei steigenden Preisen. — Die Lärmbekämpfung im Motorenbau. — Mitteilungen: Der Fallschirmabsprung. Gelenkige Hochspannungsmaste. Ein tragbarer Scheinwerfer. Ueber Bewirtschaftung der Treibstoffe. Heckradschlepper mit Rollenlagern. Die Orgel der Klosterkirche Rheinau. Eternitrohre für Sanitäranlagen. Energieüberschüsse aus Industrie-Kraftwerken. — Nekrologe: Alphons Daverio. Eduard R. Michel. — Literatur.
Mitteilungen der Vereine.
Vortragskalender.

Band 119 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet Nr. 22

Die wirtschaftlichste Geschwindigkeit in Kanälen mit freiem Wasserspiegel

Von Dipl. Ing. K. LANGHARD, Baden

Bei Projektierungsarbeiten für Kraftwerke mit längerem Ober- oder Unterwasserkanal sind Untersuchungen über den wirtschaftlichsten Kanalquerschnitt, d. h. denjenigen einer Kanalform mit unter gegebenen Verhältnissen kleinsten Jahreskosten notwendig. Als Jahreskosten werden hier definiert: Jährlicher Zins und Amortisation der Kanalbaukosten plus jährlicher Wert der Verlustenergie (Abb. 1). Jeder projektierende Ingenieur, der sich mit diesen Fragen beschäftigt hat, weiss aus Erfahrung, dass die empirische Bestimmung der wirtschaftlichsten Geschwindigkeit bei den vielen vorhandenen variablen Grössen sehr zeitraubend ist. Es wird daher im folgenden ein Weg zur raschen rechnerischen Ermittlung des wirtschaftlichsten Querschnittes eines Kanales mit freiem Wasserspiegel entwickelt. Das Verfahren erlaubt, die *wirtschaftlichste Geschwindigkeit* eines Kraftwerkkanals *mittels einer einfachen Formel zu bestimmen*, die den Vorteil hat, dass sie auf alle möglichen Querschnitte angewendet werden kann und eine Reihe von Schlüssen auf das günstigste Profil zulässt, sich besonders auch für Vorprojekte eignet.

Grundsätzlich bleibt sich der Rechnungsgang für Ober- und Unterwasserkanäle gleich. Die nachfolgenden Ausführungen sollen sich vorerst auf einen *Unterwasserkanal* beziehen; eine Detail-Untersuchung der Verhältnisse bei Oberwasserkanälen soll für später vorbehalten bleiben.

Die Voraussetzungen unter denen die gestellte Aufgabe gelöst werden kann sind folgende:

1. Das Gelände, in dem der Kanal verläuft, sei eben bis schwach geneigt und weise homogenes Aushubmaterial auf. Die am Schluss der Arbeit angegebene Formel lässt sich aber durch Anwendung auf begrenzte Kanalquerschnitte leicht auf den Fall mit inhomogenem Material erweitern, wenn im Aushub z. B. Kies- mit Felsstrecken abwechseln.

2. Im Kanal wird annäherungsweise ein gleichförmiger Fliess-Vorgang vorausgesetzt, d. h. jeder Durchflussmenge entspricht eine zugehörige konstante Geschwindigkeit.

3. Der Kanal wird auf der untersuchten Strecke entsprechend der Grösse a (Abb. 2) als durchgehend im Einschnitt und mit unveränderlichem (mittleren) Aushubprofil angenommen. Die Aufgabe kann jedoch leicht auf den Fall erweitert werden, dass seitliche Dämme vorgesehen werden müssen.

Als bekannt können vorausgesetzt werden:

1. Der Rauhigkeitsbeiwert des Kanalprofils,
2. Die Wasserspiegelkote im Oberwasser,
3. Das Bruttogefälle in Funktion der Gesamtwassermenge,
4. Die Betriebswassermenge auf die Gesamtwassermenge,
5. Die Dauerkurve der Gesamtwassermengen,
6. Die Wirkungsgradkurve der Maschinenanlage in Funktion des Bruttogefälles,
7. Die verschiedenen Preise für die Verlustenergie, Landerwerb, Humusierungsarbeiten, Aushub, sowie Bauzinse,
8. Die Kanallänge.

In der nachfolgenden theoretischen Abhandlung bedeuten:

v	die Geschwindigkeit des Kanalwassers in	m/sec,
k	die Rauhigkeit des Kanalprofiles (nach Strickler)	$m^{1/3}$/sec
F	die Durchflussfläche	m^2
U	der benetzte Umfang	m
$R = \frac{F}{U}$	der Profilradius	m
h	das Bruttogefälle	m
L	die Kanallänge	m
Δh	das Wasserspiegelgefälle auf Kanalstrecke	m
$J = \frac{\Delta h}{L}$	desgl. das Wasserspiegelgefälle in	‰
Q	die Gesamtwassermenge bei der Wasserrückgabe	m^3/sec
Q	die Kanalwassermenge	m^3/sec
t	die Wassertiefe im Kanal	m
b	die Sohlenbreite	m
μ, Ω, μ_1, μ	Beiwerte	

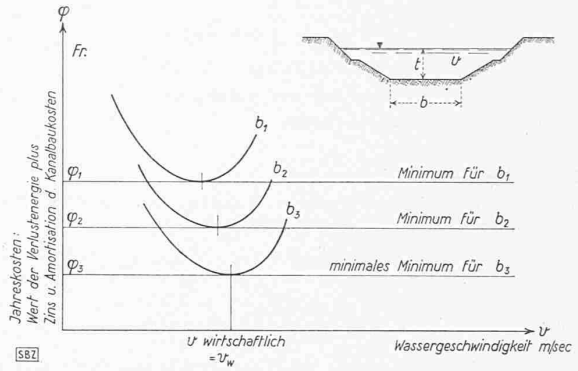

Abb. 1. Jahreskosten für verschiedene Sohlenbreiten und Geschwindigkeiten im Kanal

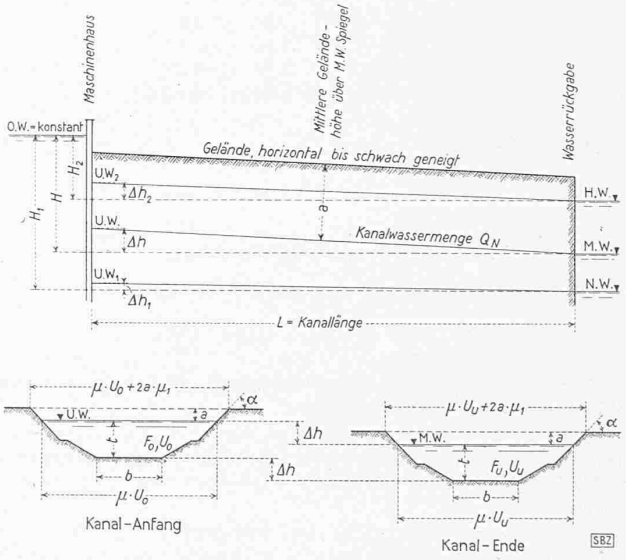

Abb. 2. Wasserspiegelbreite μU, wobei $U_0 \cong U_u$; $\mu < 1$
Geländebreite $\mu U + 2\mu_1 a$, wobei $U_0 \cong U_u$; $\mu_1 > 1 = f(a)$

T	die Zeit	Tage
N. W.	Niederwasserspiegel bei der Wasserrückgabe	H. ü. M.
M. W.	Mittelwasserspiegel bei der Wasserrückgabe	H. ü. M.
H. W.	Hochwasserspiegel bei der Wasserrückgabe	H. ü. M.
η_H	Wirkungsgrad der Maschinenanlage	
E	Jährliche Energieerzeugung	kWh
W	Wert der Verlustenergie	Fr.
K	Kanalbaukosten	Fr.
p_1	Preis der Verlustenergie	Fr./kWh
p_2	Kosten des Landerwerbes und der Entschädigungen	Fr./m^2
p_3	Kosten des Humusabtrages (Rasenziegel) einschliesslich Wiederandecken	Fr./m^2
p_4	Kosten des Kulturschichtabtrages einschliesslich Wiederandecken	Fr./m^2
p_5	Kosten des übrigen Aushubes einschliesslich Einbringen des Materials in die Deponien	Fr./m^3
r_1	Jährlicher Zins und Amortisation der Baukosten des Kanals	%
a	mittlere Geländehöhe ab M. W.-Spiegel	m
d_1	Dicke der Humusschicht (Rasenziegel)	m
d_2	Dicke der Kulturschicht	m
e	zusätzliche Breite für den Landerwerb für allfällige Transporteinrichtungen nach den Deponien	m

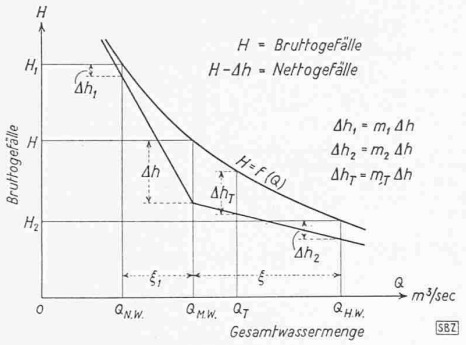

Abb. 3. Brutto- und Nettogefälle sowie Gefällsverluste in Funktion der Gesamtwassermenge

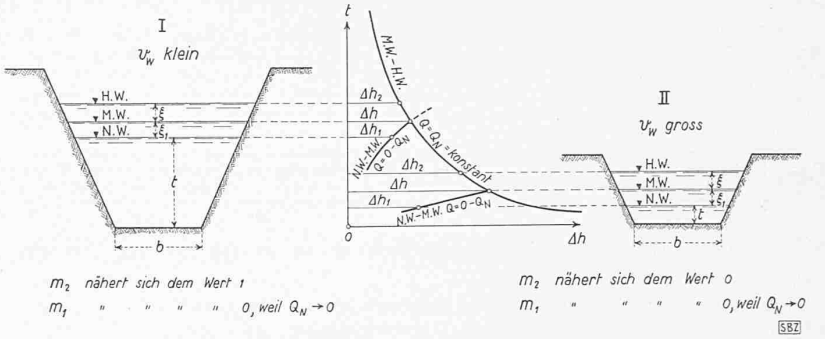

Abb. 4. Abhängigkeit der Δh und m von der Kanalfüllung

A) *Ermittlung der Verlustenergie*

Für gleichförmigen Abfluss im Kanal gelten nach der Chézyschen Formel

$$v = c\sqrt{RJ}\,, \quad c = k\sqrt[6]{R}\,, \quad v = \frac{Q_N}{F}\,, \quad R = \frac{F}{U}$$

daraus:

$$\Delta h = L\,\frac{v^{10/3}\,U^{4/3}}{k^2\,Q_N^{4/3}} \quad \text{(Abb. 2)} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

Je nach Wasserstand bei der Wasserrückgabe verändert sich Δh entsprechend der Kurve von Abb. 3. Die Veränderung kann ausgedrückt werden wie folgt:

bei N. W. $\Delta h_1 = m_1\,\Delta h$
bei M. W. $\Delta h = 1\,\Delta h$
bei H. W. $\Delta h_2 = m_2\,\Delta h$
oder allgemein $\Delta h_T = m_T\,\Delta h$ . . . . (1a)

Aus (1) folgt für jeden augenblicklichen Zustand:

$$\Delta h_T = L\,\frac{v_T^{10/3}\,U_T^{4/3}}{k^2\,Q_N^{4/3}} = m_T\,L\,\frac{v^{10/3}\,U^{4/3}}{k^2\,Q_N^{4/3}} = m_T\,L\,\frac{v^{10/3}\,U^{4/3}}{k^2\,Q_N^{4/3}} \quad (2)$$

Die Jahresproduktion des Werkes beträgt:

$$E = \sum_0^{365} 24\,Q_N\,\eta_H\,\Omega\left\{H - m\,L\,\frac{v^{10/3}\,U^{4/3}}{k^2\,Q_N^{4/3}}\right\}\text{kWh}$$

Die jährliche Verlustenergie des Werkes beträgt:

$$E_1 = \sum_0^{365} 24\,Q_N\,\eta_H\,\Omega\,m\,\Delta h \quad \text{kWh}$$

Der wirtschaftlichen Geschwindigkeit sind bei gegebener Sohlenbreite zwei Grenzen gesetzt:

I. *Kleine* wirtschaftliche Geschwindigkeit v_w: Die Kanaltiefe kann nicht beliebig gesteigert werden, sondern ist abhängig von der Tiefenreichweite der Bagger, allfälligen Felslagen, Grundwasser.

II. *Grosse* wirtschaftliche Geschwindigkeit v_w: Die wirtschaftliche Geschwindigkeit kann nicht beliebig gesteigert werden, sondern hat sich nach der Beschaffenheit der Ufer, Sohlensicherungen zu richten, um Erosionen zu vermeiden. Bei schiffbaren Kanälen ist ausserdem die maximale Wassergeschwindigkeit in den Konzessionsbedingungen vorgeschrieben.

Die Fälle I und II sind in Abb. 4 schematisch dargestellt, und es lassen sich die darin angegebenen Schlüsse in bezug auf die Grössen m ziehen.

Setzt man in Abb. 5 bei dem der vollen Kanalwassermenge zugehörigen Δh, $m = 1$, und für die andern Wasserspiegel, die den beiden Fällen I und II entsprechenden Werte für m ein, so erhält man die beiden strichpunktierten Kurven I und II. Durch Multiplikation entsprechender m mit Q, η_H, Ω, gelangt man zu Flächen ähnlich Abb. 6, deren Inhalt multipliziert mit $24\,\Delta h$ die den Fällen I und II entsprechende Verlustenergie als Funktion von Δh ergeben. Die Flächeninhalte sollen mit S_I und S_{II} bezeichnet werden. Die Verlustenergie kann somit allgemein dargestellt werden durch die Gleichung:

$$E_1 = 24\,S\,\Delta h \text{ kWh.}$$

Aus der Entwicklung der Formeln (1a), (2) und (3) lässt sich für S eine Beziehung ableiten, aus der für Rechteck-, Trapez- und trapezähnliche Profile folgende bemerkenswerte Schlüsse gezogen werden können:

1. Der Einfluss von S tritt gegenüber Δh für die Berechnung von E_1 sehr stark zurück.

2. Einer relativ grossen Aenderung von S entspricht eine nur ganz geringfügige Aenderung der wirtschaftlichsten Geschwindigkeit.

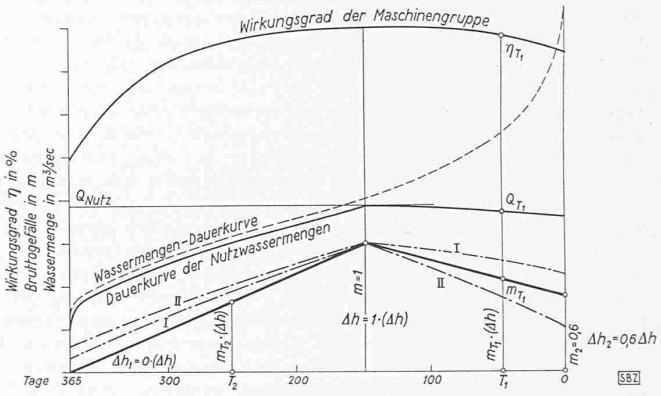

Abbildung 5

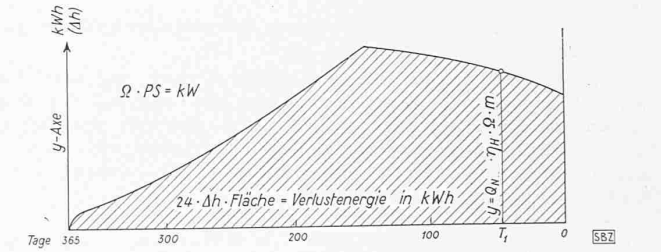

Abbildung 6

3. Die Flächen S_I und S_{II} können einander gleich gesetzt werden.

4. Wählt man für $m_1 = 0$, und für m_2 einen Mittelwert der Fälle I und II, z. B. $m_2 = 0{,}6$, interpoliert die Zwischenwerte genau genug geradlinig, und berechnet wie vorstehend die Fläche S, so kann diese den Flächen S_I und S_{II} praktisch gleich gesetzt werden, ohne dass damit die wirtschaftlichste Geschwindigkeit merkbar geändert wird.

Die Verlustenergie des Werkes berechnet sich somit nach der einfachen Formel:

$$E_1 = \sum_0^{365} 24\,Q_N\,\eta_H\,\Omega\,m\,\Delta h \text{ kWh} = 24\,S\,\Delta h \quad . \; . \; . \quad (3)$$

oder

$$E_1 = \frac{24\,S\,L\,v^{10/3}\,U^{4/3}}{k^2\,Q_N^{4/3}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3a)$$

Der Wert der Verlustenergie pro Jahr beläuft sich auf:

$$W = p_1\,E_1 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (4)$$

Für p_1 wird logischerweise ein Mittelwert eingesetzt, der sich aus der Wertigkeit für Nieder-, Mittel- und Hochwasserenergie ergibt.

B) *Ermittlung der Kanalbaukosten*

Die Kanalbaukosten setzen sich in der Hauptsache zusammen (vgl. Abb. 7) aus:

a) Landerwerb und Entschädigungen

$$L\,p_2\,[\mu\,U + 2\,a\,\mu_1 + 2\,e]$$

b) Abheben und Wiederandecken von Rasenziegeln

$$L\,p_3\left[\mu\,U + 2\left(a - \frac{d_1}{2}\right)\mu_1\right]$$

c) Abheben und Wiederandecken der Kulturschicht

$$L\,p_4\left[\mu\,U + 2\left(a - \frac{d_1}{2} - \frac{d_2}{2}\right)\mu_1\right]$$

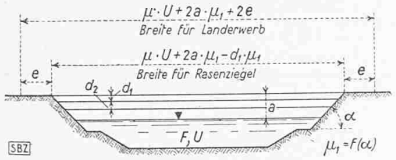

Abbildung 7

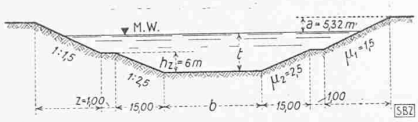

Abb. 9. Profilform zum Berechnungs-Beispiel

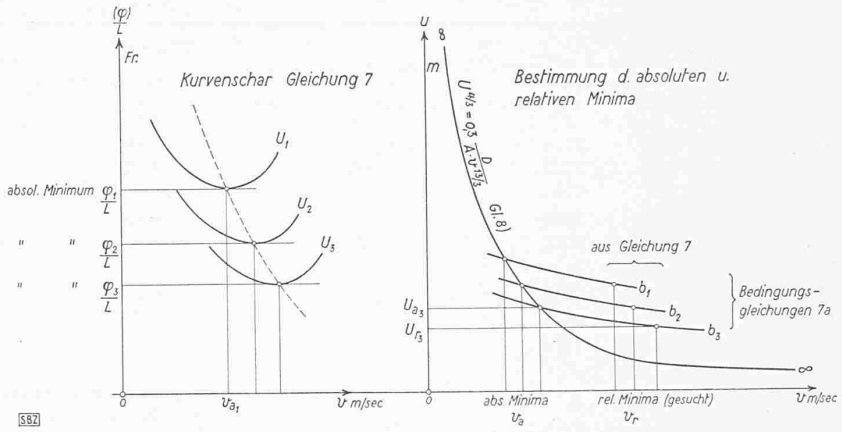

Abbildung 8

d) Aushub des übrigen Profils und Einbringen des Materials in die Deponien:

$$L p_5 [F + \mu U (a - d_1 - d_2) + \mu_1 (a - d_1 - d_2)^2]$$

e) Installationen, Bauleitung, Bauzinse werden als prozentuale Zuschläge zu p_2, p_3, p_4, p_5, C_1 eingeführt.

In obigen Formeln bedeutet $\mu = \dfrac{\text{Wasserspiegelbreite}}{\text{benetzten Umfang}}$

Die *totalen Kanalbaukosten* betragen:

$$K = \mu U L [p_2 + p_3 + p_4 + p_5 (a - d_1 - d_2)] + L p_5 F + C_1 \quad (5)$$

wobei $C_1 = \mu_1 L [2a (p_2 + p_3 + p_4) + p_5 (a - d_1 - d_2)^2 - (d_1 p_3 + d_1 p_4 + d_2 p_4)] + 2 e L p_2$

und $F = \dfrac{Q_N}{v}$ bedeutet.

Die *Jahreskosten* des Kanals betragen:

$$K' = \mu U L r_1 [p_2 + p_3 + p_4 + p_5 (a - d_1 - d_2)] + L r_1 p_5 \frac{Q_N}{v} + r_1 C_1 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (6)$$

Gleichung (3a) in (4) eingesetzt und mit Gleichung (6) zusammengefasst ergibt die Schlussgleichung für die totalen Jahreskosten (φ)

$$\frac{p_1 S L v^{10/3} U^{4/3}}{k^2 Q_N^{4/3}} + U \mu r_1 L [p_2 + p_3 + p_4 + p_5 (a - d_1 - d_2)] + r_1 p_5 \frac{Q_N L}{v} + r_1 C_1 L - (\varphi) = 0$$

wobei (φ) die Jahreskostenfunktion bedeutet.

Durch Vereinfachung der Koeffizienten erhalten wir:

$$A v^{10/3} U^{4/3} + B U + \frac{D}{v} + C = \frac{(\varphi)}{L} \quad . \; . \; . \; . \quad (7)$$

worin:

$$A = \frac{p_1 S}{k^2 Q_N^{4/3}}$$

$$B = \mu r_1 [p_2 + p_3 + p_4 + p_5 (a - d_1 - d_2)]$$

$$D = r_1 p_5 Q_N$$

$$C = r_1 \mu_1 [2a (p_2 + p_3 + p_4) + p_5 (a - d_1 - d_2)^2 - (d_1 p_3 + d_1 p_4 + d_2 p_4)] + 2 e r_1 p_2$$

Die Gleichung (7) stellt eine Kurvenschar dar, worin die Jahreskosten des Kanals in Funktion von benetztem Umfang und Wassergeschwindigkeit des Kanals ausgedrückt sind. Die Gleichung gilt ganz allgemein, ist also von der Profilform unabhängig.

Das Kanal*profil* selbst ist seiner geometrischen *Form* nach einigermassen bestimmt, da es sich mehr oder weniger dem Projekt, der Reichweite der Bagger, allfälligen Felslagen, Erosionssicherheit und anderen konstruktiven Fragen, sowie den Bedingungen für allfällige Kanalschiffahrt anpassen muss. Als unbekannt anzunehmen sind lediglich Sohlenbreite und Wassertiefe. Es lässt sich nun für jedes Profil, entweder graphisch oder analytisch eine Kurve $f [U, v, (b)]$ für eine gegebene Sohlenbreite b als Parameter aufstellen.

Aus 1. der Minimumfunktion Gl. (7) und
2. der Bedingungsgleichung $f [U, v, (b)]$

kann für jedes Kanalprofil mit der veränderlichen Sohlenbreite b das Minimum an Jahreskosten durch wiederholtes Einsetzen von U und v in Gl. (7) berechnet werden. Um nun beim wiederholten Einsetzen in Gl. (7) einen Anhaltspunkt über den ungefähren Bereich des einzusetzenden U zu erhalten, wird wie folgt vorgegangen:

Die absoluten Minima sämtlicher Kurven der Gleichung (7) liegen auf einer neuen Kurve, die aus der Bedingung erhalten wird:

$$\frac{\partial \frac{(\varphi)}{L}}{\partial v} = 0, \quad \text{für } U = \text{konstant}$$

Daraus folgt:

$$U^{4/3} = \frac{3}{10} \frac{D}{A v^{13/3}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (8)$$

Die Kurve lässt sich aus den früher angegebenen Koeffizienten leicht berechnen ohne dass das Profil weiter bekannt ist.

Im Schnitt mit der Kurve der Bedingungsgleichung erhält man einen Wert für U_a, der in der Nähe des gesuchten genauen Wertes U_r liegt. Der Wert U_a kann als Basis für den durch wiederholtes Einsetzen in Gl. (7) gesuchten genauen Wert U_r verwendet werden (vgl. Abb. 8).

Der ganze Rechnungsgang soll an nachfolgendem Beispiel näher erläutert werden.

Beispiel für die Berechnung der wirtschaftlichsten Geschwindigkeit im Kanalprofil nach Abb. 9

Aus den gegebenen Zahlen:

1) $p_1 = 0{,}01$ Fr./kWh
$p_2 = 0{,}60$ Fr./m²
$p_3 = 1{,}20$ Fr./m²
$p_4 = 4{,}00$ Fr./m²
$p_5 = 2{,}00$ Fr./m³
$r_1 = 6\,\%$, $k = 40$, $Q_N = 350$ m³/sec;

2) $\mu_1 = 1{,}5$, $\mu_2 = 2{,}5$, $z = 1{,}00$ m, $h_z = 6{,}00$ m,
ferner $a = 5{,}32$ m, $d_1 = 0{,}20$ m, $d_2 = 0{,}30$ m, $e = 0$, Bauleitung, Unvorhergesehenes 20 %, und den eingangs erwähnten noch notwendigen Angaben wird zuerst für

$$m_1 = 0, \quad m_2 = 0{,}6$$

die Verlustenergie $S = 13{,}92 \cdot 10^6 \cdot \dfrac{1}{(\Delta h)}$ kWh

berechnet.

Man erhält ferner:

$$A = 0{,}0353, \; B = 0{,}919\,\mu, \; C = 9{,}47, \; D = 41{,}6.$$

Die Bedingungsgleichung für das Profil wird analytisch bestimmt und lautet für Füllung *oberhalb* der Berme:

$$b = 0 \text{ m}, \; U^2 + 8{,}52\,U - \frac{3031}{v} - 665 = 0$$

$$b = 10 \text{ m}, \; U^2 + 12{,}38\,U - \frac{3031}{v} - 1210 = 0$$

$$b = 20 \text{ m}, \; U^2 + 16{,}27\,U - \frac{3031}{v} - 2020 = 0$$

oder allgemein

$$U^2 + \beta U - \frac{\gamma}{v} - \delta = 0 \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (7a)$$

wobei $\beta_0 = 8{,}52$, $\gamma_0 = 3031$, $\delta_0 = 685$ u. s. w. bedeuten.

Die Kurve der absoluten Minima nach Gleichung (8) wird ausgedrückt durch:

$$U^{4/3} = \frac{354}{v^{13/3}}$$

Im Schnitt mit den Kurven der Bedingungsgleichungen werden die absoluten Minima für:

$b = 0$ m, $U_a = 54$ m, $v_a = 1{,}135$ m/sec, $\mu = 0{,}896$
$b = 10$ m, $U_a = 57$ m, $v_a = 1{,}115$ m/sec, $\mu = 0{,}915$
$b = 20$ m, $U_a = 62$ m, $v_a = 1{,}090$ m/sec, $\mu = 0{,}933$

Die Werte μ können für eine bestimmte Breite b und über einen grösseren Bereich von U als konstant angenommen werden. — Die relativen Minima folgen tabellarisch durch wiederholtes Einsetzen von U (siehe die Tabelle auf Seite 256).

b	U	β	γ	δ	$U^2_r + \beta U_r - \delta$	$v_r = \frac{\gamma}{U^2_r + \beta U_r - \delta}$	$\frac{0{,}0353\,\gamma^{10/3}\,U_r^{4/3}}{(U^2_r + \beta U_r - \delta)^{10/3}}$	$0{,}919\,\mu\,U_r$	$\frac{41{,}6}{\gamma}\,[U^2_r + \beta U_r - \delta]$	C	$\frac{(\varphi)}{L}$
m	m				m²	m/sec	Fr.	Fr,	Fr.	Fr.	Fr./m
0	49	8,52	3031	685	2134	$v_w =$	20,40	40,35	29,30	9,47	99,52
0	50	8,52	3031	685	2241	1,353	17,82	41,20	30,75	9,47	99,24 MIN
0	51	8,52	3031	685	2351		15,62	42,00	32,25	9,47	99,34
10	53	12,38	3031	1210	2256	$v_w =$	18,82	44,60	30,95	9,47	103,84
10	54	12,38	3031	1210	2375	1,277	16,25	45,45	32,60	9,47	103,77 MIN
10	55	12,38	3031	1210	2496		14,12	46,25	34,22	9,47	104,06
20	58	16,27	3031	2020	2288	$v_w =$	20,27	49,75	31,40	9,47	110,89
20	59	16,27	3031	2020	2421	1,252	17,17	50,61	33,21	9,47	110,46 MIN
20	60	16,27	3031	2020	2557		14,67	51,48	35,09	9,47	110,71

Aus den Werten für U_r folgen aus der Tabelle für:

$$v_r = \frac{\gamma}{U^2_r + \beta U_r - \delta}, \quad t_r = \frac{U_r - b}{3{,}604} - 3.50$$

$b = 0$ m, $v_r = 1{,}353$ m/sec, $t_r = 10{,}37$ m
$b = 10$ m, $v_r = 1{,}277$ m/sec, $t_r = 8{,}72$ m
$b = 20$ m, $v_r = 1{,}252$ m/sec, $t_r = 7{,}32$ m
$U - b$ ist durchwegs grösser als 32,3, somit verläuft die Füllung überall bis oberhalb der Berme.

Die Tabelle bestätigt, dass die relativen Minima für $\frac{(\varphi)}{L}$ als Funktion von U sehr nahe an den absoluten Minima liegen. Für Vorprojekte kann also die Grösse der wirtschaftlichsten Geschwindigkeit sehr rasch genau genug aus Formel (8) und der Bedingungsgleichung für das betreffende Profil abgeschätzt werden.

Für Sohlenbreiten von 0 bis 20 m sind die wirtschaftlichsten Geschwindigkeiten gemäss Tabelle bestimmt, und es kann irgend eine, aus konstruktiven Gründen besonders passende Sohlenbreite gewählt werden, immerhin möglichst nahe $b = 0$, weil das minimale Minimum der Jahreskosten für die Sohlenbreite $b = 0$ eintritt. Mit zunehmender Sohlenbreite erhöhen sich die totalen Jahreskosten, und es muss jeweils abgewogen werden, inwieweit die Erhöhung der Jahreskosten gegenüber andern, mehr konstruktiven Gesichtspunkten in Kauf genommen werden kann.

*

Die Führung des Nachweises für die hinreichende Genauigkeit der Annahme $S_I = S_{II} = S$ und des geringen Einflusses einer Aenderung von S auf die wirtschaftlichste Geschwindigkeit ist früher angedeutet worden. Ausserdem ist es möglich zwei ganz allgemein gültige Kurven:

$f(A)$ wirtschaftlichste Geschwindigkeit in Funktion des veränderlichen Verlustenergiepreises bei gleichbleibenden Kanalbaukosten;

$f(B, C, D)$ wirtschaftlichste Geschwindigkeit in Funktion der veränderlichen Kanalbaukosten bei gleichbleibendem Verlustenergiepreis

aufzustellen, worin ersichtlich ist, unter welchen Bedingungen die Extremwerte der wirtschaftlichsten Geschwindigkeiten entstehen (Abb. 10). Auf Kurve $f(A)$ kann der Einfluss von S direkt abgelesen werden, indem z. B. einer Strecke $p_1 + 100\,\%$ auf der Ordinatenaxe eine Vergrösserung von S um $100\,\%$ entspricht.

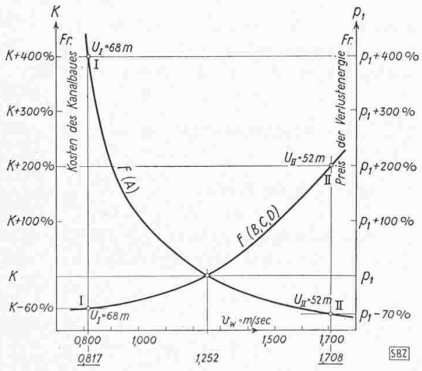

Abb. 10. Zusammenhang zwischen wirtschaftlicher Geschwindigkeit und veränderlichen Preisen für Verlustenergie und Kanalbau gemäss Profil nach Abb. 9

Im behandelten Beispiel erhält man für die angenommenen Grenzwerte von

$v_{wI} = 0{,}817$ m/sec und $v_{wII} = 1{,}708$ m/sec (vgl. Abb. 10) die Werte

I) $S_I = 14{,}51\,\Delta h$ kWh
II) $S_{II} = 14{,}91\,\Delta h$ kWh

Für $m_1 = 0$, $m_2 = 0{,}6$ berechnen sich $S = 13{,}92\,\Delta h$ kWh, was einer Differenz von $4{,}2\,\%$ zu S_I und von $7{,}1\,\%$ zu S_{II} entspricht.

Wie man sich auf der Kurve $f(A)$ in Abb. 10 leicht überzeugen kann, sind die Differenzen von $4{,}2\,\%$ bzw. $7{,}1\,\%$ von S auf die Grösse der wirtschaftlichsten Geschwindigkeit innerhalb des praktischen Bereiches ohne Einfluss. Dasselbe gilt für die Kurve $f(B, C, D)$, nur muss hier der Einfluss von variablen S zuerst nach Gl. (7) berechnet werden, da er nicht ohne weiteres aus der Kurve hervorgeht. In extremen Fällen bedeutet es keine Schwierigkeit, an Hand von Kurve $f(A)$ den Einfluss von S abzuschätzen und wenn notwendig die Zahl m_2 zu korrigieren.

*

Zusammenfassung: Die wirtschaftlichste Geschwindigkeit in einem Unterwasserkanalprofil wird in erster Annäherung als Aufgabe über das absolute Minimum im Schnittpunkt zweier einfacher Kurven bestimmt. Durch wiederholtes Einsetzen im nunmehr bekannten Bereich des absoluten Minimums lässt sich dann das relative Minimum sehr einfach tabellarisch bestimmen.

Wohnungsbau bei steigenden Preisen

Von Architekt HANS BERNOULLI, Basel

[Ohne zu den Vorschlägen des Verfassers Stellung zu nehmen, freilich auch ohne die Bedenken gegen die gesetzlichen Konsequenzen und das erforderliche Beamtenheer zu unterdrücken, möchten wir die anregenden Ausführungen unseres geschätzten eigenwilligen Kollegen unsern Lesern zur Kenntnis geben. Red.]

Für die Herstellung von Lebensmitteln und all der tausend Gegenstände des täglichen Bedarfs bedeutet das Ansteigen der Preise keine Schwierigkeit. Denn mit den Gestehungskosten steigt auch der Ertrag, steigen auch die Verkaufspreise — dem Produzenten ist sein Auskommen gesichert. Nicht so beim Wohnungsbau. Während die Baukosten seit Kriegsbeginn im Rahmen der übrigen Preise gestiegen sind und weiter steigen, sind die Wohnungsmieten auf der Höhe, die sie 1939 erreicht haben, stehen geblieben (Abb. 1). Das kommt daher: ungleich fast der gesamten sonstigen Produktion wird die Wohnungsproduktion nicht sofort verbraucht. Die Wohnungen dienen jahrelang, jahrzehntelang. Wollte man heute Neubauten errichten, so würden diese teuren Neuwohnungen der ganzen Masse der alten Wohnungen gegenüber stehen, deren Miete den wesentlich billigeren Gestehungskosten entsprechen. Die teuren Neuwohnungen müssten also in Wettbewerb treten mit den billigen Altwohnungen — eine unmögliche Sache.

Es kann also nicht gebaut werden.

Trotz der Knappheit an Baumaterialien *muss* aber, sollte aber in verschiedenen Gemeinwesen gebaut werden. Und mit der Zeit wird sich auch in allen übrigen Ortschaften eine Wohnungsknappheit entwickeln, die sich schliesslich auswächst zur Wohnungsnot. Es muss also ein Modus gefunden werden, der es erlaubt, heute schon zu bauen, der vor allem aber die Zeit unmittelbar nach Friedensschluss, wenn Arbeitskräfte und Material wieder zur Verfügung stehen, den Wohnungsbau kräftig einsetzen lässt. Wie wird das möglich sein? Was ist da vorzukehren?

*

Es scheint durchaus natürlich, dass bei einer allgemeinen Preissteigerung nur die Neuwohnungen teurer werden müssen — und doch wäre das eine Täuschung. Denn wenn die Eigentümer der Altwohnungen ihre Mietpreise nicht steigern, wenn sie bei einem Verkauf ihres Hauses nur die Gestehungskosten erzielen, dazu einen kleinen Nutzen, so haben sie in Tat und Wahrheit Geld zugesetzt. Sie sind einer Täuschung zum Opfer gefallen wie alle jene Kaufleute in Deutschland, die während der grossen allgemeinen Preissteigerung auf Grund ihrer Gestehungskosten verkauften. Jene Kaufleute kamen über nichts. Nur wer die Situation begriffen und zum «Wiederbeschaffungspreis» zusätzlich dem Nutzen verkaufte, nur der konnte sich auf die Dauer halten.

Die Täuschung kommt dadurch zustande, dass unsere Hausbesitzer gemeiniglich stark verschuldet sind, wodurch sie praktisch nur an dem Betrag interessiert sind, der über die Ver-