

Günter Peter

Überfälle und Wehre

Grundlagen und
Berechnungsbeispiele



Günter Peter

Überfälle und Wehre

Aus dem Programm

Bauwesen

Taschenbuch der Wasserversorgung

von J. Mutschmann und F. Stimmelmayer

Taschenbuch der Wasserwirtschaft

von K. Lecher, H.-P. Lühr und U. C. Zanke (Hrsg.)

Hydromechanik der Gerinne und Küstengewässer

von U. C. Zanke

Überfälle und Wehre

von G. Peter

Ökologie und Wasserbau

von M. Hütte

Gewässerregelung Gewässerpflege

von G. Lange und K. Lecher (Hrsg.)

Grundwasserhydraulik

von I. David

Wörterbuch Auslandsprojekte

von K. Lange

Bauwerke und Erdbeben

von K. Meskouris und K.-G. Hinzen

Günter Peter

Überfälle und Wehre

Grundlagen und
Berechnungsbeispiele



Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

1. Auflage Januar 2005

Alle Rechte vorbehalten

© Friedr. Vieweg & Sohn Verlag/GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2005

Lektorat: Günter Schulz / Karina Danulat

Der Vieweg Verlag ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media.
www.vieweg.de



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Umschlaggestaltung: Ulrike Weigel, www.CorporateDesignGroup.de

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

ISBN-13:978-3-528-01762-0 e-ISBN-13:978-3-322-83016-6

DOI: 10.1007/978-3-322-83016-6

Vorwort

In diesem Buch werden mathematische Beziehungen und graphische Darstellungen vorgestellt, die aus umfangreichen Literaturrecherchen und eigenen Forschungsarbeiten resultieren. Die meisten Forschungsarbeiten wurden im Labor für wasserbauliches Versuchswesen der Hochschule Magdeburg-Stendal (FH) durchgeführt. Hier stehen seit einigen Jahren zwei moderne Versuchsrinnen zur Verfügung. In diesen können Versuchsreihen mit Durchflüssen von bis zu 350 l/s durchgeführt werden. Auch nach Redaktionsschluss werden in beiden Rinnen weitere Versuche an unterschiedlichen Wehrkonstruktionen durchgeführt. Diese Ergebnisse sollen in zukünftigen Auflagen oder den nächsten Bänden berücksichtigt werden.

Betrachtet man die in der Fachliteratur dargestellten Grundlagen für die Berechnung vollkommener und unvollkommener Überfälle, gewinnt man den Eindruck, als sei dieses Teilgebiet der Hydromechanik umfassend untersucht und die publizierten Ergebnisse wissenschaftlich fundiert. Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen aber, dass für den vollkommenen und den unvollkommenen Überfall die Bandbreite der Beiwerte bei fast allen Wehrtypen erheblich größer ist, als in der Literatur angegeben. Für die große Vielfalt der in der wasserwirtschaftlichen Praxis genutzten Überfallformen findet man in der Fachliteratur nur wenige Anhaltspunkte für die korrekte Berechnung dieser Bauwerke.

Insbesondere sind die Ansätze für die Berechnung unvollkommener Überfälle kritisch zu bewerten. Diese beziehen sich fast ausschließlich auf die oberwasserseitige Wehrhöhe w_0 und nicht, wie es erforderlich wäre, auf die unterwasserseitige Wehrhöhe w_u .

Die Berechnung von Streichwehren als wasserwirtschaftliche Sonderbauwerke wurde als Besonderheit in diesem Lehr- und Übungsbuch integriert. In Anbetracht der vielen hydraulischen Einflussgrößen sowie der konstruktiven Gestaltungsmöglichkeiten von Streichwehren, soll gezeigt werden, dass für die Berechnung des Wasserspiegelverlaufes und der Überfallleistung der Lohner-Algorithmus AWA wissenschaftlich gesicherte Ergebnisse liefert.

Mein Dank gilt besonders dem unermüdlichen Einsatz des Gründungsrektors der Fachhochschule Magdeburg, Herrn Prof. Kaschade, bei der Schaffung eines eigenständigen Fachbereiches Wasserwirtschaft. Er schuf die Voraussetzungen für das neue Campusgelände mit seinen großzügigen Laborhallen. So konnte auch ein hochmodernes Wasserbaulabor in Betrieb genommen werden, um die anstehenden Forschungsarbeiten weiterzuführen.

In meiner fast 30 jährigen wissenschaftlichen Tätigkeit habe ich vielen meiner Studenten für ihre Mitwirkung an unserer Grundlagenforschung zu danken. An dieser Stelle gilt mein besonderer Dank meinem Laboringenieur, Herrn Dipl.-Ing. (FH) Erwin Appel, für seine sorgfältig entworfenen Konstruktionen der unterschiedlichsten und schwierigsten Modelle.

Herrn Dipl.-Ing. (FH) Gunter Weißbach bin ich zu höchstem Dank verpflichtet für seine sorgfältige Übertragung des Manuskriptes in das digitale Textsystem, sowie für die kreative Mitgestaltung dieses Lehr- und Handbuches und die Erstellung der Tabellen, Diagramme und Darstellungen. Für die vielen fachwissenschaftlichen Anregungen, insbesondere auch zur prak-

tischen Anwendung der numerischen Fixpunktiteration für hydromechanische Bemessungsaufgaben sowie seinen hilfreichen Hinweisen zum Manuskript, bin ich Herrn Prof. Dr. habil. Hans Bischoff zu Dank verpflichtet.

Ganz besonderen Dank habe ich meiner Frau abzustatten, denn sie war durch ihre partnerschaftliche Unterstützung an der Entstehung dieses Buches stets beteiligt. Ihr Verständnis und ihre Rücksichtnahme schenken mir den Freiraum, meine praxisorientierten Forschungsergebnisse in einem umfassenden Handbuch zu publizieren.

Dem Verlag danke ich für die Bereitschaft, ein Fachbuch zu veröffentlichen, welches nicht in das übliche Schema „Grundlagen der technischen Hydromechanik“ passt, sondern dass er bereit ist, fachwissenschaftliche Erkenntnisse, welche vertieft für die Ingenieur Anwendung von Bedeutung sind, zugänglich zu machen.

Inhalt

1	Überfälle und Wehre	1
1.1	Einleitung	1
1.1.1	Der vollkommene Überfall	1
1.1.2	Der unvollkommene Überfall	2
1.2	Einteilung der Überfälle und Wehre	3
1.2.1	Der vollkommene Überfall	5
1.2.2	Der unvollkommene Überfall	9
1.3	Übersicht der Wehre	12
2	Der vollkommene Überfall an unterschiedlichen Wehrformen.....	15
2.1	Der vollkommene Überfall an scharfkantigen Wehren	15
2.1.1	An scharfkantig senkrechten und scharfkantig geneigten Wehren	16
2.1.2	An scharfkantig senkrechten, rechteckig eingeeengten Wehren.....	18
2.1.3	An scharfkantig senkrechten, dreieckförmig eingeeengten Wehren	20
2.1.4	An scharfkantig senkrechten, parabelförmig eingeeengten Wehren	22
2.1.5	An scharfkantig senkrechten, kreisförmig eingeeengten Wehren.....	25
2.2	Der vollkommene Überfall an schmalkronigen Wehren	27
2.2.1	An schmalkronig scharfkantigen Wehren	28
2.2.2	An schmalkronig angerundeten Wehren	29
2.2.3	An schmalkronig angephasten Wehren.....	30
2.3	Der vollkommene Überfall an breitkronigen Wehren	32
2.3.1	Die Wasserspiegellagen an breitkronigen Wehren	32
2.3.2	Die Einteilung breitkroniger Wehre nach der Einlaufgeometrie.....	33
2.3.3	An breitkronig scharfkantigen und breitkronig angephasten Wehren für $L/w_0 = 4$...	34
2.3.4	An breitkronig angerundeten Wehren für $L/w_0 = 4$	36
2.3.5	An breitkronig angeschrägten Wehren für $L/w_0 = 4$	37
2.3.6	An breitkronigen Wehren für L/w_0 ungleich 4	39
2.3.7	Betrachtungen zur Energiegleichung an breitkronigen Wehren unter Berücksichtigung der mittleren Krümmung der Stromlinien.....	40
2.3.7.1	Grundlegende Betrachtungen	40
2.3.7.2	Neigung, Druck- und Geschwindigkeitsverteilung.....	41
2.3.7.3	Druck- und Geschwindigkeitsverteilung am Beginn des horizontalen Rückens	41
2.3.7.4	Energiehöhe am Beginn des horizontalen Rückens unter Berücksichtigung der mittleren Krümmung der Stromlinien.....	45
2.3.7.5	Abflussermittlung mit Hilfe der neuen Energiegleichung.....	46

2.3.7.6	Betrachtungen zum Wasserspiegelverlauf	48
2.4	Der vollkommene Überfall an rundkronigen Wehren	53
2.4.1	An rundkronigen Wehren mit Ausrundungsradius und Schussrücken.	53
2.4.2	An halbkreisförmigen Wehren mit senkrechten Wänden.....	54
2.4.3	An Standardprofilen.....	56
2.4.4	An elliptischen Wehren mit senkrechter Wasser- und geneigter Luftseite.....	61
2.4.5	An halbkreisförmigen Wehren	63
2.5	Der vollkommene Ausfluss an unterströmten Wehren.....	64
2.5.1	Freier Ausfluss an unterströmten Wehren.....	64
2.5.2	Die Grenze zwischen freiem und rückgestautem Ausfluss	68
2.6	Der vollkommene Überfall an Sonderformen.....	70
2.6.1	An Schachtüberfällen.....	70
2.6.2	An Heberwehren	73
2.6.3	An Streichwehren, insbesondere an gedrosselten Streichwehren	76
2.6.3.1	Allgemeine Aussagen zu Streichwehren.....	76
2.6.3.2	Wasserspiegellinienverlauf an Streichwehren	78
2.6.3.3	Gedrosselte Streichwehre	78
2.6.3.4	Berechnung von Wasserspiegellagen an gedrosselte Streichwehre.....	79
3	Der unvollkommenen Überfall an unterschiedlichen Wehrformen.....	81
3.1	An scharfkantigen Wehren	81
3.1.1	Grundlegende Betrachtungen zu Überfallformen an scharfkantigen Wehren.....	81
3.1.2	Einteilung der Überfallstrahlen beim unvollkommenen unbelüfteten Überfall	83
3.1.2.1	Tauchstrahl mit Luftpolster	83
3.1.2.2	Tauchstrahl mit abgedrängtem Wechselsprung	84
3.1.2.3	Tauchstrahl mit am Wehr anliegendem Wechselsprung.....	85
3.1.2.4	Haftstrahl oder angeschmiegtter Strahl	87
3.1.2.5	Tauchstrahl mit anliegendem Wechselsprung	87
3.1.2.6	Wellstrahl	89
3.2	An breitkronigen Wehren	92
3.3	An rundkronigen Wehren	95
3.3.1	An Standardprofilen.....	95
3.3.2	An halbkreisförmigen Wehren mit senkrechten Wänden.....	98
3.4	An unterströmten Wehren (Schützen).....	105
3.5	An unterströmten drehbaren Wehrklappen.....	107
4	Berechnungsbeispiele Wehre.....	109
4.1	Berechnungsbeispiele zu scharfkantigen Wehren	109

4.1.1	Beispiele zu scharfkantig senkrechten und scharfkantig geneigten Wehren	109
4.1.2	Beispiele zu scharfkantigen Wehren mit rechteckiger Seiteneinengung	128
4.1.3	Beispiele zu scharfkantig dreieckförmig eingeengten Wehren	131
4.1.4	Beispiele zu scharfkantig parabelförmig eingeengten Wehren	134
4.1.5	Beispiele zu scharfkantig kreisförmig eingeengten Wehren	137
4.1.6	Beispiele zu scharfkantigen Wehren in Verbindung zu anderen hydraulischen Problemen	140
4.2	Berechnungsbeispiele zu schmalkronigen Wehren	157
4.2.1	Beispiele zu schmalkronig scharfkantigen Wehren	157
4.2.2	Beispiele zu schmalkronig angerundeten Wehren	159
4.3	Berechnungsbeispiele zu breitkronigen Wehren	161
4.3.1	Beispiele zu breitkronig angerundeten Wehren	161
4.3.2	Beispiele zu breitkronig angeschrägten Wehren	166
4.3.3	Beispiele zu breitkronig angephasteten Wehren	172
4.3.4	Beispiele zu breitkronig scharfkantigen Wehren	175
4.4	Berechnungsbeispiele zu rundkronigen Wehren	181
4.4.1	Beispiele zu rundkronigen Wehren mit Ausrundungsradius und Schussrücken	181
4.4.2	Beispiele zu Standardprofilen	186
4.4.3	Beispiele zu halbkreisförmigen Wehren mit senkrechten Wänden	200
4.4.4	Beispiele zu halbkreisförmigen Wehren	211
4.5	Berechnungsbeispiele zu unterströmten Wehren	214
4.6	Berechnungsbeispiele zu Sonderformen	223
4.6.1	Beispiele zu Schachtüberfällen	223
4.6.2	Beispiele zu Heberwehren	230
4.6.3	Beispiele zu Streichwehren	234
5	Tabellen und Übersichten	244
5.1	Übersichten für den vollkommenen Überfall	244
5.2	Übersichten für den unvollkommenen Überfall	264
5.3	Überfallbeiwerte für den vollkommenen Überfall	277
5.4	Überfallbeiwerte für den unvollkommenen Überfall	289
6	Literatur	296
	Sachwortverzeichnis	299

Formelzeichen und Einheiten

a	[m]	Höhe der Schützöffnung und Höhe des Heberquerschnittes	C_h	$\left[\frac{1}{\frac{m^2}{s}} \right]$	Dimensionsbehafteter, auf die Überfallhöhe h bezogener Überfallbeiwert, entspricht dem Ansatz nach Poleni
a_E	[m]	Große Halbachse der Ellipse	C_{hS}	$\left[\frac{1}{\frac{m^2}{s}} \right]$	Dimensionsbehafteter, auf die Überfallhöhe h bezogener Überfallbeiwert, für den Standard-Schachtüberfall
a_{min}	[m]	Minimale Öffnungshöhe am Austrittsquerschnitt von Hebern	C_H	$\left[\frac{1}{\frac{m^2}{s}} \right]$	Dimensionsbehafteter, auf die Überfallenergiehöhe H bezogener, Überfallbeiwert, entspricht dem Ansatz nach du Buat
A	$[m^2]$	Durchströmte Fläche	C_{hE}	$\left[\frac{1}{\frac{m^2}{s}} \right]$	Dimensionsbehafteter, auf die Überfallhöhe h bezogener Überfallbeiwert für den Entwurfsfall
A_{xs}	$[m^2]$	Variable Querschnittsfläche an Streichwehren	C_{HE}	$\left[\frac{1}{\frac{m^2}{s}} \right]$	Dimensionsbehafteter, auf die Überfallenergiehöhe H bezogener Überfallbeiwert für den Entwurfsfall
b	[m]	Wehrbreite bzw. Wasserspiegelbreite	d_0	[m]	Durchmesser des Kreisprofils im Oberwasser von Streichwehren
b_U	[m]	Umfang beziehungsweise zu entlastende Länge bei Schachtüberfällen	d_{xs}	[m]	Variabler Durchmesser an Streichwehren
b_0	[m]	Wasserspiegelbreite direkt an der Wehrkrone	d_u	[m]	Durchmesser des Kreisprofils im Unterwasser von Streichwehren
B	[m]	Breite des Zulaufgerinnes bei scharfkantigen Messwehren	D	[m]	Hydraulischer Durchmesser $D = 4 \cdot R$
b_E	[m]	Kleine Halbachse der Ellipse	d	[m]	Durchmesser an kreisförmigen Wehren
c	$\left[\frac{m}{s} \right]$	Differenz zwischen Sohlgeschwindigkeit und Oberflächengeschwindigkeit an breitkronigen Wehren			
C	$\left[\frac{m}{s} \right]$	Dimensionsbehafteter Überfallbeiwert an scharfkantig, parabelförmig eingeeengten Wehren			

f	[/]	Formbeiwert nach Marchi	h_E	[m]	Entwurfsüberfallhöhe an Standardprofilen
f_1	[/]	Funktionswert zur Fallunterscheidung bei unvollkommenem Überfall an scharfkantigen Wehren	H_E	[m]	Entwurfsenergieüberfallhöhe an Standardprofilen
f_2	[/]	Funktionswert zur Fallunterscheidung beim unvollkommenen Überfall an scharfkantigen Wehren	h_{gr}	[m]	Grenztiefe als zugeordnete Wassertiefe beim Fließwechsel beziehungsweise Grenzwert beim unvollkommenen Überfall an scharfkantigen Wehren.
Fr	[/]	Froude-Zahl	h_0	[m]	Oberwasserstand am unterströmten Wehr
F_1	[/]	$F_1 = dQ/dx = -q$ wird bei der Berechnung von $F_2 = dh/dx$ benötigt	h_u	[m]	Überfallhöhe im Unterwasser. Entspricht dem Abstand zwischen Wasserstand und der Wehrkrone (positiv oder negativ).
F_2	[/]	1. Ableitung, die dem Wasserspiegelverlauf $F_2 = dh/dx$ zum Beispiel an Streichwehren entspricht	h_H	[m]	Fallhöhe an Heberwehren
g	$\left[\frac{m}{s^2} \right]$	Erdbeschleunigung	h_{max}	[m]	Maximal mögliche Fallhöhe
g_1	[/]	Grenze zum abgedrängten Wechselsprung beim scharfkantig, unbelüfteten Wehr	h_x	[m]	Wasserstand an der Stelle x
g_2	[/]	Grenze zum abgedrängten Wechselsprung beim rundkronigen Wehr mit senkrechten Wänden	h'	[m]	Wassertiefe am Beginn des Rückens an breitkronigen Wehren
h	[m]	Überfallhöhe im Oberwasser. Entspricht dem Abstand zwischen Wasserstand und Wehrkrone in einer Mindestentfernung von (3-4 mal) der Überfallhöhe h.	H	[m]	Überfallenergiehöhe
			H'	[m]	Energiehöhe am Beginn des Rückens an breitkronigen Wehren
h_2	[m]	Unterwasserstand am unterströmten Wehr	H'_S	[m]	Energiehöhe auf der Sohle am Beginn des Rückens an breitkronigen Wehren

H'_m	[m]	Mittlere Energiehöhe am Beginn des Rückens an breitkronigen Wehren	L	[m]	Länge des Wehres in Fließrichtung, auch Länge des Wehres bei Streichwehren
H'_0	[m]	Energiehöhe an der Oberfläche am Beginn des Rückens an breitkronigen Wehren	L_{Stau}	[m]	Staulänge zum Beispiel durch den Einfluss eines Wehres
H'_i	[m]	Energiehöhe an einer beliebigen Stelle (i) am Beginn des Rückens an breitkronigen Wehren	m	[/]	Oberer Anteil der Absenkung über der Wehrkrone
H_S	[m]	Energiehöhe im Heberscheitel	m_S	[/]	Abminderungsfaktor an Streichwehren nach Schmidt ($m_S = 0,95$)
h_S	[m]	Abstand zwischen Wasserspiegel und dem Schwerpunkt der Ausflussfläche	M_Q	[/]	Modellmaßstab des Durchflusses
h_0	[m]	Wasserstand vor unterströmten Wehren	n	[/]	Unterer Anteil der Absenkung über der Wehrkrone
I_S	[/]	Sohlgefälle	n_{br}	[/]	Anlaufneigung an breitkronigen Wehren
I_E	[/]	Energieliniengefälle	n_H	[/]	Anzahl der Überlaufschwelle nach Hager
k	[m]	Äquivalente Sandrauigkeit	$n_{\ddot{O}}$	[/]	Anzahl der Öffnungen
k_m	$\left[\frac{1}{m} \right]$	Mittlere Krümmung der Stromlinien an einem bestimmten Querschnitt.	p_{Parabel}	[m]	Parameter der Parabel
k_x	$\left[\frac{1}{m} \right]$	Mittlere Krümmung der Stromlinien in Fließrichtung	P	$\left[\frac{N}{m^2} \right]$	Druck
k_{str}	$\left[\frac{1}{\frac{m^3}{s}} \right]$	Rauheitsbeiwert nach Manning- Strickler	$\frac{p_i}{\rho \cdot g}$	[m]	Druckhöhe an einer beliebigen Stelle (i)
			$\frac{p}{\rho \cdot g}$	[m]	Druckhöhe

$\frac{p_{abs}}{\rho \cdot g}$	[m]	Absolute Druckhöhe	r_a	[m]	Äußerer Radius an Heberwehren
$\frac{p_{min}}{\rho \cdot g \cdot H}$	[/]	Minimaler dimensionsloser Druck an Standardprofilen nach Schirmer	r_i	[m]	Innerer Radius an Heberwehren
$\frac{p_{min}}{\rho \cdot g}$	[m]	Minimale Druckhöhe an Standardprofilen nach Schirmer	R	[m]	Hydraulischer Radius, $R = A / U$
$\frac{p_{max_u}}{\rho \cdot g}$	[m]	Maximal zulässige Unterdruckhöhe	Re	[/]	Reynoldszahl
Q	$\left[\frac{m^3}{s} \right]$	Überfallwassermenge	r_s	[m]	Radius bis Scheitel
Q_{Ab}	$\left[\frac{m^3}{s} \right]$	Ablaufende Überfallwassermenge	S	[/]	Kronenscheitel
Q_H	$\left[\frac{m^3}{s} \right]$	Überfallwassermenge an Heberwehren	v	$\left[\frac{m}{s} \right]$	Mittlere Fließgeschwindigkeit
Q_0	$\left[\frac{m^3}{s} \right]$	Abfluss im Oberwasser	v_{gr}	$\left[\frac{m}{s} \right]$	Grenzgeschwindigkeit
Q_u	$\left[\frac{m^3}{s} \right]$	Abfluss im Unterwasser	v_s	$\left[\frac{m}{s} \right]$	Geschwindigkeit an der Sohle am Beginn des Rückens an breilkronigen Wehren
Q_{max}	$\left[\frac{m^3}{s} \right]$	Maximale Überfallwassermenge an Heberwehren	v_m	$\left[\frac{m}{s} \right]$	Mittlere Geschwindigkeit am Beginn des Rückens an breilkronigen Wehren
Q_{min}	$\left[\frac{m^3}{s} \right]$	Minimale Überfallwassermenge an Heberwehren	v_0	$\left[\frac{m}{s} \right]$	Geschwindigkeit an der Oberfläche am Beginn des Rückens an breilkronigen Wehren
Q_{Zu}	$\left[\frac{m^3}{s} \right]$	Zulaufende Wassermenge	v_i	$\left[\frac{m}{s} \right]$	Geschwindigkeit an einer beliebigen Stelle am Beginn des Rückens an breilkronigen Wehren
r	[m]	Radius an rundkronigen Wehren oder an Heberwehren			

v_x	$\left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$	Geschwindigkeit an der Stelle x	z_{gr}	[m]	Grenzwert zur Fallunterscheidung beim unvollkommenen Überfall an scharfkantigen Wehren
U	[m]	Benetzter Umfang	α	[°]	Neigungswinkel
W	[/]	Weberzahl	α_A	[/]	Geschwindigkeitshöhenausgleichswert
w	[m]	Wehrhöhe an Schachtüberfällen	β_A	[/]	Druckhöhenausgleichswert
w_0	[m]	Wehrhöhe im Oberwasser	β_S	[/]	Druckhöhenausgleichswert nach Smyslow
w_u	[m]	Wehrhöhe im Unterwasser	ψ	[/]	Ausflusszahl an Planschützen
w_m	[m]	Mittlere Wehrhöhe bei Streichwehren	μ	[/]	Dimensionsloser Überfallbeiwert bezogen auf die Überfallhöhe
x_S	[m]	Stützstelle x_S im Intervall $0 < x_S < L$ am Streichwehr der Länge L	μ_0	[/]	Dimensionsloser Überfallbeiwert an scharfkantigen Wehren nach Rehbock
x	[/]	Parameter für den unvollkommenen Überfall an rundkronigen Wehren mit senkrechten Wänden	μ_α	[/]	Dimensionsloser Überfallbeiwert an scharfkantigen Wehren
z	[m]	Differenz Oberwasserspiegel und Unterwasserspiegel beim unvollkommenen Überfall an scharfkantigen Wehren	μ_H	[/]	Dimensionsloser Überfallbeiwert an Heberwehren
z_1	[/]	Verhältnis beim Ausfluss unter einem Schütz beziehungsweise bei der unterströmten Wehrklappe	μ_{KE}	[/]	Dimensionsloser Überfallbeiwert für den Entwurfsfall an Standardprofilen nach Knapp
z_2	[/]	Verhältnis beim Ausfluss unter Schützen oder bei unterströmten Wehrklappen	μ_P	[/]	Dimensionsloser Überfallbeiwert bezogen auf die Überfallhöhe h der Poleni-Gleichung

μ_S	[/]	Dimensionsloser Überfallbeiwert am Streichwehr	χ	[/]	Abminderungsfaktor am unterströmten Wehr bzw. Faktor an scharfkantig geneigten Wehren
μ_{S_i}	[/]	Dimensionsloser Überfallbeiwert am Streichwehr an einer beliebigen Stelle i	ϖ	[/]	Dimensionsloser Faktor aus der mittleren Krümmung und der Absenkungsgeschwindigkeit an breitkronigen Wehren
μ_{dB}	[/]	Dimensionsloser Überfallbeiwert bezogen auf die Überfallenergiehöhe H beziehungsweise auf die Gleichung von du Buat	λ	[/]	Reibungsbeiwert
ε	[/]	Dimensionsloses Verhältnis zwischen Wehr- und Überfallhöhe an breitkronigen Wehren	φ	[/]	Abminderungsfaktor für den unvollkommenen Überfall, sowohl größer als auch kleiner 1
η	[/]	Wirkungsgrad	δ	[°]	Verengungswinkel bei gedrosselten Streichwehren
γ	[/]	Dimensionsloses Verhältnis zwischen Absenkungsgeschwindigkeit und der Überfallhöhe an breitkronigen Wehren			

1 Überfälle und Wehre

1.1 Einleitung

Hauptgegenstand zur Konzeption dieses Lehr- und Übungsbuches ist die Kritik an den in der Literatur, zur Berechnung der Leistung von Überfallwehren insbesondere zur Bestimmung von Überlaufwassermengen, verwendeten Beiwerte. Betrachtet werden beide Überfallformen, zum einen der vollkommene Überfall, wenn der Unterwasserstand h_u deutlich unter der Wehrhöhe w_u liegt, zum anderen der unvollkommene Überfall wenn h_u nahe oder über der Wehrkrone liegt. Für jeden speziellen Wehrtyp mit konkreter Wehrhöhe w_0 im Oberwasser und definierter Wehrhöhe w_u im Unterwasser gibt es für jeden Abfluss Q einen eindeutig bestimmbaren Beginn des Überganges vom vollkommenen zum unvollkommenen Überfall und einen spezifischen Verlauf der Abminderungskurve.

1.1.1 Der vollkommene Überfall

Der vollkommene Überfall wird entweder über die Formel von du Buat oder mit der Formel von Poleni berechnet. Beim ersten Fall wird die Überfallenergiehöhe H , beim zweiten Fall die Überfallhöhe h in die Berechnung einbezogen. Zur Anwendung kommen in der Regel beide Gleichungen. Den wissenschaftlichen Vorzug hat selbstverständlich die du Buat-Beziehung. Die Begründung, dass die Variabilität der Beiwerte C_H beziehungsweise μ_{dB} nur gering sei, mithin annähernd konstante Werte liefert, ist nicht korrekt. Es ist anzunehmen, dass wegen dieser oft formulierten, irrigen Annahme, in der praktischen Anwendung derzeit meist konstante Überfallbeiwerte verwendet werden (beispielhaft ATV-A111). Nur in einem einzigen Fall ist diese Aussage richtig. Denn nur bei dem scharfkantigen Wehr liegt die Bandbreite der Überfallbeiwerte der Formel nach du Buat im Bereich

$$0,607 \leq \mu_{dB} \leq 0,634$$

Das entspricht einer Variabilität von etwas mehr als 4 %. Hier allein könnte ein konstanter Wert von zum Beispiel $\mu_{dB} = 0,62$ empfohlen werden. Welche Beziehung sollte nun verwendet werden? Diese Frage beantwortet die hydraulische Praxis sehr schnell. Zur Anwendung können nur solche Beziehungen kommen, die dimensionsanalytisch korrekt sind und da ist die Auswahl für den Anwender mehr als spärlich. Setzt man die Gleichungen von du Buat und von Poleni gleich, so kann eine Beziehung abgeleitet werden, die beide Überfallformen eindeutig ineinander überführt. Die Tabelle 1-1 zeigt die in der Regel verwendeten Überfallformen mit ihren empfohlenen Beiwerten.

Im Vergleich zu den Werten aus Tabelle 1-1 ist für einige charakteristische Wehrformen die tatsächliche Variabilität der Überfallbeiwerte des vollkommenen Überfalles (nach Poleni) in

Tabelle 1-2 dargestellt. Speziell vor dem Hintergrund der EDV-gestützten Simulation von instationären Fließvorgängen in der Stadthydrologie muss diese Variabilität korrekt berücksichtigt werden.

Tabelle 1-1: Empfohlene Überfallbeiwerte

Kronenform	μ
Breitkronig scharfkantig, waagrecht	0,49-0,51
Breitkronig mit abgerundeter Kante, waagrecht	0,50-0,55
Vollständig abgerundeter breiter Überfall, gänzlich umgelegte Klappen bei abgerundeten Kanten des Wehrkörpers	0,65-0,73
Scharfkantig, mit Belüftung des Strahls	0,64
Abgerundet mit lotrechter Oberwasser-Seite und geneigter Unterwasser-Seite, wie beim Standard- und Rehbock-Profil	0,75
Dachförmig, mit abgerundeter Krone	0,79

Tabelle 1-2: Variabilität der realen Überfallbeiwerte

Kronenform	μ
Scharfkantige Wehre	bis zu 17 %
Schmalkronige Wehre	bis zu 46 %
Breitkronige Wehre	bis zu 40 %
Rundkronige Wehre mit senkrechten Seitenwänden	bis zu 80 %
Rundkronige Wehre (Schusswehr)	bis zu 70 %
Standard-Profil	bis zu 70 %

1.1.2 Der unvollkommene Überfall

Der entscheidende Fehler, der bei der Berechnung unvollkommener Überfälle auftritt, ist, dass nicht die unterwasserseitige Wehrhöhe w_u , sondern w_0 , die Wehrhöhe im Oberwasser verwendet wird. Dieser Fehler findet sich in fast der gesamten Fachliteratur. Der zur Berechnung des unvollkommenen Überfalles verwendete Abminderungsfaktor φ wird multiplikativ in die du Buat- beziehungsweise Poleni-Formel eingesetzt.

Die allgemein gültige Definition, dass unvollkommener Überfall dann vorliegt, wenn der Abfluss über dem Überfall durch einen genügend hohen Unterwasserstand über der Wehrkrone beeinflusst wird, ist nicht in allen Fällen richtig.

Bei scharfkantigen und schmalkronigen Wehren (bei geringer Längenausdehnung L in Fließrichtung) sind diese Verhältnisse wesentlich anders. Der Grund liegt vordergründig darin, dass der frei überfallende Strahl nicht geführt ist und von der Unterwasserseite sehr leicht beeinflusst werden kann.

In der Fachliteratur wird ausschließlich das in der Abbildung 3-11 dargestellte Diagramm von Schmidt präsentiert. Der eingetragene Parameter w ist nicht, wie mittlerweile überall angenommen, die Wehrhöhe im Oberwasser, sondern die im Unterwasser, also w_u .

Neben den aufgezeigten wissenschaftlichen Unkorrektheiten, die bei der Verwendung der empfohlenen Beiwerte auftreten, gibt es einen weiteren wesentlichen Grund dieses Buch zu schreiben. Der vollkommene Überfall wird nur bei sehr wenigen Wehrformen behandelt, der unvollkommene Überfall äußerst selten und dann meist falsch, weil fast immer auf die Oberwasserwehrhöhe bezogen wird. Betrachtet man die geringe Anzahl an Berechnungsbeispielen in den gängigen Lehrbüchern der Hydromechanik, von wenigen Ausnahmen abgesehen, so erkennt man, dass in diesem Lehr- und Handbuch eine Fülle von konkreten Berechnungsbeispiele behandelt wird. Diese beziehen sich auf beide Überfallformen. Die Berechnung von Streichwehren steht wie die Berechnung der Überfälle auf einem anspruchsvollen wissenschaftlichen Niveau und ist durch umfangreiche Modelluntersuchungen anderer Autoren bestätigt.

1.2 Einteilung der Überfälle und Wehre

Man spricht von einem Überfall, wenn Wasser über die Oberkante eines Staubauwerkes überläuft. Am häufigsten sind die überströmten Staubauwerke Wehre unterschiedlicher Bauart. Man bezeichnet das überströmte Bauwerk ebenfalls als Überfall und seine Oberkante als Überfallkrone. Wehre sind Stauanlagen ohne oder mit beweglichen Verschlüssen, die zeitweilig beziehungsweise ständig über- oder durchströmt werden und einen Flussquerschnitt beeinflussen zur

- Hebung und Regelung der Wasserstände,
- Verbesserung der Schiffbarkeit,
- Anhebung des Grundwasserspiegels,
- Energiegewinnung,
- Messung von Durchflüssen,
- Hochwasserentlastung.

Wehre werden nach unterschiedlichen Gesichtspunkten beurteilt. In den folgenden Übersichten werden Wehre nach drei verschiedenen Betrachtungsweisen eingeteilt. Es wird nach folgenden Kriterien unterschieden:

Tabelle 1-3: Einteilung der Wehre nach konstruktiven Kriterien


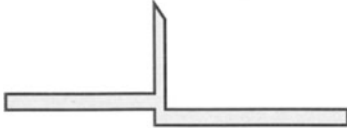
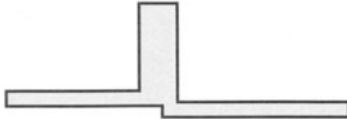

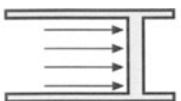

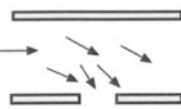
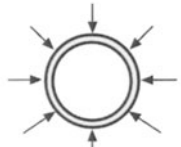
Beschreibung	Skizze
Rundkronige Wehre (Stauwehre; Hochwasserentlastung)	
Scharfkantige Wehre (Messwehre)	
Schmalkronige Wehre (Entlastungen in der Kanalisation, Dammbalkenwehre)	
Breitkronige Wehre (Grundwehre und Sohlswellen in Flüssen)	

Tabelle 1-4: Einteilung der Wehre nach der Anströmung

Beschreibung	Skizze
Rechtwinklige Anströmung	
Schräge Anströmung	
Parallele Anströmung	
Radiale Anströmung	

Nach der Art des Überfalles unterscheidet man den vollkommenen und den unvollkommenen Überfall. Für jede Überfallwassermenge Q treten an jedem Überfall die unterschiedlichsten Strömungsformen wie zum Beispiel

- Tauchstrahl,
- Wellstrahl,
- Überströmen mit Rückstau,

mit unterschiedlicher Intensität auf. Beim vollkommenen Überfall kann das Oberwasser unbeeinflusst vom Unterwasser abfließen (Abbildung 1-1). Der abfließende Strahl taucht mit einer bestimmten Neigung ins Unterwasser ein. Dieser eintauchende Strahl besitzt eine hohe kinetische Energie und bewirkt einen Wirbel, der so gerichtet ist, dass sich das Unterwasser diesem eintauchenden Strahl entgegen bewegt. Bei steigendem Unterwasser ($Q = \text{konstant}$) nimmt der Eintauchwinkel ab. Somit kommt es zur Verringerung der kinetischen Energie. Der durch das steigende Unterwasser vergrößerte Widerstand kann durch die Energie des flacher werdenden Überfallstrahls nicht mehr überwunden werden. Der Überfallstrahl fließt über dem Unterwasser ab. Dieser Vorgang erfolgt wellenförmig und ist mit der Herausbildung einer lang gezogenen Walze, die sich entgegengesetzt dreht, verbunden. Diese Abflussform ist bei vielen Wehrtypen bereits unvollkommener Überfall. Bei weiter steigendem Unterwasser kommt es zum Abfluss unter Rückstau und somit zu einer Annäherung der Wasserspiegel von Ober- und Unterwasser. Unvollkommener Überfall liegt vor, wenn das Oberwasser durch das Unterwasser beeinflusst wird. Für jede Wehrform und jede Überfallwassermenge sind der Beginn des unvollkommenen Überfalles und der Verlauf der jeweiligen Abminderungskurven verschieden. Wird der vollkommene Überfall nur vom Wehrtyp und den Bedingungen des Oberwassers gesteuert, so wirkt beim unvollkommenen Überfall zusätzlich der Einfluss des Unterwassers, zum einen über die unterwasserseitige Wehrhöhe w_u und zum anderen über die unterwasserseitige Überfallhöhe h_u (Abbildung 1-4).

1.2.1 Der vollkommene Überfall

Für den vollkommenen Überfall gilt, dass die über das Wehr abfließende Wassermenge durch das Unterwasser nicht beeinflusst wird. Die an bestimmten Überfallformen auftretenden Unterdrücke auf dem Wehrrücken können nicht als Beeinflussung durch das Unterwasser gedeutet werden. Man spricht von einer hydraulischen Entkoppelung der Fließverhältnisse oberstrom des Überfalles von denen unterstrom. Der Oberwasserstand ($h + w_0$) ist eindeutig durch die Geometrie des Überfalles und die Abflussmenge bestimmt. Der Messpunkt für die Überfallhöhe h sollte sich ca. in der vierfachen maximalen Überfallhöhe vom Wehr entfernt befinden. Die hydraulischen Verhältnisse zeigt Abbildung 1-1.

Unter der Annahme konstanter Druckverteilung im Kronenquerschnitt lässt sich die über das Wehr abfließende Überfallwassermenge oder Entlastungsmenge Q berechnen. Der konstante

Druck sei der Atmosphärendruck p_0 . Abbildung 1-2 zeigt nach Bollich [7] die entscheidenden Größen zur Abflussbestimmung. Der Wasserspiegel senkt sich auf der Wehrkrone um

$$m \cdot h = (1 - n) \cdot h \text{ ab.}$$

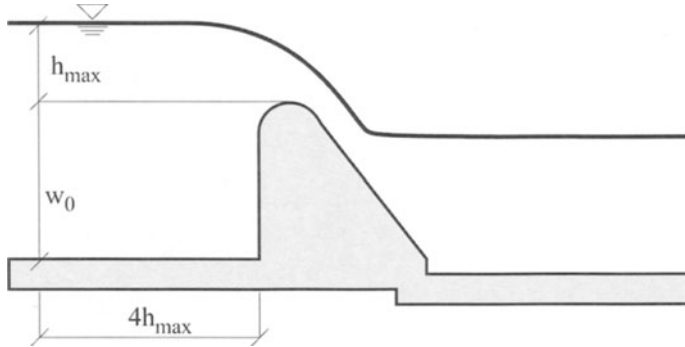


Abbildung 1-1: Der vollkommene Überfall

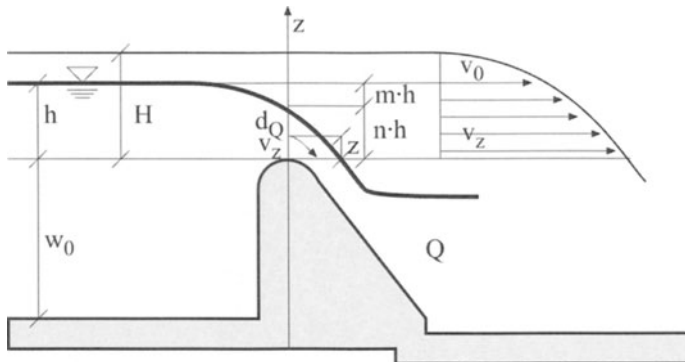


Abbildung 1-2: Ableitung der Überfallformel

Ausgangspunkt ist die Energiegleichung im Querschnitt der Wehrkrone. Angewendet auf eine beliebige Stelle z ist die Energiehöhe H an jeder Stelle der Lotrechten näherungsweise gleich groß. Der Abstand zwischen dem Wasserspiegel und der Wehrkrone entspricht der Überfallhöhe h an Wehren. Voraussetzung ist die Annahme, dass im Scheitelquerschnitt Atmosphärendruck herrscht.

$$H = h + \frac{v_0^2}{2g} = z + \frac{v_z^2}{2g} \quad (1.1)$$

Umgestellt nach der Geschwindigkeit an der Stelle z erhält man einen parabolischen Verlauf der Geschwindigkeitsverteilung.

$$v_z = \sqrt{2g \cdot \left(h - z + \frac{v_0^2}{2g} \right)} \quad (1.2)$$

Den gesuchten differentiellen Abfluss dQ erhält man durch Multiplikation mit dem differentiellen Flächenstreifen $dA = dz \cdot b(z)$.

$$dQ = v_z \cdot dA = \sqrt{2g \cdot \left(h - z + \frac{v_0^2}{2g} \right)} \cdot b(z) \cdot dz$$

Für den gesamten Abfluss bei verlustlosem Fließen folgt:

$$Q = \int_y \int_z \sqrt{2g \cdot \left(h - z + \frac{v_0^2}{2g} \right)} \cdot b(z) \cdot dz \quad (1.3)$$

Für den ebenen Fall mit $b = \text{konstant}$ ergibt sich ein einfacheres Integral

$$Q = b \cdot \sqrt{2g} \int_{z=0}^{z=n \cdot h} \sqrt{h - z + \frac{v_0^2}{2g}} \cdot dz \quad (1.4)$$

Mit Hilfe des nachfolgenden Grundintegrals lässt sich Gleichung 1.4 lösen. Die Integrationsgrenzen sind aus der obigen Abbildung zu entnehmen.

$$\int (ax + b)^p dx = \frac{(a \cdot x + b)^{p+1}}{a(p+1)} + C$$

Mit den Gleichungen 1.5 oder 1.6 lässt sich nun erstmals die Überfallwassermenge Q berechnen. Die Überfallhöhe h senkt sich am Wehr auf den Ausdruck $n \cdot h$ ab.

$$Q = \frac{2}{3} b \cdot \sqrt{2g} \cdot \left[\left(h + \frac{v_0^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} - \left((1-n) \cdot h + \frac{v_0^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} \right] \quad (1.5)$$

$$Q = \frac{2}{3} b \cdot \sqrt{2g} \cdot \left[\left(h + \frac{v_0^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(m \cdot h + \frac{v_0^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} \right] \quad (1.6)$$

Bei praktischen Berechnungen wird häufig $v_0 \approx 0$ gesetzt.

$$Q = \frac{2}{3} b \cdot \sqrt{2g} \cdot \left[h^{\frac{3}{2}} - (m \cdot h)^{\frac{3}{2}} \right] \quad (1.7)$$

beziehungsweise h ausgeklammert liefert

$$Q = \frac{2}{3} b \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{\frac{3}{2}} \left(1 - m^{\frac{3}{2}} \right) \quad (1.8)$$

Der Klammerausdruck berücksichtigt die Strahlumlenkung und den Einfluss der realen Druck- und Geschwindigkeitsverteilung im Querschnitt. Man bezeichnet diesen Ausdruck als Überfallbeiwert μ . Dieser Wert μ ist ein Maß für die Leistungsfähigkeit eines Überfalles. Wenn sich der Wasserspiegel auf der Wehrkrone bis auf die Grenztiefe absenkt, wäre $\mu = 0,8075$.

Bei allen untersuchten Wehrformen, dem Standardprofil, dem rundkronigen Wehr mit Ausrundungsradius und Schussrücken und dem halbkreisförmigen Wehr mit senkrechten Wänden, die in einem Rechteckgerinne eingebaut waren, liegt die Grenztiefe vor dem Scheitelpunkt des Überfalles. Die Absenkung über der Wehrkrone ist beim vollkommenen Überfall für alle genannten Wehrformen gemessen worden. Für das rundkronigen Wehr mit Ausrundungsradius und Schussrücken und das Standardprofil gilt:

$$n = \frac{h_{\text{Krone}}}{h} = 0,67 - 0,71$$

Für das halbkreisförmige Wehr mit senkrechten Wänden gilt:

$$n = \frac{h_{\text{Krone}}}{h} = 0,69 - 0,715$$

Nimmt man einen mittleren Wert von $n = 0,70$ an, so folgt in Analogie zu den Gleichungen 1.7 und 1.8 mit $m = 1,00 - n = 1,00 - 0,70 = 0,30$.

Für μ folgt dann:

$$\mu = \left(1,00 - m^{\frac{3}{2}} \right) = \left(1,00 - 0,30^{\frac{3}{2}} \right) = 0,8356$$

Die eindeutige Zuordnung zwischen der Überfallhöhe h und der Überfallwassermenge Q wird durch die Überfallformel und den Überfallbeiwert beschrieben. In der Regel stehen zur Berechnung von Q zwei Beziehungen zur Verfügung, je nachdem, ob die Energiehöhe H oder die Überfallhöhe h als Grundlage dienen.

Nach du Buat gilt:

$$Q = \frac{2}{3} \mu_{\text{dB}} \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot \left(h + \frac{v_0^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} \quad \text{mit } H = h + \frac{v_0^2}{2g} \text{ gilt somit}$$

$$Q = \frac{2}{3} \mu_{\text{dB}} \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{\frac{3}{2}} \quad (1.9)$$

oder

$$Q = C_H \cdot b \cdot H^{\frac{3}{2}} \text{ mit} \quad (1.10)$$

$$C_H = \frac{2}{3} \mu_{dB} \cdot \sqrt{2g} \quad (1.11)$$

μ_{dB} ist der dimensionslose Überfallbeiwert bezogen auf die Energiehöhe H . C_H ist dagegen dimensionsbehaftet.

Nach Poleni gilt:

$$Q = \frac{2}{3} \mu_P \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{\frac{3}{2}} \text{ oder} \quad (1.12)$$

$$Q = C_h \cdot b \cdot h^{\frac{3}{2}} \quad (1.13)$$

$$C_h = \frac{2}{3} \mu_P \cdot \sqrt{2g} \quad (1.14)$$

μ_P ist der dimensionslose Überfallbeiwert auf die Überfallhöhe h bezogen. Die Berechnung der Überfallwassermengen muss unabhängig davon sein, ob die Energiehöhe H oder die Überfallhöhe h verwendet wird. Die Lösungen sind dabei gleich. Setzt man die Gleichungen 1.9 und 1.12 gleich, so ergibt sich ein eindeutiger Zusammenhang.

$$\mu_{dB} = \frac{\mu_P}{\left(1 + \frac{v_0^2}{2g \cdot h}\right)^{1,5}} \quad (1.15)$$

1.2.2 Der unvollkommene Überfall

Der Zustand des unvollkommenen Überfalls liegt vor, wenn der Oberwasserstand durch den Unterwasserstand beeinflusst wird. Die Definition, dass der unvollkommene Überfall dann vorliegt, wenn der Unterwasserstand einen bestimmten Wert über der Wehrkrone überschreitet, ist nicht in allen Fällen richtig. In der Abbildung 1-3 ist die Entwicklung vom vollkommenen zum unvollkommenen Überfall aufgezeigt. Diese Wasserspiegelverläufe sind typisch.

Bei scharfkantigen und schmalkronigen Wehren (mit geringer Längenausdehnung L in Fließrichtung) sind diese Verhältnisse anders, weil der frei überfallende Strahl nicht geführt und von hohen Unterwasserständen leicht gestört werden kann. Es gibt zwei Rückstauereffekte, die durch die Überstauhöhe h_u im Unterwasser und die Wehrhöhe w_u im Unterwasser (Abbildung 1-4) verursacht werden.

Diese Einflüsse sind durch umfangreiche Untersuchungen vom U. S. Bureau of Reclamation (1948) sowie durch die U. S. Army Engineers Waterways Experiment Station (1952) belegt. Naudascher [29], Ven Te Chow [51] und Laco [24] haben diese Abhängigkeit dargestellt.

Durch den unvollkommenen Überfall wird bei gleicher Überfallhöhe h im Oberwasser die Abflussleistung reduziert. Der Abminderungsfaktor φ wird multiplikativ in die du Buat- beziehungsweise Poleni-Formel eingefügt.



Abbildung 1-3: Entwicklung vom vollkommenen zum unvollkommenen Überfall

du Buat

$$Q = \frac{2}{3} \mu_{dB} \cdot \varphi_{dB} \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot \left(h + \frac{v_0^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} \quad (1.16)$$

$$Q = C_H \cdot \varphi_{dB} \cdot b \cdot H^{\frac{3}{2}} \quad (1.17)$$

Poleni

$$Q = \frac{2}{3} \mu_P \cdot \varphi_P \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{\frac{3}{2}} \quad (1.18)$$

$$Q = C_h \cdot \varphi_P \cdot b \cdot h^{\frac{3}{2}} \quad (1.19)$$

Die Verhältnisse beim Wechsel vom vollkommenen zum unvollkommenen Überfall sollen noch einmal erläutert werden. Steigt bei konstantem Q , zum Beispiel bei Laborversuchen, das Unterwasser durch Rückstau an, so wird bei Erreichen eines bestimmten Unterwasserstandes auch das Oberwasser beeinflusst. Es kann nicht mehr ungestört abfließen, sondern wird durch die konkreten Bedingungen des Unterwassers gesteuert, also verändert. Dadurch kommt es zum Ansteigen von h auf h' , wie in der Abbildung 1-4 dargestellt. Der Überfall wird jetzt als unvollkommen bezeichnet.

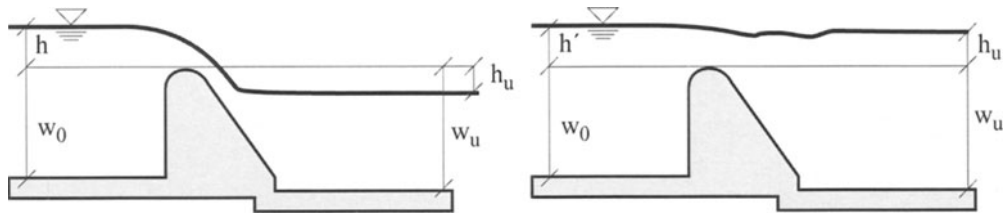


Abbildung 1-4: Vollkommener und unvollkommener Überfall bei konstantem Q

Für den vollkommenen Überfall gilt die Poleni-Gleichung.

$$Q = C_h \cdot b \cdot h^{\frac{3}{2}}$$

Beim unvollkommenen Überfall ist bei konstantem Q nach Abbildung 1-4 $h' > h$ und somit auch $C'_h > C_h$. Rechnerisch ergäbe sich nach der Poleni-Gleichung ein zu großer Abfluss. Da dieser aber konstant ist, muss mit einem Faktor φ multipliziert werden, der kleiner als 1 ist.

$$Q = \varphi \cdot C'_h \cdot b \cdot h'^{\frac{3}{2}}$$

Beide Abflüsse sind aber gleich, so dass φ experimentell über Gleichung (1.20) bestimmt werden kann.

$$\varphi = \left(\frac{h}{h'} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{C_h}{C'_h} \quad (1.20)$$

C_h und C'_h sind immer die dazugehörigen Überfallbeiwerte für den vollkommenen Überfall. Für den Abminderungsfaktor φ ergeben sich die folgenden dimensionsanalytischen Abhängigkeiten.

$$\varphi_{dB} = f\left(\frac{h_u}{H}; \frac{w_u}{H}\right) = f\left(\frac{h_u}{H}; \frac{h_u}{h_u + w_u}\right) \quad (1.21)$$

$$\varphi_P = f\left(\frac{h_u}{h}; \frac{h_u}{h_u + w_u}\right) = f\left(\frac{h_u}{h}; \frac{w_u}{h}\right) \quad (1.22)$$

Der Beginn des unvollkommenen Überfalles ist für jede Überfallwassermenge gesondert festgelegt und wird durch die Kurve $\varphi = 1$ beschrieben. Hier ist die Grenze zwischen vollkommenem und unvollkommenem Überfall.

1.3 Übersicht der Wehre

Um einen Überblick über die Wehrformen zu geben, sind die nachfolgenden Übersichten zusammengestellt.

Tabelle 1-5: Scharfkantige Wehre

Wehrform	grafische Darstellung
Scharfkantig senkrecht ohne Seiteneinengung	
Scharfkantig geneigt ohne Seiteneinengung	
Scharfkantig senkrecht, rechteckig eingengt	
Scharfkantig senkrecht, dreieckförmig eingengt	
Scharfkantig senkrecht, parabelförmig eingengt	
Scharfkantig senkrecht, kreisförmig eingengt	

Tabelle 1-6: Schmalkronige Wehre

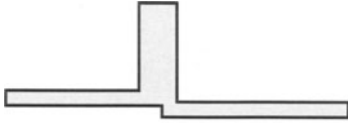


Wehrform	grafische Darstellung
Schmalkronig scharfkantig	
Schmalkronig angerundet	
Schmalkronig angephast	

Tabelle 1-7: Breitkronige Wehre




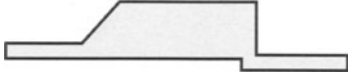
Wehrform	grafische Darstellung
Breitkronig scharfkantig	
Breitkronig angerundet	
Breitkronig angephast	
Breitkronig angeschrägt	

Tabelle 1-8: Rundkronige Wehre

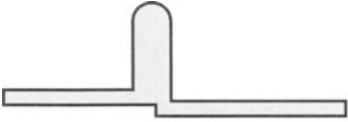


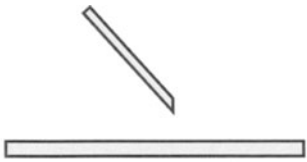

Wehrform	grafische Darstellung
Halbkreisförmiges Wehr mit senkrechten Wänden	
Rundkroniges Wehr mit Ausrundungsradius und Schussrücken	
Standardprofil für den Entwurfsfall- druckfrei	

Tabelle 1-9: Weitere Wehrformen

Wehrform	grafische Darstellung
Unterströmte Wehre (Schütze)	
Schachtüberfall	
Heberwehr	