

Heinz Patt  
Jürg Speerli  
Peter Gonsowski

# Wasserbau

Grundlagen, Gestaltung von  
wasserbaulichen Bauwerken und Anlagen

*8. Auflage*

---

Heinz Patt · Jürg Speerli · Peter Gonsowski

# Wasserbau

Grundlagen, Gestaltung von  
wasserbaulichen Bauwerken  
und Anlagen

8., vollst. überarb. Aufl. 2021

Begründet von Daniel Vischer und Andreas Huber

 Springer Vieweg

Heinz Patt  
Bonn, Nordrhein-Westfalen  
Deutschland

Peter Gonsowski  
Fischingen, Baden-Württemberg  
Deutschland

Jürg Speerli  
Einsiedeln, Schwyz  
Schweiz

ISBN 978-3-658-30550-5      ISBN 978-3-658-30551-2 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-30551-2>

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

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 1978, 1979, 1982, 1985, 1993, 2002, 2011, 2021  
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.  
Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.  
Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Lektorat: Dr. Daniel Fröhlich  
Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.  
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

## Vorwort zur 8. Auflage

Die Erstausgabe dieses Lehrbuchs wurde im Jahre 1977 von Professor Dr.-Ing. Dr. h.c. Daniel Vischer und Dr. sc. techn. Andreas Huber veröffentlicht. Generationen von Studenten des Wasserbaus haben den „Vischer/Huber“ als Lehr- und Nachschlagewerk genutzt und über die Jahre zu „dem“ Standardwerk des konstruktiven Wasserbaus gemacht.

Als wir im Jahre 2009, also nach mehr als 30 Jahren und sechs Auflagen des Buchs, von den Altautoren gefragt wurden, ob wir die Autorenschaft für dieses erfolgreiche Buch übernehmen würden, waren wir schnell einverstanden. Professor Dr.-Ing. Peter Gonsowski ist als Autor ausgeschieden, steht uns aber immer noch mit Rat und Tat zur Seite. – Ab dieser 8. ten Auflage verstärkt Dr. Jürg Speerli das Autorenteam. – Herzlich willkommen!

In den traditionellen Disziplinen des Bauingenieurwesens, dazu zählt natürlich auch der Wasserbau, hat es in den letzten Jahrzehnten viele Veränderungen gegeben, die wir als Wasserbauer heute in jedem Planungsprozess berücksichtigen müssen. Die EG-Wasserrahmenrichtlinie hat sehr dazu beigetragen, dass u. a. der Flussbau und die Fließgewässer- und Auenentwicklung nicht nur ingenieurtechnische Maßnahmen beinhaltet, sondern auch ökologische Überlegungen angestellt werden müssen. Bei den Wasserkraftanlagen stehen nicht allein der Wirkungsgrad einer Anlage im Mittelpunkt, sondern auch die ökologischen Auswirkungen.

Die EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie berücksichtigt, neben technischen Hochwasserschutzmaßnahmen und Risikobetrachtungen, u. a. den Wasserrückhalt in den natürlichen Überschwemmungsgebieten, die Reduzierung der Abflussspitzen durch naturnahe Baumethoden sowie die Anpassung der Gewässerunterhaltung an die ökologischen Zielsetzungen der Wasserrahmenrichtlinie.

Ein Buch kann die Vielfalt der Aufgaben eines Wasserbauers nur eingeschränkt beschreiben. Viele Themen werden bestenfalls angesprochen und erfordern oft eine detaillierte Betrachtung unter Hinzuziehung entsprechender Spezialisten. Dieses Expertenwissen und die damit verbundenen praktischen Erfahrungen sind ein wesentliches Element für den erfolgreichen Abschluss eines Projekts. Die zukunftsorientierte Pflege und Weitergabe dieses Wissens ist ein Muss für die Lehrenden an einer Universität oder Hochschule. Dazu soll dieses Buch einen Beitrag leisten.

Für ihre Mitwirkung bei der Realisierung dieser 8. ten Auflage möchten wir insbesondere den beiden Mitautoren, Ltd. Baudirektor Dipl.-Ing. Ulrich Fitzthum vom Wasserwirtschaftsamt Nürnberg (Kap. 7 – Landwirtschaftlicher Wasserbau) und Herrn Universitätsprofessor Dr.-Ing. Jürgen Stamm von der Technischen Universität Dresden (Kap. 8 – Verkehrswasserbau, Schifffahrt) ganz herzlich danken. Frau Manuela Helmcke vom Umweltbundesamt (UBA) berichtet in Abschn. 7.3 über die aktuelle Entwicklung bei der Wiederverwendung (Reuse) von Wasser für die Bewässerung von landwirtschaftlichen Flächen. – Besten Dank!

Bonn und Einsiedeln  
im April 2021

Heinz Patt  
Jürg Speerli

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	1
1.1	Zielsetzungen des Wasserbaus .....	1
1.2	Teilgebiete des Wasserbaus .....	3
1.3	Inhalte des vorliegenden Buchs .....	3
	Literatur .....	6
<b>2</b>	<b>Hydrologische Grundlagen</b> .....	7
2.1	Wasservorräte der Erde .....	7
2.2	Wasserhaushaltsgleichung .....	8
2.3	Abflusskoeffizient .....	10
2.4	Einzugsgebiet .....	11
2.5	Niederschlag .....	12
	2.5.1 Niederschlagsmessung .....	12
	2.5.2 Auswertung von Niederschlagsmessungen .....	14
2.6	Verdunstung .....	18
	2.6.1 Verdunstungsbecken .....	18
	2.6.2 Versickerungsmesser – Lysimeter .....	19
2.7	Rückhalt .....	21
	2.7.1 Rückhalt in der Schneedecke .....	21
	2.7.2 Rückhalt in Gletschern .....	21
	2.7.3 Rückhalt auf Böden und Pflanzen .....	22
	2.7.4 Rückhalt in Oberflächengewässern .....	22
	2.7.5 Rückhalt im Grundwasserleiter .....	22
2.8	Abfluss .....	23
2.9	Hydrometrie – Vermessung von Gewässern .....	25
	2.9.1 Fließgewässer .....	25
	2.9.2 Stehende Gewässer .....	26
	2.9.3 Grundwasser .....	27

2.10	Wasserstandsmessungen (Pegelmessungen) . . . . .	27
2.10.1	Wasserstände in Oberflächengewässern. . . . .	27
2.10.2	Unterirdisches Wasser – Messung von Grundwasserständen und -spiegeln . . . . .	29
2.11	Abflussermittlung. . . . .	30
2.11.1	Wasserstand und Abfluss . . . . .	30
2.11.2	Fließgeschwindigkeitsmessung und Abfluss . . . . .	33
2.11.3	Anwendungsbereiche. . . . .	39
2.12	Durchflussmessung . . . . .	40
2.12.1	Messung eines Druckunterschieds. . . . .	40
2.12.2	Messung des Strömungswiderstands eines beweglichen Körpers. . . . .	42
2.12.3	Magnetisch-induktive Durchflussmessung . . . . .	44
2.13	Auswertung von Wasserstands- und Abflussmessungen . . . . .	45
2.13.1	Ganglinie . . . . .	45
2.13.2	Dauerlinie. . . . .	46
2.13.3	Summenkurve der Zuflüsse . . . . .	47
2.14	Abflussmessnetz. . . . .	48
2.15	Übertragung von Abflussmessungen auf andere Orte . . . . .	49
2.15.1	Übertragung der Messwerte in Funktion der Einzugsgebietsfläche . . . . .	50
2.15.2	Übertragung der Messwerte durch Korrelation . . . . .	52
2.16	Abschätzung der Hochwasserspitzen. . . . .	53
2.16.1	Abhängigkeit der Hochwasserspitze von der Einzugsgebietsfläche . . . . .	53
2.16.2	Empirische Hochwasserformeln . . . . .	56
2.16.3	Fließzeitformel. . . . .	57
2.16.4	Zusammenhang zwischen einer empirischen Hochwasserformel und der Fließzeitformel. . . . .	61
2.16.5	Hochwasserjährlichkeiten . . . . .	61
	Literatur. . . . .	64
<b>3</b>	<b>Feststofftransport, Gewässerbettdynamik und Fließgewässertypologie . . . . .</b>	<b>67</b>
3.1	Feststofftransport . . . . .	67
3.1.1	Theorie der Feststoffbewegung . . . . .	68
3.1.2	Transportformen. . . . .	69
3.1.3	Schubspannungen. . . . .	75
3.1.4	Begriffe zum Geschiebetransport. . . . .	77
3.1.5	Transportbeginn . . . . .	77
3.1.6	Geschiebemessung. . . . .	82
3.1.7	Dynamik der Gewässersohle . . . . .	84
3.2	Fließgewässertypologie . . . . .	86

3.2.1	Charakteristische Merkmale . . . . .	87
3.2.2	Fließgewässerlandschaften, Fließgewässertypen. . . . .	92
3.2.3	Gewässerstrukturkartierung . . . . .	95
	Literatur. . . . .	99
<b>4</b>	<b>Ausbaumethoden und Anlagen im Flussbau . . . . .</b>	<b>105</b>
4.1	Ausbaumethoden . . . . .	106
4.1.1	Bauweisen . . . . .	107
4.1.2	Schutz der Gewässersohle . . . . .	107
4.1.3	Sohlenbauwerke. . . . .	108
4.1.4	Buhnen, Leitwerke. . . . .	113
4.1.5	Uferböschungen. . . . .	115
4.1.6	Ufermauern und alternative platzsparende Lösungen . . . . .	120
4.1.7	Wildbachverbauung . . . . .	120
4.2	Wehre. . . . .	140
4.2.1	Feste Wehre . . . . .	140
4.2.2	Bewegliche Wehre . . . . .	152
4.2.3	Schützentypen . . . . .	153
4.2.4	Dichtungsschirme. . . . .	166
4.2.5	Stabilität des Wehrkörpers. . . . .	169
4.3	Fischwanderhilfen – Fischpässe . . . . .	174
4.3.1	Beckenpässe. . . . .	175
4.3.2	Rampen, Gleiten. . . . .	176
4.3.3	Aal-Leitern. . . . .	177
4.3.4	Umleitungsbäche . . . . .	177
4.3.5	Der Einstieg zum Fischpass. . . . .	178
4.3.6	Funktionsprüfung. . . . .	178
	Literatur. . . . .	181
<b>5</b>	<b>Technischer Hochwasserschutz . . . . .</b>	<b>189</b>
5.1	Leben mit hohen Abflüssen – Hochwasser . . . . .	189
5.2	LAWA-Leitlinien Hochwasserschutz. . . . .	190
5.3	Risikoanalyse, Hochwasserschadenspotenziale. . . . .	191
5.4	Strategien und Maßnahmen . . . . .	191
5.4.1	Übersicht . . . . .	193
5.4.2	Technischer Hochwasserrückhalt. . . . .	196
5.4.3	Gerinneausbau . . . . .	205
5.4.4	Gerinneentlastungen. . . . .	208
	Literatur. . . . .	210

<b>6</b>	<b>Wasserkraftnutzung</b>	213
6.1	Das Prinzip der Wasserkraftnutzung	213
6.2	Anlagentypen	217
6.2.1	Niederdruckanlagen	220
6.2.2	Mittel- und Hochdruckanlagen	222
6.2.3	Pumpspeicherwerke	227
6.3	Wasserfassungen	232
6.3.1	Fassbare Wasserabflüsse	232
6.3.2	Fluss- oder Bachwasserfassungen	236
6.3.3	Geschiebeabweisung und -spülung	242
6.3.4	Schwebstoffverminderung durch Entsander	245
6.3.5	Geschwemmselbeseitigung	253
6.3.6	Eisprobleme	258
6.3.7	Seewasserfassungen	259
6.4	Kanäle	264
6.4.1	Offene Kanäle	264
6.4.2	Geschlossene Kanäle und Freilaufstollen	287
6.4.3	Sonderbauwerke	296
6.5	Speicher	301
6.5.1	Speicherbemessung	301
6.5.2	Stauseen	308
6.5.3	Künstliche Becken	320
6.6	Druckleitungen	321
6.6.1	Hydraulische Bemessung	321
6.6.2	Wirtschaftliche Bemessung	325
6.6.3	Druckstöße	330
6.6.4	Bemessungsdrücke	339
6.6.5	Rohre	344
6.6.6	Druckstollen und Druckschächte	354
6.6.7	Ausrüstung der Druckleitungen	359
6.7	Turbinen	361
6.7.1	Konstruktive Merkmale	361
6.7.2	Allgemeine Anordnung und Regulierung	365
6.7.3	Leistungsabgabe	368
6.8	Pumpen	369
6.8.1	Kreiselpumpen (Turbopumpen)	369
6.8.2	Schneckenpumpen	385
6.8.3	Kolbenpumpen	386
	Literatur	387

<b>7</b>	<b>Landwirtschaftlicher Wasserbau</b>	391
7.1	Bewässerung	391
7.1.1	Stauverfahren	392
7.1.2	Rieselfverfahren	395
7.1.3	Leitungsgebundene Bewässerungsverfahren	395
7.1.4	Unterflurbewässerung	401
7.2	Entwässerung	402
7.2.1	Ziel der Entwässerung – Dränung	402
7.2.2	Grabenentwässerung und Dränung	404
7.2.3	Grabenentwässerung	406
7.2.4	Dränung	409
7.3	Wasser Re-Use bei der Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen – Aktuelle Entwicklungen	417
	Literatur	417
<b>8</b>	<b>Verkehrswasserbau, Schifffahrt</b>	419
8.1	Entwicklung der Schifffahrt	419
8.2	Das schiffsinduzierte Strömungs- und Wellensystem	424
8.3	Wasserstraßenklassifizierung und Regelschiffe	429
8.4	Das Schiff im Fahrwasser	432
8.4.1	Geradeausfahrt	433
8.4.2	Kurvenfahrt	435
8.4.3	Fahrt am Ufer, Begegnen, Überholen	437
8.4.4	Fahrwasser und Fahrrinne	438
8.5	Wasserstraßen	440
8.5.1	Natürliche Gewässer mit Flussregelung	440
8.5.2	Stauregelung zur Schiffbarmachung	442
8.5.3	Schifffahrtskanäle – Künstliche Wasserstraßen	444
8.6	Hafenanlagen	448
8.7	Schleusen und Hebewerke	451
8.7.1	Typisierung von Schleusen	451
8.7.2	Typisierung von Schiffshebewerken	453
8.7.3	Schleusung	456
8.7.4	Füllung und Entleerung	456
8.7.5	Schleusentore	460
8.8	Kleinschifffahrt – Sportschifffahrt	462
	Literatur	464
	<b>Stichwortverzeichnis</b>	465

## Symbolverzeichnis

Symbol	Einheit	Bedeutung
A	mm	Abfluss
$A_o; A_u$	mm	Abfluss oberirdisch; Abfluss unterirdisch
A	m <sup>2</sup>	Fläche, Fließquerschnitt
A	m <sup>2</sup>	Spiegelfläche in der Schleusenkammer
A	N	hydrostatischer Auftrieb
$A_i$	m <sup>2</sup>	Teilquerschnitt
$A_o; A_u$	m <sup>2</sup>	Flächen in Kontrollquerschnitten
$A_{opt}$	m <sup>2</sup>	optimaler Kanalquerschnitt
$A_P$	m <sup>2</sup>	angeströmte Fläche eines Pflanzenelements
$A_Q$	Nm	Schwereenergie
$A_R$	m <sup>2</sup>	Querschnittsfläche Rohr
$A_1; A_2$	m <sup>2</sup>	Querschnittsfläche Profile 1 und 2
a	m	Auftriebsdruckhöhe (Wassersäule)
a	m/s	Druckstoßgeschwindigkeit
$a_x$	m	Abstand der Pflanzenelemente – longitudinal
$a_y$	m	Abstand der Pflanzenelemente – horizontal
$a_z$	m	Abstand der Pflanzenelemente – vertikal
B	Volt · s/m <sup>2</sup>	Magnetische Flussdichte [in Tesla]
B	–	Bewuchsparameter
B	m	Breite
b	m	Breite quer zur Fließrichtung (z. B. Sohlenbreite)
$b_s$	m	transportwirksame Breite des Fließquerschnitts
C	–	Formkonstante bei Messquerschnitten
$C_{wr}$	–	Widerstandszahl einer Pflanzengruppe
$C_D$	–	Widerstandszahl des Korns (Formbeiwert)
c	–	Bewuchsparameter
$c_A$	–	Beiwert für die Adhäsion (für natürliche Sande $c_A = 1$ )

Symbol	Einheit	Bedeutung
D	m	Durchmesser
D <sub>a</sub>	m	Außendurchmesser
D <sub>65</sub>	m	Durchmesser von Steinen(65-Prozent-Siebdurchgang)
D*	–	sedimentologischer Durchmesser
D; d	m	Korndurchmesser
D	m <sup>3</sup>	Wassermengendifferenz (Speicherplanung)
D <sub>i</sub>	m	Innendurchmesser
d <sub>B</sub>	m	Durchmesser des Bemessungskorns
d <sub>erf</sub>	m	erforderliche Blockgröße
d <sub>J</sub>	m <sup>3</sup>	Änderung des Speichervolumens
d <sub>p</sub>	m	Durchmesser eines Pflanzenelements
dt	s	Zeitänderung
d <sub>ch</sub>	m	charakteristischer Korndurchmesser
d <sub>hy</sub>	m	hydraulischer Durchmesser
d <sub>m</sub>	m	mittlerer Korndurchmesser
dz	m	Höhenänderung
d <sub>50</sub> , d <sub>90</sub> , d <sub>95</sub>	mm, m	Korndurchmesser bei 50-Prozent-Siebdurchgang bzw. 95-Gewichtsprozenten
E	m <sup>2</sup> , ha, km <sup>2</sup>	Größe des Einzugsgebiets
E	Wh	Energie
E	N/m <sup>2</sup>	Erddruck
E	N/m <sup>2</sup>	Elastizitätsmodul
E <sub>a</sub>	N/m'	aktiver Erddruck
E <sub>F</sub>	N/m <sup>2</sup>	Elastizitätsmodul Fels
E <sub>p</sub>	N/m <sup>2</sup>	Widerstand der Talflanke; passiver Erddruck
E <sub>p</sub>	Wh	erforderliche Pumpenenergie
E <sub>R</sub>	N/m <sup>2</sup>	Elastizitätsmodul des Rohrs
E <sub>T</sub>	Wh	Energieproduktion der Turbine
E <sub>w</sub>	N/m <sup>2</sup>	Elastizitätsmodul des Wassers
F	m <sup>2</sup>	Fließquerschnitt
F	mm <sup>2</sup>	Auffangfläche im Pluviograf
F	m <sup>2</sup>	Austrittsquerschnitt der Füllleitung
F	m <sup>2</sup>	Querschnittsfläche
F	N/m <sup>2</sup>	Bruchlast
F <sub>K</sub>	m <sup>2</sup>	benetzter Querschnitt des Fahrwassers
F <sub>s</sub>	m <sup>2</sup>	transportwirksamer Anteil des Fließquerschnitts
F <sub>s</sub>	m <sup>2</sup>	eingetauchter Schiffsquerschnitt
F <sub>S</sub>	N/m	versuchsbedingte Bruchlast
Fr	–	Froude-Zahl
Fr*	–	Feststoff Froude-Zahl
f	–	Formbeiwert im Widerstandsgesetz
f	m	Freibordhöhe

Symbol	Einheit	Bedeutung
G*	–	Feststofftransportzahl
G	m <sup>3</sup> ; kg	Geschiebe
G	kg	Gewicht
G <sub>e</sub>	N/m	Erdauflast
G <sub>F</sub>	kg/s	gefasstes Geschiebe
G <sub>v</sub>	N/m	Verkehrslasten
G <sub>w</sub>	N/m	Wassergewicht
G <sub>S</sub>	kg/s	Geschiebeführung; Abtrag
G <sub>SO</sub>	kg/s	Geschiebeführung; Eintrag
G <sub>S</sub>	t	Steingewicht
g	m/s <sup>2</sup>	Erdbeschleunigung (g = 9,81 m/s <sup>2</sup> )
H	m	Spiegeldifferenz oder Fallhöhe
H	m	geodätische Förderhöhe
H <sub>B</sub>	m	Überfallhöhe
H <sub>geo</sub>	m	Geodätische Förderhöhe
H <sub>N</sub>	m	Nutz- oder Nettofallhöhe
H <sub>u</sub>	m	spezifische Energie im Unterwasser
H <sub>p</sub>	m	Förderhöhe
H <sub>PO</sub>	m	Nullförderhöhe
HHQ	m <sup>3</sup> /s	höchster gemessener Hochwasserabfluss
HQ	m <sup>3</sup> /s	Hochwasser
HQ <sub>Grenz</sub>	m <sup>3</sup> /s	Grenzhochwasser
HW	m	Hochwasser, Hochwasserstand
h <sub>A</sub>	mm	Abflusshöhe
h <sub>B</sub>	m	Bemessungstiefe
h	m	Wassertiefe
h <sub>E</sub>	m	Energiehöhe
h <sub>gr</sub>	m	Grenztiefe
h <sub>k</sub>	m	Wasserstand über der Rampenkronen in Rampenachse
h <sub>kr</sub>	m	kritische Wassertiefe
h <sub>max</sub>	m	Wasserstand über dem Böschungsfuß
h <sub>max</sub>	m	Wassersäule oder Innendruckhöhe
h <sub>N</sub>	mm	Niederschlagshöhe
h <sub>N</sub>	m	Normalabflusstiefe
h <sub>o</sub>	m	Fließtiefe im Oberwasser (ohne Einstau)
h <sub>R</sub>	mm	Rückhalt, Retention, Speicherung
h <sub>u</sub>	m	Fließtiefe im Unterwasser (UW)
h <sub>ü</sub>	m	Überfallhöhe
h <sub>v</sub>	mm	Verdunstungshöhe
h <sub>v</sub>	m	Verlusthöhe
h <sub>vB</sub>	m	Gesamtverlusthöhe
h <sub>vD</sub>	m	Verlusthöhe in der Druckleitung
h <sub>vP</sub>	m	Druckverlusthöhe im Pumpbetrieb
h <sub>vR</sub>	m	Reibungsverlusthöhe
h <sub>vS</sub>	m	Verlusthöhe in der Saugleitung
h <sub>vT</sub>	m	Druckverlusthöhe im Turbinenbetrieb
h <sub>w</sub>	m	maximale Wellenhöhe oder Schwallhöhe

Symbol	Einheit	Bedeutung
$i_N$	mm/h	Niederschlagsintensität
$i_s$	1/s	Schalzhäufigkeit (Schaltfrequenz)
J	–	Neigung, Gefälle
J	–	Reibungsgefälle
J	m <sup>3</sup>	Speicherinhalt
$J_{Gr}$	–	Grenzgefälle
$J_e, J_E$	–	Energieliniengefälle
$J_S$	–	Sohlenneigung, Sohlengefälle
$J_N$	–	Grenzwert des Zwischengefalles
$J_W$	–	Wasserspiegelgefälle
K	kg	Masse eines Stoffs (z. B. Salz)
K	N	Kraft
K	Währung	Kosten
$K_D$	N	Druckkraft in Muffe
$K_R$	N	hydraulische Reibungskraft
$K_v$	N	Längskraft
k	mg/l	Salzkonzentration
k	m	Rauheitsmasse
$k_d$	N/m	Anpresskraft pro Meter
$k_r$	m <sup>1/3</sup> /s	Kornrauheit nach Meyer-Peter u. Müller
$k_s$	m	äquivalente Sandrauheit
$k_T$	m	äquivalente Sandrauheit der Trennfläche
$k_{Str}; k$	m <sup>1/3</sup> /s	Manning-Strickler-Beiwert
L; l	m	Länge des Wasserkörpers oder Leitungslänge
L	m	Dränabstand
$L_K$	m	Keillänge (Druckstoß)
l	m	Schwalllänge
$l_F$	m	Flusslänge
$l_M$	m	Mäanderlänge
$l_T$	m	Tallänge
$l_u$	m	benetzter Umfang
$l_{u,F}$	m	benetzter Umfang – Flussbett; Hauptgerinne
$l_{u,V}$	m	benetzter Umfang – Vorland
$l_{ü}$	m	Länge Überfallkante (Streichwehr)
M	–	Böschungneigung (1:m)
MQ	m <sup>3</sup> /s	mittlerer Abfluss
m	–	Einbauziffer
1:m	–	Böschungneigung

Symbol	Einheit	Bedeutung
$m_F$	kg/(s · m)	Feststofftrieb
	kg/s	Feststofftransport
$m_G$	kg/(s · m)	Geschiebetrieb
	kg/s	Geschiebetransport
$m_{Gf}$	t	Geschiebefracht
$m_{sf}$	t	Schwebstofffracht
N	N	Vertikal wirkende Normalkraft
N	m <sup>3</sup>	Niederschlag
N	W	hydromechanische Leistung
$N_B$	W	verbrauchte hydromechanische Leistung
$N_G$	W	Generatorleistung
$N_{KW}$	W	Kraftwerksleistung
NNQ	m <sup>3</sup> /s	niedrigster gemessener Abfluss
NQ	m <sup>3</sup> /s	Niedrigwasserabfluss
$N_Q$	W	hydraulische Nutz- oder Förderleistung
$N_M$	W	Motoren- oder Antriebsleistung
$N_P$	W	Pumpenleistung (Leistungsaufnahme)
$N_T$	W	Turbinenleistung (Leistungsabgabe)
$N_{Trafo}$	W	Transformatorleistung
$N_v$	W	Verlustleistung
$N_{v1}$	W	Verlustleistung nicht gefasstem Wasserabfluss
$N_{v2}$	W	Verlustleistung in Triebwasserleitungen und –kanälen
n	1/s	Sicherheitsfaktor für kritischen Beuldruck
$n_{syn}$	1/s	Synchrondrehzahl
o		oben
p	–	empirische Überschreitungswahrscheinlichkeit
p	N/m <sup>2</sup> ; Pa	Druck
$p'$	N/m <sup>2</sup> ; Pa	Absolute Drücke
$p'_A$	N/m <sup>2</sup> ; Pa	Atmosphärendruck
$p_a$	N/m <sup>2</sup> ; Pa	Außen-Überdruck oder Außendruck
$p_{a,kr}$	N/m <sup>2</sup> ; Pa	Kritischer Beuldruck
$p'_D$	N/m <sup>2</sup> ; Pa	Dampfdruck
$p_i$	N/m <sup>2</sup> ; Pa	Innen-Überdruck oder Innendruck
$p'_i$	N/m <sup>2</sup> ; Pa	Absoluter Innendruck
$p'_K$	N/m <sup>2</sup> ; Pa	Absoluter Druck im kritischen Punkt zur Kavitation

Symbol	Einheit	Bedeutung
Q	m <sup>3</sup> /s	Abfluss; Durchfluss
Q <sub>A</sub> ; Q <sub>a</sub>	m <sup>3</sup> /s	Abfluss
Q <sub>B</sub>	m <sup>3</sup> /s	Bemessungsdurchfluss
Q <sub>F</sub>	m <sup>3</sup> /s	fassbarer Abfluss bzw. gefasster Abfluss
Q <sub>Gr</sub>	m <sup>3</sup> /s	Grenzabfluss
Q <sub>L</sub>	m <sup>3</sup> /s	Förderstrom bei leerem Speicher
Q <sub>N</sub>	m <sup>3</sup> /s	genutzter bzw. nutzbarer Abfluss
Q <sub>o</sub>	m <sup>3</sup> /s	Abfluss Oberwasser
Q <sub>s</sub>	m <sup>3</sup> /s	Transportwirksamer Abflussanteil oder Spülwasser
Q <sub>Str</sub>	m <sup>3</sup> /s	Abfluss über die seitliche Überfallkante; Streichwehr
Q <sub>P</sub>	m <sup>3</sup> /s	Pumpendurchfluss; Förderstrom
Q <sub>R</sub>	m <sup>3</sup> /s	Restwassermenge
Q <sub>T</sub>	m <sup>3</sup> /s	Turbinendurchfluss
Q <sub>u</sub>	m <sup>3</sup> /s	Abfluss im Unterwasser
Q <sub>V</sub>	m <sup>3</sup> /s	Förderstrom bei vollem Speicher
Q <sub>w</sub>	m <sup>3</sup> /s	geschiebeführender Abfluss bzw. Wehrdurchfluss
Q <sub>Z</sub> ; Q <sub>z</sub>	m <sup>3</sup> /s	Zufluss
Q <sub>z,eff</sub>	m <sup>3</sup> /(s · m)	effektiver (tatsächlicher) Zufluss
q	m <sup>3</sup> /(s · km <sup>2</sup> )	spezifischer Abfluss im Einzugsgebiet
q	m <sup>3</sup> /(s · m)	spezifischer Abfluss pro 1 m Breite
q <sub>krit</sub>	m <sup>3</sup> /(s · m)	kritischer spezifischer Abfluss
R	m <sup>3</sup>	Rückhalt (Retention, Speicherung)
R	m	hydraulischer Radius
R <sub>s</sub>	m	transportwirksamer Anteil am hydraulischen Radius
r	m	Radius
r <sub>F</sub>	–	Formfaktor für hydraulisch günstige Kanalquerschnitte
r <sub>hy</sub>	m	hydraulischer Radius (r <sub>hy</sub> = A/I <sub>u</sub> )
Re	–	Reynolds-Zahl
Re*	–	Feststoff-Reynolds-Zahl
Re <sub>k</sub>	–	Reynolds-Zahl des Korns
S	N	Stützkraft
S <sub>o</sub>	m	größte Wassertiefe im Kolk, Kolktiefe
s	m	Sicherheitszuschlag bei Wellenbildung
s	–	Sicherheitsquotient aus Bruchlast zu Last
s	m	Wandstärke bei Rohrleitungen
T; T <sub>R</sub>	min, h, d	Dauer des Niederschlages
T; t	s, min	Zeit (u. a. Füllzeit)
T <sub>ö</sub>	s	Öffnungszeit eines Schiebers
T <sub>SB</sub>	s	Absinkzeit
T <sub>s</sub>	s	Schließzeit eines Schiebers
t	m	Stärke eines Belags
t	m	Überlagerungshöhe, Gebirgsdruckhöhe
t <sub>Max</sub>	s	Zeit bis zum größten positiven Maximum (Speicher)
t <sub>p</sub>	s	Pumpzeit
t <sub>s</sub>	s	Schaltfolge

Symbol	Einheit	Bedeutung
U	Volt	gemessene Spannung
U	m	benetzter Umfang
U	N	Umlenkkraft
u	m/s	tangentiale Geschwindigkeit des Turbinenlaufrads
V	m <sup>3</sup>	Verdunstung
V	m <sup>3</sup>	Wassermenge oder -volumen
V <sub>a</sub>	m <sup>3</sup>	Summe der Abflüsse
V <sub>P</sub>	m <sup>3</sup>	gepumpte Wassermenge
V <sub>T</sub>	m <sup>3</sup>	turbinierte Wassermenge
V <sub>Z</sub>	m <sup>3</sup>	Summe der Zuflüsse
v	m/s	Fließgeschwindigkeit
v <sub>A</sub>	m/s	Ausbaugeschwindigkeit beim Bemessungsdurchfluss
v <sub>c</sub>	m/s	Fortpflanzungsgeschwindigkeit einer Oberflächenwelle
v <sub>cr</sub>	m/s	kritische Fließgeschwindigkeit
v <sub>E</sub>	m/s	Eintrittsgeschwindigkeit
V <sub>F</sub>	N/m <sup>2</sup>	Verformungsmodul für Fels
v <sub>K</sub>	m/s	Strömungsgeschwindigkeit im kritischen Punkt
v <sub>m,cr</sub>	m/s	kritische mittlere Fließgeschwindigkeit
v <sub>Gr</sub> ; v <sub>gr</sub>	m/s	Grenzgeschwindigkeit
v <sub>m</sub>	m/s	mittlere Fließgeschwindigkeit
v <sub>o</sub> *	m/s	Schubspannungsgeschwindigkeit an der Sohle
v <sub>o</sub>	m/s	Fließgeschwindigkeit im oberen Kontrollquerschnitt
v <sub>R</sub>	m/s	örtliche Fließgeschwindigkeit beim Druckstoß
v <sub>u</sub>	m/s	Fließgeschwindigkeit im unteren Kontrollquerschnitt
W	N	Strömungswiderstand oder Strömungskraft
W	N/m <sup>2</sup>	Wasserdruck
W <sub>o</sub>	N/m <sup>2</sup>	Oberwasserdruck
W <sub>u</sub>	N/m <sup>2</sup>	Unterwasserdruck
w	m/s	Stauschwallgeschwindigkeit
w	mm/s	Feststoffsinkgeschwindigkeit (in fließendem Wasser)
w	m/s	absolute Schwallgeschwindigkeit
w	a	empirische Jährlichkeit
w <sub>B</sub>	mm/s	mittlere Sinkgeschwindigkeit des Bemessungskorns
w <sub>0B</sub>	mm/s	d <sub>B</sub> wirksamen Rauem
w <sub>0</sub>	mm/s	mittlere Sinkgeschwindigkeit des Bemessungskorns d <sub>B</sub> im ruhenden Wasser
		Sinkgeschwindigkeit eines Korns in ruhendem Wasser
x	m	Koordinate in Fließrichtung (longitudinal)
y	m	Koordinate quer zur Fließrichtung (horizontal)
z	mm	Anstieg des Wasserspiegels im Pluviograf
z	m	Koordinate senkrecht zur Fließrichtung (vertikal)
z	m	Spiegelkote
z <sub>o</sub> , z <sub>u</sub>	m	geodätische Höhe in den Kontrollquerschnitten (u. a. Sohlenhöhe)
z <sub>zul</sub>	m	zulässige Höhe über der relativen Drucklinie

Griechische Symbole:

Symbol	Einheit	Bedeutung
$\alpha$	–	Abflusskoeffizient
$\alpha$	–	Abminderungsfaktor nach Mosonyi
$\alpha$	°	Winkel in Grad
$\alpha_s$	–	Scheitelabflusskoeffizient
$\beta$	°	Winkel in Grad
$\delta$	°	Wandreibungswinkel in Funktion vom inneren Reibungswinkel $\varphi'$ in Grad
$\eta$	–	Wirkungsgrad
$\eta_G$	–	Wirkungsgrad des Generators
$\eta_{KW}$	–	Kraftwerkswirkungsgrad
$\eta_M$	–	Wirkungsgrad des Motors
$\eta_P$	–	Wirkungsgrad der Pumpe
$\eta_{PSW}$	–	Anlagewirkungsgrad
$\eta_T$	–	Wirkungsgrad der Turbine
$\eta_{Trafo}$	–	Wirkungsgrad des Transformators
$\kappa_\beta$	–	Abminderungsfaktor
$\kappa$	–	Faktor zur Berücksichtigung des Anströmwinkels $\delta$
$\kappa_{90}$	–	Abminderungsfaktor für senkrechte Grabenwände
$\lambda$	–	Konzentrationsfaktor im Grabenbau
$\lambda$	–	Faktor für Lastanteil im Stollenbau
$\lambda$	–	Widerstandsbeiwert im universellen Fließgesetz
$\lambda_P$	–	Widerstandsbeiwert des Pflanzenkollektivs
$\lambda_T$	–	Widerstandsbeiwert für die Trennflächen
$\mu$	–	Überfallbeiwert ( $\approx 0.75$ )
$\mu$	–	Kontraktionsbeiwert des Austrittsstrahls
$\nu$	$m^2/s$	kinetische Zähigkeit bzw. Viskosität
$\nu$	–	Querdehnungszahl
$\nu_F$	–	Querdehnungszahl von Fels
$\xi$	–	Verlustbeiwert örtlicher Strömungsverluste
$\xi_r$	–	Verlustbeiwert Geschwemmselrechen
$\xi$	–	Beiwert der hydraulischen Verluste in der Füllleitung
$\rho$	$kg/m^3$	Dichte des Wassers
$\rho_B$	$kg/m^3$	Dichte des Belagmaterials
$\rho_e$	$kg/m^3$	Dichte des Füllmaterials bzw. Erdmaterials
$\rho_F$	$kg/m^3$	Felsdichte
$\rho_s$	$kg/m^3$	Korndichte bzw. Dichte des Feststoffs
$\sigma_g$	$N/m^2$	Vergleichsspannung für räumlichen Spannungszustand
$\sigma_l$	$N/m^2$	Längsspannung
$\sigma_r$	$N/m^2$	Radialspannung
$\sigma_t$	$N/m^2$	Tangentialspannung
$\tau_{Gr}$	$N/m^2$	Grenzspannung, kritische Schubspannung
$\tau_R$	$N/m^2$	Schubspannung, Schleppspannung
$\tau_s$	$N/m^2$	Kohäsion Beton/Boden oder Boden/Boden
$\varphi$	–	Formbeiwert für Rechenstäbe nach Kirschmer; Ruhewinkel des Böschungsmaterials
$\varphi'$	–	Schaufelstellung einer Axialpumpe; innerer Reibungswinkel

Symbol	Einheit	Bedeutung
$\omega$	1/s	Winkelgeschwindigkeit
$\Delta$	m	Zeichen für Differenz
$\Delta_l$	m	Längendifferenzen bzw. Rechenschritte
$\Delta_J$	$m^3$	Speicherinhaltsdifferenz oder Massemengendifferenz
$\Delta_p$	$N/m^2$	Druckdifferenz
$\Delta_Q$	$m^3/s$	Abfluss- bzw. Durchflussdifferenz
$\Delta r$	m	Radialverschiebung
$\Delta t$	s	Zeitdifferenz
$\Delta V_R$	$m^3$	Lichttraumerweiterung des Rohrs beim Druckstoß
$\Delta V_w$	$m^3$	Kompression des Wassers beim Druckstoß
$\Delta v$	m/s	Geschwindigkeitsdrosselung oder -differenz
$\Delta v_i$	m/s	Geschwindigkeits-Teildrosselung
$\Delta z$	m	Wasserspiegeldifferenz auf der Fließlänge L
$\Delta z_r$	m	Wasserspiegeldifferenz durch Rechenverlust

## Zusammenfassung

Wasserwirtschaft und Wasserbau sind eng miteinander verknüpft. Die Wasserwirtschaft liefert die Bemessungsgrößen, nach denen wasserbauliche Anlagen bzw. Gestaltungen geplant und ausgeführt werden. Der Wasserbau ist also die Umsetzung des wasserwirtschaftlich-hydrologischen Zahlenwerks in konkrete technische Maßnahmen vor Ort. Teilgebiete des Wasserbaus sind der konstruktive Wasserbau (u. a. Wasserkraftanlagen, Verkehrswasserbau, Hochwasserschutz und Küstenschutz, Anlagen der Wasserversorgung, der Bewässerung und der Abwasserentsorgung sowie der Flussbau). Mit dem naturnahen Wasserbau hat sich insbesondere im Flussbau sehr viel verändert. Neben den ingenieurtechnischen Aufgaben sind auch ökologische und naturschutzfachliche Anforderungen bei der Herstellung und dem Betrieb von wasserbaulichen Anlagen zu berücksichtigen. Der Klimawandel wird den Wasserbauer mit neuen Herausforderungen konfrontieren.

## 1.1 Zielsetzungen des Wasserbaus

Lange Zeit waren der Bau, die Gestaltung und die Unterhaltung von wasserbaulichen Anlagen überwiegend von Nutzungsansprüchen und Kostenüberlegungen geprägt. Ab den 1980er-Jahren führten jedoch zahlreiche, immer deutlicher erkennbare Umweltsünden und das zunehmende Umweltbewusstsein der Bevölkerung zu einer stetig voranschreitenden Ökologisierung der entsprechenden Fachgesetze (u. a. Wasserhaushaltsgesetz, Bundesnaturschutzgesetz). Mit jeder Novellierung der rechtlichen Grundlagen wurden die Gewässer intensiver als naturschutzfachlich wertvoller Lebensraum wahrgenommen und entsprechend geschützt.

# Wasserbau

Mit dem bewährten Nachschlagewerk für den projektierenden Bauingenieur ist das Basiswissen für den konstruktiven Wasserbau im Binnenland immer zur Hand. Studierende des Bauwesens führt das Buch in die Grundlagen des Wasserbaus und der Wasserwirtschaft ein. Die Ausführungen zum Feststofftransport, zur Gewässerbettdynamik und zur Fließgewässertypologie beschreiben die Entwicklungsdynamik der Fließgewässer und bilden eine wichtige Grundlage für die aktuellen Ausbaumethoden und Anlagengestaltungen im Flusswasserbau. Dazu gehören auch die Gestaltungsmöglichkeiten im Rahmen des Hochwasserschutzes. Weitere Kapitel des Buches widmen sich den Bauwerken und Anlagen des technischen Wasserbaus. Dazu gehören die Wehre und Stauanlagen, die Wasserkraftnutzung mit ihren Nebenanlagen, wie Wasserfassungen, Kanäle, Druckleitungen und Speicher. Den Turbinen und Pumpen sind eigene Abschnitte gewidmet. Des Weiteren behandelt das Buch den landwirtschaftlichen Wasserbau sowie den Verkehrswasserbau.

## Aus dem Inhalt

- Hydrologische Grundlagen
- Feststofftransport, Gewässerbettdynamik und Fließgewässertypologie
- Ausbaumethoden und Anlagen im Flussbau
- Technischer Hochwasserschutz – Bauvorsorge
- Wasserkraftnutzung
- Landwirtschaftlicher Wasserbau
- Verkehrswasserbau

## Die Zielgruppe

Bauingenieure, Umweltingenieure, Wasserbauer, Verkehrswasserbauer, Hydrologen, Kulturtechniker

ISBN 978-3-658-30550-5



9 78 3658 305505

