

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung Hydrologie und Wasserwirtschaft	1
1.1 Begriffe der Hydrologie	1
1.2 Wasserkreislauf und Wasserbilanz	2
1.3 Wasserwirtschaft, Flussgebietsmanagement	6
1.4 Beispiele für die Wasserbewirtschaftung	9
1.4.1 Wasserwirtschaft im Ruhreinzugsgebiet	9
1.4.2 Hochwasserschutz durch Hochwasserrückhaltebecken	11
1.4.3 Überleitung von Wasser mit einem Schifffahrtskanal	14
1.4.4 Wasserkraftnutzung eines Flusses	16
Literatur	18
2 Der Wasserhaushalt und Beobachtung einzelner Komponenten	21
2.1 Niederschlag	21
2.1.1 Erscheinungsformen	21
2.1.2 Niederschlagsmessung	23
2.2 Verdunstung	28
2.2.1 Begriffe	28
2.2.2 Messverfahren	32
2.2.3 Berechnung der Verdunstung aus meteorologischen Beobachtungen	41
2.2.3.1 Energiebilanzverfahren	41
2.2.3.2 Anwendung des Strahlungskonzeptes	55
2.2.3.3 Anwendung des aerodynamischen Konzeptes	56
2.2.3.4 Methode von aerodynamischem Konzept und Energiebilanz	60
2.3 Abfluss	65
2.3.1 Wasserstand	65
2.3.2 Direkte Abflussmessung mit Messwehren und Messgerinnen	69
2.3.3 Ermittlung des Abflusses über Fließgeschwindigkeit und Durchflussfläche	73
	IX

2.3.4	Aufstellung und Kontrolle der Abflusskurven	84
2.4	Beobachtungsnetze	91
	Literatur	95
3	Aufbereitung und erste Auswertung der hydrologischen Beobachtungen	101
3.1	Datenarten und Datenbanken	101
3.2	Erste Auswertung von Wasserstands- und Abflussdaten	109
3.2.1	Mittel- und Hauptwerte	109
3.2.2	Gang- und Summenlinie	112
3.2.3	Dauerlinien	116
3.3	Erste Auswertung von Niederschlagsbeobachtungen	121
3.3.1	Auswertung punktförmiger Messungen	121
3.3.2	Methoden zur Ermittlung von Gebietsniederschlägen	124
3.4	Datenkontrolle und Überprüfung der Homogenität	131
	Literatur	134
4	Anpassung von Verteilungsfunktionen an hydrologische Daten	137
4.1	Grundlegende Konzepte für hydrologische Zufallsvariablen	137
4.1.1	Hydrologische Zufallsvariable und Wahrscheinlichkeit	137
4.1.2	Statistische Eigenschaften der Zufallsvariablen	141
4.1.2.1	Kenngrößen für das zentrale Verhalten	141
4.1.2.2	Kenngrößen für die Streuung	145
4.1.2.3	Kenngrößen für die Symmetrie	147
4.1.2.4	Weitere Kenngrößen bei vereinigten Zufallsvariablen. . .	148
4.1.3	Diskrete Verteilungsfunktionen und Risiko	149
4.1.4	Normalverteilung und logarithmische Normalverteilung	154
4.1.5	Empirische Wahrscheinlichkeiten	160
4.2	Ermittlung von Hochwasser bestimmter Häufigkeit	163
4.2.1	Typen und Merkmale von Hochwasser	163
4.2.2	Jährliche und partielle Serien	165
4.2.3	Einige Verteilungsfunktionen für Hochwasser	170
4.2.3.1	Anpassung von Verteilungsfunktionen an Hochwasserdaten	170
4.2.3.2	Pearson Typ-III-Verteilung und Verfahren zur Berechnung von Hochwasserhäufigkeiten	172
4.2.3.3	Extremwert Typ-I-Verteilung	178
4.2.4	Anpassungstests für Verteilungsfunktionen	185
4.2.4.1	Chi-Quadrat-Test	185
4.2.4.2	Kolmogorov-Smirnov-Test (K-S-Test)	189
4.2.5	Konfidenzintervalle für Verteilungsfunktionen	190
4.2.6	Ausreißertest für Extremwerte	193

4.2.7	Abschätzung regional gültiger Hochwasserscheitelabflüsse auf statistischer Grundlage	196
4.3	Niedrigwasser	202
4.3.1	Entstehungsursachen und kennzeichnende Größen	202
4.3.2	Datenkollektive für Niedrigwasseranalysen	205
4.3.3	Anpassung von Verteilungsfunktionen an Niedrigwassermerkmale	208
4.3.3.1	Einseitig begrenzte Verteilungsfunktion und freie Anpassung	208
4.3.3.2	Extremwert-Typ-III-Verteilung	210
4.3.3.3	Vergleich von Verteilungen bei Niedrigwasseruntersuchungen	219
4.3.4	Zweidimensionale Wahrscheinlichkeiten	222
4.3.5	Maßgebliche Trockenperioden für die Speicherwirtschaft	225
Literatur	230
5	Abhängigkeiten von Zufallsvariablen und Zeitreihenmodelle	233
5.1	Anwendung von Regressionen	233
5.1.1	Mathematische Grundlagen und einfache lineare Regression	233
5.1.2	Lineare Mehrfachregression, statistische Vorhersagemethoden	237
5.1.3	Nichtlineare Regressionen und Transformationen	245
5.1.4	Konfidenzintervalle von Regressionen	252
5.2	Anwendung der Korrelationsrechnung	255
5.2.1	Korrelationskoeffizienten und ihre Bewertung	255
5.2.2	Scheinkorrelation	261
5.2.3	Autokorrelation und Kreuzkorrelation	267
5.3	Einführung in die Zeitreihenanalyse und einfache stochastische Zeitreihenmodelle	273
5.3.1	Überblick über mathematische Modelle und Zeitreihenmodelle	273
5.3.2	Weitere Techniken der Zeitreihenanalyse	279
5.3.3	Selbsterklärende Zeitreihenmodelle	282
5.3.4	Autoregressionsmodell zur Simulation monatlicher Abflüsse	288
Literatur	297
6	Niederschlag-Abfluss-Modelle für Hochwasserabläufe	301
6.1	Systemanalytische Behandlung von Abflussprozessen	301
6.1.1	Modellkonzepte für Niederschlag-Abflussprozesse	301
6.1.2	Grundlagen für lineare zeitinvariante Modelle	303
6.1.3	Lineare Speicher	307
6.1.4	Lineare Speicherkaskaden (Serienspeicher)	312

6.2	Niederschlag-Abfluss-Modelle für Hochwasserwellen aus Einzugsgebieten	321
6.2.1	Datenumfang für Niederschlag-Abflussanalysen	321
6.2.2	Gebietsniederschläge für Hochwasserereignisse	322
6.2.3	Abflusswirksamer Niederschlag (Abflussbildung)	326
6.2.3.1	Ansätze für Interzeption und Muldenrückhalt	326
6.2.3.2	Grundlagen und Zusammenhänge der Infiltrationsan- sätze	331
6.2.3.3	Verlustraten- und Abflussbeiwertansätze bei einfachen Abflussmodellen.	337
6.2.3.4	Koaxiale grafische Darstellung zur Vorhersage des Gesamtabflussbeiwerts.	340
6.2.3.5	Ermittlung des Gesamtabflussbeiwertes aus Gebietsgrößen	342
6.2.4	Ermittlung der Übertragungsfunktion	350
6.2.4.1	Einheitsganglinienverfahren	350
6.2.4.2	Translationsmodelle und charakteristische Fließzeiten ..	357
6.2.4.3	Kombinierte Translations- und Speichermodelle.	364
6.3	Ablauf von Hochwasserwellen in Gewässern	370
6.3.1	Grundlagen der hydraulischen Verfahren	370
6.3.2	Überblick über die hydrologischen Verfahren	380
6.3.3	Hochwasserwellen in Speichern	382
6.3.3.1	Iterationslösung	382
6.3.3.2	Verfahren nach Puls	384
6.3.4	Hochwasserwellen in Flussabschnitten	387
6.3.4.1	Muskingum-Verfahren	387
6.3.4.2	Kalinin-Miljukov-Verfahren	397
6.4	Flussgebietsmodelle	404
	Literatur	410
7	Bemessung und Betrieb von Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken	415
7.1	Begriffe der Speicherwirtschaft	415
7.1.1	Aufgaben und Speicherarten	415
7.1.2	Einteilung des Speicherraums und Speicherkenngößen	418
7.2	Nutzräume von Talsperren	422
7.2.1	Wasserwirtschaftsplan auf der Grundlage der Summenlinie	422
7.2.2	Summendifferenzenlinie und Speicherwirkungslinie	430
7.2.3	Bemessungsverfahren auf der Grundlage von Simulationen	438
7.2.4	Bemessungsverfahren auf wahrscheinlichkeitstheoretischer Grundlage von Zuflüssen und Speicherfüllungen	440
7.2.5	Grundzüge des Betriebsplans für den Nutzraum	446

7.3	Bemessung und Betrieb von Hochwasserrückhalteräumen	461
7.3.1	Bemessungsgrundlagen für den Hochwasserrückhalteraum	461
7.3.2	Betrieb von Hochwasserrückhaltebecken	464
7.4	Auslegung der Hochwasserentlastungsanlage	473
7.5	Freibord und Freiraum	475
	Literatur	478
8	Wärmebelastung von Gewässern	481
8.1	Wärmehaushalt von Gewässern	481
8.2	Wärmequellen und -senken	487
8.3	Nutzung der Gewässer für Kühlzwecke	494
8.3.1	Wärmeableitung in Kraftwerken und zulässige Gewässerbeanspruchung	494
8.3.2	Berechnung des Temperaturverlaufs in einem Gewässer	501
8.3.3	Wärmelastplan	508
	Literatur	512
9	Schnee und Eis	515
9.1	Schneeverhältnisse und Schneebeobachtungen	515
9.2	Physikalische Grundlagen des Schneeschmelzprozesses	520
9.3	Ermittlung des Abflusses aus Schneeschmelze	527
9.4	Eisbildung in Gewässern	536
9.5	Beispiele für die Eisverhältnisse und ihre Auswirkungen	541
	Literatur	544
10	Feststoffe	547
10.1	Begriffe, Quellen und Abgrenzung von Schwebstoff und Geschiebe	547
10.2	Schwebstofffracht von Flüssen	554
10.3	Geschiebefracht in Flüssen	559
10.4	Feststofftransport aus Einzugsgebieten	568
10.5	Feststoffe in Speichern	581
10.5.1	Rückhaltewirkung von Speichern	581
10.5.2	Abschätzung der Abnahme des Speicherinhalts	585
	Literatur	592
11	Gewässergüte stehender und fließender Gewässer und Gewässerschutz	597
11.1	Stillgewässer	597
11.1.1	Einige Unterschiede von natürlichen Seen, Fließgewässern und Talsperren	597
11.1.2	Physikalische Eigenschaften von Stillgewässern	601
11.1.2.1	Lichtverhältnisse und Kompensationsebene	601

11.1.2.2	Jahreszeitliche Temperatur, Schichtungen und Zirkulationen	604
11.1.3	Produktionsbestimmende Faktoren und Stoffkreisläufe in Seen	611
11.1.3.1	Lebensräume, Wachstumsbedingungen und Stoffkreisläufe	611
11.1.3.2	Sauerstoffhaushalt	629
11.1.3.3	Stickstoffkreislauf	633
11.1.3.4	Phosphorkreislauf	636
11.1.4	Eutrophierung von Stillgewässern	642
11.1.4.1	Nährstoffquellen des Stickstoffs und Phosphors	642
11.1.4.2	Trophiegrad und Nutzung von Stillgewässern	648
11.1.4.3	Einfache Bilanzmodelle für Stillgewässer	660
11.1.4.4	Modellierung einzelner Prozesse	674
11.1.4.5	Rehabilitation eutropher Stillgewässer	679
11.2	Fließende Gewässer	692
11.2.1	Abbauvorgänge und Sauerstoffhaushalt	692
11.2.1.1	Biologische Selbstreinigung	692
11.2.1.2	Größen des Sauerstoffhaushalts und Erscheinungsformen	696
11.2.1.3	Ein- und zweiparametrische Modelle für den Sauerstoffhaushalt	700
11.2.1.4	Erweitertes Modell für den Sauerstoffgehalt	711
11.2.2	Transport- und Transformationsprozesse	716
11.2.2.1	Mehrparametrische Gütemodelle zur Beschreibung von Transport- und Transformationsprozessen in Flüssen ..	716
11.2.2.2	Dispersion und advektiver Transport bei Transportprozessen in Flüssen	717
11.2.3	Bewertung der Gewässergüte	725
11.2.3.1	Bioindikatoren und Bewertung der organischen Belastung – Saprobienindex	725
11.2.3.2	Bewertung anhand der Fischfauna und der Wasserpflanzen	734
	Literatur	736
	Sachregister	741