

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in die Hydrologie und Wasserwirtschaft	1
1.1	Begriffe der Hydrologie	1
1.2	Wasserkreislauf und Wasserbilanz	1
1.3	Wasserwirtschaft, Flussgebietsmanagement	6
1.4	Beispiele für die Wasserbewirtschaftung	8
1.4.1	Wasserwirtschaft im Ruhreinzugsgebiet	8
1.4.2	Hochwasserschutz durch Hochwasserrückhaltebecken	10
1.4.3	Überleitung von Wasser mit einem Schifffahrtskanal	13
1.4.4	Wasserkraftnutzung eines Flusses	15
2	Der Wasserhaushalt und Beobachtung einzelner Komponenten	17
2.1	Niederschlag	17
2.1.1	Erscheinungsformen	17
2.1.2	Niederschlagsmessung	19
2.2	Verdunstung	22
2.2.1	Begriffe	22
2.2.2	Messverfahren	26
2.2.3	Berechnung der Verdunstung aus meteorologischen Beobachtungen	35
2.2.3.1	Energiebilanzverfahren	35
2.2.3.2	Anwendung des Strahlungskonzeptes	47
2.2.3.3	Anwendung des aerodynamischen Konzepts	48
2.2.3.4	Kombinierte Methode von aerodynamischem Konzept und Energiebilanz	51
2.3	Abfluss	56
2.3.1	Wasserstand	56
2.3.2	Direkte Abflussmessung mit Messwehren und Messgerinnen	59
2.3.3	Ermittlung des Abflusses über Fließgeschwindigkeit und Durchflussfläche	63
2.3.4	Aufstellung und Kontrolle der Abflusskurven	69
2.4	Beobachtungsnetze	75

3	Aufbereitung und erste Auswertung der hydrologischen Beobachtungen	79
3.1	Datenarten und Datenbanken	79
3.2	Erste Auswertung von Wasserstands- und Abflussdaten	86
3.2.1	Mittel- und Hauptwerte	86
3.2.2	Gang- und Summenlinie	89
3.2.3	Dauerlinien	93
3.3	Erste Auswertung von Niederschlagsbeobachtungen	98
3.3.1	Auswertung punktförmiger Messungen	98
3.3.2	Methoden zur Ermittlung von Gebietsniederschlägen	101
3.4	Überprüfung der Homogenität	107
4	Anpassung von Verteilungsfunktionen an hydrologische Daten zur Ermittlung von Bemessungswerten	109
4.1	Grundlegende Konzepte für hydrologische Zufallsvariablen	109
4.1.1	Hydrologische Zufallsvariable und Wahrscheinlichkeit	109
4.1.2	Statistische Eigenschaften der Zufallsvariablen	113
4.1.2.1	Kenngößen für das zentrale Verhalten	113
4.1.2.2	Kenngößen für die Streuung	117
4.1.2.3	Kenngößen für die Symmetrie	119
4.1.2.4	Weitere Kenngößen bei vereinigten Zufallsvariablen	120
4.1.3	Diskrete Verteilungsfunktionen und Risiko	120
4.1.4	Normalverteilung und logarithmische Normalverteilung	126
4.1.5	Empirische Wahrscheinlichkeiten	132
4.2	Ermittlung von Hochwasser bestimmter Häufigkeit	135
4.2.1	Typen und Merkmale von Hochwasser	135
4.2.2	Jährliche und partielle Serien	138
4.2.3	Verteilungsfunktionen für Hochwasser	141
4.2.3.1	Anpassung von Verteilungsfunktionen an Hochwasserdaten	141
4.2.3.2	Pearson-Typ-III-Verteilung und Standardverfahren zur Berechnung von Hochwasserhäufigkeiten	143
4.2.3.3	Extremwert-Typ-I-Verteilung	149
4.2.4	Anpassungstests für Verteilungsfunktionen	156
4.2.4.1	Chi-Quadrat-Test	156
4.2.4.2	Kolmogorov-Smirnov-Test (K-S-Test)	159
4.2.5	Konfidenzintervalle für Verteilungsfunktionen	161
4.2.6	Ausreißertest für Extremwerte	164
4.2.7	Abschätzung regional gültiger Hochwasserscheitelabflüsse auf statistischer Grundlage	167
4.3	Niedrigwasser	172
4.3.1	Entstehungsursachen und kennzeichnende Größen	172
4.3.2	Datenkollektive für Niedrigwasseranalysen	175
4.3.3	Anpassung von Verteilungsfunktionen an Niedrigwassermerkmale	178

4.3.3.1	Einseitig begrenzte Verteilungsfunktionen und freie Anpassung	178
4.3.3.2	Extremwert-Typ-III-Verteilung	180
4.3.3.3	Vergleich von Verteilungen bei Niedrigwasseruntersuchungen	189
4.3.4	Zweidimensionale Wahrscheinlichkeitsuntersuchungen	192
4.3.5	Maßgebliche Trockenperioden für die Speicherwirtschaft	195
5	Abhängigkeiten von Zufallsvariablen in Zeitreihenmodelle	199
5.1	Anwendung von Regressionen	199
5.1.1	Mathematische Grundlagen und einfache lineare Regression	199
5.1.2	Lineare Mehrfachregression	203
5.1.3	Nichtlineare Regressionen	211
5.1.4	Konfidenzintervalle von Regressionen	218
5.2	Anwendung der Korrelationsrechnungen	220
5.2.1	Korrelationskoeffizienten und ihre Bewertung	220
5.2.2	Scheinkorrelationen	226
5.2.3	Autokorrelation und Kreuzkorrelation	232
5.3	Einführung in die Zeitreihenanalyse und einfache stochastische Zeitreihenmodelle	238
5.3.1	Überblick über mathematische Modelle und Zeitreihenanalyse	238
5.3.2	Weitere Techniken der Zeitreihenanalyse	244
5.3.3	Selbsterklärende Zeitreihenmodelle	248
5.3.4	Autoregressionsmodell zur Simulation monatlicher Abflüsse	253
6	Niederschlag-Abfluss-Modelle für Hochwasserabläufe	261
6.1	Systemanalytische Behandlung von Abflussprozessen	261
6.1.1	Modellkonzepte für Niederschlag-Abflussprozesse	261
6.1.2	Grundlagen für lineare zeitinvariante Modelle	263
6.1.3	Lineare Speicher	266
6.1.4	Lineare Speicherkaskaden (Serienspeicher)	271
6.2	Niederschlag-Abfluss-Modelle für Hochwasserwellen aus Einzugsgebieten	279
6.2.1	Datenumfang für Niederschlag-Abflussanalysen	279
6.2.2	Gebietsniederschläge von Hochwasserereignissen	280
6.2.3	Abflusswirksamer Niederschlag (Abflussbildung)	284
6.2.3.1	Ansätze für Interzeption und Muldenrückhalt	284
6.2.3.2	Grundlagen und Zusammenhänge der Infiltrationsansätze	289
6.2.3.3	Verlustraten- und Abflussbeiwertansätze bei einfachen Abflussmodellen	296
6.2.3.4	Koaxiale graphische Darstellung zur Vorhersage des Gesamtabflussbeiwerts	298
6.2.3.5	Ermittlung des Gesamtabflussbeiwerts aus Gebietsgrößen	300
6.2.4	Ermittlung der Übertragungsfunktion	307

6.2.4.1	Einheitsganglinienverfahren	307
6.2.4.2	Translationsmodelle und charakteristische Fließzeiten	313
6.2.4.3	Kombinierte Translations- und Speichermodele	320
6.3	Ablauf von Hochwasserwellen in Gewässern	327
6.3.1	Grundlagen der hydraulischen Verfahren	327
6.3.2	Überblick über hydrologische Verfahren	335
6.3.3	Hochwasserwellen in Speichern	336
6.3.3.1	Iterationslösung	336
6.3.3.2	Verfahren nach Puls	338
6.3.4	Hochwasserwellen in Flussabschnitten	342
6.3.4.1	Muskingumverfahren	342
6.3.4.2	Kalinin-Miljukov-Verfahren	350
6.4	Flussgebietsmodelle	357
7	Bemessungsverfahren und Betriebspläne von Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken	361
7.1	Begriffe der Speichervirtschaft	361
7.1.1	Aufgaben und Speicherarten	361
7.1.2	Einteilung des Speicherraums und Speicherkenngrößen	363
7.2	Nutzräume von Talsperren	366
7.2.1	Wasserwirtschaftsplan auf der Grundlage der Summenlinie	366
7.2.2	Summendifferenzlinie und Speicherwirkungslinie	373
7.2.3	Bemessungsverfahren auf der Grundlage von Simulationen	381
7.2.4	Bemessungsverfahren auf wahrscheinlichkeitstheoretischer Grundlage von Zuflüssen und Speicherfüllungen	383
7.2.5	Grundzüge des Betriebsplans für den Nutzraum	389
7.3	Bemessung und Betrieb von Hochwasserrückhalteräumen	402
7.3.1	Bemessungsgrundlagen für den Hochwasserrückhalteraum	402
7.3.2	Betriebspläne für Hochwasserrückhaltebecken	406
7.4	Auslegung von Hochwasserentlastungsanlagen	413
7.5	Freibord und Freiraum	415
7.6	Verfahren auf stochastischer Grundlage	419
8	Wärmebelastung von Gewässern	421
8.1	Wärmehaushalt von Gewässern	421
8.2	Wärmequellen und -senken	427
8.3	Nutzung der Gewässer für Kühlzwecke	433
8.3.1	Wärmeableitung in Kraftwerken und zulässige Gewässerbeanspruchung	433
8.3.2	Berechnung des Temperaturverlaufs in einem Gewässer	440
8.3.3	Wärmelastplan	446

9	Schnee und Eis	451
9.1	Schneeverhältnisse und Schneebeobachtungen	451
9.2	Physikalische Grundlagen des Schneeschmelzprozesses	456
9.3	Ermittlung des Abflusses aus Schneeschmelze	461
9.4	Eisbildung in Gewässern	471
9.5	Beispiele für die Eisverhältnisse und ihre Auswirkungen	476
10	Feststoffe	479
10.1	Begriffe und Abgrenzung von Schwebstoff und Geschiebe	479
10.2	Schwebstofffrachten von Flüssen	483
10.3	Geschiebefracht in Flüssen	488
10.4	Feststofftransport aus Einzugsgebieten	496
10.5	Feststoffe in Speichern	508
10.5.1	Rückhaltewirkung von Speichern	508
10.5.2	Abschätzung der Abnahme des Speicherinhalts	512
11	Gewässergüte stehender und fließender Gewässer und Gewässerschutz	519
11.1	Stehende Gewässer	519
11.1.1	Einige Unterschiede von natürlichen Seen, Fließgewässern und Talsperren	519
11.1.2	Physikalische Eigenschaften von stehenden Gewässern	523
11.1.2.1	Lichtverhältnisse und Kompensationsebene	523
11.1.2.2	Jahreszeitliche Temperatur, Schichtungen und Zirkulationen	525
11.1.3	Produktionsbestimmende Faktoren und Stoffkreisläufe	534
11.1.3.1	Lebensräume in Seen und Stoffhaushalt	534
11.1.3.2	Sauerstoffhaushalt	549
11.1.3.3	Stickstoffkreislauf	552
11.1.3.4	Phosphorkreislauf	554
11.1.4	Eutrophierung stehender Gewässer	564
11.1.4.1	Nährstoffquellen der Stickstoff- und Phosphorverbindungen	564
11.1.4.2	Trophiegrad und Nutzung von Seen	570
11.1.4.3	Mathematische Modelle für die Wassergüte	580
11.1.4.4	Statistische Eutrophierungsmodelle	590
11.1.4.5	Rehabilitation eutropher Stillgewässer	600
11.2	Fließende Gewässer	604
11.2.1	Abbauvorgänge und Sauerstoffhaushalt	604
11.2.1.1	Biologische Selbstreinigung	604
11.2.1.2	Größen des Sauerstoffhaushalts und Erscheinungsformen	607
11.2.1.3	Ein- und zweiparametrische Modelle für den Sauerstoffhaushalt	612
11.2.1.4	Erweitertes Modell für den Sauerstoffgehalt	621

11.2.2	Transport- und Transformationsprozesse	627
11.2.2.1	Mehrparametrische Gütemodelle zur Beschreibung von Transport- und Transformationsprozessen in Flüssen	627
11.2.2.2	Dispersion und advektiver Transport bei Transportprozessen in Flüssen	628
11.2.3	Bewertung der Gewässergüte	635
11.2.3.1	Bioindikatoren und Bewertung der organischen Belastung – Saprobiensystem	635
11.2.3.2	Bewertung anhand der Fischfauna und der Wasserpflanzen	644
 Literaturverzeichnis		 647
Sachverzeichnis		681