
Inhaltsverzeichnis

1 Einführung in die Thematik	
HEINZ PATT	1
2 Hinweise zur Verwendung	
HEINZ PATT	5
2.1 Verbesserung des Wasserrückhalts	5
2.2 Überregionales Denken und Handeln	6
2.3 Arten von Hochwasser	6
2.4 Hochwasservorhersage, Vorwarnzeiten	7
2.5 Gewässergröße, Wirtschaftliche Bedeutung	9
2.6 Europäische Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL)	9
3 Hydrologische Grundlagen	
KARL-HEINZ ROTHER	11
3.1 Hochwasser – Naturereignis oder hausgemacht?	11
3.2 Datengrundlagen	12
3.2.1 Einzugsgebiet	13
3.2.2 Niederschlag	14
3.2.2.1 Messnetz	14
3.2.2.2 Gebietsniederschlag	15
3.2.2.3 Niederschlagshöhen	16
3.2.3 Gebietsrückhalt	18
3.2.3.1 Speichermedien	18
3.2.3.2 Abflussbeiwert	21
3.2.4 Hochwasser	22
3.2.4.1 Wasserstände	22
3.2.4.2 Überschwemmungsflächen	22
3.2.4.3 Hochwasserabflüsse	22
3.3 Bestimmung von Hochwasserabflüssen	24
3.3.1 Statistik von Hochwasserabflüssen	24
3.3.1.1 Hochwassertrend	24
3.3.1.2 Hochwasserwahrscheinlichkeit	27
3.3.2 Bestimmung von Hochwasserabflüssen aus Niederschlägen	30
3.3.2.1 Abflussbildung und Abflusskonzentration	30
3.3.2.2 Black-Box-Modellierung	30
3.3.2.3 Flächendetaillierte Modellierung	33

3.3.3	Ablauf von Hochwasserwellen in Gewässern	42
3.3.3.1	Muskingum-Verfahren	43
3.3.3.2	Kalinin-Miljukov-Verfahren	45
3.3.4	Komplexe Niederschlag-Abfluss-Modelle	46
3.3.5	Regionalisierung	47
3.3.5.1	Hochwasserabflüsse bestimmter Wahrscheinlichkeit	47
3.3.5.2	Höchstabflüsse	49
3.3.5.3	Hochwasserganglinien	51
3.4	Hinweise zur Anwendung	52
3.4.1	Sicherheit und Risiko	52
3.4.2	Hochwasservorhersage	53
3.4.2.1	Vorhersagemethoden	53
3.4.2.2	Akzeptanz der Vorhersage	55
3.4.3	Hochwassermanagement und Hochwasserflächenmanagement	56
4	Hydraulische und wasserbauliche Grundlagen	
	WILHELM BECHTELER · MARINKO NUJIĆ · HEINZ PATT · GÜNTER VOGEL	59
4.1	Physikalische Grundgrößen	59
4.2	Ruhendes Wasser	59
4.2.1	Hydrostatischer Druck	62
4.2.2	Wasserdruckkräfte	62
4.2.2.1	Wasserdruck auf ebene Bodenflächen	63
4.2.2.2	Wasserdruck auf ebene Seitenflächen	65
4.2.2.3	Wasserdruck auf geneigte ebene Seitenflächen	69
4.2.2.4	Wasserdruckkraft auf gekrümmte Seitenflächen	73
4.3	Fließendes Wasser	76
4.3.1	Kontinuitätsgleichung	76
4.3.2	Bernoulli-Gleichung	77
4.3.2.1	Instationäre und stationäre Strömungen	78
4.3.2.2	Ein- und mehrdimensionale Strömungen	78
4.3.2.3	Eindimensionale stationäre Strömungen	78
4.3.2.4	Berücksichtigung der Strömungsverluste	79
4.3.2.5	Radiale Druckgleichung	82
4.3.3	Impulsgleichung	83
4.3.4	Druckkräfte aus Wasserströmungen	85
4.3.4.1	Rohrströmungen	85
4.3.4.2	Gerinneströmungen	86
4.4	Bestimmung des Abflusses	89
4.4.1	Rohrströmungen	90
4.4.1.1	Kontinuierliche Verluste	90
4.4.1.2	Lokale Verluste	93
4.4.2	Gerinneströmungen	95
4.4.2.1	Allgemeines Fließgesetz	95
4.4.2.2	Manning-Strickler-Fließformel	97
4.4.2.3	Hydraulisch günstige Querschnittsformen	97
4.4.2.4	Betrachtungen zur Energiehöhe	98
4.4.2.5	Örtlich konzentrierte (lokale) Verluste	104
4.5	Kontrollbauwerke	108
4.5.1	Ausfluss aus Öffnungen	108
4.5.1.1	Freier Ausfluss	109
4.5.1.2	Ausfluss unter Gegendruck	110

4.5.2	Überströmte Bauwerke	110
4.5.2.1	Vollkommener Überfall	110
4.5.2.2	Unvollkommener Überfall	111
4.5.2.3	Überfallformen	112
4.5.3	Streichwehre	113
4.5.4	Durchlässe, Verrohrungen	115
4.5.4.1	Konstruktive Hinweise	115
4.5.4.2	Hydraulische Bemessung	116
4.6	Feststofftransport und Gewässersohle	117
4.6.1	Feststofftransport	118
4.6.1.1	Transportierte Materialien	118
4.6.1.2	Bewegungsbeginn	119
4.6.1.3	Transportkörper	123
4.6.1.4	Feststofftransportformeln	123
4.6.2	Geschiebetransport und Höhenlage der Gewässersohle	125
4.6.2.1	Eintiefung oder Anhebung?	126
4.6.2.2	Möglichkeiten der Beeinflussung	128
4.6.2.3	Hydraulisch-sedimentologische Bewertung	128
4.6.3	Lokale Kolke	128
4.6.3.1	Kolktypen	129
4.6.3.2	Natürlich vorkommende lokale Kolke	130
4.6.3.3	Kolke an Einengungen	131
4.6.3.4	Kolke an einzelnen Bauwerken	133
4.7	Pumpenanlagen	142
4.7.1	Anlagenbestandteile	143
4.7.2	Pumpenbauarten	144
4.7.2.1	Pumpenaufstellung, Pumpenantrieb	144
4.7.2.2	Kreiselpumpen	145
4.7.2.3	Verdrängerpumpen	145
4.7.3	Charakteristische Kennlinien	146
4.7.3.1	Q-h-Linie, Wirkungsgrad	146
4.7.3.2	Arbeitspunkt	146
4.7.3.3	Betrieb mehrerer Pumpen	149
4.7.3.4	Regulierung von Pumpen	150
4.7.4	Auswahlkriterien	151
4.8	Bestimmung der Wasserspiegellinien	154
4.8.1	Theoretische Grundlagen der Wasserspiegellinienberechnung	154
4.8.1.1	Flachwassergleichungen (FWG)	155
4.8.1.2	Numerische Lösungsverfahren	157
4.8.1.3	1d-stationär-ungleichförmige Verfahren	158
4.8.1.4	Instationäre Verfahren	161
4.8.2	Beispiel für die Anwendung eines 2d-Simulationsmodells	163
4.8.2.1	Grundlagendaten und Diskretisierungsvorgang	164
4.8.2.2	Kurze Beschreibung des 2d- Simulationsmodells FLOODSIM	165
4.8.2.3	Charakteristische Ergebnisse	166
4.8.3	Zukünftige Aspekte	168
5	Geotechnische und hydrogeologische Grundlagen	
	W. RICHWIEN	169
5.1	Die Bodenarten und ihre relevanten Eigenschaften	169
5.2	Einteilung der Bodenarten	170
5.3	Eigenschaften der Böden	173

5.3.1	Dichte, Porenanteil, Wassergehalt, Wichte	173
5.3.2	Lockerste und dichteste Lagerung, Lagerungsdichte	174
5.3.3	Konsistenz	175
5.3.4	Wasserdurchlässigkeit	176
5.3.5	Mechanische Eigenschaften der Böden	177
5.3.6	Bodenklassen	178
5.3.7	Erfahrungswerte der Bodeneigenschaften und Korrelationen	180
5.4	Wasser und Wasserströmungen im Boden	181
5.4.1	Begriffe (DIN 4021)	181
5.4.2	Eindringen von Niederschlagswasser in den Boden	183
5.4.3	Passage des Wassers durch den Boden	183
5.4.4	Grundwasserströmung	184
5.4.4.1	Differentialgleichung der Grundwasserströmung	184
5.4.4.2	Strömungsnetze und Randbedingungen	186
5.4.4.3	Wassermengen	187
5.5	Strömungskräfte	188
5.5.1	Wasserdruck und Wasserüberdruck, Sohlenwasserdruck und Auftrieb	188
5.5.2	Ansatz von Wasserdruck und -überdruck bei Standsicherheits- berechnungen	190
5.6	Einwirkungen von Grundwasserströmungen auf die Bodenstruktur	193
5.6.1	Suffosion, Kolmation und Erosion	193
5.6.2	Rückschreitende Erosion	195
5.6.3	Fugenerosion und Kontaktrosion	196
5.6.4	Hydraulischer Grundbruch und Bodenaufbruch	197
6	Baustofftechnologische Grundlagen	
	ROLF DILLMANN	199
6.1	Beton	200
6.1.1	Feuchtetransport	200
6.1.2	Wasserdurchlässigkeit	203
6.1.3	Rissbildung	205
6.1.3.1	Rissbildung infolge Abfließens der Hydratationswärme	205
6.1.3.2	Austrocknungsschwinden (<i>drying shrinkage</i>)	206
6.1.4	Beanspruchungen des Betons	207
6.1.4.1	Frostbeanspruchung	207
6.1.4.2	Beanspruchung durch Witterung	207
6.1.5	Anforderungen an den Beton entsprechend der Regelwerke	207
6.2	Bitumen und Asphalt	209
6.2.1	Bitumen	209
6.2.1.1	Härte von Bitumen	209
6.2.1.2	Verformungsverhalten	210
6.2.2	Asphalt	211
6.2.2.1	Gussasphalt	211
6.2.2.2	Asphaltbeton	211
6.2.3	Bitumenbahnen	212
6.3	Mauer- und Putzmörtel	213
6.3.1	Mauermörtel	213
6.3.2	Putzmörtel	214
6.4	Natursteinmauerwerk	215
6.5	Aluminium	216
6.5.1	Eigenschaften	216
6.5.2	Verarbeitung	218

6.6 Stahl 218
 6.7 Holz 220
 6.8 Kunststoffe 223

7 Hochwasserschutzmaßnahmen

HANSJÖRG BROMBACH · ROLF DILLMANN · HEINZ PATT · WERNER RICHWIEN · REINHARD VOGT . . . 225

7.1 Bauvorsorge 226
 7.1.1 Allgemeine Hinweise 226
 7.1.1.1 Sicherstellung des Hochwasserschutzes, Schutzziele 226
 7.1.1.2 Städtebau, Freizeit- und Erholungsvorsorge 227
 7.1.1.3 Denkmalschutz 228
 7.1.1.4 Bauleitplanung, Stadtplanung 228
 7.1.1.5 Naturnahe Gestaltung und ökologische Unterhaltung der
 Fließgewässer 229
 7.1.1.6 Akzeptanzförderung durch Bürgerbeteiligung 230
 7.1.2 Wasserrückhalt und Abflussleistung 231
 7.1.2.1 Verbesserung des Wasserrückhalts 232
 7.1.2.2 Steigerung der Abflussleistung 236
 7.1.2.3 Gerinneentlastungen (Ableitungen, Überleitungen, Umleitungen,
 Abflussaufteilung) 239
 7.1.2.4 Wirkung und Bewertung von Maßnahmen am Gerinne 243
 7.1.2.5 Größenordnung der maßnahmenbedingten Veränderungen 246
 7.1.2.6 Rechnerische Nachweise 247
 7.1.2.7 Hochwasserschutzlinie und Ausbauwasserstand
 7.1.2.8 Anbindung von Nebengewässern 252
 7.1.3 Hochwasserschutzdeiche 252
 7.1.3.1 Deichtrasse und Deichhöhe 254
 7.1.3.2 Deichquerschnitt 255
 7.1.3.3 Hochwasserpolder 258
 7.1.3.4 Schutz der Böschungen 258
 7.1.3.5 Wasserseitige Befestigungen 259
 7.1.3.6 Überlaufstrecken 260
 7.1.3.7 Bauwerke im Deich 260
 7.1.3.8 Schutzzonen 261
 7.1.3.9 Anforderungen an den Deichuntergrund und den Deichbaustoff 261
 7.1.3.10 Deichsicherheit 264
 7.1.3.11 Suffosion und Erosion 267
 7.1.3.12 Deichverstärkungen 269
 7.1.3.13 Deichunterhaltung 271
 7.1.3.14 Entstehung von Deichschäden 272
 7.1.4 Hochwasserschutzwände 275
 7.1.4.1 Bauformen 275
 7.1.4.2 Sollhöhe 277
 7.1.4.3 Lastansätze 280
 7.1.4.4 Konstruktive Regeln 282
 7.1.5 Bewegliche und mobile Hochwasserschutzkonstruktionen 284
 7.1.5.1 Hochwasserschutzwände und Hochwasserschutz Tore 284
 7.1.5.2 Mobile Hochwasserschutzwände 287
 7.1.5.3 Dammbalkensysteme 289
 7.1.5.4 Sandsackdeiche 290
 7.1.5.5 Mobile Deichsysteme bzw. Sandsack-Ersatzsysteme 292
 7.1.5.6 Hinweise zur Auswahl eines Hochwasserschutzsystems 294

7.1.6	Schutzmaßnahmen gegen Grundwasser	298
7.1.6.1	Grundwasserspiegelhöhen	298
7.1.6.2	Grundwasseraustritte	298
7.1.6.3	Deichrückverlegungen	299
7.1.6.4	Schutz vor Drängewasser	300
7.1.6.5	Grundwasserqualität und Vorkehrungen gegen Verunreinigungen	303
7.1.7	Maßnahmen im Abwasserkanalnetz	303
7.1.7.1	Schnittstellen zwischen Stadtentwässerung und Gewässer	304
7.1.7.2	Die zwei Hochwasserarten bei der Stadtentwässerung	306
7.1.7.3	Hinweise zur hydraulischen Bemessung des Kanalnetzes	307
7.1.7.4	Maßnahmen gegen Überflutung und Überlastung der Kanalisation bei Starkniederschlägen	308
7.1.7.5	Abwehrmaßnahmen gegen das Eindringen von Hochwasser in die Kanalisation	313
7.1.8	Hochwasserschutz von Gebäuden	325
7.1.8.1	Hochwassersichere Kellerbereiche	325
7.1.8.2	Wasserundurchlässige Betonkonstruktion	326
7.1.8.3	Schutzmaßnahmen gegen Oberflächenwasser	336
7.1.8.4	Vorkehrungen gegen Hochwasser in Gebäuden	341
7.1.9	Hinweise zum Planungsablauf	346
7.1.9.1	Planungsablauf	346
7.1.9.2	Risikomanagement	349
7.1.9.3	Kosten-Nutzen-Aspekte	352
7.2	Organisations- und Verhaltensvorsorge	356
7.2.1	Einsatzkräfte	356
7.2.1.1	Struktur der Einsatzkräfte und Aufgabenverteilung	357
7.2.1.2	Verfügbarkeit und Ausbildungsstand der Einsatzkräfte	363
7.2.2	Einsatz- und Führungsorganisation	364
7.2.2.1	Einsatzorganisation	364
7.2.2.2	Führungsorganisation	364
7.2.2.3	Führungsvorgang	366
7.2.2.4	Hochwasservorschriften, Katastrophenschutzvorschriften	367
7.2.2.5	Alarmierung der Einsatzkräfte	370
7.2.2.6	Warnung der Bevölkerung (Hochwasserwarndienst, Hochwassermeldedienst)	371
7.2.2.7	Hochwassereinsätze – Routineeinsätze, besondere Einsätze	372
7.2.2.8	Bereitstellung von Ausrüstung	374
7.2.2.9	Organisations- und Verhaltensvorsorge der Hochwasserbetroffenen	377
7.2.2.10	Betreuung der Hochwasserbetroffenen und Einsatzkräfte	380
7.2.3	Medienarbeit	381
7.2.3.1	Allgemeine Hochwasserinformationen – Umwelteryherische Komponente	381
7.2.3.2	Pressearbeit – Pressezentrum	382
7.2.3.3	Information und Beratung der Gewässeranlieger	382
7.3	Maßnahmenmanagement	382
7.3.1	Hochwasserpegel	382
7.3.2	Entscheidungsfindung in der Hochwasserschutzzentrale	384
7.3.3	Routinemaßnahmen	385
7.3.3.1	Vor dem Hochwasser	385
7.3.3.2	Während des Hochwassers	388
7.3.3.3	Nach dem Hochwasser	390
7.3.4	Pumparbeiten, Deichverteidigung	391
7.3.4.1	Pumparbeiten in Gebäuden	391

7.3.4.2	Deichverteidigung	394
7.3.5	Allgemeine Verbesserungsvorschläge	402
8	Landschaftspflegerische Aspekte beim Hochwasserschutz	
	PETER JÜRGING	403
8.1	Natürliche Fließgewässer	403
8.1.1	Dynamische Ökosystembausteine	404
8.1.1.1	Abflussgeschehen	404
8.1.1.2	Feststoffhaushalt	405
8.1.1.3	Morphologie	405
8.1.1.4	Wasserqualität	406
8.1.1.5	Besiedelungsdynamik	406
8.1.1.6	Ökosystembausteine und Hochwasser	406
8.1.2	Biotische Faktoren	407
8.1.2.1	Nahrungskette	407
8.1.2.2	Organische Strukturen	408
8.1.2.3	Ökologische Durchgängigkeit (Fließgewässerkontinuum)	408
8.1.3	Landschaftsbild und Erlebniswert	409
8.2	Ausgebaute Fließgewässer	409
8.2.1	Dynamische Ökosystembausteine von Fließgewässer in urbanen Bereichen	410
8.2.2	Biotische Faktoren	412
8.2.3	Unterhaltung	413
8.2.4	Ortsbild und Erholungswert	416
8.3	Teillebensräume urbaner Fließgewässer	417
8.4	Stadtbild, Freizeit und Erholung	420
8.5	Gewässerpflege und Gewässerentwicklung	422
8.5.1	Revitalisierung zur Verbesserung des Lebensraumangebotes	422
8.5.1.1	Freies Fließwasser	423
8.5.1.2	Fließgewässersohle	425
8.5.1.3	Ufer und Uferstreifen	426
8.5.1.4	Deiche	428
8.5.1.5	Seitenbäche	429
8.5.1.6	Gesamtes Fließgewässer	430
8.5.2	Gerinneentlastungen	431
8.6	Pflege und Unterhaltung der Fließgewässer	434
8.6.1	Mechanische Unterhaltungsmethoden	435
8.6.1.1	Mähen	435
8.6.1.2	Krauten	436
8.6.1.3	Räumen	436
8.6.2	Biologische Unterhaltungsmethoden	437
8.6.2.1	Schafbeweidung	437
8.6.2.2	Konkurrenzstarke Pflanzen	438
8.6.3	Gehölzpflege	438
9	Hochwasserschäden	
	OLAF NIEKAMP	441
9.1	Quantifizierung von Hochwassergefahren	441
9.2	Hochwasserschadenspotenziale	442
9.2.1	Strukturierung der Nutzungsarten und Hochwasserschäden	444
9.2.2	Ableitung von Wasserstand-Schadens-Funktionen	447
9.2.3	Ableitung von Schadenspotenzialen	451

9.3	Kosten-Nutzen-Untersuchung	453
9.3.1	Finanzmathematische Grundlagen	455
9.3.2	Ökonomische Bewertung	457
10	Versicherung von Hochwasserschäden	
	WOLFGANG KRON	461
10.1	Schäden und Schadenpotenziale	461
10.2	Arten von Überschwemmungen	463
10.3	Gründe für zunehmende Überschwemmungsschäden	467
10.3.1	Siedlungspolitische Rahmenbedingungen	467
10.3.2	Verhalten der Betroffenen	470
10.3.3	Zunahme der Werte	470
10.3.4	Subjektives Risikobewusstsein	471
10.4	Die Risikopartnerschaft zwischen Staat, Betroffenen und Versicherungen 472	
10.4.1	Der Staat	472
10.4.2	Die Betroffenen	475
10.4.3	Die Versicherungen	477
10.5	Problem der Antiselektion	479
10.6	Prämienstruktur und Prämienkalkulation	481
10.7	Selbstbehalte	485
10.8	Modelle zur Gefährdungszonierung	487
10.8.1	Zonierungssystem für Flussüberschwemmungen	488
10.8.2	Zonierung für Witterungsniederschläge bzw. Sturzfluten	490
10.9	Kumulproblematik	492
10.9.1	Modell zur Überschwemmungskumul-Analyse	492
10.9.2	Kumulschadenzonen in Deutschland	493
10.10	Schadenregulierung	496
10.11	Schadenanalysen	498
10.12	Schadendatenbanken	499
10.13	Überschwemmungsversicherung in anderen Ländern	501
10.13.1	Frankreich	501
10.13.2	Schweiz	502
10.13.3	USA	502
11	Rechtliche Grundlagen des Hochwasserschutzes	
	KLAUS-DIETER FRÖHLICH	505
11.1	Vorsorgender Hochwasserschutz	505
11.1.1	Hochwasserschutz und räumliche Planung	506
11.1.2	Hochwasserschutz und Bauleitplanung	509
11.1.2.1	Hochwasserschutz in der Flächennutzungsplanung	511
11.1.2.2	Hochwasserschutz in der Bebauungsplanung	512
11.1.3	Hochwasserschutz im Bauordnungsrecht	514
11.1.3.1	Hochwasserschutz auf der Grundlage der bauordnungsrechtlichen Generalklausel	514
11.1.3.2	Spezielle Ermächtigungsnormen für Maßnahmen des Hochwasser- schutzes	514
11.1.3.3	Möglichkeit und Verpflichtung zur Regenwasserversickerung nach Bauordnungsrecht	515
11.1.4	Hochwasserschutz und Verkehrsanlagen	516
11.1.5	Wasserrechtliche Instrumente des Hochwasserschutzes	518

11.1.5.1	Festsetzung von Überschwemmungsgebieten	519
11.1.5.2	Die Pflicht zum Ausgleich der Hochwasserführung	523
11.1.5.3	Gewässerausbau sowie Deich- und Dammbauten	524
11.1.5.4	Dezentrale Regenwasserbeseitigung	524
11.1.6	Bodenschutzrecht und Hochwasserschutz	525
11.2	Hochwasserbekämpfung	526
11.2.1	Hochwassermelddienste, Hochwasserwarndienste	526
11.2.2	Wasserrechtliche Spezialvorschriften zur Hochwasserbekämpfung	526
11.2.3	Allgemeine rechtliche Regelungen der Gefahrenabwehr	527
11.2.3.1	Gesetz über den Feuerschutz und Hilfeleistung	527
11.2.3.2	Polizeigesetz	528
11.3	Hochwassernachsorge	529
 Literaturverzeichnis		 531
 DIN Normen		 549
 Rechtsnormen		 553
 Symbolverzeichnis		 555
 Abkürzungsverzeichnis		 561
 Bildnachweis		 563
 Glossar		 565
 Sachverzeichnis		 583