

H.-W. Partenscky

# Binnenverkehrs- wasserbau Schleusenanlagen

Mit 230 Abbildungen

Springer-Verlag  
Berlin Heidelberg New York Tokyo 1986

# Inhaltsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| 1. Einleitung   |    |
| 1.1 Allgemeines   | 1  |
| 1.2 Historische Entwicklung   | 6  |
| 2. Schleusenarten und Abmessungen   |    |
| 2.1 Grundrißformen  |    |
| 2.1.1 Kammerschleusen   | 13 |
| 2.1.2 Schachtschleusen  | 14 |
| 2.1.3 Zwillingschleusen   | 16 |
| 2.1.4 Kuppelschleusen   | 17 |
| 2.1.5 Schleusentreppen  | 18 |
| 2.1.6 Kesselschleusen und Kopfschleusen   | 22 |
| 2.1.7 Sparschleusen   | 24 |
| 2.1.8 Dockschleusen   | 30 |
| 2.1.9 Seeschleusen  | 32 |
| 2.2 Kammerabmessungen   | 33 |
| 2.2.1 Klassifizierung der europäischen Binnenwasserstraßen und Abmessungen der Transporteinheiten | 34 |
| 2.2.2 Länge und Breite der Kanalschleusen   | 38 |
| 2.3 Konstruktive Ausbildung der Kammerquerschnitte  | 39 |
| 2.4 Ausbildung der Schleusenhäupter   | 43 |
| 2.4.1 Ausbildungsformen für das Oberhaupt   | 44 |
| 2.4.1.1 Oberhaupt mit Hubsenktor  | 45 |
| 2.4.1.2 Oberhaupt mit Senktor   | 46 |
| 2.4.1.3 Oberhaupt mit Haken- oder Drehtor   | 47 |
| 2.4.1.4 Oberhaupt mit Klapptor  | 49 |
| 2.4.1.5 Oberhaupt mit Drehsegmenttor  | 50 |
| 2.4.1.6 Oberhaupt mit tiefliegendem Drempe  | 51 |

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| 2.4.1.7   | Oberhaupt mit Torumläufen   | 52  |
| 2.4.1.8   | Oberhaupt für andere Arten von Füllsystemen                       | 53  |
| 2.4.2     | Ausbildungsformen für das Unterhaupt                              | 55  |
| 2.5       | Blockunterteilung der Schleusenammer                              | 57  |
| 2.6       | Lastannahmen für die Bemessung der Schleusenammer und der Häupter | 59  |
| 2.7       | Ausrüstungen der Kammerwände                                      | 60  |
| 2.7.1     | Steigleitern  | 60  |
| 2.7.2     | Nischenpoller   | 63  |
| 2.7.3     | Kantenpoller  | 64  |
| 2.7.4     | Schwimmpoller   | 65  |
| 2.7.5     | Bremspoller   | 66  |
| 2.7.6     | Kantenschutz  | 69  |
| 2.7.7     | Scheuerleisten  | 69  |
| 2.7.8     | Geländer  | 70  |
| 2.8       | Stoßschutzeinrichtungen   |     |
| 2.8.1     | Allgemeines   | 71  |
| 2.8.2     | Arten der Stoßschutzeinrichtungen                                 | 72  |
| 2.8.2.1   | Elastisch gelagerte Konstruktionen am Tor                         | 73  |
| 2.8.2.2   | Feste und elastisch gelagerte Konstruktionen vor dem Tor          | 76  |
| 2.8.2.3   | Seilfanganlagen   | 77  |
| 2.8.2.3.1 | Seilfanganlagen mit beidseitiger Anordnung von Bremszylindern     | 78  |
| 2.8.2.3.2 | Seilfanganlagen mit einseitiger Anordnung eines Bremszylinders    | 83  |
| 2.8.2.4   | Fangnetz-Anlagen  | 85  |
| 2.8.2.5   | Druckbegrenzungs- und Drosselsysteme                              | 87  |
| 2.8.2.6   | Stoßschuttschwingen   | 89  |
| 2.9       | Ausbildung der Vorhäfen   | 91  |
| 2.9.1     | Einfahrtbereiche  | 93  |
| 2.9.2     | Liegeplätze   | 94  |
| 2.9.3     | Übergang zur Kanalstrecke   | 95  |
| 2.9.4     | Länge, Breite und Tiefe der Vorhäfen                              | 96  |
| 2.9.5     | Verhältnisse bei Flußschleusen                                    | 98  |
| 2.10      | Füll- und Entleerungssysteme                                      | 100 |
| 2.10.1    | Füllung durch das Obertor   | 102 |
| 2.10.2    | Füllung über Torumläufe   | 103 |

|  |     |
|--|-----|
| 2.10.3 Füllung über Längskanäle mit Stichkanälen                           | 105 |
| 2.10.4 Füllung über Grundläufe mit Stichkanälen                            | 108 |
| 2.10.5 Füllung über Zubringerkanäle und Füllbatterien                      | 111 |
| 2.10.5.1 Die Rhône-Schleuse Donzère-Mondragon/<br>Frankreich               | 114 |
| 2.10.5.2 Die Bay Springs Schleuse/USA                                      | 116 |
| 2.10.5.3 Die Ice Harbour und Lower Granite<br>Schleuse/USA                 | 117 |
| 2.10.5.4 Die Sobradinho Schleuse/Brasilien                                 | 121 |
| 2.10.5.5 Die Schleusen der Staustufe Geshouba/<br>VR China                 | 123 |
| 2.10.5.6 Weitere Schleusen großer Hubhöhen mit<br>modernen Füllsystemen    | 128 |
| 2.10.6 Entleerungssysteme  | 129 |
| 2.10.6.1 Entleerung durch das Untertor                                     | 130 |
| 2.10.6.2 Entleerung über Torumläufe  | 130 |
| 2.10.6.3 Entleerung über Längskanäle, Grundläufe<br>oder Entleerungskanäle | 131 |
| 2.11 Schleusentore   | 132 |
| 2.11.1 Stemmtore   | 134 |
| 2.11.2 Sektortore  | 137 |
| 2.11.3 Hubsenkto   |     |
| 2.11.3.1 Einteilige Hubsenkto  | 138 |
| 2.11.3.2 Zweiteilige Hubsenkto   | 142 |
| 2.11.4 Senkto  | 146 |
| 2.11.5 Klapptore und Drehtore  | 148 |
| 2.11.6 Hakentore   | 149 |
| 2.11.7 Drehsegmentto   | 150 |
| 2.11.8 Hubto   | 153 |
| 2.11.9 Hubdrehtore   | 156 |
| 2.11.10 Schiebetore  | 157 |
| 2.11.11 Segmentto  | 159 |
| 2.12 Verschlußorgane in Zu- und Ablaufkanälen                              | 160 |
| 2.12.1 Roll- und Rollkeilschütze   | 162 |
| 2.12.2 Gleitschütze  | 164 |
| 2.12.3 Segmentschütze  | 165 |
| 2.12.4 Zylinderschütze   | 167 |
| 2.12.5 Drosselklappen  | 168 |

|  |     |
|--|-----|
| 2.13 Notverschlüsse  | 168 |
| <br>   |     |
| 3. Trossenkräfte   |     |
| 3.1 Trossenausrüstung der Schiffe                                | 171 |
| 3.2 Festlegen der Schiffe während des Schleusungsvorganges       | 172 |
| 3.3 Berechnung der Trossenkräfte                                 |     |
| 3.3.1 Kraftwirkungen auf das schleusende Schiff                  | 173 |
| 3.3.2 Trossenkräfte ohne Berücksichtigung des Trossendurchhanges | 178 |
| 3.3.3 Trossenkräfte bei Berücksichtigung des Trossendurchhanges  | 181 |
| 3.3.4 Maßgebende Trossenkräfte                                   | 187 |
| 3.3.5 Zulässige Wasserspiegelneigungen                           | 192 |
| 3.4 Modelluntersuchungen an Schleusen                            | 194 |
| 3.4.1 Modellmaßstäbe und Übertragungskriterien                   | 194 |
| 3.4.2 Bestimmung der Trossenkräfte am Modell                     |     |
| <br>   |     |
| 4. Hydromechanische Vorgänge bei der Kammerfüllung               |     |
| 4.1 Füllung vom Oberhaupt  | 198 |
| 4.1.1 Berechnung des Füllvorganges mit hochliegendem Drempel     | 201 |
| 4.1.1.1 Berechnung der Füllphasen /109/                          | 202 |
| 4.1.1.2 Maximale Zuflußwassermenge                               | 209 |
| 4.1.1.3 Füllzeit der Kammer                                      | 209 |
| 4.1.1.4 Hub- und Zuflußmengenkurven                              | 210 |
| 4.1.1.5 Zulässige Freigabe des Füllquerschnittes                 | 211 |
| 4.1.2 Kammerfüllung mit tiefliegendem Drempel                    | 212 |
| 4.1.2.1 Berechnung der Füllphasen /109/                          | 213 |
| 4.1.2.2 Maximale Zuflußwassermenge                               | 215 |
| 4.1.2.3 Füllzeit der Kammer                                      | 216 |
| 4.1.2.4 Zulässige Freigabe des Füllquerschnittes                 | 217 |
| 4.2 Kammerfüllung über Längskanäle oder Grundläufe               | 217 |
| 4.2.1 Berechnung der Füllphasen                                  | 221 |
| 4.2.2 Maximaler Zufluß und Füllzeit der Kammer                   | 222 |
| 4.2.3 Zulässige Freigabe des Füllquerschnittes                   | 222 |

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 4.3     | Kammerfüllung über Zubringerkanäle mit Füllbatterien  | 223 |
| 4.3.1   | Hydraulisch ausgewogene Füllsysteme                   | 225 |
| 4.3.2   | Berechnung des Füllvorganges                          | 228 |
| 4.3.3   | Zulässige Freigabe des Füllquerschnittes              | 228 |
| 5.      | Entleerung der Schleusenammer                         |     |
| 5.1     | Allgemeines   | 231 |
| 5.2     | Berechnung des Entleerungsvorganges                   | 232 |
| 5.2.1   | Berechnung der Entleerungsphasen                      | 232 |
| 5.2.2   | Maximale Rückgabewassermenge                          | 234 |
| 5.2.3   | Entleerungszeit der Kammer                            | 234 |
| 6.      | Sparschleusen   |     |
| 6.1     | Allgemeines   | 235 |
| 6.2     | Füll- und Entleerungssysteme                          | 236 |
| 6.3     | Füll- und Entleerungsvorgänge                         | 244 |
| 6.3.1   | Vollkommene Beckenausspiegelung                       | 245 |
| 6.3.2   | Unvollkommene Beckenausspiegelung                     | 247 |
| 6.4     | Erreichbare Wasserersparnis                           | 249 |
| 6.4.1   | Vollkommene Beckenausspiegelung                       | 249 |
| 6.4.2   | Unvollkommene Beckenausspiegelung                     | 250 |
| 6.5     | Bestimmung der wirtschaftlichen Anzahl von Sparbecken |     |
| 6.5.1   | Allgemeines   | 252 |
| 6.5.2   | Grundlagen der Berechnung                             |     |
| 6.5.2.1 | Verlustwassermengen je Schließvorgang                 | 253 |
| 6.5.2.2 | Mittlerer Wasserverbrauch                             | 253 |
| 6.5.2.3 | Erforderliche Förderleistung der Pumpen               | 254 |
| 6.5.2.4 | Zu installierende Pumpenleistung                      | 256 |
| 6.5.2.5 | Erforderliche Jahresarbeit der Pumpen                 | 256 |
| 6.5.2.6 | Kosten für die Sparbecken- und Pumpenanlage           | 257 |
| 6.5.2.7 | Abschreibung und Verzinsung                           | 258 |
| 6.5.2.8 | Betriebskosten für die Pumpenanlage                   | 259 |
| 6.5.3   | Jährliche Gesamtaufwendungen                          | 259 |
| 6.5.4   | Wasserwirtschaftliche Untersuchungen                  | 261 |

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| 6.6       | Berechnung des Füllvorganges  |     |
| 6.6.1     | Definition der Füllphasen   | 263 |
| 6.6.2     | Füllung aus einem Sparbecken  |     |
| 6.6.2.1   | Unvollkommene Ausspiegelung   | 265 |
| 6.6.2.2   | Vollkommene Ausspiegelung   | 271 |
| 6.6.3     | Gesamtfüllzeit der Schleusenammer   | 272 |
| 6.6.4     | Hub- und Zuflußmengenkurve  | 273 |
| 6.7       | Berechnung des Entleerungsvorganges                                       | 274 |
| 6.8       | Möglichkeiten der Füllzeitverkürzung                                      |     |
| 6.8.1     | Unvollkommene Beckenausspiegelung   | 275 |
| 6.8.2     | Vergrößerung der Sparbeckenfläche   | 277 |
| 6.9       | Erreichbare Hub- und Senkgeschwindigkeiten während des Schleusenvorganges | 280 |
| 6.10      | Ausfall einzelner Sparbecken oder Schütze                                 | 282 |
| 6.10.1    | Füll- und Entleerungssystem nach Variante A                               | 282 |
| 6.10.2    | Füll- und Entleerungssystem nach Variante B                               | 283 |
| 6.10.3    | Füll- und Entleerungssystem nach Variante C                               | 285 |
| 6.10.4    | Anzahl der möglichen Störfälle  | 286 |
| 6.11      | Ausgeführte Anlagen   | 288 |
| 6.11.1    | Sparschleuse Uelzen am Elbe-Seitenkanal/BRD                               |     |
| 6.11.1.1  | Allgemeines   | 289 |
| 6.11.1.2  | Ausbildung der Schleuse   | 291 |
| 6.11.1.3  | Konstruktion der Schleusenammer   | 295 |
| 6.11.1.4  | Lastannahmen  | 296 |
| 6.11.1.5  | Ausbildung der Schleusenhäupter   | 297 |
| 6.11.1.6  | Pumpenanlage  | 301 |
| 6.11.1.7  | Poller und Haltekreuze  | 301 |
| 6.11.1.8  | Ausbildung der Schleusenvorhöfen  | 303 |
| 6.11.1.9  | Füll- und Entleerungsvorgänge   | 304 |
| 6.11.1.10 | Wasserersparnis   | 308 |
| 6.11.1.11 | Leistungsfähigkeit der Schleuse   | 308 |
| 6.11.2    | Die Sparschleusen des Main-Donau-Kanals                                   |     |
| 6.11.2.1  | Trasse und Linienführung des Kanals                                       | 311 |
| 6.11.2.2  | Kanalquerschnitt und Schleusenabmessungen                                 | 313 |
| 6.11.2.3  | Wasserwirtschaft des Kanals   | 314 |
| 6.11.2.4  | Ausbildung der Pumpwerke und Leerschüsse                                  | 316 |
| 6.11.2.5  | Konstruktionsprinzip der Schleusen  | 318 |

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| 6.11.2.6    | Das Füll- und Entleerungssystem der Sparschleusen | 321 |
| 6.11.2.7    | Ausrüstung der Schleusen                          | 324 |
| 6.11.2.8    | Ausbildung der Vorhäfen                           | 324 |
| 6.11.2.9    | Leistungsfähigkeit der Schleusen                  | 325 |
| 6.11.2.10   | Die Sparschleuse Eckersmühlen am Main-Donau-Kanal |     |
| 6.11.2.10.1 | Konstruktive Ausbildung der Schleuse              | 326 |
| 6.11.2.10.2 | Füll- und Entleerungsvorgänge                     | 329 |
| 6.11.2.10.3 | Wasserersparnis                                   | 331 |

## 7. Leistungsfähigkeit von Schiffsschleusen

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 7.1   | Theoretische und praktische Tonnagekapazität  | 333 |
| 7.2   | Möglichkeiten und Grenzen für die Erhöhung der Leistungsfähigkeit einer Schleusenanlage | 335 |
| 7.2.1 | Steuerung des Verkehrsablaufes  | 335 |
| 7.2.2 | Möglichkeiten zur Verkürzung der Schleusungszeiten                                      | 337 |
| 7.2.3 | Zulässige sekundliche Freigabe der Füll- und Entleerungsquerschnitte                    | 339 |
| 7.2.4 | Erreichbare mittlere Steiggeschwindigkeiten des Kammerwasserspiegels                    | 340 |
| 7.2.5 | Bemessung des Füllquerschnittes   | 344 |

## 8. Verhältnisse in den Schleusenvorhäfen

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 8.1   | Schwall- und Sunkerscheinungen in den Vorhäfen             |     |
| 8.1.1 | Entnahmesunk   | 348 |
| 8.1.2 | Rückgabeschwall  | 351 |
| 8.2   | Trossenbelastungen von wartenden Schiffen                  | 351 |
| 8.3   | Zulässige Zunahme der Füll- und Entleerungswassermenge     | 353 |
| 8.4   | Erforderlicher Vorhafenquerschnitt                         | 353 |
| 8.5   | Begrenzung der maximalen Entnahme- und Rückgabewassermenge | 354 |
| 8.6   | Querströmungen   | 355 |

## 9. Hochwasserableitung durch Fluss-Schleusen

|     |                            |     |
|-----|----------------------------|-----|
| 9.1 | Allgemeines                | 357 |
| 9.2 | Erreichbare Abflußleistung | 358 |

|   |     |
|---|-----|
| 9.3 Ausbildung der Schleusentore                                    | 361 |
| 9.4 Steuerungs- und Sicherungsmaßnahmen bei der Hochwasserableitung | 362 |
| 10. Berechnungsbeispiele  | 366 |
| 10.1 Entwurf einer Kanalschleuse                                    | 366 |
| 10.1.1 Wahl des Füll- und Entleerungssystems                        | 366 |
| 10.1.2 Berechnung des Füll- und Entleerungsvorganges                | 367 |
| 10.1.3 Verhältnisse in den Vorhäfen                                 | 369 |
| 10.2 Entwurf einer Flußschleuse                                     | 370 |
| 10.2.1 Wahl des Füll- und Entleerungssystems                        | 370 |
| 10.2.2 Berechnung des Füll- und Entleerungsvorganges                | 370 |
| 10.3 Entwurf einer Sparschleuse                                     | 372 |
| 10.3.1 Wahl des Füll- und Entleerungssystems                        | 372 |
| 10.3.2 Berechnung des Füll- und Entleerungsvorganges                | 373 |
| 10.3.3 Verhältnisse in den Vorhäfen                                 | 374 |
| 10.3.4 Ausfall einzelner Schütze oder Sparbecken                    | 374 |
| 11. Literaturverzeichnis  | 375 |
| 12. Autorenverzeichnis  | 389 |
| 13. Verwendete Symbole und Abkürzungen                              | 392 |
| 14. Mass-Systeme und Umrechnungsfaktoren                            | 401 |
| 15. Sachverzeichnis   | 402 |