

# Inhaltsverzeichnis

|          |                                                                                     |    |          |                                                                                |    |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|----------|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1</b> | <b>Einführung</b> . . . . .                                                         | 1  | 4.4.3    | Konstruktion von Rechen- und Rostsperrern . . . . .                            | 40 |
| <b>2</b> | <b>Wildbachsystematik</b> . . . . .                                                 | 4  | 4.5      | Bauwerke zum Brechen und Bremsen von Muren . . . . .                           | 43 |
| 2.1      | Wildbacheinzugsgebiet . . . . .                                                     | 4  | 4.5.1    | Konstruktion von Murbrechern . . . . .                                         | 43 |
| 2.1.1    | Sammelgebiet . . . . .                                                              | 4  | 4.5.2    | Konstruktion von Murabsturzbauwerken . . . . .                                 | 45 |
| 2.1.2    | Ablagerungsgebiet . . . . .                                                         | 4  | 4.5.3    | Konstruktion von Netzsperrern zum Bremsen von Muren . . . . .                  | 45 |
| 2.1.3    | Umlagerungsstrecke . . . . .                                                        | 5  | 4.6      | Konstruktion von Sperren gegen Hangdruck (Bergdruck) . . . . .                 | 46 |
| 2.2      | Wildbachtypen . . . . .                                                             | 7  | 4.7      | Konstruktion von Bauwerken für die Filterung (Rückhalt) von Wildholz . . . . . | 48 |
| 2.2.1    | Zeitliche Entwicklung der Geschiebeherde . . . . .                                  | 7  | 4.8      | Stauration von Retentions- und Dosiersperren . . . . .                         | 49 |
| 2.2.2    | Maßgeblicher Verlagerungsprozess . . . . .                                          | 7  | 4.9      | Konstruktion der Bauteile von Sperren . . . . .                                | 50 |
| 2.2.3    | Entwicklungstendenz der Geschiebeherde und Beeinflussbarkeit . . . . .              | 7  | 4.9.1    | Abflusssektion und Sperrenkrone . . . . .                                      | 50 |
| 2.2.4    | Klassifikation entsprechend der morphologischen Charakteristik . . . . .            | 7  | 4.9.2    | Fundament . . . . .                                                            | 52 |
| 2.2.5    | Ereignishäufigkeit . . . . .                                                        | 10 | 4.9.3    | Balken- und Rechenkonstruktionen . . . . .                                     | 53 |
| 2.3      | Prozesse in Wildbacheinzugsgebieten . . . . .                                       | 10 | 4.9.4    | Vorfeldmauern, Pfeiler . . . . .                                               | 54 |
| 2.3.1    | Abtragsprozesse in Wildbächen . . . . .                                             | 10 | 4.9.5    | Tosbecken und Kollsicherung . . . . .                                          | 55 |
| 2.3.2    | Verlagerungsprozesse in Wildbächen . . . . .                                        | 13 | 4.9.6    | Sperrenöffnungen . . . . .                                                     | 55 |
| 2.3.3    | Ablagerungsprozesse in Wildbächen . . . . .                                         | 15 | 4.9.6.1  | Kleine Öffnungen in Stahlbetonplatten . . . . .                                | 57 |
| 2.3.4    | Charakteristische Kennwerte von Prozessen in Wildbacheinzugsgebieten . . . . .      | 17 | 4.9.6.2  | Große Öffnungen in Stahlbetonplatten . . . . .                                 | 57 |
| 2.3.5    | Wildholz . . . . .                                                                  | 18 | 4.9.6.3  | Öffnungen in Gewichtsmauern . . . . .                                          | 58 |
| 2.3.6    | Bewegungen der Einhänge . . . . .                                                   | 18 | 4.9.6.4  | Öffnungen in Bogenmauern . . . . .                                             | 59 |
| 2.3.6.1  | Talzus Schub . . . . .                                                              | 18 | 4.9.7    | Bauwerksfugen . . . . .                                                        | 60 |
| 2.3.6.2  | Rutschungen . . . . .                                                               | 20 | 4.9.7.1  | Arbeitsfugen . . . . .                                                         | 61 |
| 2.3.6.3  | Beurteilung der Massenbewegung . . . . .                                            | 21 | 4.9.7.2  | Bewegungsfugen . . . . .                                                       | 65 |
| 2.3.6.4  | Auswirkungen auf Bauwerke . . . . .                                                 | 21 | 4.9.7.3  | Abdichtungssysteme . . . . .                                                   | 67 |
| <b>3</b> | <b>Systematik der Schutzbauwerke</b> . . . . .                                      | 24 | 4.10     | Konstruktion von Längsbauwerken . . . . .                                      | 68 |
| 3.1      | Allgemeines . . . . .                                                               | 24 | 4.11     | Ingenieurbauologische Bauweisen . . . . .                                      | 70 |
| 3.2      | Klassifizierungsgrundsätze . . . . .                                                | 24 | 4.12     | Werkstoffe . . . . .                                                           | 72 |
| 3.2.1    | Wirkungen der Wildbachschutzbauwerke (Funktionstypen) . . . . .                     | 24 | 4.12.1   | Konstruktionsbeton . . . . .                                                   | 72 |
| 3.2.2    | Systematik der Wildbachschutzbauwerke . . . . .                                     | 26 | 4.12.1.1 | Expositionsklassen . . . . .                                                   | 72 |
| 3.2.3    | Klassifizierung von Wildbachsperrern . . . . .                                      | 29 | 4.12.1.2 | Chemischer Angriff . . . . .                                                   | 73 |
| <b>4</b> | <b>Entwurf und Konstruktion von Schutzbauwerken</b> . . . . .                       | 34 | 4.12.1.3 | Hydroabrasivverschleiß . . . . .                                               | 74 |
| 4.1      | Allgemeines . . . . .                                                               | 34 | 4.12.1.4 | Betondeckung . . . . .                                                         | 74 |
| 4.2      | Konstruktionsregeln für einfache Querbauwerke (Sperren) . . . . .                   | 34 | 4.12.1.5 | In der Baupraxis eingesetzte Konstruktionsbetone . . . . .                     | 77 |
| 4.3      | Konsolidierungssperren und Staffellungen . . . . .                                  | 35 | 4.12.2   | Stahl . . . . .                                                                | 77 |
| 4.4      | Großdolige und kronenoffene Sperrenbauwerke mit Dosier- und Filterwirkung . . . . . | 37 | 4.12.3   | Holz . . . . .                                                                 | 77 |
| 4.4.1    | Konstruktion von Schlitzsperrern . . . . .                                          | 38 | 4.12.4   | Naturstein . . . . .                                                           | 77 |
| 4.4.2    | Konstruktion von Balkensperren . . . . .                                            | 39 | 4.12.5   | Kunststoffe . . . . .                                                          | 78 |
|          |                                                                                     |    | 4.12.6   | Pflanzen . . . . .                                                             | 78 |
|          |                                                                                     |    | 4.12.7   | Kombination von Baustoffen . . . . .                                           | 78 |
|          |                                                                                     |    | 4.13     | Ökologische Aspekte für die Konstruktion von Querbauwerken . . . . .           | 79 |
|          |                                                                                     |    | 4.14     | Ästhetische Aspekte für die Konstruktion von Querbauwerken . . . . .           | 80 |
|          |                                                                                     |    | 4.15     | Errichtung und Bauausführung . . . . .                                         | 80 |

|          |                                                              |            |          |                                                                                     |            |
|----------|--------------------------------------------------------------|------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.15.1   | Baustellenerschließung . . . . .                             | 80         | 6.1.1.2  | Fließgleichungen für Wildbach-<br>gerinne . . . . .                                 | 108        |
| 4.15.2   | Baustellenorganisation . . . . .                             | 81         | 6.1.1.3  | Beschreibung des Abfluss-<br>verhaltens . . . . .                                   | 111        |
| 4.15.2.1 | Gut erschließbare Baustellen . . . . .                       | 81         | 6.1.1.4  | Bemessung von Veränderungen<br>im Abflussprofil . . . . .                           | 111        |
| 4.15.2.2 | Schwer erschließbare Baustellen . . . . .                    | 82         | 6.1.1.5  | Bemessung von Krümmungen . . . . .                                                  | 112        |
| 4.15.3   | Nachbehandlung von Beton-<br>bauwerken . . . . .             | 82         | 6.1.2    | Bemessung des Geschiebe-<br>transportes im Gerinne . . . . .                        | 112        |
| <b>5</b> | <b>Bemessungs- und Berechnungs-<br/>grundlagen . . . . .</b> | <b>85</b>  | 6.1.2.1  | Fluviatiler Feststofftransport . . . . .                                            | 112        |
| 5.1      | Hydrologische Grundlagen . . . . .                           | 85         | 6.1.2.2  | Murartiger Geschiebetransport . . . . .                                             | 115        |
| 5.1.1    | Methoden . . . . .                                           | 85         | 6.2      | Hydraulische Bemessung von<br>Querbauwerken . . . . .                               | 118        |
| 5.1.2    | Bestimmung der Verlagerungs-<br>prozesse . . . . .           | 86         | 6.2.1    | Bemessung der Überfalls . . . . .                                                   | 118        |
| 5.1.3    | Abschätzung des Abflusses . . . . .                          | 87         | 6.2.2    | Bemessung des Tosbeckens und<br>des Sperrenkolks . . . . .                          | 121        |
| 5.1.3.1  | Niederschlag . . . . .                                       | 87         | 6.2.3    | Abfluss aus Sperrenöffnungen . . . . .                                              | 122        |
| 5.1.3.2  | Abfluss . . . . .                                            | 89         | 6.2.4    | Bemessung des Stauraums<br>(Speicherkapazität) für die<br>Feststofffracht . . . . . | 122        |
| 5.1.3.3  | Hydrologische Modelle . . . . .                              | 89         | <b>7</b> | <b>Statische Berechnung und<br/>Bemessung . . . . .</b>                             | <b>123</b> |
| 5.1.4    | Abschätzung der Geschiebefracht . . . . .                    | 90         | 7.1      | Normative Berechnungs- und<br>Bemessungsgrundlagen . . . . .                        | 123        |
| 5.1.5    | Abschätzung von Murfrachten . . . . .                        | 92         | 7.1.1    | Äußere Standsicherheit . . . . .                                                    | 123        |
| 5.2      | Geotechnische Grundlagen . . . . .                           | 92         | 7.1.2    | Innere Standsicherheit . . . . .                                                    | 124        |
| 5.2.1    | Grenz- und Zwischenwerte des<br>Erddrucks . . . . .          | 92         | 7.2      | Sicherheitskonzept und<br>Nachweise . . . . .                                       | 124        |
| 5.2.2    | Grundwerte für die Berechnung<br>des Erddrucks . . . . .     | 95         | 7.2.1    | Teilsicherheitskonzept . . . . .                                                    | 124        |
| 5.2.2.1  | Bodenkennwerte . . . . .                                     | 95         | 7.2.1.1  | Charakteristischer Wert . . . . .                                                   | 124        |
| 5.2.2.2  | Wandreibungswinkel . . . . .                                 | 95         | 7.2.2    | Grenzzustände . . . . .                                                             | 125        |
| 5.2.3    | Erddruckberechnung . . . . .                                 | 96         | 7.2.2.1  | Grenzzustand des Verlustes der<br>Lagesicherheit GZ 1A . . . . .                    | 125        |
| 5.2.3.1  | Mindesterddruck . . . . .                                    | 97         | 7.2.2.2  | Grenzzustand des Versagens von<br>Bauwerken oder Bauteilen GZ 1B . . . . .          | 125        |
| 5.2.4    | Sonderformen des Erddrucks . . . . .                         | 97         | 7.2.2.3  | Grenzzustand des Verlustes der<br>Gesamtstandsicherheit GZ 1C . . . . .             | 125        |
| 5.2.4.1  | Erdruhedruck . . . . .                                       | 97         | 7.2.2.4  | Gebrauchstauglichkeit GZ 2 . . . . .                                                | 125        |
| 5.2.4.2  | Erhöhter aktiver Erddruck . . . . .                          | 97         | 7.2.3    | Bemessungswert . . . . .                                                            | 126        |
| 5.2.4.3  | Siloerddruck . . . . .                                       | 97         | 7.2.4    | Geotechnische Kategorien (GK) . . . . .                                             | 126        |
| 5.2.4.4  | Verminderter passiver Erddruck . . . . .                     | 97         | 7.2.5    | Einwirkungen . . . . .                                                              | 127        |
| 5.2.4.5  | Kriechdruck . . . . .                                        | 97         | 7.2.6    | Widerstände . . . . .                                                               | 128        |
| 5.3      | Einwirkungen . . . . .                                       | 98         | 7.2.7    | Einwirkungskombinationen . . . . .                                                  | 129        |
| 5.3.1    | Eigengewicht . . . . .                                       | 98         | 7.2.8    | Sicherheitsklassen . . . . .                                                        | 130        |
| 5.3.2    | Wasserdruck . . . . .                                        | 98         | 7.2.9    | Lastfälle . . . . .                                                                 | 130        |
| 5.3.2.1  | Ruhender (hydrostatischer)<br>Wasserdruck . . . . .          | 99         | 7.2.10   | Nachweise . . . . .                                                                 | 131        |
| 5.3.2.2  | Dynamischer Wasserdruck aus<br>Gerinneabfluss . . . . .      | 99         | 7.2.10.1 | Kippen (GZ 1A) . . . . .                                                            | 131        |
| 5.3.2.3  | Strömender Wasserdruck durch<br>den Boden . . . . .          | 100        | 7.2.10.2 | Hydraulischer Grundbruch und<br>Auftriebsbruch (Aufschwimmen;<br>GZ 1A) . . . . .   | 132        |
| 5.3.2.4  | Wasserauflast . . . . .                                      | 101        | 7.2.10.3 | Grundbruch (GZ 1B) . . . . .                                                        | 133        |
| 5.3.2.5  | Wasserdruck vom Unterwasser . . . . .                        | 101        | 7.2.10.4 | Gleiten (GZ 1B) . . . . .                                                           | 133        |
| 5.3.2.6  | Sohlwasserdruck (Auftrieb) . . . . .                         | 101        | 7.2.10.5 | Spannungsnachweise im Bauteil<br>(GZ 1B – innere Standsicherheit) . . . . .         | 134        |
| 5.3.3    | Erddruck . . . . .                                           | 101        | 7.2.10.6 | Stabilitätsnachweise im Bauteil<br>(GZ 1B – innere Standsicherheit) . . . . .       | 134        |
| 5.3.4    | Talzus Schub . . . . .                                       | 101        | 7.2.10.7 | Geländebruchsicherheit (GZ 1C) . . . . .                                            | 134        |
| 5.3.5    | Dynamischer Murdruck . . . . .                               | 102        | 7.2.10.8 | Nachweis der Gebrauchstaug-<br>lichkeit (GZ 2) . . . . .                            | 134        |
| 5.3.6    | Lawinendruck . . . . .                                       | 104        |          |                                                                                     |            |
| 5.3.7    | Andere Lastwirkungen auf<br>Schutzbauwerke . . . . .         | 106        |          |                                                                                     |            |
| <b>6</b> | <b>Hydraulische Bemessung . . . . .</b>                      | <b>106</b> |          |                                                                                     |            |
| 6.1      | Bemessung des Abflusses im<br>Gerinne . . . . .              | 106        |          |                                                                                     |            |
| 6.1.1    | Hydraulische Bemessung des<br>Reinwasserabflusses . . . . .  | 106        |          |                                                                                     |            |
| 6.1.1.1  | Abfluss und Wasserbewegung im<br>Wildbach . . . . .          | 106        |          |                                                                                     |            |

|         |                                                                                          |     |          |                                                                       |     |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----------|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.3     | Einwirkungskombinationen für Wildbachsperrn . . . . .                                    | 135 | 7.8      | Hybridmauern . . . . .                                                | 171 |
| 7.3.1   | Einwirkungskombinationen mit Beanspruchungen aus fluviatilen Verlagerungsarten . . . . . | 135 | 7.8.1    | Allgemeines . . . . .                                                 | 171 |
| 7.3.2   | Einwirkungskombinationen mit Beanspruchungen aus murartigen Verlagerungsarten . . . . .  | 135 | 7.8.2    | Berechnung und Bemessung . . . . .                                    | 172 |
| 7.3.3   | Kombinationen und Sonderlastfälle . . . . .                                              | 139 | 7.8.3    | Beispiele . . . . .                                                   | 173 |
| 7.4     | Statische Systeme von Schutzbauwerken . . . . .                                          | 139 | 7.8.3.1  | Schlitzsperre mit Hybridquerschnitt . . . . .                         | 173 |
| 7.5     | Gewichtssperren . . . . .                                                                | 143 | 7.8.3.2  | Konsolidierungssperre mit Hybridquerschnitt . . . . .                 | 173 |
| 7.5.1   | Allgemeines . . . . .                                                                    | 143 | 7.8.3.3  | Wasserdosiersperre mit Hybridquerschnitt . . . . .                    | 175 |
| 7.5.2   | Gewichtssperren in Konstruktionsbeton . . . . .                                          | 144 | 7.9      | Winkelstützmauern . . . . .                                           | 175 |
| 7.5.3   | Vorgespannte Betongewichtssperre . . . . .                                               | 144 | 7.9.1    | Allgemeines . . . . .                                                 | 175 |
| 7.5.4   | Steinsperre . . . . .                                                                    | 144 | 7.9.2    | Vorbemessung . . . . .                                                | 177 |
| 7.5.4.1 | Trockenmauern (Zyklopenmauern) . . . . .                                                 | 145 | 7.9.3    | Berechnung und Bemessung . . . . .                                    | 177 |
| 7.5.4.2 | Zementmörtelmauerwerk . . . . .                                                          | 145 | 7.9.3.1  | Äußere Standsicherheit . . . . .                                      | 177 |
| 7.5.5   | Holzkastensperren . . . . .                                                              | 145 | 7.9.3.2  | Innere Standsicherheit . . . . .                                      | 178 |
| 7.5.5.1 | Einwandige Holzkastensperren . . . . .                                                   | 145 | 7.9.4    | Konstruktive Durchbildung . . . . .                                   | 180 |
| 7.5.5.2 | Doppelwandige Holzkastensperren . . . . .                                                | 145 | 7.10     | Pfeilerplattensperre . . . . .                                        | 180 |
| 7.5.5.3 | Dreiwandige Holzkastensperren . . . . .                                                  | 149 | 7.10.1   | Allgemeines . . . . .                                                 | 180 |
| 7.5.6   | Drahtschottersperren (Drahtsteinkörbe, Gabionensperren) . . . . .                        | 149 | 7.10.2   | Sperre mit wasserseitigen Stützpfeilern . . . . .                     | 181 |
| 7.5.7   | Berechnung und Bemessung . . . . .                                                       | 150 | 7.10.3   | Sperre mit luftseitigen Stützpfeilern . . . . .                       | 181 |
| 7.5.7.1 | Äußere Standsicherheit . . . . .                                                         | 150 | 7.10.4   | Berechnung und Bemessung . . . . .                                    | 181 |
| 7.5.7.2 | Innere Standsicherheit . . . . .                                                         | 150 | 7.10.4.1 | Äußere Standsicherheit . . . . .                                      | 181 |
| 7.6     | Gewölbesperren (Bogensperren) . . . . .                                                  | 152 | 7.10.4.2 | Innere Standsicherheit . . . . .                                      | 182 |
| 7.6.1   | Allgemeines . . . . .                                                                    | 152 | 7.10.5   | Konstruktive Durchbildung . . . . .                                   | 182 |
| 7.6.1.1 | Kämpferverbreiterungen . . . . .                                                         | 154 | 7.10.6   | Ausgeführte Beispiele . . . . .                                       | 183 |
| 7.6.1.2 | Sperrenflügel . . . . .                                                                  | 155 | 7.10.6.1 | Pfeilerplattensperre mit wasserseitigen Streben . . . . .             | 183 |
| 7.6.2   | Vorbemessung . . . . .                                                                   | 156 | 7.11     | Aufgelöste Tragsysteme . . . . .                                      | 183 |
| 7.6.3   | Berechnung und Bemessung . . . . .                                                       | 156 | 7.11.1   | Massenaktive aufgelöste Tragwerke . . . . .                           | 183 |
| 7.6.3.1 | Lastfälle und Berechnungsansätze . . . . .                                               | 156 | 7.11.2   | Vektoraktive aufgelöste Tragwerke . . . . .                           | 185 |
| 7.6.3.2 | Bemessungsverfahren mit Bogenlamellen . . . . .                                          | 157 | 7.11.2.1 | Gittersperren . . . . .                                               | 185 |
| 7.6.3.3 | Ringformel . . . . .                                                                     | 157 | 7.11.2.2 | Netzsperrn . . . . .                                                  | 188 |
| 7.6.3.4 | Bemessungsverfahren mit Trägerrost . . . . .                                             | 159 | 7.11.3   | Berechnung und Bemessung . . . . .                                    | 188 |
| 7.6.3.5 | Verfahren mit FE-Methode . . . . .                                                       | 162 | 7.11.3.1 | Massenaktive aufgelöste Tragwerke . . . . .                           | 189 |
| 7.6.4   | Konstruktive Durchbildung . . . . .                                                      | 163 | 7.11.3.2 | Gittersperren . . . . .                                               | 189 |
| 7.6.4.1 | Blockfugen . . . . .                                                                     | 163 | 7.11.3.3 | Netzsperrn . . . . .                                                  | 189 |
| 7.6.5   | Ausgeführte Beispiele . . . . .                                                          | 165 | 7.11.4   | Konstruktive Durchbildung . . . . .                                   | 189 |
| 7.6.5.1 | Gewölbesperre . . . . .                                                                  | 165 | 7.11.5   | Beispiele . . . . .                                                   | 190 |
| 7.6.5.2 | Gewölbesperre mit Kämpferverbreiterung . . . . .                                         | 165 | 7.11.5.1 | Massenaktives aufgelöstes Tragsystem mit Scheiben . . . . .           | 190 |
| 7.7     | Einfache Plattensperre . . . . .                                                         | 165 | 7.11.5.2 | Massenaktives aufgelöstes Tragsystem mit Scheiben . . . . .           | 191 |
| 7.7.1   | Allgemeines . . . . .                                                                    | 165 | 7.11.5.3 | Massenaktives aufgelöstes Tragsystem mit schlanken Pfeilern . . . . . | 192 |
| 7.7.2   | Berechnung und Bemessung . . . . .                                                       | 166 | 7.11.5.4 | Kombiniertes massen- und vektoraktives System . . . . .               | 193 |
| 7.7.2.1 | Plattentafeln . . . . .                                                                  | 166 | 7.11.5.5 | Biegeweiches vektoraktives aufgelöstes Tragsystem . . . . .           | 194 |
| 7.7.3   | Konstruktive Durchbildung . . . . .                                                      | 168 |          |                                                                       |     |
| 7.7.3.1 | Rechteckplatten . . . . .                                                                | 168 | 8        | <b>Erhaltung und Lebensdauer von Schutzbauwerken</b> . . . . .        | 195 |
| 7.7.3.2 | Dreiseitig frei drehbar gelagerte Trapezplatten . . . . .                                | 169 | 9        | <b>Ausblick und Danksagung</b> . . . . .                              | 199 |
| 7.7.3.3 | Dreiseitig eingespannte Trapezplatten . . . . .                                          | 171 | 10       | <b>Literatur</b> . . . . .                                            | 199 |
| 7.7.4   | Beispiele . . . . .                                                                      | 171 |          |                                                                       |     |
| 7.7.4.1 | Einfache Plattensperre . . . . .                                                         | 171 |          |                                                                       |     |

