

# 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	Stauraum 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 Kalksicherung . . . . .	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	Ingenieurbioologische 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 Staffelungen . . . . .	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- gerinne . . . . .	108
4.15.2	Baustellenorganisation . . . . .	81	6.1.1.3	Beschreibung des Abfluss- verhaltens . . . . .	111
4.15.2.1	Gut erschließbare Baustellen . . . . .	81	6.1.1.4	Bemessung von Veränderungen 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- bauwerken . . . . .	82	6.1.2	Bemessung des Geschiebe- transportes im Gerinne . . . . .	112
<b>5</b>	<b>Bemessungs- und Berechnungs- 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 Querbauwerken . . . . .	118
5.1.2	Bestimmung der Verlagerungs- prozesse . . . . .	86	6.2.1	Bemessung der Überfalls . . . . .	118
5.1.3	Abschätzung des Abflusses . . . . .	87	6.2.2	Bemessung des Tosbeckens und 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 (Speicherkapazität) für die Feststofffracht . . . . .	122
5.1.3.3	Hydrologische Modelle . . . . .	89	<b>7</b>	<b>Statische Berechnung und Bemessung . . . . .</b>	<b>123</b>
5.1.4	Abschätzung der Geschiebefracht . . . . .	90	7.1	Normative Berechnungs- und 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 Erddrucks . . . . .	92	7.2	Sicherheitskonzept und Nachweise . . . . .	124
5.2.2	Grundwerte für die Berechnung 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 Lagesicherheit GZ 1A . . . . .	125
5.2.3.1	Mindsterddruck . . . . .	97	7.2.2.2	Grenzzustand des Versagens von Bauwerken oder Bauteilen GZ 1B . . . . .	125
5.2.4	Sonderformen des Erddrucks . . . . .	97	7.2.2.3	Grenzzustand des Verlustes der 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) Wasserdruck . . . . .	99	7.2.10	Nachweise . . . . .	131
5.3.2.2	Dynamischer Wasserdruck aus Gerinneabfluss . . . . .	99	7.2.10.1	Kippen (GZ 1A) . . . . .	131
5.3.2.3	Strömender Wasserdruck durch den Boden . . . . .	100	7.2.10.2	Hydraulischer Grundbruch und Auftriebsbruch (Aufschwimmen; 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 (GZ 1B – innere Standsicherheit) . . . . .	134
5.3.3	Erddruck . . . . .	101	7.2.10.6	Stabilitätsnachweise im Bauteil (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- lichkeit (GZ 2) . . . . .	134
5.3.6	Lawinendruck . . . . .	104			
5.3.7	Andere Lastwirkungen auf Schutzbauwerke . . . . .	106			
<b>6</b>	<b>Hydraulische Bemessung . . . . .</b>	<b>106</b>			
6.1	Bemessung des Abflusses im Gerinne . . . . .	106			
6.1.1	Hydraulische Bemessung des Reinwasserabflusses . . . . .	106			
6.1.1.1	Abfluss und Wasserbewegung im 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, Gabionsperren) . . . . .	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	<b>8</b>	<b>Erhaltung und Lebensdauer von Schutzbauwerken . . . . .</b>	<b>195</b>
7.7.3.2	Dreieitig frei drehbar gelagerte Trapezplatten . . . . .	169	<b>9</b>	<b>Ausblick und Danksagung . . . . .</b>	<b>199</b>
7.7.3.3	Dreieitig eingespannte Trapezplatten . . . . .	171	<b>10</b>	<b>Literatur . . . . .</b>	<b>199</b>
7.7.4	Beispiele . . . . .	171			
7.7.4.1	Einfache Plattensperre . . . . .	171			

