

ANHANG 1

Spezifizierung der Parameter zur Klassifizierung der Fischdurchgängigkeit von Bauwerksstandorten



Mai 2026

LAWA
Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser

Inhalt

Tabellenverzeichnis.....	3
1 Parameter zur Klassifizierung der Fischdurchgängigkeit von Bauwerksstandorten	10
1.1 Fischaufstieg.....	10
1.1.1 Absturz/Wehr	10
1.1.2 Rampe/Gleite.....	12
1.1.3 Durchlass/Verrohrung/Überbauung	19
1.1.4 Fischaufstiegsanlage	27
1.1.5 Ausleitungsstrecke.....	58
1.1.6 Rückstaustrecke	63
1.2 Fischabstieg (inkl. Fischschutz).....	66
1.2.1 Absturz/Wehr	66
1.2.2 Rampe/Gleite.....	72
1.2.3 Durchlass/Verrohrung/Überbauung	76
1.2.4 Fischaufstiegsanlage	81
1.2.5 Wasserkraftanlage (Turbine)	84
1.2.6 Rechen	86
1.2.7 Bypass	92
1.2.8 Ausleitungsstrecke.....	100
1.2.9 Rückstaustrecke	103
Literaturverzeichnis.....	105

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Standard-Parameter des Bestandteils Absturz/Wehr als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs	10
Tabelle 2: Optionale Parameter des Bestandteils Absturz/Wehr als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs	10
Tabelle 3: Spezifizierung von Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Absturzhöhe“	11
Tabelle 4: Standard-Parameter des Bestandteils Rampe/Gleite als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs	13
Tabelle 5: Optionale Parameter des Bestandteils Rampe/Gleite als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs	14
Tabelle 6: Spezifizierung der Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.	15
Tabelle 7: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximales Gefälle“. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.....	16
Tabelle 8: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Sohlensubstrat“	17
Tabelle 9: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Breite im Wanderkorridor“. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.....	18
Tabelle 10: Standard-Parameter des Bestandteils Durchlass/Verrohrung/Überbauung als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs.....	19
Tabelle 11: Optionale Parameter Bestandteils Durchlass/Verrohrung/Überbauung, als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs.....	20
Tabelle 12: Vorläufige Spezifizierung von Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Absturzhöhe“	20
Tabelle 13: Spezifizierung der Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.	22
Tabelle 14: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximales Gefälle“. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.....	23
Tabelle 15: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Sohlensubstrat “	24

Tabelle 16: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Breite im Wanderkorridor“. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.....	25
Tabelle 17: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Länge des Bauwerks“	26
Tabelle 18: Zuordnung der Standard-Parameter des Bestandteils Fischaufstiegsanlage zu den FAA-Typen.	27
Tabelle 19: Standard-Parameter der funktionalen Einheit „Auffindbarkeit FAA“ des Bestandteils Fischaufstiegsanlage als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs.....	29
Tabelle 20: Optionale Parameter der funktionalen Einheit „Auffindbarkeit FAA“ des Bestandteils „Fischaufstiegsanlage“ als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs.....	30
Tabelle 21: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Lage der FAA im Gewässer“	31
Tabelle 22: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Winkel der Leitströmung“	32
Tabelle 23: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Entfernung des Einstiegs in die FAA bis zum Wanderhindernis“	32
Tabelle 24: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Sohlenanbindung“	33
Tabelle 25: Standard-Parameter der funktionalen Einheit „Passierbarkeit (FAA)“ des Bestandteils Fischaufstiegsanlage als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs.....	34
Tabelle 26: Optionale Parameter der funktionalen Einheit „Passierbarkeit (FAA)“ des Bestandteils Fischaufstiegsanlage als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs.....	35
Tabelle 27: Spezifizierung des Standard-Parameters „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ auf Basis des Bautyps der Fischaufstiegsanlage	37
Tabelle 28: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ für den Bautyp „Vertical-Slot-Pass“ sowie „Raugerinne mit Beckenstruktur“ mit einem Gesamthöhenunterschied von <3 m. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.	42
Tabelle 29: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ für den Bautyp „Vertical-Slot-Pass“ sowie „Raugerinne mit Beckenstruktur“ mit einem Gesamthöhenunterschied von 3 m bis 6 m. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.	43

Tabelle 30: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ für den Bautyp „Vertical-Slot-Pass“ sowie „Raugerinne mit Beckenstruktur“ mit einem Gesamthöhenunterschied von 6 m bis 9 m. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.43	
Tabelle 31: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ für den Bautyp „Vertical-Slot-Pass“ sowie „Raugerinne mit Beckenstruktur“ mit einem Gesamthöhenunterschied von >9 m. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.	44
Tabelle 32: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ für den Bautyp „Raugerinne ohne Einbauten“. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.....	44
Tabelle 33: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ für den Bautyp „Raugerinne ohne Einbauten“ mit einer Gesamtlänge < 5 m anhand der max. Fließgeschwindigkeit. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.....	45
Tabelle 34: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ für den Bautyp „Raugerinne ohne Einbauten“ mit einer Gesamtlänge von 5 bis 10 m anhand der max. Fließgeschwindigkeit. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.....	45
Tabelle 35: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ für den Bautyp „Raugerinne ohne Einbauten“ mit einer Gesamtlänge von > 10 m bis 25 m anhand der max. Fließgeschwindigkeit. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.	46
Tabelle 36: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ für den Bautyp „Raugerinne mit Störsteinen“. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.	46
Tabelle 37: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ für den Bautyp „Raugerinne mit Störsteinen“ mit einer Gesamtlänge < 5 m anhand der max. Fließgeschwindigkeit. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.....	47
Tabelle 38: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ für den Bautyp „Raugerinne mit Störsteinen“ mit einer Gesamtlänge von 5 bis 10 m	

anhand der max. Fließgeschwindigkeit. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.....	47
Tabelle 39: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ für den Bautyp „Raugerinne mit Störsteinen“ mit einer Gesamtlänge von > 10 m bis 25 m anhand der max. Fließgeschwindigkeit. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.	48
Tabelle 40: Spezifizierung des Standard-Parameters „minimale Beckenlänge / Abstand längs“ auf Basis des Bautyps der Fischaufstiegsanlage.....	49
Tabelle 41: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Beckenlänge / Abstand längs“. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.....	50
Tabelle 42: Spezifizierung der Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.	51
Tabelle 43: Spezifizierung des Standard-Parameters „minimale Beckenbreite / Abstand quer“ auf Basis des Bautyps der Fischaufstiegsanlage	52
Tabelle 44: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Beckenbreite / Abstand quer“. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.....	52
Tabelle 45: Spezifizierung des Standard-Parameters „minimale Schlitzweite“ auf Basis des Bautyps der Fischaufstiegsanlage	54
Tabelle 46: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Schlitzweite“. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.	54
Tabelle 47: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Sohlensubstrat“.....	56
Tabelle 48: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Betriebszeit FAA (Q ₃₀ , Q ₃₃₀)“	57
Tabelle 49: Standard-Parameter des Bestandteils Ausleitungsstrecke als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs.....	58
Tabelle 50: Optionale Parameter des Bestandteils Ausleitungsstrecke als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs.....	59
Tabelle 51: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Abfluss (Mindestwasserführung)“	60
Tabelle 52: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“	61

Tabelle 53: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Breite im Wanderkorridor“	62
Tabelle 54: Standard-Parameter des Bestandteils Rückstaustrücke als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs	63
Tabelle 55: Optionale Parameter für den Bestandteils Rückstaustrücke als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs	63
Tabelle 56: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Länge der Rückstaustrücke“	65
Tabelle 57: Standard-Parameter des Bestandteils Absturz/Wehr als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs	66
Tabelle 58: Optionale Parameter des Bestandteils Absturz/Wehr, als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs	67
Tabelle 59: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Absturzhöhe“	68
Tabelle 60: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Bauwerksparameter „Überfallhöhe“	69
Tabelle 61: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Wassertiefe unterhalb“	70
Tabelle 62: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Störelemente“	71
Tabelle 63: Standard-Parameter des Bestandteils Rampe/Gleite als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs	72
Tabelle 64: Optionale Parameter des Bestandteils Rampe/Gleite, als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs	72
Tabelle 65: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Bauwerksparameter „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“	74
Tabelle 66: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Bauwerksparameter „minimale Breite im Wanderkorridor“	75
Tabelle 67: Standard-Parameter des Bestandteils Durchlass/Verrohrung/Überbauung als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs.....	76
Tabelle 68: Optionale Parameter des Bestandteils Durchlass/Verrohrung/Überbauung, als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs.....	76
Tabelle 69: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Wassertiefe unterhalb“	77
Tabelle 70: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Bauwerksparameter „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“	79

Tabelle 71: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Bauwerkparameter „minimale Breite im Wanderkorridor“	80
Tabelle 72: Standard-Parameter des Bestandteils Fischaufstiegsanlage als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs.....	81
Tabelle 73: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Bauwerkparameter „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“	82
Tabelle 74: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Bauwerkparameter „minimale Breite im Wanderkorridor“	83
Tabelle 75: Standard-Parameter des Bestandteils Wasserkraftanlage (Turbine) als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs	84
Tabelle 76: Optionale Parameter des Bestandteils Wasserkraftanlage (Turbine) als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs	84
Tabelle 77: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „potenzielle Mortalitätsrate“	85
Tabelle 78: Standard-Parameter des Bestandteils Rechen als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs	86
Tabelle 79: Optionale Parameter des Bestandteils „Rechen“ als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs	86
Tabelle 80: Spezifizierung des Standard-Parameters „Lichter Stababstand“ auf Basis des Bautyps des Rechens	87
Tabelle 81: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Lichter Stababstand“	88
Tabelle 82: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Anströmgeschwindigkeit“	89
Tabelle 83: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Winkel/Neigung“	91
Tabelle 84: Standard-Parameter der funktionalen Einheit „Auffindbarkeit Bypass“ des Bestandteils Bypass als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs.....	92
Tabelle 85: Optionale-Parameter der funktionalen Einheit „Auffindbarkeit Bypass“ des Bestandteils Bypass als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs.....	92
Tabelle 86: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Bypassdurchfluss“	93
Tabelle 87: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Lage des Bypasses“	95
Tabelle 88: Standard-Parameter der funktionalen Einheit „Passierbarkeit Bypass“ des Bestandteils Bypass als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs.....	96
Tabelle 89: Optionale Parameter der funktionalen Einheit „Passierbarkeit Bypass“ des Bestandteils Bypass als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs.....	96

Tabelle 90: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Breite“ als Teil der funktionalen Einheit „Passierbarkeit Bypass“ des Bestandteils Bypass.....	97
Tabelle 91: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Wassertiefe“ als Teil der funktionalen Einheit „Passierbarkeit Bypass“ des Bestandteils Bypass	98
Tabelle 92: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Kurvenradius/Oberflächenbeschaffenheit“ als Teil der funktionalen Einheit „Passierbarkeit Bypass“ des Bestandteils Bypass	99
Tabelle 93: Standard-Parameter des Bestandteils Ausleitungsstrecke als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs.....	100
Tabelle 94: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Abfluss (Mindestwasserführung)“	101
Tabelle 95: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“	101
Tabelle 96: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Breite im Wanderkorridor“	102
Tabelle 97: Standard-Parameter des Bestandteils Rückstaustrecke als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs	103
Tabelle 98: Optionale Parameter des Bestandteils „Rückstaustrecke“ als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs.....	103
Tabelle 99: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Länge der Rückstaustrecke“	104

1 Parameter zur Klassifizierung der Fischdurchgängigkeit von Bauwerksstandorten

Alle Standard-Parameter sowie Optionale Parameter sind nachfolgend gegliedert nach Fischaufstieg (vgl. Kapitel 1.1) und Fischabstieg (inkl. Fischschutz) (vgl. Kapitel 1.2).

1.1 Fischaufstieg

Für eine Klassifizierung des Fischaufstiegs werden in den nachfolgenden Kapiteln 1.1.1 bis 1.1.1 die Bestandteile Absturz/Wehr, Rampe/Gleite, Durchlass/Verrohrung/Überbauung, Fischaufstiegsanlage, Ausleitungsstrecke sowie Rückstaustrucke berücksichtigt.

1.1.1 Absturz/Wehr

In Tabelle 1 ist der zur regelbasierten Klassifizierung der Bestandteile Absturz, Wehr und Schwellen (mit Wasserspiegeldifferenzen $> 0,1$ m) herangezogene Standard-Parameter aufgeführt. In Tabelle 2 sind nicht in die regelbasierte Klassifizierung einfließende Optionale Parameter genannt. Diese können z. B. im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung verwendet werden.

Tabelle 1: Standard-Parameter des Bestandteils Absturz/Wehr als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs

Standard-Parameter	Kurzbeschreibung	Verschneidungsregeln
Absturzhöhe	Die max. Absturzhöhe am Bauwerk ist die Wasserspiegeldifferenz zwischen Ober- und Unterwasser, die Fische im Falle einer Barriere im Gewässer überwinden müssen.	<i>Keine Verschneidungsregel, da lediglich ein Standard-Parameter vorliegt</i>

Tabelle 2: Optionale Parameter des Bestandteils Absturz/Wehr als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs

Optionale Parameter
Unterwassertiefe
Geometrie des Wanderhindernisses
Fließgeschwindigkeit (min. und max.)

Absturzhöhe

Grundlagen:

Die Absturzhöhe entspricht der Differenz zwischen dem Wasserspiegel im Oberwasser und dem Wasserspiegel im Unterwasser.

Spezifizierung:

Für Kleinfischarten oder bodenorientierte Fischarten (z. B. Mühlkoppe oder Elritze) können auch geringe Absturzhöhen ein Wanderhindernis darstellen (Vordermeier & Bohl 1999, Utzinger et al. 1998). Ab einer Absturzhöhe von 0,50 m ist davon auszugehen, dass der Absturz für nahezu alle Fischarten nicht passierbar ist. Lediglich einzelne Individuen schwimmstarker Arten können Querbauwerke dieser Höhe überwinden (Schwevers et al. 2004, Kolbinger, 2000).

Klassifizierung:

Die Definitionen der Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Absturzhöhe“ finden sich in Tabelle 3.

Tabelle 3: Spezifizierung von Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Absturzhöhe“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die Absturzhöhe beträgt $\leq 0,10$ m
Klasse 3	Die Absturzhöhe beträgt $> 0,10$ m und $\leq 0,30$ m
Klasse 4	Die Absturzhöhe beträgt $> 0,30$ m und $\leq 0,50$ m
Klasse 5	Die Absturzhöhe beträgt $> 0,50$ m

1.1.2 Rampe/Gleite

In Tabelle 4 sind die zur regelbasierten Klassifizierung der Bestandteile Sohlenrampe und Sohlengleite herangezogenen Standard-Parameter aufgeführt. In

Tabelle 5 sind nicht in die regelbasierte Klassifizierung einfließende Optionale Parameter genannt. Diese können z. B. im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung verwendet werden.

In den nachfolgenden Unterkapiteln 0 bis 0 werden die in Tabelle 4 aufgeführten Standard-Parameter näher erläutert.

Tabelle 4: Standard-Parameter des Bestandteils Rampe/Gleite als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs

Standard-Parameter	Kurzbeschreibung	Verschneidungsregeln
minimale Wassertiefe im Wanderkorridor	min. Abstand zwischen der Oberkante der Rauheitselemente und dem Wasserspiegel im Längsverlauf des Wanderkorridors	Worst-Case Verschnitt der Standard-Parameter „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“ und „maximales Gefälle“
maximales Gefälle	maximales Gefälle innerhalb der Anlage / auf der Rampe/Gleite	Siehe Verschneidungsregel „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“
Sohlensubstrat	Beschaffenheit des Sohlensubstrats sowie Lagestabilität	Malus: Abwertung des Worst-Case Verschnitts von gering beeinträchtigt auf mäßig beeinträchtigt, wenn der Standard-Parameter „Sohlensubstrat“ oder „minimale Breite im Wanderkorridor“ mäßig beeinträchtigt oder schlechter klassifiziert ist
minimale Breite im Wanderkorridor	minimale Sohlenbreite im Wanderkorridor	Siehe Verschneidungsregel „Sohlensubstrat“

Tabelle 5: Optionale Parameter des Bestandteils Rampe/Gleite als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs

Optionale Parameter
Geometrie des Bauwerks
Fließgeschwindigkeit (min. und max.)

Minimale Wassertiefe im Wanderkorridor

Grundlagen:

Innerhalb eines Bauwerks bestehen je nach Bauart Bereiche mit stark differierenden Wassertiefen. In den Randbereichen sind vergleichsweise niedrigere Fließgeschwindigkeiten vorherrschend als innerhalb des Wanderkorridors. Ausschlaggebend ist die Wassertiefe im Wanderkorridor.

Für die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor sind verschiedene Anforderungen einzuhalten. Damit Fische frei schwimmen können, müssen sie einen bestimmten Abstand von der Sohle halten. Je nach Rauheitsgrad kann die notwendige Wassertiefe variieren. Ferner vermeiden Fische, dass der Rücken beim Schwimmen aus dem Wasser ragt, wobei für einzelne Arten Ausnahmen bekannt sind.

Spezifizierung:

Entsprechend DWA-M 509 (DWA 2014) muss die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor die 2,5fache Körperhöhe der hochrückigsten in der Referenzzönose aufgeführten Fischart betragen ($h_{\text{eff, min}} = 2,5 \cdot H_{\text{Fisch}}$). Eine tabellarische Übersicht der Proportionen der relevanten Fischarten findet sich im Merkblatt DWA-M 509 in Tabelle 15 (DWA 2014).

Die (effektive) Wassertiefe im Wanderkorridor (h_{eff}) ist „der Abstand zwischen der Oberkante der Rauheitselemente und dem Wasserspiegel“ (DWA 2014, für weitere Details vgl. auch Kapitel 4.6.3.2 in DWA (2014)).

Klassifizierung:

Die notwendige minimale Wassertiefe im Wanderkorridor wird von den Proportionen der bemessungsrelevanten Arten der Fischreferenzzönosen abgeleitet. In Bezug auf die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor sind dies die Fischarten, die gemäß Tabelle 15 in DWA-M 509 (DWA 2014) die größte Körperhöhe aufweisen. Die Klasse 2 entspricht der 2,5fachen Körperhöhe der höchsten in der Fischreferenz aufgeführten Fischart.

Für die Definitionen der Klassengrenzen ist nach Fischreferenzzönosen zu differenzieren (vgl. Tabelle 6):

Tabelle 6: Spezifizierung der Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor entspricht mindestens der 2,5fachen Höhe der nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) höchsten in der vorliegenden Fischreferenz vorkommenden Fischart.
Klasse 3	Die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor ist bis zu 25 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 4	Die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor ist bis zu 50 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 5	Die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor ist über 50 % kleiner als in der Klasse 2.

Maximales Gefälle

Grundlagen:

Mittels Gleiten oder Rampen werden Höhenunterschiede im Gewässer stufenlos überwunden.

Wenn Gleiten oder Rampen (in geschütteter oder Störsteinbauweise) fischdurchgängig gestaltet sein sollen, dann müssen auch die Grenzwerte, z. B. für die Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe, entsprechend den Anspruchsprofilen der jeweiligen Referenzfischfauna eingehalten werden.

Spezifizierung:

Gleiten oder Rampen können verschiedene Funktionen erfüllen. Sie können zur

- Niedrigwassererhöhung
- Grundwasserstandhaltung
- Sohlenstabilisierung
- Sohlenanhebung unter Gewässerentwicklungsaspekten
- als Kieslaichhabitat
- zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit als Fischaufstiegsanlage oder fischpassierbares Bauwerk

gebaut werden.

In Bezug auf das Gefälle werden Sohlenrampen mit Neigungen von 1:3 bis 1:10 und Sohlengleiten mit einer Gefällespanne von 1:10 bis 1:30 und flacher unterschieden (DIN 19661-2), wobei in der Praxis auch Sohlengleiten mit deutlich geringeren Gefällen (z. B. 1:100 oder 1:200) Anwendung finden. Bei den genannten Gefällespannen ist zu berücksichtigen, dass die geometrischen und hydraulischen Grenzwerte für die Gefälleanneigung zur Gewährleistung der fischökologischen Durchgängigkeit immer beachtet werden müssen. So sind zum Beispiel gewässerspezifisch die hydraulischen

Grenzwerte für die schwimmschwächste Art oder aber oftmals auch das naturraumtypische Gefälle einer Fließstrecke zu berücksichtigen.

Das maßgebliche Gefälle entspricht bei Bauwerken mit einheitlichem Gefälleabbau dem mittleren Gefälle. Liegen Gefällesprünge vor, ist jeweils der Abschnitt mit dem höchsten Längsgefälle maßgeblich.

Klassifizierung:

Die Klassengrenzen des Gefälles basieren auf den max. zulässigen Fließgeschwindigkeiten und sind nach Fischreferenzzönose zu differenzieren. Für Klasse 2 („gering beeinträchtigt“) entspricht das Gefälle mindestens den Vorgaben aus dem Merkblatt DWA-M 509 (DWA 2014) und berücksichtigt die gemäß DWA (2014) zulässigen Gefällegrenzen auf Basis der max. zulässigen Fließgeschwindigkeiten der jeweiligen Fischregion (vgl. Tabelle 7).

Liegen die max. Fließgeschwindigkeiten vor, können diese statt des Gefälles genutzt werden. Hierfür werden die Grenzwerte gemäß DWA (2014) berücksichtigt. Die Klassengrenzen werden prozentual in 25 %-Schritten abgestuft.

Tabelle 7: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximales Gefälle“. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.

Klassen	obere Forellen-region	untere Forellen-region	Äschen-region	Barben-region	Brachsen-region	Kaulbarsch-Flunder-Region
Klasse 2	≤ 1:35	≤ 1:45	≤ 1:60	≤ 1:70	≤ 1:90	≤ 1:110
Klasse 3	> 1:35 - 1:28	> 1:45 - 1:36	> 1:60 - 1:48	> 1:70 - 1:56	> 1:90 - 1:72	> 1:110 - 1:88
Klasse 4	> 1:28 - 1:23	> 1:36 - 1:30	> 1:48 - 1:40	> 1:56 - 1:47	> 1:72 - 1:60	> 1:88 - 1:73
Klasse 5	> 1:23	> 1:30	> 1:40	> 1:47	> 1:60	> 1:73

Sohlensubstrat

Grundlagen:

Vergleicht man die verschiedenen Fischreferenzen untereinander, so wird deutlich, dass es in jeder Referenz Fischarten bzw. Entwicklungsstadien gibt, die als „schwimmschwach“ eingestuft werden oder wegen einer fehlenden Schwimmblase obligat sohlennah wandern müssen (z. B. Groppe, Bachneunauge). Speziell für diese Fische ist es wichtig, dass es Bereiche oder Abschnitte gibt, die Strömungspfade mit einer vergleichsweise niedrigen Fließgeschwindigkeit aufweisen. Bei Gewässern mit ausreichend starkem Sohlensubstrat in natürlicher und/oder geschütteter Form ist dies aufgrund der Rauheit der sohlennahe Bereich.

Spezifizierung:

Rau ausgebildete Sohlen bewirken eine Strömungsberuhigung und schaffen langsam fließende Bereiche, welche insbesondere für schwimmschwache Arten notwendig sind, um aufzusteigen.

Klassifizierung:

Die Klassengrenzen sind wie folgt definiert (vgl. Tabelle 8):

Tabelle 8: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Sohlensubstrat“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Raue Sohlenbeschaffenheit durch Sohlensubstrat in natürlicher oder geschütteter Form
Klasse 4	Glatte Sohle (z. B. Beton)

Minimale Breite im WanderkorridorGrundlagen:

Damit Fische einen Wanderkorridor ungehindert durchschwimmen können, sollte für sie sowohl ein Richtungswechsel als auch ein freier Wechsel zwischen strömungsberuhigten und durchströmten Bereichen möglich sein (DWA 2014).

Spezifizierung:

Sohlenrampen und -gleiten weisen i. d. R. Längen > 2 m auf. Gemäß Tabelle 15 im DWA-M 509 (DWA 2014) beträgt die minimale Breite des Wanderkorridors das Neunfache der Fischdicke ($b_{wk, min, >2m} = 9 \cdot D_{Fisch}$).

Klassifizierung:

Die minimale Breite im Wanderkorridor ist auf Basis der Proportionen der bemesungsrelevanten Arten der Fischreferenzzönosen abzuleiten. Für die minimale Breite im Wanderkorridor ist, wie oben ausgeführt, die nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) breiteste Fischart der vorliegenden Fischreferenzzönose heranzuziehen. Die Klasse 2 entspricht der neunfachen Dicke der breitesten in der Fischreferenzzönose aufgeführten Fischart.

Für die Definitionen der Klassengrenzen ist nach Fischreferenzzönosen zu differenzieren (vgl. Tabelle 9):

Tabelle 9: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Breite im Wanderkorridor“. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die minimale Breite im Wanderkorridor entspricht mindestens der 9fachen Dicke der nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) breitesten Fischart der vorliegenden Fischreferenzzönose.
Klasse 3	Die minimale Breite im Wanderkorridor ist bis zu 25 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 4	Die minimale Breite im Wanderkorridor ist bis zu 50 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 5	Die minimale Breite im Wanderkorridor ist über 50 % kleiner als in der Klasse 2.

1.1.3 Durchlass/Verrohrung/Überbauung

In Tabelle 10 sind die zur regelbasierten Klassifizierung von Durchlässen, Verrohrungen und Überbauungen herangezogenen Standard-Parameter aufgeführt. In Tabelle 11 sind nicht in die regelbasierte Klassifizierung einfließende Optionale Parameter genannt. Diese können z. B. im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung verwendet werden.

In den nachfolgenden Unterkapiteln 0 bis 0 werden die in Tabelle 10 aufgeführten Standard-Parameter näher erläutert.

Tabelle 10: Standard-Parameter des Bestandteils Durchlass/Verrohrung/Überbauung als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs

Standard-Parameter	Kurzbeschreibung	Verschneidungsregeln
Absturzhöhe	Die max. Absturzhöhe am Bauwerk ist die Wasserspiegeldifferenz zwischen Ober- und Unterwasser, die Fische im Falle einer Barriere im Gewässer überwinden müssen.	Worst-Case Verschnitt der Standard-Parameter „Absturzhöhe“, „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“ und „maximales Gefälle“
minimale Wassertiefe im Wanderkorridor	min. Abstand zwischen der Oberkante der Rauheitselemente und dem Wasserspiegel im Längsverlauf des Wanderkorridors	Siehe Verschneidungsregel „Absturzhöhe“
maximales Gefälle	maximale Gefälle innerhalb der Anlage	Siehe Verschneidungsregel „Absturzhöhe“
Sohlensubstrat	Beschaffenheit des Sohlensubstrats	Malus: Abwertung des Worst-Case Verschnitts von gering beeinträchtigt auf mäßig beeinträchtigt, wenn der Standard-Parameter „Sohlensubstrat“, „minimale Breite im Wanderkorridor“ oder „Länge des Bauwerks“ mäßig beeinträchtigt oder schlechter klassifiziert ist

Standard-Parameter	Kurzbeschreibung	Verschneidungsregeln
minimale Breite im Wanderkorridor	minimale Sohlenbreite im Wanderkorridor	Siehe Verschneidungsregel "Sohlensubstrat"
Länge des Bauwerks	Länge des/der Durchlass/Verrohrung/Überbauung	Siehe Verschneidungsregel "Sohlensubstrat"

Tabelle 11: Optionale Parameter Bestandteils Durchlass/Verrohrung/Überbauung, als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs

Optionale Parameter
Fließgeschwindigkeit (min. und max.)
relative Bauwerksbreite

Absturzhöhe

Grundlagen:

Die Absturzhöhe entspricht der Differenz zwischen dem Wasserspiegel im Oberwasser und dem Wasserspiegel im Unterwasser.

Spezifizierung:

Für Kleinfischarten oder bodenorientierte Fischarten (z. B. Mühlkoppe oder Elritze) können auch geringe Absturzhöhen ein Wanderhindernis darstellen (Vordermeier & Bohl 1999, Utzinger et al. 1998). Ab einer Absturzhöhe von 0,50 m ist davon auszugehen, dass der Absturz für nahezu alle Fischarten nicht passierbar ist (Aufstieg). Lediglich einzelne Individuen schwimmstarker Arten können Querbauwerke dieser Höhe überwinden (Schwevers et al. 2004, Kolbinger, 2000).

Klassifizierung:

Die Definitionen der Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Absturzhöhe“ finden sich in Tabelle 12.

Tabelle 12: Vorläufige Spezifizierung von Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Absturzhöhe“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die Absturzhöhe beträgt $\leq 0,10$ m
Klasse 3	Die Absturzhöhe beträgt $> 0,10$ m und $\leq 0,30$ m
Klasse 4	Die Absturzhöhe beträgt $> 0,30$ m und $\leq 0,50$ m
Klasse 5	Die Absturzhöhe beträgt $> 0,50$ m

Minimale Wassertiefe im Wanderkorridor

Grundlagen:

Innerhalb eines Bauwerks bestehen je nach Bauart Bereiche mit stark differierenden Wassertiefen. In den Randbereichen sind vergleichsweise niedrigere Fließgeschwindigkeiten vorherrschend als innerhalb des Wanderkorridors. Ausschlaggebend für die Passierbarkeit ist die Wassertiefe im Wanderkorridor.

Für die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor sind verschiedene Anforderungen einzuhalten. Damit Fische frei schwimmen können, müssen sie einen bestimmten Abstand von der Sohle halten. Je nach Rauheitsgrad kann die notwendige Wassertiefe variieren. Ferner vermeiden Fische, dass der Rücken beim Schwimmen aus dem Wasser ragt, wobei für einzelne Arten Ausnahmen bekannt sind.

Spezifizierung:

Im DWA-Merkblatt 509 (DWA 2014) werden für Kreuzungsbauwerke dieselben geometrischen Grenzwerte wie für Raugerinne ohne Einbauten empfohlen. Angaben in der Literatur geben vereinzelt Hinweise darauf, dass für die Passierbarkeit von Kreuzungsbauwerken auch geringere Wassertiefen ausreichen, wenn die weiteren Bedingungen (z. B. Fließgeschwindigkeit, Gefälle) weitestgehend denen eines naturnahen Gewässers entsprechen. So konnte für Bachforellen gezeigt werden, dass sie auch Verrohrungen mit Wassertiefen bis zu 7 cm noch passieren (Schwevers et al. 2004). Für Schmerlen, Elritzen und Mühlkoppen stellten Wassertiefen bis 10 cm keine Einschränkung der Passierbarkeit dar (Vordermeier & Bohl 1999). Grundsätzlich erscheint nachvollziehbar, dass Fische bei weitestgehend naturnah ausgeprägten Sohlenstrukturen und hydraulischen Bedingungen auch geringere Fließtiefen akzeptieren, da auch in natürlichen Gewässern die sich aus den Anforderungen des DWA-M 509 ergebenden Mindestwassertiefen abschnittsweise unterschritten werden.

Die (effektive) Wassertiefe im Wanderkorridor (h_{eff}) ist „der Abstand zwischen der Oberkante der Rauheitselemente und dem Wasserspiegel“ (DWA 2014, für weitere Details vgl. auch Kapitel 4.6.3.2 in DWA (2014)).

Klassifizierung:

Die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor ist daher in Anlehnung an DWA-M 509 und unter Berücksichtigung der Angaben aus der Literatur definiert. Dazu erfolgte eine Unterteilung in Fischregionen, da auf Grundlage der vorliegenden Erkenntnisse keine artenspezifische Klassifizierung möglich ist (vgl. Tabelle 13):

Tabelle 13: Spezifizierung der Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.

Klassen	obere/untere Forellenregion	Äschenregion	Barben-, Brachsen-, Kaulbarsch- und Flunderregion
Klasse 2	$\geq 0,15$ m	$\geq 0,30$ m	$\geq 0,50$ m
Klasse 3	$< 0,15$ m – $0,11$ m	$< 0,30$ m – $0,23$ m	$< 0,50$ m – $0,38$ m
Klasse 4	$< 0,11$ m – $0,07$ m	$< 0,23$ m – $0,16$ m	$< 0,38$ m – $0,26$ m
Klasse 5	$< 0,07$ m	$< 0,16$ m	$< 0,26$ m

Maximales Gefälle

Grundlagen:

Damit Fische durch einen Durchlass, eine Verrohrung oder eine Überbauung schwimmen können, müssen die hydraulischen Bedingungen ihrer Leistungsfähigkeit entsprechen. Dies trifft vor allem auf die Fließgeschwindigkeit zu, die maßgeblich durch das Gefälle, den Abflussquerschnitt und die Sohlenrauheit bestimmt wird. Auch für Raugerinne ohne Einbauten treffen diese Aussagen zu. Das DWA-M 509 (DWA 2014) empfiehlt daher, für den Neubau von Kreuzungsbauwerken dieselben hydraulischen Kriterien wie für Raugerinne ohne Einbauten zu verwenden. Demnach sind im DWA-M 509 (DWA 2014) Grenzwerte für die Fließgeschwindigkeit auf Basis der schwimmschwächsten Arten der Fischregionen definiert. Die Fließgeschwindigkeitsverhältnisse sind häufig sehr heterogen und variieren stark, je nach der Abflusssituation und der Verortung der Messung im Querprofil. Praktikabler als die Messung der Fließgeschwindigkeit erscheint es daher, das maximale Gefälle in Kombination mit den weiteren bei der Klassifizierung zu berücksichtigenden geometrischen Parametern zu verwenden.

Das maßgebliche Gefälle entspricht bei Bauwerken mit einheitlichem Gefälleabbau dem mittleren Gefälle. Liegen Gefällesprünge vor, ist jeweils der Abschnitt mit dem höchsten Längsgefälle maßgeblich.

Klassifizierung:

Die Klassengrenzen des Gefälles basieren auf den max. zulässigen Fließgeschwindigkeiten und sind je nach Fischreferenzzönose zu differenzieren. Für Klasse 2 („gering beeinträchtigt“) entspricht das Gefälle mindestens den Vorgaben aus dem DWA-Merkblatt 509 (DWA 2014) und berücksichtigt die gemäß DWA (2014) zulässigen Gefällegrenzen auf Basis der max. zulässigen Fließgeschwindigkeiten der jeweiligen Fischregion (vgl. Tabelle 14).

Liegen die max. Fließgeschwindigkeiten vor, können diese statt des Gefälles genutzt werden. Hierfür werden die Grenzwerte gemäß DWA (2014) berücksichtigt. Die Klassengrenzen werden prozentual in 25 %-Schritten abgestuft.

Tabelle 14: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximales Gefälle“. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.

Klassen	obere Forellen-Region	untere Forellen-region	Äschen-region	Barben-region	Brachsen-region	Kaulbarsch-Flunder-Region
Klasse 2	≤ 1:35	≤ 1:45	≤ 1:60	≤ 1:70	≤ 1:90	≤ 1:110
Klasse 3	> 1:35 - 1:28	> 1:45 - 1:36	> 1:60 - 1:48	> 1:70 - 1:56	> 1:90 - 1:72	> 1:110 - 1:88
Klasse 4	> 1:28 - 1:23	> 1:36 - 1:30	> 1:48 - 1:40	> 1:56 - 1:47	> 1:72 - 1:60	> 1:88 - 1:73
Klasse 5	> 1:23	> 1:30	> 1:40	> 1:47	> 1:60	> 1:73

Sohlensubstrat

Grundlagen:

Vergleicht man die verschiedenen Fischreferenzen untereinander, so wird deutlich, dass es in jeder Referenz Fischarten bzw. Entwicklungsstadien gibt, die als „schwimm-schwach“ eingestuft werden oder wegen einer fehlenden Schwimmblase obligat sohlennah wandern müssen (z. B. Groppe, Bachneunauge). Speziell für diese Fische ist es wichtig, dass es Bereiche oder Abschnitte gibt, die Strömungspfade mit einer vergleichsweise niedrigen Fließgeschwindigkeit aufweisen. Bei Gewässern mit ausreichend starkem Sohlensubstrat in natürlicher und/oder geschütteter Form ist dies aufgrund der Rauheit der sohlennahe Bereich.

Spezifizierung:

Rau ausgebildete Sohlen bewirken eine Strömungsberuhigung und schaffen langsam fließende Bereiche, welche insbesondere für schwimmschwache Arten notwendig sind, um aufzusteigen.

Klassifizierung:

Die Klassengrenzen sind wie folgt definiert (vgl. Tabelle 15):

Tabelle 15: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Sohlensubstrat“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Raue Sohlenbeschaffenheit durch Sohlensubstrat in natürlicher oder geschütteter Form
Klasse 4	Glatte Sohle (z. B. Beton)

Minimale Breite im Wanderkorridor

Grundlagen:

Damit Fische einen Wanderkorridor ungehindert durchschwimmen können, sollte für sie sowohl ein Richtungswechsel als auch ein freier Wechsel zwischen strömungsberuhigten und durchströmten Bereichen möglich sein (DWA 2014).

Spezifizierung:

Im DWA-Merkblatt 509 (DWA 2014) werden für Kreuzungsbauwerke dieselben geometrischen Grenzwerte wie für Raugerinne ohne Einbauten empfohlen. Die minimale Breite im Wanderkorridor ist in Abhängigkeit von der Länge der Verrohrung oder des Durchlasses definiert. Sie entspricht in Durchlässen i. d. R. der Sohlenbreite oder bei Verrohrungen ohne freien Wasserspiegel dem Rohrdurchmesser. Gemäß DWA-M 509 (DWA 2014) beträgt die Breite des Wanderkorridors für Einengungen mit einer Länge > 2 m dem Neunfachen der Dicke der bemessungsrelevanten Fischart ($b_{wk, \min, >2m} = 9 * D_{Fisch}$). Für Einengungen ≤ 2 m beträgt die minimale Breite das Sechsfache der Dicke der bemessungsrelevanten Fischart ($b_{wk, \min, >2m} = 6 * D_{Fisch}$).

Klassifizierung:

Die minimale Breite im Wanderkorridor ist auf Basis der Proportionen der bemessungsrelevanten Arten der Fischreferenzzönosen abzuleiten. Für die minimale Breite im Wanderkorridor ist, wie oben ausgeführt, die nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) breiteste Fischart der vorliegenden Fischreferenzzönose heranzuziehen. Für Bauwerke bis einschließlich 2 m Länge entspricht Klasse 2 der sechsfachen und für längere Bauwerke der neunfachen Dicke der breitesten in der Fischreferenzzönose aufgeführten Fischart.

Für die Definitionen der Klassengrenzen ist nach Fischreferenzzönosen zu differenzieren (vgl. Tabelle 16).

Tabelle 16: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Breite im Wanderkorridor“. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die minimale Breite im Wanderkorridor entspricht für Durchlässe, Verrohrungen und Überbauungen mit einer Länge ≤ 2 m mindestens der 6fachen Dicke der nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) breitesten Art der jeweiligen Fischreferenz und für Bauwerke mit einer Länge > 2 m mindestens der 9fachen Dicke der nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) breitesten Art der jeweiligen Fischreferenz.
Klasse 3	Die minimale Breite im Wanderkorridor ist bis zu 25 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 4	Die minimale Breite im Wanderkorridor ist bis zu 50 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 5	Die minimale Breite im Wanderkorridor ist über 50 % kleiner als in der Klasse 2.

Länge des Bauwerks

Grundlagen:

Die Länge von Durchlässen, Verrohrungen und Überbauungen hat Einfluss darauf, ob Fische nur in diese Bauwerke hineinschwimmen oder diese durchschwimmen. Die wenigen bisher vorliegenden Untersuchungen schätzen den Einfluss der Länge eines Durchlasses oder einer Verrohrung unterschiedlich ein.

Spezifizierung:

Schwevers et al. (2004) kommen zu dem Schluss, dass Rohr- u. Rahmendurchlässe mit einer Länge bis ca. 50 m keinen Einfluss auf die Passierbarkeit haben. Im Rahmen der Untersuchungen sind jedoch nur vier Verrohrungen über 50 m untersucht worden und nur für eine dieser Verrohrungen kann keine Passage eines Fisches nachgewiesen werden.

Untersuchungen aus Nordamerika weisen bei bis zu 111 m langen Kreuzungsbauwerken keinen Einfluss der Länge nach (MacPherson et al. 2012). Aufgrund des abweichenden Artenspektrums ist die Übertragbarkeit in diesem Fall jedoch eingeschränkt. Die Auswertungen basieren zudem auf Ähnlichkeitsanalysen der Fischfauna ober- und unterhalb der Querbauwerke und nicht auf dem Nachweis konkreter Passagen.

Im Gegensatz dazu legt Meyer (2003) dar, dass für Kleinfischarten (< 10 cm) die Durchgängigkeit vor allem durch die Länge in Kombination mit der Fließgeschwindigkeit negativ beeinflusst wird. In der genannten Studie wurden jedoch Dükeranlagen und keine einfachen Durchlässe oder Verrohrungen untersucht.

Die Länge einer Verrohrung oder eines Durchlasses wird vom Einlass des Bauwerks bis zum Auslass gemessen.

Klassifizierung:

Basierend auf den Literaturangaben und Erfahrungen der Befischung von Verrohrungen und Durchlässen erscheint es sinnvoll, die Länge zu berücksichtigen, auch wenn standardisierte Untersuchungen mit aussagekräftigen Ergebnissen fehlen. Die Klassengrenzen werden in Anlehnung an Schwevers et al. (2004) definiert (vgl. Tabelle 17):

Tabelle 17: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Länge des Bauwerks“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Länge der Verrohrung/ des Durchlasses/ der Überbauung ist ≤ 50 m
Klasse 4	Länge der Verrohrung/ des Durchlasses/ der Überbauung ist > 50 m

1.1.4 Fischaufstiegsanlage

Die Standard-Parameter (und auch die Optionalen Parameter) zur Klassifizierung von Fischaufstiegsanlagen werden unterteilt in die funktionalen Einheiten „**Auffindbarkeit FAA**“ (Kapitel 0) und „**Passierbarkeit (FAA)**“ (Kapitel 0).

Eine Übersicht über alle Standard-Parameter des Bestandteils „Fischaufstiegsanlage“ in Abhängigkeit vom Bauwerkstyp ist in Tabelle 18 gegeben.

Tabelle 18: Zuordnung der Standard-Parameter des Bestandteils Fischaufstiegsanlage zu den FAA-Typen.

Standard-Parameter	Vertical-Slot-Pass ¹	Raugerinne mit Beckenstruktur	Raugerinne ohne Einbauten	Raugerinne mit Störsteinen
Lage der FAA im Gewässer	X	X	X	X
Winkel der Leitströmung	X	X	X	X
Entfernung des Einstiegs in die FAA bis zum hydraulischen oder baulichen Wanderhindernis	X	X	X	X
Sohlenanbindung	X	X	X	X
maximale Wasserspiegeldifferenz ²	X	X		
maximales Gefälle ²			X	X
minimale Beckenlänge / Abstand (längs)	X	X		X
minimale Wassertiefe im Wanderkorridor	X	X	X	X
minimale Beckenbreite / Abstand (quer)	X	X	X	X
minimale Schlitzweite bzw. Öffnungsweite	X	X		X
Sohlensubstrat	X	X	X	X
Gesamtbetriebszeit FAA (Q ₃₀ , Q ₃₃₀)	X	X	X	X

1 Konventionelle Beckenpässe (mit augenscheinlich gering dimensionierten Schlupflöchern oder Kronenausschnitten sowie geringem Abfluss), werden als stark beeinträchtigt bzgl. der Passierbarkeit eingestuft.

2 Als Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ zusammengefasst

Fischaufstiegsanlage – funktionale Einheit „Auffindbarkeit FAA“

Die zur regelbasierten Klassifizierung herangezogenen Standard-Parameter der funktionalen Einheit (FE) „Auffindbarkeit FAA“ sind in Tabelle 19 aufgeführt, während die Optionalen Parameter dieser FE in

Tabelle 20 dargestellt sind. Diese können z. B. im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung unterstützend herangezogen werden.

Tabelle 19: Standard-Parameter der funktionalen Einheit „Auffindbarkeit FAA“ des Bestandteils Fischaufstiegsanlage als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs

Standard-Parameter	Kurzbeschreibung	Verschneidungsregeln
Lage der FAA im Gewässer	Lage des Einstiegs der FAA im Gewässer (z. B. am Prallhang, in der Hauptströmung)	Mittelwertbildung der Standard-Parameter „Lage der FAA“, „Entfernung des Einstiegs in die FAA bis zum Wanderhindernis“ und „Winkel der Leitströmung“
Winkel der Leitströmung	Angaben zur Leitströmung sowie zum Winkel zwischen der FAA-Leitströmung sowie der Gewässerströmungsrichtung zur Einschätzung der Auffindbarkeit der FAA	Siehe Verschneidungsregel „Lage der FAA im Gewässer“
Entfernung des Einstiegs in die FAA bis zum Wanderhindernis	Der nächstgelegene Abstand des Einstiegs zum Bauwerk/Wanderhindernis (z. B. Lage Einstieg direkt am Bauwerk/Wanderhindernis bzw. Ende des Tosbeckens)	Siehe Verschneidungsregel „Lage der FAA im Gewässer“
Sohlenanbindung	Angabe, ob eine Sohlenanbindung vorhanden und diese durchgängig ist	Malus: Abwertung des Worst-Case Verschnitts von gering beeinträchtigt auf mäßig beeinträchtigt, wenn der Standard-Parameter „Sohlenanbindung“ mäßig beeinträchtigt oder schlechter klassifiziert ist

Tabelle 20: Optionale Parameter der funktionalen Einheit „Auffindbarkeit FAA“ des Bestandteils „Fischaufstiegsanlage“ als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs

Optionale Parameter
Wirkung der großräumigen Leitströmung / Auffindbarkeit über das Wehr oder die WKA ¹
Wirkung der kleinräumigen Leitströmung / Auffindbarkeit (i. d. R. über die FAA)
Max. Fließgeschwindigkeit

¹ Die großräumige Auffindbarkeit wird bereits durch die Berücksichtigung der Abflussaufteilung zwischen Ausleitungsstrecke und Triebwerkskanal bei der Klassifizierung (vgl. Kapitel 4.4.2 des Hauptdokuments der Verfahrensempfehlung) abgebildet. Zusätzlich kann die großräumige Auffindbarkeit über die Flussmorphologie (Prall-/Gleithang) und die Anordnung sowie die Bauwerksanordnung im Gewässer (schräg/gerade) dargestellt werden.

In den folgenden Unterkapiteln 0 bis 0 werden die o. g. Standard-Parameter, die der funktionalen Einheit „Auffindbarkeit FAA“ des Bestandteils Fischaufstiegsanlage zugeordnet sind, im Einzelnen beschrieben.

Lage der FAA im Gewässer

Grundlagen:

Fische orientieren sich im Rahmen ihrer Wanderungen i. d. R. an Strömungen und auch der Chemismus spielt eine Rolle. Sind die Strömungsverhältnisse divers, so orientieren sich die wandermotivierten Fische im Allgemeinen an der Hauptströmung. Gelangen Fische vor ein Wanderhindernis, beginnen sie entlang des Quergradienten eine Aufstiegsmöglichkeit zu suchen. Hier sind artspezifische Unterschiede zu beachten. Ist für den Fisch im Hauptaufstiegskorridor keine Möglichkeit vorhanden, in das Oberwasser zu gelangen, schwimmen die Tiere immer wieder das Wanderhindernis an, bis ihre Kräfte nicht mehr ausreichen.

Spezifizierung:

Damit Fische den Weg in eine FAA zuverlässig finden können, ist die Positionierung des Einstiegs ausschlaggebend. Die wesentlichen Aspekte, die bei der Positionierung einer FAA zu berücksichtigen sind, finden sich – auch bebildert – im Merkblatt DWA-M 509 (DWA 2014).

Klassifizierung:

Die Definitionen der Klassengrenzen orientieren sich an der Lage bzw. den Lageabweichungen der FAA im Vergleich zu den entsprechenden Vorgaben im Merkblatt DWA-M 509 (DWA 2014) (vgl. Tabelle 21):

Tabelle 21: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Lage der FAA im Gewässer“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	<p>Die großräumige Lage der FAA im Gewässer entspricht den Vorgaben aus dem Merkblatt DWA-M 509 (DWA 2014).</p> <p>Anordnung bei einem Wehr ohne WKA:</p> <ul style="list-style-type: none"> - bei schräg verlaufendem Wehr im spitzen Winkel zwischen Ufer und Wehr - bei rechtwinklig zur Strömung angeordnetem Wehr in der Hauptströmung am Prallhang - bei einem V-förmigen Wehr in der Mitte <p>Anordnung bei WKA:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uferseitig neben der WKA - mit Aufstiegsгалerie zwischen Krafthaus und Wehr - Bei einer Wasserausleitung erfolgt der Bau einer FAA in der Hauptströmung nach eben genannten Regeln.
Klasse 4	Die großräumige Lage der FAA im Gewässer entspricht nicht den Vorgaben aus dem Merkblatt DWA-M 509 (DWA 2014).

Winkel der Leitströmung

Grundlagen:

Untersuchungen haben gezeigt, dass die Auffindbarkeit einer FAA am größten ist, wenn die Leitströmung parallel zur Hauptströmung ausgerichtet ist. Diese Leitströmung muss nicht dominant gegenüber der Hauptströmung sein, sie muss allerdings für aufstiegswillige Fische über die gesamte Wassersäule wahrnehmbar sein.

Spezifizierung:

Die Entwicklung einer Parallelströmung ist nicht immer möglich. In diesen Fällen kann ein Winkel $< 30^\circ$ bis maximal 45° , jedoch nach Möglichkeit unter 30° , zur Hauptströmung zugelassen werden.

Mit zunehmendem Winkel wird die Leitströmung mehr oder weniger stark abgelenkt bzw. aufgelöst, so dass keine gerichtete Strömung mehr wahrnehmbar ist. Fische können aufgrund ihres teilweise starren Körpers in rechtwinklig abknickenden Strömungen nicht präzise genug navigieren und werden desorientiert bzw. abgetrieben.

Klassifizierung:

Die Definitionen der Klassengrenzen orientieren sich an dem Winkel der Austrittsströmung aus einer FAA im Bezug zur Hauptströmung (vgl. Tabelle 22).

Bei mehreren Eingängen ist die Klassifizierung als Einzelfallbetrachtung vorzunehmen.

Tabelle 22: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Winkel der Leitströmung“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	FAA-Austrittsströmung (Leitströmung) verläuft zur Hauptströmung in einem Winkel von $\leq 45^\circ$ und weist einen freien Ausströmungsgradienten auf.
Klasse 3	Leitströmung verläuft zur Hauptströmung in einem Winkel von $> 45^\circ$ bis $\leq 55^\circ$.
Klasse 4	Leitströmung verläuft zur Hauptströmung in einem Winkel von $> 55^\circ$ bis $\leq 65^\circ$.
Klasse 5	Leitströmung verläuft zur Hauptströmung in einem Winkel von $> 65^\circ$.

Entfernung des Einstiegs in die FAA bis zum Wanderhindernis

Grundlagen:

Der Einstieg sollte am Fuß des Wanderhindernisses bzw. mit diesem bündig liegen. Alternativ gilt der Abstand vom FAA-Einstieg bis zum Ende der Turbulenzzone im Unterwasser des Bauwerks. Je weiter der Einstieg vom Wanderhindernis stromabwärts entfernt ist, umso geringer wird die Auffindbarkeit der Aufstiegsanlage (vgl. Tabelle 23).

Spezifizierung:

Einige Untersuchungen und Expertenmeinungen gehen davon aus, dass schon wenige Meter darüber entscheiden, ob ein Fisch die Aufstiegsanlage findet oder nicht (vgl. DWA 2014).

Klassifizierung:

Vor dem Hintergrund der bestehenden Wissensdefizite wird auf der Basis von vorhandenem Wissen und den wenigen vorhandenen Untersuchungsergebnissen davon ausgegangen, dass die Klasse 2 erreicht werden kann, wenn der Einstieg unmittelbar an das Bauwerk bzw. die Turbulenzzone anschließt.

Tabelle 23: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Entfernung des Einstiegs in die FAA bis zum Wanderhindernis“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Der Einstieg der FAA schließt unmittelbar an das Bauwerk oder die Turbulenzzone an.
Klasse 4	Der Einstieg der FAA schließt nicht unmittelbar an das Bauwerk oder die Turbulenzzone an.

Sohlenanbindung

Grundlagen:

Wenn die Gewässersohle tiefer liegt als der Einstieg in die FAA, kann es vor allem für bodenorientiert lebende Fische vor der FAA zu Barriereeffekten, d. h. einem für die Tiere unüberwindbaren Wanderhindernis kommen. Aus diesem Grund muss die Gewässersohle an den Einstieg in die FAA geneigt angebunden werden. Bewährt haben sich hier zumeist Anrampungen mittels Steinschüttungen. Wichtig ist dabei die Lagestabilität des eingesetzten Steinmaterials.

Spezifizierung:

Nach dem Merkblatt DWA-M 509 (DWA 2014) darf die Neigung einer sohlenanbindenden Rampe maximal 1:2 betragen. Eine flachere Anbindung ist empfehlenswert.

Klassifizierung:

Die Definitionen der Klassengrenzen orientieren sich an dem Vorhandensein einer Sohlenanbindung und an deren Neigung, entsprechend den Ausführungen im Merkblatt DWA-M 509 (DWA 2014) (vgl. Tabelle 24).

Tabelle 24: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Sohlenanbindung“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Sohlenanbindung vorhanden und Vorgabe aus dem Merkblatt DWA-M 509 (DWA 2014), dass die Neigung der sohlenanbindenden Rampe maximal 1:2 betragen soll, wird eingehalten.
Klasse 3	Sohlenanbindung vorhanden, aber die Neigung liegt zwischen 1:2 und 1:1
Klasse 4	Sohlenanbindung vorhanden, aber die Neigung ist steiler als 1:1
Klasse 5	Sohlenanbindung nicht vorhanden

Fischaufstiegsanlage – funktionale Einheit „Passierbarkeit (FAA)“

Die zur regelbasierten Klassifizierung herangezogenen Standard-Parameter der funktionalen Einheit „Passierbarkeit (FAA)“ sind nachfolgend in Tabelle 25 aufgeführt und werden in den Unterkapiteln 0 bis 0 näher erläutert. Die Optionalen Parameter dieser FE sind in Tabelle 26 dargestellt. Diese können z. B. im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung unterstützend herangezogen werden.

Tabelle 25: Standard-Parameter der funktionalen Einheit „Passierbarkeit (FAA)“ des Bestandteils Fischaufstiegsanlage als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs.

Standard-Parameter	Kurzbeschreibung	Verschneidungsregeln
maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle	max. Wasserspiegeldifferenz (entspricht Absturzhöhe) zwischen den Becken / gesamtes oder max. Gefälle (bauwerkstypabhängig) innerhalb der Anlage	Worst-Case Verschnitt aller Parameter der FE „Passierbarkeit (FAA)“, ausgenommen „Sohlensubstrat“ und „Gesamtbetriebszeit“
minimale Beckenlänge / Abstand längs	minimale Beckenlänge des kleinsten Beckens bzw. minimale Länge des kleinsten lichten Störstein-Abstands	Siehe Verschneidungsregel „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“
minimale Wassertiefe im Wanderkorridor	min. Abstand zwischen der Oberkante der Rauheitselemente und dem Wasserspiegel im Längsverlauf des Wanderkorridors	Siehe Verschneidungsregel „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“
minimale Beckenbreite / Abstand quer	minimale Beckenbreite des kleinsten Beckens bzw. minimale Breite des kleinsten lichten Störstein-Abstands	Siehe Verschneidungsregel „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“
minimale Schlitzweite bzw. Öffnungsweite	minimale Schlitzweite/Öffnungsweite (bauwerkstypabhängig)	Siehe Verschneidungsregel „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“
Sohlensubstrat	Stärke des Sohlensubstrats sowie Lagestabilität.	Mittelwertbildung des Zwischenergebnisses und des Standard-Parameter „Sohlensubstrat“
Gesamtbetriebszeit FAA (Q ₃₀ , Q ₃₃₀)	Gewährleistung der Funktionsfähigkeit der FAA für Abflüsse zwischen Q ₃₀ und Q ₃₃₀ (rund 300 Tage im Jahr)	Verschneidung auf Ebene des Bauwerksstandorts

Anmerkung: Die Einhaltung einer Mindestfließgeschwindigkeit von 0,2 – 0,3 m/s für die Rheotaxis gemäß DWA (2014) ist i. d. R. bei FAA aufgrund des Gefällebaus nicht relevant. Im Einzelfall kann dies ergänzend berücksichtigt werden.

Tabelle 26: Optionale Parameter der funktionalen Einheit „Passierbarkeit (FAA)“ des Bestandteils Fischaufstiegsanlage als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs

Optionale Parameter für Vertical-Slot-Pass, Raugerinne mit Beckenstruktur	Optionale Parameter für Raugerinne ohne Einbauten, Raugerinne mit Störsteinen	Weitere Optionale Parameter
Minimale Wassertiefe unterhalb Trennwand / Riegel	Länge Gefällestrecke ohne Ruhezone	Abgelöster Wasserstrahl
Maximale querprofilgemittelte Fließgeschwindigkeit		Ausbildung und Anbindung des OW-Ausstiegs (Abstand zu Zonen sehr hoher Fließgeschwindigkeiten bzw. Turbulenzen mit hohem Stromabverdriftungsrisiko; Anpassung an OW-Stände u. -schwankungen; Anbindung an die Gewässer-sole; Anbindung an den Uferbereich)
Berechnete maximale Geschwindigkeit im Schlitz oder in der Öffnung		
Schlitzhöhe (Sohle bis Oberkante Riegel oder Wassersäule bzw. Wassertiefe im Schlitz)		
Sockelsteine im Riegeldurchlass (ja/nein)		

Maximale Wasserspiegeldifferenz / Maximales Gefälle

Grundlagen (maximale Wasserspiegeldifferenz):

Der Höhenabbau je Becken (Δh) ist ein für die Funktionalität der FAA wichtiger Standard-Parameter.

Bei einem zu großen Höhenunterschied, d. h. einer zu großen Wasserspiegeldifferenz (Δh [m]) zwischen den einzelnen Becken, ist die Passierbarkeit der Schlitz- bzw. Engstellen eingeschränkt oder gar nicht möglich.

Bei beckenartigen Fischpässen wird der Höhenunterschied zwischen Ober- und Unterwasser dadurch abgebaut, dass durch Querwände oder Steinriegel voneinander getrennte Becken so gebaut werden, dass sie über einen Schlitz oder Durchlass verbunden sind, der eine definierte Wasserspiegeldifferenz bedingt. Entsprechend den Vorgaben aus dem Merkblatt DWA-M 509 (DWA 2014) ist ein fischregionsspezifischer

Höhenabbau zu berücksichtigen. Je nach Fischregion ist zwischen den Becken eine maximale Wasserspiegeldifferenz zwischen 9 und 15 cm beim Bemessungsdurchfluss zulässig. Aufgrund der Tatsache, dass in Niederungsfließgewässern (< 200 m üNN) das potenziell vorkommende Artenspektrum allgemein größer ist und häufig schwimm- schwache bzw. energetisch empfindliche Fischarten bzw. -größen beheimatet sind, sollte die maximale Wasserspiegeldifferenz dort grundsätzlich ≤ 10 cm betragen.

Anmerkung:

Die Strömungsgeschwindigkeiten in den Beckenschlitzten, die Wasserspiegeldifferenzen sowie die max. Leistungsdichte bei der Energiedissipation sind im Zusammenspiel und unter Beachtung der jeweiligen Schwellenwerte entscheidend dafür, ob die jeweils regionstypischen Fischarten die FAA passieren können.

Die Turbulenz, die aus der Reibung zwischen dem beschleunigten Wasser im Schlitz und der Strömung im Becken resultiert, setzt die Schwimmkapazität von Fischen herab und führt zur Erschöpfung der Tiere, die dann auch Verletzungen nach sich ziehen kann. Als Maß für die hydraulische Belastung hat sich die Leistungsdichte bei der Energieumwandlung, angegeben in W/m^3 , verbreitet. Diese beschreibt die Umwandlung der in ein Becken eingetragenen Energie in Bezug zur Beckendimension, die sog. Energiedissipation.

Die Wasserspiegeldifferenz ist mit Bezug auf die obige Anmerkung daher immer auch im Zusammenhang mit der Fließgeschwindigkeit im Schlitz und der max. Leistungsdichte bei der Energiedissipation in den Einzelbecken zu sehen.

Grundlagen (maximales Gefälle):

Wenn Raugerinne ohne Einbauten und Raugerinne mit Störsteinen fischdurchgängig gestaltet sein sollen, dann müssen auch die Grenzwerte, z. B. für die Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe, entsprechend den Anspruchsprofilen der jeweiligen Referenzfischfauna bzw. der jeweiligen Fischregionen bzw. der naturraumtypischen Fließgewässerverhältnisse eingehalten werden.

Spezifizierung:

Der Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ wird je nach Bautyp der Fischaufstiegsanlage wie folgt definiert (vgl. Tabelle 27):

Tabelle 27: Spezifizierung des Standard-Parameters „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ auf Basis des Bautyps der Fischaufstiegsanlage

Bautyp	Spezifizierung des Standard-Parameters nach Bautyp
Vertical-Slot-Pass	Die maximale Wasserspiegeldifferenz zwischen zwei Becken.
Raugerinne mit Beckenstruktur (verschiedene Bauweisen)	Die maximale Wasserspiegeldifferenz zwischen zwei Becken.
Raugerinne ohne Einbauten	Gefälle des limitierenden Abschnitts innerhalb der Anlage
Raugerinne mit Störsteinen	Gefälle des limitierenden Abschnitts innerhalb der Anlage

Klassifizierung:

Die Wasserspiegeldifferenz bzw. das maximale Gefälle entsprechen mindestens den Vorgaben aus dem Merkblatt DWA-M 509 (DWA 2014) und berücksichtigen die gemäß DWA (2014) zulässigen Wasserspiegeldifferenzen und Gefällegrenzen auf Basis der max. zulässigen Fließgeschwindigkeiten der jeweiligen Fischregion. Die Klassengrenzen sind für die berücksichtigten FAA-Bautypen in den folgenden Tabellen dargestellt (vgl. Tabelle 28 bis

Tabelle 39). Wenn die Fließgeschwindigkeit vorliegt, kann diese für die Bewertung bei Raugerinnen ohne Einbauten sowie bei Raugerinnen mit Störsteinen anstelle des Gefälles verwendet werden. Die Klassengrenzen sind in

Tabelle 33 bis

Tabelle 35 für Raugerinne ohne Einbauten sowie in

Tabelle 37 bis

Tabelle 39 für Raugerinne mit Störsteinen dargestellt.

Klassifizierung Vertical-Slot-Pass und Raugerinne mit Beckenstruktur:

Tabelle 28: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ für den Bautyp „Vertical-Slot-Pass“ sowie „Raugerinne mit Beckenstruktur“ mit einem Gesamthöhenunterschied von <3 m. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.

Klassen	obere Forellen-region	untere Forellen-region	Äschen-region	Barben-region	Brachsen-region	Kaulbarsch-Flunder-Region
Klasse 2	≤ 0,25 m	≤ 0,22 m	≤ 0,20 m	≤ 0,17 m	≤ 0,15m	≤ 0,13 m
Klasse 3	> 0,25 m – 0,31 m	> 0,22 m – 0,28 m	> 0,20 m – 0,25 m	> 0,17 m – 0,21 m	> 0,15 m – 0,19 m	> 0,13 m – 0,16 m
Klasse 4	> 0,31 m – 0,38 m	> 0,28 m – 0,33 m	> 0,25 m – 0,30 m	> 0,21 m – 0,26 m	> 0,19 m – 0,23 m	> 0,16 m – 0,20 m
Klasse 5	> 0,38 m	> 0,33 m	> 0,30 m	> 0,26 m	> 0,23 m	> 0,20 n

Tabelle 29: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ für den Bautyp „Vertical-Slot-Pass“ sowie „Raugerinne mit Beckenstruktur“ mit einem Gesamthöhenunterschied von 3 m bis 6 m. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.

Klassen	obere Forellen-region	untere Forellen-region	Äschen-region	Barben-region	Brachsen-region	Kaulbarsch-Flunder-Region
Klasse 2	≤ 0,22 m	≤ 0,20 m	≤ 0,18 m	≤ 0,15 m	≤ 0,13 m	≤ 0,11 m
Klasse 3	> 0,22 m – 0,28 m	> 0,20 m – 0,25 m	> 0,18 m – 0,23 m	> 0,15 m – 0,19 m	> 0,13 m – 0,16 m	> 0,11 m – 0,14 m
Klasse 4	> 0,28 m – 0,33 m	> 0,25 m – 0,30 m	> 0,23 m – 0,27 m	> 0,19 m – 0,23 m	> 0,16 m – 0,20 m	> 0,14 m – 0,17 m
Klasse 5	> 0,33 m	> 0,30 m	> 0,27 m	> 0,23 m	> 0,20 m	> 0,17 m

Tabelle 30: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ für den Bautyp „Vertical-Slot-Pass“ sowie „Raugerinne mit Beckenstruktur“ mit einem Gesamthöhenunterschied von 6 m bis 9 m. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.

Klassen	obere Forellen-region	untere Forellen-region	Äschen-region	Barben-region	Brachsen-region	Kaulbarsch-Flunder-Region
Klasse 2	≤ 0,20 m	≤ 0,18 m	≤ 0,17 m	≤ 0,13 m	≤ 0,11 m	≤ 0,10 m
Klasse 3	> 0,20 m – 0,25 m	> 0,18 m – 0,23 m	> 0,17 m – 0,21 m	> 0,13 m – 0,16 m	> 0,11 m – 0,14 m	> 0,10 m – 0,13 m
Klasse 4	> 0,25 m – 0,30 m	> 0,23 m – 0,27 m	> 0,21 m – 0,26 m	> 0,16 m – 0,20 m	> 0,14 m – 0,17 m	> 0,13 m – 0,15 m
Klasse 5	> 0,30 m	> 0,27 m	> 0,26 m	> 0,20 m	> 0,17 m	> 0,15 m

Tabelle 31: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ für den Bautyp „Vertical-Slot-Pass“ sowie „Raugerinne mit Beckenstruktur“ mit einem Gesamthöhenunterschied von >9 m. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.

Klassen	obere Forellen-region	untere Forellen-region	Äschen-region	Barben-region	Brachsen-region	Kaulbarsch-Flunder-Region
Klasse 2	≤ 0,18 m	≤ 0,17 m	≤ 0,15 m	Einzelfall-betrach-tung	Einzelfall-betrach-tung	Einzelfall-betrach-tung
Klasse 3	> 0,18 m – 0,23 m	> 0,17 m – 0,21 m	> 0,15 m – 0,19 m	Einzelfall-betrach-tung	Einzelfall-betrach-tung	Einzelfall-betrach-tung
Klasse 4	> 0,23 m – 0,27 m	> 0,21 m – 0,26 m	> 0,19 m – 0,23 m	Einzelfall-betrach-tung	Einzelfall-betrach-tung	Einzelfall-betrach-tung
Klasse 5	> 0,27 m	> 0,26 m	> 0,23 m	Einzelfall-betrach-tung	Einzelfall-betrach-tung	Einzelfall-betrach-tung

Klassifizierung Raugerinne ohne Einbauten:

Tabelle 32: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ für den Bautyp „Raugerinne ohne Einbauten“. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.

Klassen	obere Forellen-region	untere Forellen-region	Äschen-region	Barben-region	Brachsen-region	Kaulbarsch-Flunder-Region
Klasse 2	≤ 1:35	≤ 1:45	≤ 1:60	≤ 1:70	≤ 1:90	≤ 1:110
Klasse 3	> 1:35 - 1:28	> 1:45 - 1:36	> 1:60 - 1:48	> 1:70 - 1:56	> 1:90 - 1:72	> 1:110 - 1:88
Klasse 4	> 1:28 - 1:23	> 1:36 - 1:30	> 1:48 - 1:40	> 1:56 - 1:47	> 1:72 - 1:60	> 1:88 - 1:73
Klasse 5	> 1:23	> 1:30	> 1:40	> 1:47	> 1:60	> 1:73

Tabelle 33: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ für den Bautyp „Raugerinne ohne Einbauten“ mit einer Gesamtlänge ≤ 5 m anhand der max. Fließgeschwindigkeit. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.

Klassen	obere Forellen-region	untere Forellen-region	Äschen-region	Barben-region	Brachsen-region	Kaulbarsch-Flunder-Region
Klasse 2	$\leq 2,0$ m/s	$\leq 1,9$ m/s	$\leq 1,8$ m/s	$\leq 1,6$ m/s	$\leq 1,5$ m/s	$\leq 1,4$ m/s
Klasse 3	$> 2,0$ m/s - 2,5 m/s	$> 1,9$ m/s - 2,4 m/s	$> 1,8$ m/s - 2,25 m/s	$> 1,6$ m/s - 2,0 m/s	$> 1,5$ m/s - 1,9 m/s	$> 1,4$ m/s - 1,75 m/s
Klasse 4	$> 2,5$ m/s - 3,0 m/s	$> 2,4$ m/s - 2,9 m/s	$> 2,25$ m/s - 2,7 m/s	$> 1,6$ m/s - 2,4 m/s	$> 1,9$ m/s - 2,25 m/s	$> 1,75$ m/s - 2,1 m/s
Klasse 5	$> 3,0$ m/s	$> 2,9$ m/s	$> 2,7$ m/s	$> 2,4$ m/s	$> 2,25$ m/s	$> 2,1$ m/s

Tabelle 34: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ für den Bautyp „Raugerinne ohne Einbauten“ mit einer Gesamtlänge von 5 bis 10 m anhand der max. Fließgeschwindigkeit. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.

Klassen	obere Forellen-region	untere Forellen-region	Äschen-region	Barben-region	Brachsen-region	Kaulbarsch-Flunder-Region
Klasse 2	$\leq 1,7$ m/s	$\leq 1,6$ m/s	$\leq 1,5$ m/s	$\leq 1,4$ m/s	$\leq 1,3$ m/s	$\leq 1,2$ m/s
Klasse 3	$> 1,7$ m/s - 2,1 m/s	$> 1,6$ m/s - 2,0 m/s	$> 1,5$ m/s - 1,9 m/s	$> 1,4$ m/s - 1,75 m/s	$> 1,3$ m/s - 1,6 m/s	$> 1,2$ m/s - 1,5 m/s
Klasse 4	$> 2,1$ m/s - 2,6 m/s	$> 1,6$ m/s - 2,4 m/s	$> 1,9$ m/s - 2,25 m/s	$> 1,75$ m/s - 2,1 m/s	$> 1,6$ m/s - 2,0 m/s	$> 1,5$ m/s - 1,8 m/s
Klasse 5	$> 2,6$ m/s	$> 2,4$ m/s	$> 2,25$ m/s	$> 2,1$ m/s	$> 2,0$ m/s	$> 1,8$ m/s

Tabelle 35: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ für den Bautyp „Raugerinne ohne Einbauten“ mit einer Gesamtlänge von ≥ 10 m bis 25 m anhand der max. Fließgeschwindigkeit. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.

Klassen	obere Forellen-region	untere Forellen-region	Äschen-region	Barben-region	Brachsen-region	Kaulbarsch-Flunder-Region
Klasse 2	$\leq 1,5$ m/s	$\leq 1,4$ m/s	$\leq 1,3$ m/s	$\leq 1,2$ m/s	$\leq 1,1$ m/s	$\leq 1,0$ m/s
Klasse 3	$> 1,5$ m/s - 1,9 m/s	$> 1,4$ m/s - 1,75 m/s	$> 1,3$ m/s - 1,6 m/s	$> 1,2$ m/s - 1,5 m/s	$> 1,1$ m/s - 1,4 m/s	$> 1,0$ m/s - 1,3 m/s
Klasse 4	$> 1,9$ m/s - 2,25 m/s	$> 1,75$ m/s - 2,1 m/s	$> 1,6$ m/s - 2,0 m/s	$> 1,5$ m/s - 1,8 m/s	$> 1,4$ m/s - 1,7 m/s	$> 1,3$ m/s - 1,5 m/s
Klasse 5	$> 2,25$ m/s	$> 2,1$ m/s	$> 2,0$ m/s	$> 1,8$ m/s	$> 1,7$ m/s	$> 1,5$ m/s

Klassifizierung Raugerinne mit Störsteinen:

Tabelle 36: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ für den Bautyp „Raugerinne mit Störsteinen“. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.

Klassen	obere Forellen-region	untere Forellen-region	Äschen-region	Barben-region	Brachsen-region	Kaulbarsch-Flunder-Region
Klasse 2	$\leq 1:25$	$\leq 1:35$	$\leq 1:40$	$\leq 1:50$	$\leq 1:60$	$\leq 1:70$
Klasse 3	$> 1:25$ - 1:20	$> 1:35$ - 1:28	$> 1:40$ - 1:32	$> 1:50$ - 1:40	$> 1:60$ - 1:48	$> 1:70$ - 1:56
Klasse 4	$> 1:20$ - 1:17	$> 1:28$ - 1:23	$> 1:32$ - 1:27	$> 1:40$ - 1:33	$> 1:48$ - 1:40	$> 1:56$ - 1:47
Klasse 5	$> 1:17$	$> 1:23$	$> 1:27$	$> 1:33$	$> 1:40$	$> 1:47$

Tabelle 37: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ für den Bautyp „Raugerinne mit Störsteinen“ mit einer Gesamtlänge ≤ 5 m anhand der max. Fließgeschwindigkeit. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.

Klassen	obere Forellen-region	untere Forellen-region	Äschen-region	Barben-region	Brachsen-region	Kaulbarsch-Flunder-Region
Klasse 2	$\leq 2,1$ m/s	$\leq 2,0$ m/s	$\leq 1,9$ m/s	$\leq 1,7$ m/s	$\leq 1,6$ m/s	$\leq 1,5$ m/s
Klasse 3	$> 2,1$ m/s - 2,6 m/s	$> 2,0$ m/s - 2,5 m/s	$> 1,9$ m/s - 2,4 m/s	$> 1,7$ m/s - 2,1 m/s	$> 1,6$ m/s - 2,0 m/s	$> 1,5$ m/s - 1,9 m/s
Klasse 4	$> 2,6$ m/s - 3,2 m/s	$> 2,5$ m/s - 3,0 m/s	$> 2,4$ m/s - 2,9 m/s	$> 2,1$ m/s - 2,6 m/s	$> 1,6$ m/s - 2,4 m/s	$> 1,9$ m/s - 2,25 m/s
Klasse 5	$> 3,2$ m/s	$> 3,0$ m/s	$> 2,9$ m/s	$> 2,6$ m/s	$> 2,4$ m/s	$> 2,25$ m/s

Tabelle 38: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ für den Bautyp „Raugerinne mit Störsteinen“ mit einer Gesamtlänge von 5 bis 10 m anhand der max. Fließgeschwindigkeit. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.

Klassen	obere Forellen-region	untere Forellen-region	Äschen-region	Barben-region	Brachsen-region	Kaulbarsch-Flunder-Region
Klasse 2	$\leq 1,9$ m/s	$\leq 1,8$ m/s	$\leq 1,8$ m/s	$\leq 1,6$ m/s	$\leq 1,5$ m/s	$\leq 1,4$ m/s
Klasse 3	$> 1,9$ m/s - 2,4 m/s	$> 1,8$ m/s - 2,25 m/s	$> 1,8$ m/s - 2,25 m/s	$> 1,6$ m/s - 2,0 m/s	$> 1,5$ m/s - 1,9 m/s	$> 1,4$ m/s - 1,75 m/s
Klasse 4	$> 2,4$ m/s - 2,9 m/s	$> 2,25$ m/s - 2,7 m/s	$> 2,25$ m/s - 2,7 m/s	$> 1,6$ m/s - 2,4 m/s	$> 1,9$ m/s - 2,25 m/s	$> 1,75$ m/s - 2,1 m/s
Klasse 5	$> 2,9$ m/s	$> 2,7$ m/s	$> 2,7$ m/s	$> 2,4$ m/s	$> 2,25$ m/s	$> 2,1$ m/s

Tabelle 39: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „maximale Wasserspiegeldifferenz / maximales Gefälle“ für den Bautyp „Raugerinne mit Störsteinen“ mit einer Gesamtlänge von ≥ 10 m bis 25 m anhand der max. Fließgeschwindigkeit. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.

Klassen	obere Forellen-region	untere Forellen-region	Äschen-region	Barben-region	Brachsen-region	Kaulbarsch-Flunder-Region
Klasse 2	$\leq 1,7$ m/s	$\leq 1,6$ m/s	$\leq 1,5$ m/s	$\leq 1,4$ m/s	$\leq 1,3$ m/s	$\leq 1,2$ m/s
Klasse 3	$> 1,7$ m/s - 2,1 m/s	$> 1,6$ m/s - 2,0 m/s	$> 1,5$ m/s - 1,9 m/s	$> 1,4$ m/s - 1,75 m/s	$> 1,3$ m/s - 1,6 m/s	$> 1,2$ m/s - 1,5 m/s
Klasse 4	$> 2,1$ m/s - 2,6 m/s	$> 1,6$ m/s - 2,4 m/s	$> 1,9$ m/s - 2,25 m/s	$> 1,75$ m/s - 2,1 m/s	$> 1,6$ m/s - 2,0 m/s	$> 1,5$ m/s - 1,8 m/s
Klasse 5	$> 2,6$ m/s	$> 2,4$ m/s	$> 2,25$ m/s	$> 2,1$ m/s	$> 2,0$ m/s	$> 1,8$ m/s

Minimale Beckenlänge / Abstand längs

Grundlagen:

Die Länge einer Fischaufstiegsanlage bzw. von Kompartimenten einer FAA (z. B. Becken bei Raugerinne mit Beckenstruktur) gewährleistet, dass Fische mit großen Körperlängen ausreichend Platz vorfinden. Im Zusammenspiel mit der minimalen Breite und der Wassertiefe, die gewässerspezifisch anhand der Fischreferenzzönose und hierbei gemäß den artspezifischen Ansprüchen der jeweils potenziell längsten Art abgeleitet wird, wird darüber hinaus der Schwellenwert für die geeignete hydraulische Belastung (Energiedissipation) ermittelt. Sowohl die Einhaltung der hydraulischen Schwellenwerte als auch die Berücksichtigung der fischökologischen Anspruchsprofile in Bezug auf die minimale Beckenlänge gewährleisten die Passierbarkeit für große bzw. lange Individuen.

Spezifizierung:

Der Standard-Parameter „minimale Beckenlänge / Abstand längs“ wird je nach Bautyp der Fischaufstiegsanlage wie folgt definiert (vgl. Tabelle 40):

Tabelle 40: Spezifizierung des Standard-Parameters „minimale Beckenlänge / Abstand längs“ auf Basis des Bautyps der Fischaufstiegsanlage

Bautyp	Spezifizierung des Standard-Parameters nach Bautyp
Vertical-Slot-Pass	Die minimale Beckenlänge des kleinsten Beckens
Raugerinne mit Beckenstruktur (verschiedene Bauweisen)	Die mittlere lichte Beckenlänge des kleinsten Beckens; bei geschwungener Bauweise: die mittlere minimale Beckenlänge (d. h. das kleinste Becken wird ausgewählt und anhand der mittleren Beckenlänge eingestuft)
<i>Raugerinne ohne Einbauten</i>	<i>Standard-Parameter nicht relevant für Klassifizierung</i>
Raugerinne mit Störsteinen	Die minimale Länge des kleinsten lichten Störstein-Abstands

Anmerkung: Die tabellarische Zusammenstellung gibt beispielhaft einen Teil gängiger Bauwerkstypen wieder. Eine ausführlichere Zusammenstellung findet sich im Merkblatt DWA-M 509 (DWA 2014). Für hier nicht aufgeführte Bauwerkstypen gilt, dass diese als Einzelfall betrachtet werden.

Klassifizierung:

Die Klassengrenzen sind auf Basis der Anspruchsprofile der bemessungsrelevanten Arten der Fischreferenzzönosen abzuleiten. Für die minimale Länge sind die Arten mit den höchsten geometrischen Anforderungen in Bezug auf die Körperlänge zu berücksichtigen.

Für die Definitionen der Klassengrenzen ist nach Fischreferenzzönosen zu differenzieren (vgl. Tabelle 41):

Tabelle 41: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Beckenlänge / Abstand längs“. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die minimale Beckenlänge oder der Schwimmweg entsprechen mindestens den Vorgaben aus dem Merkblatt DWA-M 509 (DWA 2014) für die bemessungsrelevante Art der jeweiligen Fischreferenz.
Klasse 3	Die minimale Beckenlänge oder der Schwimmweg sind bis zu 25 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 4	Die minimale Beckenlänge oder der Schwimmweg sind bis zu 50 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 5	Die minimale Beckenlänge oder der Schwimmweg sind über 50 % kleiner als in der Klasse 2.

Vertical-Slot-Pass:

Die Klassengrenze der Klasse 2 entspricht entweder

- dem Längsabstand von Einbauten gemäß Tabelle 16, S. 123 (DWA 2014) oder
- der 8,1fachen Schlitzweite gemäß Tabelle 44, S. 241 des DWA (2014).

Es ist der größere Wert zu verwenden. Die weiteren Klassengrenzen sind gemäß der in Tabelle 41 aufgeführten prozentualen Abstufung zu ermitteln.

Raugerinne mit Beckenstruktur und Raugerinne mit Störsteinen:

Die Klassengrenze der Klasse 2 entspricht der dreifachen Länge der längsten in der Fischreferenz vorkommenden Fischart gemäß DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014). Die weiteren Klassengrenzen, sind gemäß der in Tabelle 41 aufgeführten prozentualen Abstufung zu ermitteln.

Minimale Wassertiefe im Wanderkorridor

Grundlagen:

Innerhalb eines Bauwerks bestehen je nach Bauart Bereiche mit stark differierenden Wassertiefen. In den Randbereichen sind vergleichsweise niedrigere Fließgeschwindigkeiten vorherrschend als innerhalb des Wanderkorridors. Ausschlaggebend ist die Wassertiefe im Wanderkorridor.

Für die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor sind verschiedene Anforderungen einzuhalten. Damit Fische frei schwimmen können, müssen sie einen bestimmten Abstand von der Sohle halten. Je nach Rauheitsgrad kann die notwendige Wassertiefe variieren. Ferner vermeiden Fische, dass der Rücken beim Schwimmen aus dem Wasser ragt, wobei für einzelne Arten Ausnahmen bekannt sind.

Spezifizierung:

Entsprechend DWA-M 509 (DWA 2014) muss die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor die 2,5fache Körperhöhe der hochrückigsten in der Referenzzönose aufgeführten Fischart betragen ($h_{\text{eff, min}} = 2,5 \cdot H_{\text{Fisch}}$). Eine tabellarische Übersicht der Proportionen der relevanten Fischarten findet sich im Merkblatt DWA-M 509 in Tabelle 15 (DWA 2014).

Die (effektive) Wassertiefe im Wanderkorridor (h_{eff}) ist „der Abstand zwischen der Oberkante der Rauheitselemente und dem Wasserspiegel“ (DWA 2014, für weitere Details vgl. auch Kapitel 4.6.3.2 in DWA (2014)).

Klassifizierung:

Die notwendige minimale Wassertiefe im Wanderkorridor wird von den Proportionen der bemessungsrelevanten Arten der Fischreferenzzönosen abgeleitet. In Bezug auf die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor sind dies die Fischarten, die gemäß Tabelle 15 in DWA-M 509 (DWA 2014) die größte Körperhöhe aufweisen. Die Klasse 2 entspricht der 2,5fachen Körperhöhe der höchsten in der Fischreferenz aufgeführten Fischart.

Für die Definitionen der Klassengrenzen ist nach Fischreferenzzönosen zu differenzieren (vgl. Tabelle 42):

Tabelle 42: Spezifizierung der Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor entspricht mindestens der 2,5fachen Höhe der nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) höchsten in der vorliegenden Fischreferenz vorkommenden Fischart.
Klasse 3	Die minimale Wassertiefe ist bis zu 25 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 4	Die minimale Wassertiefe ist bis zu 50 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 5	Die minimale Wassertiefe ist über 50 % kleiner als in der Klasse 2.

Minimale Beckenbreite / Abstand quer**Grundlagen:**

Die Breite eines Fischaufstiegsweges bestimmt gemeinsam mit der Länge des Aufstiegs bzw. der Beckenlänge innerhalb einer Fischaufstiegsanlage und der Wassertiefe das Wasserkörpervolumen. Dieses geht in die Berechnung der Leistungsdichte ein. Beide Aspekte beeinflussen die Passierbarkeit für große Individuen und Arten, die ein mehr oder weniger ausgeprägtes Schwarmverhalten zeigen. Darüber hinaus werden Bereiche außerhalb der Hauptströmung als Regenerationsräume oder von schwimmschwachen Arten als Wanderkorridor genutzt.

Der Standard-Parameter „minimale Beckenbreite / Abstand quer“ wird je nach Bautyp der Fischaufstiegsanlage wie folgt definiert (vgl. Tabelle 43):

Tabelle 43: Spezifizierung des Standard-Parameters „minimale Beckenbreite / Abstand quer“ auf Basis des Bautyps der Fischaufstiegsanlage

Bautyp	Spezifizierung des Standard-Parameters nach Bautyp
Vertical-Slot-Pass	Die minimale lichte Sohlenbreite des kleinsten Beckens.
Raugerinne mit Beckenstruktur (verschiedene Bauweisen)	Die minimale lichte Sohlenbreite des kleinsten Beckens.
Raugerinne ohne Einbauten	Die minimale lichte Sohlenbreite des Wanderkorridors
Raugerinne mit Störsteinen	Die minimale Breite des kleinsten lichten Störstein-Abstands (quer zur Strömung), entspricht der minimalen Breite des Wanderkorridors.

Anmerkung: Die tabellarische Zusammenstellung gibt beispielhaft einen Teil der gängigen Bauwerkstypen wieder. Eine ausführlichere Zusammenstellung findet sich in DWA-M 509 (DWA 2014). Für hier nicht aufgeführte Bauwerkstypen gilt, dass diese als Einzelfall betrachtet werden.

Klassifizierung:

Die Klassengrenzen sind basierend auf den Anspruchsprofilen der bemessungsrelevanten Arten der Fischreferenzzönosen abzuleiten. Für die minimale Breite sind die breitesten Arten der Fischreferenzzönose zu berücksichtigen. Für die Definitionen der Klassengrenzen ist artspezifisch entsprechend der jeweiligen Fischreferenzzönosen zu differenzieren (vgl. Tabelle 44):

Tabelle 44: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Beckenbreite / Abstand quer“. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die minimale Beckenbreite entspricht mindestens den Vorgaben aus dem Merkblatt DWA-M 509 (DWA 2014) für die breiteste Art der jeweiligen Fischreferenz.
Klasse 3	Die minimale Beckenbreite ist bis zu 25 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 4	Die minimale Beckenbreite ist bis zu 50 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 5	Die minimale Beckenbreite ist über 50 % kleiner als in der Klasse 2.

Vertical-Slot-Pass:

Die Klassengrenze der Klasse 2 entspricht dem aus Tabelle 43 auf S. 240 im DWA-M 509 (DWA 2014) abzuleitenden Wert nach Abgleich der dort aufgeführten Fischarten mit der vorliegenden Fischreferenz, oder der 6fachen Dicke der breitesten in Tabelle 15 (DWA 2014) aufgeführten Fischart der Fischreferenz. Die weiteren Klassengrenzen sind gemäß der in Tabelle 44 aufgeführten prozentualen Abstufung zu ermitteln.

Raugerinne mit Beckenstruktur:

Die Klassengrenze der Klasse 2 entspricht dem 5fachen der minimalen Schlitz- bzw. Öffnungsweite. Diese ergibt sich aus der 3fachen Dicke der breitesten in der Fischreferenz vorkommenden Fischart gemäß DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014). Die weiteren Klassengrenzen sind gemäß der in Tabelle 44 aufgeführten prozentualen Abstufung zu ermitteln.

Raugerinne mit Störsteinen:

Die Klassengrenze der Klasse 2 entspricht der 6fachen Dicke der breitesten in der Fischreferenz vorkommenden Fischart gemäß DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014). Die weiteren Klassengrenzen sind gemäß der in Tabelle 44 aufgeführten prozentualen Abstufung zu ermitteln.

Raugerinne ohne Einbauten:

Die Klassengrenze der Klasse 2 entspricht der 9fachen Dicke der breitesten in der Fischreferenz vorkommenden Fischart gemäß DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014). Die weiteren Klassengrenzen sind gemäß der in Tabelle 44 aufgeführten prozentualen Abstufungen zu ermitteln.

Minimale Schlitzweite bzw. Öffnungsweite**Grundlagen:**

Die Klassifizierung der Schlitzweite/Öffnungsweite ist überwiegend bei Fischaufstiegsanlagen mit einer Beckenstruktur relevant. Dies können klassische Schlitzpässe oder auch Raugerinne mit einer Becken-/Riegelstruktur sein.

Beckenartige Strukturen werden bei Raugerinne-Beckenpässen durch den Einbau von Steinriegeln und bei Vertical-Slot-Pässen durch Querwände, die die Becken voneinander trennen, begrenzt. Jeder Raugerinneriegel bzw. jede Querwand eines Vertical-Slot-Passes ist mit mindestens einem Schlitz bzw. einer alternativen Durchlassöffnung versehen.

Im Bereich der Schlitz- bzw. im Bereich der alternativen Durchlassöffnungen - meist im Einschnürungsbereich der Strömung etwas unterhalb der Schlitz- bzw. unterhalb der alternativen Durchlassöffnungen - herrscht die höchste Fließgeschwindigkeit innerhalb der gesamten Fischaufstiegsanlage. Das bedeutet, dass in einem Beckenpass aufsteigende Fische die entsprechend notwendige Schwimmleistung erbringen müssen, um diese Passagen überwinden zu können.

Neben der Strömungsgeschwindigkeit ist die Weite des Schlitzes dafür bestimmend, welche Fischarten durch den Schlitz allein aufgrund ihrer Körpergröße hindurchschwimmen können. Die jeweils erforderliche Schlitzweite, die abhängig ist von den Referenzfischarten, ist für Raugerinne-Beckenpässe und Vertical-Slot-Pässe im Merkblatt DWA-M 509 (DWA 2014) aufgeführt.

Spezifizierung:

Der Standard-Parameter „minimale Schlitzweite“ wird je nach Bautyp der Fischaufstiegsanlage wie folgt definiert (vgl. Tabelle 45):

Tabelle 45: Spezifizierung des Standard-Parameters „minimale Schlitzweite“ auf Basis des Bautyps der Fischaufstiegsanlage

Bautyp	Spezifizierung des Standard-Parameters nach Bautyp
Vertical-Slot-Pass	Die minimale lichte Schlitzweite
Raugerinne mit Beckenstruktur (verschiedene Bauweisen)	Die minimale lichte Schlitzweite
<i>Raugerinne ohne Einbauten</i>	<i>Standard-Parameter nicht relevant für Klassifizierung</i>
<i>Raugerinne mit Störsteinen</i>	<i>Standard-Parameter nicht relevant für Klassifizierung</i>

Klassifizierung:

Die entsprechenden Weiten der Schlitzes sind auf Basis der Anspruchsprofile der bemessungsrelevanten Arten der Fischreferenzzönosen abgeleitet. Für die minimale Weite sind die Arten mit den höchsten geometrischen Anforderungsdicken zu berücksichtigen.

Für die Definitionen der Klassengrenzen ist nach Fischreferenzzönosen zu differenzieren (vgl. Tabelle 46):

Tabelle 46: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Schlitzweite“. Auf Basis der Fischreferenzzönose ist bei der Festlegung der Klassengrenzen zu differenzieren.

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die minimale Schlitzweite entspricht mindestens den Vorgaben aus dem Merkblatt DWA-M 509 (DWA 2014) für die breiteste Art der jeweiligen Fischreferenz. Hierbei sind bautypspezifische Zuschläge zu beachten.
Klasse 3	Die minimale Schlitzweite ist bis zu 25 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 4	Die minimale Schlitzweite ist bis zu 50 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 5	Die minimale Schlitzweite ist über 50 % kleiner als in der Klasse 2.

Vertical-Slot-Pass:

Die Klassengrenze der Klasse 2 entspricht dem aus Tabelle 43 auf S. 240 im DWA-M 509 (DWA 2014) abzuleitenden Wert nach Abgleich der dort aufgeführten Fischarten mit der vorliegenden Fischreferenz. Die weiteren Klassengrenzen sind gemäß der in Tabelle 46 aufgeführten prozentualen Abstufung zu ermitteln.

Raugerinne mit Beckenstruktur:

Die Klassengrenze der Klasse 2 entspricht der 3fachen Dicke der breitesten in der Fischreferenz vorkommenden Fischart gemäß DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014). Die weiteren Klassengrenzen sind gemäß der in Tabelle 46 aufgeführten prozentualen Abstufung zu ermitteln.

Sohlensubstrat

Grundlagen:

Vergleicht man die verschiedenen Fischreferenzen untereinander, so wird deutlich, dass es in jeder Referenz Fischarten bzw. Entwicklungsstadien gibt, die als „schwimm-schwach“ eingestuft werden oder wegen einer fehlenden Schwimmblase obligat sohlennah wandern müssen (z. B. Groppe, Bachneunauge). Speziell für diese Fische ist es wichtig, dass es Bereiche oder Abschnitte gibt, die Strömungspfade mit einer vergleichsweise niedrigen Fließgeschwindigkeit aufweisen. Bei Gewässern mit ausreichend starkem Sohlensubstrat in natürlicher und/oder geschütteter Form ist dies aufgrund der Rauheit der sohlennahe Bereich.

Spezifizierung:

Rau ausgebildete Sohlen bewirken eine Strömungsberuhigung und schaffen langsam fließende Bereiche, welche insbesondere für schwimmschwache Arten notwendig sind, um aufzusteigen.

Damit eine geschüttete Sohle langfristig lagestabil bleibt, ist es notwendig, die Lagestabilität des als Sohlensubstrat verwendeten Materials hydraulisch zu bemessen. Hierbei sollten sowohl der Nachweis für den mittleren Abfluss als auch für den Hochwasserfall berücksichtigt werden. Der kritische spezifische Abfluss ist gekennzeichnet durch den Bewegungsbeginn der Steine.

Klassifizierung:

Für die Klassifizierung des Sohlensubstrats vgl. Tabelle 47:

Tabelle 47: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Sohlensubstrat“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Dauerhaft lagestabile Substratauflage, die Stärke des Sohlensubstrat ist $\geq 0,30$ m und weist ein Lückensystem auf
Klasse 3	Dauerhaft lagestabile Substratauflage, die Stärke des Sohlensubstrat ist $\geq 0,23$ m bis $< 0,30$ m und weist ein Lückensystem auf
Klasse 4	Gewässersohle instabil, die Stärke des Sohlensubstrat ist $\geq 0,15$ m bis $< 0,23$ m und kein Lückensystem vorhanden
Klasse 5	Gewässersohle instabil, die Stärke des Sohlensubstrat ist $< 0,15$ m und kein Lückensystem vorhanden

Gesamtbetriebszeit FAA (Q_{30} , Q_{330})

Grundlagen:

Ziel von Fischaufstiegsanlagen ist es, eine weitgehend unbeeinträchtigte Wanderbewegung von Fischen und Makrozoobenthos im Vergleich zum Zustand des Gewässers ohne künstliche Hindernisse zu ermöglichen. Da Fischwanderungen ganzjährig auftreten können, ist die Funktionsfähigkeit von Fischaufstiegsanlagen an mindestens 300 Tagen (Q_{30} bis Q_{330}) sicherzustellen, d. h. außerhalb der Zeiten mit sehr niedrigen und sehr hohen Abflüssen. Kann dies durch eine Fischaufstiegsanlage allein, z. B. an einem Ausleitungskraftwerk, nicht gewährleistet werden, so ist eine weitere Fischaufstiegsanlage am Querbauwerk im Mutterbett zu errichten. Die Anzahl der Tage, an denen mindestens eine der Fischaufstiegsanlagen funktionsfähig ist, ergibt die Gesamtbetriebszeit. Alternativ kann auch die Wasserspiegellage (W_{30}/W_{330}) bei dem entsprechenden Abfluss herangezogen werden.

Spezifizierung:

Q_{30} ist der Abfluss, der in einem mittleren Abflussjahr an 30 Tagen unterschritten wird. Q_{330} ist der Abfluss, der in einem Durchschnittsjahr an 330 Tagen unterschritten wird. Grundsätzlich erfolgen Fischwanderungen im gesamten Jahresverlauf und zu allen Abflüssen. Die technische Umsetzung einer Funktionsfähigkeit über alle Abflüsse ist jedoch kaum möglich, so dass als Kompromiss in Zeiten mit sehr geringen ($< Q_{30}$) bzw. sehr hohen ($> Q_{330}$) Abflüssen Funktionseinschränkungen hingenommen werden.

Der Standard-Parameter Gesamtbetriebszeit FAA (Q_{30} , Q_{330}) besitzt für alle Fischaufstiegsanlagen unabhängig vom Bautyp Gültigkeit.

Klassifizierung:

Die Einhaltung der Q_{30} - Q_{330} -Regel gewährleistet statistisch gesehen an ca. 300 Tagen im Jahr die ungehinderte Passierbarkeit an einem Bauwerk im Gewässer, das ohne eine FAA einen Fischwechsel einschränken oder unterbinden würde. Voraussetzung dafür ist jedoch die Einhaltung aller geometrischen Parameter. Bei Standorten mit sog.

minderen Zielen erfolgt eine Einzelfallbetrachtung. Für die Definitionen der Klassengrenzen vgl. Tabelle 48:

Tabelle 48: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Betriebszeit FAA (Q₃₀, Q₃₃₀)“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die Q ₃₀ -Q ₃₃₀ -Regel wird nachweislich eingehalten, so dass die FAA statistisch gesehen an ≥ 300 Tagen im Jahr funktionsfähig ist.
Klasse 3	Die Q ₃₀ -Q ₃₃₀ -Regel wird nachweislich nicht eingehalten, so dass die FAA statistisch gesehen nur ≥ 225 bis < 300 Tagen im Jahr funktionsfähig ist.
Klasse 4	Die Q ₃₀ -Q ₃₃₀ -Regel wird nachweislich nicht eingehalten, so dass die FAA statistisch gesehen nur an ≥ 150 bis < 225 Tagen im Jahr funktionsfähig ist.
Klasse 5	Die Q ₃₀ -Q ₃₃₀ -Regel wird nachweislich nicht eingehalten, so dass die FAA statistisch gesehen nur < 150 Tagen im Jahr funktionsfähig ist.

1.1.5 Ausleitungsstrecke

Bei Ausleitungskraftwerken (Wasserkraftanlagen), die außerhalb des eigentlichen Gewässerbettes errichtet werden, wird mittels eines Ausleitungswehres in der Regel der überwiegende Abflussanteil des Gewässers dem Triebwerkskanal zugeleitet, der die WKA speist. Der Ausleitungsstrecke (dem „Mutterbett“) wird dabei das entsprechende Wasser für die WKA entzogen. Entsprechend wird in § 33 WHG eine ausreichende Mindestwasserführung gefordert, um einen guten ökologischen und chemischen Zustand zu erhalten oder zu erreichen und eine Verschlechterung zu vermeiden.

Für den Bestandteil Ausleitungsstrecke erfolgt die regelbasierte Klassifizierung des Fischaufstiegs mit den in Tabelle 49 aufgeführten Standard-Parametern, während in Tabelle 50 weitere Optionale Parameter aufgelistet sind, die z. B. im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung unterstützend herangezogen werden können.

Tabelle 49: Standard-Parameter des Bestandteils Ausleitungsstrecke als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs

Standard-Parameter	Kurzbeschreibung	Verschneidungsregeln
Abfluss (Mindestwasserführung)	Angabe des Abflusses über die Einhaltung der Mindestwasserführung	Mittelwertbildung der Standard-Parameter „Abfluss (Mindestwasserführung)“ und „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“
minimale Wassertiefe im Wanderkorridor	min. Abstand zwischen der Oberkante der Rauheitselemente und dem Wasserspiegel im Längsverlauf des Wanderkorridors	Siehe Verschneidungsregel „Abfluss (Mindestwasserführung)“
minimale Breite im Wanderkorridor	minimale Sohlenbreite im Wanderkorridor	Malus: Abwertung des Mittelwertes von gering beeinträchtigt auf mäßig beeinträchtigt, wenn der Standard-Parameter „minimale Breite im Wanderkorridor“ mäßig beeinträchtigt oder schlechter klassifiziert ist

Ausleitungsstrecken werden meistens als potenziell naturnahe Gewässerstrecken betrachtet (im Unterschied zu Fischaufstiegs- oder Fischabstiegsanlagen). Im Rahmen des Klassifizierungsverfahrens kann daher eine Fokussierung auf Abfluss, Wassertiefe und Wasserbreite erfolgen.

Tabelle 50: Optionale Parameter des Bestandteils Ausleitungsstrecke als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs

Optionale Parameter
Gewässerstruktur Sohle/Ufer
Wahrnehmbare Strömung

Abfluss (Mindestwasserführung)Grundlagen:

Eine Mindestwasserführung in der Ausleitungsstrecke ist unter fischökologischen Gesichtspunkten keine feststehende Größe. Sie richtet sich nach den hydrologischen und morphologischen Gegebenheiten vor Ort und nach den ökologischen Erfordernissen im Einzelfall bzw. nach den fischökologischen Anspruchsprofilen, die aus den Artenzusammensetzungen der Fischreferenzzönosen resultieren.

Spezifizierung:

Sofern die Durchgängigkeit eines Ausleitungsstandorts für die Fischfauna in bestimmten Zeitabschnitten oder ganzjährig über die Ausleitungsstrecke und nicht oder nicht ausschließlich über den Triebwerkskanal gewährleistet werden soll, muss gem. WHG § 33 eine ausreichende Mindestwasserführung in der Ausleitungsstrecke erhalten bleiben. Wenn die Durchgängigkeit über die Ausleitungsstrecke erfolgen soll (ganzjährig oder teilweise) sind höhere Anforderungen an die Mindestwasserfestlegung zu stellen (vgl. LAWA 2020). Eine Mindestwasserführung ist jedoch auch dann erforderlich, wenn die Durchgängigkeit nicht oder auch nur teilweise über die Ausleitungsstrecke erfolgt bzw. erfolgen soll (vgl. LAWA 2020).

In diesem Fall ist standortspezifisch zu prüfen, ob die Mindestwasserführung den Anforderungen der Arten der Fischreferenzzönose in Bezug auf die groß- und kleinräumige Auffindbarkeit und die Passierbarkeit (u. a. Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit, geomorphologische Ausprägung) der Ausleitungsstrecke genügt.

Anmerkung: Die länderspezifischen Regelungen zur Mindestwasserführung sind zu berücksichtigen.

Klassifizierung:

Die Definitionen der Klassengrenzen leiten sich von den allgemeinen fachlichen Vorgaben ab (vgl. Tabelle 51). Ausnahmeregelungen in den einzelnen Bundesländern sind zu beachten.

Tabelle 51: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Abfluss (Mindestwasserführung)“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die Mindestwasserführung entspricht den fachlichen Vorgaben (z. B. LAWA 2001, LAWA 2020).
Klasse 3	Die Mindestwasserführung ist bis zu 25 % geringer als in Klasse 2.
Klasse 4	Die Mindestwasserführung ist bis zu 50 % geringer als in Klasse 2.
Klasse 5	Die Mindestwasserführung ist über 50 % geringer als in Klasse 2.

Minimale Wassertiefe im Wanderkorridor

Grundlagen:

Über die Mindestwasserführung in der Ausleitungsstrecke hinaus muss ein entsprechend geeignet dimensionierter Wanderkorridor vorhanden sein, um die aufwärts gerichtete Durchwanderbarkeit zu gewährleisten. Die Wassertiefe im Wanderkorridor in der Ausleitungsstrecke ist unter fischökologischen Gesichtspunkten keine feststehende Größe. Sie richtet sich zum einen nach den hydrologischen und hydromorphologischen Gegebenheiten vor Ort, zum anderen nach den ökologischen Erfordernissen im Einzelfall bzw. nach den fischökologischen Anspruchsprofilen, die aus den Artenzusammensetzungen der gewässerspezifischen Fischreferenzzönosen resultieren. Hier spielen die Körpergröße der referenzspezifischen Fischarten eine wesentliche Rolle.

Spezifizierung:

Sofern die aufwärts gerichtete Durchgängigkeit eines Ausleitungsstandorts für die Fischfauna in bestimmten Zeitabschnitten oder ganzjährig über die Ausleitungsstrecke und nicht oder nicht ausschließlich über den Triebwerkskanal gewährleistet werden soll, muss ein Wanderkorridor, der die geometrischen Anforderungen an die Passierbarkeit erfüllt, vorhanden sein.

Die Wassertiefe im Wanderkorridor entspricht hier dem Abstand zwischen der Oberkante der Sohle und dem Wasserspiegel. Diese beträgt mindestens die 2fachen Höhe der bemessungsrelevanten Fischart ($h_{wk, min} = 2 * H_{Fisch}$).

Anmerkung: Die länderspezifischen Regelungen zur Mindestwassertiefe sind, unabhängig von der Klassifizierung im Rahmen dieses Verfahrens, einzuhalten.

Klassifizierung:

Die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor ist auf Basis der Proportionen der bemessungsrelevanten Arten der Fischreferenzzönosen abzuleiten. Für die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor ist, wie oben ausgeführt, die nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) höchste Fischart der vorliegenden Fischreferenzzönose heranzuziehen.

Für die Definitionen der Klassengrenzen ist nach Fischreferenzzönosen zu differenzieren (vgl. Tabelle 52):

Tabelle 52: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor entspricht mindestens der 2fachen Höhe der nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) höchsten in der vorliegenden Fischreferenz vorkommenden Fischart.
Klasse 3	Die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor ist bis zu 25 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 4	Die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor ist bis zu 50 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 5	Die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor ist über 50 % kleiner als in der Klasse 2.

Minimale Breite im Wanderkorridor

Grundlagen:

Damit Fische einen Wanderkorridor ungehindert durchschwimmen können, sollte für sie sowohl ein Richtungswechsel als auch ein freier Wechsel zwischen strömungsberuhigten und durchströmten Bereichen möglich sein (DWA 2014).

Spezifizierung:

Die minimale Breite der Ausleitungsstrecke entspricht dem Bereich mit der geringsten Breite im Wanderkorridor (vgl. auch Definition nach DWA 2014, Kapitel 4.4). Die Breite sollte mindestens der neunfachen Dicke der breitesten Fischart entsprechen ($b_{wk, min} = 9 * D_{Fisch}$).

Klassifizierung:

Die minimale Breite im Wanderkorridor ist auf Basis der Proportionen der bemesungsrelevanten Arten der Fischreferenzzönosen abzuleiten. Für die minimale Breite im Wanderkorridor ist, wie oben ausgeführt, die nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) breiteste Fischart der vorliegenden Fischreferenzzönose heranzuziehen. Klasse 2 entspricht der neunfachen Dicke der breitesten in der Fischreferenzzönose aufgeführten Fischart.

Für die Definitionen der Klassengrenzen ist nach Fischreferenzzönosen zu differenzieren (vgl. Tabelle 53):

Tabelle 53: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Breite im Wanderkorridor“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die minimale Breite im Wanderkorridor entspricht mindestens der 9fachen Dicke der nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) breitesten in der vorliegenden Fischreferenz vorkommenden Fischart.
Klasse 3	Die minimale Breite im Wanderkorridor ist bis zu 25 % geringer als in Klasse 2.
Klasse 4	Die minimale Breite im Wanderkorridor ist bis zu 50 % geringer als in Klasse 2.
Klasse 5	Die minimale Breite im Wanderkorridor ist über 50 % geringer als in Klasse 2.

1.1.6 Rückstaustrecke

Für die Rückstaustrecke erfolgt die regelbasierte Klassifizierung auf Grundlage des in Tabelle 54 aufgeführten Standard-Parameters „Länge der Rückstaustrecke“. In Tabelle 55 sind weitere Optionale Parameter aufgeführt, die z. B. im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung unterstützend herangezogen werden können.

Durch Rückstaustrecken und ihre Ausdehnung können essenzielle Habitate der fließgewässertypischen Fischarten verloren gehen.

Die Einbeziehung der Habitatqualität (z. B. in der Stauwurzel) ist für die Klassifizierung nicht vorgesehen.

Tabelle 54: Standard-Parameter des Bestandteils Rückstaustrecke als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs

Standard-Parameter	Kurzbeschreibung	Verschneidungsregeln
Länge der Rückstaustrecke	Länge der Rückstaustrecke oberhalb eines Staubauwerks im Längsverlauf eines Fließgewässers vom Bauwerk bis zur Stauwurzel	<i>Keine Verschneidungsregeln, da lediglich ein Standard-Parameter vorliegt</i>

Tabelle 55: Optionale Parameter für den Bestandteils Rückstaustrecke als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs

Optionale Parameter
Fließgeschwindigkeit
Sedimentation und Kolmation
Wassertemperatur und Sauerstoffgehalt
Mortalität und Prädationsdruck
Lage des Ausstiegs FAA

Länge der Rückstaustrecke

Grundlagen:

Trotz der Schaffung der fischökologischen Durchgängigkeit an Wanderhindernissen bleibt in der Regel der Rückstau vorhanden. Auch Nutzungsansprüche und kulturhistorische Belange können dabei eine Rolle spielen. In Abhängigkeit von der Länge, der Lage im Gewässerlängsgradienten und der Abfolgefrequenz haben Rückstaustrecken negative Auswirkungen auf die Entwicklung der Fischfauna. In besonderem Maße trifft dies (im negativen Sinne) zu, wenn zwischen den Rückstaubereichen verschiedener Bauwerksstandorte keine freifließenden Strecken mehr vorhanden sind.

Spezifizierung:

Durch den Rückstau oberhalb einer Stauanlage wird das betroffene Fließgewässer wie folgt stark verändert:

- **Fließgeschwindigkeit:** Der Aufstau verringert die Fließgeschwindigkeit und verändert in Folge das jeweilige Wasserspiegelgefälle sowie weitere Habitateigenschaften. So wird auch nach entsprechenden Sedimentationsvorgängen das Sohlengefälle temporär oder dauerhaft beeinflusst. Fischarten, die an fließende Verhältnisse angepasst sind und entsprechende Habitate benötigen (rheophile Arten), meiden den durch Rückstau veränderten Lebensraum.
- **Sedimentation und Kolmation:** Charakteristisch für Rückstaubereiche ist der weitgehend unterbundene Sedimenttransport. Durch Sedimentation, insbesondere feinerer Substrate oberhalb eines Staubauwerks, kolmatiert mechanisch die Gewässersohle und das Lückensystem wird verstopft. Dies kann die Wanderung sohlengebunden wandernder Arten erschweren oder sogar unterbinden. Auch die erforderlichen minimalen Wassertiefen im Wanderkorridor können durch Sedimentationsprozesse beeinträchtigt werden.
- **Wassertemperatur und Sauerstoffgehalt:** Reduzierte Fließgeschwindigkeiten führen zu einer Erhöhung der Wassertemperatur. Gleichzeitig verringert sich auch infolge der reduzierten Turbulenz und mit zunehmenden organischen Umsetzungsprozessen im Wasserkörper der Sauerstoffgehalt/-eintrag. Zugleich kann es zu einer erhöhten Sauerstoffzehrung (in Folge der Sedimentation von organischem Material und einer stärkeren Biomasseentwicklung) kommen, wodurch ggf. auch Sauerstoffmangelsituationen auftreten können.
- **Mortalität und Prädationsdruck:** Je nach Länge und Struktur des Rückstaus kann es außerdem zu einem erhöhten Fraßdruck durch Raubfische und Vögel kommen.

Die Länge der Rückstau Strecke reicht vom Querbauwerk bis zur Stauwurzel. Zu berücksichtigen ist ggf. eine z. B. abflussabhängige oder bei WKA durch deren Betriebsweise gesteuerte Variabilität der Stauwurzel. Längenangaben sollten sich daher auf den mittleren Abfluss beziehen. Im Falle von Standorten, an denen der Ausstieg der FAA in größerer Entfernung zum Querbauwerk im Oberwasser liegt, wird für den Fischaufstieg die Länge vom Ausstieg der FAA bis zur Stauwurzel im Hauptgewässer angenommen.

Klassifizierung:

Eine statistisch nachprüfbare Grundlage für eine anlagenbezogene Klassifizierung ist bisher noch nicht erarbeitet. Die nachfolgend allgemein definierten Klassengrenzen (Tabelle 56) beruhen auf Expertenwissen:

Tabelle 56: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Länge der Rückstaustrecke“

Klassen	obere/un- tere Forellen- region	Äschen- region	Barben- region	Brach- sen- region (mR*)	Brachsen- region (oR*)	Kaul- barsch- Flunder- Region
Klasse 2	≤ 50 m	≤ 250 m	≤ 500 m	≤ 2500 m	Keine Be- einträchtigung (Klasse 2)	Keine Be- einträchtigung (Klasse 2)
Klasse 3	> 50 m – 250 m	> 250 m – 500 m	> 500 m – 1250 m	> 2500 m	-	-
Klasse 4	> 250 m – 500 m	> 500 m – 1250 m	> 1250 m - 2500 m	-	-	-
Klasse 5	> 500 m	> 1250 m	> 2500 m	-	-	-

*mR=mit rhithralen Arten; oR=ohne rhitrale Arten

Liegen mehrere Rückstaustrecken im Hauptgewässer innerhalb eines Bauwerksstandorts vor, so sind die Längen zu addieren.

1.2 Fischabstieg (inkl. Fischschutz)

Für die Klassifizierung des Fischabstiegs bzw. des Fischschutzes werden in den nachfolgenden Kapiteln 1.2.1 bis 1.2.9 die Bestandteile Absturz/Wehr, Rampe/Gleite, Durchlass/Verrohrung/Überbauung, Fischaufstiegsanlage, Wasserkraftanlage (in Bezug auf die potenzielle, turbinenbedingte Mortalitätsrate), Rechen, Bypass, Ausleitungsstrecke sowie Rückstaustrucke berücksichtigt.

1.2.1 Absturz/Wehr

In Tabelle 57 ist der zur regelbasierten Klassifizierung der Bestandteile Absturz, Wehr und Schwellen (mit Wasserspiegeldifferenzen > 0,1 m) herangezogene Standard-Parameter aufgeführt. In Tabelle 58 sind nicht in die regelbasierte Klassifizierung einfließende Optionale Parameter genannt. Diese können z. B. im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung verwendet werden.

Tabelle 57: Standard-Parameter des Bestandteils Absturz/Wehr als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs

Standard-Parameter	Kurzbeschreibung	Verschneidungsregeln
Absturzhöhe	Die max. Absturzhöhe am Bauwerk ist die Wasserspiegeldifferenz zwischen Ober- und Unterwasser, die Fische im Falle einer Barriere im Gewässer überwinden müssen. Die Absturzhöhe bestimmt die erforderliche minimale Wassertiefe unterhalb.	Mittelwertbildung der Standard-Parameter „Absturzhöhe“ und „Überfallhöhe“
Überfallhöhe	minimale Wassertiefe auf der Wehrkrone	Siehe Verschneidungsregel „Absturzhöhe“
Wassertiefe unterhalb	Wassertiefe unterhalb des Bauwerks, z. B. auf Tisch (Schlauchwehr) oder im Tosbecken	Worst-Case Verschnitt des resultierenden Mittelwerts mit dem Standard-Parameter „Wassertiefe unterhalb“
Störelemente	Vorhandensein von Störelementen unterhalb des Bauwerks. Potenzielle Verletzungsgefahr für Fische durch Kollisionsgefahr im Tosbereich, da dort keine geordnete Schwimmbewegung und Orientierung möglich ist	Malus: Abwertung des Worst-Case Verschnitts von gering beeinträchtigt auf mäßig beeinträchtigt, wenn der Standard-Parameter „Störelemente“ mäßig beeinträchtigt oder schlechter klassifiziert ist

Tabelle 58: Optionale Parameter des Bestandteils Absturz/Wehr, als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs

Optionale Parameter
Grundseitige Wehröffnung (i. d. R. bei Fischbauchklappen in größeren Gewässern)
Neigung
Druckunterschied

Absturzhöhe

Grundlagen:

Unter welchen Bedingungen Fische ein über- oder unterströmtes Wehrbauwerk oder generell Durchlässe oder Verrohrungen passieren können, ist bislang nur rudimentär bekannt. Grundsätzlich dürfte allerdings gelten: Ausreichende Wassertiefe und Wasserbreite, keine zu hohen Fließgeschwindigkeiten (bei unterströmtem Wehr/Schütz) und eher höhere Fließgeschwindigkeiten bei überströmten Wehren.

Spezifizierung:

Die Verletzungs- und Mortalitätsgefahr für Fische bei der abwärts gerichteten Passage eines Wehres oder Absturzes wird im Wesentlichen durch die Fallhöhe und die daraus resultierende Aufprallgeschwindigkeit bestimmt. Zur Frage, ab welcher Fallhöhe bzw. welcher Aufprallgeschwindigkeit eine Verletzungs- oder Mortalitätsgefahr besteht, liegen nur wenige, nicht repräsentative Forschungsergebnisse vor. In Bezug auf eine kritische Fallhöhe und eine entsprechende Aufprallgeschwindigkeit gibt es in der Literatur zum Teil deutliche Unterschiede (vgl. DWA 2005, Weichert & Thorenz 2017). Der DWA-Themenband zu Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen (DWA 2005) enthält die Einschätzung, dass bei einer Aufprallgeschwindigkeit von weniger als 13 m/s das Verletzungsrisiko gering sei, solange die Abbremsung des Überfallstrahls ohne starke Ablenkung erfolgt und ausreichende Unterwassertiefen gewährleistet sind. Des Weiteren wird von einer für Fische kritischen Geschwindigkeit von 15 bis 16 m/s gesprochen, die nach einem Fall aus ca. 13 m Höhe erreicht werde. Für den Aufprall auf eine Wasseroberfläche wird in U. S. Army Corps of Engineers (1991) hingegen eine Geschwindigkeit von ca. 18 m/s als nicht letal angegeben (zitiert in Weichert & Thorenz 2017). Gemäß Ebel (2024) sollte die Geschwindigkeit des Überfallstrahls beim Auftreffen auf den Wasserspiegel auf 7 – 8 m/s begrenzt werden, um einen verletzungsfreien Übertritt der Fische in das Unterwasser zu gewährleisten.

Die Absturzhöhe entspricht der Differenz zwischen dem Wasserspiegel im Oberwasser und dem Wasserspiegel im Unterwasser.

Klassifizierung:

Die Spezifizierungen der Klassengrenzen sind entsprechend der oben genannten Literaturangaben zum Verletzungs- bzw. Mortalitätsrisikos abgegrenzt worden (Tabelle 59):

Tabelle 59: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Absturzhöhe“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die Absturzhöhe ist ≤ 10 m hoch.
Klasse 3	Die Absturzhöhe ist > 10 m bis $\leq 12,5$ m hoch.
Klasse 4	Die Absturzhöhe ist $> 12,5$ m bis ≤ 15 m hoch.
Klasse 5	Die Absturzhöhe ist > 15 m hoch.

Überfallhöhe

Grundlagen:

Der Abstieg kann über das Bauwerk selbst erfolgen, wenn eine ausreichende Wassertiefe im gesamten Wanderkorridor vorhanden ist bzw. die Überfallhöhe über der Oberkante des Wehres/Absturzes ausreichend hoch ist, sodass Fische diese ohne Verletzungsrisiko passieren können. Nur im Fall einer ausreichenden Wassertiefe wird das Bauwerk durch die Fische als Wanderkorridor erkannt und genutzt.

Spezifizierung:

Die Überfallhöhe ist die Höhendifferenz zwischen Wasserspiegel im Oberwasser und der Oberkante eines Wehres oder eines Absturzes.

Damit sich Fische nicht durch Bodenkontakt oder Berührungen (z. B. mit der Wehroberkante) verletzen, ist es notwendig, dass die Wassertiefe bei Passage des Wehres/Absturzes ausreichend tief ist.

Für die Klassifizierung der Wassertiefen im Wanderkorridor werden in der Literatur verschiedene Ansätze genannt. Zum einen werden Wassertiefen beschrieben, die sich auf die Abwanderstadien von Lachssmolts und Blankaalen beziehen. Zum anderen ist es möglich, eine Ableitung von notwendigen Wassertiefen nach den Proportionen der in der Referenzzönose gelisteten Fischarten durchzuführen. Dies bedeutet, dass der Fisch mit der größten Körperhöhe bzw. die höchsten Fischarten für die Ableitung der notwendigen Wassertiefen herangezogen werden, wie dies auch für den Fischaufstieg erfolgt (vgl. Ebel 2024, Schwevers & Adam 2020). Spezifische Literaturangaben zur minimalen Wassertiefe im Wanderkorridor beziehen sich überwiegend auf speziell für den Fischabstieg ausgelegte Bauwerke, wie Bypass-Systeme an Wasserkraftanlagen oder für den Fischaufstieg und -abstieg konzipierte Umgehungsgerinne. Für den Fischabstieg außerhalb von Bypasssystemen, und insbesondere für die Höhe des Wasserpolsters über der Absturz- oder Wehroberkante, liegen keine allgemeingültigen Grenzwerte vor. Eine differenzierte Ableitung von Klassengrenzen ist auf dieser Basis und auf Grund der vielfältigen Bauwerksformen nicht möglich. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass ähnliche Grenzwerte wie für den Fischaufstieg einzuhalten sind, um die Passierbarkeit zu gewährleisten. Die Ableitung der Klassengrenzen erfolgt daher nach dem unter „Klassifizierung“ beschriebenen Vorgehen.

Klassifizierung:

Für die Definitionen der in Tabelle 60 dargestellten Klassengrenzen wird die minimale Wassertiefe basierend auf den Proportionen der in der Referenzzönose aufgeführten bemessungsrelevanten Fischarten bestimmt. Die Klassengrenzen ergeben sich somit aus der zweifachen Höhe der nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) höchsten in der Referenzzönose genannten Fischart:

Tabelle 60: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Bauwerksparameter „Überfallhöhe“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die Überfallhöhe entspricht mindestens der 2fachen Höhe der nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) höchsten in der vorliegenden Fischreferenz vorkommenden Fischart.
Klasse 3	Die Überfallhöhe ist bis zu 25 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 4	Die Überfallhöhe ist bis zu 50 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 5	Die Überfallhöhe ist über 50 % kleiner als in der Klasse 2.

Wassertiefe unterhalb**Grundlagen:**

Wenn Fische den Abwanderweg über ein Bauwerk nutzen, um ins Unterwasser zu gelangen, dann entwickeln sie in Abhängigkeit von der Körpergröße, vom Gewicht, der Körperform und der Fallhöhe bis zum Aufprall auf das Wasser unterschiedliche Fallgeschwindigkeiten und damit auch unterschiedliche Eintauchtiefen. Das heißt, wenn Fische über das Bauwerk abwandern, muss ein entsprechendes Wasserpolster im Unterwasser vorhanden sein, damit es zu keiner verletzungsträchtigen Grundberührung kommt.

Spezifizierung:

In Bezug auf die genannte Eintauchtiefe für Fische muss diese durch ein entsprechendes Wasserpolster abgepuffert werden. Allerdings gibt es keine hinreichenden Untersuchungen, welche art-, größen- und fallhöhenabhängigen Wassertiefen notwendig sind, um ein schonendes Eintauchen und somit einen verletzungsfreien Abstieg der Fische zu gewährleisten.

Ein Hinweis findet sich in Ebel (2024). In Bezug auf die Vermeidung einer Kollision mit der Sohle eines Tosbeckens wird eine Mindestwassersäule von 0,9 m bis 1,3 m angegeben. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass bei dieser Angabe die Information zur Fallhöhe fehlt.

Als eine näherungsweise gültige Faustformel gibt Ebel (2024) in Bezug auf Odeh & Orvis (1998) an, dass die Wassertiefe mindestens 25 % der Fallhöhe betragen sollte. Diese Prozentzahl kann lediglich als grober Richtwert gesehen werden, da er

ursprünglich für große Wasserkraftanlagen in Nordamerika abgeleitet wurde. Für eine Verifizierung wären weitere Studien notwendig, welche derzeit nicht vorliegen.

Klassifizierung:

Die Definitionen der in der Tabelle 61 dargestellten Klassengrenzen beziehen sich auf die oben dargestellten Grundlagen (vgl. Ebel 2024):

Tabelle 61: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Wassertiefe unterhalb“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die Wassertiefe im Unterwasser eines Bauwerks beträgt ≥ 25 % der Fallhöhe und ab 3 m Fallhöhe $\geq 0,9$ m.
Klasse 3	Die Wassertiefe im Unterwasser eines Bauwerks beträgt ≥ 15 % bis < 25 % der Fallhöhe und ab 3 m Fallhöhe $< 0,9$ m.
Klasse 4	Die Wassertiefe im Unterwasser eines Bauwerks beträgt ≥ 5 % bis < 15 % der Fallhöhe
Klasse 5	Die Wassertiefe im Unterwasser eines Bauwerks beträgt < 5 % der Fallhöhe.

Störelemente

Grundlagen:

Um die energetische Einwirkung des Wasserstrahls auf die Gewässersohle zu minimieren, werden zur Energieumwandlung häufig Störkörper eingesetzt. Diese strahlaufreißenden Elemente weisen für Fische, die über die Bauwerkskante ins Unterwasser gelangen, ein hohes Mortalitäts- bzw. Verletzungsrisiko auf. Bei den Störelementen handelt es sich u. a. um metallische Strukturen (Strahlaufreißer), um Blocksteinriegel oder die Tosbeckenendschwelle.

Spezifizierung:

In Bezug auf Störelemente ist, wie auch in Bezug auf die Wassertiefe unterhalb eines Bauwerks, wenig hinsichtlich der Auswirkungen von Fischkollisionen bekannt. Es ist allerdings ersichtlich, dass Fische, die mit dem Wasserstrahl und hoher Geschwindigkeit auf entsprechende Störelemente aufprallen, mechanisch verletzt oder auch getötet werden können. Zu berücksichtigen ist, dass z. B. mit zunehmendem Überfallwasser und einer entsprechenden Wassersäule über den Störelementen das Verletzungs- bzw. Mortalitätsrisiko sinkt. Aber auch hier fehlen artspezifische und größenabhängige Untersuchungen, die die anlagenspezifischen Gegebenheiten mit einbeziehen.

Klassifizierung:

Die Definitionen der in der Tabelle 62 dargestellten Klassengrenzen beruhen auf Expertenwissen.

Tabelle 62: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Störelemente“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Es sind keine Störelemente im Bauwerksunterwasser sowie unterhalb der Wehrkrone vorhanden, dies schließt Störelemente im Tosbecken und am Auslauf des Tosbeckens ein.
Klasse 4	Es sind Störelemente im Bauwerksunterwasser sowie unterhalb der Wehrkrone vorhanden, dies schließt Störelemente im Tosbecken und am Auslauf des Tosbeckens ein.

1.2.2 Rampe/Gleite

In Tabelle 63 sind die zur regelbasierten Klassifizierung der Bestandteile Sohlenrampe und Sohlengleite herangezogenen Standard-Parameter aufgeführt. In Tabelle 64 sind nicht in die regelbasierte Klassifizierung einfließende Optionale Parameter genannt. Diese können z. B. im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung verwendet werden.

Tabelle 63: Standard-Parameter des Bestandteils Rampe/Gleite als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs

Standard-Parameter	Kurzbeschreibung	Verschneidungsregeln
minimale Wassertiefe im Wanderkorridor	min. Abstand zwischen der Oberkante der Rauheitselemente und dem Wasserspiegel im Längsverlauf des Wanderkorridors	Mittelwertbildung der Standard-Parameter „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“ und „minimale Breite im Wanderkorridor“
minimale Breite im Wanderkorridor	minimale Sohlenbreite im Wanderkorridor	Siehe Verschneidungsregel „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“

Tabelle 64: Optionale Parameter des Bestandteils Rampe/Gleite, als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs

Optionale Parameter
Gefälle

Minimale Wassertiefe im Wanderkorridor

Grundlagen:

Der Abstieg kann über das Bauwerk selbst erfolgen, wenn eine ausreichende Wassertiefe im gesamten Wanderkorridor vorhanden ist. Wenn Fische über eine Rampe oder Gleite aktiv abwärts schwimmen oder verdriftet werden, ist eine ausreichende Wassertiefe notwendig, damit Fische den Wanderkorridor erkennen und nutzen und keine Verletzungen bei Kontakt mit der Gewässersohle oder mit eventuell vorhandenen Störsteinen erleiden.

Innerhalb eines Bauwerks bestehen je nach Bauart Bereiche mit stark differierenden Wassertiefen. In den Randbereichen sind vergleichsweise niedrigere Fließgeschwindigkeiten vorherrschend als innerhalb des Wanderkorridors. Ausschlaggebend ist die Wassertiefe im Wanderkorridor.

Für die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor sind verschiedene Anforderungen einzuhalten. Damit Fische frei schwimmen können, müssen sie einen bestimmten Abstand von der Sohle halten. Je nach Rauheitsgrad kann die notwendige Wassertiefe variieren. Ferner vermeiden Fische, dass der Rücken beim Schwimmen aus dem Wasser ragt, wobei für einzelne Arten Ausnahmen bekannt sind.

Spezifizierung:

Für die Klassifizierung der Wassertiefen im Wanderkorridor beim Fischabstieg werden in der Literatur verschiedene Ansätze genannt. Zum einen werden Wassertiefen beschrieben, die sich auf die Abwanderstadien von Lachssmolts und Blankaalen beziehen. Zum anderen ist es möglich, notwendige Wassertiefen von den Proportionen der in der Referenzzönose gelisteten Fischarten abzuleiten. Dies bedeutet, dass der Fisch mit der größten Körperhöhe bzw. die höchsten Fischarten für die Ableitung der notwendigen Wassertiefen herangezogen werden, wie dies auch für den Fischaufstieg erfolgt (vgl. Ebel 2024, Schwevers & Adam 2020).

Entsprechend DWA-M 509 (DWA 2014) muss die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor die 2,5fache Körperhöhe der hochrückigsten in der Referenzzönose aufgeführten Fischart betragen ($h_{\text{eff, min}} = 2,5 \cdot H_{\text{Fisch}}$). Eine tabellarische Übersicht der Proportionen der relevanten Fischarten findet sich im Merkblatt DWA-M 509 in Tabelle 15 (DWA 2014).

Die (effektive) Wassertiefe im Wanderkorridor (h_{eff}) ist „der Abstand zwischen der Oberkante der Rauheitselemente und dem Wasserspiegel“ (DWA 2014, für weitere Details vgl. auch Kapitel 4.6.3.2 in DWA (2014)).

Spezifische Literaturangaben zur minimalen Wassertiefe im Wanderkorridor beziehen sich überwiegend auf speziell für den Fischabstieg ausgelegte Bauwerke, wie Bypass-Systeme an Wasserkraftanlagen oder für den Fischaufstieg und -abstieg konzipierte Umgehungsgerinne. Für den Fischabstieg außerhalb von Bypasssystemen liegen keine allgemeingültigen Grenzwerte vor. Eine differenzierte Ableitung von Klassengrenzen ist auf dieser Basis und auf Grund der vielfältigen Bauwerksformen nicht möglich. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass ähnliche Grenzwerte wie für den Fischaufstieg einzuhalten sind. Die Ableitung der Klassengrenzen erfolgt daher nach dem unter „Klassifizierung“ beschriebenen Vorgehen.

Klassifizierung:

Die notwendige minimale Wassertiefe im Wanderkorridor wird von den Proportionen der bemessungsrelevanten Arten der Fischreferenzzönosen abgeleitet. In Bezug auf die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor sind dies die Fischarten, die gemäß Tabelle 15 in DWA-M 509 (DWA 2014) die größte Körperhöhe aufweisen. Die Klasse 2 entspricht der 2,5fachen Körperhöhe der höchsten in der Fischreferenz aufgeführten Fischart.

Für die Definitionen der Klassengrenzen ist nach Fischreferenzzönosen zu differenzieren (vgl. Tabelle 65):

Tabelle 65: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Bauwerksparameter „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor entspricht mindestens der 2,5fachen Höhe der nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) höchsten in der vorliegenden Fischreferenz vorkommenden Fischart.
Klasse 3	Die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor ist bis zu 25 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 4	Die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor ist bis zu 50 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 5	Die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor ist über 50 % kleiner als in der Klasse 2.

Minimale Breite im Wanderkorridor

Grundlagen:

Es liegen nur wenige spezifische Literaturangaben für den Fischabstieg außerhalb von Bypasssystemen vor (vgl. Kapitel 0). Daher wird angenommen, dass Fische für den Fischabstieg prinzipiell ähnliche Anforderungen an die minimale Breite des Wanderkorridors stellen, wie für den Fischaufstieg.

Spezifizierung:

Sohlenrampen und -gleiten weisen i. d. R. Längen > 2 m auf. Gemäß Tabelle 15 im DWA-M 509 (DWA 2014) beträgt die minimale Breite des Wanderkorridors das Neunfache der Fischdicke ($b_{wk, \min, >2m} = 9 \cdot D_{Fisch}$).

Klassifizierung:

Für die Definitionen der in der Tabelle 66 dargestellten Klassengrenzen, wird daher die minimale Breite im Wanderkorridor basierend auf den Proportionen der in der Referenzzönose aufgeführten bemessungsrelevanten Fischarten bestimmt. Die Klassengrenzen ergeben sich aus der neunfachen Dicke der nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) breitesten in der Referenzzönose genannten Fischart:

Tabelle 66: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Bauwerksparameter „minimale Breite im Wanderkorridor“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die minimale Breite im Wanderkorridor entspricht mindestens der 9fachen Dicke der nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) breitesten in der vorliegenden Fischreferenz vorkommenden Fischart.
Klasse 3	Die minimale Breite im Wanderkorridor ist bis zu 25 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 4	Die minimale Breite im Wanderkorridor ist bis zu 50 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 5	Die minimale Breite im Wanderkorridor ist über 50 % kleiner als in der Klasse 2.

1.2.3 Durchlass/Verrohrung/Überbauung

In Tabelle 67 sind die zur regelbasierten Klassifizierung von Durchlässen, Verrohrungen und Überbauungen herangezogenen Standard-Parameter aufgeführt. In Tabelle 68 sind nicht in die regelbasierte Klassifizierung einfließende Optionale Parameter genannt. Diese können z. B. im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung verwendet werden.

Tabelle 67: Standard-Parameter des Bestandteils Durchlass/Verrohrung/Überbauung als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs

Standard-Parameter	Kurzbeschreibung	Verschneidungsregeln
Wassertiefe unterhalb	Wassertiefe unterhalb des Bauwerks, z. B. auf Tisch (Schlauchwehr) oder im Tosbecken	Mittelwertbildung der Standard-Parameter „Wassertiefe unterhalb“, „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“ und „minimale Breite im Wanderkorridor“
minimale Wassertiefe im Wanderkorridor	min. Abstand zwischen der Oberkante der Rauheitselemente und dem Wasserspiegel im Längsverlauf des Wanderkorridors	Siehe Verschneidungsregel „Wassertiefe unterhalb“
minimale Breite im Wanderkorridor	minimale Sohlenbreite im Wanderkorridor	Siehe Verschneidungsregel „Wassertiefe unterhalb“

Tabelle 68: Optionale Parameter des Bestandteils Durchlass/Verrohrung/Überbauung, als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs

Optionale Parameter
Gefälle
relative Bauwerksbreite

Wassertiefe unterhalb

Grundlagen:

Häufig finden sich an Durchlässen/Verrohrungen/Überbauungen Abstürze, welche Bestandteil des Bauwerks sind und aus diesem Grund nicht separat klassifiziert werden.

Wenn Fische den Abwanderweg über ein Bauwerk nutzen, um ins Unterwasser zu gelangen, entwickeln sie in Abhängigkeit von der Körpergröße, vom Gewicht, der Körperform und der Fallhöhe bis zum Aufprall auf das Wasser unterschiedliche Fallgeschwindigkeiten und damit auch unterschiedliche Eintauchtiefen. Das heißt, wenn Fische über das Bauwerk abwandern, muss ein entsprechendes Wasserpolster im Unterwasser vorhanden sein, damit es zu keiner verletzungsträchtigen Grundberührung kommt.

Spezifizierung:

In Bezug auf die genannte Eintauchtiefe für Fische muss diese durch ein entsprechendes Wasserpolster abgepuffert werden. Allerdings gibt es keine hinreichenden Untersuchungen, welche art-, größen- und fallhöhenabhängigen Wassertiefen notwendig sind, um ein schonendes Eintauchen und somit einen verletzungsfreien Abstieg der Fische zu gewährleisten.

Ein Hinweis findet sich in Ebel (2024). In Bezug auf die Vermeidung einer Kollision mit der Sohle eines Tosbeckens wird eine Mindestwassersäule von 0,9 m bis 1,3 m angegeben. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass bei dieser Angabe die Information zur Fallhöhe fehlt.

Als eine näherungsweise gültige Faustformel gibt Ebel (2024) in Bezug auf Odeh & Orvis (1998) an, dass die Wassertiefe mindestens 25 % der Fallhöhe betragen sollte. Diese Prozentzahl kann lediglich als grober Richtwert gesehen werden, da er ursprünglich für große Wasserkraftanlagen in Nordamerika abgeleitet wurde. Für eine Verifizierung wären weitere Studien notwendig, welche derzeit nicht vorliegen.

Klassifizierung:

Die Definitionen der in der Tabelle 69 dargestellten Klassengrenzen beziehen sich auf die oben dargestellten Grundlagen (vgl. Ebel 2024):

Tabelle 69: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Wassertiefe unterhalb“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die Wassertiefe im Unterwasser eines Bauwerks beträgt ≥ 25 % der Fallhöhe und ab 3 m Fallhöhe $\geq 0,9$ m.
Klasse 3	Die Wassertiefe im Unterwasser eines Bauwerks beträgt ≥ 15 % bis < 25 % der Fallhöhe oder ab 3 m Fallhöhe $< 0,9$ m.
Klasse 4	Die Wassertiefe im Unterwasser eines Bauwerks beträgt ≥ 5 % bis < 15 % der Fallhöhe
Klasse 5	Die Wassertiefe im Unterwasser eines Bauwerks beträgt < 5 % der Fallhöhe.

Minimale Wassertiefe im Wanderkorridor

Grundlagen:

Der Abstieg kann über das Bauwerk selbst erfolgen, wenn eine ausreichende Wassertiefe im gesamten Wanderkorridor vorhanden ist. Wenn Fische über ein Kreuzungsbauwerk aktiv abwärts schwimmen oder verdriftet werden, ist eine ausreichende Wassertiefe notwendig, damit Fische den Wanderkorridor erkennen und nutzen und keine Verletzungen bei Kontakt mit der Gewässersohle oder mit eventuell vorhandenen Störsteinen erleiden.

Innerhalb eines Bauwerks bestehen je nach Bauart Bereiche mit stark differierenden Wassertiefen. In den Randbereichen sind vergleichsweise niedrigere Fließgeschwindigkeiten vorherrschend als innerhalb des Wanderkorridors. Ausschlaggebend ist die Wassertiefe im Wanderkorridor.

Für die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor sind verschiedene Anforderungen einzuhalten. Damit Fische frei schwimmen können, müssen sie einen bestimmten Abstand von der Sohle halten. Je nach Rauheitsgrad kann die notwendige Wassertiefe variieren. Ferner vermeiden Fische, dass der Rücken beim Schwimmen aus dem Wasser ragt, wobei für einzelne Arten Ausnahmen bekannt sind.

Spezifizierung:

Literaturangaben mit speziellem Bezug zum Fischabstieg durch Kreuzungsbauwerke liegen nicht vor. Es wird davon ausgegangen, dass Fische für den Fischabstieg prinzipiell ähnliche Anforderungen an die Wassertiefe stellen, wie für den Fischaufstieg.

Im DWA-Merkblatt 509 (DWA 2014) werden für Kreuzungsbauwerke dieselben geometrischen Grenzwerte wie für Raugerinne ohne Einbauten empfohlen. Angaben in der Literatur geben vereinzelt Hinweise darauf, dass für die Passierbarkeit von Kreuzungsbauwerken auch geringere Wassertiefen ausreichen, wenn die weiteren Bedingungen (z. B. Fließgeschwindigkeit, Gefälle) weitestgehend denen eines naturnahen Gewässers entsprechen. So konnte für Bachforellen gezeigt werden, dass sie auch Verrohrungen mit Wassertiefen bis zu 7 cm noch passieren (Schwevers et al. 2004). Für Schmerlen, Elritzen und Mühlkoppfen stellten Wassertiefen bis 10 cm keine Einschränkung der Passierbarkeit dar (Vordermeier & Bohl 1999). Grundsätzlich erscheint nachvollziehbar, dass Fische bei weitestgehend naturnah ausgeprägten Sohlenstrukturen und hydraulischen Bedingungen auch geringere Fließtiefen akzeptieren, da auch in natürlichen Gewässern, die sich aus den Anforderungen des DWA-M 509 ergebenden Mindestwassertiefen abschnittsweise unterschritten werden.

Die (effektive) Wassertiefe im Wanderkorridor (h_{eff}) ist „der Abstand zwischen der Oberkante der Rauheitselemente und dem Wasserspiegel“ (DWA 2014, für weitere Details vgl. auch Kapitel 4.6.3.2 in DWA (2014)).

Klassifizierung:

Die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor ist daher in Anlehnung an DWA-M 509 und unter Berücksichtigung der Angaben aus der Literatur definiert. Dazu erfolgte eine Unterteilung in Fischregionen, da auf Grundlage der vorliegenden Erkenntnisse keine artenspezifische Klassifizierung möglich ist (vgl. Tabelle 70:

Tabelle 70: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Bauwerksparameter „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“

Klassen	obere/untere Forellenregion	Äschenregion	Barben-, Brachsen-, Kaulbarsch- und Flunderregion
Klasse 2	$\geq 0,15$ m	$\geq 0,3$ m	$\geq 0,5$ m
Klasse 3	$< 0,15$ m – $0,11$ m	$< 0,3$ m – $0,23$ m	$< 0,5$ m – $0,38$ m
Klasse 4	$< 0,11$ m – $0,07$ m	$< 0,23$ m – $0,16$ m	$< 0,38$ m – $0,26$ m
Klasse 5	$< 0,07$ m	$< 0,16$ m	$< 0,26$ m

Minimale Breite im Wanderkorridor

Grundlagen:

Es liegen nur wenige spezifische Literaturangaben für den Fischabstieg außerhalb von Bypasssystemen vor. Daher wird angenommen, dass Fische für den Fischabstieg prinzipiell ähnliche Anforderungen an die minimale Breite des Wanderkorridors stellen, wie für den Fischaufstieg.

Spezifizierung:

Im DWA-Merkblatt 509 (DWA 2014) werden für Kreuzungsbauwerke dieselben geometrischen Grenzwerte wie für Raugerinne ohne Einbauten empfohlen. Die minimale Breite im Wanderkorridor ist in Abhängigkeit von der Länge der Verrohrung oder des Durchlasses definiert. Sie entspricht in Durchlässen i. d. R. der Sohlenbreite oder bei Verrohrungen ohne freien Wasserspiegel dem Rohrdurchmesser. Gemäß DWA-M 509 (DWA 2014) beträgt die Breite des Wanderkorridors für Einengungen mit einer Länge > 2 m dem Neunfachen der Dicke der bemessungsrelevanten Fischart ($b_{wk, \min, >2m} = 9 * D_{Fisch}$). Für Einengungen ≤ 2 m beträgt die minimale Breite das Sechsfache der Dicke der bemessungsrelevanten Fischart ($b_{wk, \min, >2m} = 6 * D_{Fisch}$).

Klassifizierung:

Die minimale Breite im Wanderkorridor ist auf Basis der Proportionen der bemessungsrelevanten Arten der Fischreferenzzönosen abzuleiten. Für die minimale Breite im Wanderkorridor ist, wie oben ausgeführt, die nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) breiteste Fischart der vorliegenden Fischreferenzzönose heranzuziehen. Für Bauwerke bis einschließlich 2 m Länge entspricht Klasse 2 der sechsfachen und für längere Bauwerke der neunfachen Dicke der breitesten in der Fischreferenzzönose aufgeführten Fischart.

Für die Definitionen der Klassengrenzen ist nach Fischreferenzzönosen zu differenzieren (vgl. Tabelle 71).

Tabelle 71: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Bauwerksparameter „minimale Breite im Wanderkorridor“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die minimale Breite im Wanderkorridor entspricht für Durchlässe, Verrohrungen und Überbauungen mit einer Länge ≤ 2 m mindestens der 6fachen Dicke der nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) breitesten Art der jeweiligen Fischreferenz und für Bauwerke mit einer Länge > 2 m mindestens der 9fachen Dicke der nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) breitesten Art der jeweiligen Fischreferenz.
Klasse 3	Die minimale Breite im Wanderkorridor ist bis zu 25 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 4	Die minimale Breite im Wanderkorridor ist bis zu 50 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 5	Die minimale Breite im Wanderkorridor ist über 50 % kleiner als in der Klasse 2.

1.2.4 Fischaufstiegsanlage

In Tabelle 72 sind die zur regelbasierten Klassifizierung von Fischaufstiegsanlagen herangezogenen Standard-Parameter aufgeführt.

Für den Fischabstieg wird nur die Passierbarkeit der Fischaufstiegsanlage klassifiziert. Die Auffindbarkeit fließt über die Berücksichtigung des Abflussanteils in die Klassifizierung des Bauwerksstandorts ein.

Tabelle 72: Standard-Parameter des Bestandteils Fischaufstiegsanlage als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs

Standard-Parameter	Kurzbeschreibung	Verschneidungsregeln
minimale Wassertiefe im Wanderkorridor	min. Abstand zwischen der Oberkante der Rauheitselemente und dem Wasserspiegel im Längsverlauf des Wanderkorridors	Mittelwertbildung der Standard-Parameter „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“ und „minimale Breite im Wanderkorridor“
minimale Breite im Wanderkorridor	minimale Sohlenbreite im Wanderkorridor	Siehe Verschneidungsregel „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“

Minimale Wassertiefe im Wanderkorridor

Grundlagen:

Der Abstieg kann über die Fischaufstiegsanlage erfolgen, wenn eine ausreichende Wassertiefe im gesamten Wanderkorridor vorhanden ist. Wenn Fische über eine Fischaufstiegsanlage aktiv abwärts schwimmen oder verdriftet werden, ist eine ausreichende Wassertiefe notwendig, damit Fische den Wanderkorridor erkennen und nutzen und keine Verletzungen bei Kontakt mit der Gewässersohle oder mit eventuell vorhandenen Störsteinen erleiden.

Innerhalb eines Bauwerks bestehen je nach Bauart Bereiche mit stark differierenden Wassertiefen. In den Randbereichen sind vergleichsweise niedrigere Fließgeschwindigkeiten vorherrschend als innerhalb des Wanderkorridors. Ausschlaggebend ist die Wassertiefe im Wanderkorridor.

Für die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor sind verschiedene Anforderungen einzuhalten. Damit Fische frei schwimmen können, müssen sie einen bestimmten Abstand von der Sohle halten. Je nach Rauheitsgrad kann die notwendige Wassertiefe variieren. Ferner vermeiden Fische, dass der Rücken beim Schwimmen aus dem Wasser ragt, wobei für einzelne Arten Ausnahmen bekannt sind.

Spezifizierung:

Für die Klassifizierung der Wassertiefen im Wanderkorridor beim Fischabstieg werden in der Literatur verschiedene Ansätze genannt. Zum einen werden Wassertiefen beschrieben, die sich auf die Abwanderstadien von Lachssmolts und Blankaalen

beziehen. Zum anderen ist es möglich, notwendige Wassertiefen von den Proportionen der in der Referenzzönose gelisteten Fischarten abzuleiten. Dies bedeutet, dass der Fisch mit der größten Körperhöhe bzw. die höchsten Fischarten für die Ableitung der notwendigen Wassertiefen herangezogen werden, wie dies auch für den Fischaufstieg erfolgt (vgl. Ebel 2024, Schwevers & Adam 2020).

Spezifische Literaturangaben zur minimalen Wassertiefe im Wanderkorridor beziehen sich überwiegend auf speziell für den Fischabstieg ausgelegte Bauwerke, wie Bypass-Systeme an Wasserkraftanlagen oder für den Fischaufstieg und -abstieg konzipierte Umgehungsgerinne. Für den Fischabstieg außerhalb von Bypasssystemen liegen keine allgemeingültigen Grenzwerte vor. Eine differenzierte Ableitung von Klassengrenzen ist auf dieser Basis und auf Grund der vielfältigen Bauwerksformen nicht möglich. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass ähnliche Grenzwerte wie für den Fischaufstieg einzuhalten sind. Die Ableitung der Klassengrenzen erfolgt daher nach dem unter „Klassifizierung“ beschriebenen Vorgehen.

Klassifizierung:

Die notwendige minimale Wassertiefe im Wanderkorridor wird von den Proportionen der bemessungsrelevanten Arten der Fischreferenzzönosen abgeleitet. In Bezug auf die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor sind dies die Fischarten, die gemäß Tabelle 15 in DWA-M 509 (DWA 2014) die größte Körperhöhe aufweisen. Die Klasse 2 entspricht der 2fachen Körperhöhe der höchsten in der Fischreferenz aufgeführten Fischart. Für die Definitionen der Klassengrenzen ist nach Fischreferenzzönosen zu differenzieren (vgl. Tabelle 73):

Tabelle 73: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Bauwerksparameter „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor entspricht mindestens der 2fachen Höhe der nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) höchsten in der vorliegenden Fischreferenz vorkommenden Fischart.
Klasse 3	Die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor ist bis zu 25 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 4	Die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor ist bis zu 50 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 5	Die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor ist über 50 % kleiner als in der Klasse 2.

Minimale Breite im Wanderkorridor

Grundlagen:

Es liegen nur wenige spezifische Literaturangaben für den Fischabstieg außerhalb von Bypasssystemen vor. Daher wird angenommen, dass Fische für den Fischabstieg

prinzipiell ähnliche Anforderungen an die minimale Breite des Wanderkorridors stellen, wie für den Fischaufstieg.

Klassifizierung:

Die minimale Breite im Wanderkorridor ist auf Basis der Proportionen der bemessungsrelevanten Arten der Fischreferenzzönosen abzuleiten. Für die minimale Breite im Wanderkorridor ist die nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) breiteste Fischart der vorliegenden Fischreferenzzönose heranzuziehen. Die Klassengrenzen ergeben sich für Raugerinne ohne Einbauten und Raugerinne mit Störsteinen aus der 9fachen Dicke und für Vertical-Slot-Pässe und Raugerinne mit Beckenstruktur aus der 3fachen Dicke der nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) breitesten in der Referenzzönose genannten Fischart. Für die Definitionen der Klassengrenzen ist nach Fischreferenzzönosen zu differenzieren (vgl. Tabelle 74):

Tabelle 74: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Bauwerksparameter „minimale Breite im Wanderkorridor“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die minimale Breite im Wanderkorridor entspricht mindestens der 9fachen Dicke (für Raugerinne ohne Einbauten und Raugerinne mit Störsteinen) bzw. mindestens der 3fachen Dicke (für Vertical-Slot-Pässe und Raugerinne mit Beckenstruktur) der nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) breitesten in der vorliegenden Fischreferenz vorkommenden Fischart.
Klasse 3	Die minimale Breite im Wanderkorridor ist bis zu 25 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 4	Die minimale Breite im Wanderkorridor ist bis zu 50 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 5	Die minimale Breite im Wanderkorridor ist über 50 % kleiner als in der Klasse 2.

1.2.5 Wasserkraftanlage (Turbine)

Für den Bestandteil Wasserkraftanlage (Turbine) ist der in Tabelle 75 aufgeführte Standard-Parameter „potenzielle Mortalitätsrate“ aufgeführt, der zur regelbasierten Klassifizierung herangezogen wird, während in Tabelle 76 weitere Optionale Parameter aufgeführt sind, die z. B. im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung unterstützend herangezogen werden können.

Tabelle 75: Standard-Parameter des Bestandteils Wasserkraftanlage (Turbine) als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs

Standard-Parameter	Kurzbeschreibung	Verschneidungsregeln
Potenzielle Mortalitätsrate	Potenzielle Mortalitätsrate, u. a. in Abhängigkeit vom Turbinentyp und dem Schluckvermögen der Turbine	<i>Keine Verschneidungsregel, da lediglich ein Standard-Parameter vorliegt</i>

Tabelle 76: Optionale Parameter des Bestandteils Wasserkraftanlage (Turbine) als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs

Optionale Parameter
Angabe, ob modifizierte Turbine vorhanden
Turbinenmanagement

Potenzielle Mortalitätsrate

Grundlagen:

Bei flussabwärts gerichteten Wanderungen kommen Fische häufig mit Wasserkraftanlagen in Kontakt. Hier kann es anlagenspezifisch zur Schädigung von Fischen kommen, wenn Fischschutz und verletzungsfreier Fischabstieg nicht gewährleistet werden. Untersuchungen mit dem Ziel Schädigungs- und Mortalitätsraten festzustellen sind zwar vorhanden, es ist jedoch zu berücksichtigen, dass es eine breite Variation zwischen den Turbinentypen, deren Auslegung und anlagenspezifischen Bauweisen gibt.

Es gibt zahlreiche physikalische und empirische Modelle, mit denen u. a. aufgrund von Kollisionswahrscheinlichkeiten Mortalitätsraten berechnet werden können (vgl. Ebel 2024). Die physikalischen Modelle benötigen Eingangsparmeter, deren Erhebung innerhalb dieses Verfahrens nicht flächendeckend möglich ist. Zudem werden im Modell Annahmen getroffen, die der Realität ggf. nicht entsprechen. Bei den empirischen Modellen wurden einzelne Anlagen und Fischarten untersucht, weshalb ein Übertrag auf andere Anlagen schwierig ist. Es gibt Ansätze, die empirischen Modelle zu einem übertragbaren Modell zu vereinen (siehe Ebel 2024), jedoch sind diese nur für spezielle Turbinentypen und Fischarten ausgelegt. Daher ist eine generalisierte Einsetzbarkeit der Modelle im Rahmen des hier vorliegenden Verfahrens nicht möglich.

Spezifizierung:

Die Mortalitätsrate bei Turbinenanlagen hängt u. a. ab von:

- Umdrehungszahl des Laufrades
- Abmessungen der Turbine
- Anzahl der Flügel
- Spaltweite zur Laufradwand
- Lastzustand (Flügelöffnungswinkel)
- Stellung des Leitapparates
- Fallhöhe
- Maschinentyp

Aufgrund der Anzahl an Variablen wird deutlich, dass ohne spezielle Untersuchungen, die an Wasserkraftanlagen i. d. R. sehr aufwendig durchzuführen sind, eine Einschätzung der potenziellen Mortalitätsrate schwierig ist und mit geringem Aufwand keine genauen Aussagen getroffen werden können.

Klassifizierung:

Die Definitionen der Klassengrenzen sind in Tabelle 77 dargestellt. Aufgrund der oben beschriebenen Komplexität der Berechnung der potenziellen Mortalitätsrate wird für dieses Verfahren ein einfacherer Ansatz vorgeschlagen. Für eine detaillierte Klassifizierung kann im Einzelfall die Mortalitätsrate z. B. über anlagenspezifische Untersuchungen ermittelt werden.

Tabelle 77: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „potenzielle Mortalitätsrate“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	<i>Kann nicht erreicht werden</i>
Klasse 3	Wasserrad und Wasserschnecke, VLH, Dive-Turbine, Minimum-Gap-Runner
Klasse 4	Francis- und Kaplan-turbinen mit Q der Einzelturbine > 25 m ³ /s
Klasse 5	Francis- und Kaplan-turbinen mit Q der Einzelturbine ≤ 25 m ³ /s und alle anderen Turbinentypen

1.2.6 Rechen

Die Standard-Parameter und Optionalen Parameter zur Klassifizierung von Rechenanlagen dienen zur Klassifizierung der Schutz- und Leitfunktion des Rechens (Tabelle 78 und Tabelle 79). Die Standard-Parameter dienen der regelbasierten Klassifizierung. Die Optionalen Parameter können z. B. im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung unterstützend herangezogen werden.

Tabelle 78: Standard-Parameter des Bestandteils Rechen als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs

Standard-Parameter	Kurzbeschreibung	Verschneidungsregeln
Lichter Stababstand	lichter Stababstand, zielartenspezifisch	Worst-Case Verschnitt der Standard-Parameter „Lichter Stababstand“ und „Anströmgeschwindigkeit“
Anströmgeschwindigkeit	maximale, rechnerische Anströmgeschwindigkeit vor dem Rechen	Siehe Verschneidungsregel „Lichter Stababstand“
Winkel/Neigung	Rechenneigung (α , β) unter Berücksichtigung der Rechenstabsrichtung	Malus: Abwertung des Worst-Case Verschnitts von gering beeinträchtigt auf mäßig beeinträchtigt, wenn der Standard-Parameter „Winkel/Neigung“ mäßig beeinträchtigt oder schlechter klassifiziert ist

Tabelle 79: Optionale Parameter des Bestandteils „Rechen“ als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs

Optionale-Parameter
Rechenstabform
Rechengeometrie (z. B. Rundbogenrechen)
Reinigungsart (z. B. automatisiert oder manuell)

Lichter Stababstand

Grundlagen:

Neben der Entwicklung potenziell „fischschonender“ Turbinen steht vor allem der Rechen als Schutzinstrument im Mittelpunkt der Diskussionen um einen effektiven mechanischen Fischschutz. Der Grundgedanke ist hierbei, die Fische durch möglichst geringe Stababstände physisch daran zu hindern, in die Anlagen einzudringen.

Darüber hinaus wird inzwischen der Rechen generell auch als Leitinstrument genutzt, um Fische zu alternativen Abstiegskorridoren zu führen.

Im Wesentlichen orientieren sich die aktuellen Regelungen zur lichten Weite von Rechenanlagen an Zielarten. Zu den dabei jeweils einzuhaltenden Rechenstababständen gibt es in den einzelnen Bundesländern jedoch unterschiedliche Regelungen, die entsprechend zu beachten sind. Eine Übersicht über die gültigen Regelungen (Stand 2020) ist bspw. in Keuneke & Massmann (2020) zu finden.

So wird in einem Großteil der Bundesländer sowie auch in einigen europäischen Ländern der 10 mm-Rechen zum Schutz von Lachssmolts gefordert. Für den Schutz von abwandernden Blankaalen wird überwiegend ein 15 mm-Rechen gefordert. Ein Rechen mit bis zu maximal 20 mm Stababstand kann in den Gewässern zulässig sein, in denen die beiden genannten Zielarten nicht relevant sind. Allerdings ist hervorzuheben, dass selbst ein 10 mm Rechen keinen ausreichenden Schutz gegen das Eindringen von kleinen Fischen und Individuen bietet, welche zum Teil jedoch aufgrund ihres europäischen und landesweiten Schutzstatus einen erhöhten Schutz benötigen.

Über die vorab gemachten Angaben hinaus ist zu berücksichtigen, dass die Schutzfunktion und damit auch die Stababstände des Rechens über die jeweiligen Landesfischereigesetze bzw. -verordnungen geregelt sind und damit in diesem Verfahren ebenfalls Anwendung finden müssen.

Spezifizierung:

Der Standard-Parameter „LICHTER STABABSTAND“ wird entsprechend dem Schutz der Wanderfischarten Lachs und Aal wie folgt definiert (vgl. Tabelle 80):

Tabelle 80: Spezifizierung des Standard-Parameters „LICHTER STABABSTAND“ auf Basis des Bautyps des Rechens

Rechentyp	Spezifizierung des Standard-Parameters nach Zielarten
10 mm Stababstand	Die Schutzfunktion orientiert sich an der gewässerabwärts gerichteten Wanderung der Lachssmolts.
15 mm Stababstand	Die Schutzfunktion orientiert sich an der gewässerabwärts gerichteten Wanderung der Blankaale.
20 mm Stababstand	Die Schutzfunktion wird, außerhalb von Zielartengewässern, als ausreichend für den Fischschutz bewertet.

Anmerkung: Die tabellarische Zusammenstellung gibt an, welche rechtlichen Grundlagen in einem Großteil der Bundesländer, wie auch in einigen europäischen Ländern, Gültigkeit haben. Die einzelnen Abweichungen und Gültigkeitsbedingungen, die länderspezifisch sind, können hier nicht thematisiert werden, müssen jedoch entsprechend berücksichtigt werden.

Klassifizierung:

In die Definitionen der Klassengrenzen fließen die allgemeinen rechtlichen Vorgaben ein (vgl. Tabelle 81). Spezifische Regelungen in den einzelnen Bundesländern sind zu beachten.

Tabelle 81: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „LICHTER STABABSTAND“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Der lichte Stababstand entspricht den jeweilig gültigen rechtlichen Vorgaben.
Klasse 3	Der lichte Stababstand ist bis zu 25 % größer als in Klasse 2.
Klasse 4	Der lichte Stababstand ist bis zu 50 % größer als in Klasse 2.
Klasse 5	Der lichte Stababstand ist über 50 % größer als in Klasse 2.

Anströmgeschwindigkeit

Grundlagen:

Der Rechen als Schutzinstrument für Fische steht im Mittelpunkt von zum Teil sehr kontroversen Diskussionen. Eine bundesweit weitgehend anerkannte Vorgabe ist, dass eine Anströmgeschwindigkeit von $v_A \leq 0,5$ m/s am Rechen einen ausreichenden Schutz gewährleistet. Je schräger ein Rechen angeströmt wird und wenn seitlich gut auffindbare Abstiegswege vorhanden sind, desto höher kann die Anströmgeschwindigkeit sein (s. Ebel 2024).

Durch Untersuchungen zum Suchverhalten von Fischen vor Rechenanlagen (Boeckmann et al. 2013) ist zudem deutlich geworden, dass Fische – entlang von Gradienten – die vor ihnen liegenden Anlagen bzw. deren Strömungsverhältnisse sondieren. Untersuchungen, die im Wasserbaulabor der RWTH Aachen durchgeführt wurden, zeigen, dass die Testfische bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,5 m/s problemlos gegen die Strömung anschwimmen und sondieren konnten. Trotzdem kommt es speziell bei den Arten Aal, Lachs und den Jungfischschwärmen immer wieder vor, dass diese aktiv in Turbinenanlagen eindringen. Dies geschieht immer dann, wenn nach mehr oder weniger langen Sondierungszeiten kein funktionierender Fischabstieg gefunden werden kann (vgl. auch Ebel (2024), Schwevers & Adam (2020), DWA (2005)).

Spezifizierung:

Der empfohlenen maximalen Anströmgeschwindigkeit von $v_A \leq 0,5$ m/s (für senkrecht stehende und frontal angeströmte Rechen) liegt eine stark vereinfachende, aber auch einfach anwendbare Betrachtungsweise zugrunde. Um als Vergleichs- bzw. Beurteilungsgröße Anwendung zu finden, wird die Anströmgeschwindigkeit als Quotient $v_A = Q/A$ (Durchfluss Q / Rechenfläche A) dargestellt. Die Anströmsituation am Rechen ist jedoch ein dreidimensionaler und ausgeprägt instationärer sowie turbulenter Prozess. Je nach vorliegenden geometrischen Randbedingungen (Anströmung, Verschmutzung etc.) entstehen hochkomplexe Strömungssituationen, welche bei jeder Anlage

individuell zu beurteilen sind, da es trotz des rechnerischen Nachweises von einer Strömungsgeschwindigkeit von $v_A \leq 0,5$ m/s bei einer inhomogenen Anströmung des Rechens zu kritischen Strömungssituationen, die für Fische sehr gefährlich werden können, kommen kann. Courret & Larrinier (2008) empfehlen daher eine Anströmgeschwindigkeit von $v_A \leq 0,45$ m/s, um einen Spielraum für Verlegungen des Rechens zu behalten.

Klassifizierung:

In die Definitionen der Klassengrenzen fließen die allgemeinen rechtlichen Vorgaben ein (vgl. Tabelle 82). Ausnahmeregelungen in den einzelnen Bundesländern sind zu beachten.

Tabelle 82: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Anströmgeschwindigkeit“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die gerichtete Anströmsituation weist wenig Turbulenzen auf und die rechnerische Anströmgeschwindigkeit von $v_A \leq 0,5$ m/s wird eingehalten. Anmerkung: Im Falle einer schrägen Anströmung und bei Vorhandensein eines Bypasses kann auch eine höhere Anströmgeschwindigkeit zur Klassifizierung „gering beeinträchtigt“ führen. Vorzugsweise sollte eine hydraulische Berechnung nach Ebel (2024) vorliegen.
Klasse 3	Es liegt eine partiell ungerichtete, kleinflächig turbulente Anströmsituation vor und/oder die rechnerische Strömungsgeschwindigkeit befindet sich im Bereich $v_A > 0,5$ m/s bis $v_A \leq 0,7$ m/s.
Klasse 4	Es liegt eine ungerichtete, turbulente Anströmsituation vor und/oder die rechnerische Strömungsgeschwindigkeit befindet sich im Bereich $v_A > 0,7$ m/s bis $v_A \leq 1$ m/s.
Klasse 5	Es liegt eine ungerichtete, turbulente Anströmsituation vor und/oder die rechnerische Strömungsgeschwindigkeit v_A ist > 1 m/s.

Winkel/Neigung

Grundlagen:

Neben der Schutzfunktion, die von einem Rechen ausgehen soll, ist es ebenfalls wichtig, dass die Fische, die einen Rechen als Barriere wahrnehmen, in der Lage sind, Abwanderpfade ins Unterwasser zu finden. Hierbei spielt die Leitfunktion des Rechens, je nach Neigung der Rechenfläche (gekippt oder gedreht) sowie Ausrichtung der Rechenstäbe, eine zentrale Rolle. Im Wesentlichen werden entsprechend der Ausrichtung der Stäbe Vertikal- und Horizontalrechen unterschieden.

Unabhängig von dem Rechentyp werden diese primär von Fischen als Barriere wahrgenommen, und es werden weitgehend identische Verhaltensweisen gezeigt. Dies sind u. a.:

- Vermeidungs- bzw. Fluchtreaktionen

- Sondierung des Rechens
- Suchverhalten

Vor allem das Suchverhalten und damit die Wahrscheinlichkeit, dass vorhandene Wanderpfade gefunden werden, werden vom Winkel des Rechens beeinflusst.

Spezifizierung:

An konventionellen Vertikalrechen kann bei Fischen und auch Fischschwärmen sehr häufig ein Suchverhalten beobachtet werden. In rheotaktischer Ausrichtung sondieren Einzeltiere und Schwärme den Rechen und vollziehen Drehbewegungen (Boeckmann et al. 2013). Je näher Bypässe oder andere Wanderpfade in der senkrechten Wassersäule am Rechen liegen, desto eher werden sie von den Tieren gefunden. Eine Zusammenstellung der Untersuchungen zum Verhalten von Fischen vor Vertikalrechen findet sich in Boeckmann et al. (2013). Von verschiedenen Autoren wird postuliert, dass die Auffindbarkeit einer Oberflächenrinne abhängig ist von der Rechenneigung Ebel (2024). Eine zusätzlich an der Sohle des Rechens vorhandene Sohlenleitwand kann das Auffinden eines Bypasses v. a. von an der Sohle abwandernden Aalen verbessern.

Horizontalrechen hingegen haben in Abhängigkeit von ihrem Anstellwinkel eine mehr oder weniger starke Leitfunktion. Je kleiner der Winkel zwischen dem Rechenfeld und der Strömungsrichtung ist, umso höher ist die Ableiteffektivität. Eine ausführliche Beschreibung zum Verhalten von Fischen vor Horizontalrechen sowie zu verschiedenen hydraulischen Bemessungsmodellen findet sich in Ebel (2024).

Anmerkung: Horizontalrechen, die einen Anstellwinkel von $\alpha = 90^\circ$ und keine Schräganströmung ($\theta = 90^\circ$) aufweisen, also plan vor der Wasserkraftanlage gebaut sind, haben, wie auch ein Vertikalrechen mit einem Anstellwinkel von $\alpha = 90^\circ$, keine Leitwirkung auf Fische.

Klassifizierung:

Die Definitionen der Klassengrenzen in Tabelle 83 basieren auf den Ergebnisdarstellungen und Literaturlauswertungen von Ebel (2024) und aus BUGeFi & RWTH (2019).

Tabelle 83: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Winkel/Neigung“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Bei einem Vertikalrechen beträgt der leitende Winkel $\leq 30^\circ$. Bei einem Horizontalrechen beträgt der leitende Winkel $\leq 45^\circ$.
Klasse 3	Bei einem Vertikalrechen beträgt der leitende Winkel $> 30^\circ$ bis $\leq 38^\circ$. Bei einem Horizontalrechen beträgt der leitende Winkel $> 45^\circ$ bis $\leq 57^\circ$.
Klasse 4	Bei einem Vertikalrechen beträgt der leitende Winkel $> 38^\circ$ bis $\leq 45^\circ$. Bei einem Horizontalrechen beträgt der leitende Winkel $> 57^\circ$ bis $\leq 68^\circ$.
Klasse 5	Bei einem Vertikalrechen beträgt der leitende Winkel $> 45^\circ$. Bei einem Horizontalrechen beträgt der leitende Winkel $> 68^\circ$.

1.2.7 Bypass

Die Standard-Parameter und Optionalen Parameter zur Klassifizierung von Bypässen werden unterteilt in die funktionalen Einheiten „Auffindbarkeit Bypass“ (Kapitel 0) und „Passierbarkeit Bypass“ (Kapitel 0). Es werden nur Bypässe regelbasiert klassifiziert, welche durchgängig geöffnet sind. Zeitweise geöffnete Bypässe werden als Einzelfall betrachtet, da diese die Durchgängigkeit stark einschränken können.

Bypass – funktionale Einheit „Auffindbarkeit Bypass“

Die zur regelbasierten Klassifizierung herangezogenen Standard-Parameter der funktionalen Einheit „Auffindbarkeit Bypass“ sind in Tabelle 84 Diese können z. B. im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung unterstützend herangezogen werden.

Tabelle 84 aufgeführt, während die entsprechenden Optionalen Parameter der Tabelle 85 entnommen werden können. Diese können z. B. im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung unterstützend herangezogen werden.

Tabelle 84: Standard-Parameter der funktionalen Einheit „Auffindbarkeit Bypass“ des Bestandteils Bypass als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs

Standard-Parameter	Kurzbeschreibung	Verschneidungsregeln
Bypassdurchfluss	Der Bypassdurchfluss im Verhältnis zum Ausbaudurchfluss mit Unterscheidung zwischen Horizontal- und Vertikalrechen; bei mehreren Einstiegen Aufsummierung der einzelnen Durchflüsse	Mittelwertbildung der Standard-Parameter „Bypassdurchfluss“ und „Lage des Bypasses“
Lage des Bypasses	Die Lage des Bypasses mit Angaben, ob bspw. der Einstieg in den Bypass unmittelbar am Rechen positioniert ist; bei mehreren Einstiegen mit unterschiedlicher Geometrie erfolgt eine Einzelfallbetrachtung.	Siehe Verschneidungsregel „Bypassdurchfluss“

Tabelle 85: Optionale-Parameter der funktionalen Einheit „Auffindbarkeit Bypass“ des Bestandteils Bypass als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs

Optionale Parameter
Strömungsgeschwindigkeit zum Einstieg des Bypasses
Erreichbarkeit (ganzjährig/saisonal)
Verhältnis zwischen der Strömungsgeschwindigkeit am Rechen und der Strömungsgeschwindigkeit zum Einstieg in den Bypass

Bypassdurchfluss

Grundlagen:

Die jeweiligen Bemessungsanforderungen ergeben sich aus hydraulischen Komponenten, die sich wiederum an verhaltensbiologischen Aspekten und nicht zuletzt auch an gewässertypspezifischen Zielgrößen orientieren.

Die Beaufschlagung des Bypasses muss so dimensioniert sein, dass der Bypass gut aufgefunden wird (Leitströmung vergleichbar zum Aufstieg) und sowohl von hochrückigen Fischen der Fischreferenz als auch von Fischen, die ein Schwarmverhalten zeigen, passiert werden kann. Sonaraufzeichnungen und Auswertungen von VAKI-Daten¹ vor Wasserkraftanlagen zeigen, dass sowohl nach der Rechenpassage von wenigen Individuen als auch nach dem Einschwimmen in einen Abstiegsweg der gesamte Schwarm nach kurzer Zeit folgt.

Spezifizierung:

Hinsichtlich der Beaufschlagung finden sich in EBEL (2024) folgende Richtwerte:

- Beaufschlagung von Bypässen an Barrieren mit horizontaler Schräganströmung: 2-5 % des Ausbaudurchflusses der Wasserkraftanlage
- Beaufschlagung von Bypässen an Barrieren ohne horizontale Schräganströmung: 5-10 % des Ausbaudurchflusses der Wasserkraftanlage

Anmerkung: Die absoluten Werte des Bypassdurchflusses können über die Bypassgeometrien berechnet werden. Es sollte ein entsprechender Abgleich mit den o. g., in Ebel (2024) aufgeführten Abflussanteilen erfolgen.

Klassifizierung:

Die Definitionen der Klassengrenzen (vgl. Tabelle 86) orientieren sich an den Angaben von Ebel (2024).

Tabelle 86: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Bypassdurchfluss“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	<p>Der Bypassdurchfluss entspricht den vorab dargestellten Vorgaben in Ebel (2024).</p> <p>Beaufschlagung von Bypässen an Barrieren mit horizontaler Schräganströmung: ≥ 2 % des Ausbaudurchflusses der Wasserkraftanlage</p> <p>Beaufschlagung von Bypässen an Barrieren ohne horizontale Schräganströmung: ≥ 5 % des Ausbaudurchflusses der Wasserkraftanlage</p>

¹ VAKI „River Watcher Fish Counter“ ist ein Kamerasystem mit Optionalem Scanner zur Fischzählung

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 3	Beaufschlagung von Bypässen an Barrieren mit horizontaler Schräganströmung: $\geq 1,5 \%$ bis $< 2 \%$ des Ausbaudurchflusses der Wasserkraftanlage Beaufschlagung von Bypässen an Barrieren ohne horizontale Schräganströmung: $\geq 3,5 \%$ bis $< 5 \%$ des Ausbaudurchflusses der Wasserkraftanlage
Klasse 4	Beaufschlagung von Bypässen an Barrieren mit horizontaler Schräganströmung: $\geq 1 \%$ bis $< 1,5 \%$ des Ausbaudurchflusses der Wasserkraftanlage Beaufschlagung von Bypässen an Barrieren ohne horizontale Schräganströmung: $\geq 2,5 \%$ bis $< 3,5 \%$ des Ausbaudurchflusses der Wasserkraftanlage
Klasse 5	Beaufschlagung von Bypässen an Barrieren mit horizontaler Schräganströmung: $< 1 \%$ des Ausbaudurchflusses der Wasserkraftanlage Beaufschlagung von Bypässen an Barrieren ohne horizontale Schräganströmung: $< 2,5 \%$ des Ausbaudurchflusses der Wasserkraftanlage Es ist kein Bypass vorhanden

Anmerkung: Bei mehreren Einstiegen in den Bypass sind die einzelnen Durchflüsse aufzusummieren.

Lage des Bypasses

Grundlagen:

Die Fische, die vor einer Rechenanlage schwimmen und den Weg in das Unterwasser suchen, führen ihre Suchbewegungen fast immer Hauptströmungspfad aus. Eine Ausnahme bildet der Aal, welcher auch außerhalb der Hauptströmung nach Wegen ins Unterwasser sucht.

Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, dass Bypasssysteme in unmittelbarer Nähe zum Rechen gebaut werden müssen. Dabei ist jedoch zu unterscheiden, ob es sich um Barrieren mit horizontaler Schräganströmung oder um solche ohne horizontale Schräganströmung handelt.

Spezifizierung:

Hinsichtlich der Lage der Bypassöffnung zum Rechen und innerhalb der Wassersäule finden sich in Ebel (2024) folgende Angaben:

- Beaufschlagung von Bypässen an Barrieren mit horizontaler Schräganströmung: Die Lage des Bypasses soll sich am unterstromigen Ende des Rechens befinden, der Strömungswinkel vor dem Rechen sollte dem Eintrittswinkel in den Bypass entsprechen.

- Beaufschlagung von Bypässen an Barrieren ohne horizontale Schrägstellung: Die laterale und vertikale Anordnung von Bypassöffnungen sollte direkt am Rechen verortet sein.

Auch nach Courret & Larinier (2008) und Ingendahl et al. (2024) sollten Bypassöffnungen an Vertikalrechen am oberen Ende des Rechens befinden. Dies kommt nicht nur oberflächennah wandernden Arten zugute, auch bodennahe Arten sind in der Lage bei flacher Neigung dem Rechen zur Bypassöffnung zu folgen und abzusteigen.

Klassifizierung:

Die Definitionen der Klassengrenzen (vgl. Tabelle 87) orientieren sich an den Angaben von Ebel (2024).

Tabelle 87: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Lage des Bypasses“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die Lage des Einstiegs in den Bypass die Lage im Verhältnis zum Rechen sowie die Lage der Einstiegsöffnung innerhalb der Wassersäule entsprechen den Vorgaben von Ebel (2024). Bei einem Horizontalrechen befindet sich der Bypass unmittelbar am unterstromigen Ende des Rechens und die Bypassöffnung erstreckt sich über die gesamte Wassersäule oder es sind sowohl oberflächennahe als auch sohlennahe Bypassöffnungen vorhanden. Bei einer Wasserhöhe von ≥ 10 m ist eine Bypassöffnung auf mittlerer Höhe vorhanden. Bei einem Vertikalrechen befindet sich die Bypassöffnung im oder unmittelbar oberhalb des Rechenfeldes. Der Abstand zwischen den Bypassöffnungen bzw. den Rechenenden des Rechenfeldes beträgt maximal 5 m.
Klasse 4	Entspricht nicht den Vorgaben von Ebel (2024).

Bei mehreren Einstiegen mit unterschiedlicher Geometrie ist eine Einzelfallbetrachtung vorzunehmen.

Bypass – funktionale Einheit „Passierbarkeit Bypass“

Die zur regelbasierten Klassifizierung herangezogenen Standard-Parameter der funktionalen Einheit (FE) „Passierbarkeit Bypass“ sind in Tabelle 88 aufgeführt, die Optionalen Parameter der genannten FE können Tabelle 89 entnommen werden. Diese können z. B. im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung unterstützend herangezogen werden.

Tabelle 88: Standard-Parameter der funktionalen Einheit „Passierbarkeit Bypass“ des Bestandteils Bypass als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs

Standard-Parameter	Kurzbeschreibung	Verschneidungsregeln
minimale Breite	Die Breite des Bypasses (Klassifizierung je nach Fischreferenzzönose)	Mittelwertbildung der Standard-Parameter „minimale Breite“ und „minimale Wassertiefe“
minimale Wassertiefe	Die minimale Wassertiefe innerhalb des Bypasses	Siehe Verschneidungsregel „minimale Breite“
Kurvenradius/Oberflächenbeschaffenheit	Angabe über Kurvenradius und Oberflächenbeschaffenheit zur Verifizierung der potenziellen Schädigungsrate	Malus: Abwertung des Mittelwertes um eine Klasse, wenn der Standard-Parameter „Kurvenradius/Oberflächenbeschaffenheit“ schlechter klassifiziert ist

Tabelle 89: Optionale Parameter der funktionalen Einheit „Passierbarkeit Bypass“ des Bestandteils Bypass als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs

Optionale Parameter
Bauweise (z. B. offen oder geschlossen)
Strömungsgeschwindigkeit innerhalb des Bypasses

Minimale Breite

Grundlagen:

Die Akzeptanz eines Bypasses hängt neben seiner Lage auch von seiner Dimensionierung ab. Wie bereits im Kapitel 0 erläutert, müssen neben den Referenzfischarten, die aufgrund ihrer Körpermaße eine bestimmte Dimensionierung vorgeben, vor allem die schwarmbildenden Arten bei der Dimensionierung berücksichtigt werden.

Spezifizierung:

In Ebel (2024) findet sich eine Zusammenstellung zum Stand des Wissens hinsichtlich der notwendigen Breite der Bypassöffnung. Vergleichsweise viele Untersuchungen liegen z. B. für die Beziehung zwischen der Bypassbreite und der Nutzungseffizienz des Bypasses durch Lachssmolts vor. Ebel (2024) weist jedoch auch auf noch vorhandene Wissenslücken hin.

Unter Einbeziehung weiterer vorhandener Daten findet sich in Ebel (2024) eine mathematische Vorgehensweise, die es ermöglicht, die notwendige Bypassöffnungsweite mit Hilfe der Fischlänge und -breite zu berechnen. Bislang wurden für 25 Arten die Mindestanforderungen in Bezug auf die Profillänge zusammengestellt.

Für die Bestimmung der minimalen Bypassbreite wird die größtenbestimmende Referenzfischart betrachtet.

Klassifizierung:

Die Definitionen der in der Tabelle 90 dargestellten Klassengrenzen beruhen auf den o. g. Ausarbeitungen in Ebel (2024).

Die Klassengrenze der Klasse 2 ist Tabelle 55 auf S. 478 im „Handbuch Rechen und Bypasssysteme“ (Ebel 2024) zu entnehmen. Aus den in den Tabellen angegebenen Fischarten ist der Wert für die gemäß vorliegender Fischreferenz bemessungsrelevante Fischart auszuwählen. Die weiteren Klassengrenzen sind gemäß der in Tabelle 90 aufgeführten prozentualen Abstufung zu ermitteln:

Tabelle 90: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Breite“ als Teil der funktionalen Einheit „Passierbarkeit Bypass“ des Bestandteils Bypass

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die minimale Breite des Bypasses entspricht den Vorgaben von Ebel (2024) bezogen auf die vorliegende Fischreferenzzönose.
Klasse 3	Die minimale Breite des Bypasses ist bis zu 25 % geringer als in Klasse 2.
Klasse 4	Die minimale Breite des Bypasses ist bis zu 50 % geringer als in Klasse 2.
Klasse 5	Die minimale Breite des Bypasses ist über 50 % geringer als in Klasse 2.

Anmerkung: Da Ebel (2024) darauf hinweist, dass es sich bei den von ihm erarbeiteten mathematischen Modellen und Berechnungen von Bypassbreiten um vorläufige Näherungswerte handelt, ist zu berücksichtigen, dass abschließende Validierungen noch ausstehen.

Minimale Wassertiefe

Grundlagen:

Wenn Fische durch einen Bypass aktiv abwärts schwimmen oder verdriftet werden, ist eine ausreichende Wassertiefe notwendig, damit Fische den Wanderkorridor erkennen und nutzen und keine Verletzungen bei Kontakt mit der Gewässersohle oder mit eventuell vorhandenen Störsteinen erleiden.

Bezüglich der minimalen Wassertiefe im Bypass gibt es Erkenntnisse zu Salmonidenartigen und hier speziell zu Lachssmolts. Für weitere Arten und schwarmbildende Spezies sind die Erkenntnisse weniger belastbar.

Spezifizierung:

In Ebel (2024) findet sich eine Zusammenstellung zum Stand des Wissens hinsichtlich der notwendigen Wassertiefe des Bypasses, die der Profilhöhe gleichgesetzt wurde.

Unter Einbeziehung weiterer vorhandener Daten findet sich in Ebel (2024) eine mathematische Vorgehensweise, die es ermöglicht, die notwendige Bypassstiefe in Abhängigkeit der Fischlänge und -breite zu berechnen.

Klassifizierung:

Die Definitionen der in der Tabelle 91 dargestellten Klassengrenzen beruhen auf den Ausarbeitungen von Ebel (2024).

Die Klassengrenze der Klasse 2 ist Tabelle 55 auf S. 478 im „Handbuch Rechen und Bypasssysteme“ (Ebel 2024) zu entnehmen. Aus den in den Tabellen angegebenen Fischarten ist der Wert für die, gemäß vorliegender Fischreferenz bemessungsrelevante Fischart, auszuwählen. Die weiteren Klassengrenzen, sind gemäß der in Tabelle 91 aufgeführten prozentualen Abstufungen zu ermitteln.

Tabelle 91: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Wassertiefe“ als Teil der funktionalen Einheit „Passierbarkeit Bypass“ des Bestandteils Bypass

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die minimale Wassertiefe des Bypasses entspricht den Vorgaben von Ebel (2024) bezogen auf die Fischreferenzzönose.
Klasse 3	Die minimale Wassertiefe des Bypasses ist bis zu 25 % geringer als in der Klasse 2.
Klasse 4	Die minimale Wassertiefe des Bypasses ist bis zu 50 % geringer als in der Klasse 2.
Klasse 5	Die minimale Wassertiefe des Bypasses ist über 50 % geringer als in der Klasse 2.

Anmerkung: Ebel (2024) weist darauf hin, dass es sich bei den von ihm erarbeiteten mathematischen Modellen und Berechnungen von Bypassstiefen um vorläufige Näherungswerte handelt.

Kurvenradius/Oberflächenbeschaffenheit

Grundlagen:

Fische, die in einen Bypass einschwimmen, werden diesen - bis auf wenige Ausnahmen - passiv passieren. Das heißt, dass nach dem Einstieg in den Bypass die Fische von der Strömung erfasst und bis zum Ende des Bypasses mitgezogen werden. Der Bypass muss dabei so gestaltet sein, dass die Fische sich nicht verletzen (die Gefahr besteht z. B. bei einer rauen Sohle) oder letal geschädigt werden (wie es z. B. bei scharfen Kanten oder hervorstehende Verschraubungen passieren kann).

Spezifizierung:

Ein Bypass muss so gebaut sein, dass ein Fisch sich während der Passage keine Verletzungen zuziehen kann. Verletzungen können vor allem hervorgerufen werden durch:

- raue Oberflächenbeschaffenheit
- scharfkantige Übergänge zwischen einzelnen Bauteilen
- nicht eingesenkte Verschraubungen
- zu enge Kurvenradien

Im Rahmen der Klassifizierung eines Bypasses müssen diese oder weitere Verletzungsquellen erkannt werden.

Klassifizierung:

Die Definitionen der Klassengrenzen sind entsprechend des Verletzungs- bzw. Mortalitätsrisikos abgegrenzt worden (vgl. Tabelle 92).

Tabelle 92: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Kurvenradius/Oberflächenbeschaffenheit“ als Teil der funktionalen Einheit „Passierbarkeit Bypass“ des Bestandteils Bypass

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Der Bypass ist gerade oder gering abgewinkelt ($\leq 10^\circ$) und hat eine glatte Oberfläche und keine scharfkantigen Übergänge zwischen Bauteilen.
Klasse 3	Der Bypass ist mäßig abgewinkelt ($> 10^\circ$ bis $< 45^\circ$) oder hat eine raue Oberflächenbeschaffenheit und/oder scharfkantige Übergänge zwischen Bauteilen.
Klasse 4	Der Bypass ist stark abgewinkelt (45° bis $< 90^\circ$).
Klasse 5	Der Bypass ist sehr stark abgewinkelt ($\geq 90^\circ$).

1.2.8 Ausleitungsstrecke

Für den Bestandteil Ausleitungsstrecke erfolgt die regelbasierte Klassifizierung des Fischaufstiegs mit den in Tabelle 93 aufgeführten Standard-Parametern.

Tabelle 93: Standard-Parameter des Bestandteils Ausleitungsstrecke als Teil der Klassifizierung des Fischaufstiegs

Standard-Parameter	Kurzbeschreibung	Verschneidungsregeln
Abfluss (Mindestwasserführung)	Angabe des Abflusses über die Einhaltung der Mindestwasserführung	Mittelwertbildung der Standard-Parameter „Abfluss (Mindestwasserführung)“, „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“ und „minimale Breite im Wanderkorridor“
minimale Wassertiefe im Wanderkorridor	min. Abstand zwischen der Oberkante der Rauheitselemente und dem Wasserspiegel im Längsverlauf des Wanderkorridors	Siehe Verschneidungsregel „Abfluss (Mindestwasserführung)“
minimale Breite im Wanderkorridor	minimale Sohlenbreite im Wanderkorridor	Malus: Abwertung des Mittelwertes um eine Klasse, wenn der Standard-Parameter „minimale Breite im Wanderkorridor“ schlechter klassifiziert ist

Da die Ausleitungsstrecke sowohl während des Fischaufstiegs als auch während des Fischabstiegs von den Fischen ggf. durchwandert werden muss und diesbezüglich vergleichbare fischökologische Anforderungen wie beim Fischaufstieg gelten, wird an dieser Stelle auf die Ausführungen zur Ausleitungsstrecke in Kapitel 1.1.1 (in Bezug auf den Fischaufstieg) verwiesen. Auch für den Fischabstieg werden die Standard-Parameter Abfluss (Mindestwasserführung), minimale Wassertiefe im Wanderkorridor sowie minimale Breite im Wanderkorridor zur Bewertung herangezogen.

Die jeweiligen Klassengrenzen sind nochmals in Tabelle 94 bis Tabelle 96 dargestellt. Aufgrund ähnlicher Anforderungen an die Dimensionierung orientieren sich die Klassengrenzen der geometrischen Parameter wie beim Fischaufstieg an den Proportionen der bemessungsrelevanten Fischarten.

Abfluss (Mindestwasserführung)

Tabelle 94: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Abfluss (Mindestwasserführung)“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die Mindestwasserführung entspricht den fachlichen Vorgaben (z. B. LAWA 2001, LAWA 2020).
Klasse 3	Die Mindestwasserführung ist bis zu 25 % geringer als in Klasse 2.
Klasse 4	Die Mindestwasserführung ist bis zu 50 % geringer als in Klasse 2.
Klasse 5	Die Mindestwasserführung ist über 50 % geringer als in Klasse 2.

Minimale Wassertiefe im Wanderkorridor

Tabelle 95: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Wassertiefe im Wanderkorridor“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor entspricht mindestens der 2fachen Höhe der nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) höchsten in der vorliegenden Fischreferenz vorkommenden Fischart.
Klasse 3	Die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor ist bis zu 25 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 4	Die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor ist bis zu 50 % kleiner als in der Klasse 2.
Klasse 5	Die minimale Wassertiefe im Wanderkorridor ist über 50 % kleiner als in der Klasse 2.

Minimale Breite im Wanderkorridor

Tabelle 96: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „minimale Breite im Wanderkorridor“

Klassen	Klassengrenzen
Klasse 2	Die minimale Breite im Wanderkorridor entspricht mindestens der 9fachen Dicke der nach DWA-M 509, Tabelle 15 (DWA 2014) breitesten in der vorliegenden Fischreferenz vorkommenden Fischart.
Klasse 3	Die minimale Breite im Wanderkorridor ist bis zu 25 % geringer als in Klasse 2.
Klasse 4	Die minimale Breite im Wanderkorridor ist bis zu 50 % geringer als in Klasse 2.
Klasse 5	Die minimale Breite im Wanderkorridor ist über 50 % geringer als in Klasse 2.

1.2.9 Rückstaustrücke

Für die Rückstaustrücke erfolgt die regelbasierte Klassifizierung auf Grundlage des in Tabelle 97 aufgeführten Standard-Parameters „Länge der Rückstaustrücke“. In Tabelle 98 sind weitere Optionale Parameter aufgeführt, die z. B. im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung unterstützend herangezogen werden können.

Tabelle 97: Standard-Parameter des Bestandteils Rückstaustrücke als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs

Standard-Parameter	Kurzbeschreibung	Verschneidungsregeln
Länge der Rückstaustrücke	Länge der Rückstaustrücke oberhalb eines Staubauwerks im Längsverlauf eines Fließgewässers vom Bauwerk bis zur Stauwurzel	<i>Keine Verschneidungsregeln, da lediglich ein Standard-Parameter vorliegt</i>

Tabelle 98: Optionale Parameter des Bestandteils „Rückstaustrücke“ als Teil der Klassifizierung des Fischabstiegs

Optionale Parameter
Entfernung der Stauwurzel bis zum Einstieg in den Fischabstieg

Länge der Rückstaustrücke

Die Rückstaustrücke muss sowohl während des Fischaufstiegs als auch während des Fischabstiegs von den Fischen durchwandert werden, daher wird an dieser Stelle auf die Ausführungen zu Grundlagen, Spezifizierung und Klassifizierung Kapitel 0 verwiesen.

Eine statistisch nachprüfbar Grundlage für eine anlagenbezogene Klassifizierung ist bisher noch nicht erarbeitet. Die nachfolgend allgemein definierten Klassengrenzen (Tabelle 56) beruhen auf Expertenwissen. Sie sind im Vergleich zum Fischaufstieg großzügiger ausgelegt, da die Leistungsfähigkeit der Fische durch die Überwindung des Querbauwerks bzw. der Fischaufstiegsanlage bei Fischaufstieg bereits beeinträchtigt sein kann. Die Klassengrenzen für den Fischabstieg sind in Tabelle 99 dargestellt. Liegen mehrere Rückstaustrücken im Hauptgewässer innerhalb eines Bauwerksstandorts vor, so sind die Längen zu addieren.

Tabelle 99: Spezifizierung der wertgebenden Klassengrenzen für den Standard-Parameter „Länge der Rückstaustrecke“

Klassen	obere/un- tere Forellen- region	Äschen- region	Barben- region	Brach- sen- region (mR*)	Brach- sen- region (oR*)	Kaul- barsch- Flunder- Region
Klasse 2	≤ 100 m	≤ 500 m	≤ 1000 m	≤ 2500 m	≤ 5000 m	Keine Beeinträchtigung (Klasse 2)
Klasse 3	> 100m - 500 m	> 500 m - 1000 m	> 1000 m - 2500 m	> 2500 m - 5000 m	> 5000 m	-
Klasse 4	> 500 m - 1000 m	> 1000 m - 2500 m	> 2500 m - 5000 m	> 5000 m	-	-
Klasse 5	> 1000 m	> 2500 m	> 5000 m	-	-	-

*mR=mit rhithralen Arten; oR=ohne rhithralen Arten

Literaturverzeichnis

- Boeckmann, I., B. Lehmann, A. Hoffmann & M. Kühlmann (2013): Fischabstieg: Verhaltensbeobachtungen vor Wanderbarrieren; erschienen in: Wasser und Abfall, Ausgabe 6/2013. Hauptherausgeber: BWK (Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau).
- BUGeFi & RWTH (2019): Orientierungs- und Suchverhalten von Fischen vor Rechenanlagen an Wasserkraftanlagen.- F&E-Projekt, gefördert durch Forschungsmittel des Landes NRW; veröffentlicht auf der Homepage des Umweltministeriums NRW, Düsseldorf.
- Courret, D. & M. Larinier (2008): Guide pour la conception de prises d'eau Ichtyocompatibles" pour les petites centrales hydroelectriques; Rapport ghaappe RA.08.04.
- DIN 19661-2:2000-09, Richtlinien für Wasserbauwerke - Sohlenbauwerke - Teil 2: Abstürze, Absturztreppe, Sohlenrampen, Sohlengleiten, Stützschwelle, Grundschwelle, Sohlenschwelle
- DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2005): Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung Funktionskontrolle. 2. Korrigierte Auflage, Stand: Juli 2005.
- DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2014): Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. Merkblatt DWA-M 509. Korrigierte Auflage, Stand: Februar 2014. Hennef.
- Ebel, G. (2024): Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen – Handbuch Rechen und Bypasssysteme. Ingenieurbio-logische Grundlagen, Modellierung und Prognose, Bemessung und Gestaltung. Hrsg: Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie, Halle (Saale), 671 Seiten (Hardcover), 4. Auflage.
- Ingendahl, D., G. Burghardt & J. Geist (2024): Fischschutz an Wasserkraftanlagen durch Vertikal- oder Horizontalrechen. Wasser und Abfall 09, 2024.
- Keuneke, R. & E. Massmann (2020): Ziele für den Fischschutz und Fischabstieg in Deutschland – Überblick über Instrumente des Fischschutzes in Deutschland; Fact Sheet 02, Forum Fischschutz & Fischabstieg. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Oktober 2020.
- Kolbinger, A. (2000): Fischbiologische Kartierung der Durchgängigkeit niederbayerischer Fließgewässer. Technische Universität München, München.
- LAWA – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (2001): Empfehlungen zur Ermittlung von Mindestabflüssen in Ausleitungsstrecken von Wasserkraftanlagen und zur Festsetzung im wasserrechtlichen Vollzug. ISBN-Nr. 3-88961-236-9. Schwerin, Juli 2001.
- LAWA – Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (2020): Empfehlung zur Ermittlung einer ökologisch begründeten Mindestwasserführung in Ausleitungsstrecken von Wasserkraftanlagen.

- MacPherson, L. M., M.G. Sullivan, A.L. Foote & C. E. Stevens (2012): Effects of Culverts on Stream Fish Assemblages in the Alberta Foothills. *North American Journal of Fisheries* 32: 480-490.
- Meyer, L. (2003): Zur Sperrwirkung großer Dükeranlagen auf Fischwanderungen: Untersuchungen an den Dükeranlagen von Schunte/MLK, Aller/MLK und Neetzekanal/ESK. LAVES.
- Odeh, M. & C. Orvis (1998): Downstream fish passage design considerations and developments at hydroelectric projects in the north-east USA. In: *Fish migration and fish bypasses* (Hrsg.: M Jungwirth, S. Schmutz & S. Weiss), S. 267-281. Fishing News Books, Oxford (Blackwell Science).
- Schwevers, U. & B. Adam (2020): *Fish Protection Technologies and Fish Ways for Downstream Migration*. Springer Nature Switzerland AG 2020.
- Schwevers, U., K. Schindehütte, B. Adam & L. Steinberg (2004): Untersuchungen zur Passierbarkeit von Durchlässen für Fische. *LÖBF-Mitt.* 37–43.
- U.S. Army Corps of Engineers (1991): *Hydraulic Design of Flood Control Channels – EM 1110-2-1601*. Washington, D.C.
- Utzinger, J., C. Roth & A. Peter (1998): Effects of environmental parameters on the distribution of bullhead *Cottus gobio* with particular consideration of the effects of obstructions. *Journal of Applied Ecology* 35, 882–892.
- Vordermeier, T. & E. Bohl (1999): *Untersuchung zur Durchgängigkeit von Fischen*. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (BLW BY), München.
- Weichert, R. & C. Thorenz (2017): Fischabstieg an Wehranlagen – gefahrlos oder kritisch? Tagungsband BAW-Kolloquium „Wasserbauliche Herausforderungen an den Binnenschiffahrtsstraßen“, 26./27.10.2017.

Rechtsquellen

- WHG - Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 12. August 2025 (BGBl. 2025 I Nr. 189) geändert worden ist.
- WRRL - Richtlinie 2000/60/EG zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik („Wasserrahmenrichtlinie“) vom 23.10.2000, zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 12.08.2013.