

Gesamtkonzept zur Herstellung der Durchgängigkeit der Saale

März 2015



Durchgängigkeitskonzept für die Mittlere Saale in Thüringen

„Durchgängigkeitskonzept Saale“

Schlussbericht

Auftraggeber: Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie
Göschwitzer Str. 41
07745 Jena

Auftragnehmer: FLUSS – Dipl.-Biol. Wolfgang Schmalz
Koppewiese 2
98553 Breitenbach



Breitenbach, März 2015

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2	Hydrologische Grundlagen der Saale.....	5
3	Erfassung und erste Bewertung des Istzustandes	9
4	Defizitanalyse und Ableitung notwendiger Maßnahmen	11
4.1	Grundlagen	11
4.1.1	Aufwuchsareal Aal	12
4.1.2	Laichareale Lachs.....	13
4.2	Grundlagen für die Konzeption der Fischaufstiegsanlagen.....	16
4.3	Grundlagen für die Konzeption von Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen.....	19
4.4	Berücksichtigung des Denkmalschutzes	25
4.5	Kostenschätzung	27
4.5.1	Kostenschätzung FAA nach (TLUG 2011)	27
4.5.2	Kostenschätzung Fischabstiegssysteme	32
4.5.3	Gesamtkosten-für Fischauf- und Fischabstieg	38
4.7	Auswirkungen der ökologisch notwendigen Maßnahmen auf die Energieerzeugung und Wirtschaftlichkeit.....	39
4.7.1	Energetische Basisdaten der Wasserkraftanlagen.....	40
4.7.2	Daten zur Energieeinspeisung der Wasserkraftanlagen	43
4.7.3	Ökologisch notwendige Abflüsse	47
4.7.4	Bilanzierung ökologisch notwendiger Abflüsse	53
4.7.5	Bilanzierung der Jahresarbeitsverluste	58
4.7.6	Rechenverluste	61
4.7.7	Erhöhte Betriebs- und Unterhaltungskosten.....	65
4.7.8	Auswirkungen auf die Jahreserträge	66
5	Ökologische Zustandsbewertung	69
5.1	Grundlagen	69
5.2	Bewertung der flussaufwärts gerichteten Durchgängigkeit	71
5.2.1	Großräumige Auffindbarkeit.....	72
5.2.2	Kleinräumige Auffindbarkeit.....	75
5.2.3	Passierbarkeit	76
5.2.4	Standortbezogene Gesamtbewertung der flussaufwärts gerichteten Durchgängigkeit ..	77
5.2.5	Erreichbarkeitsrate der Areale	80
5.3	Bewertung der flussabwärts gerichteten Durchgängigkeit	80
5.3.1	Großräumige Auffindbarkeit.....	81
5.3.2	Kleinräumige Auffindbarkeit.....	85
5.3.3	Turbinenbedingte Fischschäden.....	89
5.3.4	Fischschäden bei der Querbauwerkspassage	91
5.3.5	Standortbezogene Gesamtbewertung der flussabwärts gerichteten Durchgängigkeit ...	92
5.4	Bewertung des Auf- und Abstiegs im gesamten Gewässerabschnitt.....	94
5.4.1	Ergebnisse der kumulierten Aufstiegsraten der mittleren Saale	96
5.4.2	Ergebnisse bzgl. der kumulierten Abstiegsraten bzw. Gesamtüberlebensraten der mittleren Saale	98
5.5	Beeinträchtigung der mittleren Saale durch Stauräume und Ausleitungsstrecken	103
5.5.1	Ergebnisse der Lebensraumbeeinträchtigung durch Stau und Ausleitung	104
5.5.2	Reduktionsmöglichkeiten der Einflüsse durch Stau und Ausleitung	107
6	Prüfung von Querbauwerken entsprechend § 35 WHG	111

6.1	Grundlagen nach WHG	111
6.2	Prüfmethodik in Anlehnung an die Ilm-Studie (TLUG 2011)	112
6.2.1	Potentielles Wasserdargebot für energetische Wasserkraftnutzung.....	113
6.2.2	Technisch nutzbares Potential, Jahresarbeit und Jahresertrag	115
6.2.3	Überschlägliche Ermittlung der Investitionskosten	117
6.2.4	Quotient aus Investitionskosten und Rohertrag.....	118
6.2.5	Weitere Standortoptionen zur Erzeugung zusätzlicher Energie durch Wasserkraft	120
6.2.6	Zusammenfassung	122
7	Ergebniszusammenfassung	123
7.1	Bearbeitungsgrundlagen.....	123
7.2	Bewertungen der Durchgängigkeit im Ist-Zustand	124
7.2.1	Ist-Zustand der flussaufwärts gerichteten Durchgängigkeit	124
7.2.2	Ist-Zustand der flussabwärts gerichteten Durchgängigkeit	124
7.3	Notwendige ökologische Maßnahmen	124
7.4	Bewertung der Durchgängigkeit im Plan-Zustand	125
7.4.1	Plan-Zustand der flussaufwärts gerichteten Durchgängigkeit	125
7.4.2	Plan-Zustand der flussabwärts gerichteten Durchgängigkeit	125
7.5	Kostenschätzung	126
7.6	Mindererzeugung	126
7.7	Lebensraumverlust durch Aufstau und Wasserausleitung	126
7.8	Variantenbetrachtung zu Maßnahmen des Fischauf- und -abstieges.....	127
7.9	Prüfung zusätzlicher Wasserkraftnutzung nach § 35 WHG	128
7.10	Auswirkungen auf die Wasserkraftnutzung	128
	Anhänge	135

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lebensraum des Aales in der mittleren Saale in Thüringen; (zur Verfügung gestellt von der TLUG).....	12
Abbildung 2: Historische Verbreitung und erreichbare Laichareale des Lachses in der mittleren Saale in Thüringen sowie in Schwarza und Loquitz (zur Verfügung gestellt von der TLUG)	13
Abbildung 3: Verteilung der untersuchten Querbauwerke im Untersuchungsgebiet von Orlamünde bis Camburg (Kartenquelle MapSource); rote Markierung mit WKA; blau ohne WKA-Betrieb .	14
Abbildung 4: Verteilung der untersuchten Querbauwerke im Untersuchungsgebiet von Eichicht bis Orlamünde (Kartenquelle MapSource); rote Markierung mit WKA; blau ohne WKA-Betrieb	15
Abbildung 5: Schlitzpass an der WKA in Döbritschen.....	16
Abbildung 6: Raugerinne-Beckenpass an der Rest-WKA in Jägersdorf.....	16
Abbildung 7: 15 mm-Horizontalrechen an der Rest-WKA in Jägersdorf.....	19
Abbildung 8: Vor dem Rechen an der WKA Döbritschen oberflächennah schwimmende Forelle, mit dem Kopf gegen die Strömung ausgerichtet.....	20
Abbildung 9: Vorgaben bzgl. der lichten Rechenstababstände aus TLUG (2009)	21
Abbildung 10: Horizontalrechen an der Rest-WKA Unterpreilipp bei abgesenktem Wasserstand.....	22
Abbildung 11: an der WKA Döbritschen oberflächennah in der Nähe des Rechens angebundene Fischabstiegsmöglichkeit (roter Pfeil); bodennahe Abstiegsmöglichkeit im Bereich des Freischusses (grüner Blockpfeil) vgl. Abbildung 12.	23
Abbildung 12: Unterhalb des Freischusses an der WKA Döbritschen einmündende Abstiegsbypässe (Aufn. M. Schmalz)	24
Abbildung 13: Winkel α zwischen Rechen und Sohle geneigter Rechenanlagen; Winkel β zwischen Rechen und Anströmung bei diagonal zur Gewässerachse verlaufender Rechenanlagen.	34
Abbildung 14: Komponenten eines Wasserkraftstandortes (aus TLUG 2011)	70
Abbildung 15: Querbauwerk mit Ausleitungskraftwerk und mögliche Maßnahmen zur Herstellung der Durchgängigkeit (aus TLUG 2011); q_{Affb} ist die Auffindbarkeitsrate.....	72
Abbildung 16: Arbeitsannahme für die großräumige Auffindbarkeitsrate $q_{\text{Affb,gr}}$, falls keine oder eine unwirksame Einschwimmbarrriere am UW-Kanal vorhanden ist; $Q_{\text{Ausleitung}}$ = Ausbaudurchfluss der Ausleitungs-WKA ohne Rest-WKA-Betrieb, MQ = Mittelwasser. (verändert nach TLUG 2011)	73
Abbildung 17: Parameter-Bewertung der stromaufwärts gerichteten Durchgängigkeit eines Standortes mit Wanderwegen in der Ausleitungsstrecke und im Betriebskanal (Skizze verändert nach TLUG 2011)	78
Abbildung 18: Arbeitsannahme für die großräumige Auffindbarkeitsrate $q_{\text{Affb,gr}}$; Q_A = Ausbaudurchfluss WKA, MQ = Mittelwasser. (verändert nach TLUG 2011)	82
Abbildung 19: Beispiel für die Bewertung der Abwanderung von Fischen an einem Ausleitungskraftwerk (verändert nach TLUG 2011)	83
Abbildung 20: Für Wartungsarbeiten trockengelegte Francisturbine	89
Abbildung 21: Beispiel verschiedener Abwanderwege und Ermittlung der Schädigungen abwandernder Lachssmolts an einem Standort mit WKA (Überlebensrate Standort); bildliche Darstellung am Beispiel des WKA-Standortes Döbritschen mit Zahlen des Planzustandes 1 (Aufn. Luftbild F. Fleischer)	92
Abbildung 22: Kumulierte Erreichbarkeitsrate p auf- oder abwandernder Fische bei der Passage von n Standorten mit der lokalen Überlebensrate q (aus MUNLV 2005).....	94
Abbildung 23: Definition der Abschnitte zwischen zwei Querbauwerken; gelbe Sterne symbolisieren die GPS-Punkte, die im Feld genommen wurden (verändert nach TLUG (2011)	104

Abbildung 24: Strömungsverhältnisse an einem Vertikalrechen bei unterschiedlichem Anströmwinkel jeweils als Draufsicht auf einen Rechenstab; oben: Anströmwinkel $\delta = 0^\circ$; unten: Anströmwinkel $\delta = 45^\circ$ (BATREKHY et al. 1999)	155
Abbildung 25: Strömungsverhältnisse an einem Horizontalrechen als Querschnitt durch den Rechenstab (Beachte: hier Seitenansicht) (BATREKHY et al. 1999)	155

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stammdaten der Pegel im Untersuchungsgebiet http://hnz.tlug-jena.de/?id=45 (Abruf: 18.11.2012); * nicht im Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch enthalten	5
Tabelle 2: Hydrologische Daten der untersuchten Standorte	7
Tabelle 3: Bemessungswerte für RGBP und Schlitzpässe (zur Verfügung gestellt von der TLUG)	17
Tabelle 4: Denkmalschutzangaben der zuständigen Denkmalschutzbehörde bzgl. der Standorte	25
Tabelle 5: Kostenansätze für Fischaufstiegsanlagen nach TLUG (2011)	27
Tabelle 6: Maßnahmen für die Wiederherstellung der Durchgängigkeit flussaufwärts mit Begründung der Vorzugsvarianten; grau: kein Handlungsbedarf bzw. nicht bevorzugte Variante	29
Tabelle 7: Baukosten $K_{FAA,ges}$ der Maßnahmen für den Fischaufstieg, berechnet in Anlehnung an TLUG (2011)	31
Tabelle 8: Kostenansätze für Fischabstiegssysteme	32
Tabelle 9: Materialkosten des Rechenreinigers $K_{M,RR}$ (links) und der Rechenspülschütze $K_{M,RSS}$ (rechts) in Abhängigkeit vom Ausbaudurchfluss (Kapitel 4.7)	34
Tabelle 10: Maßnahmen für die Wiederherstellung der Durchgängigkeit flussabwärts mit Begründung der Vorzugsvarianten	36
Tabelle 11: Baukosten der Anlagen, an denen nur Teile des Schutz- und Abstiegssystems neu zu errichten sind; Kosten modular ermittelt; grau: nicht bevorzugte Variante	37
Tabelle 12: Baukosten $K_{FAB/FS,ges}$ für Fischabstiegs- und Fischschutzmaßnahmen	37
Tabelle 13: Gesamtkosten der ökologischen Maßnahmen $K_{öko}$	38
Tabelle 14: Energetisch relevante Basisdaten der untersuchten Wasserkraftanlagen (P_A entnommen aus den aktuelle gültigen Unterlagen bzw. Angaben der Betreiber)	41
Tabelle 15: Installierte Leistung P_N der untersuchten Wasserkraftanlagen nach Angaben 50Hertz zum Vergleich mit P_A in Tabelle 14	42
Tabelle 16: Mittelwerte der Energieeinspeisung (W_{Ist}) der Wasserkraftanlagen (Tabelle 63)	46
Tabelle 17: Behördlich geforderte Mindestabflüsse Q_{mind} an den Wasserkraftstandorten im Vergleich zu $0,33 \times MNQ$; grau: nicht relevante Werte (Flusskraftwerke)	47
Tabelle 18: Notwendige Maßnahmen zur Gewährleistung des Fischaufstiegs an den Wasserkraftstandorten	49
Tabelle 19: Dotation neu zu errichtender Fischaufstiegsanlagen Q_{FAA} ; grau: nicht bevorzugte Variante ..	51
Tabelle 20: Erforderliche Dotation der Fischabstiegsanlagen Q_{FAB}	53
Tabelle 21: Zusätzlich benötigte Abflussmenge $Q_{benötigt}$ an den Wasserkraftstandorten; grau: nicht bevorzugte Variante	54
Tabelle 22: Abflussmenge $Q_{nutzbar}$ an den Wasserkraftstandorten in Bezug auf MQ	56
Tabelle 23: Verlustabflüsse $Q_{Verlust}$ nach Umsetzung der ökologischen Maßnahme 1 (vgl. Kap. 4.7); $Q_{benötigt}$ aus Tabelle 21 und $Q_{nutzbar,real}$ aus Tabelle 22 entnommen	57
Tabelle 24: Jahresarbeitsverlust $W_{Verlust\ 1}$ bei Umsetzung der Maßnahme 1 (Verluste durch zusätzliche Wassermengen, vgl. Kap. 4.7)	58
Tabelle 25: Jahresarbeit $W_{Maßnahme\ 1}$ nach Umsetzung der Maßnahme 1 (vgl. Kap. 4.7)	60
Tabelle 26: Reduktion der Nutzfallhöhe h_v nach TLUG (2011)	62
Tabelle 27: Jahresarbeit $W_{Maßnahme\ 1+2}$ unter Berücksichtigung der Verluste durch Maßnahmen zu Fischauf- und -abstieg (Maßnahme 1) und der Rechenverluste (Maßnahme 2)	64
Tabelle 28: Jahresarbeit W_{Ziel} nach Umsetzung aller ökologischen Maßnahmen unter Berücksichtigung erhöhter Betriebs- und Unterhaltungskosten	65

Tabelle 29: Vergütungsätze nach EEG 2012 unter Berücksichtigung der jährlichen Degression	66
Tabelle 30: Jahresertrag $E_{Ziel,ges}$ nach Umsetzung aller ökologischen und technischen Maßnahmen im Vergleich mit den Jahreserträgen des Ist-Zustands $E_{Ist,ges}$	68
Tabelle 31: Einstufung von Auffindbarkeit, Passierbarkeit und Durchgängigkeit (verändert nach TLUG 2011)	71
Tabelle 32: Einstufung des Schädigungsgrades (aus TLUG 2011)	71
Tabelle 33: Bewertung der <i>Kleinräumigen Auffindbarkeit</i> eines Wanderwegs (Quelle: TLUG 2011)	75
Tabelle 34: Bewertung der flussaufwärts gerichteten Passierbarkeit eines Querbauwerks ohne gesonderte Fischaufstiegsanlage (Quelle TLUG 2011)	76
Tabelle 35: Bewertung der flussaufwärts gerichteten Passierbarkeit eines Querbauwerks mit Fischaufstiegsanlage (aus TLUG 2011)	77
Tabelle 36: Beispiel für die Gesamtbewertung der flussaufwärts gerichteten Durchgängigkeit des Standortes in Döbritschen im Istzustand (Schema verändert nach TLUG 2011)	79
Tabelle 37: Bewertung der <i>Kleinräumigen Auffindbarkeit</i> von Wanderwegen für die flussabwärts gerichtete Wanderung (Quelle: TLUG 2011)	85
Tabelle 38: Annahmen für die Systemableitrate an mechanischen Barrieren mit funktionsfähigem Abwanderweg (nach TLUG 2011)	87
Tabelle 39: Annahmen für die Systemableitrate an mechanischen Barrieren mit mäßig auffindbarem Abwanderweg	88
Tabelle 40: Annahmen für die Systemableitrate an mechanischen Barrieren mit erheblich beeinträchtigt auffindbarem Abwanderweg	88
Tabelle 41: Annahmen für Rechenpassageraten in Abhängigkeit von der lichten Stabweite.	88
Tabelle 42: Theoretische Überlebensraten von Aal und Lachs bei der Turbinenpassage in Abhängigkeit vom Ausbaudurchfluss mit jeweiliger Quellenangabe	90
Tabelle 43: Bewertung der Passierbarkeit von Querbauwerken für abwandernde Fische (verändert nach TLUG 2011); graue Passagen für untersuchten Saalebereich nicht zutreffend	91
Tabelle 44: Beispiel für die Gesamtbewertung der flussabwärts gerichteten Durchgängigkeit eines Standortes am Beispiel von Jägersdorf	93
Tabelle 45: Zusammenfassung der kumulierten Abstiegsraten von Lachs (Start und TS Eichicht) und der Gesamtüberlebensrate von Aal entsprechend der jeweiligen Zustände; grau: Zwischenschritte zur Ermittlung der eigentlichen Planzustände	99
Tabelle 46: Zusammenfassung der kumulierten Abstiegsraten von Lachs bzgl. drei verschiedener Planzustände beim Abstieg aus der Schwarza	101
Tabelle 47: Zusammenfassung der kumulierten Abstiegsraten von Lachs bzgl. drei verschiedener Planzustände beim Abstieg aus der Loquitz	102
Tabelle 48: Stau- und Ausleitungsstreckenlängen der mittleren Saale in Thüringen; Ist-Zustand	105
Tabelle 49: Anteil der durch Stau und Ausleitung beeinflussten Fließstrecke zwischen zwei Bauwerken der mittleren Saale in Thüringen; Ist-Zustand; rot: Vorgabe von max. 25% überschritten ...	106
Tabelle 50: Energetisch nutzbare Wassermenge $Q_{pot, 75\%MQ}$	114
Tabelle 51: Mögliche Jahresarbeit $W_{a,pot}$ und daraus resultierender Jahresertrag $E_{a,pot}$ bei Nutzung zusätzlicher Wasserkraft	116
Tabelle 52: Zusammensetzung der gesamten Investitionskosten K_{ges} bei einem Neubau von Wasserkraftanlagen	118
Tabelle 53: Einflussgrößen und Berechnung des Quotienten aus Investitionskosten und Jahresertrag zur Nutzung des zusätzlicher Wasserkraft	119
Tabelle 54: Einflussgrößen und Berechnung des Quotienten aus Investitionskosten und Jahresertrag an den Wehren von bestehenden Ausleitungskraftwerken	121

Tabelle 55: Standortbezogene Vorzugsvariante des FAA-Typs mit Dimensionierungsvorgaben	142
Tabelle 56: Jahresabrechnung der untersuchten Wasserkraftanlagen 2006	144
Tabelle 57: Jahresabrechnung der untersuchten Wasserkraftanlagen 2007	144
Tabelle 58: Jahresabrechnung der untersuchten Wasserkraftanlagen 2008	145
Tabelle 59: Jahresabrechnung der untersuchten Wasserkraftanlagen 2009	145
Tabelle 60: Jahresabrechnung der untersuchten Wasserkraftanlagen 2010	146
Tabelle 61: Jahresabrechnung der untersuchten Wasserkraftanlagen 2011	146
Tabelle 62: Jahresabrechnung der untersuchten Wasserkraftanlagen 2012	147
Tabelle 63: Durchschnittliche Jahresarbeit W_{Ist} und Volllaststunden t_{VL} an den untersuchten Wasserkraftanlagen	148
Tabelle 64: Kostenansätze der Fischaufstiegsanlagen auf Grundlage des baulichen Schwierigkeitsgrades an den untersuchten Standorten	149
Tabelle 65: Verbauungsgrad B in Abhängigkeit der Rechenstabformen/-abstände	154
Tabelle 66: Zusätzliche Rechenverlusthöhe h_v entsprechend theoretisch berechnetem Ansatz	156
Tabelle 67: kumulierte Aufstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Ist-Zustand	159
Tabelle 68: kumulierte Aufstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 1.....	163
Tabelle 69: kumulierte Aufstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 2.....	164
Tabelle 70: kumulierte Aufstiegsraten, mittlere Thür. Saale inkl. untere Loquitz, Plan-Zustand 1	165
Tabelle 71: kumulierte Aufstiegsraten, mittlere Thür. Saale inkl. untere Loquitz, Plan-Zustand 2	166
Tabelle 72: kumulierte Aufstiegsraten, mittlere Thür. Saale inkl. untere Schwarza, Plan-Zust. 1	167
Tabelle 73: kumulierte Aufstiegsraten, mittlere Thür. Saale inkl. untere Schwarza, Plan-Zust. 2	168
Tabelle 74: kumulierte Abstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Ist-Zustand	171
Tabelle 75: kumulierte Abstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 1	179
Tabelle 76: kumulierte Abstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 2.....	184
Tabelle 77: kumulierte Abstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 3a.....	191
Tabelle 78: kumulierte Abstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 3b.....	196
Tabelle 79: kumulierte Abstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 1; Abstieg aus Schwarza	203
Tabelle 80: kumulierte Abstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 3a; Abstieg aus Schwarza	207
Tabelle 81: kumulierte Abstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 3b; Abstieg aus Schwarza	211
Tabelle 82: kumulierte Abstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 1; Abstieg aus Loquitz	215
Tabelle 83: kumulierte Abstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 3a; Abstieg aus Loquitz	220
Tabelle 84: kumulierte Abstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 3b; Abstieg aus Loquitz	225
Tabelle 85: Überlebensrate Aal, mittlere Thür. Saale, Ist-Zustand	233
Tabelle 86: Überlebensrate Aal, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 1.....	237
Tabelle 87: Überlebensrate Aal, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 2.....	238
Tabelle 88: Überlebensrate Aal, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 3a.....	241
Tabelle 89: Überlebensrate Aal, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 3b.....	242

Formelverzeichnis

Formel 1	$AE_{Standort} = AE_{OW} + AE_{UW} - A_{OW} \cdot l_{OW} - l_{Standort} l_{OW} - l_{UW}$	6
Formel 2	$Standort = Q_{OW} Pegel + Q_{UW} Pegel - Q_{OW} Pegel \cdot AE_{Standort} - AE_{OW} Pegel AE_{UW} Pegel - AE_{OW} Pegel$	6
Formel 3	$K_{FAA} = k_{FAA} \cdot h_{FAA} \cdot Q_{FAA}$	27
Formel 4	$K_{FAB}/FS = k_{FAB}/FS \cdot Q_A$	32
Formel 5	$K, R = AR \cdot 1000 \text{ €m}^2$	33
Formel 6	$A_R = 2 \text{ s/m} \cdot Q_A \sin \alpha \cdot \sin \beta$	33
Formel 7	$K_{Moges} = 1,5 \cdot K_{Mges}$	35
Formel 8	$K_{FAB}/FS = K_{Mges} + K_{Moges} = 2,5 \cdot K_{Mges}$	35
Formel 9	$f = Q_A, gesamt MQ$	40
Formel 10	$tL = W_{Ist} PN$	43
Formel 11	$E_{Ist} = W_{Ist} \cdot V_{SIst}$	44
Formel 12	$V_{SIst} = E_{2012} W_{2012}$	44
Formel 13	$PB = W_{Ist} 8760 \text{ h}$	45
Formel 14	$V_{SIst} = 500 \text{ kWPB} \cdot 0,1167 \text{ €kWh} + PB - 500 \text{ kWPB} \cdot 0,0865 \text{ €kWh}$	45
Formel 15	$E_{Ist} = 4.380.000 \text{ kWh} \cdot 0,1167 \text{ €kWh} + W_{Ist} - 4.380.000 \text{ kWh} \cdot 0,0865 \text{ €kWh}$	46
Formel 16	$W_{Verlust 1} = 7 \text{ kNm}^3 \cdot Q_{Verlust} \cdot hf \cdot t_{VL}$	58
Formel 17	$\eta \cdot g \cdot \rho = 0,7136 \cdot 9,81 \text{ ms}^2 \cdot 1000 \text{ kgm}^3 \approx 7000,4 \text{ Nm}^3 \approx 7 \text{ kNm}^3$	58
Formel 18	$W_{Maßnahme 1} = W_{Ist} - W_{Verlust 1}$	59
Formel 19	$W_{Verlust 2} = W_{Maßnahme 1} \cdot hv_1/2hf$	63
Formel 20	$W_{Maßnahme 1 + 2} = W_{Maßnahme 1} - W_{Verlust 2}$	63
Formel 21	$W_{Ziel} = 0,98 \cdot W_{Maßnahme 1 + 2}$	65
Formel 22	$E_{Ziel} = VS \cdot W_{Ziel}$	66
Formel 23	$Differenz \text{ Jahresertrag} = E_{Ziel, ges} - E_{Ist}$	67
Formel 24	$v_A = Q_A/A_s$	87
Formel 25	$Q_{pot, 75\%MQ} = 0,75 \cdot MQ - Q_A, ges$	113
Formel 26	$Q_{pot} = Q_{pot, 75\%MQ} - (0,04 \cdot Q_{pot, 75\%MQ})$	115
Formel 27	$P_{pot} = 8 \text{ kNm}^3 \cdot Q_{pot} \cdot hf$	115
Formel 28	$W_{a, pot} = P_{pot} \cdot t_{VL}$	115
Formel 29	$E_{a, pot} = W_{a, pot} \cdot VS$	116
Formel 30	$K = C \cdot P_{pot} hf_{0,3y}$	117
Formel 31	Baukosten: $KB = 17.500 \text{ €} \cdot P_{pot} hf_{0,30,71}$	117
Formel 32	Maschinentechnische Ausrüstung: $KM = 10.000 \text{ €} \cdot P_{pot} hf_{0,30,85}$	117
Formel 33	Elektrotechnische Ausrüstung: $KE = 500 \text{ €} \cdot P_{pot} hf_{0,30,98}$	117
Formel 34	Stahlwasserbau: $K_{St} = 1.000 \text{ €} \cdot P_{pot} hf_{0,30,84}$	117
Formel 35	$K_{ges} = 1,15 \cdot KB + KM + KE + K_{St}$	118
Formel 36	$fI/E = K_{ges} E_{a, pot}$	118
Formel 37	$Q_{pot} = MQ - Q_A, ges - Q_{öko} = MQ - Q_A, ges - 0,04 \cdot Q_{AA} + 0,41 \text{ m}^3\text{s}$	120

Formel 38	$h = \zeta \cdot v^2 / 2g = \beta \cdot B^2 - B^2 / 1,5 \cdot 1 - \delta 90^\circ \cdot B - 1,4 \cdot \tan \delta \cdot kV \cdot \sin \alpha \cdot v^2 / 2g$	153
Formel 39	$kV = 1 + 5,2 \cdot B - 1,5 \cdot V_1 - V_2$	153
Formel 40	$B = AVS + AVAAR$	153

Abkürzungsverzeichnis und Formelzeichen die nicht bei den jeweiligen Formeln erklärt werden (Zum Teil in Anlehnung an TLUG (2011))

Abkürzung/ Formelzeichen	Bedeutung
A_E	Einzugsgebietsgröße [km ²]
$A_{E_{OWPegel}}$	Einzugsgebietsgröße am oberwasserseitigen Pegel [km ²]
A_{EPegel}	Einzugsgebietsgröße des Pegels [km ²]
$A_{EUWPegel}$	Einzugsgebietsgröße am unterwasserseitigen Pegel [km ²]
$A_{E_{Standort}}$	Einzugsgebietsgröße des Standorts [km ²]
A_R	Notwendige Rechenfläche
A_s	senkrecht zur Fließrichtung projizierte Anströmfläche des Rechens
A_{VS}	verbaute Fläche durch die Rechenstäbe
B	Verbauungsgrad des Rechens
C	Kostenkonstante
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
E_A	Jahresarbeit [kWh]
$E_{A,pot}$	möglicher Jahresertrag
EG-WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
EEG 2000	Erneuerbare Energien Gesetz
EEG 2004	Die novellierte Fassung des EEG vom 21. Juli 2004.
EEG 2009	Die novellierte Fassung des EEG von 2008.
E_{Ist}	Jahresertrag im Ist-Zustand
$E_{Ist,ges}$	Jahresertrag im Ist-Zustand am gesamten Standort
E_{Ziel}	Jahresertrag nach allen ökologischen Maßnahmen
$E_{Ziel,ges}$	Jahresertrag nach allen ökologischen und technischen Maßnahmen am gesamten Standort
FAA	Fischaufstiegsanlage
FFH	Fauna-Flora-Habitat
$f_{I/E}$	Faktor Investition zum Ertrag
h_a / h_f	Ausbaufallhöhe [m]
h_f	nutzbare Fallhöhe an jeweiliger Wasserkraftanlage
H_{FAA}	Fallhöhe FAA [m]
h_v	Verlusthöhe des Rechens

Abkürzung/ Formelzeichen	Bedeutung
$h_{v1/2}$	Fallhöhenverlust durch erneuerte Rechenanlagen
K	Kosten, hier Investitionskosten [Euro]
K_B	Baukosten
K_E	Kosten Elektrotechnik
K_{FAA}	Investitionskosten für Fischaufstiegsanlage
$K_{FAA,ges}$	Gesamtkosten des Fischaufstiegs
K_{FAB}	Investitionskosten für Fischabstiegsanlage
K_{ges}	Gesamtkosten
K_M	Kosten Maschinentechnik
K_{Mges}	Maschinentechnik gesamt
K_{Moges}	Montagekosten gesamt
$K_{M,R}$	Materialkosten Rechen
$K_{öko}$	Kosten für ökologische Maßnahmen
K_{St}	Kosten für Stahlwasserbau
k_v	Verlegungsfaktor des Rechens
LUWG	Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht, Rheinland-Pfalz
MNQ	mittlerer niedrigster Abfluss [m^3/s]
MQ	Mittlerer jährlicher Abfluss [m^3/s]
OW	Oberwasser eines Standortes
ρ	Erreichbarkeitsrate
P_A / P	Ausbauleistung [kW]
P_B	Bemessungsleistung der jeweiligen Wasserkraftanlage
P_N	installierte Leistung der Wasserkraftanlagen
P_{pot}	technisch nutzbare Leistung
q	Überlebensrate
$q_{Affb,gr}$	Großräumige Auffindbarkeitsrate eines Wanderwegs (Querbauwerk, Wasserkraftanlage oder sonstiger Gewässerarm)
$q_{Affb,kl}$	Kleinräumige Auffindbarkeitsrate eines Wanderwegs
q_{Ab}	Abstiegsrate eines Wanderwegs bzw. eines Querbauwerkstandorts
q_{Auf}	Aufwanderrate eines Wanderwegs bzw. eines Querbauwerkstandorts

Abkürzung/ Formelzeichen	Bedeutung
q_{Pass}	Passierbarkeitsrate
Q	Abfluss
QBW	Querbauwerk
Q_{30}	Abfluss, der im Jahr an 30 Tagen unterschritten wird [m^3/s]
Q_{330}	Abfluss, der im Jahr an 330 Tagen unterschritten wird [m^3/s]
$Q_{A,\text{ges}}$	Ausbaudurchfluss am gesamten Wasserkraftstandort
$Q_{\text{Ausleitung}}$	Ausbaudurchfluss der Ausleitungs-WKA
$Q_{\text{benötigt}}$	Für ökologische Maßnahmen zusätzlich benötigter Abfluss
Q_{FAA}	Betriebsabfluss einer Fischaufstiegsanlage [m^3/s] bzw. [l/s]
$Q_{\text{FAA,Dim}}$	Minstdotation einer Fischaufstiegsanlage nach Bemessungsdimensionierung
$Q_{\text{FAA,mind}}$	Mindestabfluss einer Fischaufstiegsanlage
Q_{FAB}	Betriebsabfluss einer Fischabstiegsanlage bzw. eines Bypasses [m^3/s] bzw. [l/s]
$Q_{\text{FAB,Dim}}$	Minstdotation einer Fischabstiegsanlage
Q_{konkurr}	Abfluss konkurrierender Hauptströmungen über das Wehr bzw. durch die WKA
Q_{mind}	Mindestwasserabgabe über das Mutterbett
Q_{nutzbar}	Im Ist-Zustand weder energetisch noch für andere Zwecke verwendete Abflussmenge, steht also für zusätzliche notwendige ökologische Abflüsse noch zur Verfügung.
$Q_{\text{öko}}$	Abfluss für ökologische Maßnahmen
Q_{OWPegel}	jeweiliger Abfluss am oberwasserseitigen Pegel [m^3/s]
Q_{Pegel}	jeweiliger Abfluss am Pegel [m^3/s]
Q_{pot}	potentiell nutzbare Wassermenge für die Energieerzeugung
Q_{UWPegel}	jeweiliger Abfluss am unterwasserseitigen Pegel [m^3/s]
Q_{Verlust}	Verlustabfluss aufgrund der ökologischen Maßnahmen
$Q_{\text{verrechenbar}}$	jeweilige verrechenbare, nicht zusätzlich für ökologische Maßnahmen benötigte Wassermenge
Q_{Wehr}	jeweiliger Abfluss am Standort [m^3/s]
$Q_A / Q_{\text{Entnahme}}$	Ausbaudurchfluss einer WKA bzw. Entnahmewassermenge an einer Ausleitung [m^3/s]
RGBP	Raugerinnebeckenpass
s_{Ab}	Abstiegsrate eines Wanderwegs bzw. eines Querbauwerkstandorts

Abkürzung/ Formelzeichen	Bedeutung
$S_{\bar{u}}$	Überlebensrate bei der Passage eines Querbauwerks oder einer Wasserkraftanlage durch die Turbine oder Schutzrate bzw. Abweisrate einer mechanischen Barriere vor der Turbine (Rechen) in Anhängigkeit der zu schützenden Zielart
TLUG	Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie Jena
t_{VL}	durchschnittliche Volllaststunden der jeweiligen Wasserkraftanlage
UW	Unterwasser eines Standortes
v_A	Anströmgeschwindigkeit vor einer mechanischen Barriere (Rechen) [m/s]
V_{Ist}	Vergütungssatz im Ist-Zustand
VS	Vergütungssatz
VS_{Ist}	aktueller Vergütungssatz
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
W_{2012}	Jahresarbeit 2012
$W_{A,pot}$	mögliche Jahresarbeit
W_{Ist}	durchschnittliche Jahresarbeit im Ist-Zustand
WKA	Wasserkraftanlage (n)
$W_{Maßnahme\ 1}$	Jahresarbeit nach Maßnahme 1
$W_{Maßnahme\ 1+2}$	Jahresarbeit nach Maßnahme 2 und 1
$W_{Verlust\ 1}$	Verlust von Jahresarbeit nach Maßnahme 1
$W_{Verlust\ 2}$	Verlust von Jahresarbeit nach Maßnahme 2
W_{Ziel}	Jahresarbeit nach allen ökologischen Maßnahmen
y	Konstante

Glossar (Zum Teil in Anlehnung an TLUG (2011))

Abiotische Faktoren: chemische und physikalische Faktoren, die auf die Organismen einwirken

Adult: erwachsen bzw. geschlechtsreif

Anadrom: Fischarten, die zum Abbläichen vom Meer in die Flüsse wandern, werden als anadrom bezeichnet.

Areal: Fließgewässerstrecke, die aufgrund verschiedener Parameter (Gefälle, Temperaturregime, Abfluss, Substrat, Nahrungsangebot), gegebenenfalls unter Reduktion anthropogener Einflüsse, als potenzieller Lebensraum für eine Art geeignet ist.

Aufwuchshabitat Lebensraum bzw. Gewässerabschnitt, der zur Aufwachsen juveniler Tiere geeignet ist bzw. genutzt werden kann.

Ausbaufallhöhe [m]: am Kraftwerk anstehende Fallhöhe zwischen Ober- und Unterwasser bei Ausbaudurchfluss

Ausbaugrad: Verhältnis des Ausbaudurchflusses Q_A einer Wasserkraftanlage zum mittleren Abfluss MQ des Gewässers.

Ausbauleistung [kW], [MW]: Leistung einer Wasserkraftanlage bei Ausbaudurchfluss und Ausbaufallhöhe → maximale dauerhaft erzeugbare elektrische Leistung bei optimalen hydraulischen Bedingungen.

Ausbauwassermenge (Ausbaudurchfluss) [m³/s]: Wassermenge in Kubikmeter, die ein Kraftwerk maximal dauerhaft pro Sekunde durch seine Turbinen zur Stromerzeugung leiten kann.

Ausleitungskraftwerk: Kraftwerk, welches über einen Mühlgraben Wasser zur Energieerzeugung aus dem Gewässer ausleitet

Ausleitungsstrecke: auch Mutterbett; ehemaliges Gewässerbett an Ausleitungskraftwerken, welchem aufgrund der Energiegewinnung Wasser über einen Mühlgraben ausgeleitet wurde

Biotop: Lebensraum einer Lebensgemeinschaft mit seinen abiotischen und biotischen Lebensbedingungen.

Biozönose: Lebensgemeinschaft verschiedener Arten in einem Biotop.

Blankaal: Aale die abwandern, um die Laichgebiete zu erreichen. Ihren Namen erhalten sie da sich bei der Umwandlung zum Blankaal unter anderem der Bauch silbrig färbt.

Bypass: Offene oder geschlossene Leitung bzw. Kanal oder Gewässer zur Erzeugung einer zusätzlichen Leitströmung und/oder als Fischabstiegsanlage geeignetes System, um Bauwerke ober Wasserkraftanlagen flussabwärts zu umgehen.

Diadrom: Fischarten, die zwischen Meer- und Süßwasserhabitaten wechseln, werden als diadrom bezeichnet.

Dotation: Abflussmenge in der Fischwanderhilfe

Effektivitätsrate: Oberbegriff für Erreichbarkeits-, Arealnutzungs- und Gesamtüberlebensrate

Energiedissipation: (lat. Zerstreuung) Überführung der potentiellen und kinetischen Energie des Wassers in Wärme, als Maß der Turbulenzverhältnisse in Becken von Fischwanderhilfen

Erreichbarkeitsrate: Anteil einer migrationswilligen Teilpopulation, welcher das Zielareal ohne große Zeitverzögerung und ungeschädigt erreicht, im Verhältnis zur anfänglich gestarteten migrationswilligen Teilpopulation.

Fallhöhe [m]: Wasserspiegeldifferenz zwischen Oberwasserspiegel vor dem Rechen und Unterwasserspiegel hinter dem Saugschlauch einer Wasserkraftanlage.

Fließgewässerzonierung: Einteilung der Fließgewässer in verschiedene Gewässerregionen bzw. -zonen aufgrund unterschiedlicher Gefälle bzw. Talstruktur. Die verschiedenen Regionen werden von typischen variierenden Fischartengemeinschaften besiedelt bzw., die durch Leitfischarten charakterisiert werden. Die Begleitarten wie auch die Leitfischarten variieren in Anzahl und Dominanzverhältnis. Folgende Regionen werden unterschieden:

Krenal	Quell- oder Salamanderregion (nicht von Fischen besiedelt)
Epi-Rhithral	Obere Forellenregion
Meta-Rhithral	Untere Forellenregion
Hypo-Rhithral	Äschenregion
Epi-Potamal	Barbenregion
Meta-Potamal	Brachsenregion
Hypo-Potamal	Kaulbarsch-Flunderregion

Flusskraftwerk: Wasserkraftwerk, das kein Wasser zur energetischen Nutzung ausleitet und somit mit seinen wesentlichen Anlageteilen Fließgewässer liegt.

Freifluter: siehe Freischuss

Freischuss bzw. Freischusskanal: Kanal im unmittelbaren Bereich vor der WKA, über welchen der Stauraum mittels Öffnen des Schützes abgelassen werden kann – wird auch im Hochwasserfall zur zusätzlichen Entlastung geöffnet.

Gesamtüberlebensrate: Anteil der Fischmenge, welche nach der flussabwärts gerichteten Wanderung in einem definierten Folgegewässer oder im Meer lebend ankommt, in Bezug auf 100 % der Fischmenge die in einem Einzugsgebiet oder Gewässer gestartet war. Notwendig ist die Angabe des Ursprungsgebietes der Fische wie bspw. mittlere Saale in Thüringen unterhalb der Talsperren und des Ziel- bzw. Folgegewässers wie Saale in Sachsen-Anhalt oder Nordsee. $\text{Gesamtüberlebensrate} = 100 \% - \text{Gesamtsterblichkeitsrate}$

Guter ökologischer Zustand: gemäß der Einstufung nach Anhang V der EG – WRRL guter ökologischer Zustand eines Oberflächenwasserkörpers.

Habitat: Standort, an dem eine Art regelmäßig vorkommt

Installierte Leistung [kW], [MW]: Leistung an den Generatorklemmen

Jahresdauerkurve oder – Jahresdauerlinie: Häufigkeitsverteilung von Abflüssen, geordnetes Abflussregime

Juvenil: nicht geschlechtsreif

Katadrom: Fische, die zum Ablaichen von den Flüssen ins Meer wandern, werden als katadrom bezeichnet.

Kumulierte Abstiegsrate: Abstiegsrate über mehrere Wanderhindernisse bzw. Fischwanderhilfen hinweg

Laichhabitat: Lebensraum bzw. Gewässerabschnitt, der zur Eiablage aufgesucht wird

Leistung [kW], [MW]: Definition: (elektrische) Leistung = (elektrische) Arbeit pro Zeiteinheit. Unter Leistung einer WKA ist die elektrische Wirkleistung zu verstehen. Die Leistungsangabe bezieht sich auf die gemessenen Werte an den Klemmen des Generators. Dort misst man bei Turbinenbetrieb die Brutto-Leistung. Die Netto-Leistung ergibt sich nach Abzug der Eigenbedarfsleistung des Kraftwerks und der Verlustleistung des Maschinentransformators.

Leitart: Art, die typischerweise (bei ungestörten Lebensraumbedingungen) mit entsprechend hohem Dominanzverhältnis eine bestimmte Fließgewässerregion besiedelt.

Makrozoobenthos: mit bloßem Auge erkennbare wirbellose Organismen, die den Gewässerboden besiedeln

Mindestabfluss $Q_{\min}$ [m^3/s]: auch Restwassermenge; Wassermenge, die über das Wehr abgegeben wird und nicht zur Energieerzeugung genutzt werden kann

Mortalität: Quantitative Schädigung bzw. Verletzung von Fischen mit tödlichem Ausgang während der Abwanderung, die zum Reproduktionsausfall der betroffenen Individuen führt. In diesem Fall wird die Mortalität während anderer Phasen des Entwicklungszykluses nicht betrachtet.

Mühlgraben: über den Mühlgraben wird Wasser zur WKA zur Energiegewinnung ausgeleitet

Mutterbett: natürlicher Flusslauf an Ausleitungskraftwerken zwischen Wehr und somit dem Abzweig und der Einmündung des Mühlgraben; dem Mutterbett wird ein großer Teil des Wassers entzogen und der Wasserkraftnutzung zur Verfügung gestellt

Nenndurchfluss Q_n : Durchfluss bei Nennleistung

Nennleistung P_n [kW, MW]: Die Nennleistung einer Erzeugungs-, Übertragungs- und Verbrauchsanlage ist die maximal mögliche Dauerleistung, die gemäß den Liefervereinbarungen ausgewiesen wurde. Bei Wasserkraftanlagen wird der Begriff der Nennleistung in der Regel nur für einzelne Maschinen und Maschinensätze verwendet.

Nettofallhöhe [m]: Bruttofallhöhe h_f minus Verlusthöhe h_r

Netzeinspeisung [MWh/a], [GWh/a]: Energiemenge, die effektiv an das Netz (Strom, Fernwärme) innerhalb eines Jahres abgegeben wird.

Nutzfallhöhe: Fallhöhe, die zur Stromerzeugung am Standort genutzt wird.

Oberwasser: Teil des Gewässers, der sich oberhalb eines Querbauwerkes (z. B. Wehr) befindet

Population: Fortpflanzungsgemeinschaft einer Art.

Potamodrom: Fische, die Wanderungen zwischen verschiedenen Süßwasserhabitaten durchführen, werden als potamodrom bezeichnet.

potenziell natürliche Fischfauna: Fischarteninventar, ursprünglich in einem Gewässer heimisch war und welches gegebenenfalls nach Reduktion anthropogener Einflüsse wieder das Gewässer besiedeln kann. Synonym zum Begriff der EG-WRRL "typspezifische Artengemeinschaft eines Gewässers".

Reproduktion: Fortpflanzung

Restwassermenge: auch Mindestwassermenge; Wassermenge, die über das Wehr abgegeben wird und nicht zur Energieerzeugung genutzt werden kann

Schütz: Konstruktionselement zum Absperren und Aufstauen von Wasser in Wehranlagen, Talsperren und Wasserkraftanlagen, bestehend aus Stautafeln, die in seitlichen Führungsnuten gelagert sind

Smolts: Ins Meer abwandernde Junglachse mit typisch silbriger Färbung.

Standort: Gesamter von einem Querbauwerk, einer Wasserkraft- oder sonstigen Wassernutzungsanlage beeinflusste Gewässerbereich. Er reicht von der Stauwurzel bis zur Einmündung eines gegebenenfalls vorhandenen Unterwasserkanals.

Stauwurzel: Bereich, in welchem die Auswirkungen des Aufstaus (insbesondere reduzierte Strömung) durch ein Wehr flussaufwärts enden.

Technisches Potenzial [kWh], [MWh], [GWh]: Nutzbares Potenzial an einem Standort unter Berücksichtigung der technischen Wirkungsgrade der Maschinen, die das theoretisch vorhandene kinetische Wasserkraftpotenzial in nutzbare Energie z.B. elektrische Energie umwandeln.

Technisch-Wirtschaftliches Potenzial[kWh], [MWh], [GWh]: Wasserkraftpotenzial, welches unter den gegebenen technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sinnvoll erschlossen werden kann.

Turbinenkanal: Kanal, der das Wasser von den Turbinen kommend flussabwärts abführt

Überlebensrate: Prozentsatz nicht letal geschädigten Exemplare einer betrachteten Gesamtheit abwandernder Fische an einem Standort oder einem Gewässerabschnitt. Sie errechnet sich nach der Formel:

$$\text{Überlebensrate} = 100 \% - \text{Mortalitätsrate}$$

Unterwasser: Teil des Gewässers, der sich unterhalb eines Querbauwerkes (z. B. Wehr) befindet

Verklausung: Durch im Wasser angeschwemmte Gegenstände verschlossene Öffnung bzw. verschlossener Durchlass

Verlusthöhe h_r [m]: Verlust an Fallhöhe (Druckverlust) - in den vorliegenden Fällen durch Rechenanlagen

Volllaststunden [h/a]: Jahresenergieerzeugung (kWh/a) geteilt durch die Ausbauleistung (kW).

Wanderweg: Für den Auf- und Abstieg an einem Standort gibt es verschiedene Wanderpfade oder Wanderwege zur Auswahl. Mögliche Wanderpfade sind z.B. der Weg über das Wehr die Fischaufstiegsanlage oder über die WKA.

Zielarten: Zur Erreichung des guten ökologischen Zustands müssen vor allem diejenigen Arten geschützt werden, deren gewässertypischen Populationen durch Schäden bei der Turbinenpassage bzw. durch die Unterbrechung der flussabwärts gerichteten Wanderung, gefährdet sind (MUNLV 2005). So sind bspw. die Zielarten Lachs und Aal essentiell vom Wechsel zwischen Meer und Fließgewässer abhängig.

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung wurde aus dem Ausschreibungstext entnommen: „Im Zuge der Umsetzung der EG-WRRL wurden in Thüringen Oberflächenwasserkörper ausgewiesen, in denen der Schwerpunkt bei der Herstellung der Durchgängigkeit liegt (Schwerpunktgewässer Durchgängigkeit). Für die Einzelbauwerke wurden bereits Mindeststandards zur Herstellung der Durchgängigkeit erarbeitet. Neben der Betrachtung der Einzelbauwerke ist eine Gesamtbetrachtung der jeweiligen Gewässer erforderlich, um eine Einschätzung für die zu schaffenden Voraussetzungen zur Zielerreichung der WRRL vornehmen zu können. Für die einzelnen Standorte können sich daraus auch höhere Anforderungen ergeben. Bei den Betrachtungen sind die Anforderungen der autochthonen Fischfauna und insbesondere der Wanderfischarten zu berücksichtigen.

Die Mittlere Saale ist von der Mündung der Loquitz bis zur Landesgrenze nach Sachsen-Anhalt als Schwerpunktgewässer Struktur ausgewiesen. Aufgrund der oberhalb anschließenden Saalekaskade ist das Durchgängigkeitskonzept für die Saale auf den Bereich bis zur Loquitzmündung beschränkt.

An der Saale befinden sich im benannten Abschnitt in Thüringen insgesamt 19 Querbauwerke, davon 11 Wasserkraftanlagen.

An den Wasserkraftstandorten sind Fischaufstiegsanlagen vorhanden bzw. in Planung. Von den 6 landeseigenen Bauwerken wurden 3 Wehre bereits zu Sohlengleiten umgebaut, eine Anlage wurde zurückgebaut.

Ziel der Studie ist die Erarbeitung eines Konzeptes für die technische Lösung der Herstellung der Durchgängigkeit der Saale. Dabei sind die Maßnahmen zu ermitteln, die erforderlich sind, um die Voraussetzungen für die Erreichung des guten ökologischen Zustandes zu schaffen. Es ist zu unterscheiden zwischen der flussauf- und flussabwärts gerichteten Passierbarkeit der Standorte bzw. dem Schutz der abwandernden Fische an Wasserkraftanlagen. Es sind sowohl der Rückbau von Querbauwerken, der Teilrückbau mit Stauspiegelabsenkung als auch deren Umbau bzw. die Errichtung von Fischaufstiegs-, Fischabstiegs- und Fischschutzanlagen zu betrachten.

Die flussaufwärts gerichtete Passierbarkeit ist für die gesamte potenziell natürliche Fischfauna anzustreben. Bei der flussabwärts gerichteten Passierbarkeit sind die diadromen Arten gemäß der potenziell natürlichen Fischfauna besonders zu berücksichtigen.

Wegen der kumulativen Wirkung der Beeinträchtigungen der Durchgängigkeit an jedem der Standorte kommt der jeweiligen Effektivität für Auf- und Abstieg eine entscheidende Bedeutung zu. Diese ist daher an den Einzelstandorten in der Saale und über die gesamten zu berücksichtigenden Gewässerstrecken zu untersuchen. Für die diadromen Fischarten sind dabei mögliche Laichareale in der unteren Schwarza, der unteren Loquitz und ggf. in

der Königseer Rinne einzubeziehen. Für diese Gewässerabschnitte sind für die betroffenen Bauwerke die jeweiligen Effektivitätsraten für Auf- und Abstieg für den optimal erreichbaren Zustand abzuschätzen.

Für die Saale sind die Beeinträchtigungen durch Stau- und Ausleitungsstrecken zu bewerten und erforderliche Maßnahmen im Gesamtkonzept zu berücksichtigen (z. B. Notwendigkeit des Rückbaus von Querbauwerken).

Im Zuge der Gesamtbewertung ist zu ermitteln, in welchem Umfang die erarbeiteten Lösungen erforderlich sind, um die Voraussetzungen zur Zielerreichung der Wasserrahmenrichtlinie schaffen zu können.

Es sind die Standorte auszuweisen, für die ein Rückbau erforderlich ist. Für die anderen Bauwerke ist eine Prüfung entsprechend § 35 Abs. 3 WHG durchzuführen. Es ist zu prüfen, „ob an Staustufen und sonstigen Querverbauungen, die am 1.3.2010 bestehen und deren Rückbau zur Erreichung der Bewirtschaftungsziele nach Maßgabe der §§ 27 bis 31 auch langfristig nicht vorgesehen ist, eine Wasserkraftnutzung nach den Standortgegebenheiten möglich ist“. Diese Betrachtung ist mit den Zielen des zu erstellenden Konzeptes abzustimmen.“

Methodisch war diese Arbeit angelehnt an die Studie: „Modellhafte Erarbeitung einer Gesamtbewertung für die Herstellung der Durchgängigkeit der für Thüringen ausgewiesenen „Schwerpunktgewässer Durchgängigkeit“ am Beispiel der Ilm“, erarbeitet im Auftrag der TLUG durch das Ingenieurbüro Floecksmühle (TLUG 2011) auszuführen.

Für die Dimensionierung und die technischen Details insbesondere bzgl. der Fischwanderhilfen und Fischschutzeinrichtungen existieren „Fachliche Anforderungen zur Herstellung der Durchgängigkeit in Thüringer Fließgewässern“ erarbeitet durch das Ingenieurbüro Floecksmühle im Auftrag der TLUG (TLUG 2009).

Darüber hinaus wurden vom Auftraggeber die Gewässerrahmenpläne für die mittlere Saale, die Rinne, die untere Loquitz und untere Schwarza zur Verfügung gestellt.

Falls erforderlich, war vergleichend zu TLUG (2011) aufgrund der Gewässergröße der Saale die Vorgehensweise entsprechend anzupassen. Insbesondere betraf dies die Berechnung der wirtschaftlichen Einflüsse ökologischer Maßnahmen, die Grobschätzung der Baukosten sowie das energetische Ausbaupotential.

Die Baukosten waren zu ermitteln, um Anhaltspunkte bzgl. der wirtschaftlichen Folgen für die Wasserkraftanlagenbetreiber abschätzen zu können. Auch landeseigene Anlagen sind von Maßnahmen betroffen. Seitens des Auftraggebers werden Kostenschätzungen für die notwendigen Maßnahmen an den landeseigenen Standorten benötigt.

Um detaillierter und über die dargestellte Aufgabenstellung hinausgehend auf die Aspekte vergleichend eingehen zu können, wurde im Rahmen des Projektes eine Bachelorarbeit betreut, mit dem Thema *„Ermittlung energetischer und wirtschaftlicher Auswirkungen bei Realisierung notwendiger Maßnahmen zur Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie an Wasserkraftstandorten der Mittleren Saale in Thüringen“*. Diese Arbeit wurde von Johannes Schelhorn zur Erlangung des Grades *Bachelor of Engineering*, am 24.01.2013 an der FH Nordhausen im Rahmen des Studienganges Regenerative Energietechnik vorgelegt und am 30.01.2013 verteidigt. Da diese Arbeit hochwertig und gewissenhaft ausgeführt wurde, konnten Ausführungen aus SCHELHORN (2013) insbesondere in den Kapiteln 2, 4.5, 4.7, 4.7.3.1 sowie 6.2 vorliegenden Studie übernommen werden. Mit diesem Zitierhinweis werden an den jeweiligen Kapiteln keine zusätzlichen Zitathinweise eingearbeitet. Dies betrifft auch die Tabellen in den Anhängen, die in den entsprechenden Kapiteln erwähnt werden.

2 Hydrologische Grundlagen der Saale

Im Untersuchungsgebiet existieren fünf Pegel, welche wesentliche hydrologische Grundlagen liefern. Diese sind notwendig, da sowohl Wasserkraftanlagen (WKA) als auch Fischaufstiegsanlagen vom Wasserdargebot der Saale abhängig sind. Daten zu den Pegeln sind im Internet erhältlich. Die hydrologischen Daten dieser Pegelmessstellen werden im Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch (Elbegebiet, Teil 1) veröffentlicht. Die Daten in Tabelle 1 sind aus dem Jahrbuch 2010 entnommen.

Tabelle 1: Stammdaten der Pegel im Untersuchungsgebiet <http://hnz.tlug-jena.de/?id=45> (Abruf: 18.11.2012); * nicht im Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch enthalten

Kurzbezeichnung	Standort	Flusskilometer l [km]	Einzugsgebiet AE [km ²]	MQ [m ³ /s]	MNQ [m ³ /s]	Q ₃₀ [m ³ /s]	Q ₃₃₀ [m ³ /s]
P1	Pegel Camburg-Stöben	187	3977	31,3	10,8	12	62,3
P2	Pegel Rothenstein	224	3357	30,2	10,1	*	*
P3	Pegel Rudolstadt	258	2678	25,9	7,48	8,81	53,8
P4	Pegel Saalfeld-Remschütz	267	2120	20,9	5,14	6,9	42,3
P5	Pegel Kaulsdorf	281	1665	16,5	3,34	5,22	32,9

MQ, MNQ, Q₃₀ und Q₃₃₀ sind Abflusskenngrößen. MQ bezeichnet den Mittelwasserabfluss als arithmetischen Mittelwert der Abflüsse aus langjähriger Datenaufzeichnung an den Pegelstandorten und MNQ den mittleren Niedrigwasserabfluss eines Gewässers an einem Standort. Q₃₀ bzw. Q₃₃₀ stellt den Abflusswert dar, der an 30 bzw. 330 Tagen im Jahr unterschritten wird. Die Kilometrierung nimmt im Gegensatz zur Einzugsgebietsgröße von der Quelle bis zur Mündung ab, da Flusskilometer von der Mündung beginnend (Flusskilometer 0) bis zur Quelle gezählt werden.

Zum Teil liegen für verschiedene Standorte bereits durch die TLUG ermittelte Daten vor. Dies betrifft insbesondere die Einzugsgebietsgrößen der Standorte Dorndorf, Paradieswehr, Rasenmühlenwehr, Burgau, Jägersdorf, Kahla, Uhlstädt, Volksstadt und Göritzmühlenwehr. Fehlende Daten bzgl. der Einzugsgebietsgrößen der übrigen Standorte wurden durch lineare Interpolation entsprechend der zugehörigen Flusskilometer zwischen zwei nächstgelegenen Standorten mit bekannter Einzugsgebietsgröße mit Formel 1 berechnet. Diese Vorgehensweise ist exakter, als die flusskilometerbezogene Interpolation der Standorte über die Einzugsgebietsgröße der Pegelmessstellen.

Formel 1 $AE_{Standort} = AE_{OW} + (AE_{UW} - AE_{OW}) \cdot \frac{l_{OW} - l_{Standort}}{l_{OW} - l_{UW}}$

$AE_{Standort}$	Einzugsgebietsgröße am Standort	[km ²]
AE_{OW}	bekannte Einzugsgebietsgröße am nächstgelegenen Standort in Richtung Oberwasser	[km ²]
AE_{UW}	bekannte Einzugsgebietsgröße am nächstgelegenen Standort in Richtung Unterwasser	[km ²]
$l_{Standort}$	Flusskilometer am Standort mit unbekannter Einzugsgebietsgröße	[km]
l_{OW}	Flusskilometer am nächstgelegenen Standort mit bekannter Einzugsgebietsgröße in Richtung Oberwasser	[km]
l_{UW}	Flusskilometer am nächstgelegenen Standort mit bekannter Einzugsgebietsgröße in Richtung Unterwasser	[km]

Basierend auf den nach Formel 1 ermittelten Einzugsgebietsgrößen wurden die Abflussdaten der untersuchten Standorte berechnet. Die Berechnungen von MNQ, MQ, Q₃₀ und Q₃₃₀ eines Standortes erfolgten durch lineare Interpolation mit Formel 2 nach TLUG (2009) über die Abflussdaten der beiden im Ober- und Unterwasser benachbarten Pegel entsprechend der jeweiligen Einzugsgebietsgrößen der Standorte.

Formel 2 $Q_{Standort} = Q_{OW\ Pegel} + (Q_{UW\ Pegel} - Q_{OW\ Pegel}) \cdot \frac{AE_{Standort} - AE_{OW\ Pegel}}{AE_{UW\ Pegel} - AE_{OW\ Pegel}}$

$Q_{Standort}$	jeweiliger Abflusswert eines Standortes (MQ, MNQ, Q ₃₀ , Q ₃₃₀)	$\left[\frac{m^3}{s}\right]$
$Q_{OW\ Pegel}$	jeweiliger Abflusswert am benachbarten oberwasserseitigen Pegel	$\left[\frac{m^3}{s}\right]$
$Q_{UW\ Pegel}$	jeweiliger Abflusswert am benachbarten unterwasserseitigen Pegel	$\left[\frac{m^3}{s}\right]$
$AE_{Standort}$	jeweilige Einzugsgebietsgröße eines Standortes	[km ²]
$AE_{OW\ Pegel}$	Einzugsgebietsgröße des jeweiligen benachbarten, oberwasserseitigen Pegels	[km ²]
$AE_{UW\ Pegel}$	Einzugsgebietsgröße des jeweiligen benachbarten, unterwasserseitigen Pegels	[km ²]

Da die Pegelmessstelle Rothenstein nicht im Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch aufgeführt wird, konnten über die Internetdaten der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie nur Werte für den mittleren Abfluss (MQ) und den mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ) bezogen werden.

Über weiterführende Recherchen und Abstimmungen mit Hydrologen können im Einzelfall ggf. die hydrologischen Daten und Einzugsgebietsgrößen in einem weiteren Arbeitsschritt präzisiert werden.

Somit wurde an den betreffenden Standorten zur Berechnung der Abflusswerte Q₃₀ und Q₃₃₀ auf die Daten der Pegel Camburg-Stöben und Rudolstadt zurückgegriffen.

In folgender Tabelle sind die hydrologischen Daten der jeweiligen Standorte enthalten (Tabelle 2).

Tabelle 2: Hydrologische Daten der untersuchten Standorte

Kurzbezeichnung	Standort	Flusskilometer l [km]	Einzugsgebiet AE [km²]	MQ [m³/s]	MNQ [m³/s]	Q ₃₀ [m³/s]	Q ₃₃₀ [m³/s]
P1	Pegel Camburg-Stöben	187,0	3977,0	31,3	10,8	12,0	62,3
S22	WKA Camburg	192,1	3941,6	31,2	10,8	11,9	62,1
S23	WKA Döbritschen	194,9	3922,2	31,2	10,7	11,9	61,9
S24	WKA Dorndorf	200,7	3882,0	31,1	10,7	11,8	61,7
S25	WKA Porstendorf	208,9	3798,8	31,0	10,6	11,6	61,1
S26	WKA Paradieswehr	215,3	3734,0	30,9	10,5	11,4	60,7
S27	WKA Rasenmühle	216,3	3691,0	30,8	10,5	11,3	60,4
S28	WKA Burgau	220,0	3661,0	30,7	10,4	11,2	60,2
P2	Pegel Rothenstein	224,0	3357,0	30,2	10,1	10,5	58,2
S29	WKA Jägersdorf	229,4	3318,0	30,0	9,9	10,4	58,0
S30	Kahlaer Wehr	234,6	3226,0	29,4	9,6	10,2	57,4
S31	WKA Uhlstädt	250,5	2850,0	27,0	8,1	9,2	54,9
P3	Pegel Rudolstadt	258,0	2678,0	25,9	7,5	8,8	53,8
S32	Volksstädter Rampe	263,6	2654,0	25,7	7,4	8,7	53,3
S33	Sohlschwelle Unterpreilipp	266,0	2286,9	22,4	5,8	7,5	45,7
S34	WKA Unterpreilipp	266,3	2231,3	21,9	5,6	7,3	44,6
P4	Pegel Saalfeld-Remschütz	267,0	2120,0	20,9	5,1	6,9	42,3
S35	Göritzmühlenwehr	272,1	2116,0	20,9	5,1	6,9	42,2
S36	Zeisswehr	273,3	2055,5	20,3	4,9	6,7	41,0
S37	Saalfelder Teilewehr	274,2	2009,2	19,8	4,7	6,5	40,0
S38	WKA Obernitz	276,7	1884,2	18,6	4,2	6,0	37,4
S39	WKA Reschwitz	278,2	1808,6	17,9	3,9	5,8	35,9
S40	Fischersdorfer Wehr	280,8	1674,1	16,6	3,4	5,3	33,1
P5	Pegel Kaulsdorf	281,0	1665,0	16,5	3,3	5,2	32,9

Die hydrologischen Daten sind eine wichtige Basis, um unter anderem die Wirtschaftlichkeit von Wasserkraftanlagen zu berechnen.

Die hier dargestellte Vorgehensweise ist für die weiterführenden Berechnungen ausreichend. Für Planungen und Wirtschaftlichkeitsberechnungen sowie Ermittlung von Amortisierungszeiträumen kann es notwendig sein, die hydrologischen Daten in Zusammenarbeit mit Hydrologen zu prüfen bzw. zu präzisieren. Auch künftige Auswirkungen der Klimaveränderung können dabei berücksichtigt werden.

3 Erfassung und erste Bewertung des Istzustandes

Im Juni 2011 wurden die Standorte überwiegend per Boot angefahren. Dabei konnte mittels GPS-Gerät die Stauwurzel markiert werden. An den Standorten wurden relevante Daten mit Hilfe der von der TLUG vorgegebenen Erfassungsbögen erfasst. In Einzelfällen wurden einzelne Angaben im Nachgang erhoben. Teilweise wurden Daten aus den von der TLUG zur Verfügung gestellten Unterlagen (Planungs-, Genehmigungsunterlagen, etc.) entnommen. Farblich wurden in den Erfassungsbögen die Daten wie folgt kenntlich gemacht:

- **Blau: ermittelt vor Ort**
- **Grün: ermittelt aus Unterlagen**
- **Schwarz: erfragte Daten**
- **Grau: für den Standort nicht zutreffend**
- **Rot: fehlende Angaben**

Die Besichtigung der Wasserkraftanlagen erfolgte grundsätzlich mit Voranmeldung beim WKA-Betreiber und gegebenenfalls beim Anlagenwärter.

Über die tabellarische Erfassung in den Datenblättern hinausgehend (Anhang 15), wurden kurze Berichte separat für jeden Standort angefertigt (Anhang 1). Diese enthalten folgende Bestandteile:

1. Technische und hydrologische Grunddaten des Standortes und der WKA
2. Standortbewertung der Durchgängigkeit im Istzustand
3. Prinzipielle Anforderungen bzgl. der Durchgängigkeit
4. Planungen
5. Bewertung des Istzustandes und der Planungen
6. Vorschläge für Maßnahmen
7. Verwendete Unterlagen inkl. Planungsunterlagen oder Skizzen

Des Weiteren wurden Bestandsskizzen der Standorte angefertigt (Anhang 2) und in einem weiteren Arbeitsschritt mit den Maßnahmenvorschlägen ergänzt. Bei diesen weiter ausgearbeiteten Maßnahmenvorschlägen werden die Ausführungen bzgl. der Maßnahmen der Standortberichte weiter präzisiert und gegebenenfalls erste Variantenentwürfe ausgeschlossen.

Bei der Standortbesichtigung waren einige Fischwanderhilfen in unbefriedigendem Wartungszustand. Fischaufstiegsanlagen und Fischabstiegsanlagen wiesen zum Teil Verkläuerungen auf, die teilweise so extrem waren, dass die Wanderhilfen im vorgefundenen Zustand nicht funktionsfähig gewesen wären. Vor dem Aufmaß wurden die Anlagen

gereinigt. Bei Anlagen, die den aktuellen Anforderungen grundsätzlich nicht entsprachen, wurden diese Reinigungsmaßnahmen nicht durchgeführt.

4 Defizitanalyse und Ableitung notwendiger Maßnahmen

4.1 Grundlagen

Nach Erfassung des Ist-Zustandes wurden die Standorte hinsichtlich ihrer Durchgängigkeit bewertet und die Defizite herausgearbeitet. Bei der Betrachtung der Fischwege wurde großräumig unterschieden, ob am Wehr mittels Ausleitung Teilwassermengen abgeschlagen werden oder nicht. Davon ausgehend sind je nach Abflussmengen bis zu zwei Fischaufstiegsanlagen notwendig. Insbesondere bei Ausleitungskraftwerken sind sowohl am Wehr als auch an der WKA bis auf Einzelfälle jeweils eine Fischaufstiegsanlage notwendig (SCHMALZ 2006, SCHMALZ & SCHMALZ 2007). Bei der anschließenden Defizitanalyse wurde betrachtet, ob bereits FAA vorhanden sind und ob diese den aktuellen Vorgaben hinsichtlich des Standes des Wissens und der Technik entsprechen (TLUG 2009). Bei geplanten aber noch nicht errichteten Fischaufstiegsanlagen wurde die Einhaltung der aktuellen **Bemessungswerte** und bei bestehenden Anlagen im Rahmen der Defizitanalyse die Einhaltung der vorgegebenen **Grenzwerte** nach Merkblatt DWA-M 509 (Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung) überprüft. Dabei ist grundsätzlich zu beachten, dass bei bestehenden Anlagen nur an sehr wenigen Stellen die Grenzwerte erreicht, aber nicht überschritten werden dürfen. Bei Ermittlung von Defiziten wurden entsprechende Lösungsvorschläge zur Kompensation, abgestimmt auf die jeweiligen Standorte, entwickelt. Falls sich mehrere Lösungsansätze anboten, wurden entsprechende Varianten betrachtet.

Hinsichtlich der Fischfauna liegen alle zu betrachtenden Querbauwerke in der Barbenregion, welche dem Typ 92 Epipotamal zugeordnet ist. Als Zielarten sind Lachs und Barbe bei der FAA-Dimensionierung hinsichtlich der geometrischen Gestaltung von Bedeutung.

Bei der Bewertung der Erreichbarkeit der Laichareale für den Lachs sowie der Aufwuchsareale für die Aale wurde jeder Standort hinsichtlich des Auf- und Abstiegspotentials eingeschätzt, indem alle Passagehindernisse überprüft wurden. Die Laich- und Aufwuchsareale im Bereich der Saale wurden in Abstimmung mit der obersten Fischereibehörde seitens des Auftraggebers zur Verfügung gestellt. Beide diadromen Arten müssen bei ihrer Wanderung etliche Wanderhindernisse passieren. Somit war ein wesentlicher Bewertungsschritt die Betrachtung der kumulativen Wirkung der zu untersuchenden Standorte.

4.1.1 Aufwuchsareal Aal

Die gesamte in diesem Konzept untersuchte Gewässerstrecke wird dem Lebensraum des Aales zugeordnet. Der Bereich endet an der Talsperre Eichicht (Abbildung 1).

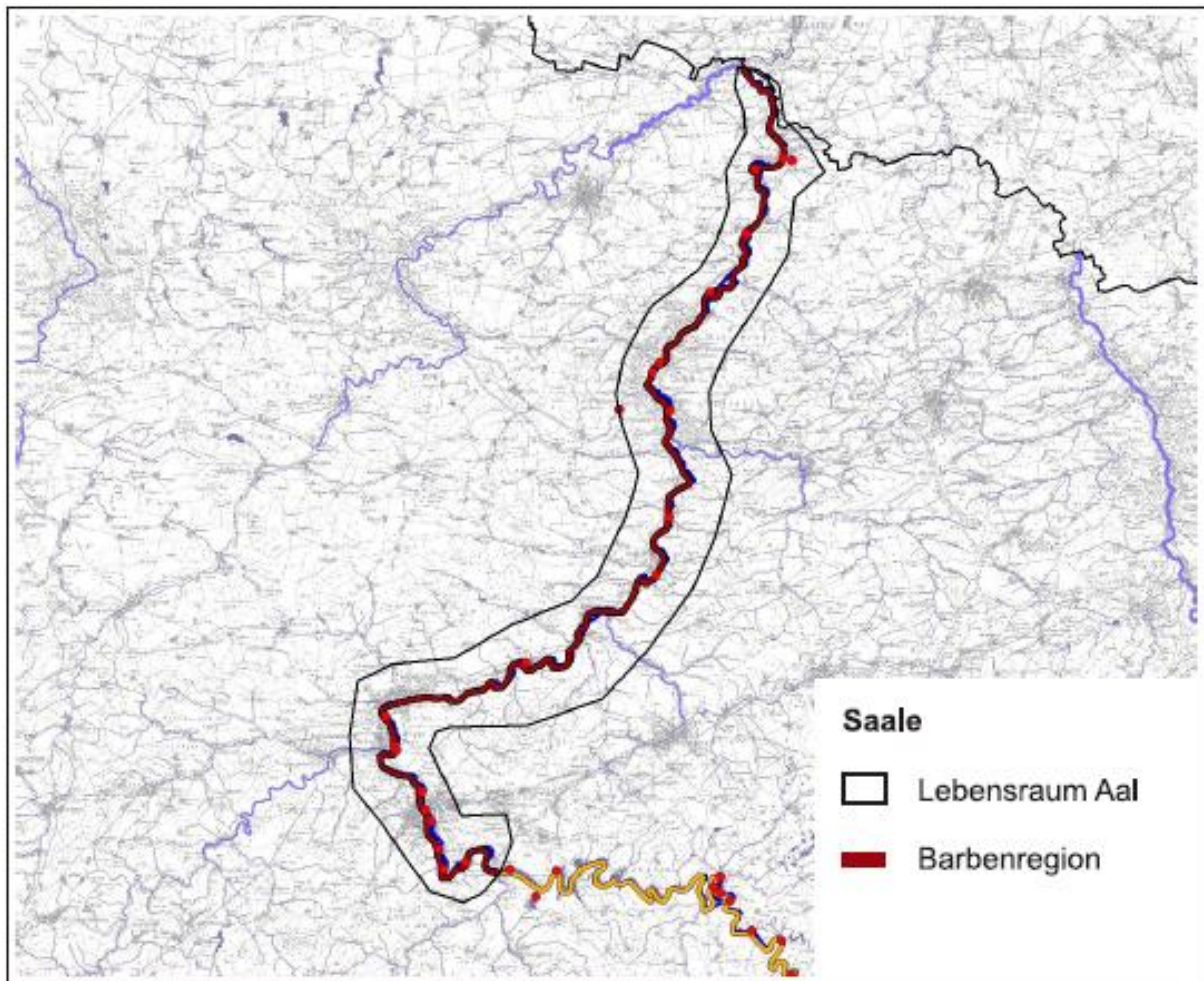


Abbildung 1: Lebensraum des Aales in der mittleren Saale in Thüringen; (zur Verfügung gestellt von der TLUG)

4.1.2 Laichareale Lachs

Die mittlere Saale in Thüringen wurde historisch vom Lachs zur Reproduktion genutzt und gehört somit zum Verbreitungsgebiet dieser Art. Rot markiert ist zudem der untere Bereich der Loquitz (rechts unten in der Karte) sowie der Schwarza (links unten im Bild - Abbildung 2). Aufgrund der gewässerstrukturellen Eignung wurden diese über das historisch bekannte Verbreitungsgebiet ergänzend hinzugenommen.

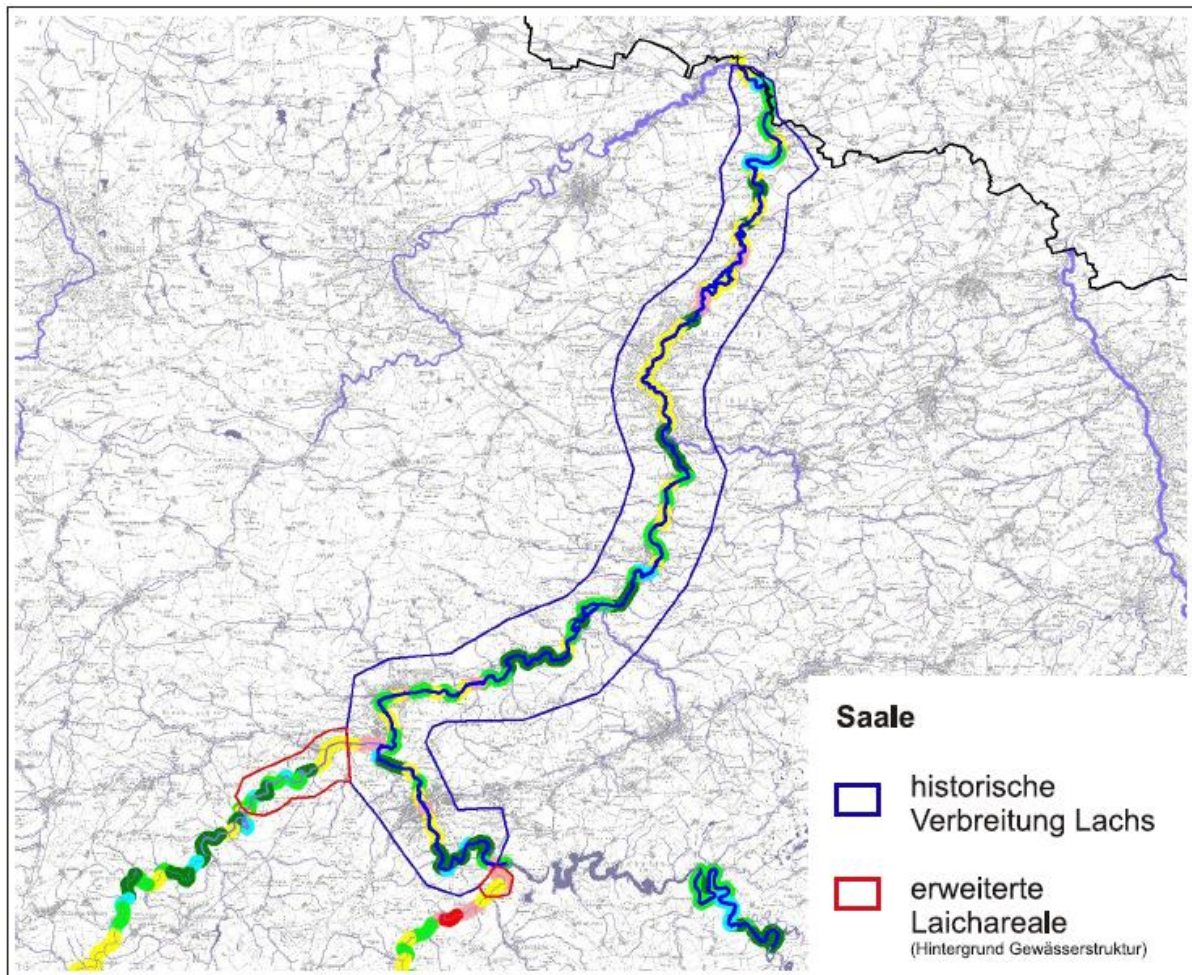


Abbildung 2: Historische Verbreitung und erreichbare Laichareale des Lachses in der mittleren Saale in Thüringen sowie in Schwarza und Loquitz (zur Verfügung gestellt von der TLUG)

Der Bereich der unteren Loquitz reicht flussaufwärts bis zur Einmündung der Sormitz und der Bereich der unteren Schwarza bis unterhalb der Ortschaft Schwarzburg.

Die Verteilung der untersuchten Standorte im Untersuchungsgebiet ist in Abbildung 3 und Abbildung 4 dargestellt.

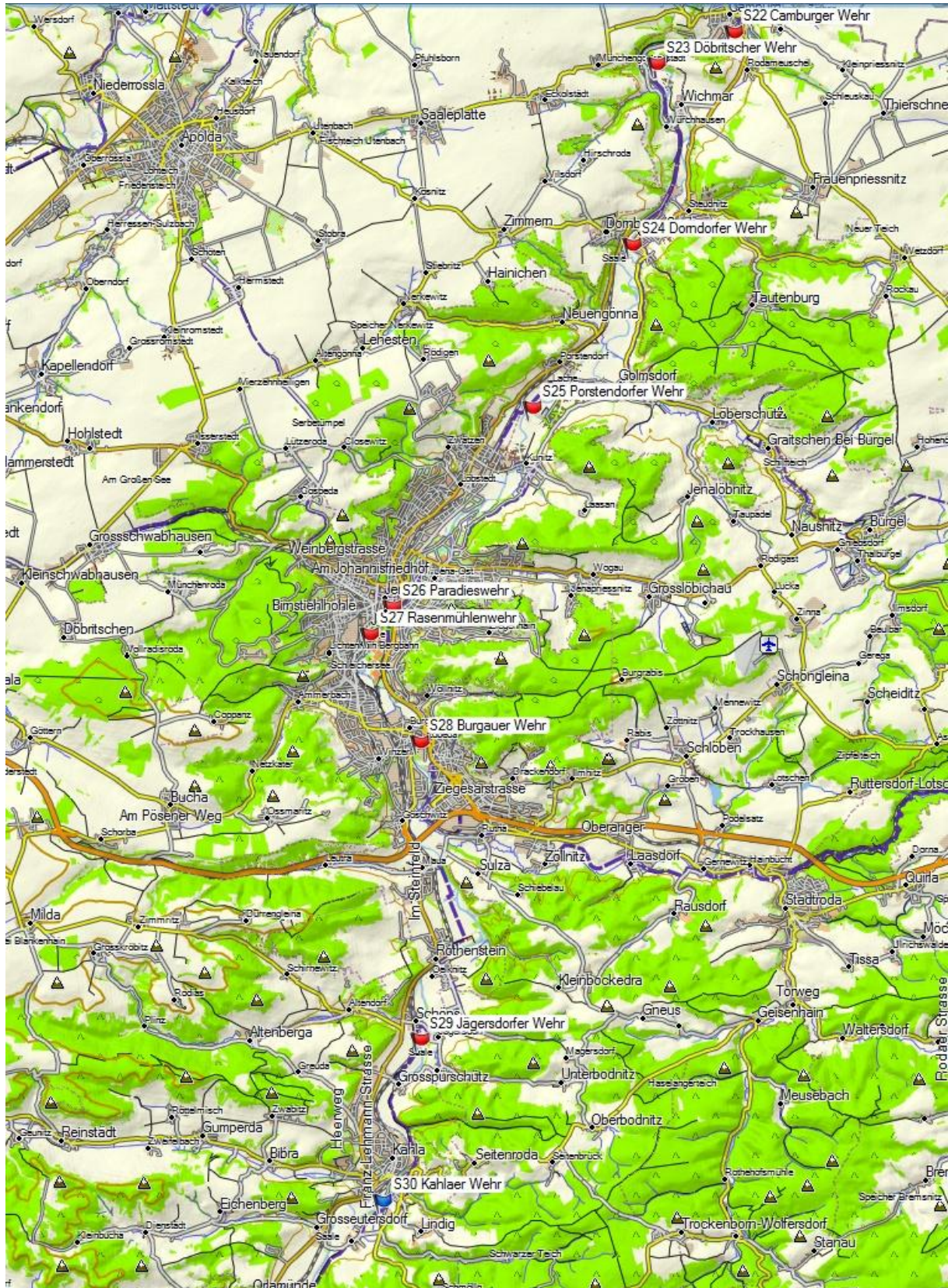


Abbildung 3: Verteilung der untersuchten Querbauwerke im Untersuchungsgebiet von Orlamünde bis Camburg (Kartenquelle MapSource); rote Markierung mit WKA; blau ohne WKA-Betrieb

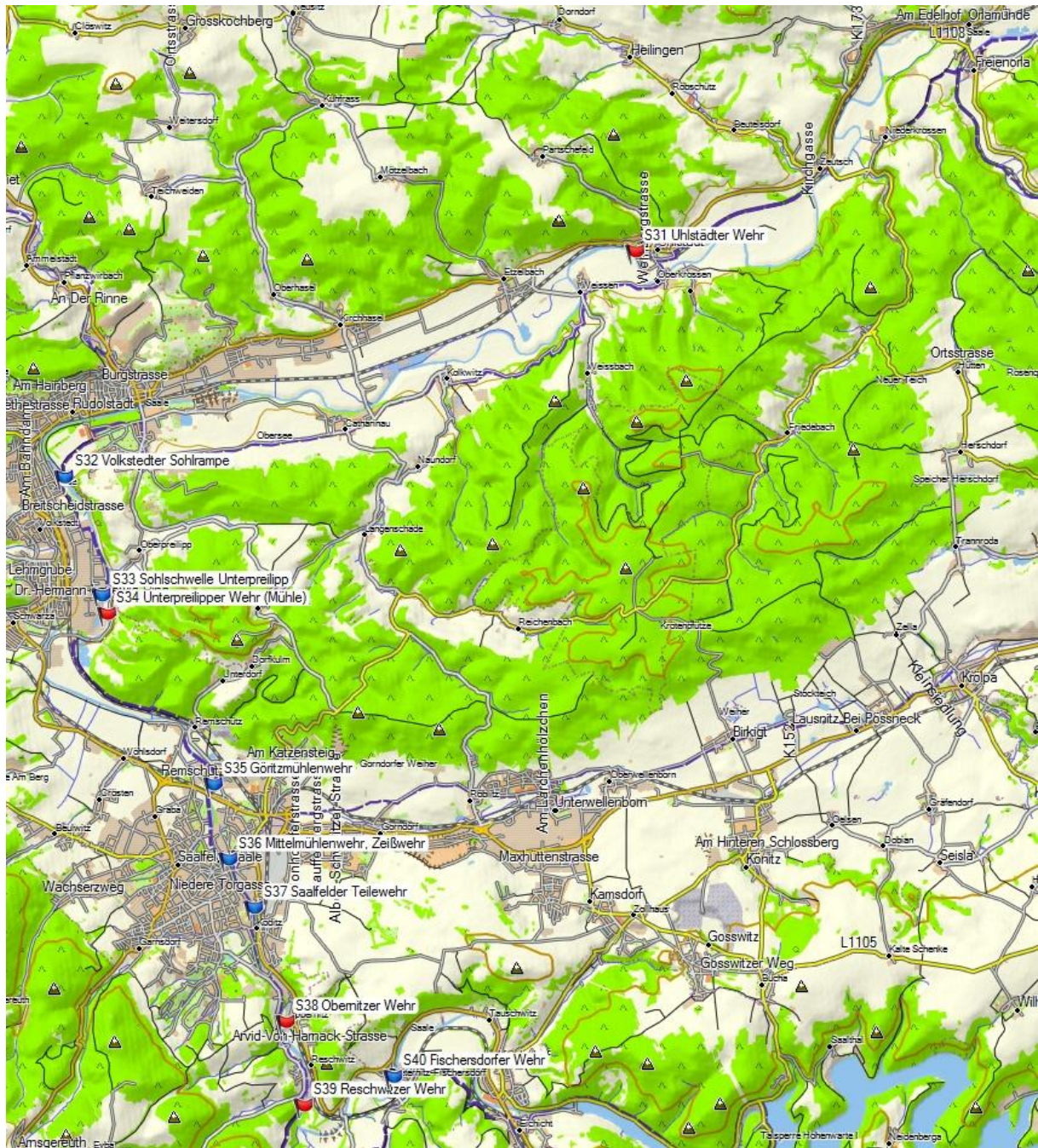


Abbildung 4: Verteilung der untersuchten Querbauwerke im Untersuchungsgebiet von Eichicht bis Orlamünde (Kartenquelle MapSource); rote Markierung mit WKA; blau ohne WKA-Betrieb

4.2 Grundlagen für die Konzeption der Fischaufstiegsanlagen

An allen Standorten war grundsätzlich in einem ersten Schritt der Rückbau von Querbauwerken zu prüfen. War dies nicht möglich (genutztes Wasserrecht, notwendige Stauhaltung), war als Alternative der Umbau in ein gewässerbreites Raugerinne als Vorzugsvariante anzuviseieren. War auch diese Alternative auszuschließen, ist die Errichtung einer FAA notwendig, um den Fischaufstieg zu ermöglichen. Die fachlichen Anforderungen zur Herstellung der Durchgängigkeit in Thüringer Fließgewässern wie bspw. die Dimensionierung der FAA lieferte TLUG (2009) sowie das Merkblatt DWA M 509. Große Bedeutung wurde der Auffindbarkeit sowohl groß- als auch kleinräumig beigemessen.

Bzgl. der baulichen Ausführung wurden aus den verschiedenen Möglichkeiten der Schlitzpass (Abbildung 5) sowie der Raugerinne-Beckenpass (RGBP; Abbildung 6) bzw. Raugerinne mit Beckenstruktur als Standardbauweisen ausgewählt. Bei den Thüringer Gewässerverhältnissen sind diese beiden Bauweisen insbesondere an Wasserkraftstandorten am häufigsten umgesetzt und haben sich als gut geeignet erwiesen. Die Anwendung weiterer Bauweisen ist grundsätzlich nicht ausgeschlossen, soweit eine gleichwertige Funktion bei Einhaltung des Standes der Technik sichergestellt ist.



Abbildung 5: Schlitzpass an der WKA in Döbritschen

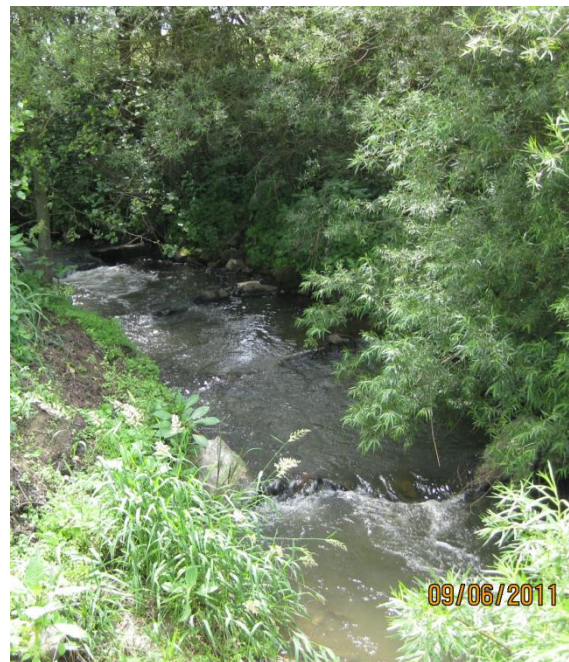


Abbildung 6: Raugerinne-Beckenpass an der Rest-WKA in Jägersdorf

Der Schlitzpass bietet den Fischen im Gegensatz zum Beckenpass über die gesamte Wassersäulenhöhe eine Passagemöglichkeit über den durchgehenden Schlitz. Dieser ist bzgl. der Wartung und Reinigung erheblich einfacher zu bedienen als Bauweisen mit

Schlupflöchern. Der Schlitzpass ist aufgrund seiner kompakten Bauweise platzsparender anzulegen als der Raugerinne-Beckenpass. Der RGBP fügt sich wiederum im Vergleich zum Schlitzpass besser in das Landschaftsbild ein. Die Wartungsfreundlichkeit ist bei den vorgeschlagenen Abmessungen für die Barbenregion im Vergleich zum Schlitzpass noch besser gegeben. Während ein Schlitzpass im Vergleich zu einem Raugerinne-Beckenpass eine geringere Beaufschlagung und weniger Platz bei der Überwindung des gleichen Höhenunterschiedes benötigt, ist der Raugerinne-Beckenpass in der Regel bei der Errichtung kostengünstiger. An manchen Standorten sind prinzipiell beide Versionen möglich, so dass in diesen Fällen beide Varianten vergleichend dargestellt sind (Tabelle 55 in Anhang 3). Davon wurde die Vorzugsvariante hervorgehoben, die hinsichtlich der Baukostenschätzung (Kapitel 4.5) ermittelt wurde. Die volle Effektivität hinsichtlich der Auffindbarkeit wird nur erreicht, wenn die Lage des Einstiegs optimal und die Leitströmung ausreichend groß ausgelegt ist. Für die uneingeschränkte Passierbarkeit sind die baulichen und hydraulischen Grenzwerte innerhalb der FAA einzuhalten. Die Bemessungswerte für die Vorzugsbauweisen aus DWA M 509 für den Untersuchungsbereich in der Saale sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3: Bemessungswerte für RGBP und Schlitzpässe

Standard-Bemessungswerte für FAA an der Saale											
Fachliche Festlegung für Saale nach aktuellen Erfahrungen in Thüringen und nach Weissdruck DWA M 509											
Schlitzpass											
	Abmessungen der Becken				Wassertiefen			Durchfluss		Leistungsdichte	
	Dh	L	B	s	ho	hu	hu,eff bei ko=5 cm	Q berech- net	Q erf erforderlich gerundet	E,vorh berechnet	E Bem Bemessungs- wert
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(l/s)	(l/s)	(W/m³)	(W/m³)
Barbenregion mit Lachs < 3 m WSP-Diff.	0,13	3,00	2,25	0,35	0,93	0,80	0,75	412	410	90	135
Barbenregion mit Lachs > 3 m WSP-Diff.	0,12	3,00	2,25	0,35	0,92	0,80	0,75	394	400	80	135
Raugerinne-Beckenstruktur											
	Dh	L	B	s	ho	hu	hu,eff	Q	Q erf	E,vorh	E Bem
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(l/s)	(l/s)	(W/m³)	(W/m³)
Barbenregion mit Lachs < 3 m WSP-Diff.	0,13	3,80	3,00	0,60	0,68	0,55	0,50	572	570	104	135
Barbenregion mit Lachs > 3 m WSP-Diff.	0,12	3,80	3,00	0,60	0,67	0,55	0,50	553	550	94	135

Entsprechend der technischen Ausführung ist eine ausreichende Dotation der Anlage notwendig. So sind bei den in der Barbenregion der Saale ausreichend groß dimensionierten Schlitzpässen mindestens 0,4 bzw. 0,41 m³/s Abfluss notwendig (abhängig von Gesamtfallhöhe) und bei den RGBP 0,57 m³/s. Fischaufstiegsanlagen an Standorten mit einer Gesamtfallhöhe über 3 m werden mit Wasserspiegeldifferenzen zwischen den Becken in Höhe von 0,12 m bemessen (Tabelle 3). Da nicht an allen Standorten Angaben zur

Wasserspiegeldifferenzen bei Q_{30} vorlagen, ist dies bei der endgültigen Planung zu berücksichtigen. Evtl. sind in den hier vorliegenden konzeptionellen Angaben zu wenige Becken berücksichtigt.

In Ausnahmefällen und besonderen örtlichen Gegebenheiten vor Ort wurde im Einzelfall mit geeigneten Sonderlösungen vom Regelfall abgewichen.

In Tabelle 55 in Anhang 3 sind die konzeptionellen Daten standortbezogen aufgeführt.

Damit eine FAA von Fischen erfolgreich aufgefunden werden kann, muss eine bestimmte Leitströmung vorhanden sein. Die Menge dieses Abflusses richtet sich nach der konkurrierenden Abflussmenge. Für die kleinräumige Auffindbarkeit der Anlage sind 2 bis 5 % der konkurrierenden Abflussmenge anzusetzen (TLUG 2009). Bei größeren Gewässern wie der Saale erfolgt die Orientierung am unteren Bereich der konkurrierenden Abflussmenge (2 %), während in kleineren Gewässern der obere Bereich anzusetzen ist (ca. 5 %). Im Fall der Saale wurde immer 2 % als Berechnungsgrundlage angenommen.

Bei einer FAA an der WKA ist die konkurrierende Abflussmenge in der Regel der Ausbaudurchfluss der Wasserkraftanlage. Ist der Ausbaudurchfluss der WKA größer als MQ, wurde MQ als konkurrierender Abfluss angesetzt.

Bei einer FAA am Wehr werden folgende konkurrierende Abflüsse zu Grunde gelegt:

- ohne Ausleitung: MQ
- mit Ausleitung durch WKA und Ausbaudurchfluss (Q_A) < MQ: MQ abzüglich Ausbaudurchfluss
- Ausleitung durch WKA und Ausbaudurchfluss (Q_A) $\geq$ MQ: Mindestwasserabgabe am Wehrstandort
- Bei Restwasserkraftanlagenbetrieb am Wehr: Schluckvermögen der Rest-WKA.

Wenn der Abfluss der Fischaufstiegsanlage (Q_{FAA}) aufgrund der Bemessungsdimensionierung nach Tabelle 3 kleiner als 2 % der konkurrierenden Strömung ist, wird eine zusätzliche Dotierung nötig. Dies erfolgt im Allgemeinen durch eine entsprechend größere Dimensionierung der FAA. In manchen Fällen münden Fischabstiegsbypässe im Bereich des FAA-Einstiegs. Dann wird die Wassermenge des Fischabstiegs als ergänzende Dotation angerechnet.

4.3 Grundlagen für die Konzeption von Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen

Fische orientieren sich flussabwärts an der Hauptströmung und müssen vor potentiellen turbinenbedingten Fischschäden durch geeignete Rechensysteme am Eindringen in die Turbinenanlage gehindert werden. In den Verbindungsgewässern sind nach (TLUG 2009) 15 mm Rechenabstand als Mindestmaß vorzusehen (Abbildung 7).



Abbildung 7: 15 mm-Horizontalrechen an der Rest-WKA in Jägersdorf

Oberhalb der Einmündung der Schwarza ist die Saale nach TLUG (2009) als Nebengewässer einzustufen. Dementsprechend sind an den Wasserkraftanlagen am Obernitzer und Reschwitzer Wehr 10 mm-Rechenstababstände einzuhalten (Abbildung 9). Nach TLUG (2009) ist nach Wiederansiedlung diadromer Fischarten wie dem Lachs davon auszugehen, dass der zulässige Stababstand auch in den Hauptgewässern auf 10 mm zu reduzieren ist. Werden bei den Anlagen unterhalb der Einmündung der Schwarza Rechen mit 15 mm Stababstand eingebaut, so sollten diese inkl. des Rechenreinigers so konstruiert sein, dass sie auf 10 mm lichten Stababstand umrüstbar sind. Es kann durchaus sinnvoll sein, bei einem anstehenden Umbau der Rechenanlage direkt auf 10 mm-Rechen umzurüsten. Somit wären spätere Umrüstungen nicht notwendig. Darüber hinaus steigt die Schutzrate auch für die vorhandene Fischfauna erheblich.

Darüber hinaus werden Horizontalrechen an den Standorten empfohlen, an denen es die Standortbedingungen zulassen (Abbildung 10). Horizontalrechen haben gegenüber Vertikalrechen den Vorteil, dass sie in Verbindung mit optimal angebundenen Abstiegsanlagen einen besseren Fischschutz ermöglichen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Fische bezüglich ihrer Körperproportionen zumeist höher als breit sind (SCHMALZ 2010). Da die meisten Fische sich mit Schwanz voran kontrolliert flussabwärts treiben lassen (Abbildung 8), besteht bei Vertikalrechen eher die Gefahr, mit dem Schwanzbereich zwischen die Stäbe zu gelangen und sich aufgrund der pendelnden Flossenbewegungen in dem vertikalen Spalt zu verletzen.



Abbildung 8: Vor dem Rechen an der WKA Döbritschen oberflächennah schwimmende Forelle, mit dem Kopf gegen die Strömung ausgerichtet

Die Anströmgeschwindigkeit des Rechens (v_A) darf 0,5 m/s nicht überschreiten, um Fischschäden an den Rechenanlagen zu vermeiden. Bei höheren Fließgeschwindigkeiten besteht die Gefahr, dass die Tiere von der Strömung gegen den Rechen gedrückt werden.

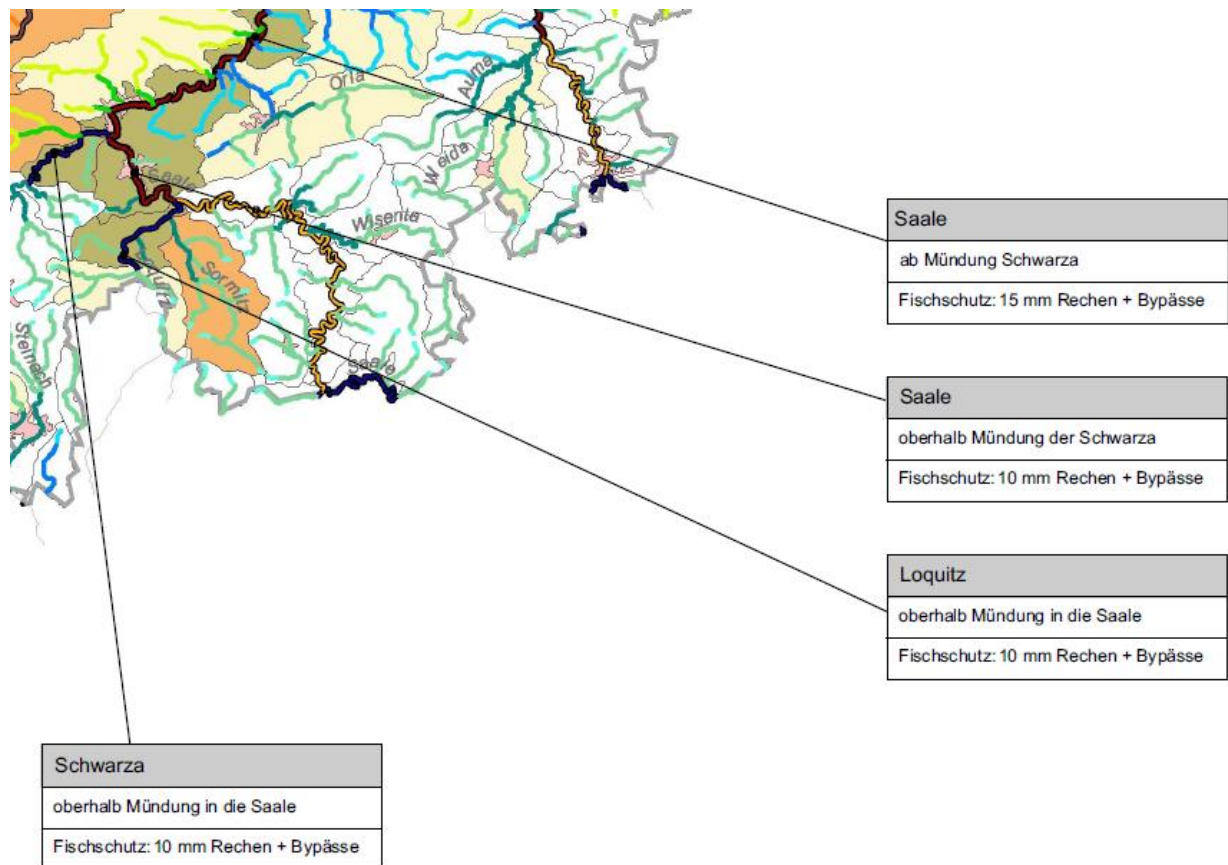


Abbildung 9: Vorgaben bzgl. der lichten Rechenstababstände aus TLUG (2009)

Um die Tiere nicht an der Weiterwanderung zu hindern, sind geeignete Fischabstiegsbypässe unerlässlich. Neben der ausreichend großen Dimensionierung entsprechend TLUG (2009) ist die Lage der Anlage entscheidend. Ausschlaggebend sind weiterhin die Gewässerregion und die Abflussdimensionierung aufgrund des Ausbaudurchflusses der jeweiligen WKA.



Abbildung 10: Horizontalrechen an der Rest-WKA Unterpreilipp bei abgesenktem Wasserstand

Nach TLUG (2009) sind für die Beaufschlagung von Fischabstiegsanlagen 1-2 % (jeweils für bodennahe und oberflächennahe Systeme, siehe Abbildung 11 und Abbildung 12) des Ausbaudurchflusses der WKA anzusetzen. Bei großen Gewässern wie der Saale wird 1 % als Berechnungsgrundlage angesetzt. Fällt 1 % des Ausbaudurchflusses sehr gering aus, so werden in der Barbenregion mindestens 125 l/s angesetzt. Ergibt 1 % des Ausbaudurchflusses einen höheren Wert als 125 l/s wird der höhere Wert angesetzt (vgl. Tabelle 20).

Als Öffnungsdimensionen sind für diese Gewässerregion nach TLUG (2009) mindestens eine Breite von 0,3 m und eine Höhe von 0,4 m anzustreben. Bei diesen Öffnungsdimensionen und einer Abflussmenge von 125 l/s ergibt sich eine errechnete mittlere Anströmgeschwindigkeit in Höhe von 1,0 m/s. EBEL (2013) empfiehlt Eintrittsgeschwindigkeiten in den Bypass von 0,3 bis 1,5 m/s. Als relative

Eintrittsgeschwindigkeiten wird der ein- bis zweifache Wert der Anströmgeschwindigkeit des Rechens empfohlen. Bei der vorgegebenen maximalen Anströmgeschwindigkeit von 0,5 m/s am Rechen wäre somit maximal 1 m/s als Eintrittsgeschwindigkeit in der Bypassöffnung anzustreben.

Ein zu starker Sog in der Einstiegsöffnung kann sich negativ auf die Effektivität des Abstiegsbypasses auswirken (SCHMALZ 2010) und ist bei der konstruktiven Gestaltung zu vermeiden.

Neben einem System aus getrennten Abstiegsöffnungen (oberflächen- und bodennah) kann ein Bypass auch als durchgehender Schlitz von der Wasseroberfläche bis zum Boden gestaltet werden.

Wird das Rechensystem diagonal vor der WKA angeordnet, besteht die Möglichkeit, die Fische gezielter zu den Abstiegsanlagen zu leiten. Ein Vorteil besteht zudem darin, dass mit zunehmender Rechenfläche gegebenenfalls die hydraulischen Verluste infolge einer notwendigen Reduktion der Rechenstababstände auf 10 bzw. 15 mm kompensiert werden können. Eine gute Lösung stellt ein Leitrechen-Bypass-System (siehe EBEL 2013) dar. Die prinzipielle Lage der Rechen und der Abstiegsbypässe ist in den Lageskizzen ersichtlich (Anhang 2).



Abbildung 11: an der WKA Döbritschen oberflächennah in der Nähe des Rechens angebundene Fischabstiegsmöglichkeit (roter Pfeil); bodennahe Abstiegsmöglichkeit im Bereich des Freischusses (grüner Blockpfeil) vgl. Abbildung 12.



Abbildung 12: Unterhalb des Freischusses an der WKA Döbritschen einmündende Abstiegsbypässe (Aufn. M. Schmalz)

Exakte hydraulische und bautechnische Dimensionierungen waren nicht Inhalt der konzeptionellen Arbeiten. Diese Details sind in den Entwurfs- und Ausführungsplanungen in Anlehnung an die konzeptionellen Vorgaben auszuarbeiten.

4.4 Berücksichtigung des Denkmalschutzes

Im Rahmen der Studie war gefordert, die Schutz- und Erhaltungsziele für die jeweiligen Bauwerke hinsichtlich der Anforderungen des Denkmalschutzes abzufragen.

Tabelle 4 enthält die Standorte, an welchen Denkmalschutzaspekte zu berücksichtigen sind.

Tabelle 4: Denkmalschutzangaben der zuständigen Denkmalschutzbehörde bzgl. der Standorte

Kurz-bezeichnung	BEZEICHNUNG	Kreis	Denkmal-schutz	geschützte Bestandteile
S22	Camburger Wehr	SHK	ja	Mühle einschl. sämtl. Nebengebäude, histor. Innenausstattung u. Umfriedungsmauer, Floß-Schleuse/Wehr
S23	Döbritscher Wehr	SHK	ja	WKA (ehem. Mühle), einschl. aller Nebengebäude, Wehranlage u. gesamte histor. techn. Innenausstattung
S24	Dorndorfer Wehr	SHK	nein	
S25	Porstendorfer Wehr	SHK	nein	
S26	Paradieswehr	Jena	nein	Befindet sich in historischer Park- u. Gartenanlage; geschütztes Kulturdenkmal „Volkspark Oberaue“
S27	Rasenmühlenwehr	Jena	nein	Befindet sich in historischer Park- u. Gartenanlage; geschütztes Kulturdenkmal „Volkspark Oberaue“
S28	Burgauer Wehr	Jena	ja	Das Wehr ist Bestandteil des Denkmalensembles „Reste der mittelalterlichen Burgauer Brücke mit Wehr, Mühlengehöft und E-Werk“; der derzeitige Fischpass befindet sich in der Nähe des Kulturdenkmals „Alte Burgauer Brücke“
S29	Jägersdorfer Wehr	SHK	ja	Mühlengebäude, Turbinenhaus, Speicher, Scheune, Mühlache und Wehre
S30	Kahlaer Wehr	SHK	ja	Wehr einschließlich zugehöriger Baulichkeiten, insb. Flößerhaus, Schützenwehr, Bediensteg u. Ufermauern
S31	Uhlstädter Wehr	SLF	nein*	
S32	Volksstädter Rampe	SLF	nein*	
S33	Sohlschwelle Unterpreilipp	SLF	Rückgebaut	
S34	Unterpreilipper Wehr	SLF	nein*	
S35	Göritz-mühlenwehr	SLF	nein*	
S36	Zeisswehr	SLF	nein*	
S37	Saalefelder Teilewehr	SLF	nein*	
S38	Obernitzer Wehr	SLF	nein*	
S39	Reschwitzter Wehr	SLF	nein*	
S40	Fischersdorfer Wehr	SLF	Rückgebaut	

*It. Kreis SLF liegen zunächst keine Hinweise auf Denkmaleigenschaften vor

Bei einer Rückfrage beim Thüringer Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie ergaben sich folgende Informationen:

- Wird bspw. ein Wehr geschützt, können, müssen aber nicht zwingend alle baulichen Details des Wehres geschützt sein. So existiert gegebenenfalls Denkmalschutz für manche Wehre, um ausschließlich die Wasserführung zur denkmalgeschützten Mühle zu gewährleisten. In diesen Fällen könnte bspw. eine FAA direkt im Wehr integriert werden. Ein ersatzloser Rückbau des Wehres wäre jedoch nicht möglich.
- Es ist bekannt, dass die Forderungen der WRRL oft mit denen des Denkmalschutzes kollidieren. Somit wurde seitens des Thüringer Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologie hinsichtlich der Erarbeitung der Studie empfohlen, in erster Linie die optimalen Varianten hinsichtlich der WRRL auszuarbeiten. Vor der Planung bzgl. Umsetzung der Maßnahmen an denkmalschutz betroffenen Standorten, sind die skizzenhaften Vorplanungen der Denkmalschutzbehörde für die Einzelfallentscheidung vorzulegen.

Als Ergebnis dieser Rückmeldung werden die einzelnen Denkmalschutzaspekte an den betroffenen Standorten im Rahmen der Studie nicht berücksichtigt, sondern standortbezogen nur der Hinweis eingefügt, dass die Denkmalschutzbehörde bei der weiterführenden Planung einzubeziehen ist.

Für die Studie werden somit vordergründig die Vorgaben aus TLUG (2009) hinsichtlich der Wiederherstellung der Durchgängigkeit flussauf- und flussabwärts berücksichtigt.

4.5 Kostenschätzung

Die Kostengrobschätzung für die notwendigen Maßnahmen zur Gewährleistung des Fischauf- und Fischabstieges erfolgte nach TLUG (2011), indem die Kosten für die jeweiligen Maßnahmenvorschläge mit Hilfe eines vereinfachten empirischen Ansatzes überschlägig ermittelt wurden. Diese Kosten beziehen sich ausschließlich auf das Bauwerk selbst (Nettobaukosten), ohne weitergehende Detailbetrachtung wie Grundstückserwerb, Baugrundqualität etc..

4.5.1 Kostenschätzung FAA nach (TLUG 2011)

Die Kostenabschätzung erfolgte in vergleichbarer Weise wie in der Modellstudie nach TLUG (2011), indem auf Basis der zu überwindenden Höhendifferenz und des geplanten Durchflusses sowie des Fischaufstiegsanlagentyps kalkuliert wurde (Tabelle 5).

Tabelle 5: Kostenansätze für Fischaufstiegsanlagen nach TLUG (2011)

Bauweise / Maßnahme	Kostenansatz Fischaufstieg k_{FAA}
Umgehungsgerinne als Raugerinne-Beckenpass (RGBP)	100.000 – 500.000 €/ (m·m³/s)
Schlitzpass	300.000 – 900.000 €/ (m·m³/s)
Umbau vorhandene Sohlengleite	15.000 – 55.000 €/ (m·m³/s)

Der standortbezogene bauliche Schwierigkeitsgrad bestimmt bei der Kostenschätzung, ob nach Tabelle 5 ein hoher oder niedriger Wert innerhalb der dargestellten Spanne anzusetzen ist.

Tabelle 64 im Anhang 4 enthält die Angaben zum gewählten baulichen Schwierigkeitsgrad und den jeweiligen Kostenansätzen k_{FAA} .

Mit Formel 3 nach TLUG (2011) wurden die Kosten überschlägig berechnet.

Formel 3 $K_{FAA} = k_{FAA} \cdot h_{FAA} \cdot Q_{FAA}$

K_{FAA}	Baukosten der jeweiligen Fischaufstiegsanlage	[€]
k_{FAA}	gewählter Kostenansatz der Fischaufstiegsanlage	$\left[\frac{\text{€}}{\text{m} \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} \right]$
h_{FAA}	durch Fischaufstiegsanlage überwundene Höhendifferenz	[m]
Q_{FAA}	Betriebsdurchfluss der jeweiligen Fischaufstiegsanlage	$\left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$

Exemplarisch belaufen sich die Kosten eines Schlitzpasses ($300.000 \text{ Euro/ (m}^3\text{/s)}$) für die Überwindung einer Höhendifferenz von 1,5 m und einem Betriebsdurchfluss von $0,41 \text{ m}^3\text{/s}$ auf 184.500 Euro ($300.000 \cdot 1,5 \cdot 0,41$).

Die notwendigen Maßnahmen mit den entsprechenden Vorzugsvarianten für den Fischaufstieg sind Tabelle 6 zusammengestellt.

Ist der Bau von mehreren Fischaufstiegsanlagen an einem Standort notwendig, so werden die jeweiligen Baukosten addiert. Die daraus resultierenden Gesamtkosten des Fischaufstiegs $K_{\text{FAA, ges}}$ am jeweiligen Standort sind in Tabelle 7 dargestellt.

Einschwimmsperren, die in Einzelfällen als Kompromiss eingesetzt werden, wenn an einem Wanderweg aufgrund spezifischer Standortbedingungen keine FAA errichtet werden kann, nehmen bei der groben Kostenschätzung eine Sonderstellung ein. Abhängig vom Durchfluss werden bei diesen Sperren $10.000 \text{ € pro m}^3\text{/s}$ angesetzt (TLUG 2011). Für die notwendige Einschwimmsperre in Oberritz sind bei einem Ausbaudurchfluss der Wasserkraftanlage von $13,25 \text{ m}^3\text{/s}$ Kosten von 132.500 € anzusetzen (Tabelle 7).

Am Standort Döbritschen ist die aufwärtsgerichtete Durchgängigkeit bereits gewährleistet. Somit werden dort keine Baukosten ausgewiesen. An den rückgebauten Querbauwerksstandorten „Sohlschwelle Unterpreilipp“ und „Fischersdorfer Wehr“ sind keine baulichen Maßnahmen nötig (Tabelle 7). Die Kosten für das Göritzmühlenwehr wurden aus den vorliegenden Planungsunterlagen für den Umbau in eine gewässerbreite Sohlgleite entnommen.

Tabelle 6: Maßnahmen für die Wiederherstellung der Durchgängigkeit flussaufwärts mit Begründung der Vorzugsvarianten; grau: kein Handlungsbedarf bzw. nicht bevorzugte Variante

Kurzbezeichnung	BEZEICHNUNG	WKA	Ausleitung	primärer Fischweg	Planungsvorschlag Bauweise FAA	Begründung bzgl. Vorzugsvariante
S22	Camburger Wehr	ja	ja	WKA	Schlitzpass oder Fischsperre	Fischsperre nicht so effizient wie Schlitzpass (vgl. Kapitel 5.4.1)
				Wehr + WKA	Schlitzpass	
S23	Döbritscher Wehr	ja	ja	WKA	Schlitzpass vorhanden	
				Wehr	Borstenfischpass vorhanden	
S24	Dorndorfer Wehr	ja	ja	WKA	Schlitzpass vorhanden	
				Wehr	Schlitzpass bei geplanter Rest-WKA	
S25	Porstendorfer Wehr	ja	ja	WKA	Schlitzpass	
				Wehr	Schlitzpass oder U-Gerinne als RGBP	Platz für RGBP vorhanden, kostengünstigerer Bau
S26	Paradieswehr	ja	nein	WKA + Wehr	Umbau Schlitzpass	
S27	Rasenmühlenwehr	ja	nein	WKA + Wehr	Umbau Schlitzpass	
S28	Burgauer Wehr	ja	ja	WKA	Schlitzpass vorhanden	
				Wehr	Schlitzpass oder U-Gerinne als RGBP	hier platzsparender Schlitzpass vorzuziehen
S29	Jägersdorfer Wehr	ja	ja	WKA Wehr + WKA	Schlitzpass U-Gerinne als RGBP vorhanden	
S30	Kahlaer Wehr	ja alt stillg.	ja	Wehr	U-Gerinne als RGBP	
					untergeordnete Rolle	
S31	Uhlstädter Wehr	ja	gering	WKA + Wehr	Schlitzpass oder U-Gerinne als RGBP	Schlitzpass aufgrund von Platzmangel
					untergeordnete Rolle	
S32	Volksstädter Rampe	nein	ja	Gleite	RGBP an Seite und evtl. Borstenelemente in Bootsgasse Abriss des kleinen Wehres in der Ausleitung	

Fortsetzung Tabelle 6

Kurzbezeichnung	BEZEICHNUNG	WKA	Ausleitung	primärer Fischweg	Planungsvorschlag Bauweise FAA	Begründung bzgl. Vorzugsvariante
S33	Sohlschwelle Unterpreilipp	nein	nein	nicht mehr vorhanden	durchgängig	
	Furth aus Beton flussabwärts	nein	nein	Furth	Furth entfernen	
S34	Unterpreilipper Wehr	ja	ja	WKA	Schlitzpass oder Durchstich zur Ausleitungsstrecke, dann Optimierung des RGBP am Wehr nötig	RGBP am Wehr müsste größer dimensioniert werden; Platzmangel
				Wehr	RGBP vorhanden	
S35	Görizmühlenwehr	nein	ja	Wehr	Geplante Gleite Variante IIa umsetzen	
S36	Mittelmühlenwehr; Zeisswehr	nein	nein	Gleite	RGBP an Seite und evtl. Borstenelemente in Bootsgasse	
S37	Saalefelder Teilewehr	nein	ja	Gleite	RGBP an Seite und evtl. Borstenelemente in Bootsgasse	
					Ausleitungsstrecke ist durchgängig	
S38	Obernitzer Wehr	ja	ja	WKA	Einschwimmsperre	
				Wehr	Schlitzpass oder U-Gerinne als RGBP	Platzmangel für deutlich längeren RGBP
S39	Reschwitzter Wehr	ja	ja	WKA	Schlitzpass	
				Wehr	U-Gerinne als RGBP oder Umbau als Gleite	Komplettumbau des Wehres erheblich aufwändiger
S40	Fischersdorfer Wehr	nein	nein	rückgebaut	durchgängig	

Tabelle 7: Baukosten $K_{\text{FAA,ges}}$ der Maßnahmen für den Fischaufstieg, berechnet in Anlehnung an TLUG (2011)

BEZEICHNUNG	Bauart FAA/Stelle der Maßnahme		Kosten- ansatz gewählt k_{FAA}	Spezif. Abfluss Q_{FAA}	Wasser- spiegel- differenz h_{FAA}	Kosten FAA K_{FAA}	Gesamt- kosten $K_{\text{FAA,ges}}$
			[€/m ⁴ /s]]	[m ³ /s]	[m]	[€]	[€]
WKA Camburg	Schlitzpass	Wehr+WKA	400.000	0,41	2,47	405.080	1.143.080
	Schlitzpass	WKA	600.000	0,41	3	738.000	
WKA Döbritschen	durchgängig					0	0
WKA Dorndorf	Schlitzpass	Rest-WKA am Wehr	300.000	0,41	2,65	325.950	325.950
WKA Porstendorf	U-Gerinne als RGBP	Wehr	100.000	0,57	1,56	88.920	650.520
	Schlitzpass	WKA	300.000	0,468	4	561.600	
WKA Paradieswehr	Schlitzpass	Wehr+WKA	300.000	0,41	2,4	295.200	295.200
WKA Rasenmühle	Schlitzpass	Wehr+WKA	300.000	0,41	2,14	263.220	263.220
WKA Burgau	Schlitzpass	Wehr	300.000	0,41	2,91	357.930	357.930
WKA Jägersdorf	Schlitzpass	WKA	400.000	0,4	3,29	526.400	526.400
WKA Kahla	U-Gerinne als RGBP	Wehr	100.000	0,57	1,505	85.785	85.785
WKA Uhlstädt	Schlitzpass	Wehr+WKA	600.000	0,41	2,75	676.500	676.500
Volksstädter Rampe	RGBP	Gleite	100.000	1,14	1,22	139.080	139.080
Sohlschwelle Unterpreilipp	rückgebaut					0	0
WKA Unterpreilipp	Schlitzpass	WKA	400.000	0,438	4,6	805.920	805.920
Göritzmühlenwehr	Gleite Variante	Wehr			1,43		719.000
Zeisswehr	RGBP	Gleite	100.000	1,14	1,3	148.200	148.200
Saalfelder Teilewehr	RGBP	Gleite	100.000	1,14	1,27	144.780	144.780
WKA Obernitzer Wehr	Schlitzpass Einschwimm- sperre	Wehr	300.000	0,41	2,44	300.120	432.620
		WKA	x	x	x	132.500	
WKA Reschwitz Wehr	U-Gerinne als RGBP	Wehr	100.000	0,57	2,33	132.810	493.610
	Schlitzpass	WKA	400.000	0,41	2,2	360.800	
Fischersdorfer Wehr	rückgebaut					0	0

*Kosten bzgl. Göritzmühlenwehr aus Variantenstudie zum Rückbau Variante IIa entnommen

4.5.2 Kostenschätzung Fischabstiegssysteme

Fischschutzsysteme und Fischabstiegsanlagen wirken als funktionelle Einheit zusammen und werden bei der Kostenschätzung zusammen getrachtet. Einflussgrößen sind hier insbesondere die Dimensionierung aufgrund der anzusetzenden Abflussmenge sowie der Schwierigkeitsgrad der Baumaßnahme (z. B. durch eine gegebenenfalls notwendige Wasserhaltung). Die Kostenabschätzung der Fischabstiegssysteme erfolgte in Anlehnung an TLUG (2011). Aufgrund der deutlich größeren Dimensionierung der Saale-Standorte im Vergleich zur Ilm wurden die Kostenansätze entsprechend Tabelle 8 an die Verhältnisse der Saale angepasst.

Tabelle 8: Kostenansätze für Fischabstiegssysteme

Maßnahme	Kostenansatz Fischabstieg und Fischschutz $k_{FAB/FS}$
Nachrüstung einfacher Anlagenstandorte, bzw. Neubau	20.000 €/m ³ /s
Nachrüstung der Anlagen in der mittleren Saale mit durchschnittlichem Schwierigkeitsgrad	30.000 €/m ³ /s

Durch Multiplikation der gewählten Kostenansätze mit dem jeweiligen Ausbaudurchfluss der Wasserkraftanlage werden die Kosten für den Fischabstieg und den Fischschutz mit Formel 4 berechnet:

Formel 4 $K_{FAB/FS} = k_{FAB/FS} \cdot Q_A$

$K_{FAB/FS}$	Baukosten für Fischabstiegsanlagen und Fischschutz	[€]
$k_{FAB/FS}$	gewählter Kostenansatz für Fischabstiegsanlagen und Fischschutz	$\left[\frac{\text{€}}{\frac{\text{m}^3}{\text{s}}} \right]$
Q_A	Ausbaudurchfluss der jeweiligen Wasserkraftanlagen	$\left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$

Bei Wasserkraftanlagen, deren Ausbaudurchfluss MQ deutlich überschreitet, wurde für die Berechnung MQ angesetzt. Dies betrifft die Standorte Burgau und Unterpreilipp.

An Standorten mit zwei Wasserkraftanlagen (bspw. bei Betrieb einer Restwasserkraftanlage), an denen Maßnahmen für den Fischabstieg bzw. Fischschutz zu realisieren sind, werden die jeweiligen Kosten für die Gesamtkostenermittlung $K_{FAB/FS,ges}$ addiert (Tabelle 12).

An den Standorten, an welchen aufgrund bereits vorhandener Komponenten nicht der Bau eines kompletten Schutz- und Abstiegssystems erforderlich ist, wurden die Kosten modular nach Erfahrungen beim Bau vergleichbarer Anlagen ermittelt (A. Zoller Mdl.) (vgl. Tabelle 11).

Der modulare Kostenaufbau enthält jeweils getrennte Materialkosten für:

- Rechen
- Rechenreiniger
- Rechenspülschütze.

Die Materialkosten des Rechens sind von der Rechenfläche abgängig und werden mit 1.000 € pro m² Rechenfläche angesetzt. Als Basis der Rechenflächenermittlung wird die Anströmfläche angenommen, die notwendig wäre, um die maximale Anströmgeschwindigkeit von 0,5 m/s nach TLUG (2009) einzuhalten sowie der Winkel hinsichtlich Neigung zur Sohle bzw. zur Anströmung. Diese Kostenberechnung erfolgt nach der Formel 5 in Verbindung mit Formel 6:

Formel 5 $K_{M,R} = A_R \cdot 1000 \frac{\text{€}}{\text{m}^2}$

Die Rechenfläche A_R wird mit Formel 6 berechnet:

Formel 6 $A_R = \frac{2 \text{ s/m} \cdot Q_A}{\sin \alpha \cdot \sin \beta}$

$K_{M,R}$	Materialkosten des Rechens	[€]
A_R	notwendige Rechenfläche	[m ²]
$1000 \frac{\text{€}}{\text{m}^2}$	Kostenansatz pro m ² Rechenfläche	
Q_A	Ausbaudurchfluss der jeweiligen Wasserkraftanlage	$\left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right]$
$v_{\max}$	maximale Anströmgeschwindigkeit vor Rechen	$\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$
α	Winkel zur Sohle schräg geneigter Rechen (Abbildung 13)	
β	Winkel zur Anströmung bei diagonal zur Gewässerachse verlaufender Rechen (Abbildung 13)	

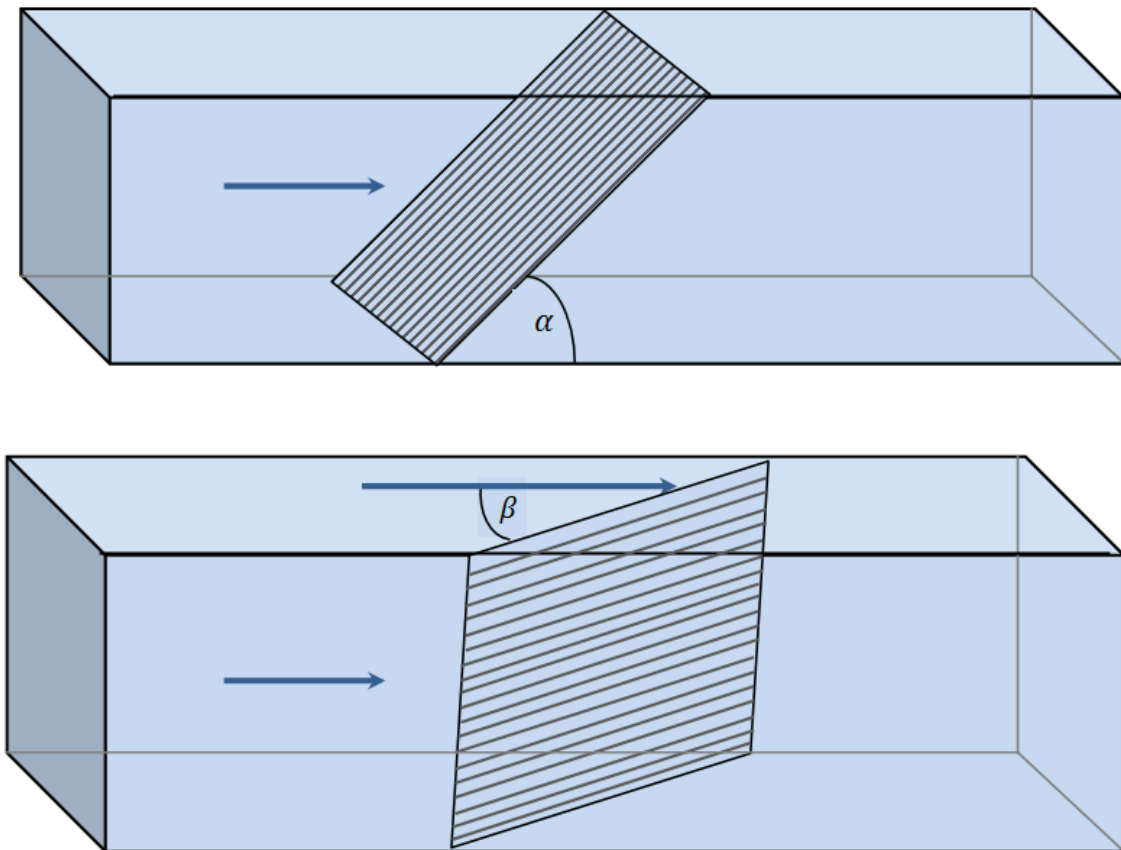


Abbildung 13: Winkel α zwischen Rechen und Sohle geneigter Rechenanlagen; Winkel β zwischen Rechen und Anströmung bei diagonal zur Gewässerachse verlaufender Rechenanlagen

Die Bestimmung der Materialkosten des Rechenreinigers ($K_{M,RR}$) und der Rechenspülschütze ($K_{M,RSS}$) erfolgt stufenweise auf Grundlage des Ausbaudurchflusses der jeweiligen Wasserkraftanlage (Tabelle 9).

Tabelle 9: Materialkosten des Rechenreinigers $K_{M,RR}$ (links) und der Rechenspülschütze $K_{M,RSS}$ (rechts) in Abhängigkeit vom Ausbaudurchfluss (Kapitel 4.7)

Q_A [m³/s]	$K_{M,RR}$ [€]	Q_A [m³/s]	$K_{M,RSS}$ [€]
< 10	40.000	< 10	40.000
10 – 30	60.000	> 10	50.000
> 30	80.000		

Durch Addition der Materialkosten des Rechens, des Rechenreinigers und der Rechenspülschütze ergeben sich die Gesamtkosten $K_{m,ges}$ für Fischabstieg und Fischschutz. Bei dieser modularen Kostenermittlung werden nur die Maßnahmenkosten angesetzt, die an dem Standort zu erwarten sind. In Döbritschen sind bspw. nur geringfügige

Maßnahmen für den Fischabstieg notwendig. Kosten für die Rechenspülschütze werden hier nicht angesetzt. An der Restwasserkraftanlage in Jägersdorf, wo der Rechen bereits die Vorgaben erfüllt, erübrigen sich die Materialkosten für Rechen und Rechenreiniger.

Neben den ermittelten Materialkosten werden zusätzlich notwendige Montagekosten nach Formel 7 berechnet:

Formel 7 $K_{Moges} = 1,5 \cdot K_{Mges}$

K_{Moges}	Montagekosten	[€]
K_{Mges}	Materialkosten	[€]

In diesen Montagekosten sind Wasserhaltung, Erdarbeiten und damit verbundene bautechnische Details wie Betonfundamente berücksichtigt.

Aus der Summe von Material- und Montagekosten werden die gesamten Baukosten für Fischabstieg und Fischschutz mit Formel 8 berechnet.

Formel 8 $K_{FAB/FS} = K_{Mges} + K_{Moges} = 2,5 \cdot K_{Mges}$

$K_{FAB/FS}$	Baukosten für Fischabstiegsanlagen und Fischschutz	[€]
--------------	--	-----

Die Kosten für Fischschutz und Fischabstieg sowie die Gesamtkosten des Abstiegssystems sind in Tabelle 11 und Tabelle 12 basierend auf Tabelle 10 aufgeführt.

Darüber hinaus gehen aus dieser Tabelle die Materialkosten für Rechenreiniger ($K_{M,RR}$) und Rechenspülschütze ($K_{M,RSS}$) für den Fischabstieg an den Wasserkraftanlagen hervor, an welchen nicht das vollständige Fischschutz- und Fischabstiegssystem umzusetzen ist.

Tabelle 10: Maßnahmen für die Wiederherstellung der Durchgängigkeit flussabwärts mit Begründung der Vorzugsvarianten

Standort- bezeichnung	Stelle der Maßnahme	Abstiegstechnik Maßnahmenumfang	Ansatz für Kosten- berechnung	Anmerkung zur Variante
WKA Camburg	Rest-WKA Haupt-WKA	Rechen + Rechenreiniger Schutz- und Abstiegssystem	Modular Nach TLUG (2011)	genehmigte Planung nicht optimal für Durchgängigkeit
WKA Döbritschen	WKA	Rechen + Rechenreiniger (2 Versionen für Rechen)	Modular	aufgrund der rechtsseitig verstärkten Anströmung reicht die Verringerung der Rechen- stababstände des bestehenden Rechens – Kosten und Nutzen des Horizontalrechens unverhältnismäßig → Rechengutbeseitigung schwierig
WKA Dorndorf	Haupt-WKA	Schutz- und Abstiegssystem	Nach TLUG (2011)	Dorndorf Rest-WKA wie geplant oder Rechen in Uferlinie und Abstieg über Haupt-WKA
WKA Porstendorf	WKA	Schutz- und Abstiegssystem	Nach TLUG (2011)	
WKA Paradieswehr	WKA	Schutz- und Abstiegssystem (2 Versionen für Rechen und Fischabstiegsanlage)	Nach TLUG (2011)	rechtseitige FAB mit vorgelagertem Horizontalrechen wird höhere Effizienz aufweisen, Reduktion der max. Anströmgeschw. bei Volllast der Turbinen nicht nötig
WKA Rasenmühle	WKA	Schutz- und Abstiegssystem (2 Versionen für Rechen und Fischabstiegsanlage)	Nach TLUG (2011)	rechtseitige FAB mit vorgelagertem Horizontalrechen wird höhere Effizienz aufweisen, Reduktion der max. Anströmgeschw. bei Volllast der Turbinen nicht nötig
WKA Burgau	WKA	Schutz- und Abstiegssystem	Nach TLUG (2011)	
WKA Jägersdorf	Rest-WKA Haupt-WKA	Abstiegsoptimierung Schutz- und Abstiegssystem	Modular Nach TLUG (2011)	
WKA Uhlstädt	WKA	Schutz- und Abstiegssystem	Nach TLUG (2011)	
WKA Unterpreilipp	Rest-WKA Haupt-WKA	Rechen + Rechenreiniger Schutz- und Abstiegssystem	Modular Nach TLUG (2011)	
WKA Obernitzer Wehr	WKA	Schutz- und Abstiegssystem	Nach TLUG (2011)	
WKA Reschwitz Wehr	WKA	Schutz- und Abstiegssystem	Nach TLUG (2011)	

Tabelle 11: Baukosten der Anlagen, an denen nur Teile des Schutz- und Abstiegssystems neu zu errichten sind; Kosten modular ermittelt; grau: nicht bevorzugte Variante

Standort	Stelle der Maßnahme	Q_A [m³/s]	Maßnahmenumfang	Anström- winkel	$K_{M,R}$ [€]	$K_{M,RR}$ [€]	$K_{M,ges}$ [€]	$K_{Mo,ges}$ [€]	Summe [€]
WKA Camburg	Rest-WKA	6	Rechen + Reiniger	90	12.000	40.000	52.000	78.000	130.000
WKA Döbritschen	WKA	20	Rechen + Reiniger horizontal	50	52.216	60.000	112.216	168.324	280.541
			alternativ: Ersatz Bestand	(*)	51.800		51.800	77.700	129.500
WKA Jägersdorf	Rest-WKA	4,55	Abstiegs-optimierung		0	0	0	60.000	60.000
WKA Unterpreilipp	Rest-WKA	5	Rechen + Reiniger	(*)	13.870	40.000	53.870	80.805	134.675

(*) nicht relevant, Berechnung anhand bestehender Rechenfläche

Tabelle 12: Baukosten $K_{FAB/FS,ges}$ für Fischabstiegs- und Fischschutzmaßnahmen

Standort- bezeichnung	MQ [m³/s]	Stelle der Maßnahme	Q_A [m³/s]	Abstiegs- technik Maßnahmen- umfang	k_{FAB} [€/ (m³/s)]	$K_{FAB/FS}$ [€]	$K_{FAB/FS,ges}$ [€]
WKA Camburg	31,24	Rest-WKA Haupt-WKA	6 18	Rechen + Reiniger Schutz- und Abstieg	Tabelle 11 30.000	130.000 540.000	670.000
WKA Döbritschen	31,20	WKA	20	Rechen + Reiniger	Tabelle 11	129.500	129.500
WKA Dorndorf	31,13	Haupt-WKA	26	Schutz- und Abstieg	30.000	780.000	780.000
WKA Porstendorf	30,98	WKA	23,4	Schutz- und Abstieg	20.000	468.00	468.000
WKA Paradieswehr	30,87	WKA	30	Schutz- und Abstieg	30.000	900.000	900.000
WKA Rasenmühle	30,79	WKA	30	Schutz- und Abstieg	30.000	900.000	900.000
WKA Burgau	30,74	WKA	31,00	Schutz- und Abstieg	30.000	930.000	930.000
WKA Jägersdorf	29,95	Rest -WKA Haupt-WKA	4,55 16,05	Abstiegs-optimierung Schutz- und Abstieg	Tabelle 11 30.000	60.000 481.500	541.500
WKA Uhlstädt	26,99	WKA	28	Schutz- und Abstieg	30.000	840.000	840.000
WKA Unterpreilipp	21,90	Rest -WKA Haupt-WKA	5 22	Rechen + Reiniger Schutz- und Abstieg	Tabelle 11 30.000	134.675 660.000	794.675
WKA Oberritz	18,62	WKA	13,25	Schutz- und Abstieg	30.000	397.500	397.500
WKA Reschwitz	17,89	WKA	13	Schutz- und Abstieg	30.000	390.000	390.000

4.5.3 Gesamtkosten-für Fischauf- und Fischabstieg

Die Gesamtkosten $K_{\text{öko}}$ werden als Summe der Maßnahmenkosten für Fischauf- und Fischabstieg, inklusive Fischschutz berechnet (Tabelle 13).

Tabelle 13: Gesamtkosten der ökologischen Maßnahmen $K_{\text{öko}}$

Kurz-bez.	BEZEICHNUNG	Gesamtkosten $K_{\text{FAA,ges}}$	Kosten Fischabstieg und Fischschutz $K_{\text{FAB/FS,ges}}$	Gesamtkosten Durchgängigkeit $K_{\text{öko}}$
		[€]	[€]	[€]
S22	WKA Camburg	1.143.080	670.000	1.813.080
S23	WKA Döbritschen	0	129.500	129.500
S24	WKA Dorndorf	325.950	780.000	1.105.950
S25	WKA Porstendorf	650.520	468.000	1.118.520
S26	WKA Paradieswehr	295.200	900.000	1.195.200
S27	WKA Rasenmühle	263.220	900.000	1.163.220
S28	WKA Burgau	357.930	930.000	1.287.930
S29	WKA Jägersdorf	526.400	541.500	1.067.900
S30	WKA Kahla	85.785	0	85.785
S31	WKA Uhlstädt	676.500	840.000	1.516.500
S32	Volksstädter Rampe	139.080	0	139.080
S33	Sohlschwelle Unterpreilipp	0	0	0
S34	WKA Unterpreilipp	805.920	794.675	1.600.595
S35	Göritzmühlenwehr	719.000	0	719.000
S36	Zeisswehr	148.200	0	148.200
S37	Saalfelder Teilewehr	144.780	0	144.780
S38	WKA Obernitzer Wehr	432.620	397.500	830.120
S39	WKA Reschwitz Wehr	493.610	390.000	883.610
S40	Fischersdorfer Wehr	0	0	0

Bei der Göritzmühle wurde wie in Kap. 4.5.1 die vorliegende Kostenberechnung übernommen.

4.7 Auswirkungen der ökologisch notwendigen Maßnahmen auf die Energieerzeugung und Wirtschaftlichkeit

Im Folgenden wird die veränderte Energieerzeugung an den untersuchten Wasserkraftanlagen nach Umsetzung der ökologisch notwendigen Maßnahmen zur Herstellung der Durchgängigkeit betrachtet. Dies umfasst insbesondere Maßnahmen bezüglich des Fischauf- und Fischabstiegs. Durch Dotation erforderlicher Fischauf- und Fischabstiegsanlagen steht eine reduzierte Wassermenge für die Energieerzeugung zur Verfügung. Dies kann zu einer Mindererzeugung an den Wasserkraftanlagen führen. Der Ertragsverlust kann gegebenenfalls durch eine erhöhte Einspeisevergütung nach EEG ausgeglichen werden.

Die Vorgehensweise nach TLUG (2011) ist nicht vollständig auf die Saale anwendbar, da sich die Saale vor allem hinsichtlich der Wassermengen und somit bzgl. der Energiegewinnung deutlich von der Ilm unterscheidet. Deshalb wurde eine methodische Vorgehensweise speziell für die mittlere Saale entwickelt, die auf die Standortbedingungen der Saale zugeschnitten ist.

Die Ermittlung der ökologisch notwendigen Maßnahmen für jeden Standort bildet die grundlegende Basis, um die benötigten Wassermengen festzulegen. Darüber hinaus werden nach TLUG (2009) an den Wasserkraftanlagen neue Rechen mit geringeren Stababständen gefordert, um einen besseren Fischschutz zu gewährleisten. Auch dies kann aufgrund eines höheren Strömungswiderstandes Auswirkungen auf die Energieerzeugung haben.

Basierend auf den bisherigen jährlichen Erträgen der jeweiligen Wasserkraftanlage (Ist-Zustand) können die zu erwartenden Erträge nach der Umsetzung der ökologischen Maßnahmen (Ziel-Zustand) mit dem Ist-Zustand verglichen werden.

Die ökologischen Maßnahmen bezüglich der Fischaufstiegs- und Fischabstiegsanlagen werden im Folgenden als **Maßnahme 1** bezeichnet. Maßnahmen an den Rechen werden als **Maßnahme 2** zusammengefasst.

Am Wasserkraftstandort Dorndorf wird davon ausgegangen, dass die geplante und genehmigte Restwasserkraftanlage (Rest-WKA) am Wehr umgesetzt wird.

4.7.1 Energetische Basisdaten der Wasserkraftanlagen

Aus Tabelle 14 ist ersichtlich, welche Wasserkraftanlagen Flusskraftwerke bzw. Ausleitungskraftwerke sind. An den Standorten Camburg, Jägersdorf und Unterpreilipp befindet sich neben der Hauptwasserkraftanlage (Haupt-WKA) am Mühlgraben noch eine Restwasserkraftanlage direkt am Wehr. In Dorndorf ist eine solche bereits geplant und genehmigt, wurde bisher jedoch noch nicht umgesetzt.

In der Tabelle 14 sind darüber hinaus die Fallhöhe h_f , der Ausbaudurchfluss Q_A und die Ausbauleistung P_A der jeweiligen Anlage enthalten (P_A entnommen aus den aktuell gültigen Unterlagen bzw. Angaben der Betreiber). Des Weiteren ist der Ausbaugrad f aufgeführt, der sich mit Formel 9 berechnet (GIESECKE & MOSONYI 2005) und angibt, welche Wassermenge im Verhältnis zum mittleren Abfluss an einem Wasserkraftstandort energetisch maximal genutzt wird.

Formel 9 $f = \frac{Q_{A,gesamt}}{MQ}$

f Ausbaugrad der jeweiligen Wasserkraftanlage

$Q_{A,gesamt}$ Ausbaudurchfluss am gesamten Standort

MQ mittlerer Abfluss am jeweiligen Standort

$$\begin{array}{l} [-] \\ \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \\ \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \end{array}$$

Tabelle 14: Energetisch relevante Basisdaten der untersuchten Wasserkraftanlagen (P_A entnommen aus den aktuelle gültigen Unterlagen bzw. Angaben der Betreiber)

Standort	Art der WKA	Turbine(n)	MQ [m³/s]	Q_A [m³/s]	$Q_{A,ges}$ [m³/s]	h_f [m]	P_A [kW]	f [-]
WKA Camburg	REST-WKA am Wehr Ausleitungskraftwerk	1 Francis 2 Francis	31,2	6,00 18,00	24,00	3,00 3,00	100 300	0,77
WKA Döbritschen	Ausleitungskraftwerk	2 Francis	31,2	20,00	20,00	2,50	300	0,64
WKA Dorndorf	Ausleitungskraftwerk	2 Kaplan	31,1	26,00	26,00	2,60	500	0,84
WKA Porstendorf	Ausleitungskraftwerk	3 Francis	31,0	23,40	23,40	4,00	630	0,76
WKA Paradieswehr	Flusskraftwerk	2 Kaplan	30,9	30,00	30,00	2,10	500	0,97
WKA Rasenmühle	Flusskraftwerk	2 Kaplan	30,8	30,00	30,00	2,25	530	0,97
WKA Burgau	Ausleitungskraftwerk	3 Kaplan	30,7	50,00	50,00	3,80	1300	1,63
WKA Jägersdorf	REST-WKA am Wehr Ausleitungskraftwerk	1 Kaplan 3 Kaplan	30,0	4,55 16,05	20,60	2,44 3,29	160 300	0,69
WKA Uhlstädt	Flusskraftwerk	2 Kaplan	27,0	28,00	28,00	2,27	560	1,04
WKA Unterpreilipp	REST-WKA am Wehr Ausleitungskraftwerk	1 Kaplan 3 Kaplan	21,9	5,00 36,00	41,00	3,00 4,00	120 1080	1,87
WKA Obernitz	Ausleitungskraftwerk	2 Francis	18,6	13,25	13,25	2,95	280	0,71
WKA Reschwitz	Ausleitungskraftwerk	2 Kaplan	17,9	13,00	13,00	2,20	270	0,73

Weitere Daten wurden folgenden Quellen entnommen:

- 50Hertz Transmission GmbH; Übertragungsnetzbetreiber, Betreiber des Höchstspannungsnetzes im Norden und Osten Deutschlands - die untersuchten Standorte an der Saale befinden sich in deren Regelzone; <http://www.50hertz.com/de/unternehmen.htm> (29.11.2012); 50Hertz veröffentlicht diverse Angaben zu allen in ihrer Regelzone vorhandenen Anlagen, die Förderung nach dem Erneuerbaren Energien Gesetz erhalten. 50Hertz erhält die Daten zu diesen Anlagen von dem jeweiligen Verteilungsnetzbetreiber, in dessen Gebiet sich eine Anlage befindet, die den erzeugten Strom in ihr Netz einspeist.
- Thüringer Energienetze GmbH (TEN); Verteilungsnetzbetreiber der untersuchten Wasserkraftanlagen in Camburg, Döbritschen, Dorndorf, Porstendorf und Reschwitz.
- Stadtwerke Energie Jena-Pößneck GmbH Verteilungsnetzbetreiber der untersuchten Wasserkraftanlagen in Jena (Paradieswehr, Rasenmühlenwehr, Burgau).
- Energienetze Rudolstadt (EnR); Verteilungsnetzbetreiber der untersuchten Wasserkraftanlage in Unterpreilipp <http://www.50hertz.com/de/165.htm> (letzter Abruf: 29.11.2012).

In Tabelle 15 sind die installierten Leistungen P_N der genannten Wasserkraftanlagen aus den Anlagenstammdaten von 50Hertz enthalten (<http://www.50hertz.com/de/165.htm>; letzter Abruf: 29.11.2012).

Das Wasserkraftwerk Obernitz ist nicht aufgeführt, da diese Anlage bisher nicht ins Netz einspeist und deshalb keine Einspeisevergütung nach dem EEG erhält. Die dort erzeugte Energie wird als Eigenbedarf vom Anlagenbetreiber, der Firma Stollwerck GmbH, verwendet.

Tabelle 15: Installierte Leistung P_N der untersuchten Wasserkraftanlagen nach Angaben 50Hertz zum Vergleich mit P_A in Tabelle 14

Standort	WKA	P_N [kW]
WKA Camburg	REST- + Haupt-WKA	560
WKA Döbritschen	WKA	280
WKA Dorndorf	WKA	800
WKA Porstendorf	WKA	600
WKA Paradieswehr	WKA	496
WKA Rasenmühle	WKA	554
WKA Burgau	WKA	1.300
WKA Jägersdorf	REST-WKA	160
	Haupt-WKA	300
WKA Uhlstädt	WKA	512
WKA Unterpreilipp	REST-WKA	110
	Haupt-WKA	960
WKA Obernitz	WKA	k.A.
WKA Reschwitz	WKA	290

Die Angaben der Ausbauleistung, die bei der Standortanalyse erfasst wurden, zeigen im Vergleich zur installierten Leistung aus den Anlagenstammdaten von 50Hertz teilweise erhebliche Abweichungen. An den Wasserkraftanlagen in Camburg und Dorndorf sind die größten Abweichungen feststellbar. Für die weitere Bearbeitung wurde P_N berücksichtigt.

4.7.2 Daten zur Energieeinspeisung der Wasserkraftanlagen

Neben den Anlagenstammdaten der Energieerzeugungsanlagen werden von 50Hertz auch die anlagenbezogenen EEG-Jahresabrechnungen veröffentlicht. Daraus gehen unter anderem die eingespeisten EEG-Strommengen eines Jahres hervor. Im Anhang 4 sind in Tabelle 56 bis Tabelle 62 die EEG-Jahresabrechnungen der untersuchten Wasserkraftanlagen von 2006 bis 2012 aufgelistet.

Wie oben erwähnt, fehlen Daten der Wasserkraftanlage am Obernitzer Wehr, da der erzeugte Strom nicht eingespeist wird. Um diesen Standort dennoch mit in die weiteren Untersuchungen einzubeziehen, wird pauschal eine Jahresarbeit von 1.400.000 kWh angesetzt. Das ergibt sich aus Multiplikation der installierten Leistung von 280 kW (Tabelle 14) mit 5.000 Volllaststunden.

Eine verlässliche Berechnungsgrundlage hinsichtlich der an einem Standort erzeugten Energie ist der Mittelwert aus den eingespeisten EEG-Strommengen der letzten sieben Jahre (Tabelle 63 im Anhang 4). Dieser Mittelwert wird als erzeugte Jahresarbeit im Ist-Zustand W_{Ist} angenommen. Nur an den Standorten in Unterpreilipp und an der Rest-WKA in Jägersdorf lagen weniger als sieben Jahre für die Bestimmung des Mittelwertes zugrunde, da dort die Inbetriebnahme der Anlagen und somit die Einspeisung erst nach 2006 erfolgte.

Anhand des Mittelwertes der erzeugten Jahresarbeit W_{Ist} eines Standortes werden die durchschnittlichen Volllaststunden (Tabelle 16) der jeweiligen Wasserkraftanlage mit Formel 10 ermittelt:

Formel 10 $t_{VL} = \frac{W_{Ist}}{P_N}$

t_{VL}	durchschnittliche Volllaststunden der jeweiligen Wasserkraftanlage	[h]
W_{Ist}	durchschnittliche Jahresarbeit im Ist-Zustand	[kWh]
P_N	installierte Leistung der Wasserkraftanlagen	[kW]

Die Angabe der installierten Leistung kann an manchen Wasserkraftanlagen nicht auf Plausibilität geprüft werden. Dies gilt folglich auch für die daraus berechneten Volllaststunden. Deshalb wird im weiteren Verlauf, wenn möglich, die durchschnittliche Jahresarbeit als Berechnungsgrundlage genutzt, da dieser Zahlenwert aus der tatsächlichen Jahresabrechnung hervorgeht.

Darüber hinaus wird mit der durchschnittlichen Jahresarbeit und dem momentanen Vergütungssatz der derzeitige Jahresertrag E_{Ist} einer Anlage mit Formel 11 berechnet (Tabelle 16):

Formel 11 $E_{Ist} = W_{Ist} \cdot VS_{Ist}$

E_{Ist}	Jahresertrag im Ist-Zustand	[€]
W_{Ist}	durchschnittliche Jahresarbeit im Ist-Zustand	[kWh]
VS_{Ist}	Vergütungssatz im Ist-Zustand	$\left[\frac{€}{kWh} \right]$

Die aktuell gewährten Vergütungssätze wurden mit der letzten verfügbaren EEG-Jahresabrechnung vom Jahr 2012 ermittelt. Dabei wird der Vergütungssatz mit Formel 12 berechnet:

Formel 12 $VS_{Ist} = \frac{E_{2012}}{W_{2012}}$

VS_{Ist}	Vergütungssatz im Ist-Zustand	$\left[\frac{€}{kWh} \right]$
E_{2012}	Jahresertrag der jeweiligen Wasserkraftanlage im Jahr 2012	[€]
W_{2012}	Jahresarbeit der jeweiligen Wasserkraftanlage im Jahr 2012	[kWh]

Außer in Camburg und Jena (Paradies- sowie Rasenmühlenwehr) werden bereits erhöhte Vergütungssätze von 0,1167 €/kWh nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz von 2009 gewährt.

Der eingespeiste Strom der Anlage in Camburg und der beiden Anlagen in Jena wurde zum Untersuchungszeitraum mit 0,0767 €/kWh vergütet. Dies entspricht der Vergütung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes von 2000 (UBA 2011).

Einige Vergütungssätze, die sich nur auf die eingespeiste Strommenge des Jahres 2012 beziehen und somit nicht repräsentativ für die durchschnittliche Jahresarbeit der letzten Jahre sind, wurden wie folgt überprüft.

Die Bemessungsleistung P_B der Wasserkraftanlagen, bezugnehmend auf die durchschnittliche Jahresarbeit, wurde in Anlehnung an (UBA 2011) mit Formel 13 berechnet:

Formel 13
$$P_B = \frac{W_{Ist}}{8760 h}$$

P_B	Bemessungsleistung der jeweiligen Wasserkraftanlage	[kW]
W_{Ist}	durchschnittliche Jahresarbeit im Ist-Zustand	[kWh]
8760 h	Stunden eines Jahres	

Überschreitet die Bemessungsleistung einer Wasserkraftanlage den EEG-Vergütungsgrenzwert von 500 kW, so setzt sich nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz der Vergütungssatz anteilig aus unterschiedlichen Vergütungssätzen zusammen. Dieser Grenzwert wird nur an der Haupt-Wasserkraftanlage in Unterpreilipp überschritten. Bei den anderen Wasserkraftanlagen können die mit Formel 12 berechneten Vergütungssätze übernommen werden.

Bei der WKA Unterpreilipp wird die Bemessungsleistung mit Formel 13 zu 515,76 kW berechnet. Dabei werden 500 kW mit dem Vergütungssatz von 0,1167 €/kWh und die darüber hinausgehenden 15,76 kW mit dem nächst niedrigeren Vergütungssatz von 0,0865 €/kWh vergütet.

Der momentane Vergütungssatz VS_{Ist} errechnet sich dann entsprechend Formel 14 nach UBA (2011) wie folgt:

Formel 14
$$VS_{Ist} = \frac{500 \text{ kW}}{P_B} \cdot 0,1167 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} + \frac{P_B - 500 \text{ kW}}{P_B} \cdot 0,0865 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

Bei einer Bemessungsleistung von $P_B = 515,76 \text{ kW}$ ergibt sich somit ein Vergütungssatz von 0,1158 €/kWh (Tabelle 16).

Ist die eingespeiste Strommenge bekannt, kann die Bemessungsleistung alternativ ermittelt werden. Dabei spielt der Grenzwert von 4.380.000 kWh eine wesentliche Rolle. Dieser ergibt sich aus der Multiplikation von 500 kW mit der Anzahl der Stunden eines Jahres (8.760 h). Liegt der Wert der eingespeisten Strommenge unter dem Grenzwert, so wird der Vergütungssatz nicht gestaffelt. Übersteigt die eingespeiste Strommenge eines Jahres allerdings den Wert von 4.380.000 kWh werden alle darüber hinausgehenden kWh mit dem nächst niedrigeren Vergütungssatz vergütet.

Die Berechnung erfolgt mit Formel 15 (UBA 2011):

Formel 15
$$E_{Ist} = 4.380.000 \text{ kWh} \cdot 0,1167 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} + (W_{Ist} - 4.380.000 \text{ kWh}) \cdot 0,0865 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

Tabelle 16: Mittelwerte der Energieeinspeisung (W_{Ist}) der Wasserkraftanlagen (Tabelle 63)

Standort	Anlage	P_N [kW]	W_{Ist} [kWh]	t_{VL} [h]	VS_{Ist} [€/kWh]	E_{Ist} [€]	$E_{Ist,ges}$ [€]
WKA Camburg	RW- + Haupt-WKA	560	1.896.413	3.386,5	0,0767	145.455	145.455
WKA Döbritschen	WKA	280	1.846.659	6.595,2	0,1167	215.505	215.505
WKA Dorndorf	WKA	800	2.474.534	3.093,2	0,1167	288.778	288.778
WKA Porstendorf	WKA	600	2.800.161	4.666,9	0,1167	326.779	326.779
WKA Paradieswehr	WKA	496	2.550.194	5.141,5	0,0767	195.600	195.600
WKA Rasenmühle	WKA	554	2.385.137	4.305,3	0,0767	182.940	182.940
WKA Burgau	WKA	1300	4.277.824	3.290,6	0,1270	543.284	543.284
WKA Jägersdorf	RW-WKA	160	790.532	4.940,8	0,1167	92.255	273.212
	Haupt-WKA	300	1.550.620	5.168,7	0,1167	180.957	
WKA Uhlstädt	WKA	512	2.075.116	4.053,0	0,1167	242.166	242.166
WKA Unterpreilipp	RW-WKA	110	439.779	3.998,0	0,1167	51.322	574.409
	Haupt-WKA	960	4.518.048	4.706,3	0,1158	523.087	
WKA Obernitz	WKA	k.A.	1.400.000	5.000,0	0,0767	107.380	107.380
WKA Reschwitz	WKA	290	1.212.630	4.181,5	0,1167	141.514	141.514

Um eine Vergleichbarkeit herzustellen, wurde für die Obernitzer WKA eine jährlich erreichbare Vergütung von etwas über 100.000 Euro pro Jahr berechnet, wenn dort in das Netz eingespeist werden würde.

4.7.3 Ökologisch notwendige Abflüsse

4.7.3.1 Ökologischer Mindestabfluss in Ausleitungsstrecken

Mindestabflüsse werden an Ausleitungskraftwerken notwendig, um in der Gewässerstrecke, welcher das Wasser entzogen wird, bestimmte ökologische Mindeststandards einzuhalten. Dabei spielen minimale Strömungsgeschwindigkeiten sowie Mindestwassertiefen bzgl. der Durchwanderbarkeit für die Fische entsprechend TLUG (2009) eine Rolle. Anteilig können Mindestwassermengen über den Abfluss der Fischauf- bzw. Fischabstiegsanlagen gewährleistet werden. Im Untersuchungsabschnitt der Saale existieren an den meisten Standorten behördliche geforderte Mindestabflüsse in Höhe von etwa $0,33 \times \text{MNQ}$. Dies entspricht den Ansätzen, wie sie auch von TLUG (2011) vorgeschlagen wurden.

In Tabelle 17 wurden die entsprechenden behördlich geforderten Mindestabflüsse der Wasserkraftanlagenstandorte im Vergleich zu $0,33 \times \text{MNQ}$ zusammengestellt.

Tabelle 17: Behördlich geforderte Mindestabflüsse Q_{mind} an den Wasserkraftstandorten im Vergleich zu $0,33 \times \text{MNQ}$; grau: nicht relevante Werte (Flusskraftwerke)

Standort	MNQ [m³/s]	$0,33 \cdot \text{MNQ}$ [m³/s]	Q_{mind} [m³/s]	Bemerkung
WKA Camburg	10,76	3,55	3,40	
WKA Döbritschen	10,74	3,54	1,90	entspr. wiss. Gutachten Q_{mind} festgelegt (SCHMALZ & SCHMALZ 2007)
WKA Dorndorf	10,69	3,53	3,50	
WKA Porstendorf	10,60	3,50	3,00	
WKA Paradieswehr	10,53	3,47	1,00	aus landschaftsästhetischen Gründen; kein Ausleitungskraftwerk
WKA Rasenmühle	10,48	3,46	0	Brauchwasser für Schott AG 0,6 m³/s ; kein Ausleitungskraftwerk
WKA Burgau	10,44	3,45	1,00	
WKA Jägersdorf	9,95	3,28	3,10	
WKA Uhlstädt	8,14	2,69	0	für alten Mühlgraben 0,6 m³/s ; kein Ausleitungskraftwerk
WKA Unterpreilipp	5,61	1,85	3,00	
WKA Obernitz	4,21	1,39	2,00	
WKA Reschwitz	3,91	1,29	2,00	

Für die weiteren Berechnungen wurden die bestehenden behördlich geforderten Wassermengen Q_{mind} für die weiteren Berechnungen verwendet. Ausnahmen stellen die Standorte Postendorf und Burgau dar, die bzgl. der Ansätze nach TLUG (2011) stärker abweichen. Bei diesen beiden Standorten wurden $0,33 \times \text{MNQ}$ für die weiteren Berechnungen verwendet.

In Döbritschen wurde aufgrund wissenschaftlicher bzw. standortspezifischer Untersuchungen ein geringerer Wert festgelegt. Am Obernitzer Wehr wird eine standortspezifische

Untersuchung hinsichtlich der Durchgängigkeit nach LAWA (2001) empfohlen. Da dort der komplette Fischaufstieg über das Wehr erfolgen muss, sind entsprechende große Wassertiefen in der Ausleitungsstrecke zwingend erforderlich. Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wird an diesem Standort dennoch mit behördlich geforderten Wassermengen Q_{mind} gerechnet, da diese den Wert von $0,33 \times \text{MNQ}$ überschreiten.

An den Flusskraftwerken in Jena am Paradieswehr und am Rasenmühlenwehr sowie in Uhlstädt ist eigentlich keine ökologische Mindestwasserforderung im Gegensatz zu den Ausleitungskraftwerken nötig. Aus landschaftsästhetischen Gründen wird am Paradieswehr jedoch mit behördlicher Auflage ein Mindestabfluss von $1 \text{ m}^3/\text{s}$ zur Benetzung des Wehres zur Aufwertung des Landschaftsbildes gefordert.

Oberhalb des Rasenmühlenwehres werden $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ in Jena als Brauchwasser von der Firma Schott AG ausgeleitet. Am Uhlstädter Wehr werden $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ über einen alten Mühlgraben ausgeleitet, in welchen kommunale Abwässer eingeleitet werden. Diese Wassermengen sind zwar keine Mindestwasserforderungen im eigentlichen Sinn, werden aber als energetisch nicht nutzbare Wassermengen bei den Berechnungen berücksichtigt.

4.7.3.2 Dotation der Fischaufstiegsanlagen

Standortbezogen wurde im Rahmen der Untersuchungen jeder Standort bezüglich der bestehenden Fischaufstiegsmöglichkeiten geprüft, um gegebenenfalls notwendige Maßnahmen für den Fischaufstieg vorzuschlagen. Außer in Döbritschen ist an allen Standorten Handlungsbedarf gegeben, da die Durchgängigkeit nur eingeschränkt oder nicht wiederhergestellt ist. An Wasserkraftanlagen mit Handlungsbedarf muss mindestens eine Fischaufstiegsanlage neu gebaut werden, an manchen Ausleitungskraftwerk-Standorten sogar zwei (Tabelle 18).

Tabelle 18: Notwendige Maßnahmen zur Gewährleistung des Fischaufstiegs an den Wasserkraftstandorten

Standort	Bauart FAA/Stelle der Maßnahme	
WKA Camburg	Schlitzpass Schlitzpass	REST-WKA am Wehr Haupt-WKA
WKA Döbritschen	Bereits durchgängig	
WKA Dorndorf	Schlitzpass	REST-WKA am Wehr
WKA Porstendorf	RGBP Schlitzpass	Wehr WKA
WKA Paradieswehr	Schlitzpass	WKA am Wehr
WKA Rasenmühle	Schlitzpass	WKA am Wehr
WKA Burgau	Schlitzpass	Wehr
WKA Jägersdorf	Schlitzpass	Haupt-WKA
WKA Uhlstädt	Schlitzpass	WKA am Wehr
WKA Unterpreilipp	Schlitzpass	Haupt-WKA
WKA Obernitz	Schlitzpass Einschwimmsperre WKA	Wehr
WKA Reschwitz	RGBP Schlitzpass	Wehr WKA

Wie in Kapitel 4.2 ausgeführt (Tabelle 3), beträgt die Minstdotation $Q_{FAA,Dim}$ eines Schlitzpasses 400 - 410 l/s bzw. eines Raugerinne-Beckenpasses 550 - 570 l/s in der Barbenregion (vgl. Tabelle 19).

Wie ebenfalls in Kapitel 4.2 beschrieben, soll der Mindestabfluss einer Fischaufstiegsanlage $Q_{FAA,min}$ in der mittleren Saale 2 % des konkurrierenden Abflusses $Q_{konkurr}$ für eine verbesserte Auffindbarkeit betragen.

Bei den untersuchten Wasserkraftstandorten ergeben sich je nach Position der Fischaufstiegsanlage unterschiedliche Konkurrenzabflüsse $Q_{konkurr}$, auf die der zu ermittelnde Betriebsdurchfluss der Fischaufstiegsanlage bezogen werden muss (vgl. Kap. 4.2).

Im Falle der Haupt-Wasserkraftanlage in Unterpreilipp wurde nicht der Ausbaudurchfluss der WKA, sondern MQ als konkurrierender Abfluss angenommen (Tabelle 19). Es erschien unverhältnismäßig, die Fischaufstiegsanlage größer zu dimensionieren, da der Vollastfall nur an wenigen Tagen mit entsprechend hoher Wasserführung erreicht wird. Diese Vorgehensweise orientiert sich an den Wehrstandorten ohne WKA, an denen ebenfalls MQ angesetzt wird, auch wenn die Abflüsse zeitweise MQ im Jahresgang überschreiten.

In Tabelle 19 sind die nach TLUG (2009) ermittelten Betriebsdurchflüsse der vorgeschlagenen Fischaufstiegsanlagen sowie die notwendigen Konkurrenzabflüsse zusammengefasst.

Um für jede Wasserkraftanlage die spezifischen Abflüsse für den Fischaufstieg zu bestimmen, werden jeweils die baulichen und behördlich geforderten Vorgaben, vergleichend ausgewertet:

- Deckt die Mindestdotation des Fischpasses entsprechend des Bautyps (400 - 410 l/s bzw. 570 l/s) die 2 % der konkurrierenden Abflussmenge, wird die Fischaufstiegsanlage auf die Mindestdotation ausgelegt.
- Wenn 2 % der konkurrierenden Abflussmenge die Mindestdotation des Fischpasses überschreiten, wird diese Wassermenge als FAA-Dotation angesetzt. Die erforderliche Wassermenge kann durch bauliche Anpassungen der FAA (größere Dimensionierung) oder durch den Bau spezieller Bypassleitungen erreicht werden.

Tabelle 19: Dotation neu zu errichtender Fischaufstiegsanlagen Q_{FAA} ; grau: nicht bevorzugte Variante

WKA-Standort	Bauart FAA/Stelle der Maßnahme		Δh_{FAA} [m]	$Q_{FAA,Dim}$ [m³/s]	Ansatz $Q_{konkurr}$	$Q_{konkurr}$ [m³/s]	$0,02 \cdot Q_{konkurr}$ [m³/s]	Vorgabe Q_{FAA}	Q_{FAA} [m³/s]
Camburg	Schlitzpass	Rest-WKA am Wehr	2,47	0,41	Q_A (RW-WKA)	6,00	0,120	$Q_{FAA,Dim}$	0,410
	Schlitzpass	Haupt-WKA	3,00	0,41	Q_A (Haupt-WKA)	18,00	0,360	$Q_{FAA,Dim}$	0,410
Döbritschen	schon durchgängig								
Dorndorf	Schlitzpass	Rest-WKA am Wehr	2,65	0,41	Q_A (RW-WKA)	6,00	0,120	$Q_{FAA,Dim}$	0,410
Porstendorf	RGBP	Wehr	1,56	0,57	Q (Wehr)	7,58	0,152	$Q_{FAA,Dim}$	0,570
	Schlitzpass	WKA	4,00	0,40	Q_A (WKA)	23,40	0,468	$0,02 \cdot Q_{konkurr}$	0,468
Paradieswehr	Schlitzpass	WKA am Wehr	2,40	0,41	Q_A (WKA)	30,00	0,600	Var. 1 Abstiegsdotation nutzbar $Q_{FAA,Dim}$; V. 2: $0,02 \cdot Q_{konkurr}$	V. 1: 0,410; V. 2: 0,600
Rasenmühle	Schlitzpass	WKA am Wehr	2,14	0,41	Q_A (WKA)	30,00	0,600	Var. 1 Abstiegsdotation nutzbar $Q_{FAA,Dim}$; V. 2: $0,02 \cdot Q_{konkurr}$	V. 1: 0,410; V. 2: 0,600
Burgau	Schlitzpass	Wehr	2,91	0,41	Q (Wehr)	1,00	0,020	$Q_{FAA,Dim}$	0,410
Jägersdorf	Schlitzpass	Haupt-WKA	3,29	0,40	Q_A (Haupt-WKA)	16,05	0,321	$Q_{FAA,Dim}$	0,400
Uhlstädt	Schlitzpass	WKA am Wehr	2,75	0,41	Q_A (WKA)	28,00	0,560	$Q_{FAA,Dim}$	0,410
Unterpreilipp	Schlitzpass	Haupt-WKA	4,60	0,40	MQ	21,90	0,438	$0,02 \cdot Q_{konkurr}$	0,438
Obernitz	Schlitzpass	Wehr	2,44	0,41	Q (Wehr)	5,37	0,107	$Q_{FAA,Dim}$	0,410
Reschwitz	RGBP	Wehr	2,33	0,57	Q (Wehr)	4,89	0,098	$Q_{FAA,Dim}$	0,570
	Schlitzpass	WKA	2,20	0,41	Q_A (WKA)	13,00	0,260	$Q_{FAA,Dim}$	0,410

An manchen Standorten, an denen 2 % der konkurrierenden Abflussmenge nicht vollständig von der Fischaufstiegsanlage gestellt werden kann, wird in einem weiteren Schritt geprüft, ob die Dotation des Fischabstiegs im Bereich des Fischaufstiegsanlageneinstiegs zugeführt werden kann, um die erforderliche Lockströmungskomponente zu erreichen. Dies reduziert den baulichen Aufwand, da dann die Fischaufstiegsanlagen nur nach dem baulichen Mindestmaß dimensioniert werden müssen.

An den Standorten in Jena am Paradies- sowie Rasenmühlenwehr ermöglichen es die Standortbedingungen bei Variante 1 durch Zuführung der Abflüsse aus dem bodennahen Fischabstiegsbypass die Lockströmung für die Auffindbarkeit der Fischaufstiegsanlage zu erhöhen. Bei Variante 2 ist der Schlitzpass größer zu dimensionieren.

4.7.3.3 Dotation der Fischabstiegsanlagen

Die Standortanalyse hat gezeigt, dass an allen Standorten außer in Döbritschen Maßnahmen bezüglich der Fischabstiegsanlagen notwendig sind, da keine Anlagen vorhanden oder vorhandene Anlagen nicht funktionstüchtig sind. Es werden sowohl sohlnahe als auch oberflächennahe Bypässe benötigt.

Die technischen und hydraulischen Vorgaben, wie der Mindestabfluss $Q_{FAB,Dim}$ von Fischabstiegsanlagen, wurden in Kapitel 4.3 ausgeführt. Dementsprechend sind mindestens 250 l/s bzw. 2 % des Ausbaudurchflusses der WKA für den gesamten Fischabstieg anzusetzen. Bei den Wasserkraftanlagen mit einem kleineren Turbinendurchfluss als 12,5 m³/s, wird der festgelegte Minstdurchfluss von 125 l/s pro Bypass angenommen.

Dies betrifft die Restwasserkraftanlagenstandorte in Dorndorf und in Jägersdorf, mit Ausbaudurchflüssen von 6 m³/s bzw. 4,55 m³/s. Für die Bypässe der Restwasserkraftanlage in Dorndorf wurden in der Planung jeweils 200 l/s vorgesehen. Dies liegt etwas über dem geforderten Minstdurchfluss von 125 l/s.

Bei den beiden Wasserkraftanlagen in Burgau und Unterpreilipp wird aufgrund der großen Ausbaudurchflüsse die Dimensionierung der Bypässe auf MQ ausgelegt.

Tabelle 20 zeigt die erforderlichen Durchflüsse für den Fischabstieg Q_{FAB} an den jeweiligen Standorten.

Tabelle 20: Erforderliche Dotation der Fischabstiegsanlagen Q_{FAB}

Standort	Maßnahme Fischabstieg	$Q_{FAB,Dim}$ [m³/s]	Q_A [m³/s]	$0,02 \cdot Q_A$	Q_{FAB} [m³/s]
WKA Camburg	FAB an Haupt-WKA	0,25	18,00	0,36	0,360
WKA Döbritschen	bereits durchgängig				
WKA Dorndorf	FAB an Rest-WKA	0,25	6,00	0,12	0,400*
	FAB an Haupt-WKA	0,25	26,00	0,52	0,520
WKA Porstendorf	FAB an WKA	0,25	23,4	0,468	0,468
WKA Paradieswehr	FAB an WKA	0,25	30,00	0,6	0,600
WKA Rasenmühle	FAB an WKA	0,25	30,00	0,6	0,600
WKA Burgau	FAB an WKA	0,25	30,74 (MQ)	0,615	0,615
WKA Jägersdorf	FAB an Rest-WKA	0,25	4,55	0,091	0,250
	FAB an Haupt-WKA	0,25	16,05	0,321	0,321
WKA Uhlstädt	FAB an WKA	0,25	28,00	0,56	0,560
WKA Unterpreilipp	FAB an Haupt-WKA	0,25	21,90 (MQ)	0,438	0,438
WKA Obernitz	FAB an WKA	0,25	13,25	0,265	0,265
WKA Reschwitz	FAB an WKA	0,25	13,25	0,265	0,260

*lt vorliegender und genehmigter Planung

4.7.4 Bilanzierung ökologisch notwendiger Abflüsse

Anderer Vorschlag: Für die Bilanzierung des ökologisch notwendigen Abflüsse wird als für den Vergleich relevanter Ist-Zustand der jeweils vorgefundene Zustand bezeichnet. Das bedeutet, dass der Abfluss bereits vorhandener Fischauf- und -abstiegsanlagen nicht in die Bilanzierung eingeht. Nur bei Veränderung der Abflussmengen, z. B. bei notwendiger, größerer Dimensionierung der Anlagen wird die Differenz einbezogen. Auch bereits behördlich genehmigte, aber noch nicht umgesetzte Anlagen werden als Ist-Zustand angesehen.

Ökologische Abflüsse für den Fischaufstieg können an den Wehren einiger Ausleitungskraftwerke mit den behördlich festgelegten Mindestabflüssen (vgl. Q_{mind} Tabelle 17) verrechnet werden. Ist die Mindestwassermenge gleich oder größer als die notwendige Dotation für den Fischaufstieg am Wehr, dann ergibt sich für die FAA am Wehr keine gesondert benötigte zusätzliche Wassermenge. Diese jeweilige verrechenbare, nicht zusätzlich benötigte Wassermenge wird als $Q_{verrechenbar}$ bezeichnet.

Diese Verrechnung ist an den Wasserkraftanlagen in Porstendorf, Burgau, Obernitz und Reschwitz möglich.

Die darüber hinaus letztendlich zusätzlich benötigte Wassermenge $Q_{benötigt}$ (im Vergleich zum Ist-Zustand) ergibt sich aus den summierten Abflussmengen für benötigte Fischauf- und Fischabstiegsanlagen abzüglich der Abflussmengen bestehender bzw. in Genehmigungen

festgelegter Wassermengen sowie den jeweiligen verrechenbaren Wassermengen (Tabelle 21).

Tabelle 21: Zusätzlich benötigte Abflussmenge $Q_{\text{benötigt}}$ an den Wasserkraftstandorten; grau: nicht bevorzugte Variante

Standort	Q_{FAA}	Q_{FAB}	$Q_{\text{FAA}} + Q_{\text{FAB}}$	Bestand, Planung, Genehmigung Q_{FAA}		Bestand, Planung, Genehmigung Q_{FAB}		Bzgl. Mindestwasserforderung $Q_{\text{verrechenbar}}$	zusätzl. $Q_{\text{benötigt}}$
	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]		[m³/s]		[m³/s]	[m³/s]
WKA Camburg Variante mit 2 FAA	0,820	0,360	1,180	0,360	TLVWA 2010	0,440	TLVWA 2010	0,000	0,380
WKA Camburg Variante Einschwimmsp.	0,410	0,360	0,770	0,360	TLVWA 2010	0,440	TLVWA 2010	0,000	0,000
WKA Döbritschen	errichtet	errichtet	errichtet	1,102	TLVWA 2009	0,100	TLVWA 2009	errichtet	errichtet
WKA Dorndorf	0,410	0,920	1,330	0,400	TLVWA 2009	0,400	TLVWA 2009	0,000	0,530
WKA Porstendorf	1,038	0,468	1,506	0,400	TLVWA 2012	nein		0,570	0,536
WKA Paradieswehr V1	0,410	0,600	1,010	0,200	TLVWA 1998 genehm. errichtet	0,400	TLVWA 1998 genehm. nicht umgesetzt	0,000	0,410
WKA Paradieswehr V2	0,600	0,600	1,200	0,200	TLVWA 1998 genehm. errichtet	0,400	TLVWA 1998 genehm. nicht umgesetzt	0,000	0,600
WKA Rasenmühle V1	0,410	0,600	1,010	0,200	TLVWA 1998 genehm. errichtet	0,400	TLVWA 1998 genehm. nicht umgesetzt	0,000	0,410
WKA Rasenmühle V2	0,600	0,600	1,200	0,200	TLVWA 1998 genehm. errichtet	0,400	TLVWA 1998 genehm. nicht umgesetzt	0,000	0,600
WKA Burgau	0,410	0,615	1,025	0,400	TLVWA 2007; für FAA WKA errichtet	nein		0,410	0,615

Fortsetzung Tabelle 21

Standort	Q_{FAA} [m³/s]	Q_{FAB} [m³/s]	$Q_{FAA} + Q_{FAB}$ [m³/s]	Bestand, Planung, Genehmigung Q_{FAA} [m³/s]		Bestand, Planung, Genehmigung Q_{FAB} [m³/s]		Bzgl. Mindest- wasser- forderung $Q_{verrechenbar}$ [m³/s]	zusätzl. $Q_{benötigt}$ [m³/s]
WKA Jägersdorf	0,410	0,571	0,981	0,500	FAA- Bestand kein eindeutiger Bezug, Wasser- menge nicht in Bescheid	0,794	140 l/s Antrag Haupt- WKA mit Rechen- verengung + 50 l/s Spürinne; 604 l/s Bestand Rest-WKA	0,000	0,187
WKA Uhlstädt	0,410	0,560	0,970	0,250	Antrag 2000 errichtet, TLVWA 2002	0,240	Antrag 2006	0,000	0,480
WKA Unterpreilipp V1 mit 2 FAA	0,438	0,438	0,876	0,400	Plan, TLVWA 2002, bei Rest-WKA Bestand	nein		0,000	0,876
WKA Unterpreilipp V2 mit Durchstich bei WKA und 1 FAA Wehr		0,438	0,438	0,400	Plan, TLVWA 2002, bei Rest-WKA Bestand	nein		0,000	0,438
WKA Oberrnitz	0,410	0,265	0,675	0,100	TLVWA 2000	nein		0,410	0,265
WKA Reschwitz	0,980	0,260	1,240	nein		nein		0,570	0,670

An den Ausleitungskraftwerken in Camburg, Dorndorf, Jägersdorf und Unterpreilipp ist eine Verrechnung nicht möglich, da durch die Restwasserkraftanlagen am Wehr die Mindestwasserforderung bereits erfüllt und durch die Rest-WKA genutzt wird.

Auch an den Flusskraftwerken in Jena (Paradies-, Rasenmühlenwehr) und Uhlstädt ist eine Verrechnung ausgeschlossen, da es an den Flusskraftwerken keine Mindestwasserforderung aus ökologischen Gründen gibt (vgl. Kapitel 4.7.3.1).

Nach der Ermittlung zusätzlich benötigter Wassermengen aufgrund ökologischer Maßnahmen, muss für jeden Standort die Wassermenge bestimmt werden, die im Ist-Zustand weder energetisch noch für andere Zwecke verwendet wird, also für die zusätzliche notwendigen ökologischen Abflüsse noch zur Verfügung stehen würde. Diese wird als noch nutzbare Wassermenge $Q_{nutzbar}$ bezeichnet und wird standortspezifisch differenziert ermittelt.

Berechnungsbasis ist der mittlere Abfluss MQ am jeweiligen Standort, von dem bereits genutzte Abflüsse abgezogen werden. Dazu zählen:

- der Ausbaudurchfluss am gesamten Wasserkraftstandort $Q_{A,ges}$,
- ökologische Abflüsse aus bestehenden Fischwanderhilfen $Q_{öko,Bestand}$,
- in behördlichen Bescheiden gültige Festlegungen bzgl. Abflussmengen vorhandener bzw. nach Planung genehmigter Fischauf- und Fischabstiegsanlagen
- die behördlich geforderten Mindestwassermengen Q_{mind} bzw. $0,33 \times MNQ$ an den Standorten Porstendorf und Burgau,
- weitere Wasserforderungen, die zu jeder Zeit bereitgestellt werden müssen und nicht für andere Zwecke genutzt werden dürfen.

Bei den Ausleitungskraftwerken mit Restwasserkraftanlagen (Camburg, Dorndorf, Jägersdorf und Unterpreilipp) wird im Gegensatz zu den übrigen Ausleitungskraftwerken der ökologische Mindestabfluss nicht einbezogen, da dieser bereits durch den Ausbaudurchfluss der Rest-WKA bereitgestellt wird.

Durch Subtraktion der bereits genutzten Wassermengen vom mittleren Abfluss berechnet sich der noch nutzbare Abfluss $Q_{nutzbar}$ (Tabelle 22).

Tabelle 22: Abflussmenge $Q_{nutzbar}$ an den Wasserkraftstandorten in Bezug auf MQ

Standort	MQ [m³/s]	zweckgebundene Abflüsse			$Q_{nutzbar}$ [m³/s]
		$Q_{A,ges}$ [m³/s]	Q_{mind} bzw. $0,33 \times MNQ$ bei Burgau und Porstendorf [m³/s]	FAA und FAB Bestand, Planung, Genehmig. $Q_{öko,Bestand}$ [m³/s]	
WKA Camburg	31,2	24,00	3,4 Rest-WKA	0,8	6,40
WKA Döbritschen	31,2	20,00	1,90	1,202	8,10
WKA Dorndorf	31,1	32,00	3,5 Rest-WKA	0,8	0,00
WKA Porstendorf	31,0	23,40	3,50	0,4	3,70
WKA Paradieswehr	30,9	30,00	1,00	0,6	0,00
WKA Rasenmühle	30,8	30,00	0,60	0,6	0,00
WKA Burgau	30,7	50,00	3,45	0,4	0,00
WKA Jägersdorf	30,0	20,60	3,1 Rest-WKA	1,294	8,11
WKA Uhlstädt	27,0	28,00	0,60	0,49	0,00
WKA Unterpreilipp	21,9	41,00	3 Rest-WKA	0,4	0,00
WKA Obernitz	18,6	13,25	2,00	0,1	3,25
WKA Reschwitz	17,9	13,00	2,00	0	2,90

Steht aufgrund des Ausbaugrades der WKA und der für die vorhandenen Fischaufstiegs- und -abstiegsanlagen sowie des geforderten Mindestabflusses in Bezug auf MQ kein freier Abfluss zur Verfügung, stellt der ermittelte benötigte Abfluss $Q_{benötigt}$ einen Verlustabfluss $Q_{Verlust}$ dar, der nicht zur Energieerzeugung zur Verfügung steht. Dies führt zu einem

zusätzlichen Verlust an erzeugter Energie. Ist an einem Standort noch freie nutzbare Wassermengen in Bezug auf MQ vorhanden, so kann damit der benötigte Abfluss für ökologische Maßnahmen ganz oder teilweise gedeckt werden. Dies reduziert mögliche Energieverluste. Tabelle 23 enthält die jeweiligen Verlustabflüsse.

Für die weiteren Betrachtungen wird davon ausgegangen, dass bei $Q_{\text{nutzbar}} \geq Q_{\text{benötigt}}$ die erforderlichen Abflüsse für die ökologischen Maßnahmen zur Verfügung stehen. Bei $Q_{\text{nutzbar}} < Q_{\text{benötigt}}$ reduziert sich der zur Wasserkraftnutzung verfügbare Abfluss.

Tabelle 23: Verlustabflüsse Q_{Verlust} nach Umsetzung der ökologischen Maßnahme 1 (vgl. Kap. 4.7); $Q_{\text{benötigt}}$ aus Tabelle 21 und $Q_{\text{nutzbar,real}}$ aus Tabelle 22 entnommen

Standort	$Q_{\text{benötigt}}$ [m³/s]	Q_{nutzbar} [m³/s]	Q_{Verlust} [m³/s]
WKA Camburg	0,38	6,4	0,00
WKA Döbritschen	0,00	8,1	0,00
WKA Dorndorf	0,53	0,0	0,53
WKA Porstendorf	0,54	3,7	0,00
WKA Paradieswehr	0,60	0,0	0,60
WKA Rasenmühle	0,60	0,0	0,60
WKA Burgau	0,61	0,0	0,61
WKA Jägersdorf	0,19	8,1	0,00
WKA Uhlstädt	0,48	0,0	0,48
WKA Unterpreilipp	0,88	0,0	0,88
WKA Obernitz	0,27	3,3	0,00
WKA Reschwitz	0,67	2,9	0,00

An den Standorten Unterpreilipp, Uhlstädt, Burgau, Rasenmühle und Paradieswehr sowie in Dorndorf sind Abflussverluste zwischen 0,48 und 0,88 m³/s zu erwarten.

4.7.5 Bilanzierung der Jahresarbeitsverluste

Basierend auf dem oben bestimmten Verlustabfluss Q_{Verlust} , kann der Verlust von Jahresarbeit W_{Verlust} am jeweiligen Wasserkraftstandort ermittelt werden. Das erfolgt mit Formel 16 nach TLUG (2011):

Formel 16 $W_{\text{Verlust 1}} = 7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot Q_{\text{Verlust}} \cdot h_f \cdot t_{\text{VL}}$

$W_{\text{Verlust 1}}$	Verlust von Jahresarbeit nach Maßnahme 1 (vgl. Kap. 4.7)	[kWh]
$7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$	Faktor aus Wirkungsgrad ($\eta \approx 0,714 \approx 71,36 \%$), Erdbeschleunigung ($g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$) und Dichte des Wassers ($\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)	
Q_{Verlust}	Verlustabfluss aufgrund der ökologischen Maßnahmen	$\left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right]$
h_f	nutzbare Fallhöhe der jeweiligen Wasserkraftanlage	[m]
t_{VL}	durchschnittliche Volllaststunden der jeweiligen Wasserkraftanlage	[h]

Der Faktor 7 kN/m^3 wird mit Formel 17 wie folgt berechnet:

Formel 17 $\eta \cdot g \cdot \rho = 0,7136 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \approx 7000,4 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \approx 7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Der Faktor 7 kN/m^3 stellt vereinfacht den Gesamtwirkungsgrad von etwa 70 % älterer Wasserkraftanlagen dar (TLUG 2011). In ihm sind die Erdbeschleunigung und die Dichte des Wassers zu einem Wert zusammengefasst.

Die Werte für Fallhöhe und Volllaststunden sind aus Tabelle 14 bzw. Tabelle 16 entnommen. An den Standorten mit Restwasserkraftnutzung wird zur Berechnung die nutzbare Fallhöhe an der Haupt-Wasserkraftanlage im Mühlgraben verwendet.

Tabelle 24 enthält die errechneten Jahresarbeitsverluste.

Tabelle 24: Jahresarbeitsverlust $W_{\text{Verlust 1}}$ bei Umsetzung der Maßnahme 1 (Verluste durch zusätzliche Wassermengen, vgl. Kap. 4.7)

Standort	Q_{Verlust} [m³/s]	h_f [m]	t_{VL} [h]	$W_{\text{Verlust 1}}$ [kWh]
WKA Camburg	0	3,00	3.393,6	0
WKA Döbritschen	0	2,50	6.594,0	0
WKA Dorndorf	0,53	2,60	3.073,4	29.646
WKA Porstendorf	0	4,00	4.718,2	0
WKA Paradieswehr	0,60	2,10	5.221,1	46.050
WKA Rasenmühle	0,60	2,25	4.435,3	41.913
WKA Burgau	0,61	3,80	3.363,9	55.010
WKA Jägersdorf	0	3,29	5.256,3	0
WKA Uhlstädt	0,48	2,27	4.139,3	31.572
WKA Unterpreilipp	0,88	4,00	4.895,1	120.049
WKA Obernitz	0,0	2,95	5.000,0	0
WKA Reschwitz	0,0	2,20	4.247,5	0

Die Jahresarbeitsverluste an den Standorten Unterpreilipp, Uhlstädt, Burgau, Rasenmühle und Paradieswehr sowie in Dorndorf variieren zwischen 29.646 kWh und 120.049 kWh.

Die erzeugte Energie eines Jahres, die nach Umsetzung der ökologischen Maßnahmen für Fische auf- und Fischabstieg (Maßnahme 1) zu erwarten ist, wird mit Formel 18 ermittelt. Diese ergibt sich aus der bisherigen Jahresarbeit (vgl. Tabelle 16, Kapitel 4.7.2) abzüglich der berechneten Verluste. In Tabelle 25 sind die jeweiligen Werte der Verluste der Jahresarbeit dargestellt:

Formel 18 $W_{\text{Maßnahme 1}} = W_{\text{Ist}} - W_{\text{Verlust 1}}$

$W_{\text{Maßnahme 1}}$	Jahresarbeit nach Maßnahme 1 (vgl. Kap. 4.7)	[kWh]
W_{Ist}	durchschnittliche Jahresarbeit im Ist-Zustand	[kWh]
$W_{\text{Verlust 1}}$	Verlust von Jahresarbeit nach Maßnahme 1 (vgl. Kap. 4.7)	[kWh]

An Standorten mit zwei Wasserkraftanlagen, wird der Verlust als vereinfachte Annahme von der bisherigen Jahresarbeit der Haupt-Wasserkraftanlage abgezogen.

Beim Standort Dorndorf wird bei der Jahresarbeit im Ist-Zustand die erzeugte Strommenge der geplanten Rest-WKA berücksichtigt. Für diese wird in Anlehnung an Formel 16 überschlägig eine Strommenge von 636.000 kWh/a bestimmt. Anstelle des oben verwendeten Faktors 7 kN/m³ wird aufgrund eines höheren Wirkungsgrades bei Neuanlagen der Faktor mit 8 kN/m³ angenommen. Darüber hinaus wird der Ausbaudurchfluss der geplanten Rest-WKA mit 6 m³/s, die Fallhöhe am Wehr von 2,65 m und eine Volllaststundenzahl von 5000 h zur Berechnung angesetzt.

Die rechnerisch ermittelte zukünftige Jahresarbeit nach Umsetzung der Maßnahme 1 ist in Tabelle 25 zusammengestellt.

Tabelle 25: Jahresarbeit $W_{\text{Maßnahme 1}}$ nach Umsetzung der Maßnahme 1 (vgl. Kap. 4.7)

Standort	Anlage	W_{Ist} [kWh/a]	$W_{\text{Verlust 1}}$ [kWh]	$W_{\text{Maßnahme 1}}$ [kWh]
WKA Camburg	Rest- + Haupt-WKA	1.900.409	0	1.900.409
WKA Döbritschen	WKA	1.846.332	0	1.846.332
WKA Dorndorf	Rest-WKA (geplant)	636.000	0	636.000
	Haupt-WKA	2.458.698	29.646	2.429.052
WKA Porstendorf	WKA	2.830.907	0	2.830.907
WKA Paradieswehr	WKA	2.589.645	46.050	2.543.595
WKA Rasenmühle	WKA	2.457.149	41.913	2.415.235
WKA Burgau	WKA	4.373.007	55.010	4.317.997
WKA Jägersdorf	Rest-WKA	778.578	0	778.578
	Haupt-WKA	1.576.885	0	1.576.885
WKA Uhlstädt	WKA	2.119.338	31.572	2.087.766
WKA Unterpreilipp	Rest-WKA	453.148	0	453.148
	Haupt-WKA	4.699.264	120.049	4.579.215
WKA Obernitz	WKA	1.400.000	0	1.400.000
WKA Reschwitz	WKA	1.231.782	0	1.231.782

4.7.6 Rechenverluste

Im Zuge der ökologischen Verbesserungen an den Wasserkraftstandorten sind Veränderungen an den Rechenanlagen durchzuführen, um den Fischschutz nach TLUG (2009) zu erhöhen. Für die bisher verbauten Rechen war in der Regel ein lichter Stababstand von mindestens 20 mm einzuhalten, vorgeschrieben auf Grundlage des §16 der Thüringer Fischereiverordnung (ThürFischVO) vom 13.05.2004. Dies erfüllt aus ökologischer Sicht nicht die Anforderungen nach TLUG (2009). Zumeist wurden Vertikalrechen realisiert. Die Grundlagen zum Fischschutz an der mittleren Saale wurden in Kapitel 4.3 beschrieben. Da eine Rechenanlage ein Hindernis in einem Gewässer darstellt und der Strömung entgegenwirkt, wird vor dem Rechen ein Aufstau des Wassers erzeugt. Dies führt als Konsequenz direkt unterhalb des Rechens zu einer Verringerung der nutzbaren Fallhöhe. Eine Reduktion der lichten Stabweite bei gleicher Rechenfläche führt zu einer Erhöhung des Aufstaus. Die Veränderung der Stababstände kann sich somit auf die Wirtschaftlichkeit der Wasserkraftanlage auswirken.

4.7.6.1 Reduktion der Nutzfallhöhe

Aufgrund hydraulischer Verluste bei Verringerung der Stabweite wird die Nutzfallhöhe reduziert. Für diese Verluste wurden pauschal folgende Reduktionen der Nutzfallhöhe angenommen:

- 0,05 m bei Reduktion des lichten Rechenstababstandes von 20 mm auf 10 mm nach TLUG (2011).
- 0,02 m wird bei der Reduktion der lichten Stabweite von 20 mm auf 15 mm angenommen.

Mit Reduktion der Nutzfallhöhe verringert sich die erzeugte Energie.

An den Rechenanlagen der Wasserkraftanlagen am Paradies- und am Rasenmühlenwehr sowie an der Restwasserkraftanlage in Jägersdorf weisen die Rechen bereits den vorgeschriebenen Stababstand von 15 mm auf. Aus der Tabelle 26 geht die jeweils angesetzte Reduktion der Nutzfallhöhe nach TLUG (2011) hervor.

Bei den Berechnungen der Reduktion der Nutzfallhöhe wird von den gesetzlich vorgeschriebenen 20 mm lichtem Stababstand ausgegangen, auch wenn in der Realität von diesen Forderungen mehr oder weniger abgewichen wurde.

Tabelle 26: Reduktion der Nutzfallhöhe h_v nach TLUG (2011)

Standort	Anlage	Rechenstababstand d_{st} [m]		h_v [m]
		momentan	gefordert	
WKA Camburg	Rest- + Haupt-WKA	0,020	0,015	0,02
WKA Döbritschen	WKA	0,020	0,015	0,02
WKA Dorndorf	Rest-WKA (geplant)	0	0,015	0
	Haupt-WKA	0,020	0,015	0,02
WKA Porstendorf	WKA	0,020	0,015	0,02
WKA Paradieswehr	WKA	0,015	0,015	0
WKA Rasenmühle	WKA	0,015	0,015	0
WKA Burgau	WKA	0,020	0,015	0,02
WKA Jägersdorf	Rest-WKA	0,015	0,015	0
	Haupt-WKA	0,020	0,015	0,02
WKA Uhlstädt	WKA	0,020	0,015	0,02
WKA Unterpreilipp	Rest-WKA	0,020	0,015	0,02
	Haupt-WKA	0,020	0,015	0,02
WKA Obernitz	WKA	0,020	0,010	0,05
WKA Reschwitz	WKA	0,020	0,010	0,05

Mit diesen Annahmen sind die Verluste größer, als in der Theorie berechnet. Die theoretische Berechnung der Reduktion der Nutzfallhöhe variiert dann in Bereichen von wenigen Millimetern bis zu einem Zentimeter. Die Vorgehensweise und die Ergebnisse dieser Berechnung sind in Anhang 5 enthalten.

Für die weiteren Berechnungen werden die pauschalen Verlusthöhen aus Tabelle 26 angesetzt. Durch eine stärkere Verklauungsneigung bei engeren Stababständen sind diese Annahmen gerechtfertigt.

4.7.6.2 Jahresarbeitsverlust aufgrund veränderter Rechentechnik

Aus den ermittelten Verlusthöhen der Rechen resultieren Jahresarbeitsverluste. Diese werden mit der Formel 19 berechnet:

Formel 19 $W_{Verlust\ 2} = W_{Maßnahme\ 1} \cdot \frac{h_{v1/2}}{h_f}$

$W_{Verlust\ 2}$	Verlust von Jahresarbeit nach Maßnahme 2 (vgl. Kap. 4.7)	[kWh]
$W_{Maßnahme\ 1}$	Jahresarbeit nach Maßnahme 1 (vgl. Kap. 4.7)	[kWh]
$h_{v1/2}$	Fallhöhenverlust durch erneuerte Rechenanlagen	[m]
h_f	nutzbare Fallhöhe an jeweiliger Wasserkraftanlage	[m]

Dabei wird folgende vereinfachte Annahme getroffen:

Die Fallhöhe einer Wasserkraftanlage geht linear in die Gleichung zur Berechnung der Leistung bzw. Arbeit ein. Dadurch verringert sich bei einem Fallhöhenverlust auch die erzeugte Energiemenge im gleichen Verhältnis. In der Realität besteht dieser lineare Zusammenhang nicht. Hierfür müssten die Leistungskurven der jeweiligen Wasserkraftanlage berücksichtigt werden. Im Bereich von wenigen Zentimetern ist diese Abweichung jedoch sehr gering und kann deshalb vernachlässigt werden.

Die erzeugte Jahresarbeit nach den Maßnahmen am Rechen (Maßnahme 2) berechnet sich mit Formel 20.

Formel 20 $W_{Maßnahme\ 1+2} = W_{Maßnahme\ 1} - W_{Verlust\ 2}$

$W_{Maßnahme\ 1+2}$	Jahresarbeit nach Maßnahme 2 und 1 (vgl. Kap. 4.7)	[kWh]
$W_{Maßnahme\ 1}$	Jahresarbeit nach Maßnahme 1	[kWh]
$W_{Verlust\ 2}$	Verlust von Jahresarbeit nach Maßnahme 2	[kWh]

In Tabelle 27 sind die Verluste sowie die daraus resultierenden geringeren Jahresarbeiten nach Umsetzung der aller erforderlichen Maßnahmen zur Durchgängigkeit einschließlich Fischschutz dargestellt.

Tabelle 27: Jahresarbeit $W_{\text{Maßnahme 1+2}}$ unter Berücksichtigung der Verluste durch Maßnahmen zu Fischauf- und -abstieg (Maßnahme 1) und der Rechenverluste (Maßnahme 2)

Standort	Anlage	h_v [m]	h_f [m]	$W_{\text{Maßnahme 1}}$ [kWh]	$W_{\text{Verlust 2}}$ [kWh]	$W_{\text{Maßnahme 1+2}}$ [kWh]
WKA Camburg	RW- + Haupt-WKA	0,02	3,00	1.900.409	12.669	1.887.739
WKA Döbritschen	WKA	0,02	2,50	1.846.332	14.771	1.831.561
WKA Dorndorf	RW-WKA (geplant)	0	2,65	636.000	0	636.000
	Haupt-WKA	0,02	2,60	2.429.052	18.685	2.410.367
WKA Porstendorf	WKA	0,02	4,00	2.830.907	14.155	2.816.752
WKA Paradieswehr	WKA	0	2,10	2.543.595	0	2.543.595
WKA Rasenmühle	WKA	0	2,25	2.415.235	0	2.415.235
WKA Burgau	WKA	0,02	3,80	4.317.997	22.726	4.295.271
WKA Jägersdorf	RW-WKA	0	2,44	778.578	0	778.578
	Haupt-WKA	0,02	3,29	1.576.885	9.586	1.567.299
WKA Uhlstädt	WKA	0,02	2,27	2.087.766	18.394	2.069.372
WKA Unterpreilipp	RW-WKA	0,02	3,00	453.148	3.021	450.127
	Haupt-WKA	0,02	4,00	4.579.215	22.896	4.556.319
WKA Obernitz	WKA	0,05	2,95	1.400.000	23.729	1.376.271
WKA Reschwitz	WKA	0,05	2,20	1.231.782	27.995	1.203.787

4.7.7 Erhöhte Betriebs- und Unterhaltungskosten

Mit Durchführung notwendiger ökologischer Maßnahmen ist mit einem Anstieg der Betriebs- und Unterhaltungskosten im Vergleich zum Ist-Zustand zu rechnen. Dies kommt z. B. durch den erhöhten Reinigungsbedarf der Rechenanlagen aufgrund der verringerten Rechenstababstände oder durch zusätzliche Wartungsarbeiten zustande. Dieser angenommene zusätzliche Aufwand wird mit einem Abzug von 2 % von der berechneten Jahresarbeit $W_{\text{Maßnahme 1+2}}$ in Formel 21 berücksichtigt (TLUG 2011).

Formel 21 $W_{\text{Ziel}} = 0,98 \cdot W_{\text{Maßnahme 1+2}}$

W_{Ziel}	Jahresarbeit nach allen ökologischen Maßnahmen	[kWh]
$W_{\text{Maßnahme 1+2}}$	Jahresarbeit nach Maßnahme 1+2	[kWh]

Die Ergebnisse nach Abzug der genannten 2 % sind in der Tabelle 28 aufgeführt.

Tabelle 28: Jahresarbeit W_{Ziel} nach Umsetzung aller ökologischen Maßnahmen unter Berücksichtigung erhöhter Betriebs- und Unterhaltungskosten

Standort	Anlage	$W_{\text{Maßnahme 1+2}}$ [kWh]	W_{Ziel} [kWh]
WKA Camburg	RW- + Haupt-WKA	1.887.739	1.849.985
WKA Döbritschen	WKA	1.831.561	1.794.930
WKA Dorndorf	RW-WKA (geplant)	636.000	623.280
	Haupt-WKA	2.410.367	2.362.160
WKA Porstendorf	WKA	2.816.752	2.760.417
WKA Paradieswehr	WKA	2.543.595	2.492.723
WKA Rasenmühle	WKA	2.415.235	2.366.931
WKA Burgau	WKA	4.295.271	4.209.365
WKA Jägersdorf	RW-WKA	778.578	763.006
	Haupt-WKA	1.567.299	1.535.953
WKA Uhlstädt	WKA	2.069.372	2.027.984
WKA Unterpreilipp	RW-WKA	450.127	441.124
	Haupt-WKA	4.556.319	4.465.193
WKA Obernitz	WKA	1.376.271	1.348.746
WKA Reschwitz	WKA	1.203.787	1.179.712

4.7.8 Auswirkungen auf die Jahreserträge

Tabelle 30 enthält die jährlichen Erträge nach Umsetzung der ökologischen Maßnahmen. Diese Werte ergeben sich aus Formel 22 durch Multiplikation der zuvor ermittelten Jahresarbeit mit der jeweiligen Vergütung:

Formel 22 $E_{Ziel} = VS \cdot W_{Ziel}$

E_{Ziel}	Jahresertrag nach allen ökologischen Maßnahmen	[€]
VS	Vergütungssatz	$\left[\frac{€}{kWh} \right]$
W_{Ziel}	Jahresarbeits nach allen ökologischen Maßnahmen	[kWh]

Der zu erwartende Vergütungssatz VS an den bestehenden Anlagen ist entsprechend EEG 2012 abhängig von ökologischen Verbesserungen und technischen Veränderungen zur Leistungserhöhung. Letztere sind beispielsweise Modernisierungen von Rechensystemen oder der Einbau leistungsfähiger Generatoren. Der maximale Vergütungssatz beträgt nach EEG 2012 0,127 € kWh. Dieser ist ab 01.01.2013 einer jährlichen Degression von 1 % unterworfen. Die jährlichen Vergütungssätze mit Berücksichtigung der jährlichen Degression sind in Tabelle 29 zusammengefasst.

Tabelle 29: Vergütungssätze nach EEG 2012 unter Berücksichtigung der jährlichen Degression

Jahr	Vergütungssatz [€/kWh]
2014	0,1245
2015	0,1232
2016	0,1220
2017	0,1208
2018	0,1196

Für die Maßnahmenumsetzung wird von einer Zeitspanne von etwa 3 Jahren ausgegangen (Planung, Genehmigung, Umsetzung) (Tabelle 30). Bei dem geplanten Neubau der Rest-WKA in Dorndorf wird von einer abweichenden Zeitspanne von 5 Jahren ausgegangen. Der Vergütungssatz beträgt im Jahr 2018 0,1196 Euro/kWh

Mit Ausnahme der Anlagen in Camburg, am Paradieswehr und am Rasenmühlenwehr erhalten die Anlagen bereits die Vergütung von 0,1167 €/kWh. Das entspricht dem Vergütungssatz des Erneuerbare-Energien-Gesetzes von 2009, wenn ökologische Modernisierungsmaßnahmen durchgeführt worden sind. Die WKA Burgau bezieht bereits seit 2012 einen höheren Vergütungssatz von 0,127 €/kWh.

Die Anlagen in Camburg und Jena (Paradies- und Rasenmühlenwehr), deren eingespeiste Energie bisher mit 0,0767 €/kWh vergütet wird (vgl. Tabelle 16, Kapitel 4.7.2), können nach Realisierung der ökologischen und technischen Maßnahmen einen erhöhten Vergütungssatz nach Tabelle 29 in Abhängigkeit des Jahres in welchem die Maßnahmen umgesetzt wurden, in Anspruch nehmen.

Bei der erzeugten Energie aus der Restwasserkraftanlage in Dorndorf unterliegt der Vergütungssatz nach EEG 2012 ebenfalls der oben dargestellten Degression

Eine Sonderstellung nimmt die Haupt-Wasserkraftanlage in Unterpreilipp ein. Dort ist der Vergütungssatz etwas geringer als die 0,1167 €/kWh, da trotz der Mindererzeugung die Bemessungsleistung immer noch über dem Grenzwert von 500 kW liegt bzw. die eingespeiste Energiemenge größer als 4380000 kWh ist. Der verringerte Vergütungssatz berechnet sich dort wie in Kapitel 4.7.2 beschrieben.

Abschließend werden die berechneten jährlichen Erträge $E_{Ziel,ges}$ mit den Ist-Zustands-Erträgen E_{Ist} verglichen. Dies wird mit Formel 23 berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 30 dargestellt:

Formel 23 *Differenz Jahresertrag* $= E_{Ziel,ges} - E_{Ist}$

$E_{Ziel,ges}$	Jahresertrag nach allen ökologischen und technischen Maßnahmen am gesamten Standort	[€]
$E_{Ist,ges}$	Jahresertrag im Ist-Zustand am gesamten Standort	[€]

Tabelle 30: Jahresertrag $E_{\text{Ziel,ges}}$ nach Umsetzung aller ökologischen und technischen Maßnahmen im Vergleich mit den Jahreserträgen des Ist-Zustands $E_{\text{Ist,ges}}$

Standort	Anlage	W_{Ziel} [kWh]	VS [€/kWh]	E_{Ziel} [€]	$E_{\text{Ziel,ges}}$ [€]	$E_{\text{Ist,ges}}$ [€]	Differenz Jahresertrag [€]
WKA Camburg	REST- + Haupt-WKA	1.849.985	0,122	225.698	225.698	145.455	80.243
WKA Döbritschen	WKA	1.794.930	0,122	218.981	218.981	215.505	3.476
WKA Dorndorf	REST-WKA (geplant)	623.280	0,1196	74.544			
	Haupt-WKA	2.362.160	0,122	288.184	362.728	288.778	73.950
WKA Porstendorf	WKA	2.760.417	0,122	336.771	336.771	326.779	9.992
WKA Paradieswehr	WKA	2.492.723	0,122	304.112	304.112	195.600	108.512
WKA Rasenmühle	WKA	2.366.931	0,122	288.766	288.766	182.940	105.826
WKA Burgau	WKA	4.209.365	0,127	534.589	534.589	543.284	-8.695
WKA Jägersdorf	REST-WKA	763.006	0,122	93.087			
	Haupt-WKA	1.535.953	0,122	187.386	280.473	273.212	7.261
WKA Uhlstädt	WKA	2.027.984	0,122	247.414	247.414	242.166	5.248
WKA Unterpreilipp	REST-WKA	441.124	0,122	53.817			
	Haupt-WKA	4.465.193	0,122	544.754	598.571	574.409	24.162
WKA Obernitz	WKA	1.348.746	0,122	164.547	164.547	107.380	57.167
WKA Reschwitz	WKA	1.179.712	0,122	143.925	143.925	141.514	2.411

Wasserkraftanlagen, die infolge der Maßnahmenumsetzung einen erhöhten Vergütungssatz beziehen können, werden einen jährlichen Gewinn erwirtschaften, obwohl ökologische Abflüsse anteilig bereitgestellt werden müssen und energetisch nicht genutzt werden können. Bei Ausführung der Planungen am Standort Dorndorf wird aufgrund der zusätzlich durch die Rest-WKA erzeugten Jahresarbeit ein entsprechend höherer Gewinn zu verzeichnen sein.

Die jährlichen Verluste an der WKA Burgau, die bereits den höchsten Vergütungssatz nach EEG 2012 erhält, setzen sich aus den erhöhten Betriebs- und Unterhaltskosten sowie aus den Energieverlusten aufgrund der ökologischen Maßnahmen zusammen.

5 Ökologische Zustandsbewertung

5.1 Grundlagen

Grundlegende Basis hinsichtlich des ökologischen Entwicklungspotentials stellt die Bewertung der jeweiligen Standorte dar. Bewertet wurde der Ist-Zustand anhand erfasster Parameter in Ergänzung mit Daten aus den Planungsunterlagen, sowie Angaben der WKA-Betreiber. Abweichend zu TLUG (2011) wurde als Ist-Zustand ausschließlich der vorgefundene Zustand betrachtet. Selbst wenn Genehmigungen für geplante Änderungen oder Neubauten vorliegen, wird aus der Sichtung der verschiedenen Unterlagen deutlich, dass selbst genehmigte Details nicht zwingend umgesetzt wurden. Langjährige vorliegende Genehmigungen für Maßnahmen an den Standorten Camburg und Dorndorf wurden bisher nicht umgesetzt. Unklar ist, ob diese in der vorliegenden Planung und in vollem Umfang umgesetzt werden.

Im Rahmen des Bewertungsprozesses wurde überprüft, inwiefern der jeweilige Ist-Zustand von den Vorgaben nach TLUG (2009) bzw. beim Fischaufstieg nach DWA-M 509 abweicht und daraus entsprechende Maßnahmen abgeleitet. Vorhandene Planungen wurden ebenfalls hinsichtlich der Einhaltung der Vorgaben überprüft.

Sowohl Ist-Zustand als auch Plan-Zustand der Einzelstandorte wurden hinsichtlich der Durchgängigkeit des gesamten Untersuchungsbereiches zusammengestellt und kumulativ bewertet.

Die aquatische Fauna ist evolutiv auf die von ihr besiedelten Fließgewässer angepasst. Anthropogene Veränderungen an den Fließgewässersystemen wirken sich somit direkt auf diese Fauna aus. So verändern Aufstau und Ausleitungen unter anderem Strömungsbilder und Dynamik, die wiederum Veränderungen für Lebensgemeinschaften nach sich ziehen. Querverbauungen behindern den Austausch der Populationen untereinander. Hierzu sind mittlerweile recht umfassenden Kenntnisse hinsichtlich der Auswirkungen des verhinderten Fischaufstiegs vorhanden. Kenntnisse zum Ausmaß von Fischschäden bei Passage wasserbaulicher Anlagen wie Wasserkraftanlagen nehmen zu (HOLZNER 1999, ATV-DVWK 2004, SCHMALZ & SCHMALZ 2007, EBEL 2008, SCHMALZ 2010). Für die Gewässer wurden fischfaunistische Leitbilder einer weitgehend ungestörten Biozönose entwickelt, die ausreichend detailliert die Fließgewässerzonierungen und –typen beschreiben. Die möglichst unbeeinflussten Artenzusammensetzungen der Fischfauna sollte bei den Planungen berücksichtigt werden, auch wenn aktuell nicht (mehr) alle Fischarten vorkommen.

Tabelle 31: Einstufung von Auffindbarkeit, Passierbarkeit und Durchgängigkeit (verändert nach TLUG 2011)

	A	B	C	D	E
Bezeichnung Einstufung	keine Beeinträch- tigung	gut	eingeschränkt	erheblich eingeschränkt	nicht auffindbar nicht passierbar nicht durchgängig

Tabelle 32: Einstufung des Schädigungsgrades (aus TLUG 2011)

	A	B	C	D	E
Bezeichnung Einstufung	keine Beeinträch- tigung	gering	mäßig	erheblich	sehr stark

5.2 Bewertung der flussaufwärts gerichteten Durchgängigkeit

Bewertet werden in einem dreistufigen System die groß- und die kleinräumige Auffindbarkeit sowie die Passierbarkeit der FAA.

1. Großräumig muss der Fisch den Weg zur Fischwanderhilfe bspw. am Wehr oder an der WKA finden, indem er entweder ausreichend gut in die Ausleitungsstrecke oder in den Untergraben der WKA geleitet wird (Abbildung 15). Insbesondere spielt hier die Abflussaufteilung eine übergeordnete Rolle. Dies gilt auch für veränderliche Abflusssituationen im Jahresverlauf.

2. Am Wanderhindernis angekommen muss kleinräumig die optimale Auffindbarkeit des Einstiegs in die Fischwanderhilfe gegeben sein.

3. Die ausreichend gute Passierbarkeit der Anlage muss gewährleistet sein.

Diese drei Kriterien müssen für die potentiell natürliche Fischfauna gewährleistet werden. Für die Gewährleistung der Durchgängigkeit an einem Standort müssen nach TLUG (2011) an mindestens einem Wanderweg alle Kriterien mindestens mit gut bewertet werden.

Um Berechnungen und Prognosen zu ermöglichen, wurde auf vereinfachende Arbeitsannahmen nach TLUG (2011) zurückgegriffen, da biologische Untersuchungen an allen Standorten über einen kompletten Jahresgang den Rahmen der Studie bei weitem gesprengt hätten.

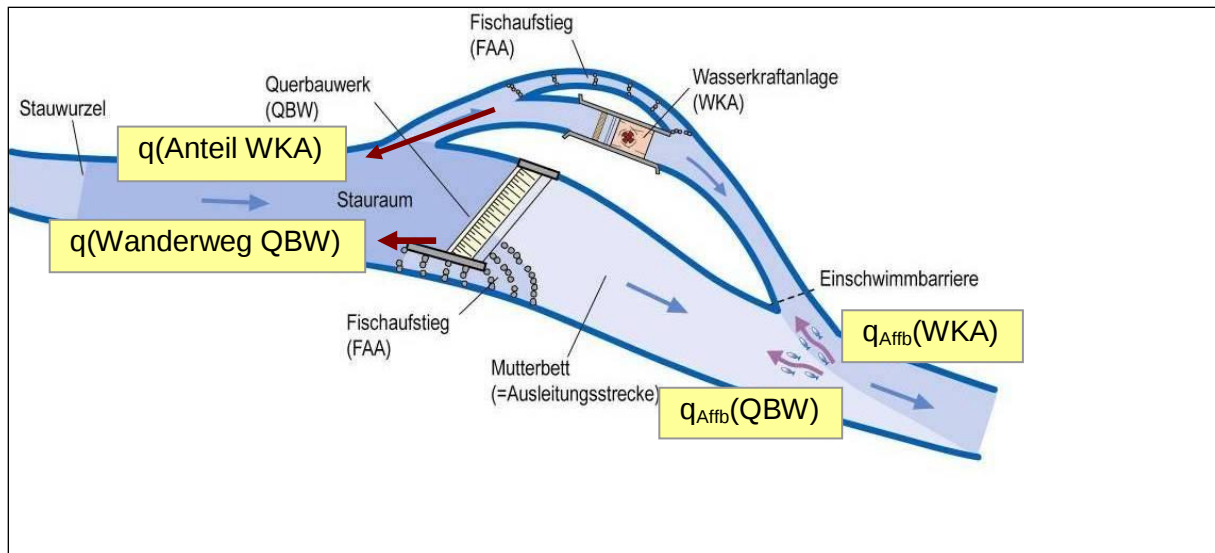


Abbildung 15: Querbauwerk mit Ausleitungskraftwerk und mögliche Maßnahmen zur Herstellung der Durchgängigkeit (aus TLUG 2011); q_{Affb} ist die Auffindbarkeitsrate

5.2.1 Großräumige Auffindbarkeit

Der Abflussaufteilung an Ausleitungskraftwerken kommt eine Schlüsselrolle bzgl. der großräumigen Auffindbarkeit von Wanderwegen zu. Sowohl der Ausbaudurchfluss der WKA als auch die behördlich geforderte Mindestwassermenge aber auch der natürliche Abfluss im Jahresverlauf liefern hier die relevanten Basisdaten. Um rechnerische Prognosen zu ermöglichen, wird in Anlehnung an TLUG (2011) als Berechnungsbasis MQ angesetzt. Als Arbeitsannahme nach TLUG (2011) werden für die Auffindbarkeitsraten des Wehres (Querbauwerk) bzw. der WKA entsprechende Werte nach Abbildung 16 angenommen. Dabei wird für die Auffindbarkeitsrate das Verhältnis zwischen Ausbaudurchfluss Q_A zu MQ als Quotient berechnet. Es wird des Weiteren vorausgesetzt, dass das Mutterbett (Ausleitungsstrecke) auch hinsichtlich der Wasserführung keine Wanderbarriere darstellt und die FAA am Wehr für Fische uneingeschränkt erreichbar ist. In der Saale wurde in der Regel eine Mindestwassermenge von 10 % von MQ gefordert. Diese Werte entsprechen in etwa $0,33 \times \text{MNQ}$.

In Abbildung 16 nach TLUG (2011) ist der Anteil der Fische, der über das Mutterbett (Ausleitungsstrecke) Richtung Wehr aufsteigt, als $q_{\text{Affb,gr}}(\text{QBW})$ dargestellt. Der Anteil aufsteigender Fische, der über den Turbinenkanal in Richtung WKA wandert und als $q_{\text{Affb,gr}}(\text{WKA})$ bezeichnet ist, ergibt sich aus der Differenz aus $1 - q_{\text{Affb,gr}}(\text{QBW})$.

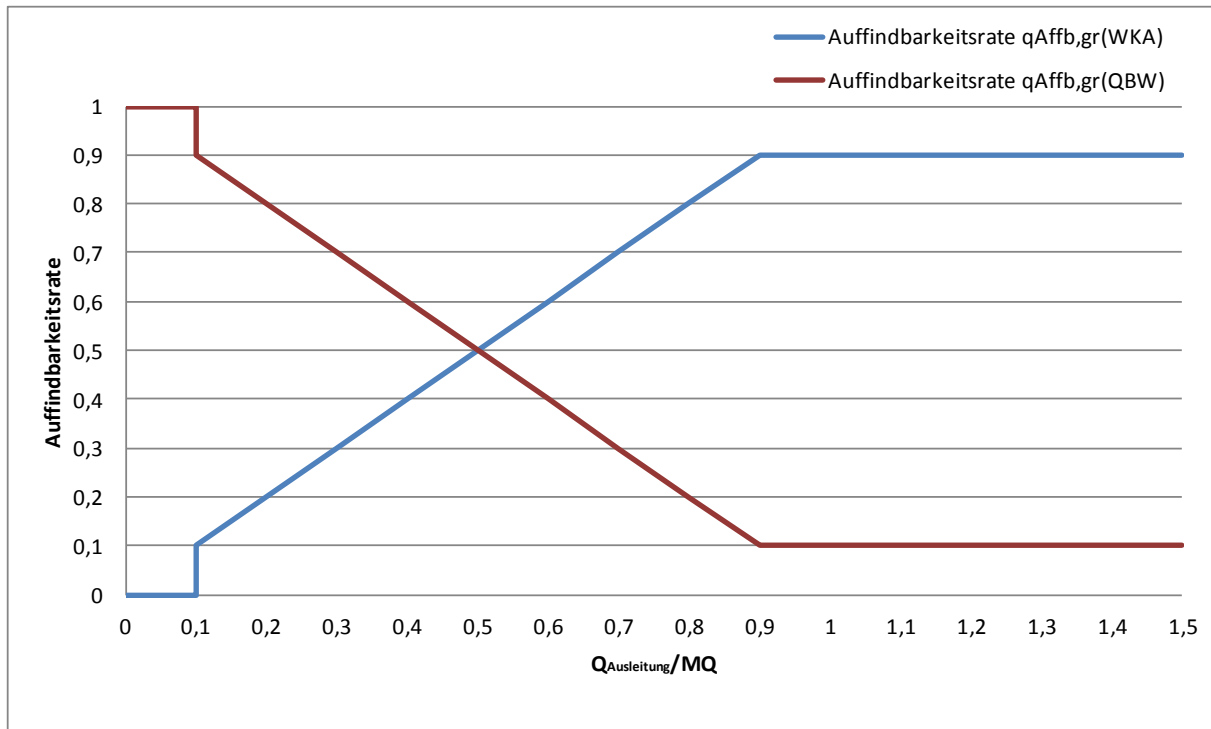


Abbildung 16: Arbeitsannahme für die großräumige Auffindbarkeitsrate $q_{\text{Affb,gr}}$, falls keine oder eine unwirksame Einschwimmbariere am UW-Kanal vorhanden ist; $Q_{\text{Ausleitung}}$ = Ausbaudurchfluss der Ausleitungs-WKA ohne Rest-WKA-Betrieb, MQ = Mittelwasser. (verändert nach TLUG 2011)

Folgende Arbeitsannahmen liegen Abbildung 16 zugrunde:

1. Die Verteilung der aufsteigenden Fische entspricht der Verteilung der Abflüsse auf die einzelnen Wanderwege bezogen auf MQ.
2. Bewegt sich der Quotient von Wasserausleitung zum Mittelwasserabfluss zwischen 0,1 und 0,9 ($0,1 < Q_{\text{Ausleitung}}/\text{MQ} < 0,9$) verändert sich bei dieser Annahme die Aufteilung der Auffindbarkeitsraten der Wanderrichtung zum Wehr (ggfs. mit Rest-WKA) bzw. zur WKA linear.
3. Wenn das Verhältnis $Q_{\text{Ausleitung}}/\text{MQ} > 0,9$ beträgt, werden 90 % der aufsteigenden Fische zur WKA geleitet. Die Auffindbarkeitsrate des Querbauwerks $q_{\text{Affb,gr}}$ beträgt dann 0,1. Bei Betrieb einer Restwasserkraftanlage am Wehr im Vorzugsbetrieb wäre hier anstelle der Auffindbarkeitsrate des Querbauwerks in Höhe von 0,1 das Verhältnis von Rest-WKA-Wassermenge zzgl. Fischaufstiegsanlagendotation bei der Rest-WKA sowie zzgl. Fischabstiegsanlagendotation der Rest-WKA zu MQ anzusetzen. (Rechenbeispiel: MQ ist 20 m³/s, Rest-WKA schluckt 4,25 m³/s, FAA benötigt 0,5 m³/s, Fischabstiegsanlagendotation 0,25 m³/s ergibt in der Summe eine Wassermenge von 5 m³/s über das Mutterbett → Quotient von 5 m³/s Abfluss über das Wehr zu 20 m³/s MQ ergibt 0,25; somit wird anstelle von 0,1 der Wert 0,25 bei der Berechnung eingesetzt.)
4. Ist die Wasserausleitung im Verhältnis mit $Q_{\text{Ausleitung}}/\text{MQ} < 0,1$ sehr gering wird davon ausgegangen, dass alle Fische in Richtung Querbauwerk aufsteigen. Die Auffindbarkeitsrate des Querbauwerks $q_{\text{Affb,gr}}$ wird demzufolge als 1 angesetzt. Dieser Fall trifft für die Standorte in der Saale nicht zu.

Um den Aufstieg in Richtung Unterwasserkanal der WKA zu verhindern und die Auffindbarkeit der FAA am Wehr zu gewährleisten, können Einschwimmsperren errichtet werden. Bzgl. dieser Einwandersperren existieren bisher keine belastbaren Referenzen hinsichtlich der Wirksamkeit. Somit werden sie nur an den Standorten empfohlen, an welchen keine Alternative möglich ist. Dies betrifft den Standort bei Obernitz. Die Sperren müssen vielfältige Aufgaben erfüllen: sie müssen alle aufstiegswilligen Arten und Größenklassen effektiv leiten, dürfen den Abfluss nicht beeinträchtigen und absteigende Fische nicht blockieren oder schädigen. Diese Zwänge lassen eine 100-prozentige Effektivität nicht zu. Für die weiteren Betrachtungen wird daher ein Wert von 85 % Wirksamkeit angenommen.

Bei Flusskraftwerken ist die großräumige Auffindbarkeit im Vergleich zu Ausleitungskraftwerken grundsätzlich gegeben (Auffindbarkeitsrate 1).

5.2.2 Kleinräumige Auffindbarkeit

Haben die aufstiegswilligen Fische das eigentliche Wanderhindernis erreicht, sind die Anordnung der Einstiegsöffnung der FAA am Wanderhindernis sowie eine angemessene Leitströmung im Verhältnis zum konkurrierenden Abfluss entscheidend für die Auffindbarkeit.

Entsprechend TLUG (2011) erfolgt die Bewertung nach Tabelle 33.

Tabelle 33: Bewertung der *Kleinräumigen Auffindbarkeit* eines Wanderwegs (Quelle: TLUG 2011)

Auffindbarkeits-Rate $q_{\text{Affb,kl}}^*$	Fischökologische Definition	Einzelkriterien für kleinräumige Auffindbarkeit eines Wanderwegs Querbauwerk, Ausleitungskraftwerk, Flusskraftwerk
1	Unbeeinträchtigte Auffindbarkeit	Es ist kein Querbauwerk vorhanden ODER das Querbauwerk ist ein gewässerbreites Raugerinne.
0,975	Die Auffindbarkeit der Fischaufstiegsanlage ist nicht oder nur geringfügig beeinträchtigt: Die Hauptströmung führt alle aufwandernden Fische an mindestens 300 Tagen (DWA M509) im Jahr zum Einstieg einer Fischaufstiegsanlage.	Kleinräumige Auffindbarkeit ist gegeben bei: Fischaufstiegsanlage am Querbauwerk UND/ ODER am Kraftwerk mit Positionierung nach TLUG (2009), Anhang A.5. Fischaufstiegsanlage uferseitig neben dem Wasserkraftwerk; Einstieg nicht ins Unterwasser vorgebaut. Leitströmung tritt parallel zur Hauptströmung aus und wird von schwankenden Unterwasserständen nicht beeinträchtigt.
0,85	Die Auffindbarkeit der Fischaufstiegsanlage ist mäßig beeinträchtigt oder nur an mindestens 240 Tagen sichergestellt	Kleinräumige Auffindbarkeit ist mäßig beeinträchtigt, wenn: Fischaufstiegsanlage am Querbauwerk, deren Positionierung und Leitströmung geringfügig von Anforderungen nach TLUG (2009), Anhang A.5 abweicht. Fischaufstiegsanlage uferseitig neben dem Wasserkraftwerk. Positionierung und Leitströmung weichen mäßig vom Stand der Technik (Anhang A.4) ab.
0,60	Durch falsche Positionierung ist die Auffindbarkeit der Fischaufstiegsanlage erheblich beeinträchtigt.	Kleinräumige Auffindbarkeit ist erheblich beeinträchtigt, wenn: Fischaufstiegsanlage am Querbauwerk. Einstieg weit unterhalb, keine wahrnehmbare Leitströmung Fischaufstiegsanlage am Ufer, das dem Kraftwerk gegenüberliegt. Positionierung entspricht ansonsten den Kriterien in Stufe B.
0	Fischaufstiegsanlage ist nicht auffindbar.	Kleinräumige Auffindbarkeit ist nicht gegeben wenn: Aufstiegsanlage nicht sicher auffindbar ist, da vollkommen falsch positioniert. ODER Es existiert keine Fischaufstiegsanlage

5.2.3 Passierbarkeit

Ist die Fischaufstiegsanlage erreicht, entscheiden bautechnische und hydraulische Details, ob aquatische Organismen erfolgreich diese passieren können. Auch wenn keine FAA vorhanden war, erhielt das Querbauwerk eine Bewertung entsprechend Tabelle 34.

Die Passierbarkeit wird entsprechend der Anforderungen nach TLUG (2009) in 5 verschiedenen Stufen, sogenannten Passierbarkeitsraten q_{Pass} , eingeteilt (TLUG 2011) (Tabelle 34; Tabelle 35).

Tabelle 34: Bewertung der flussaufwärts gerichteten Passierbarkeit eines Querbauwerks ohne gesonderte Fischaufstiegsanlage (Quelle TLUG 2011)

Passierbarkeitsrate q_{Pass}^*	Fischökologische Definition	Einzelkriterien
		Querbauwerk ohne Fischaufstiegsanlage
1	Unbeeinträchtigte Aufwanderung	Es ist kein Querbauwerk vorhanden
0,975	Passierbarkeit des Standortes ist nur geringfügig beeinträchtigt und an mindestens 300 Tagen/Jahr gegeben.	Das Querbauwerk ist flach geneigt, mit rauer Oberfläche und ausreichender Wassertiefe im Wanderkorridor, so dass es ebenso leicht passierbar ist wie eine natürliche Rausche.
0,85	Passierbarkeit des Standortes ist an mindestens 240 Tagen und/oder für einzelne Arten und/oder Größen nur eingeschränkt gegeben.	Am Querbauwerk weichen die hydraulischen Bedingungen auch bei höherem Rückstau nur mäßig von den Grenzwerten nach Tab. 3 (TLUG (2009), Anhang A) ab.
0,60	Der Standort ist nur von erheblich eingeschränktem Arten- und Größenspektrum überwindbar.	Das Querbauwerk ist so steil und hoch, dass auch bei höherem Rückstau die hydraulischen Grenzwerte nach Tab. 3 (TLUG (2009), Anhang A) erheblich abweichen.
0	Der Standort ist auch bei Hochwasser nicht passierbar.	Das Querbauwerk wird bei Hochwasser nicht überstaut und die hydraulischen Grenzwerte nach Tab. 3 (TLUG (2009), Anhang A) weichen gravierend ab.

Tabelle 35: Bewertung der flussaufwärts gerichteten Passierbarkeit eines Querbauwerks mit Fischaufstiegsanlage (aus TLUG 2011)

Passierbar-keitsrate q_{Pass}^*	Fischökologische Definition	Einzelkriterien Querbauwerk mit Fischaufstiegsanlage
1	Unbeeinträchtigte Aufwanderung	Es ist kein Querbauwerk vorhanden
0,975	Passierbarkeit des Standortes ist nur geringfügig beeinträchtigt und an mindestens 300 Tagen/Jahr gegeben.	Aufstiegsanlage entspricht dem Stand der Technik (vgl. Tab. 3 und 4 in den TLUG (2009), Anhang A) sowohl für die größten als auch die leistungsschwächsten Arten und Entwicklungsstadien.
0,85	Passierbarkeit des Standortes ist an mindestens 240 Tagen UND/ ODER für einzelne Arten UND/ ODER Größen nur eingeschränkt gegeben.	Mäßige Abweichungen von den Grenzwerten nach Tab. 3 und 4 (TLUG (2009), Anhang A) bezüglich Strömungsgeschwindigkeit, Energieeintrag, Dimensionen etc..
0,60	Der Standort ist nur von erheblich eingeschränktem Arten- und Größenspektrum überwindbar.	Erhebliche Abweichungen von den Grenzwerten nach Tab. 3 und 4 (TLUG (2009), Anhang A).
0	Der Standort ist auch bei Hochwasser nicht passierbar.	Gravierende Abweichungen von den Grenzwerten nach Tab. 3 und 4 (TLUG (2009), Anhang A).

* Den in Tabelle 33 bis Tabelle 35 dargestellten Raten und Abstufungen liegen keine wissenschaftlichen Untersuchungen zugrunde. Es sind auf Erfahrungen und Arbeitshypothesen basierende fachliche Einschätzungen, die ggfs. bei fortgeschrittenem empirisch-wissenschaftlichen Kenntnisstand angepasst werden müssen.

Die Abstufungen (mäßig, erheblich, gravierend) der Abweichungen können prozentual in Anlehnung an DWA (2006) angesetzt werden.

5.2.4 Standortbezogene Gesamtbewertung der flussaufwärts gerichteten Durchgängigkeit

Die Vorgehensweise nach TLUG (2011) berücksichtigt die Standortdetails sowohl bei Fluss- als auch bei Ausleitungskraftwerken. Weitere Gewässerverzweigungen können darüber hinausgehend ebenfalls berücksichtigt werden.

Abbildung 17 stellt die zu berücksichtigenden Details der rechnerischen Gesamtbewertung des Standortes dar. Es wird sowohl die klein- und großräumigen Auffindbarkeit sowie die Passierbarkeit der jeweiligen Wanderwege bewertet. Für die Bewertung des Wanderweges werden die einzelnen Raten der Auffindbarkeit bzw. Passierbarkeit miteinander multipliziert. Bei parallelen Wanderwegen, wie bspw. bei Ausleitungskraftwerken, werden die oben errechneten Werte des jeweiligen Wanderweges addiert.

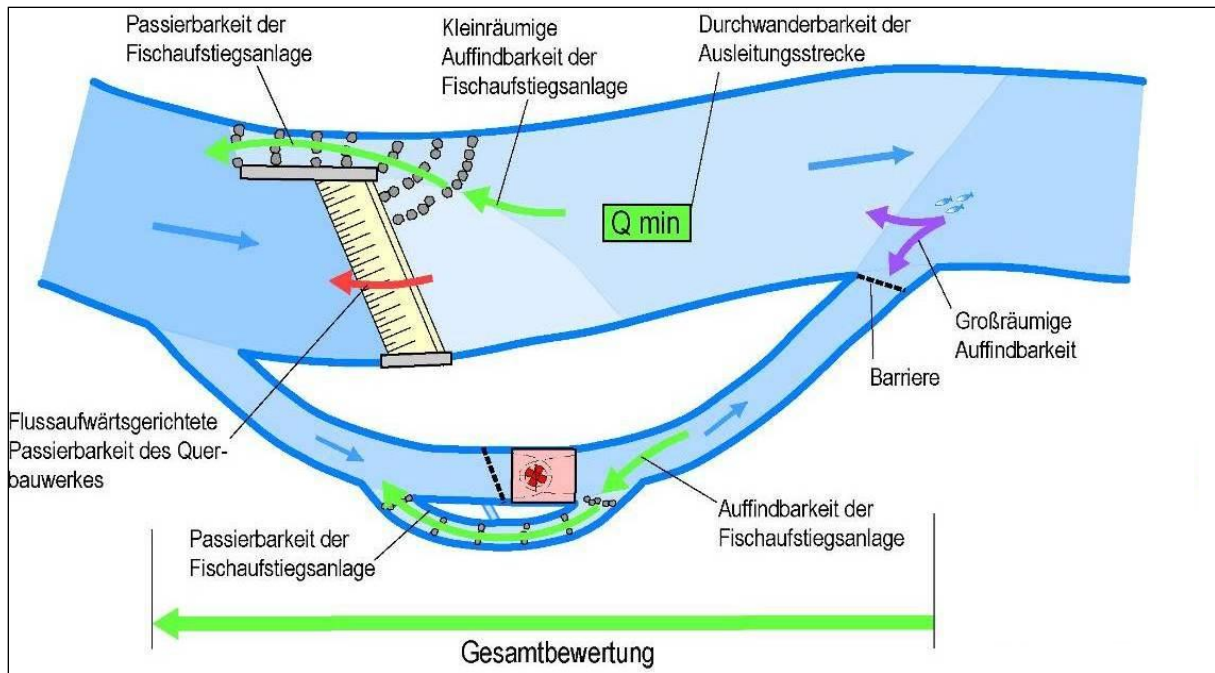


Abbildung 17: Parameter-Bewertung der stromaufwärts gerichteten Durchgängigkeit eines Standortes mit Wanderwegen in der Ausleitungsstrecke und im Betriebskanal (Skizze verändert nach TLUG 2011)

Tabelle 36 in Anlehnung an TLUG (2011) stellt die Berechnungen exemplarisch dar.

Tabelle 36: Beispiel für die Gesamtbewertung der flussaufwärts gerichteten Durchgängigkeit des Standortes in Döbritschen im Istzustand (Schema verändert nach TLUG 2011)

Gesamtbewertung der flussaufwärts gerichteten Durchgängigkeit eines Standorts durch Addition der Bewertungen aller Wanderwege = Aufstiegsrate des Standorts $q_{\text{Auf, Standort}}$						0,83
Fall	Wanderweg	Großräumige Auffindbarkeit des Wanderweges $q_{\text{Atrb, gr}}$	Kleinräumige Auffindbarkeit des Einstiegs der FAA $q_{\text{Atrb, kl}}$	Passierbarkeit von FAA oder QBW q_{Pass}	Bewertung für Wanderweg $q_{\text{Auf, Weg}}$	 Bewertung jedes Wanderweges durch Multiplikation der Raten der Einzelkriterien
1	Betriebskanal, FAA an WKA	0,64 (QA/MQ)	0,975 (FAA optimal auffindbar)	0,85 (hydraulisch nicht optimal)	0,53	
2	Mutterbett= Ausleitungssstre cke	0,36	0,975 (FAA optimal auffindbar)	0,85 (hydraulisch nicht optimal)	0,30	
3	Ggf. weitere Wanderwege (z.B. Gewässerarme)	0	0	0	0	

5.2.5 Erreichbarkeitsrate der Areale

Nach TLUG (2011) entspricht die Erreichbarkeitsrate der Kumulation der Aufstiegsraten der Einzelstandorte von einem Startpunkt bis zum jeweiligen Areal. Von der Landesgrenze zu Sachsen-Anhalt ausgehend, steigen unter anderem die Langdistanzwanderfische in der Saale in Thüringen auf. Die Aufstiegsraten der Einzelstandorte werden ausgehend von der Landesgrenze bis zum Areal entsprechend TLUG (2011) multipliziert. Bei diesen Berechnungen werden zur Vereinfachung Aufstiegszahlen von Fischen, die in Seitengewässer abwandern, nicht berücksichtigt.

Am Lachs kann dies dargestellt werden: Wollen die Tiere kiesige Laichplätze im Bereich des Fischersdorfer Wehr erreichen, so sind ab der Landesgrenze zu Sachsen-Anhalt alle hier zu bewertenden Querverbauungen zu überwinden. Durch Multiplikation der Aufstiegsraten aller Standorte kann errechnet werden, wie viel Prozent der adulten Lachse diese Laichplätze theoretisch erreichen werden.

5.3 Bewertung der flussabwärts gerichteten Durchgängigkeit

Auch für die flussabwärts gerichtete Durchgängigkeit an einem Standort sind die groß- und kleinräumige Auffindbarkeit der jeweiligen Abstiegswege zu ermitteln. Des Weiteren ist zu bewerten, wie hoch die Schutzwirkung der Rechen vor Wasserkraftanlagen in Verbindung mit der Anströmgeschwindigkeit für Fische ist. Das Verletzungsrisiko in den Turbinen oder bei der Wehrpassage wird ebenfalls bewertet.

Fischaufstiegsanlagen sind bis auf wenige Ausnahmen in der Regel für fischabstiegswillige Fische nicht auffindbar. In den Fällen, in denen die FAA-Einlauföffnung in auffindbarer Nähe zum Rechen liegt, können die Fischaufstiegsanlagen für den Fischabstieg auffindbar sein (SCHMALZ 2010). In diesen Einzelfällen können bei ausreichender Dotation die Aufstiegsanlagen als Abstiegsweg berücksichtigt werden. In diesen Fällen ist zu prüfen, ob der benachbarte Rechen eine Gefahr für aufsteigende Fische darstellt. Nach DWA M 509 wird ein Abstand des Ausstiegs der FAA von 5 m zum Rechen, Anströmgeschwindigkeiten von 0,5 m/s vorausgesetzt, gefordert.

Um Berechnungen und Prognosen zu ermöglichen, wurde wie bei der Bewertung der flussaufwärts gerichteten Wanderung auf vereinfachende Arbeitsannahmen nach TLUG (2011) zurückgegriffen, da biologische Untersuchungen an allen Standorten über einen kompletten Jahresgang den Rahmen der Studie bei weitem gesprengt hätten. Standortliche Evaluierungen des Fischabstieges und Fischschutzes sind relativ aufwändig. Wie diese durchgeführt werden können enthält SCHMALZ et al. (2015).

5.3.1 Großräumige Auffindbarkeit

Bei der großräumigen Auffindbarkeit potentieller Abstiegswege spielt die Abflussaufteilung eine wesentliche Rolle (Abbildung 19). Es wird als Arbeitsannahme davon ausgegangen, dass die Aufteilung der im Oberwasser anstehenden, abwanderwilligen Fische proportional der Aufteilung des Abflusses auf die einzelnen Wanderwege bei MQ erfolgt. Die Abflussaufteilung ist abhängig vom Ausbaugrad der WKA, ggfs. abgegebenem Restwasser und/oder dem Vorhandensein einer Rest-WKA. Im Gegensatz zum Aufstieg sind auch bei Flusskraftwerken zwei Wanderwege (Wehr und WKA) zu unterscheiden. Die Bewertung der Auffindbarkeit gestaltet sich wie folgt (Abbildung 18).

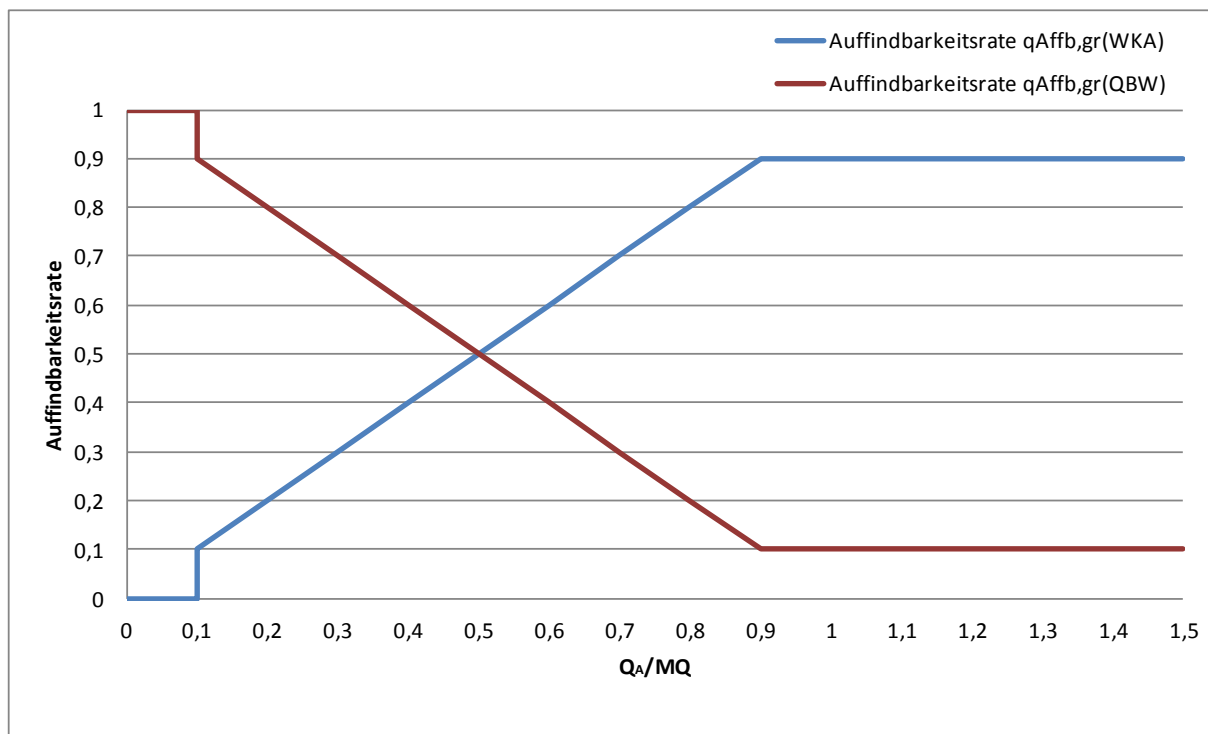


Abbildung 18: Arbeitsannahme für die großräumige Auffindbarkeitsrate $q_{Affb,gr}$; Q_A = Ausbaudurchfluss WKA, MQ = Mittelwasser. (verändert nach TLUG 2011)

Folgende Arbeitsannahmen liegen Abbildung 18 zugrunde:

1. Die Verteilung der absteigenden Fische entspricht der Verteilung der Abflüsse auf die einzelnen Wanderwege bezogen auf MQ .
2. Bewegt sich der Quotient von Q_A zu MQ zwischen 0,1 und 0,9 ($0,1 < Q_A/MQ < 0,9$) verändert sich bei dieser Annahme die Aufteilung der Auffindbarkeitsraten der Wanderrichtung zum Wehr (ggfs. mit Rest-WKA) bzw. zur WKA linear.
3. Wenn das Verhältnis $Q_A/MQ > 0,9$ beträgt, werden 90 % der absteigenden Fische zur WKA geleitet. Die Auffindbarkeitsrate des Querbauwerks $q_{Affb,gr}$ beträgt dann 0,1. Bei Betrieb von Restwasserkraftanlagen wird die Summe der Ausbauwassermenge aller Turbinen des Standortes ins Verhältnis mit MQ gesetzt. Auch hier gilt bei einem Summen-Ausbaugrad von über 90 %, dass eine Auffindbarkeitsrate von 0,1 rechnerisch beim Wehr verbleibt.
4. Ist die Wasserausleitung im Verhältnis mit $Q_A/MQ < 0,1$ sehr gering, wird davon ausgegangen, dass alle Fische in Richtung Querbauwerk absteigen. Die Auffindbarkeitsrate des Querbauwerks $q_{Affb,gr}$ wird demzufolge als 1 angesetzt.

In der Saale sind bzgl. der großräumigen Auffindbarkeit 4 Fälle zu unterscheiden:

1. Querbauwerke ohne Wasserkraftnutzung
2. Querbauwerke mit Wasserkraftnutzung ohne Ausleitung (Flusskraftwerke)
3. Standorte mit Wasserausleitung und Wasserkraftnutzung, zum Teil mit Restwasserkraftanlagenbetrieb am Wehr.
4. Standorte mit geringer Wasserausleitung ohne Wasserkraftnutzung

Beim Abstieg wird in Abstimmung mit dem Auftraggeber die Annahme getroffen, dass bei höheren Abflüssen, die das Schluckvermögen der WKA überschreiten, ein Teil der abstiegswilligen Fische über das Wehr abwandert, auch wenn das Wehr bei MQ eigentlich nicht überströmt ist und somit nicht als Abwanderweg in Frage käme. Bei den Berechnungen wurde daher bei allen Standorten gleich verfahren. Dies betrifft auch die WKA in Jena-Burgau. Mit einer Ausbauwassermenge von $50 \text{ m}^3/\text{s}$ überschreitet die Anlage das MQ in Höhe von $30,1 \text{ m}^3/\text{s}$ allerdings erheblich. Q_{330} wurde dort mit $61,8 \text{ m}^3/\text{s}$ berechnet. In einer weiterführenden Einzelfallstudie wäre hier zu ermitteln, ob auch hier eine Abstiegsrate von 0,1 über das Wehr im Vergleich zu den anderen, bei weitem nicht so groß ausgebauten Anlagen, angenommen werden kann. Tiefer gehende Einzelfallbetrachtungen waren jedoch nicht Inhalt dieser Einschätzungen.

Abbildung 19 stellt exemplarisch den komplexesten Fall eines Ausleitungskraftwerks mit Restwasserkraftanlage dar.

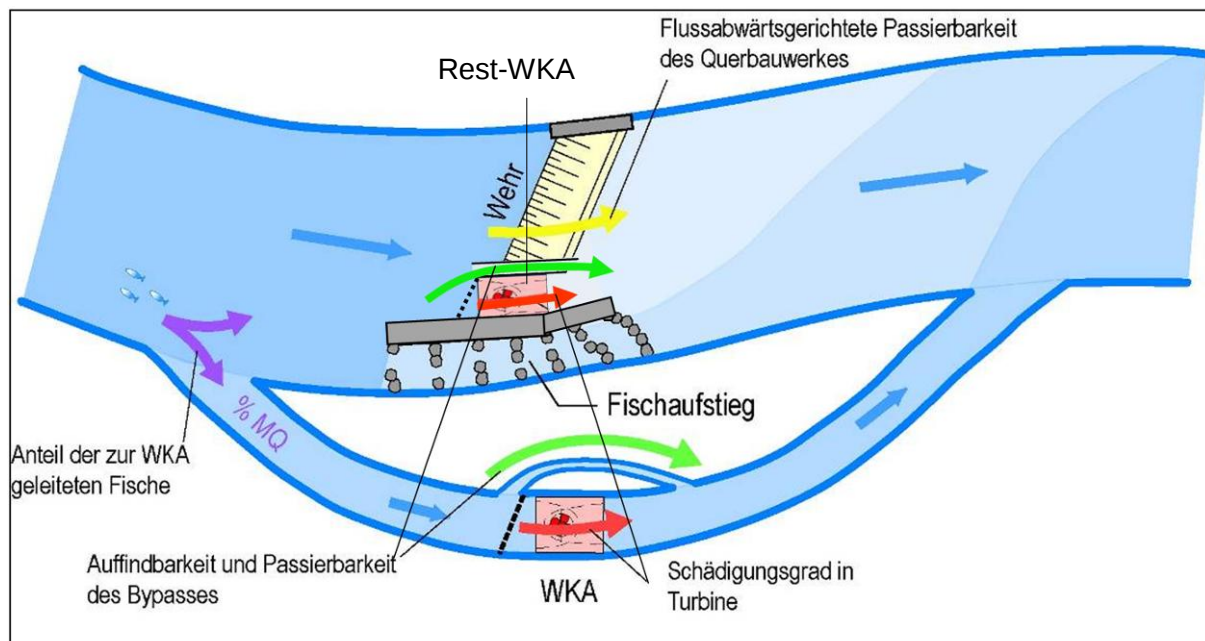


Abbildung 19: Beispiel für die Bewertung der Abwanderung von Fischen an einem Ausleitungskraftwerk (verändert nach TLUG 2011)

An Querbauwerken ohne Wasserkraftnutzung steigen die Fische der Hauptströmung folgend über das Wehr ab.

Im Falle von Wasserausleitungen für Brauchwasser wie bspw. für Industrieanlagen, wird die vereinfachte Annahme getroffen, dass die Fische aufgrund geeigneter Rückhaltetechniken dort nicht abwandern, sondern im Hauptgewässer verbleiben.

5.3.2 Kleinräumige Auffindbarkeit

Uneingeschränkt auffindbar ist der Abstiegsweg, wenn über das Querbauwerk das komplette Wasser ungehindert fließt. Wenn Wasser durch eine Wasserkraftanlage geleitet wird, ist für eine gute kleinräumige Auffindbarkeit des Abstiegsweges in unmittelbarer Nähe des Wanderhindernisses eine ausreichend groß dimensionierte Einstiegsöffnung vorzusehen. Darüber hinaus wird ein zur konkurrierenden Strömung ausreichend großer Abfluss für die Abstiegsanlage benötigt. In der Praxis zeigt sich, dass vorhandene Abstiegswege von diesen Anforderungen mehr oder weniger stark abweichen. Für die Bewertung der Positionierung und Dotation wird Tabelle 37 herangezogen.

Tabelle 37: Bewertung der *Kleinräumigen Auffindbarkeit* von Wanderwegen für die flussabwärts gerichtete Wanderung (Quelle: TLUG 2011)

Bewertungsstufe	Fischökologische Definition	Technische Kriterien Bypass am Wasserkraftwerk bzw. Entnahmebauwerk
1	Unbeeinträchtigte Abwanderung	Keine Wasserkraftnutzung oder Wasserentnahme
0,975	Die Auffindbarkeit von Abwanderwegen ist nur geringfügig beeinträchtigt	Abstiegsanlage an der Nutzungseinrichtung, Positionierung und Abfluss optimal.
0,85	Die Auffindbarkeit von Abwanderwegen ist mäßig beeinträchtigt	Abstiegsanlage an der Nutzungseinrichtung, Positionierung und Abfluss von optimalen Bedingungen mäßig abweichend.
0,60	Die Auffindbarkeit von Abwanderwegen ist erheblich beeinträchtigt	Abstiegsanlage an der Nutzungseinrichtung, Positionierung und Abfluss von den optimalen Bedingungen erheblich abweichend.
0	Abwanderwege sind nicht vorhanden oder nicht auffindbar.	Keine oder unwirksame Abstiegsanlage an der Nutzungseinrichtung oder Abstiegsanlage nur in sehr geringem Maß auffindbar.

5.3.2.1 Fischabstieg durch den Bereich der Wasserkraftanlage

Im Nahbereich der WKA bieten sich für Fische theoretisch 3 Möglichkeiten an.

1. Die Tiere werden von einer Schutzeinrichtung (an der Saale nur Rechen) von der Passage der Turbine abgehalten und finden den Weg über eine Abstiegseinrichtung (z. B. Bypass); Anteil dieser Fische an Gesamtzahl abstiegswilliger Fische = Systemableitrate.
2. Sie passieren die Schutzeinrichtung und steigen (mit entsprechendem Verletzungsrisiko) durch die Turbine ab; Anteil der Fische, die den Rechen passieren an Gesamtzahl abstiegswilliger Fische = Rechenpassagerate; Anteil der Fische, die überlebensfähig die Turbinen passieren an Gesamtzahl der Fische, die den Rechen passierten = Überlebensrate.
3. Die Fische verbleiben im Oberwasser und können entweder am Rechen geschädigt werden oder steigen gar nicht ab. In beiden Fällen fallen diese Tiere für die weitere Reproduktion aus.

5.3.2.2 Komponenten der Systemableitrate

Die *Systemableitrate* ist eine Kombination aus den Faktoren des Rückhaltevermögens des Rechens und der kleinräumigen Auffindbarkeit des Fischabstiegsweges. Das Rückhaltevermögen des Rechens beinhaltet hier auch eine Verhaltenskomponente. Dies bedeutet, dass sich vorerst auch Fische zurückhalten lassen, die den Rechen eigentlich aufgrund ihrer körperlichen Dimensionen passieren könnten. Die kleinräumige Auffindbarkeit beurteilt die Positionierung und Dotation des Ableitungsweges und wird je nach Ausprägung entsprechend Tabelle 37 abgestuft. Weiterhin wird hier der Einfluss der Anströmgeschwindigkeit einbezogen. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich die Systemableitrate mit steigender Anströmgeschwindigkeit verschlechtert, da die Fische eine kürzere Zeit gegen die Strömung anschwimmen können und somit weniger Zeit haben, den Bypass zu finden. Eine Erschöpfung und ggfs. nachfolgende Passage des Rechens bzw. Verletzung am Rechen tritt schneller ein. Für die Berechnung der Systemableitrate wird die kleinräumige Auffindbarkeit des Abwanderweges mit der Rückhalterate der mechanischen Barriere multipliziert (siehe Tabelle 38 bis Tabelle 40).

5.3.2.3 Mechanische Barrieren

Die oben genannten Schutzeinrichtungen vor Wasserkraftanlagen sind in der Regel Rechenanlagen. Diesen kommt die Aufgabe zu, die Fische vor dem Eindringen in die Turbinen zu hindern. Sind die lichten Rechenstababstände größer als die Fischbreite bzw.

Fischhöhe, können die Tiere den Rechen passieren. Ein ausreichender mechanischer Schutz wird erst bei entsprechend engen Stababständen in Verbindung mit moderaten Anströmgeschwindigkeiten möglich.

Die Anströmgeschwindigkeit wurde anhand der projizierten Anströmfläche des Rechens A_s mit Formel 24 entsprechend TLUG (2011) berechnet:

Formel 24 $v_A = Q_A / A_s$

mit	v_A	= Anströmgeschwindigkeit	[m/s]
	Q_A	= Ausbaudurchfluss der WKA	[m³/s]
	A_s	= senkrecht zur Fließrichtung projizierte Anströmfläche des Rechens	[m²]

Ist die Anströmgeschwindigkeit höher als 0,5 m/s können Fische gegen den Rechen gepresst und verletzt werden. Das Zusammenspiel von mechanischer Schutzwirkung einschließlich der oben genannten Verhaltenskomponente des Rechens und der kleinräumigen Auffindbarkeit der Abstiegsanlage entscheidet über die Ableitrate von Fischen.

Nach TLUG (2011) ist die Schutzrate einer mechanischen Barriere von folgenden Parametern abhängig:

- lichter Stababstand der Rechenstäbe
- Anströmgeschwindigkeit des Rechens
- Körperdimensionen der Fische; Zielarten sind hier: Lachssmolts und Blankaal
- funktionsfähig gestaltete, gut auffindbare Abstiegsanlage.

Bei Vorhandensein eines funktionsfähigen Abwanderweges werden in Abhängigkeit von der Stabweite des Rechens und von v_A die in Tabelle 38 genannten Systemableitraten angesetzt. Die Auffindbarkeitsrate von 0,975 ist berücksichtigt.

Tabelle 38: Annahmen für die Systemableitrate an mechanischen Barrieren mit funktionsfähigem Abwanderweg (nach TLUG 2011)

	Systemableitrate bei funktionsfähigem Abwanderweg nach TLUG (2011)			
Lichte Stabweite	$v_A \leq 0,5 \text{ m/s}$		$v_A > 0,5 \text{ m/s (und } < 1 \text{ m/s)}$	
	Lachs	Aal	Lachs	Aal
$\leq 10 \text{ mm}$	0,95	0,975	0,90	0,90
15 mm	0,70	0,90	0,50	0,75
20 mm	0,50	0,60	0,25	0,25
$> 20 \text{ mm}$	0	0	0	0

Diese Werte gelten auch für den Planzustand an den Querbauwerksstandorten. Hier kann von optimal angebundenen und dimensionierten Abstiegsanlagen ausgegangen werden. Beim Ist-Zustand existieren zum Teil nach aktuellem Kenntnisstand nicht optimal

ausgeführte Fischabstiegsanlagen. Bei der Ist-Zustandsbewertung waren demzufolge die Werte aus Tabelle 38 für mäßig (0,85) und erheblich (0,6) abweichende Abstiegsanlagen noch einzuberechnen (Tabelle 39, Tabelle 40).

Tabelle 39: Annahmen für die Systemableitrate an mechanischen Barrieren mit mäßig auffindbarem Abwanderweg

	Systemableitrate mit mäßig beeinträchtigtem Abwanderweg			
Lichte Stabweite	$v_A \leq 0,5 \text{ m/s}$		$v_A > 0,5 \text{ m/s (und } < 1 \text{ m/s)}$	
	Lachs	Aal	Lachs	Aal
$\leq 10 \text{ mm}$	0,83	0,85	0,78	0,78
15 mm	0,61	0,78	0,44	0,65
20 mm	0,44	0,52	0,22	0,22
$> 20 \text{ mm}$	0	0	0	0

Tabelle 40: Annahmen für die Systemableitrate an mechanischen Barrieren mit erheblich beeinträchtigt auffindbarem Abwanderweg

	Systemableitrate mit erheblich beeinträchtigtem Abwanderweg			
Lichte Stabweite	$v_A \leq 0,5 \text{ m/s}$		$v_A > 0,5 \text{ m/s (und } < 1 \text{ m/s)}$	
	Lachs	Aal	Lachs	Aal
$\leq 10 \text{ mm}$	0,58	0,60	0,55	0,55
15 mm	0,43	0,55	0,31	0,46
20 mm	0,31	0,37	0,15	0,15
$> 20 \text{ mm}$	0	0	0	0

Da die Tiere, die nicht erfolgreich den Abstieg finden, je nach Stababstand der mechanischen Barriere und Zielfischdimensionen den Rechen passieren könnten, waren hierfür abweichend von TLUG (2011) weitere Annahmen notwendig. Mit der Rechenpassagerate wird eingeschätzt, mit welchem Anteil die Fische den Rechen und somit die Turbinen passieren können (Tabelle 41). Dieser Rate liegt die Annahme zugrunde, dass die Tiere bei entsprechender Körpergröße zwar den Rechen passieren können, aber ein gewisser Teil dennoch eine Passage verweigert. Dieser letztendlich zurückbleibende Teil wird z. B. vom Rechenreiniger erfasst oder unterbricht die Abwanderung und verbleibt im Oberwasser. Wie die Berechnungen an den jeweiligen Standorten durchgeführt werden, ist in Tabelle 44 exemplarisch am komplexen WKA-Standort Jägersdorf dargestellt.

Tabelle 41: Annahmen für Rechenpassageraten in Abhängigkeit von der lichten Stabweite.

	Rechenpassagerate	
Lichte Stabweite	Lachs	Aal
$\leq 10 \text{ mm}$	0,10	0
15 mm	0,90	0,25
20	1	0,5
$> 20 \text{ mm}$	1	1

5.3.3 Turbinenbedingte Fischartschäden

Hinsichtlich turbinenbedingter Fischartschäden sind etliche Veröffentlichungen erschienen:

MONTEN (1985), RABEN (1957), BERG (1987), PAVLOV et al. (2002), (EBEL 2008), HOLZNER (1999); SCHMALZ & SCHMALZ (2007); SCHMALZ (2010).

Die Häufigkeit und die Art von Verletzungen ist insbesondere abhängig von

- Turbinentyp
- Turbinendimensionierung
- Fallhöhe
- Betriebszustand der Turbine (Volllast/Teillast)
- Fischart und –größe.

Die Überlebensraten bei der Turbinenpassage wurden in TLUG (2011) und LUWG (2008) in Abhängigkeit von der Ausbaugröße und der standardisierten Turbinenart mit den Formeln von LARINIER & DARTIGUELONGUE (1989) errechnet. Tabelle 42 enthält die angenommenen Überlebensraten entsprechend Turbinentyp und –dimension, getrennt nach den Zielarten Aal und Lachs. Für größere Francisturbinen (Abbildung 20) mit den saaletypischen Fallhöhen wurden eigene Erkenntnisse aus SCHMALZ & SCHMALZ (2007) als Annahmen angesetzt.

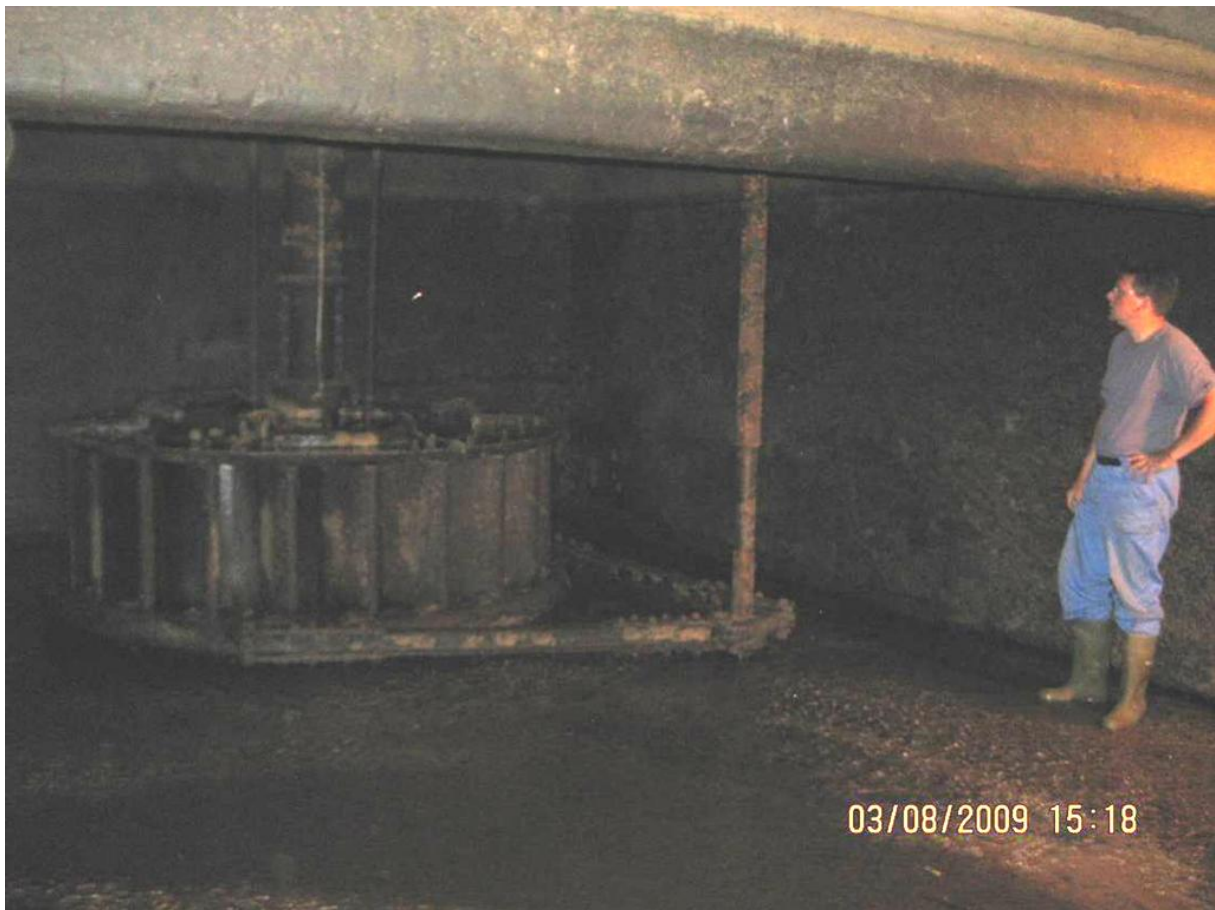


Abbildung 20: Für Wartungsarbeiten trockengelegte Francisturbine

Tabelle 42: Theoretische Überlebensraten von Aal und Lachs bei der Turbinenpassage in Abhängigkeit vom Ausbaudurchfluss mit jeweiliger Quellenangabe

Turbinentyp, Dimension, Zielart	Annahme Überlebensraten mit Quellenangabe
Kaplan bis 10 m³/s	nach LARINIER & DARTIGUELONGUE (1989) in TLUG (2011)
Lachs	0,8
Aal	0,03
Kaplan von 10 bis 25 m³/s	nach LARINIER & DARTIGUELONGUE (1989) in LUWG (2008)
Lachs	0,81
Aal	0,38
Francis bis 10 m³/s	nach LARINIER & DARTIGUELONGUE (1989) in LUWG (2008)
Lachs	0,79
Aal	0,03
Francis von 10 bis 25 m³/s	nach SCHMALZ & SCHMALZ (2007)
Lachs	0,8
Aal	0,8

Ergänzend wird in TLUG (2011) wie folgt ausgeführt:

„Die Formel ist vereinfachend und berücksichtigt nur die mechanische Schädigung von Fischen. Sie basiert auf dem Verhältnis zwischen der Tierlänge und dem Abstand der Laufradschaufeln.

Für Lachssmolts wurde mit einer mittleren Körperlänge von ca. 18 cm und für Aale mit ca. 60 cm gerechnet.

Der Anstellwinkel der Laufradschaufeln bei den meisten Kaplan-turbinen ist stufenlos verstellbar. Die Berechnungen wurden für den Zustand vollständiger Öffnung durchgeführt. Die Schädigungsrate wird bei Teillastbetrieb und Teilöffnung der Turbine erheblich höher sein als bei voller Öffnung.

Schädigungen durch Druckänderungen, Scherkräfte oder in Folge von Kavitation sowie durch erhöhte Prädation unterhalb der Turbinen wurden nicht berücksichtigt. Die wissenschaftlichen Grundlagen für die Ermittlung der Mortalitätsraten bei der Turbinenpassage sind in diesen Punkten noch lückenhaft.“

5.3.4 Fischschäden bei der Querbauwerkspassage

Fischschäden am Querbauwerk sind zu erwarten, wenn die Tiere:

- mit dem abfließenden Wasser nicht in ein ausreichend tiefes Wasserpolster fallen; dies wiederum ist abhängig von der Fallhöhe,
- mit Blocksteinen oder Betonaufbauten auf dem Wehrrücken oder im Tosbeckenbereich kollidieren,
- geringfügig schlitzförmig geöffnete, unterströmte Schützeinrichtungen mit großer Fallhöhe passieren.

Nach TLUG (2011) erfolgt die Bewertung entsprechend Tabelle 43.

Tabelle 43: Bewertung der Passierbarkeit von Querbauwerken für abwandernde Fische (verändert nach TLUG 2011); graue Passagen für untersuchten Saalebereich nicht zutreffend

Überlebensrate s_u	Fischökologische Definition	Technische Kriterien
1	Keine letale Schädigung abwandernder Fische	Es ist kein Querbauwerk vorhanden. ODER Das Querbauwerk ist derart beschaffen, dass Schädigungen ausgeschlossen werden können
0,975	Eine geringe Anzahl abwandernde Fische wird letal geschädigt.	Absturzhöhe des Querbauwerkes geringer als 10 m UND ausreichendes Wasserpolster (mindestens ¼ der Fallhöhe) im Unterwasser; keine Toskörper oder andere Strukturen, die abwandernde Fische gefährden. Aufgrund der Bauweise des Querbauwerks (Rauheit etc.) können jedoch Schädigungen nicht völlig ausgeschlossen werden.
0,85	Eine mäßige Anzahl abwandernde Fische wird letal geschädigt.	Die Absturzhöhe des Querbauwerkes beträgt 10 bis 15 m UND/ ODER unzureichendes Wasserpolster (weniger als ¼ der Fallhöhe) im Unterwasser, um Schädigungen abwandernder Fische zuverlässig zu verhindern bzw. eine mäßige Gefahr mit Toskörpern oder anderen Strukturen zu kollidieren.
0,6	Eine erhebliche Anzahl abwandernde Fische wird letal geschädigt.	Die Absturzhöhe des Querbauwerkes beträgt 15 bis 20 m UND/ ODER unzureichendes Wasserpolster (wesentlich weniger als ¼ der Fallhöhe) im Unterwasser, um Schädigungen abwandernder Fische zuverlässig zu verhindern bzw. eine erhebliche Gefahr mit Toskörpern oder anderen Strukturen zu kollidieren.
0	Alle abwandernden Fische werden letal geschädigt.	Die Absturzhöhe des Querbauwerkes beträgt mehr als 20 m UND/ ODER Im Unterwasser prallen alle Fische auf feste Oberflächen oder Toskörper.

5.3.5 Standortbezogene Gesamtbewertung der flussabwärts gerichteten Durchgängigkeit

Exemplarisch ist die Berechnung flussab gerichteten Durchgängigkeit eines Standortes in Abbildung 21 am Beispiel des Standortes Döbritschen dargestellt.



Abbildung 21: Beispiel verschiedener Abwanderwege und Ermittlung der Schädigungen abwandernder Lachssmolts an einem Standort mit WKA (Überlebensrate Standort); bildliche Darstellung am Beispiel des WKA-Standortes Döbritschen mit Zahlen des Planzustandes 1 (Aufn. Luftbild F. Fleischer)

Erläuterungen zu Abbildung 21:

1000 Lachssmolts erreichen bei ihrer Abwärtswanderung einen Ausleitungskraftwerkstandort. Die WKA weist einen Ausbaugrad Q_A/MQ von 0,64 auf.

640 Smolts wandern somit zur WKA. Die übrigen 360 Fische wandern über das Wehr ab. 85 % dieser Tiere überstehen den Abstieg unbeschadet. 54 Tiere verletzen sich dort und fallen aus. 306 Fische erreichen unbeschadet das Mutterbett.

70 % der zur WKA wandernden Smolts werden am Rechen vor der WKA zum Bypass geleitet, also 448 Smolts. Sie erreichen ebenfalls das Mutterbett. Von den übrigen 192 Tieren passieren 90 % den Rechen während 10 % (19 Tiere) im Oberwasser verbleiben. Von den weiterwandernden 173 Tieren überleben 80 % die Turbinenpassage.

138 Fische wandern Unterwasserkanal weiter.

Insgesamt durchwandern von den 1.000 Lachssmolts 892 den Standort unbeschadet. Die Überlebensrate an diesem Standort beträgt somit 89,2 %.

Diese komplexe Darstellungsweise kann auch durch ein „Flussdiagramm“ dargestellt werden, welches die einzelnen Abwanderwege schematisch in einer Tabelle auflistet und die jeweiligen Raten angibt. Tabelle 44 zeigt dies am Beispiel der WKA Jägersdorf.

Tabelle 44: Beispiel für die Gesamtbewertung der flussabwärts gerichteten Durchgängigkeit eines Standortes am Beispiel von Jägersdorf

Fall	Wanderweg	Großr. Auffindbarkeit des Wanderweges $q_{ges,ar}$	Systemableitrate	Rechenpassage-rate	Lachs Überlebens-rate	Bewertung jedes Wanderweges durch Multiplikation der Raten der Einzelkriterien	Bewertung für Wanderweg
1	Mühlgraben Richtung Haupt-WKA	Abflussaufteilung 0,535 ($Q_A = 3 \times 5,35$ 16,05 m³/s von MQ = 30 m³/s)	1 abzgl. Systemableitrate = 0,69 bleiben vor dem Rechen	1 (alle Tiere, die die Abstiegsanlage nicht aufgefunden haben passieren den Rechen)	0,8 (aus Tab. 42 Überlebensrate)	Bewertung jedes Wanderweges durch Multiplikation der Raten der Einzelkriterien	0,295
			0,31 (aus Tab. 40 Systemableitrate 20 mm Rechen $V_A < 0,5$ m/s mit erheblich beeintr. Bypass)		---		0,166
2	Rest-WKA	Abflussaufteilung 0,152 ($Q_A = 4,55$ m³/s von MQ = 30 m³/s)	1 abzgl. Systemableitrate = 0,57 bleiben vor dem Rechen	0,9 (passieren den Rechen)	0,8 (aus Tab. 42 Überlebensrate)		0,062
3	Wehr	Abflussaufteilung 0,313 (verbleibender Rest von MQ = 30 m³/s)	---	---	0,85 (Betonschwelle auf UW-Linie bei Niedrigwasser aus Tab. 43)		0,266
			0,43 (aus Tab. 40 Systemableitrate 15 mm Rechen $< 0,5$ m/s mit erheblich beeintr. Bypass)		---		0,065
Gesamtbewertung der flussabwärts gerichteten Durchgängigkeit eines Standorts durch Addition aller Bewertungen aller Wanderwege = Überlebensrate am Standort $q_{ges,Standort}$							0,855

5.4 Bewertung des Auf- und Abstiegs im gesamten Gewässerabschnitt

Die oben beschriebenen Bewertungen erfolgten standortbezogen. Durchwandern Fische eine größere Gewässerstrecke mit mehreren Standorten oder den gesamten Saaleabschnitt sind kumulative Wirkungen auf den Fischbestand zu erwarten. Durch Multiplikation errechneter Raten kann der kumulative Effekt abgeschätzt werden

Die Abbildung 22 aus MUNLV (2005) verdeutlicht dies beispielhaft. Wird beim Abstieg die gleiche Überlebensrate q an jedem Standort angenommen, dann nimmt die Erreichbarkeitsrate p sukzessive entsprechend der Anzahl passierter Standorte ab. Wird eine geringere Überlebensrate q angesetzt, sinkt die Erreichbarkeitsrate entsprechend.

Die Beziehung $p = q^n$ gilt auf- wie abwärts TLUG (2011).

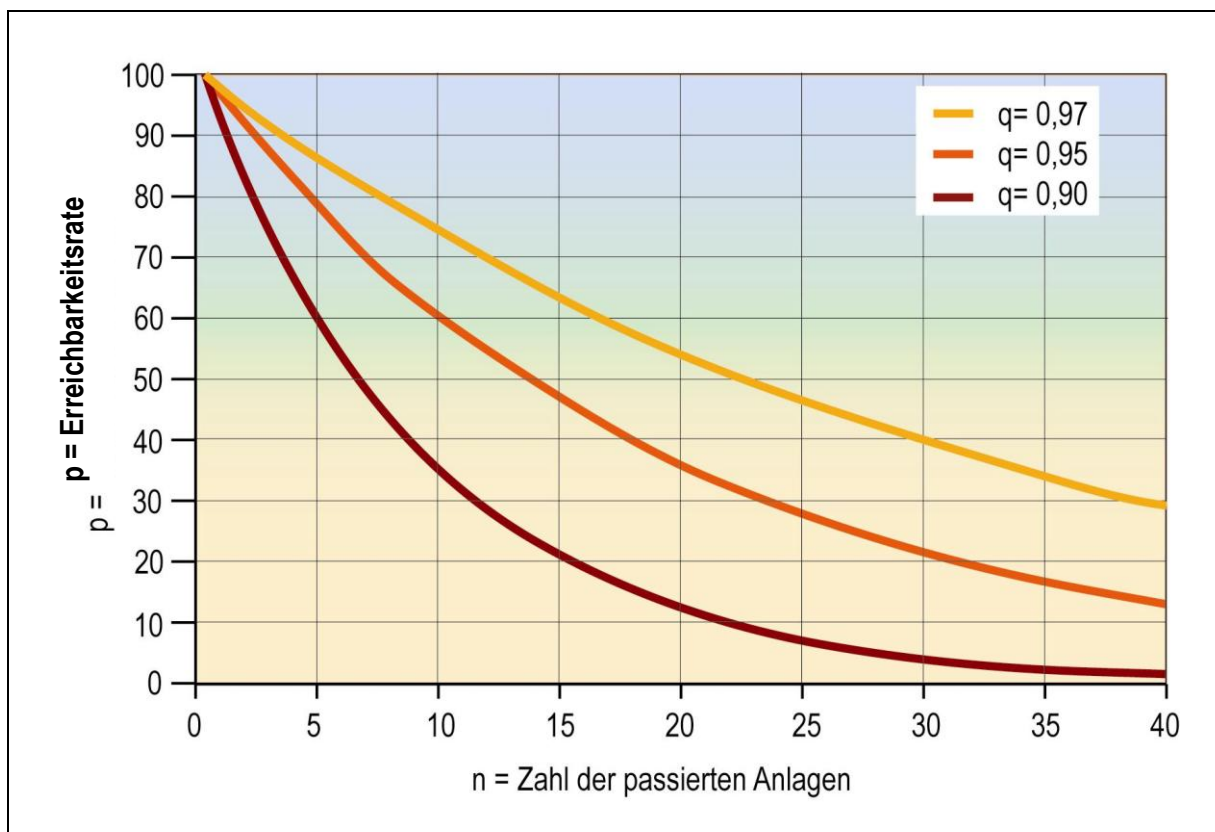


Abbildung 22: Kumulierte Erreichbarkeitsrate p auf- oder abwandernder Fische bei der Passage von n Standorten mit der lokalen Überlebensrate q (aus MUNLV 2005)

Mach TLUG (2011) wird zwischen der Erreichbarkeitsrate, der kumulierten Abstiegsrate sowie der Gesamtüberlebensrate unterschieden.

Mit der **Erreichbarkeitsrate** wird der Anteil aufstiegswilliger Fische angegeben, der das entsprechende Zielareal erreichen kann.

Für die flussaufwärts gerichtete Wanderung wurde als Startpunkt die Thüringer Landesgrenze zu Sachsen-Anhalt gewählt. Für potamodrom wandernde Arten wäre nach TLUG (2011) hier als Startwert 100 % anzusetzen. Bei diadrom wandernden Arten wurden vergleichbar zu TLUG (2011) Verluste auf dem Weg vom Meer bis zur Landesgrenze Sachsen-Anhalt berücksichtigt. Wie für die Ilm ist dann bzgl. des optimierten Planzustandes aller Querbauwerke in der Elbe sowie in der Saale in Sachsen-Anhalt ein Startwert von 57 % anzusetzen (22 Wanderhindernisse in Elbe und Saale, optimierte Aufstiegsrate pro Standort: ca. 0,975; (TLUG 2011).

Bei der flussabwärts gerichteten Wanderung wird berechnet, welcher Anteil der vom Teilareal (Startpunkt) kommenden, abwandernden Fische theoretisch unbeschadet die Landesgrenze zu Sachsen-Anhalt erreicht.

Zielart Lachs

Als pessimale Annahme wurde die **kumulierte Abstiegsrate** für Lachssmolts berechnet, die alle am obersten Laichareal beginnend absteigen würden und somit die größte Anzahl an Standorten zu passieren hätten.

Nach TLUG (2011) ist diese pessimale Annahme gerechtfertigt, da andere Negativeffekte wie Prädation etc. nicht berücksichtigt wurden.

Zielart Aal

Für die Zielart Aal wird vom Lachs abweichend der Startpunkt der Blankaale in den verschiedenen Teilarealen berücksichtigt. Als Ausgangsannahme wurde nach TLUG (2011) eine gleichmäßige Individuenverteilung auf die Gewässerfläche der mittleren Saale (Barbenregion) und somit in den jeweiligen Arealabschnitten zwischen den Querbauwerken vorausgesetzt. Dabei wird die Größe der Teilfläche zwischen den einzelnen Querbauwerken berücksichtigt. Diese wird überschlägig durch Multiplikation der Abschnittslänge mit der Gewässerbreite ermittelt. Je nach Größe der Gewässerfläche starten dementsprechend unterschiedlich große Gruppen. Starten die Tiere als Blankaale im obersten Bereich der Untersuchungsstrecke, passieren diese alle Querbauwerke. Die kumulative Wirkung auf diese Gruppe ist erheblich höher als auf Teilpopulationen, die in einem unteren Abschnitt starten und im Extremfall nur 1 Querbauwerk überwinden müssen, um die Landesgrenze zu Sachsen-Anhalt zu erreichen. Für die Teilgruppen der jeweiligen Teilareale wurde getrennt errechnet, wie viele die Landesgrenze theoretisch erreichen. Die jeweiligen Werte der Erreichbarkeitsraten werden abschließend zur **Gesamtüberlebensrate** addiert. Diese Rate ist das Verhältnis abgewanderter überlebender Aale zur Gesamtzahl abwandernder Individuen. Nicht berücksichtigt sind mehrmalige Passagen von Gelbaalen während des

mehrfährigen Aufenthaltes in den Flüssen. Somit gilt die Gesamtüberlebensrate nur für Blankaale.

5.4.1 Ergebnisse der kumulierten Aufstiegsraten der mittleren Saale

Da das unterste Saale-Querbauwerk in Thüringen in Camburg keine Aufstiegsanlagen aufweist und aufgrund der Wehrstruktur nicht überwindbar ist, sind im Ist-Zustand die Laichareale von Lachsen in der Saale nicht zu erreichen (Tabelle 67 im Anhang 6). Die kumulierte Aufstiegsrate beträgt im Ist-Zustand 0. Im Plan-Zustand spielt ebenfalls das Wehr Camburg die entscheidende Rolle. Nach der vorliegenden Genehmigung waren eine FAA am Wehr und eine Einschwimmsperre in der Mühlgrabenmündung geplant. Aufgrund fehlender Referenzen für eine optimale Effizienz von Einschwimmsperren wird davon ausgegangen, dass nur 85 % der aufsteigenden Fische die FAA am Wehr auffinden. Dies hat zum Ergebnis, dass von den 57 % in Thüringen ankommenden Aufsteigern aus dem Meer nur 46 % über Camburg hinaus weiterwandern könnten (Tabelle 68 im Anhang 7). Somit wurde ein weiterer optimierter Planzustand berechnet, der anstelle einer Einschwimmsperre einen Schlitzpass an der Haupt-WKA Camburg vorsieht. Damit ist eine Steigerung der Erreichbarkeit oberhalb des Wehres Camburg auf 54 % der aus dem Meer aufsteigenden Tiere möglich.

Auch bei der WKA Unterpreilipp werden zwei Planzustände betrachtet. In einer ersten Version leitet ein Durchstich vom Mühlgraben unterhalb der Haupt-WKA die Fische zum Mutterbett. Die Tiere können dann über die FAA am Wehr aufsteigen. In einem optimierten zweiten Planzustand wird kein Durchstich, sondern ein Schlitzpass an der WKA realisiert. Diese optimierten Planzustände sind hinsichtlich des Fischaufstiegs das höchste erreichbare Niveau ohne Rückbau von Wasserkraftanlagenstandorten. Werden im Rahmen des zweiten optimierten Planzustandes alle bestehenden Querbauwerke nach den Vorgaben entsprechend TLUG (2009) durchgängig gestaltet, beträgt die Erreichbarkeitsrate nach Passage des gesamten Wanderwegs vom Meer aus kommend bis unterhalb der Saalekaskade 18 % (Tabelle 69 im Anhang 7). Wie oben dargestellt, wird angenommen, dass ausgehend vom Meer 57 % der Tiere die Saale in Thüringen im Bereich der Landesgrenze erreichen.

Aufstiegsraten in die untere Loquitz

Bei Aufstieg der aus dem Meer kommenden Lachse in die untere Loquitz, ist etwa 800 m oberhalb der Loquitzmündung ein weiteres Wehr mit Wasserkraftnutzung zu überwinden. Ist dieses mit optimal gestalteten Fischaufstiegsanlagen versehen, liegt bei optimierten Planzuständen die Erreichbarkeitsrate des Laichareals oberhalb dieses Querbauwerkes bei 17 % (vgl. Tabelle 70 sowie Tabelle 71).

Aufstiegsraten in die untere Schwarza

Beim Aufstieg der Fische in die untere Schwarza sind in der mittleren Saale 11 Querbauwerke einschließlich des Unterpreilipper Wehres zu überwinden. In der Schwarza folgt oberhalb der Mündung in die Saale nach etwa 700 m ein Wehr mit Wasserkraftnutzung. Dieses und die weiteren 7 Querbauwerke einschließlich des Crysopaswehres sollen entsprechend des Gewässerrahmenplanes in Sohlgleiten umgebaut werden. Damit wäre die Durchgängigkeit der Schwarza auf hohem Niveau realisiert. In der optimierten Planversion wäre rechnerisch für 23 % der Aufsteiger aus dem Meer Laichareale bis unterhalb der Ortschaft Schwarzburg erreichbar (vgl. Tabelle 72 sowie Tabelle 73). Mit der nicht optimalen ersten Version (Einschwimmsperre in Camburg und Durchstich zwischen Turbinenkanal und Mutterbett bei Unterpreilipp) würde der Anteil auf 20 % sinken.

Aufstiegsraten bei Realisierung weiterer WKA

Würden an den Standorten Kahlaer Wehr, Volksstädter Rampe, Mittelmühlenwehr und Saalefelder Teilewehr Wasserkraftanlagen errichtet und mit optimal funktionierenden Aufstiegsanlagen versehen werden, beträgt die Erreichbarkeitsrate aus dem Meer:

- bis unterhalb der Saalekaskade 16 %
- bis in die Loquitz 16 %
- bis in die Schwarza unterhalb Schwarzburg 23 %.

5.4.2 Ergebnisse bzgl. der kumulierten Abstiegsraten bzw. Gesamtüberlebensraten der mittleren Saale

In den folgenden Ausführungen werden die Zielarten Lachs und Aal betrachtet.

Beim Lachs wird bei der kumulierten Abstiegsrate getrennt bewertet, ob der Lachs in der Saale unterhalb der Saaletalsperre Eichicht, in der Loquitz bzw. in der Schwarza startet. Das bewertungsrelevante Areal beim Aal beschränkt sich auf die mittlere Saale (endet unterhalb der Talsperre Eichicht). Beim Aal wird berücksichtigt in welchem Teilareal zwischen jeweils zwei Bauwerken die Tiere gestartet sind und welche Anzahl an Querbauwerken diese bis zum Erreichen der Landesgrenze überwinden mussten (siehe Kapitel 5.4). Diese jeweiligen Erreichbarkeitsraten wurden anschließend zur Gesamtüberlebensrate addiert.

Je nach Qualität der flussabwärts führenden Wanderwege und Schutzsysteme vor den Wasserkraftanlagen sind unterschiedliche Anteile überlebender Tiere zu erwarten, die erfolgreich die Landesgrenze erreichen.

In einem ersten Schritt wurde der Ist-Zustand der Standorte bewertet.

Tabelle 45 enthält den Ist-Zustand und die verschiedenen berechneten Varianten. Über die Zwischenschritte 1 bis 2b wurden die eigentlichen Planzustände abgeleitet, die bei Umsetzung der ökologischen Maßnahmen anzuvisieren sind.

Tabelle 45: Zusammenfassung der kumulierten Abstiegsraten von Lachs (Start uh TS Eichicht) und der Gesamtüberlebensrate von Aal entsprechend der jeweiligen Zustände; grau: Zwischenschritte zur Ermittlung der eigentlichen Planzustände

Geprüfte Zustände	Zustände der Schutzsysteme bzw. Abstiegswege					Rate bei Landesgrenze	
	Rechen	Bypässe	Anströmgeschw.	Wehr	Zusätzliche WKA	Lachs in %	Aal in %
Ist-Zustand	Unverändert	Unverändert	zum Teil zu hoch	Zum Teil Verletzungsrisiko	0	6	12
Zwischenschritt 1	Geforderte Rechenstababstände 10 bzw. 15 mm	optimal	zum Teil zu hoch	Zum Teil Verletzungsrisiko	0	19	36
Zwischenschritt 2a	Geforderte Rechenstababstände, 10 bzw. 15 mm.	optimal	moderat	Zum Teil Verletzungsrisiko	0	28	53
Zwischenschritt 2b	überall 10 mm.	optimal	moderat	Zum Teil Verletzungsrisiko	0	39	73
Planzustand 1	Geforderte Rechenstababstände, 10 bzw. 15 mm.	optimal	moderat	Ohne Verletzungsrisiko	0	43	61
Planzustand 2	überall 10 mm.	optimal	moderat	Ohne Verletzungsrisiko	0	60	85
Planzustand 3a	Geforderte Rechenstababstände, 10 bzw. 15 mm.	optimal	moderat	Ohne Verletzungsrisiko	4	30	58
Planzustand 3b	überall 10 mm	optimal	moderat	Ohne Verletzungsrisiko	4	49	83

5.4.2.1 Zielart Lachs

Ist-Zustand:

Ohne Durchführung von Maßnahmen ergeben sich errechnete kumulierte Abstiegswahrscheinlichkeiten von 6 % (vom Start unterhalb Saaletalsperre Eichicht bis Landesgrenze Tabelle 74 im Anhang 8).

Planzustand 1

Im Planzustand 1 wurden optimierte Wehre mit reduziertem Schadenspotential, Rechenabständen mit 10 bzw. 15 mm in Verbindung mit Abstiegsanlagen und moderaten Anströmgeschwindigkeiten vorausgesetzt. Unter Berücksichtigung aller getroffenen Annahmen könnten theoretisch bis zu 43 % der Lachse die Landesgrenze erreichen (Tabelle 75 im Anhang 9).

Planzustand 2 (Planzustand 1 mit durchgängig 10 mm Stababstand bei den Rechen)

Im Planzustand 2 könnten theoretisch bis zu 60 % der Lachse die Landesgrenze erreichen (Tabelle 76 im Anhang 9).

Planzustand 3a (Planzustand 1 inkl. potentiellen WKA an ungenutzten Standorten)

Würden die Querbauwerke Saalefelder Teilewehr, Mittelmühlenwehr, Volksstädter Rampe und Kahlaer Wehr genutzt werden, um zusätzliche Energie mittels Wasserkraft zu erzeugen, könnte rechnerisch eine Rate von 30 % der gestarteten Lachse die Landesgrenze erreichen (Tabelle 77 im Anhang 10).

Planzustand 3b (Planzustand 3a mit 10 mm-Rechen)

Bei zusätzlichem Wasserkraftanlagenbetrieb an den oben genannten 4 Standorten und Einsatz von 10 mm-Rechen an allen Anlagen, ist rechnerisch eine kumulierte Abstiegswahrscheinlichkeit von 49 % möglich (Tabelle 78 im Anhang 10).

Abstieg aus der unteren Schwarza

Die Lachse, die entsprechend Planzustand 1 aus der Schwarza unterhalb der Ortschaft Schwarzburg absteigen, passieren inkl. der WKA Nestler-Mühle in der Schwarza (Annahme 0,975 Überlebensrate auch an diesem Standort) nur 11 Anlagen. In diesem Fall erreichen rechnerisch aus der Schwarza 45 % der Lachse die Landesgrenze zu Sachsen-Anhalt (Tabelle 79 im Anhang 11).

Bei Berücksichtigung der potentiellen Wasserkraftnutzung am Wehr Kahla und der Volksstädter Rampe (Planzustand 3a) sinkt der prozentuale Anteil auf 38 % aufgrund von zwei zusätzlichen WKA-Standorten (Tabelle 80 im Anhang 11). Wären alle Standorte hinsichtlich des letzten Ansatzes mit 10 mm Rechen ausgestattet (Planzustand 3b), würde die kumulierte Lachsabstiegswahrscheinlichkeit nicht 38 %, sondern 57 % betragen (Tabelle 81 im Anhang 11). Die genannten Planzustände sind in Tabelle 46 zusammengefasst.

Tabelle 46: Zusammenfassung der kumulierten Abstiegsraten von Lachs bzgl. drei verschiedener Planzustände beim Abstieg aus der Schwarza

Geprüfte Zustände	Zustände der Schutzsysteme bzw. Abstiegswege					kumulierte Abstiegsrate
	Rechen	By-pässe	Anström-geschw.	Wehr	Zusätz-liche WKA	Lachs in %
Planzu-stand 1	Geforderte Rechenstaba bstände, 10 bzw. 15 mm.	optimal	überall moderat	Ohne Verletzungs- risiko	0	45
Planzu-stand 3a	Geforderte Rechenstaba bstände, 10 bzw. 15 mm.	optimal	überall moderat	Ohne Verletzungs- risiko	2	38
Planzu-stand 3b	überall 10 mm	optimal	überall moderat	Ohne Verletzungs- risiko	2	57

Abstieg aus der unteren Loquitz

Lachse, die aus der unteren Loquitz aus dem Bereich Hockeroda absteigen würden, müssen 13 WKA-Standorte überwinden. Im Planzustand 1 beträgt die kumulierte Abstiegsrate bis zur Landesgrenze 41 % (Tabelle 82 im Anhang 11). Würde zusätzliche Wasserkraftnutzung an den zusätzlichen vier Standorten Saalefelder Teilewehr, Mittelmühlenwehr, Volksstädter Rampe und Kahlaer Wehr erfolgen (Planzustand 3a), sinkt der prozentuale Anteil rechnerisch von 41 % auf 29 % (Tabelle 83 im Anhang 11). Wären auch hier alle Standorte hinsichtlich des letzten Ansatzes mit 10 mm Rechen und funktionsfähigem Abstiegssystem ausgestattet (Planzustand 3b), würde die kumulierte Lachsabstiegsrate nicht 29 %, sondern 46 % betragen (Tabelle 84 im Anhang 11). Die genannten Planzustände sind in Tabelle 47 zusammengefasst.

Tabelle 47: Zusammenfassung der kumulierten Abstiegsraten von Lachs bzgl. drei verschiedener Planzustände beim Abstieg aus der Loquitz

Geprüfte Zustände	Zustände der Schutzsysteme bzw. Abstiegswege					kumulierte Abstiegsrate
	Rechen	By-pässe	Anström-geschw.	Wehr	Zusätz-liche WKA	Lachs in %
Planzu-stand 1	Geforderte Rechenstaba bstände, 10 bzw. 15 mm.	optimal	überall moderat	Ohne Verletzungs-risiko	0	41
Planzu-stand 3a	Geforderte Rechenstaba bstände, 10 bzw. 15 mm.	optimal	überall moderat	Ohne Verletzungs-risiko	4	29
Planzu-stand 3b	überall 10 mm	optimal	überall moderat	Ohne Verletzungs-risiko	4	46

5.4.2.2 Zielart Aal

Im Ist-Zustand könnten mit den getroffenen Annahmen 12 % der Aale die Thüringer Saale nach Norden verlassen (Tabelle 85 im Anhang 12).

Im Planzustand 1 und 2 steigen die Gesamtüberlebensraten auf 61 % bzw. 85 %

Würden die vier oben genannten Querbauwerke, an denen noch keine Wasserkraft existiert, für die Energieerzeugung genutzt, würde die Rate rechnerisch auf 58 % sinken (Plan-Zustand 3a) (Tabelle 88 im Anhang 14). Würden alle Rechen einen lichten Stabstand von 10 mm aufweisen, ergibt sich eine Gesamtüberlebensrate von 83 % (Plan-Zustand 3b) (Tabelle 89 im Anhang 14).

5.5 Beeinträchtigung der mittleren Saale durch Stauräume und Ausleitungsstrecken

Durch Stau- und Ausleitungsstrecken wird der Fließgewässercharakter in den betroffenen Bereichen beeinträchtigt. Im Stauraum fehlt eine ausreichende Strömung für die fließgewässertypische Biozönose. Durch Feinsedimentablagerungen können darüber hinaus strukturelle Defizite auftreten. In Ausleitungsstrecken sind in der Regel die Dynamik und Wassertiefen reduziert. Dies wiederum hat Auswirkungen auf die Ausbildung der Fließgewässerzönose hinsichtlich des fischfaunistischen Leitbildes. Weitere Aspekte sind in MUNLV (2005) veröffentlicht.

Um die Funktionsfähigkeit des Fließgewässers nach TLUG (2009) aufrecht zu erhalten, dürfen maximal 25 % der Gewässerstrecke der jeweiligen Fischregion von Stau- und Ausleitungsstrecken beeinflusst werden. Diese 25 % gelten auch für die Strecken zwischen zwei aufeinander folgenden Querbauwerken, um Stauketten mit ihren Auswirkungen zu vermeiden.

In Gewässerabschnitten mit höheren Beeinträchtigungen sind Querbauwerke rückzubauen oder abzusenken, so dass die oben genannten Zielwerte nicht überschritten werden.

In der Saale wurden die Stauwurzeln und die Zusammenflüsse von Ausleitungsstrecken und Mühlgräben per GPS aufgenommen, so dass mit diesen Daten die freien Fließstrecken ermittelt werden konnten (Abbildung 23). Stellenweise reicht die Stauwurzel bis zum Ende der Ausleitungsstrecke der darüber liegenden Anlage. In diesem Fall ist dann keine freie Fließstrecke vorhanden.

Setzt man die Summe von durch Stau und Ausleitung beeinträchtigten Strecken mit der Gesamtstrecke ins Verhältnis, kann die prozentuale Einflussnahme von Stau- und Ausleitungsstrecken errechnet werden.

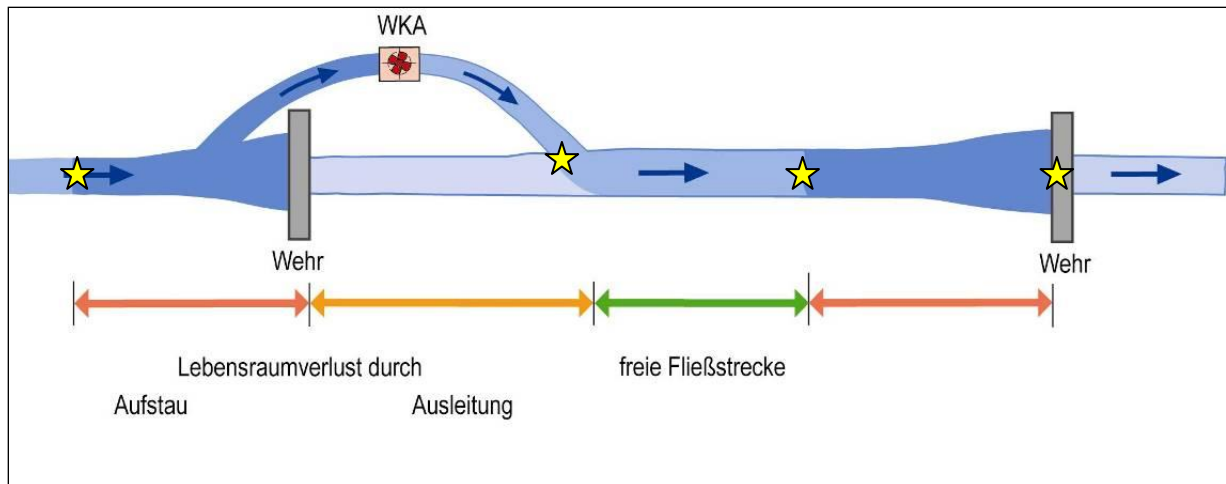


Abbildung 23: Definition der Abschnitte zwischen zwei Querbauwerken; gelbe Sterne symbolisieren die GPS-Punkte, die im Feld genommen wurden (verändert nach TLUG (2011))

In der Saale existieren Standorte, an denen Wasserausleitungen ohne Wasserkraftnutzung vorhanden sind. Diese Ausleitungen führen bezogen auf das MQ der Saale verhältnismäßig wenig Wasser ab, so dass von ihnen keine zu berücksichtigenden Beeinträchtigungen ausgehen. Dies betrifft die Ausleitung am Uhlstädter Wehr, an der Volksstädter Rampe und am Göritzmühlenwehr sowie in Kahla, an denen geringe Wassermengen in die ehemaligen Mühlgräben z. B. zur Abwasserverdünnung abgeleitet werden. Am Saalefelder Teilewehr wird Wasser ausgeleitet, welches erst unterhalb des darauffolgenden Zeisswehres wieder zurückgeführt wird. Bei Kahla sollte die Wassermenge im Mühlgraben auf etwa 0,5 m³/s reduziert werden, um eine mögliche Sackgassenwirkung für aufsteigende Fische zu reduzieren.

5.5.1 Ergebnisse der Lebensraumbeeinträchtigung durch Stau und Ausleitung

Die mittlere Saale weist von der Landesgrenze zu Sachsen-Anhalt bis zur Saalekaskade eine Gesamtlänge von rund 103 km auf, die komplett der Barbenregion zugeordnet wird. Die Summe der Staumlänge beträgt etwa 29,5 km und somit 28,6 % der mittleren Thüringer Saale. Relevante Ausleitungsstrecken summieren sich mit 8,3 km auf 8,1 % (geringe Wasserausleitungen nicht berücksichtigt, siehe oben).

Die Gesamtlänge der Beeinträchtigung im Ist-Zustand beträgt somit 36,7 % und überschreitet die Zielvorgabe von 25 % nach TLUG (2009) deutlich.

Tabelle 48: Stau- und Ausleitungsstreckenlängen der mittleren Saale in Thüringen; Ist-Zustand

Kurz- bezeich- nung	BEZEICHNUNG	Fluss- Km	Entfernung bis zum nächsten Standort nach OW	Stauration- länge	bedeut- same Ausleitungs- strecken	unbeein- flusste Strecke zw. 2 QBW
			[m]	[m]	[m]	[m]
Landes- grenze			9000			8600
S22	Camburger Wehr	192,1	2800	2650	400	0
S23	Döbritscher Wehr	194,9	5800	4000	150	1060
S24	Dorndorfer Wehr	200,7	8200	3900	740	700
S25	Porstendorfer Wehr	208,9	6380	1500	3600	4880
S26	Paradieswehr	215,28	980	900	0	80
S27	Rasenmühlenwehr	216,26	3740	3300	0	290
S28	Burgauer Wehr	220	9400	2800	150	5800
S29	Jägersdorfer Wehr	229,4	5200	2900	800	2300
S30	Kahlaer Wehr	234,6	15900	1700	0	14200
S31	Uhlstädter Wehr	250,5	13140	(1) 1700	0	11440
S32	Volksstädter Rampe	263,64	2660	390	0	1540
S33	Sohlschwelle Unterpreilipp	265,95	Wird nicht weiter betrachtet – liegt in Ausleitungsstrecke und wurde zurückgebaut			
S34	Unterpreilipper Wehr	266,3	5750	800	730	4950
S35	Göritzmühlenwehr	272,05	1200	(2) 400	0	800
S36	Mittelmühlenwehr; Zeisswehr	273,25	920	200	0	720
S37	Saalefelder Teilewehr	274,17	2480	140	0	1040
S38	Obernitzer Wehr	276,65	1500	900	1300	120
S39	Reschwitzter Wehr	278,15	2670	1300	480	1370
S40	Fischersdorfer Wehr	280,82	5500	0	0	5500
	Summe in m		103220	29480	8350	65390

Prozentuale Anteile bzgl. der Gesamtstrecke:

28,6 % Stauration

8,1 % relevant Ausleitungsstrecken

36,7 % insgesamt durch Stauration und relevante Ausleitungsstrecken beeinflusst.

Anmerkungen (Zahlen in Klammern in Tabelle 48):

- Zu (1) Stauwurzellage nach Aussagen Kraftwerkswart ermittelt.
- Zu (2) Stauwurzellage anhand IPU-Bericht ermittelt

Die prozentuale Beeinflussung zwischen zwei Querbauwerken beträgt entsprechend Tabelle 49:

- 0 % an 2 rückgebauten Standorten
- unter 25 % an 7 Teilstrecken
- 25 – 50 % an 3 Teilstrecken
- 50 – 75 % an 2 Teilstrecken
- 75 – 100 % an 6 Teilstrecken

Tabelle 49: Anteil der durch Stau und Ausleitung beeinflussten Fließstrecke zwischen zwei Bauwerken der mittleren Saale in Thüringen; Ist-Zustand; rot: Vorgabe von max. 25% überschritten

Kurzbezeichnung	BEZEICHNUNG	Anteil der durch Stau und Ausleitung beeinflussten Fließstrecke zw. 2 QWB
		[%]
Landesgrenze		4,4
S22	Camburger Wehr	100,0
S23	Döbritscher Wehr	81,7
S24	Dorndorfer Wehr	91,5
S25	Porstendorfer Wehr	23,5
S26	Paradieswehr	91,8
S27	Rasenmühlenwehr	92,2
S28	Burgauer Wehr	38,3
S29	Jägersdorfer Wehr	55,8
S30	Kahlaer Wehr	10,7
S31	Uhlstädter Wehr	12,9
S32	Volksstädter Rampe	14,7
S33	Sohlschwelle Unterpreilipp	0,0
S34	Unterpreilipper Wehr	13,9
S35	Göritzmühlenwehr	33,3
S36	Mittelmühlenwehr; Zeisswehr	21,7
S37	Saalefelder Teilewehr	58,1
S38	Obernitzter Wehr	92,0
S39	Reschwitzter Wehr	48,7
S40	Fischersdorfer Wehr	0,0

5.5.2 Reduktionsmöglichkeiten der Einflüsse durch Stau und Ausleitung

Um die Lebensraumbeeinträchtigungen auf unter 25 % der Gesamtstrecke der mittleren Saale entsprechend TLUG (2009) zu reduzieren, müssten rund 12 % der Stauraum- und Ausleitungsstrecken „entschärft“ werden.

5.5.2.1 Rückbau energetisch ungenutzter Querbauwerke

Der Rückbau der energetisch ungenutzten Standorte wurde geprüft. Dies ist in keinem Fall möglich, da die Ausleitungsstrecken, die geringe Wassermengen führen, dann trocken fallen würden. Eine geringfügige Bespannung ist jedoch erforderlich, da in der Regel dort noch kommunale Abwässer eingeleitet werden. Dies betrifft die Standorte Kahlaer Wehr, Volksstädter Rampe, Göritzmühlenwehr und Saalefelder Teilewehr. Durch Teilrückbau des Göritzmühlenwehres und Umverlegung des alten Mühlgrabens kann dort die Stauraumlänge geringfügig reduziert werden.

5.5.2.2 Rückbau energetisch genutzter Querbauwerke

Alle anderen Standorte werden von Wasserkraftanlagenbetreibern mit wasserrechtlichen Genehmigungen energetisch genutzt. Ein gegebenenfalls vom Land geforderter Rückbau würde mit Schadensersatzzahlungen verbunden sein. Würde diese Option in Frage kommen, ist es am sinnvollsten, Standorte anzuvisieren, welche die größten Ausleitungsstrecken und Stauräume erzeugen. Mit einer Stauraum- und Ausleitungsstreckenlänge von insgesamt über 5 km ist die Einflussnahme des Standortes Porstendorf am größten (vgl. Tabelle 48). Der Rückbau des Standortes würde die Beeinflussung um etwa 5 % auf 31,8 % reduzieren. Bei einem Rückbau des Dorndorfer Wehres werden theoretisch zusätzlich über 4,5 km Saalelauf verbessert (vgl. Tabelle 48). Dennoch würde eine Gesamtbeeinflussung von 27,1 % bleiben. Dabei wurde eine Reduktion des Stauraumes beim Göritzmühlenwehr durch Teilrückbau berücksichtigt. Weitere 2,3 km hinsichtlich Stau und Ausleitung unbeeinflusster Gewässerstrecke müssten entstehen, um die Forderung von TLUG (2009) zu erfüllen.

5.5.2.3 Veränderung der Mindestwasserabgaben

Eine weitere Alternative wären gewässerbiologische Untersuchungen, die belegen, welche Restwassermengen notwendig wären, so dass die Ausleitungsstrecken ihre Lebensraumfunktionen voll ausüben könnten. Dies würde die Einflussnahme um 8,1 % auf 28,6 % reduzieren. Die Zielstellung wäre, die gewässertypische Funktion der Saale in den Ausleitungsstrecken durch eine geeignete Dotation auf die Barbenregion abzustimmen. Intensive wissenschaftliche Untersuchungen am Standort Döbritschen erbrachten, dass dort am Beispiel der Leitart Barbe (adult) eine Abflussmenge in Höhe von MNQ mit über 10 m³/s im Mutterbett verbleiben müsste, während bei Betrachtung der juvenilen Stadien deutlich geringere Wassermengen anzustreben sind. (SCHMALZ & SCHMALZ 2007). Gegebenenfalls wäre eine Dynamisierung des Abflusses darüber hinausgehend wünschenswert. Diese Untersuchungen sind standortspezifisch durchzuführen und lassen sich nicht verallgemeinern (SCHMALZ & SCHMALZ 2007). Derartige Untersuchungen waren nicht Inhalt dieser Studie. Hier ist darüber hinaus abzuwägen, ob die Standorte dann weiterhin wirtschaftlich betrieben werden können. Gegebenenfalls könnten entsprechende Restwasserkraftanlagen die Verluste ausgleichen. Wenn alle Ausleitungsstrecken als ökologisch unbedenklich einzustufen wären, wäre noch ein stauraumlängenbeeinflusster Anteil von 28,5 % vorhanden. Dabei wurde auch hier eine Reduktion des Stauraumes beim Göritzmühlenwehr durch Teilrückbau berücksichtigt.

5.5.2.4 Kombination der verschiedenen Varianten

In einem zusätzlichen Abwägungsprozess ist zu prüfen, welche Kombinationen kurz- bis mittelfristig eine Annäherung an die Zielvorgaben ermöglichen. Mit dem Teiltrückbau des Göritzmühlenwehres wird dort die Staurlänge von 400 auf 300 m reduziert. Mit der Optimierung der Mindestwasserabgabe an allen Standorten mit relevanten Ausleitungsstrecken ist die Reduktion der Einflussnahme auf 28,5 % möglich.

Anmerkung: die Erfassung der Rückstaulängen ist einer gewissen Ungenauigkeit unterworfen. Da sich die Übergänge von Fließstrecken in Staubaumbereiche fließend vollziehen, kann eine Abweichung von 5 % nach TLUG (2011) beim Anteil der Stau- und Ausleitungsstrecken im Rahmen dieser Untersuchung toleriert werden. Die Barbenregion könnte damit bei Szenario 5 das 25 %-Kriterium annähernd erfüllen. Somit könnte bereits mit der Optimierung der Mindestwasserabgabe an allen Standorten das Ziel für die mittlere Saale in Thüringen erfüllt werden.

Schlussfolgerungen

- Zusätzlicher Aufstau und Ausleitung sind in der mittleren Saale nicht zulässig → eine Verschlechterung nach EG-WRRL wäre die Folge.
- der Rückbau von Querbauwerken wäre erstrebenswert; ohne Eingriffe in bestehende Wasserrechte ist nur der Teiltrückbau des Göritzmühlenwehres möglich.
- Insbesondere im unteren Saalebereich nahe der Landesgrenze zu Sachsen-Anhalt und in Jena bilden manche Wasserkraftanlagen Stauketten (Tabelle 49); hier würde ein Rückbau einzelner Anlagen die größten ökologischen Effekte haben,
- Anlagen, deren Rückbau hohe ökologische Effekte im Vergleich zum energiewirtschaftlichen Schaden nach sich ziehen, wären vorrangig zurückzubauen. Ein Vergleich der Kosten für die ökologischen Maßnahmen mit dem Jahresrohertrag der Energieerzeugung kann als wesentliche Entscheidungshilfe dienen.

6 Prüfung von Querbauwerken entsprechend § 35 WHG

6.1 Grundlagen nach WHG

Die Kernaussage des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG 2010) nach der aktuellen Fassung vom März 2010 enthält unter:

„§ 35 Wasserkraftnutzung

(1) Die Nutzung von Wasserkraft darf nur zugelassen werden, wenn auch geeignete Maßnahmen zum Schutz der Fischpopulation ergriffen werden.

(2) Entsprechen vorhandene Wasserkraftnutzungen nicht den Anforderungen nach Absatz 1, so sind die erforderlichen Maßnahmen innerhalb angemessener Fristen durchzuführen.

(3) Die zuständige Behörde prüft, ob an Staustufen und sonstigen Querverbauungen, die am 1. März 2010 bestehen und deren Rückbau zur Erreichung der Bewirtschaftungsziele nach Maßgabe der §§ 27 bis 31 auch langfristig nicht vorgesehen ist, eine Wasserkraftnutzung nach den Standortgegebenheiten möglich ist. Das Ergebnis der Prüfung wird der Öffentlichkeit in geeigneter Weise zugänglich gemacht.“

Um der Prüfpflicht nachzukommen, wurde in der Ilm-Studie (TLUG 2011) ein entsprechendes Verfahren entwickelt.

Kriterien, die Standorte erfüllen müssen, um Wasserkraftanlagen zu modernisieren, weiterhin betreiben zu können oder zu errichten, sind insbesondere:

- Eigentumsverhältnisse
- hydrologische, hydraulische Verhältnisse
- ökonomische Bedingungen
- ökologische einzuhaltende Vorgaben
- wasserrechtliche Aspekte

Um im Rahmen von Durchgängigkeitskonzepten großflächig der Prüfpflicht nachzukommen, werden im Modelprojekt Annahmen getroffen sowie Vereinfachungen für die Bewertung der jeweiligen Standorte vorgegeben (TLUG 2011).

Hinsichtlich einer möglichen Wasserkraftnutzung können standortspezifische Aspekte wie Eigentumsverhältnisse oder wirtschaftliche Ausrichtung eines möglichen Investors sowie Baugrund und geologische Details nicht berücksichtigt werden. Somit können sich durch die vereinfachte Herangehensweise die Bewertungen bzgl. der Möglichkeiten der Wasserkraftnutzung von Einschätzungen möglicher Investoren unterscheiden.

Parallel zur Ermittlung der zusätzlichen Energieerzeugung mittels Wasserkraft wurden die ökologischen Belange nach TLUG (2009) berücksichtigt und in die

Gesamtbewertung einbezogen. Da Stau- und Ausleitungsstrecken bereits über 25 % der Untersuchungsstrecke beeinflussen (Kap. 5.5.1), sind grundsätzlich zusätzliche Wasserausleitungen oder Stauerhöhungen auszuschließen.

Im Rahmen der hier dargestellten Ausführungen zur möglichen Wasserkraftnutzung war es nicht Auftragsinhalt, die Aspekte notwendiger Umweltverträglichkeitsprüfungen bzw. FFH-Prüfungen zu bearbeiten. Diese Arbeiten sind im Rahmen der Planungen und wasserrechtlichen Antragstellung durchzuführen.

Als relevantes FFH-Gebiet ist insbesondere das Gebiet Nr. 154 zu nennen. Dieses betrifft an der Saale den Bereich zwischen Hohenwarte und Saalfeld. Aber auch geschützte Biotoptypen, die sich in Saalenähe befinden können bspw. durch Stauhöhenänderungen beeinträchtigt werden. Dies ist ebenfalls bei weiterführenden Prüfungen zu berücksichtigen.

6.2 Prüfmethodik in Anlehnung an die Ilm-Studie (TLUG 2011)

Im Rahmen der Untersuchungen wurde überprüft, ob an den vorhandenen Wehrstandorten ergänzende Wasserkraftnutzung möglich ist. Dabei wurde der Ausbaugrad vorhandener Wasserkraftanlagen mit der nutzbaren Wassermenge verglichen. In die Berechnungen fließen die nutzbare Ausbaufallhöhe sowie Ausbauwassermenge, mittlere Wirkungsgrade der WKA-Technik und die von den speziellen hydrologischen Bedingungen der Saale abhängigen jährlichen Volllaststunden ein. Darüber hinaus waren Ausschlusskriterien zu berücksichtigen. Diese Kriterien sind insbesondere:

- hoher vorhandener Ausbaugrad,
- Platzmangel für eine ergänzende Wasserkraftanlage,
- Denkmalschutz.

Über den Vergleich des ermittelten Jahresrohertrags mit den abgeschätzten Investitionssummen, die für die Realisierung der Wasserkraftnutzung notwendig sind, wird grob abgeschätzt, wie hoch die Nutzungswahrscheinlichkeit ist.

6.2.1 Potentielles Wasserdargebot für energetische Wasserkraftnutzung

Bzgl. des Wasserdargebotes stellt die Saale einen Sonderfall dar. Durch die regulierten Abflüsse der Saaletalsperren steht von Frühjahr bis Herbst in der Regel eine Wassermenge deutlich unter MQ zur Verfügung. Um für das Wasser der Schneeschmelze zu fassen, werden im Herbst die Stauspiegel gesenkt um Freiraum zu schaffen und um Abflussspitzen reduzieren zu können. Dann sind oftmals derart hohe Abflussmengen in der Saale zu verzeichnen, dass durch Rückstauereignisse die Ausbaufallhöhen der Standorte deutlich unterschritten werden. Im Vergleich zu anderen nicht durch Talsperren geregelten Flüssen wirkt sich dieses anthropogen überformte Abflussregime negativ auf die Energieerzeugung durch Wasserkraftanlagen aus.

Daher wird davon ausgegangen, dass unter Berücksichtigung der ökologisch notwendigen Wassermengen nur 75 % des mittleren Abflusses eines Standortes als Ausbaugrad energetisch genutzt werden kann.

Die noch nutzbare Wassermenge errechnet sich wie folgt:

Formel 25 $Q_{pot,75\%MQ} = 0,75 \cdot MQ - Q_{A,ges}$

$Q_{pot,75\%MQ}$	zusätzlich nutzbare Wassermenge	$\left[\frac{m^3}{s}\right]$
MQ	mittlerer Abfluss am jeweiligen Standort	$\left[\frac{m^3}{s}\right]$
$Q_{A,ges}$	gesamter Ausbaudurchfluss am jeweiligen Standort	$\left[\frac{m^3}{s}\right]$

Aus Tabelle 50 gehen die die zur energetischen Nutzung noch verfügbaren Wassermengen Q_{pot} hervor.

Beträgt die noch nutzbare Wassermenge an einem Standort weniger als $1 \text{ m}^3/\text{s}$, dann werden solche Standorte von der weiteren Untersuchung ausgeschlossen, da sie für eine energetische Nutzung unrentabel sind.

Tabelle 50: Energetisch nutzbare Wassermenge $Q_{\text{pot, 75\%MQ}}$

Standort	MQ [m³/s]	0,75·MQ [m³/s]	$Q_{A,\text{ges}}$ [m³/s]	$Q_{\text{pot, 75\%MQ}}$ [m³/s]	Ausschluss- grund
WKA Camburg	31,2	23,4	24,0	0,0	Ausbaugrad
WKA Döbritschen	31,2	23,4	20,0	3,4	Platzmangel
WKA Dorndorf	31,1	23,3	26,0	0,0	Ausbaugrad
WKA Porstendorf	31,0	23,2	23,4	0,0	Ausbaugrad
WKA Paradieswehr	30,9	23,2	30,0	0,0	Ausbaugrad
WKA Rasenmühle	30,8	23,1	30,0	0,0	Ausbaugrad
WKA Burgau	30,7	23,1	50,0	0,0	Ausbaugrad
WKA Jägersdorf	30,0	22,5	20,6	1,9	Platzmangel
Kahlaer Wehr	29,4	22,0	0,0	22,0	
WKA Uhlstädt	27,0	20,2	28,0	0,0	Ausbaugrad
Volksstädter Rampe	25,7	19,3	0,0	19,3	
Sohlschwelle Unterpreilipp	22,4	-	-	-	zurückgebaut
WKA Unterpreilipp	21,9	16,4	41,0	0,0	Ausbaugrad
Görizmühlenwehr	20,9	15,6	0,0	15,6	Teilrückbau
Zeisswehr	20,3	15,2	0,0	15,2	
Saalfelder Teilewehr	19,8	14,9	0,0	14,9	
WKA Obernitz	18,6	14,0	13,3	0,7	Wassermenge
WKA Reschwitz	17,9	13,4	13,0	0,4	Wassermenge
Fischersdorfer Wehr	16,6	-	-	-	zurückgebaut

Vier Standorte ohne bisherige energetische Wasserkraftnutzung und die beiden Wasserkraftstandorte Döbritschen und Jägersdorf besitzen theoretisch eine hohe Wahrscheinlichkeit einer zusätzlichen wirtschaftlichen Wasserkraftnutzung.

An diesen Standorten werden entsprechend der im Kapitel 6.2.2 beschriebenen Vorgehensweise das technisch nutzbare Potential, die Jahresarbeit, der Jahresertrag, die Investitionskosten und der Faktor Invest/Ertrag abgeschätzt (Tabelle 53). Für die Potentialermittlung werden 5.000 Volllaststunden pro Jahr vorausgesetzt.

An den Standorten Döbritschen und Jägersdorf erfolgt aufgrund des Platzmangels keine weitere Betrachtung einer gesteigerten Nutzung in den Haupt-WKA. Der Platzmangel an den bestehenden Hauptwasserkraftanlagen ergibt sich dadurch, dass der Mühlgraben über seine gesamte Breite bereits von Gebäuden, insbesondere vom Maschinenhaus, überbaut ist. Lediglich die Installation einer Turbine mit höherem Schluckvermögen könnte hier die Nutzung der noch verfügbaren Wassermenge ermöglichen.

6.2.2 Technisch nutzbares Potential, Jahresarbeit und Jahresertrag

Die in Kap aufgeführten noch nutzbaren Wassermengen $Q_{\text{pot},75\%MQ}$ beziehen noch nicht die ökologisch notwendigen Abflüsse ein. Die effektiv noch nutzbare Wassermenge Q_{pot} für die Wasserkrafterzeugung ergibt sich aus $Q_{\text{pot},75\%MQ}$ abzgl. jeweils 2 % dieser Wassermenge für den Fischaufstieg und 2 % für den Fischabstieg (Formel 26).

Formel 26 $Q_{\text{pot}} = Q_{\text{pot},75\%MQ} - (0,04 \cdot Q_{\text{pot},75\%MQ})$

Q_{pot}	potentiell nutzbare Wassermenge für die Energieerzeugung	[m ³ /s]
$Q_{\text{pot},75\%MQ}$	75 % von MQ	[m ³ /s]
0,04	Berücksichtigung der ökologischen Abflüsse (0,02 für Fischaufstieg und 0,02 für Fischabstieg)	[m ³ /s]

Von diesen nutzbaren Wassermengen für die vier Standorte ohne Ausschlussgrund wird unter Anwendung der Formel 27 und Formel 28 das technisch nutzbare Potential P_{pot} und die mögliche Jahresarbeit $W_{a,\text{pot}}$ in Anlehnung an TLUG (2011) berechnet (Tabelle 51):

Formel 27 $P_{\text{pot}} = 8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot Q_{\text{pot}} \cdot h_f$

Formel 28 $W_{a,\text{pot}} = P_{\text{pot}} \cdot t_{VL}$

P_{pot}	technisch nutzbare Leistung	[kW]
$8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$	Faktor aus Wirkungsgrad ($\eta \approx 0,8155 \approx 81,55 \%$), Erdbeschleunigung ($g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$) und Dichte des Wassers ($\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)	
Q_{pot}	energetisch nutzbare Wassermenge	$\left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right]$
h_f	nutzbare Fallhöhe an (Haupt-) Wasserkraftanlage	[m]
$W_{a,\text{pot}}$	mögliche Jahresarbeit	[kWh]
t_{VL}	angenommene Volllaststunden	[h]

Die Tabelle 30 enthält den Faktor 8 kN/m^3 , der die Erdbeschleunigung, die Dichte des Wassers und den Gesamtwirkungsgrad der Wasserkraftanlage vereinfachend zusammenfasst. Es wird somit von einem Gesamtwirkungsgrad von etwa 80 % ausgegangen. Dies ist für neue Anlagen ein reeller Wert (Formel 16, Kapitel 0).

Da für die Nutzung zusätzlich erzeugter Energie durch Wasserkraft der Neubau einer Wasserkraftanlage vorausgesetzt wird, kann für die Berechnung des Jahresertrags vom höchsten Vergütungssatz für Energie aus Wasserkraft bei Bemessungsleistungen bis 500 kW des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes von 2012 ausgegangen werden. Dieser Vergütungssatz beträgt 0,127 €/kWh im Jahr 2012, unterliegt aber einer jährlichen Degression von 1 % (EEG 2012). Es wird angenommen, dass etwa 5 Jahre benötigt werden, um eine WKA zu errichten (vom Planungsbeginn über Genehmigungsverfahren bis zum Netzanschluss). Somit wird mit einer Vergütung von 0,1196 €/kWh im Jahr 2018 der Jahresertrag $E_{a,\text{pot}}$ berechnet:

Formel 29 $E_{a,pot} = W_{a,pot} \cdot VS$

$E_{a,pot}$	möglicher Jahresertrag	[€]
VS	Vergütungssatz	$\left[\frac{€}{kWh} \right]$

Die berechneten jährlichen Erträge sind in Tabelle 51 enthalten.

Tabelle 51: Mögliche Jahresarbeit $W_{a,pot}$ und daraus resultierender Jahresertrag $E_{a,pot}$ bei Nutzung zusätzlicher Wasserkraft

Kurz-bez.	Bezeichnung	h_f [m]	$Q_{pot,75\%MQ}$ [m³/s]	$Q_{öko}$ [m³/s]	Q_{pot} [m³/s]	P_{pot} [kW]	t_{VL} [h]	$W_{a,pot}$ [kWh]	$E_{a,pot}$ [€]
S30	WKA Kahla	1,51	22,03	0,88	21,15	254,61	5000	1.273.031	152.254
S32	Volksstädter Rampe	1,22	19,26	0,77	18,49	180,49	5000	902.466	107.935
S36	Zeisswehr	1,30	15,21	0,61	14,60	151,83	5000	759.154	90.795
S37	Saalfelder Teilewehr	1,27	14,87	0,59	14,28	145,05	5000	725.238	86.738

6.2.3 Überschlägliche Ermittlung der Investitionskosten

Um darzustellen, an welchen Standorten eine zusätzliche Wasserkraftnutzung wirtschaftlich erscheint, werden den möglichen Jahreserträgen die Investitionskosten für den Neubau gegenübergestellt.

Die Berechnung der Investitionskosten der einzelnen Posten wird mit Hilfe des folgenden empirischen Formelansatzes aus TLUG (2011) realisiert:

Formel 30 $K = C \cdot \left(\frac{P_{pot}}{h_f^{0,3}} \right)^y$

K	Kosten	[€]
C	Kostenkonstante	[€]
y	Konstante	[–]
P_{pot}	technisch nutzbare Leistung	[–]
h_f	Ausbaufallhöhe	[–]

Neben den angesetzten Konstanten sind die technisch nutzbare Leistung und die Ausbaufallhöhe die kostenbestimmenden Faktoren. Standortspezifisch können weitere Einflussgrößen wie bspw. Baugrundbeschaffenheit eine wichtige Rolle bei der Ermittlung der Investitionskosten spielen. Diese Details wären in dem eigentlichen Planungsprozess zu berücksichtigen.

Nachfolgend sind die Formeln der verschiedenen Investitionsbereiche mit den entsprechenden Konstanten angegeben TLUG (2011):

Formel 31 Baukosten: $K_B = 17.500 \text{ €} \cdot \left(\frac{P_{pot}}{h_f^{0,3}} \right)^{0,71}$

Formel 32 Maschinentechnische Ausrüstung: $K_M = 10.000 \text{ €} \cdot \left(\frac{P_{pot}}{h_f^{0,3}} \right)^{0,85}$

Formel 33 Elektrotechnische Ausrüstung: $K_E = 500 \text{ €} \cdot \left(\frac{P_{pot}}{h_f^{0,3}} \right)^{0,98}$

Formel 34 Stahlwasserbau: $K_{St} = 1.000 \text{ €} \cdot \left(\frac{P_{pot}}{h_f^{0,3}} \right)^{0,84}$

Die Investitionskosten für die ökologischen Maßnahmen sind in den Baukosten enthalten.

Die gesamten Investitionskosten (Tabelle 52) ergeben sich aus der Summe der einzelnen Investitionskosten, wobei nochmals 15 % für Projektnebenkosten berücksichtigt werden (Formel 35).

Grunderwerbs- und Erschließungskosten sind in diesen Kosten nicht berücksichtigt:

Formel 35 $K_{ges} = 1,15 \cdot (K_B + K_M + K_E + K_{St})$

Tabelle 52: Zusammensetzung der gesamten Investitionskosten K_{ges} bei einem Neubau von Wasserkraftanlagen

Kurz-bez.	Bezeichnung	h_f [m]	P_{pot} [kW]	K_B [€]	K_M [€]	K_E [€]	K_{St} [€]	K_{ges} [€]
S30	WKA Kahla	1,51	254,61	819.199	999.348	101.048	94.665	2.316.399
S32	Volksstädter Rampe	1,22	180,49	671.013	786.992	76.721	74.759	1.850.907
S36	Zeisswehr	1,30	151,83	585.509	668.499	63.563	63.625	1.588.375
S37	Saalfelder Teilewehr	1,27	145,05	569.640	646.865	61.197	61.590	1.540.186

6.2.4 Quotient aus Investitionskosten und Rohertrag

Anhand des Quotienten aus Investitionskosten und Jahresrohertrag wird die Wirtschaftlichkeit der Wasserkraftanlagen grob eingeschätzt (TLUG 2011). Dieser Quotient wird hier als Faktor Invest/Ertrag bezeichnet.

Formel 36 $f_{I/E} = \frac{K_{ges}}{E_{a,pot}}$

$f_{I/E}$	Faktor Invest/Ertrag	[-]
K_{ges}	gesamte Investitionskosten	[€]
$E_{a,pot}$	Jahresertrag	[€]

Nach TLUG (2011) bestehen langjährige Erfahrungen zur Einschätzung einer wirtschaftlichen Nutzung bei Bewertung des Quotienten aus Investitionskosten und Jahresrohertrag:

- $f_{I/E} \leq 20$: hohe Wahrscheinlichkeit einer wirtschaftlichen Wasserkraftnutzung durch einen Investor
- $20 < f_{I/E} < 30$: wirtschaftliche Wasserkraftnutzung möglich, von Randbedingungen und möglicher Zusatznutzung abhängig
- $f_{I/E} \geq 30$: Wahrscheinlichkeit einer wirtschaftlichen Wasserkraftnutzung sehr gering

Der jeweils ermittelte Faktor Invest/Ertrag (Tabelle 53) ermöglicht nur eine grobe wirtschaftliche Einschätzung eines Standortes. Im Einzelfall bedarf es einer detaillierten Untersuchung. Zudem sind Amortisationszeiten zu berechnen, in welchen laufende Ausgaben, Kredittilgungen und Instandhaltungskosten zusätzlich berücksichtigt werden.

Tabelle 53: Einflussgrößen und Berechnung des Quotienten aus Investitionskosten und Jahresrohertrag zur Nutzung des zusätzlicher Wasserkraft

Standort	Q_{pot} [m³/s]	h_f [m]	P_{pot} [kW]	t_{VL} [h]	$W_{\text{a,pot}}$ [kWh]	$E_{\text{a,pot}}$ [€]	K_{ges} [€]	$f_{\text{I/E}}$ [-]
Kahlaer Wehr	21,15	1,51	254,61	5000	1.273.031	152.254	2.316.399	15,21
Volksstädter Rampe	18,49	1,22	180,49	5000	902.466	107.935	1.850.907	17,15
Zeisswehr	14,60	1,30	151,83	5000	759.154	90.795	1.588.375	17,49
Saalfelder Teilewehr	14,28	1,27	145,05	5000	725.238	86.738	1.540.186	17,76

Bei einem Ausbaugrad von 75 % wird von 5.000 Volllaststunden im Jahr ausgegangen, die erreichbar sind.

Wie an den in Tabelle 53 abgebildeten Faktoren Invest/Ertrag zu erkennen ist, liegt an allen Standorten der Faktor Invest/Ertrag bei etwa 15 bis 18.

Veränderte Vergütungen können sich bei Eigennutzung, Vermeidung von Fremdbezug sowie möglichen Auszahlungen vermiedener Netznutzungsentgelte durch die Netzbetreiber an die Anlagenbetreiber ergeben. Der Netzbetreiber vermeidet Netznutzungsentgelte, wenn der in die Nieder- oder Mittelspannungsebene erzeugte Strom in dieser direkt wieder verbraucht wird. Dadurch werden Kosten für das Umtransformieren eingespart. Die Prüfung dieser zusätzlichen Einflussfaktoren erfolgte nicht im Rahmen dieser Studie.

Bei Berücksichtigung aller Aspekte besteht bei den Standorten ohne aktuelle, energetische Nutzung (Kahla, Volksstädter Rampe, Zeisswehr und Saalfelder Teilewehr) eine hohe Wahrscheinlichkeit einer wirtschaftlichen Wasserkraftnutzung.

Wie in Kapitel 5.5.2.4 dargestellt, ist kein zusätzlicher Aufstau in der Saale zulässig. Somit sind an diesen Standorten Ausbaufallhöhen von 1,2 bis 1,5 m nutzbar. Diese wiederum sind bei den gegebenen relativ großen Abflüssen technologisch schwierig effizient zu nutzen. So sind beispielsweise Wasserkraftschnecken für geringe Fallhöhen geeignet. Bei einem Abfluss von 15 bis über 20 m³/s wären mehrere Schnecken in Reihe notwendig. Eine erhebliche Einengung des Flussquerschnittes ist jedoch insbesondere im Stadtgebiet als kritisch zu bewerten. Für effizienten Betrieb von Kaplan- oder Francisturbinen ist die Fallhöhe wiederum zu gering. Hinsichtlich des Verschlechterungsverbotes nach WRRL werden zudem hohe Anforderungen an Fischschutz und Durchgängigkeit gestellt. Am

Standort Kahla ist zudem noch der Denkmalschutz des Standortes an allen baulichen Bestandteilen zu berücksichtigen.

Eine effiziente Wasserkraftnutzung unter Berücksichtigung aller ökologischen Belange ist somit letztendlich an diesen Standorten in Frage zu stellen. Im Gesamtkonzept sind bei wasserkrafttechnischer Nutzung dieser zusätzlichen Standorte alle weiteren Wasserkraftanlagen im Untersuchungsgebiet mit Rechen mit maximalem Stababstand von 10 mm auszustatten, um die zusätzlichen Fischschäden der vier ergänzenden Anlagen zu kompensieren (siehe Kap. 5.4.2).

6.2.5 Weitere Standortoptionen zur Erzeugung zusätzlicher Energie durch Wasserkraft

Da wie in Kapitel 6.2.1 dargestellt, an einigen bereits energetisch genutzten Standorten eine zusätzliche Wasserkraftnutzung am vorhandenen Ausleitungskraftwerk aufgrund unterschiedlicher Ausschlussgründen nicht möglich ist, werden in diesem Abschnitt die Wehre der Ausleitungskraftwerke bzgl. Restwasserkraftanlagennutzung untersucht.

Die betrifft die Standorte Camburg, Döbritschen, Dorndorf, Porstendorf, Jägersdorf, Obernitz und Reschwitz. In diesem Fall kann die behördlich vorgeschriebene bzw. ökologisch notwendige Mindestwassermenge entsprechend Kapitel 5.5.2.3 energetisch genutzt werden.

Die noch nutzbare Wassermenge Q_{pot} wird unter Berücksichtigung des vorhandenen Ausbaudurchflusses und der notwendigen ökologischen Abflüsse für Fischauf- und Fischabstiegsanlagen ähnlich wie in Kapitel 6.2.1 festgelegt:

Formel 37 $Q_{pot} = MQ - Q_{A,ges} - Q_{öko} = MQ - Q_{A,ges} - \left(0,04 \cdot Q_{AA} + 0,41 \frac{m^3}{s}\right)$

Q_{pot}	zusätzlich nutzbare Wassermenge	$\left[\frac{m^3}{s}\right]$
MQ	mittlerer Abfluss am Standort	$\left[\frac{m^3}{s}\right]$
$Q_{A,ges}$	gesamter Ausbaudurchfluss aller WKA am Standort	$\left[\frac{m^3}{s}\right]$
$Q_{öko}$	vorgeschriebene ökologische Abflüsse	$\left[\frac{m^3}{s}\right]$
Q_{AA}	Ausbaudurchfluss des vorhandenen Ausleitungskraftwerks	$\left[\frac{m^3}{s}\right]$

Die zusätzlich nutzbare Wassermenge der genannten Standorte ergibt sich aus dem mittleren Abfluss abzüglich:

- der bereits energetisch genutzten Wassermenge (Ausbaudurchfluss) der ökologisch notwendigen Abflüsse für die Fischaufstiegs- und Fischabstiegsanlagen an der WKA. Es werden 4 % des Ausbaudurchflusses des vorhandenen Ausleitungskraftwerkes im Mühlgraben zur Absicherung des Betriebsdurchflusses der Fischauf- und Fischabstiegsanlagen angesetzt. der Minstdotation von $0,41 \frac{m^3}{s}$ der Fischaufstiegsanlage am Wehr. Eine Abflussmenge für den Fischabstieg an einer potenziell neuen Rest-WKA wird dabei nicht berechnet, da dieser über die

Fischabstiegsanlage an der Haupt-Wasserkraftanlage ermöglicht wird. Zwingend einzuhaltende Voraussetzung ist in diesem Fall, dass der Feinrechen der Restwasserkraftanlage so angebunden ist, dass die Fische in Richtung Haupt-WKA absteigen. Ein geeignetes Beispiel stellt die Rest-WKA in Unterpreilipp dar. Auf der zusätzlich nutzbaren Wassermenge Q_{pot} basierend, wird mit der gleichen Vorgehensweise und Berechnungsgrundlage, wie zuvor in den Kapiteln 6.2.2 bis 6.2.4 beschrieben, die Wahrscheinlichkeit einer wirtschaftlichen Wasserkraftnutzung geprüft. Als Wasserspiegeldifferenz ist die nutzbare Fallhöhe am Wehr $h_{f,W}$ für die Berechnung anzusetzen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 54 enthalten.

Wie in Kapitel 6.2.1 dargestellt, steht in der Saale aufgrund der Talsperrensteuerung im Sommer wenig und im Winter wegen Hochwasserabfluss zu viel Wasser zur Verfügung. Um diesen Aspekt ausreichend zu berücksichtigen, wurden reduzierte Volllaststunden in Höhe von 3500 für den Restwasserkraftanlagenbetrieb angesetzt (Tabelle 54).

Tabelle 54: Einflussgrößen und Berechnung des Quotienten aus Investitionskosten und Jahresertrag an den Wehren von bestehenden Ausleitungskraftwerken

Kurz-bez.	Bezeichnung	MQ [m³/s]	$h_{f,W}$ [m]	$Q_{A,ges}$ [m³/s]	$Q_{\text{öko}}$ [m³/s]	Q_{pot} [m³/s]	P_{pot} [kW]	t_{VL} [h]	$W_{a,pot}$ [kWh]	$E_{a,pot}$ [€]
S22	WKA Camburg	31,2	2,47	24,00	1,13	6,11	120,7	3500	422.377,80	50.516,39
S23	WKA Döbritschen	31,2	2,2	20,00	1,21	9,99	175,9	3500	615.556,96	73.620,61
S24	WKA Dorndorf	Rest-WKA bereits geplant und genehmigt								
S25	WKA Porstendorf	31,0	1,56	23,40	1,35	6,24	77,8	3500	272.465,90	32.586,92
S29	WKA Jägersdorf	30,0	3,03	20,60	1,23	8,12	196,8	3500	688.817,58	82.382,58
S38	WKA Oberritzer Wehr	18,6	2,44	13,25	0,94	4,43	86,5	3500	302.640,32	36.195,78
S39	WKA Reschwitzer Wehr	17,9	2,33	13,00	0,93	3,96	73,8	3500	258.272,10	30.889,34

Kurz-bez.	Bezeichnung	$E_{a,pot}$ [€]	K_B [€]	K_M [€]	K_E [€]	K_{St} [€]	K_{ges} [€]	$f_{I/E}$ [-]
S22	WKA Camburg	50.516,39	433.863,44	466.928,48	42.025,94	44.628,48	1.135.563,30	22,48
S23	WKA Döbritschen	73.620,61	581.024,12	662.372,65	62.891,79	63.048,92	1.574.738,10	21,39
S24	WKA Dorndorf	Rest-WKA bereits geplant und genehmigt						
S25	WKA Porstendorf	32.586,92	350.498,23	361.668,54	31.304,78	34.671,90	894.864,96	27,46
S29	WKA Jägersdorf	82.382,58	587.836,38	671.680,72	63.911,84	63.924,43	1.595.456,37	19,37
S38	WKA Oberritzer Wehr	36.195,78	343.315,75	352.813,77	30.422,78	33.832,89	874.442,97	24,16
S39	WKA Reschwitzer Wehr	30.889,34	309.797,53	311.983,96	26.400,77	29.960,86	779.864,59	25,25

Die Faktor Invest/Ertrag an den Standorten in Tabelle 54 ergibt für Reschwitz, Oberritz und Porstendorf Werte deutlich über 20. Bei diesen ist eine wirtschaftliche Nutzung weniger

wahrscheinlich. An den Standorten Camburg, Döbritschen und Jägersdorf liegen die Werte bei 20. Die Platzverhältnisse bei diesen drei Anlagen sind jedoch stark eingeschränkt, so dass die Anlage einer Rest-WKA unwahrscheinlich ist.

Hinsichtlich einer Wasserkraftnutzung am Wehr ist am Standort Jägersdorf neben der bestehenden Rest-WKA kein Platz für eine weitere Anlage. In Döbritschen ist die Errichtung einer Rest-Wasserkraftanlage am Wehr schwer umsetzbar. Um die Effizienz der bestehenden FAA am Wehr nicht einzuschränken, müsste die WKA in unmittelbarer Nähe des Fischpasses an der rechten Wehrseite erfolgen, so dass die von der WKA erzeugte Lockströmung in unmittelbarer FAA-Nähe zur Geltung kommt. Dies ist aus bautechnischer Sicht nur mit erheblichem Aufwand realisierbar. Würde die WKA am Wehr an der linken Seite errichtet werden, wäre dort eine zusätzliche Fischaufstiegsanlage (Schlitzpass) erforderlich. Darüber hinaus wären ggf. Denkmalschutzaspekte bzgl. des Wehres und der Floßgasse zu berücksichtigen. Insofern ergibt sich auch hier u. a. aus Platzgründen ein Ausschlussgrund.

6.2.6 Zusammenfassung

Die anhand des Quotienten aus Investitionskosten und Jahresrohertrag nach TLUG (2011) grob abgeschätzte Wahrscheinlichkeit einer wirtschaftlichen Wasserkraftnutzung ergeben für die Standorte Kahla, Volksstädter Rampe, Zeisswehr und Saalfelder Teilewehr eine hohe Wahrscheinlichkeit.

Um jedoch an den Standorten Planungen umzusetzen, sind weitere Standortbedingungen wie Denkmalschutz und Umweltbelange zu prüfen. Darüber hinaus ist die Berücksichtigung aller baurelevanten Parameter wie bspw. die Baugrundqualität für eine genauere Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erforderlich.

7 Ergebniszusammenfassung

Eine wesentliche Voraussetzung für die Zielerreichung eines guten ökologischen Gewässerzustandes im Sinne der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie ist die Gewährleistung der Durchgängigkeit.

In der vorliegenden Studie werden die dafür erforderlichen Maßnahmen abgeleitet.

Mit der Wiederherstellung der Durchgängigkeit alleine wird der gute ökologische Zustand jedoch nicht automatisch erreicht. Zahlreiche Einflüsse wie Nährstoff- und Feinsedimenteinträge sowie weitere Strukturdefizite in Form von Uferverbau, Begradigung und Degradation von Auebiotopen wirken sich auf den Zustand der Fischfauna aus. Im Zuge der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie werden auch in diesen Bereichen umfangreiche Maßnahmen durchgeführt, um bestehende Defizite zu beheben.

Die Saale ist eines der Schwerpunktgewässer in Thüringen, welche zur Herstellung der Durchgängigkeit ausgewählt wurden.

Im Rahmen dieser Studie wurde der Gewässerabschnitt der mittleren Saale in Thüringen von der Landesgrenze zu Sachsen-Anhalt bis zur Talsperre Eichicht in seiner Gesamtheit bewertet und notwendige Maßnahmen an den jeweiligen Standorten vorgeschlagen.

Auf Basis historischer Daten gehört die mittlere Saale zum Lebensraum von Lachs und Aal. Laichhabitate für Lachse existieren aufgrund der Gewässerstruktur auch in der unteren Loquitz und in der unteren Schwarza.

Die angewandte Methodik wurde entsprechend Aufgabenstellung vergleichend von der Ilm-Studie (TLUG 2011) übernommen. Die dort getroffenen Annahmen wurden weitgehend auch an der Saale angesetzt. In begründeten Fällen wurde die Methodik an die Gewässerverhältnisse der Saale angepasst.

7.1 Bearbeitungsgrundlagen

Nach Erfassung des Ist-Zustandes der 19 Querbauwerke wurden die erfassten Daten hinsichtlich Durchgängigkeit und Lebensraumverlust bewertet. Darüber hinaus wurden relevante Planungs- und Genehmigungsunterlagen sowie hydrologische Basisdaten, die vom Auftraggeber gestellt wurden, berücksichtigt.

Für die Bewertung der Durchgängigkeit und den Einflüssen von Stau- und Ausleitungsstrecken hinsichtlich der Fischfauna wurden die Vorgaben aus TLUG (2009) herangezogen und notwendige Maßnahmen abgeleitet.

7.2 Bewertungen der Durchgängigkeit im Ist-Zustand

Von den 19 untersuchten Querbauwerken, von denen zwei bereits zurückgebaut sind, werden 12 für die Energieerzeugung genutzt.

Teilberichte mit den standortspezifischen Bewertungen und den erforderlichen Maßnahmen zur Herstellung der Durchgängigkeit sind in Anhang 1 enthalten.

In einem weiteren Schritt wurden die relevanten Parameter in einer Bewertungsmatrix zusammengestellt, deren Ergebnisse in den Anhängen 5 – 10 dargestellt sind. Die kumulative Wirkung mehrerer Standorte bei der Passage von (Teil-)Populationen von Fischen lässt sich damit in einer rechnerischen Annäherung bewerten. Das verwendete Bewertungssystem wurde basierend auf TLUG (2011) weiterentwickelt.

Am Beispiel der WKA Camburg wird deutlich, dass dieses derzeit unpassierbare Querbauwerk den weiteren Aufstieg für Fische in die darüber liegenden Gewässerabschnitte vollständig unterbindet (Tabelle 67 im Anhang 6). Somit kommt diesem Standort eine Schlüsselrolle zu. Wird dieser nicht ausreichend gut hinsichtlich der flussaufwärts gerichteten Durchgängigkeit optimiert, wirkt sich dies maßgeblich auf den gesamten Aufstieg in der weiteren Saale aus (Tabelle 67 im Anhang 6).

7.2.1 Ist-Zustand der flussaufwärts gerichteten Durchgängigkeit

Im Ist-Zustand ist die Saale nur in einigen Teilbereichen und dort teilweise wiederum nur unzureichend passierbar.

Wie oben geschrieben ist bereits für Langdistanzwanderer der erste Standort in Camburg nicht passierbar. Die Saale kann aus Richtung Sachsen-Anhalt nicht besiedelt werden.

7.2.2 Ist-Zustand der flussabwärts gerichteten Durchgängigkeit

Die geringe kumulative Abstiegsrate für Lachssmolts in Höhe von 6 % resultiert aus dem unzureichenden Fischschutz an den Wasserkraftanlagen. Diese 6 % basieren auf der Annahme, dass alle Lachse, vom oberen Ende des Laichareals kommend, absteigen würden. Die errechnete Gesamtüberlebensrate beim Aal beträgt 12 %.

7.3 Notwendige ökologische Maßnahmen

Basierend auf der standortbezogenen Defizitanalyse des Ist-Zustandes wurden ökologisch notwendige Maßnahmen sowohl für Aufstieg als auch für Fischschutz und Fischabstieg abgeleitet. Mit der kumulativen Berechnungsmatrix kann kontrolliert werden, ob die Maßnahmen ausreichend sind. In Konzeptvorschlägen (vgl. Anhang 1) wurden Lösungswege aufgezeigt. Darüber hinaus wurden in Standortskizzen die Maßnahmenbestandteile eingezeichnet (Anhang 2). Die Konzeptvorschläge können als Planungsbasis verwendet werden.

Die einzuhaltenden Parameter für die Fischaufstiegsanlagen sind in Tabelle 55 im Anhang 3 zusammengestellt. Die FAA-Konzeptvorschläge bilden zudem eine wichtige Basis, um in erster Annäherung Baukosten überschläglich zu ermitteln.

7.4 Bewertung der Durchgängigkeit im Plan-Zustand

7.4.1 Plan-Zustand der flussaufwärts gerichteten Durchgängigkeit

Für jeden Standort in Thüringen wurden die Aufstiegsraten für den Ist- und für den Planzustand ermittelt. Für die Ermittlung der Erreichbarkeit des jeweiligen Areals erfolgte die Berechnung der kumulierten Aufstiegsraten durch Multiplikation der Aufstiegsraten einzelner Standorte zwischen Startpunkt und Zielareal mittels der Matrix in Tabelle 69 im Anhang 7.

Ergänzend wurden die Planzustände mit zusätzlicher Wasserkraftnutzung an vier derzeit ungenutzten Querbauwerken mit dem oben genannten Planzuständen verglichen.

Grundannahmen:

- optimierte Aufstiegsrate pro Standort außerhalb Thüringen: 0,975
- 57 % der aus dem Meer aufsteigenden Tiere erreichen die Landesgrenze von Thüringen (22 Wanderhindernisse in Elbe und Saale bis zur Thür. Landesgrenze)

Ergebnisse:

- 18 % der aus dem Meer aufsteigenden Individuen würden den Bereich unterhalb der Saalekaskade erreichen, da an jedem Standort trotz optimaler Umsetzung ein geringer Teil der Tiere nicht erfolgreich aufsteigen würde (Tabelle 69 im Anhang 7).
- 16 % der Tiere würden den Bereich unterhalb der Saalekaskade erreichen, wenn zusätzlich vier weitere WKA existieren würden

7.4.2 Plan-Zustand der flussabwärts gerichteten Durchgängigkeit

Für den Abstieg ergeben sich mit einem gegenüber TLUG (2001) veränderten Bewertungssystem und nach Umsetzung der Vorgaben nach TLUG (2009) (15 mm Rechen; 10 mm an den beiden quellnahesten Standorten), kumulierte Abstiegsraten für den Lachs von 43 %. Dieser Anteil erreicht bei Start unterhalb der Saalekaskade die Landesgrenze zu Sachsen-Anhalt beim Abstieg im Planzustand 1. Die Gesamtüberlebensrate des Aals würde in diesem Fall bei 61 % liegen.

Bei Ausrüstung aller Standorte mit 10 mm-Rechen kann die Abstiegsrate von Lachs und Aal mit 60 bzw. 85 % erheblich erhöht werden. Mit zusätzlichen vier Wasserkraftanlagen ergeben sich für beide Arten entsprechend niedrigere Werte.

7.5 Kostenschätzung

Die Kostenschätzungen für die Fischaufstiegsanlagen in Kapitel 4.5.1 erfolgten vergleichbar nach TLUG (2011) auf Basis von Höhendifferenz und geplantem Durchfluss in Abhängigkeit vom FAA-Typ. Die Kosten bzgl. Umsetzung der Maßnahmen zur Realisierung der Durchgängigkeit flussaufwärts belaufen sich insgesamt auf über 7,2 Mio. Euro.

Die überschlägliche Berechnung der Baukosten für den Fischschutz und Fischabstieg erfolgte in Kapitel 4.5.2 ebenfalls nach TLUG (2011). Es erfolgte abweichend eine Anpassung der Kostenansätze auf Saaledimension. An Standorten, an welchen nicht das komplette Schutz- und Abstiegssystem notwendig ist, wurden die Kosten modular mit den einzelnen benötigten Komponenten berechnet. Die Gesamtkosten für den Fischabstieg belaufen sich überschläglich auf über 7,7 Mio. Euro. In der Summe ergeben sich für Fischauf- und Fischabstieg in der mittleren Saale in Thüringen Kosten in Höhe annähernd 15 Mio. Euro.

7.6 Mindererzeugung

Aufgrund ökologischer Maßnahmen kann es zu einer Mindererzeugung an elektrischer Energie kommen. Folgende Faktoren fließen in die Mindererzeugung ein.

- Dotation der Fischaufstiegsanlage(n),
- Dotation der Fischabstiegsanlage(n),
- Verluste an der Rechenanlage,
- Erhöhter Unterhaltungsaufwand und
- Erhöhte Mindestwassermenge.

In Anlehnung an TLUG (2011) wurde die Mindererzeugung ermittelt. Exemplarisch an einzelnen Standorten wurden mit einem weiteren Ansatz insbesondere die Rechenverluste nicht pauschal angenommen, sondern standortspezifisch berechnet (siehe Anhang 5). Dabei konnte nachgewiesen werden, dass die Rechenverluste theoretisch geringer ausfallen könnten, als für die Mindererzeugungsberechnung angenommen wurde. Die Mindererzeugung führt nicht zwangsläufig zu wirtschaftlichen Einbußen. Aufgrund des EEG sind höhere Vergütungssätze nach Umsetzung der ökologischen Maßnahmen möglich (vgl. Tabelle 30, Kap. 4.7.8).

7.7 Lebensraumverlust durch Aufstau und Wasserausleitung

Nach TLUG (2009) soll der Anteil an Stau- und Ausleitungsstrecken für die Zielerreichung des guten ökologischen Zustands gemäß EG-WRRL 25 % nicht überschreiten.

Im Ist-Zustand der Saale wurden diesbezügliche Beeinträchtigungen von insgesamt 36,7 % nachgewiesen.

Aufgrund derzeitiger Nutzung ist die Reduktion dieser Einflüsse nicht ohne Weiteres möglich. Selbst Standorte ohne energetische Nutzung weisen geringfügige Wasserausleitungen auf, die u. a. als Vorfluter für kommunale Abwässer fungieren. Der Rückbau dieser Anlagen würde die Stauraumlängen reduzieren. Die Vorflut ist dann aber nicht mehr gewährleistet.

Die Längenangaben von Stau- und Ausleitungsstrecken sind in Tabelle 48 in Kapitel 5.5.1 zusammengestellt.

Durch den geplanten Teilrückbau des Göritz-mühlenwehres und der theoretischen Annahme des Rückbaus der beiden Anlagen mit der größten Summe an Stau- und Ausleitungsstrecken (Porstendorf und Dorndorf) würde eine Gesamtbeeinflussung von 27,1 % in der Untersuchungsstrecke bestehen bleiben.

Mit der Optimierung der Mindestwasserabgabe an allen Standorten mit relevanten Ausleitungsstrecken ist die Reduktion der Einflussnahme auf 28,5 % möglich (Reduktion des Stauraumes beim Göritz-mühlenwehr durch Teilrückbau berücksichtigt).

Ein zusätzlicher Aufstau bzw. weitere Wasserausleitungen sind zu vermeiden, da dies weitere Verschlechterungen im Sinne der EG-WRRL darstellen würde.

7.8 Variantenbetrachtung zu Maßnahmen des Fischauf- und -abstieges

An zwei Standorten wurden Varianten und deren kumulierende Auswirkungen auf die Durchgängigkeit flussaufwärts geprüft:

- Geplante Einschwimmsperre am Standort Camburg
- Durchstich vom Mühlgraben zum Mutterbett in Unterpreilipp als Alternative zum Fischpassbau im Bereich der WKA.

Da Camburg als erste Anlage eine Schlüsselrolle spielt, wird dort an beiden Bereichen eine FAA aufgrund einer geringeren Effizienz der Einschwimmsperre benötigt. Am Standort Unterpreilipp genügt die FAA am Wehr nicht in vollem Umfang den Forderungen nach TLUG (2009). Somit würde eine Umleitung der Fische unterhalb der WKA ins Mutterbett eine zu geringe Aufstiegsrate am Gesamtstandort zur Folge haben. Somit ist dort ebenfalls ein eigener Fischaufstieg im Bereich der Haupt-WKA zu errichten oder die FAA am Wehr dem aktuellen Wissenstand anzupassen.

In Kapitel 4.5.2 wurden in Tabelle 10 an 5 Standorten abweichende Varianten erwähnt und eine jeweils Vorzugsvariante für die weitere Bearbeitung begründet.

Bzgl. der Erreichbarkeitsraten flussabwärts wurden in Kapitel 5.4.2 Planzustände mit abweichenden Rechenstababständen sowie mit und ohne zusätzlichen Wasserkraftanlagen bewertet.

7.9 Prüfung zusätzlicher Wasserkraftnutzung nach § 35 WHG

Wie oben erwähnt, ist der Rückbau energetisch nicht genutzter Querbauwerke nicht zielführend und nicht möglich, um die Stauraumlängen maßgeblich zu reduzieren.

Entsprechend des standardisierten Verfahrens nach TLUG (2011) wurde die Möglichkeit zusätzlicher Energieerzeugung durch Wasserkraft hinsichtlich WHG geprüft. Basierend auf den standortbezogenen Abflussbedingungen wurde die theoretische Jahresarbeit abgeschätzt und mit den grob kalkulierten Investitionskosten verglichen, um die Wirtschaftlichkeit einschätzen zu können.

Es wurde aufgrund der modifizierten Abflussmengen in der stauregulierten Saale 75 % des MQ als energetisch nutzbar eingeschätzt. Von 75 % MQ wurde an Standorten, falls vorhanden, die energetisch bereits genutzte Wassermenge abgezogen. Dabei wurden ökologisch benötigte Wassermengen separat berechnet.

An vier vorhandenen Querbauwerken ohne Wasserkraftnutzung würde sich ohne zusätzlichen Aufstau und Ausleitung die Wasserkraftnutzung wirtschaftlich darstellen lassen. An den Standorten mit bereits vorhandenen Ausleitungskraftwerken wurde die energetische Nutzung mittels Rest-WKA bewertet (vgl. Kap. 6.2.5). An drei von sechs Standorten ist eine wirtschaftliche Nutzung wahrscheinlich, jedoch unter anderem aus Platzgründen relativ schwierig umsetzbar.

7.10 Auswirkungen auf die Wasserkraftnutzung

Folgende Rückschlüsse können hinsichtlich der Wasserkraftnutzung in der Saale gezogen werden.

- Ein zusätzlicher Aufstau oder Stauerhöhungen sind zu vermeiden.
- Zusätzliche negative Einflüsse durch Ausleitungen sind zu vermeiden.
- Mit Anpassungen aller Mindestwassermengen auf die ökologischen Anforderungen der Barbenregion kann die ökologische Beeinträchtigung durch Ausleitungsstrecken reduziert werden. Durch verbleibende Stauräume wären dann noch rund 28 % der Untersuchungstrecke beeinträchtigt.
- Nur der Rückbau einzelner genutzter Querbauwerken würde die Lebensraumverluste auf unter 25 % der Gesamtstrecke bringen. Anlagen mit hohen ökologischen Einflüssen im Vergleich zum wirtschaftlichen Nutzen wären hierbei vordergründig zu

betrachten. Dies spielt auch eine wesentliche Rolle hinsichtlich möglicher Entschädigungsleitungen.

- Durch erhöhte EEG-Vergütung können mit Umsetzung ökologischer und technischer Verbesserungen Investitionen bzgl. Fischschutz, Fischabstieg und Fischaufstieg refinanziert werden. Lediglich beim Standort Burgau ist dies nicht der Fall. Dort wird bereits der höchstmögliche Vergütungssatz bezogen.

Literatur

- ATV-DVWK [Hrsg.] (2004): *Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle*. - ATV-DVWK Themen, Hennef.
- BATREKHY, S.; GÖDE, E.; RUPRECHT, A. (1999): *Einlaufgestaltung und Einlaufrechen an Kleinwasserkraftwerken*. – Aus: *Bestimmung der Verluste am Einlaufrechen von Wasserkraftwerken*. - 2, Seminar Kleinwasserkraft, Institut für Strömungsmechanik und Hydraulische Strömungsmaschinen der Universität Stuttgart – Bezug: http://www.ihs.uni-stuttgart.de/fileadmin/IHS-Startseite/veroeffentlichungen/v2002_04.pdf, (Abruf: 07.01.2012)
- BERG, R. (1987): Fischschäden durch Turbinen. - Arb. Dt. Fischereiverb. 44: 41-47.
- DVWK [Hrsg.] (1996): *Fischaufstiegsanlagen - Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle*. - ATV-DVWK.
- DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.) [Hrsg.] (2006): *DWA-Themen: Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen – Auswertung durchgeführter Untersuchungen und Diskussionsbeiträge für Durchführung und Bewertung*. – Hennef
- DWA [Hrsg.] (2014): *Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung*. Merkblatt DWA-M 509.
- EBEL, G. (2008): *Turbinenbedingte Schädigung des Aals (Anguilla anguilla) – Schädigungsraten an europäischen Wasserkraftanlagenstandorten und Möglichkeit der Prognose*. - Mitteilungen aus dem Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie Dr. Ebel, Heft 3, 176 S., Halle (Saale)
- EBEL, G. (2013): *Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen – Handbuch Rechen- und Bypasssysteme. Ingenieurbiologische Grundlagen, Modellierung und Prognose, Bemessung und Gestaltung*. Mitteilungen aus dem Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie Dr. Ebel, Band 4, 483 S. Halle (Saale).
- GIESECKE, J.; MOSONYI, E. (2005): *Wasserkraftanlagen: Planung, Bau und Betrieb*. - 4., aktualisierte und erweiterte Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg
- HASSINGER, R. (2009): *Erläuterungen zu Versuchen mit Feinrechenprofilen*. - Versuchsanstalt und Prüfstelle für Umwelttechnik und Wasserbau der Universität Kassel. - Bezug: http://www.uni-kassel.de/fb14/vpuw/Download/Fisch_SchonRechen/FSR_Versuchsbericht.pdf (Abruf: 05.12.2012)
- HOLZNER, M. (1999): *Untersuchung zur Vermeidung von Fischschäden im Kraftwerksbereich, dargestellt am Kraftwerk Dettelbach a. Main / Unterfranken*. - Schriftenreihe des Landesfischereiverbandes Bayern e. V. München, Heft 1.
- LUWG (Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz) [Hrsg.] (2008): *Durchgängigkeit und Wasserkraftnutzung in Rheinland-Pfalz; Bewertung der rheinland-pfälzischen Wanderfischgewässer hinsichtlich Durchgängigkeit und Eignung zur Wasserkraftnutzung-Phase 2*. - Studie erarbeitet vom Ingenieurbüro Floecksmühle.

- LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) [Hrsg.] (2001): *Empfehlung zur Ermittlung von Mindestwasserabflüssen in Ausleitungsstrecken von Wasserkraftanlagen und zur Festsetzung im wasserrechtlichen Vollzug*. - Schwerin.
- LARINIER, M.; DARTIGUELONGUE, J. (1989): *La circulation des poissons migrateurs et transit à travers les turbines des installations hydroélectriques*. – Bull. Fr. Peche Piscic. 312/313.
- MONTEN, E. (1985): *Fish and turbines – Fish injuries during the passage through power station turbines*. – Vattenfall, Stockholm.
- MUNLV (Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen) [Hrsg.] (2005): *Handbuch Querbauwerke*. - Aachen.
- PAVLOV, D. S.; LUPANDIN, A. I.; KOSTIN, V. V. (2002): *Downstream migration of fish through dams of hydroelectric power plants*. - Oak Ridge / Tennessee (Oak Ridge National Laboratory), 249 S..
- RABEN, K. von (1957a): *Zur Beurteilung der Schädlichkeit der Turbinen für Fische*. – Wasserwirtschaft 47, 60 – 63.
- RABEN, K. von (1957b): *Zur Frage der Beschädigung von Fischen durch Turbinen*. – Wasserwirtschaft 47, 97 – 100.
- RABEN, K. von (1957c): *Über Turbinen und ihre schädliche Wirkung auf für Fische*. – Z. Fischerei NF.6, 171 – 182.
- SCHELHORN, J. (2013): *Ermittlung energetischer und wirtschaftlicher Auswirkungen bei Realisierung notwendiger Maßnahmen zur Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie an Wasserkraftstandorten der Mittleren Saale in Thüringen*. - Bachelorarbeit zur Erlangung des Grades Bachelor of Engineering, vorgelegt am 24.01.2013 an der FH Nordhausen
- SCHMALZ, W. (2006): *Gutachten zur Beurteilung der Notwendigkeit von ein oder zwei Fischwanderhilfen an den Wasserkraftanlagen in Wernshausen, Tiefenort und Falken an der Werra*. - Gutachten im Auftrag des Staatlichen Umweltamtes Suhl.
- SCHMALZ, W.; SCHMALZ, M. (2007): *Durchführung systematischer Untersuchungen zur Konzeption funktionsgerechter Wanderhilfen im Bereich von Wasserkraftanlagen am Beispiel der Wasserkraftanlage Camburg/Döbritschen (Thüringen)*. - Abschlussbericht zum DBU-geförderten Projekt, Az: 18364/01.
- SCHMALZ, W. (2010): *Untersuchungen zum Fischabstieg und Kontrolle möglicher Fischschäden durch die Wasserkraftschnecke an der Wasserkraftanlage Walkmühle an der Werra in Meiningen*. - Untersuchungen im Auftrag der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie.
- SCHMALZ, W.; WAGNER, F.; SONNY, D. (2015): *Arbeitshilfe zur standörtlichen Evaluierung des Fischschutzes und Fischabstieges*. – Fachgutachten im Auftrag des Ecologic Institutes gemeinnützige GmbH im Rahmen des Forums „Fischschutz und Fischabstieg“.
- TLUG (Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie) [Hrsg.] (2009): *Fachliche Anforderungen zur Herstellung der Durchgängigkeit in Thüringer Fließgewässern*. – Studie des Ingenieurbüros Floecksmühle.

TLUG (Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie) [Hrsg.] (2011): *Modellhafte Erarbeitung einer Gesamtbewertung für die Herstellung der Durchgängigkeit am Beispiel der Ilm „Durchgängigkeitskonzept Ilm“* - Studie im Auftrag der TLUG, erarbeitet vom Ingenieurbüro Floecksmühle.

UBA (Umweltbundesamt) [Hrsg.] (2011): *Erarbeitung und Praxiserprobung eines Maßnahmenplanes zur ökologisch verträglichen Wasserkraftnutzung*. - Dessau-Roßlau

Gesetzestexte

EEG (2000): Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien. Bundesgesetzblatt I 2000, 305.

EEG (2004): Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien. Bundesgesetzblatt I 2004, 1918.

EEG (2009): Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich und zur Änderung damit zusammenhängender Vorschriften (Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG 2009) - amtliche Fassung vom 25. Oktober 2008 - Veröffentlicht im Bundesgesetzblatt Jahrgang 2008 Teil I Nr. 49, ausgegeben zu Bonn am 31. Oktober 2008, S. 2074.

EEG (2012): Gesetz zur Neuregelung des Rechtsrahmens für die Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien - amtliche Fassung vom 28. Juli 2011 (BGBl. I S. 1634), ausgegeben am 4. August

EG-WRRL (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. – Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 327 vom 22.12.2000, 1 – 72.

WHG (2010): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz-WHG), WHG, Ausfertigungsdatum: 31.07.2009 (BGBl. I S.2585), in Kraft getreten am 07.08.2009 bzw. 01.03.2010, zuletzt geändert durch Gesetz vom 21.01.2013 (BGBl. I S. 95) m.W.v. 29.01.2013.

Anhänge

Anhang 1:	Standortbezogene Einzelberichte (in gesondertem Ordner)
Anhang 2:	Bestandsskizzen mit Maßnahmenvorschlägen (in gesondertem Ordner)
Anhang 3:	Vorschläge zur standortbezogenen FAA-Dimensionierung
Anhang 4:	Datenbasis für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Kostenkalkulationen
Anhang 5:	theoretische Berechnung der Reduktion der Nutzfallhöhe
Anhang 6:	kumulative Standortbewertung des Ist-Zustandes bzgl. Fischaufstieg
Anhang 7:	kumulative Standortbewertung des Plan-Zustandes bzgl. Fischaufstieg für mittlere Saale, in Version mit untere Loquitz und untere Schwarza
Anhang 8:	kumulative Standortbewertung des Ist-Zustandes bzgl. Fischabstieg
Anhang 9:	kumulative Standortbewertung des Plan-Zustandes bzgl. Fischabstieg
Anhang 10:	kumulative Standortbewertung des Plan-Zustandes unter Berücksichtigung der Nutzung zusätzlichen Wasserkraft an ungenutzten Standorten bzgl. Fischabstieg
Anhang 11:	kumulative Standortbewertung des Plan-Zustandes bzgl. des Fischabstiegs aus Schwarza und Loquitz ohne und mit potentieller WKA-Nutzung ungenutzter Standorte
Anhang 12:	kumulative Überlebensrate des Aales, Ist-Zustand
Anhang 13:	kumulative Überlebensrate des Aales, Plan-Zustand
Anhang 14:	kumulative Überlebensrate des Aales, Plan-Zustand mit potentieller WKA-Nutzung ungenutzter Standorte
Anhang 15:	Standortbezogene Erfassungsbögen (in gesondertem Ordner)

Anhang 1: Standortbezogene Einzelberichte

Als Einzelberichte in eigenem Ordner vorliegend, nicht im Gesamtdokument eingefügt.

Anhang 2: Bestandsskizzen mit Maßnahmvorschlägen

Als Einzelskizzen in eigenem Ordner vorliegend, nicht im Gesamtdokument eingefügt.

Hinweis: Bzgl. mancher Planungsvorschläge existieren zwei Varianten. Die nicht bevorzugte Variante ist an dem grau hinterlegten Überschriftenfeld erkennbar. Blaue Überschriftenfelder stellen die Vorzugsvariante dar.

Anhang 3: Vorschläge zur standortbezogenen FAA-Dimensionierung

Tabelle 55: Standortbezogene Vorzugsvariante des FAA-Typs mit Dimensionierungsvorgaben

Kurzbezeichnung	BEZEICHNUNG	WKA	Ausleitung	primärer Fischweg	Planungsvorschlag Bauweise FAA	Wasserspiegel-differenz [m]	max. Absturzhöhe von Riegel zu Riegel Δh [m]	Anzahl Riegel	min. Längsgefälle	Q FAA (Orientierungswert) [m ³ /s]	min. lichte Beckenlänge e_{bz} [m]	Sohlenbreite b [m]	minimale Wassertiefe im Pass h_{min} [m]
S22	Camburger Wehr	ja	ja	WKA Wehr + WKA	Schlitzpass oder Fischsperre	3	0,13	24	1:30	0,41	3	2,25	0,75
S23	Döbritscher Wehr	ja	ja	WKA Wehr	Schlitzpass	2,47	0,13	19	1:30	0,41	3	2,25	0,75
S24	Dorndorfer Wehr	ja	ja	WKA Wehr	Schlitzpass vorhanden Borstenfischpass vorhanden	2,6							
S25	Porstendorfer Wehr	ja	ja	WKA Wehr	Schlitzpass bei geplanter Rest-WKA	2,65	0,13	21	1:30	0,41	3	2,25	0,75
S26	Paradieswehr	ja	nein	WKA + Wehr	Schlitzpass	4	0,12	34	1:30	0,4	3	2,25	0,75
S27	Rasenmühlenwehr	ja	nein	WKA + Wehr	Schlitzpass oder U-Gerinne als RGBP	1,56	0,13	12	1:30	0,41 oder 0,57	3 oder 3,8	2,25 oder 3	0,75 oder 0,5
S28	Burgauer Wehr	ja	ja	WKA Wehr	Umbau Schlitzpass	2,4	0,13	19	1:30	0,41	3	2,25	0,75
S29	Jägersdorfer Wehr	ja	ja	WKA Wehr + WKA	Schlitzpass	2,14	0,13	17	1:30	0,41	3	2,25	0,75
S30	Kahlaer Wehr	ja alt stillg.	ja	Wehr	Schlitzpass vorhanden	4							
S31	Uhlstädter Wehr	ja	gering	WKA + Wehr	Schlitzpass oder U-Gerinne als RGBP	2,91	0,13	23	1:30	0,41 oder 0,57	3 oder 3,8	2,25 oder 3	0,75 oder 0,5
S32	Volksstädter Rampe	nein	ja	Gleite	Schlitzpass RGBP an Seite und evtl. Borstenelemente in Bootsgasse	3,29	0,12	28	1:30	0,4	3	2,25	0,75
S33	Schalschwele Unterpreilipp	nein	nein	nicht mehr vorhanden	U-Gerinne als RGBP vorhanden	3,03							
S34	Unterpreilipper Wehr	ja	ja	WKA Wehr	U-Gerinne als RGBP	1,505	0,13	12	1:30	0,57	3,8	3	0,5
S35	Görztzmühlenwehr	nein	ja	Wehr	untergeordnete Rolle								
S36	Mittelmühlenwehr; Zeisswehr	nein	nein	Furth	Schlitzpass oder U-Gerinne als RGBP	2,75	0,13	22	1:30	0,41 oder 0,57	3 oder 3,8	2,25 oder 3	0,75 oder 0,5
S37	Saalefelder Teilwehr	nein	ja	Gleite	RGBP an Seite und evtl. Borstenelemente in Bootsgasse	1,22	0,13	10	1:30	0,57 1,14	3,8 3 6		0,5
S38	Obernitzer Wehr	ja	ja	WKA Wehr	Abriss des kleinen Wehres in der Ausleitung	0,85							
S39	Reschwitzer Wehr	ja	ja	WKA ** Wehr *	nicht mehr vorhanden								
S40	Fischersdorfer Wehr	nein	nein	rückgebaut	Furth entfernen								
					Schlitzpass oder Durchstich zur Ausleitungsstrecke, dann Optimierung des RGBP am Wehr nötig	3,4	0,12	29	1:30	0,4	3	2,25	0,75
					RGBP vorhanden	3,21							
					Geplante Gleite Variante IIa umsetzen	1,43							
					RGBP an Seite und evtl. Borstenelemente in Bootsgasse	1,3	0,13	10	1:30	0,57 1,14	3,8 3 6		0,5
					RGBP an Seite und evtl. Borstenelemente in Bootsgasse	1,27	0,13	10	1:30	0,57 1,14	3,8 3 6		0,5
					Ausleitungsstrecke ist durchgängig	2,95							
					Einschwimmsperre	2,44	0,13	19	1:30	0,41 oder 0,57	3 oder 3,8	2,25 oder 3	0,75 oder 0,5
					Schlitzpass	2,2	0,13	17	1:30	0,41	3	2,25	0,75
					U-Gerinne als RGBP oder Umbau als Gleite durchgängig	2,33	0,13	18	1:30	0,57	3,8	3	0,5

rot: RGBP an Gleiten doppelte Breite
 *Reschwitz am Wehr höhere WSP-Diff. IST, als Plan an WKA** (evtl. überstaut?!)

grau: kein Handlungsbedarf bzw. nicht bevorzugte Variante

Typ 9.1 Epipotamal (Barbenregion)
 relevante Fischart bzgl. Geometrie: Lachs, Barbe

Anhang 4: Datenbasis für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Kostenkalkulationen

Tabelle 56 bis Tabelle 62 – Daten aus <http://www.50hertz.com/de/166.htm> (Abruf: 29.11.2012 u. 05.03.2014)

Tabelle 56: Jahresabrechnung der untersuchten Wasserkraftanlagen 2006

Standort	Anlage	P _N [kW]	W ₂₀₀₆ [kWh]	t _{VL,2006} [h]
WKA Camburg	REST- + Haupt-WKA	560	1.773.234	3166,5
WKA Döbritschen	WKA	280	1.865.706	6663,2
WKA Dorndorf	WKA	800	2.167.027	2708,8
WKA Porstendorf	WKA	600	2.831.853	4719,8
WKA Paradieswehr	WKA	496	2.378.097	4794,6
WKA Rasenmühle	WKA	554	2.304.970	4160,6
WKA Burgau	WKA	1.300	3.943.113	3033,2
WKA Jägersdorf	REST-WKA Haupt-WKA	160 300	noch nicht in Betrieb 1.627.743	5425,8
WKA Uhlstädt	WKA	512	1.937.049	3783,3
WKA Unterpreilipp	REST-WKA Haupt-WKA	110 960	noch nicht in Betrieb noch nicht in Betrieb	
WKA Obernitz	WKA	k.A.	k.A.	k.A.
WKA Reschwitz	WKA	290	893.854	3082,3

Tabelle 57: Jahresabrechnung der untersuchten Wasserkraftanlagen 2007

Standort	Anlage	P _N [kW]	W ₂₀₀₇ [kWh]	t _{VL,2007} [h]
WKA Camburg	REST- + Haupt-WKA	560	1.726.711	3083,4
WKA Döbritschen	WKA	280	1.836.304	6558,2
WKA Dorndorf	WKA	800	2.205.364	2756,7
WKA Porstendorf	WKA	600	2.978.728	4964,5
WKA Paradieswehr	WKA	496	2.815.149	5675,7
WKA Rasenmühle	WKA	554	2.711.679	4894,7
WKA Burgau	WKA	1.300	5.091.011	3916,2
WKA Jägersdorf	REST-WKA Haupt-WKA	160 300	noch nicht in Betrieb 1.695.499	5651,7
WKA Uhlstädt	WKA	512	2.465.510	4815,4
WKA Unterpreilipp	REST-WKA Haupt-WKA	110 960	469.269 5.680.060	4266,1 5916,7
WKA Obernitz	WKA	k.A.	k.A.	k.A.
WKA Reschwitz	WKA	290	1.511.070	5210,6

Tabelle 58: Jahresabrechnung der untersuchten Wasserkraftanlagen 2008

Standort	Anlage	P _N [kW]	W ₂₀₀₈ [kWh]	t _{VL,2008} [h]
WKA Camburg	REST- + Haupt-WKA	560	1.862.066	3325,1
WKA Döbritschen	WKA	280	1.886.181	6736,4
WKA Dorndorf	WKA	800	2.406.564	3008,2
WKA Porstendorf	WKA	600	2.903.614	4839,4
WKA Paradieswehr	WKA	496	2.527.119	5095,0
WKA Rasenmühle	WKA	554	2.346.115	4234,9
WKA Burgau	WKA	1.300	4.476.571	3443,5
WKA Jägersdorf	REST-WKA	160	828.187	5176,2
	Haupt-WKA	300	1.448.123	4827,1
WKA Uhlstädt	WKA	512	2.235.132	4365,5
WKA Unterpreilipp	REST-WKA	110	518.776	4716,1
	Haupt-WKA	960	4.661.080	4855,3
WKA Obernitz	WKA	k.A.	k.A.	k.A.
WKA Reschwitz	WKA	290	1.369.928	4723,9

Tabelle 59: Jahresabrechnung der untersuchten Wasserkraftanlagen 2009

Standort	Anlage	P _N [kW]	W ₂₀₀₉ [kWh]	t _{VL,2009} [h]
WKA Camburg	REST- + Haupt-WKA	560	1.908.867	3408,7
WKA Döbritschen	WKA	280	1.789.090	6389,6
WKA Dorndorf	WKA	800	2.452.770	3066,0
WKA Porstendorf	WKA	600	2.751.272	4585,5
WKA Paradieswehr	WKA	496	2.243.606	4523,4
WKA Rasenmühle	WKA	554	2.237.006	4037,9
WKA Burgau	WKA	1.300	3.968.325	3052,6
WKA Jägersdorf	REST-WKA	160	740.753	4629,7
	Haupt-WKA	300	1.503.893	5013,0
WKA Uhlstädt	WKA	512	1.934.587	3778,5
WKA Unterpreilipp	REST-WKA	110	491.930	4472,1
	Haupt-WKA	960	3.939.360	4103,5
WKA Obernitz	WKA	k.A.	k.A.	k.A.
WKA Reschwitz	WKA	290	1.136.432	3918,7

Tabelle 60: Jahresabrechnung der untersuchten Wasserkraftanlagen 2010

Standort	Anlage	P _N [kW]	W ₂₀₁₀ [kWh]	t _{VL,2010} [h]
WKA Camburg	REST- + Haupt-WKA	560	2.149.280	3.838,0
WKA Döbritschen	WKA	280	1.880.950	6.717,7
WKA Dorndorf	WKA	800	2.999.439	3.749,3
WKA Porstendorf	WKA	600	3.051.560	5.085,9
WKA Paradieswehr	WKA	496	3.123.772	6.297,9
WKA Rasenmühle	WKA	554	2.869.693	5.180,0
WKA Burgau	WKA	1.300	5.293.872	4.072,2
WKA Jägersdorf	REST-WKA	160	758.400	4.740,0
	Haupt-WKA	300	1.699.155	5.663,9
WKA Uhlstädt	WKA	512	2.379.262	4.647,0
WKA Unterpreilipp	REST-WKA	110	445.766	4.052,4
	Haupt-WKA	960	5.605.440	5.839,0
WKA Obernitz	WKA	k.A.	k.A.	k.A.
WKA Reschwitz	WKA	290	1.358.359	4.684,0

Tabelle 61: Jahresabrechnung der untersuchten Wasserkraftanlagen 2011

Standort	Anlage	P _N [kW]	W ₂₀₁₁ [kWh]	t _{VL,2011} [h]
WKA Camburg	REST- + Haupt-WKA	560	1.982.295	3539,8
WKA Döbritschen	WKA	280	1.819.758	6499,1
WKA Dorndorf	WKA	800	2.521.022	3151,3
WKA Porstendorf	WKA	600	2.468.412	4114,0
WKA Paradieswehr	WKA	496	2.450.125	4939,8
WKA Rasenmühle	WKA	554	2.273.429	4103,7
WKA Burgau	WKA	1.300	3.465.151	2665,5
WKA Jägersdorf	REST-WKA	160	786.972	4918,6
	Haupt-WKA	300	1.486.895	4956,3
WKA Uhlstädt	WKA	512	1.764.486	3446,3
WKA Unterpreilipp	REST-WKA	110	339.999	3090,9
	Haupt-WKA	960	3.610.380	3760,8
WKA Obernitz	WKA	k.A.	k.A.	k.A.
WKA Reschwitz	WKA	290	1.121.051	3865,7

Tabelle 62: Jahresabrechnung der untersuchten Wasserkraftanlagen 2012

Standort	Anlage	P_N [kW]	W₂₀₁₂ [kWh]	t_{VL,2012} [h]
WKA Camburg	RW- + Haupt-WKA	560	1.872.435	3343,6
WKA Döbritschen	WKA	280	1.848.622	6602,2
WKA Dorndorf	WKA	800	2.569.553	3211,9
WKA Porstendorf	WKA	600	2.615.686	4359,5
WKA Paradieswehr	WKA	496	2.313.492	4664,3
WKA Rasenmühle	WKA	554	1.953.070	3525,4
WKA Burgau	WKA	1300	3.706.724	2851,3
WKA Jägersdorf	RW-WKA	160	838.347	5239,7
	Haupt-WKA	300	1.393.030	4643,4
WKA Uhlstädt	WKA	512	1.809.787	3534,7
WKA Unterpreilipp	RW-WKA	110	372.931	3390,3
	Haupt-WKA	960	3.611.970	3762,5
WKA Obernitz	WKA	k.A.	k.A.	k.A.
WKA Reschwitz	WKA	290	1.097.717	3785,2

Tabelle 63: Durchschnittliche Jahresarbeit W_{Ist} und Volllaststunden t_{VL} an den untersuchten Wasserkraftanlagen

Standort	Anlage	P_N [kW]	W_{Ist} [kWh]		
			Min.	Mittelwert	Max.
WKA Camburg	REST- + Haupt-WKA	560	1.726.711	1.896.413	2.149.280
WKA Döbritschen	WKA	280	1.789.090	1.846.659	1.886.181
WKA Dorndorf	WKA	800	2.167.027	2.474.534	2.999.439
WKA Porstendorf	WKA	600	2.468.412	2.800.161	3.051.560
WKA Paradieswehr	WKA	496	2.243.606	2.550.194	3.123.772
WKA Rasenmühle	WKA	554	1.953.070	2.385.137	2.869.693
WKA Burgau	WKA	1.300	3.465.151	4.277.824	5.293.872
WKA Jägersdorf	REST-WKA	160	740.753	790.532	838.347
	Haupt-WKA	300	1.393.030	1.550.620	1.699.155
WKA Uhlstädt	WKA	512	1.764.486	2.075.116	2.465.510
WKA Unterpreilipp	REST-WKA	110	339.999	439.779	518.776
	Haupt-WKA	960	3.610.380	4.518.048	5.680.060
WKA Obernitz	WKA	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
WKA Reschwitz	WKA	290	893.854	1.212.630	1.511.070

Standort	t_{VL} [h]			zugrundeliegender Zeitraum
	Min.	Mittelwert	Max.	
WKA Camburg	3.083,4	3.386,5	3.838,0	7 Jahre
WKA Döbritschen	6.389,6	6.595,2	6.736,4	7 Jahre
WKA Dorndorf	2.708,8	3.093,2	3.749,3	7 Jahre
WKA Porstendorf	4.114,0	4.666,9	5.085,9	7 Jahre
WKA Paradieswehr	4.523,4	5.141,5	6.297,9	7 Jahre
WKA Rasenmühle	3.525,4	4.305,3	5.180,0	7 Jahre
WKA Burgau	2.665,5	3.290,6	4.072,2	7 Jahre
WKA Jägersdorf	4.629,7	4.940,8	5.239,7	5 Jahre
	4.643,4	5.168,7	5.663,9	7 Jahre
WKA Uhlstädt	3.446,3	4.053,0	4.815,4	7 Jahre
WKA Unterpreilipp	3.090,9	3.998,0	4.716,1	6 Jahre
	3.760,8	4.706,3	5.916,7	6 Jahre
WKA Obernitz	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
WKA Reschwitz	3.082,3	4.181,5	5.210,6	7 Jahre

Tabelle 64: Kostenansätze der Fischaufstiegsanlagen auf Grundlage des baulichen Schwierigkeitsgrades an den untersuchten Standorten

Kurz- bez.	BEZEICHNUNG	MQ Standort	Bauart FAA/Stelle der Maßnahme	Kosten- ansatz [€]	Schwierig- keitsgrad	Ursache des gewählten Schwierigkeitsgrad	Kosten- ansatz gewählt k_{FAA} [€/m ⁴ /s]]
		[m ³ /s]					
S22	WKA Camburg	31,24	Schlitzpass	Wehr+WKA	erhöht	Zugänglichkeit	400.000
			Schlitzpass	WKA	mittel	Gebäudeabriss	600.000
S23	WKA Döbritschen	31,20	durchgängig		x		
S24	WKA Dorndorf	31,13	Schlitzpass bei geplanter Rest-WKA	RWKA am We	niedrig	keine besonderen Schwierigkeiten	300.000
S25	WKA Porstendorf	30,98	U-Gerinne als RGBP	Wehr	niedrig	keine besonderen Schwierigkeiten	100.000
			Schlitzpass	WKA	niedrig	keine besonderen Schwierigkeiten	300.000
S26	WKA Paradieswehr	30,87	Schlitzpass	Wehr+WKA	niedrig	keine besonderen Schwierigkeiten	300.000
S27	WKA Rasenmühle	30,79	Schlitzpass	Wehr+WKA	niedrig	keine besonderen Schwierigkeiten	300.000
S28	WKA Burgau	30,74	Schlitzpass	Wehr	niedrig	keine besonderen Schwierigkeiten	300.000
S29	WKA Jägersdorf	29,95	Schlitzpass	WKA	erhöht	Anbindung ans OW	400.000
S30	WKA Kahla	29,37	U-Gerinne als RGBP	Wehr	niedrig	keine besonderen Schwierigkeiten	100.000
S31	WKA Uhlstädt	26,99	Schlitzpass	Wehr+WKA	mittel	Zugänglichkeit/Abriss FAA	600.000
S32	Volkssstädter Rampe	25,68	RGBP	Gleite	niedrig	keine besonderen Schwierigkeiten	100.000
S33	Sohlschwelle Unterprielipp	22,40	rückgebaut		x		
S34	WKA Unterprielipp	21,90	Schlitzpass	WKA	erhöht	Anbindung ans OW	400.000
S35	Görztzmühlenwehr	20,86	Gleite Variante	Wehr			
S36	Zeisswehr	20,28	RGBP	Gleite	niedrig	keine besonderen Schwierigkeiten	100.000
S37	Saalfelder Teilwehr	19,83	RGBP	Gleite	niedrig	keine besonderen Schwierigkeiten	100.000
S38	WKA Obernitzer Wehr	18,62	Schlitzpass	Wehr	niedrig	keine besonderen Schwierigkeiten	300.000
			Einschwimmsperre	WKA	x	x	x
S39	WKA Reschwitz Wehr	17,89	U-Gerinne als RGBP	Wehr	niedrig	keine besonderen Schwierigkeiten	100.000
			Schlitzpass	WKA	erhöht	Anbindung ans OW	400.000
S40	Fischersdorfer Wehr	16,59	rückgebaut		x		

Anhang 5: theoretische Berechnung der Reduktion der Nutzfallhöhe

Die theoretische Berechnung der Reduktion der Nutzfallhöhe erfolgt exemplarisch wie folgt. Die Werte können ermittelt werden, indem der Fallhöhenverlust der bisherigen Rechen und der erneuerten Rechen berechnet und mit Formel 38 verglichen wird.

Formel 38
$$h_v = \zeta \cdot \frac{v^2}{2g} = \beta \cdot \left(\frac{B}{1-B} \right)^{1,5} \cdot \left(1 - \frac{\delta}{90^\circ} \right) \cdot B^{(-1,4 \cdot \tan \delta)} \cdot k_v \cdot \sin \alpha \cdot \frac{v^2}{2g}$$

h_v	Verlusthöhe des Rechens	[m]
ζ	Verlustbeiwert der Rechenanlage	[–]
v	Fließ- bzw. Anströmgeschwindigkeit vor dem Rechen im zur Fließrichtung senkrechten Fließquerschnitt	$\left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$
g	Erdbeschleunigung $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	$\left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$
β	Formbeiwert des Rechenstabes	[–]
B	Verbauungsgrad des Rechens	[–]
δ	Anströmwinkel zur Normalen auf Rechenfläche	[°]
k_v	Verlegungsfaktor des Rechens	[–]
α	Neigungswinkel des Rechens zur Gewässersohle	[°]

Der Verlegungsfaktor wird mit $k_v = 1$ gesetzt. Dies ergibt sich aufgrund der Anwendung von Formel 39:

Formel 39
$$k_v = 1 + 5,2 \cdot B^{-1,5} \cdot \left(\frac{v}{1-v} \right)^2$$

Dazu wird vereinfachend ein Verlegungsgrad von $V = 0$ (Verhältnis der von Treibgut verlegten Rechenfläche zur gesamten Rechenfläche nach GIESECKE & MOSONYI (2005)) angenommen. Dies kann durch entsprechend häufige Reinigungsintervalle des Rechenreinigers annähernd erreicht werden.

Der Verbauungsgrad B aus Formel 39 berechnet sich dabei folgendermaßen:

Formel 40
$$B = \frac{A_{VS} + A_{VA}}{A_R}$$

B	Verbauungsgrad des Rechens	[–]
A_{VS}	verbaute Fläche durch die Rechenstäbe	[m ²]
A_{VA}	verbaute Fläche durch die Abstandhalter zwischen den Rechenstäben	[m ²]
A_R	Gesamtfläche des Rechens	[m ²]

In Tabelle 65 sind die Verbauungsgrade der verwendeten Rechenstabmaterialien (Flachstahl, Fischbauchprofil und Flachstahl mit PE-Rundprofilen) bei Rechenstababständen b von 20 mm, 15 mm und 10 mm dargestellt.

Tabelle 65: Verbauungsgrad B in Abhängigkeit der Rechenstabformen/-abstände

Rechenstab- abstand b [m]	Verbauungsgrad B [-]		
	Flachstahl	Fischbauchprofil	Flachstahl mit PE- Rundprofilen
0,020	0,246	0,300	0,456
0,015	0,300	0,361	0,526
0,010	0,388	0,456	0,623

Zur Ermittlung des Verbauungsgrades wird exemplarisch für die gesamte Rechenfläche ein Rechenfeldausschnitt, bestehend aus einem Rechenstab und einem Zwischenraum zwischen zwei Rechenstäben, über die Länge von 1 m betrachtet. Dabei wird angenommen, dass sich auf dem Rechenfeldausschnitt dieser Länge zwei Abstandshalter mit einer Materialstärke von jeweils 10 mm im Zwischenraum befinden, die beim Verbauungsgrad zu berücksichtigen sind. Des Weiteren wird von üblichen Materialstärken (6 mm bei Flachstahl und 8 mm beim Fischbauchprofil) ausgegangen.

Die spezifischen Daten wie Anströmwinkel, Neigungswinkel und die Anströmgeschwindigkeit der jeweiligen Rechen sind bei der Standortanalyse zu berücksichtigen.

Der Formbeiwert für Flachstahl als Rechenstabmaterial ($\beta = 2,42$) ist aus GIESECKE & MOSONYI (2005) übernommen. Die Formbeiwerte der beiden anderen verwendeten Materialformen (Fischbauchprofil bzw. Einsal-Rechen mit $\beta = 1,237$ und Flachstahl mit PE-Rundprofilen bzw. Rundkopfrechen mit $\beta = 1,3$) gehen aus HASSINGER (2009) hervor. Sind an einem Wasserkraftstandort mehrere getrennte Rechenfelder vorhanden, so wird die Verlusthöhe als Mittelwert aus den Verlusthöhen der einzelnen Rechen bestimmt. Dies ist in der Regel an Wasserkraftanlagen mit mehreren Turbinen der Fall, bei denen jede Turbine durch einen eigenen Rechen vor Treibgut geschützt wird.

Um die Rechenverluste eines Horizontalrechens mit Formel 38 berechnen zu können, müssen weitere Annahmen getroffen werden. Bei einem Vertikalrechen steigt mit zunehmendem Anströmwinkel der Fallhöhenverlust, da die Strömung verstärkt abgelenkt wird (Abbildung 24).

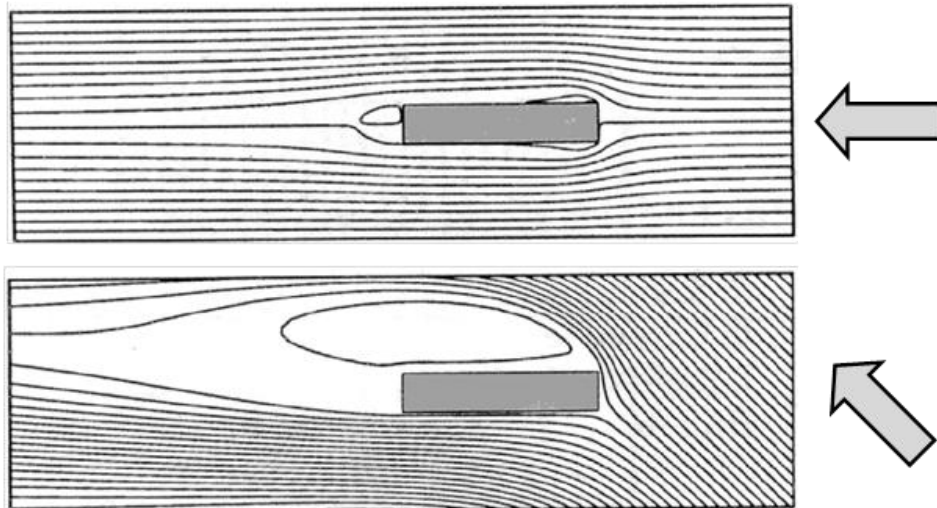


Abbildung 24: Strömungsverhältnisse an einem Vertikalrechen bei unterschiedlichem Anströmwinkel jeweils als Draufsicht auf einen Rechenstab; oben: Anströmwinkel $\delta = 0^\circ$; unten: Anströmwinkel $\delta = 45^\circ$ (BATREKHY et al. 1999)

Der Fallhöhenverlust bei einem Horizontalrechen dagegen ist nicht abhängig vom Anströmwinkel (Abbildung 25). Um dies jedoch in der Formel 38 zu berücksichtigen, wird der Anströmwinkel δ bei einem Horizontalrechen mit 0° angenommen.

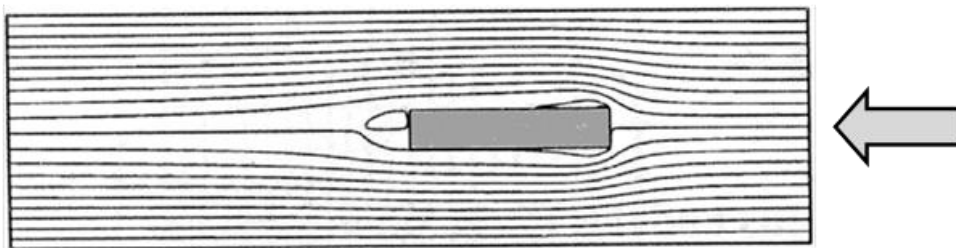


Abbildung 25: Strömungsverhältnisse an einem Horizontalrechen als Querschnitt durch den Rechenstab (Beachte: hier Seitenansicht) (BATREKHY et al. 1999)

Für die Berechnungsgrundlage wird als Rechenstabmaterial für alle empfohlenen Rechen Flachstahl angenommen, da diese Form am häufigsten verwendet wird.

Bei den Anlagen, welche die Anströmgeschwindigkeiten bei Vollast überschreiten, sind diese auf die geforderten 0,5 m/s reduziert.

Geeignete Maßnahmen, um die Fließgeschwindigkeit zu reduzieren, sind

- eine Verschiebung der Rechenposition in einen Bereich mit einem größeren Fließquerschnitt
- Aufweitung des ausschlaggebenden Fließquerschnitts
- Drosselung des Turbinendurchflusses (MUNLV 2005).

Die Begründung hierfür liefert das Kontinuitätsgesetz mit den daraus abgeleiteten Gleichungen $Q = v \cdot A$ bzw. $v = Q/A$ GIESECKE & MOSONYI (2005).

Die Differenz der Rechenverlusthöhe der aktuell vorhandenen Rechen $h_{v,ist}$ zur Verlusthöhe der umzusetzenden Rechen $h_{v,Ziel}$ ergibt die zusätzliche Rechenverlusthöhe h_{v2} und ist exemplarisch für Dorndorf, Uhlstädt und Reschwitz in Tabelle 66 dargestellt.

Tabelle 66: Zusätzliche Rechenverlusthöhe h_v entsprechend theoretisch berechnetem Ansatz

Standort	Rechenposition	$h_{v, \text{Ist}}$ [m]	$h_{v, \text{Ziel}}$ [m]	Differenz der Rechen- verlusthöhen $h_{v, \text{diff}}$ [m]	zusätzliche Rechenverlust- höhe h_v [m]
WKA Dorndorf	WKA bzw. Haupt-WKA	0,004	0,006	0,0021	0,0021
WKA Uhlstädt	WKA	0,008	0,008	0,0001	0,0001
WKA Reschwitz	WKA	0,006	0,016	0,0096	0,0096

Bei diesen exemplarischen Berechnungen wären Rechenverlusthöhen an der WKA Reschwitz mit annähernd 1 cm zu erwarten. Diese Ergebnisse der Verlusthöhenberechnung verdeutlichen, dass die pauschal angenommenen Verlusthöhen nach TLUG (2011) höher angesetzt wurden. Bei der Berechnung möglicher Verluste für den Betreiber der jeweiligen WKA wurde diese Vorgehensweise aus praktischen Erfahrungen bevorzugt. Die Rechenverluste könnten durch Verwendung von hydraulisch günstigeren Rechenstabprofilen wie bspw. Fischbauchprofil (geringerer Strömungswiderstand als das Rechteckprofil des Flachstahls), weiter reduziert werden.

Diese detaillierten Berechnungen erfolgten exemplarisch, um die Vorgehensweise exakter Rechenverlustermittlungen darzustellen.

Anhang 6: kumulative Standortbewertung des Ist-Zustandes bzgl. Fischaufstieg

Tabelle 67: kumulierte Aufstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Ist-Zustand

Kurzbezeichnung	BEZEICHNUNG	WKA-Standort	Wanderweg	Ausleitung nein=0, ja=1	MQ Standort	Q _A	Q _A /MQ	ResQ: Q _{minid} bzw. ResQ	ResQ/ MQ	Auffindbarkeits- rate q _{amb,gr} (großräumig)	Auffindbarkeits- rate q _{amb,kl} (kleinräumig)	Passierbarkeits- rate q _{pass,FAA} oder q _{BW}	Aufstiegs- rate q _{AufWeh}	Aufstiegs- rate q _{Auf,Standort}	Erreichbarkeits- rate Areal aus Saale	Erreichbarkeits- rate Areal aus Meer*
S22	Camburger Wehr	ja	Wehr keine FAA, 3,55 m/s Mindestwasser, WKA Auslauf	1	31,2	6,00	0,19	6,00	0,19	0,42	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
S23	Döbritscher Wehr	ja	Mühlgraben mit WKA, keine FAA	1	31,2	18,00	0,58	1,80	0,06	0,36	0,975	0,85	0,30	0,83	0,00	0,00
S24	Dornfelder Wehr	ja	WKA mit FAA (Schlitzpass)	1	31,2	20,00	0,64	3,50	0,11	0,64	0,975	0,85	0,53	0,79	0,00	0,00
S25	Portendorfer Wehr	ja	Wehr mit unpassierbarem Raugeninneckenpass	1	31,1	26,00	0,84	3,00	0,10	0,84	0,975	0,975	0,79	0,79	0,00	0,00
S26	Paradieswehr	ja	Mühlgraben mit WKA mit FAA (Schlitzpass)	1	31,0	23,40	0,76	3,00	0,10	0,24	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
S27	Rasenmühlenwehr	ja	Wehr keine FAA	1	30,9	30,00	0,97	1,00	0,03	0,76	0,6	0,6	0,36	0,36	0,00	0,00
S28	Burgauer Wehr	ja	Fluss-WKA mit FAA (Schlitzpass)	0	30,8	30,00	0,97	0,60	0,03	1,00	0,6	0,6	0,36	0,36	0,00	0,00
S29	Jägersdorfer Wehr	ja	Wehr mit alter unpassierbarer FAA	1	30,7	50,00	1,63	4,55	0,15	0,90	0,975	0,975	0,86	0,86	0,00	0,00
S30	Kahlaer Wehr	ja alt stillg.	kurzer Mühlgraben mit WKA mit FAA (Schlitzpass)	1	30,0	4,55	0,54	16,05	0,54	0,46	0,975	0,85	0,38	0,38	0,00	0,00
S31	Uhlstädtler Wehr	ja	Mühlgraben mit WKA, keine FAA	1	29,4	-	-	-	-	1,00	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
S32	Volkstädter Rampe	nein	alter Mühlgraben mit WKA ohne Nutzung, keine FAA	1	27,0	28,00	1,04	0,60	0,02	1,00	0,975	0	0,00	0,00	0,00	0,00
S33	Schischwelle Unterprielip	nein	Fluss-WKA mit FAA (Raugeninneckenpass)	1	25,7	-	-	-	-	0,90	1	0,6	0,54	0,54	0,00	0,00
S34	Unterprielip Wehr	ja	alter Mühlgraben ohne Nutzung	1	22,4	-	-	-	-	0,10	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
S35	Görtzmühlenwehr	nein	Raue Rampe ohne FAA	0	22,4	-	-	-	-	1,00	1	1	1,00	1,00	0,00	0,00
S36	Mittelmühlenwehr, Zeisswehr	nein	nicht mehr vorhanden	0	21,9	5,00	0,23	5,40	0,25	1,00	1	0,975	0,99	0,99	0,00	0,00
S37	Saalefelder Teilwehr	nein	Furth aus Beton flussabwärts	1	36,00	-	-	-	-	0,25	0,975	0,85	0,20	0,20	0,00	0,00
S38	Obernitzer Wehr	ja	Wehr, 3 m/s Mindestwasser, mit WKA und FAA (RGBP)	1	20,9	-	-	1,00	0,05	1,00	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
S39	Reschitzer Wehr	ja	Mühlgraben mit WKA, keine FAA	1	19,8	-	-	-	-	0,80	1	0,6	0,60	0,60	0,00	0,00
S40	Fischersdorfer Wehr	nein	Ausleitungsgraben Durchgängigkeit lt. Hr. Neff gegeben	1	18,6	-	-	2,00	0,11	0,29	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
			Wehr mit alter unpassierbarer FAA	1	13,25	0,71	0,71	2,00	0,11	0,27	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
			Mühlgraben mit WKA, keine FAA	1	17,9	13,00	0,73	2,00	0,11	0,73	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
			geschütztes Wehr, rekonstruierte FAA, Mühlgraben mit WKA, keine FAA	1	16,6	-	-	-	-	1,00	1	1	1,00	1,00	0,00	0,00
			Wehr rückgebaut	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Startwert 0,57

(Annahme bei Optimierung aller unterhalb liegender Bauwerke in Saale bis zum Meer)

**Anhang 7: kumulative Standortbewertung des Plan-Zustandes bzgl.
Fischaufstieg für mittlere Saale, in Version mit untere Loquitz und
untere Schwarza**

Jeweils 2 Varianten

Tabelle 68: kumulierte Aufstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 1

Kurz- bez.	BEZEICHNUNG	WKA- Sandort	Wandweg	Maßnahme	Ausleitung nein/0, ja=1	MQ Stand-ort	Q _a	Q/ MQ	ResQ: Q _{Grund} bzw. Rest-WKA	ResQ/ MQ	Aufstiegs- rate (großräumig)	Auffindbar- keits-rate (kleinräumig)	Passierbar- keits-rate Quers. FAA oder QBW	Aufstiegs-rate Qu/Weg	Aufstiegs-rate Qu/Weg	Erreichbarkeits-rate Areal aus Saale	Erreich- barkeits-rate Areal aus Meer*
S22	Camburger Wehr	ja	Wehr keine FAA; WKA Auslauf	Schlitzpass	1	31,2	6,00	0,19	6,00	0,19	0,85	0,975	0,975	0,81	0,81	0,81	0,46
S23	Döblicher Wehr	ja	Mühlgraben mit WKA, keine FAA	Einschwimmgerinne	1	31,2	18,00	0,58	1,80	0,06	0,15	0	0	0,00	0,00	0,73	0,42
S24	Döndorfer Wehr	ja	Wehr mit FAA (Borstenfischpass)	Wartung der Borsten	1	31,2	20,00	0,64	1,80	0,06	0,36	0,975	0,85	0,30	0,31	0,73	0,42
S25	Döndorfer Wehr	ja	WKA mit FAA (Schlitzpass)	geringfügige Optimierung Spaltmaß	1	31,2	20,00	0,64	1,80	0,06	0,36	0,975	0,85	0,30	0,31	0,73	0,42
S26	Paradieswehr	ja	Wehr mit unpassierbarem Raugerinnebeckenpass	Schlitzpass Rest-WKA	1	31,1	6,00	0,19	6,00	0,19	0,16	0,975	0,975	0,16	0,16	0,70	0,40
S27	Resenmühlenwehr	ja	Mühlgraben mit WKA mit FAA (Schlitzpass)	Schlitzpass	1	31,1	26,00	0,84	2,60	0,08	0,84	0,975	0,975	0,79	0,79	0,66	0,38
S28	Burgauer Wehr	ja	Wehr keine FAA	Schlitzpass oder Umgehungsgerinne	1	31,0	23,40	0,76	3,00	0,10	0,24	0,975	0,975	0,72	0,72	0,66	0,38
S29	Jägersdorfer Wehr	ja	Mühlgraben mit WKA, keine FAA	Geplante FAA; Schlitzpass	1	30,9	30,00	0,97	1,00	0,03	1,00	0,975	0,975	0,95	0,95	0,66	0,36
S30	Kahlaer Wehr	ja	Fluss-WKA mit FAA (Schlitzpass)	Schlitzpass; Schlitzpass d. Spandwände	0	30,8	30,00	0,97	0,60	0,03	1,00	0,975	0,975	0,95	0,95	0,63	0,34
S31	Uhlstädtler Wehr	ja	Wehr mit alter unpassierbarer FAA	Schlitzpass; Schlitzpass d. Spandwände	1	30,7	50,00	1,63	1,00	0,03	0,10	0,975	0,975	0,10	0,10	0,60	0,32
S32	Volksstädter Rampe	nein	kurzer Mühlgraben mit WKA mit FAA (Schlitzpass)	optimierung der Lockströmung	1	30,0	16,05	0,54	4,55	0,15	0,46	0,975	0,975	0,85	0,85	0,54	0,29
S33	Schischwelle Unterpfeilp	nein	Wehr mit WKA und FAA (Raugerinnebeckenpass)	Schlitzpass	1	29,4	-	-	-	-	0,54	0,975	0,975	0,51	0,51	0,51	0,28
S34	Unterpfeilp Wehr	ja	Wehr keine FAA	groß dimensionierte Rampe	1	27,0	28,00	1,04	0,60	0,02	1,00	0,975	0,975	0,95	0,95	0,48	0,26
S35	Görzsmühlenwehr	nein	Fluss-WKA mit FAA (Raugerinnebeckenpass)	Schlitzpass	0	27,0	28,00	1,04	0,60	0,02	1,00	0,975	0,975	0,95	0,95	0,48	0,26
S36	Mittelmühlenwehr; Zeisswehr	nein	alter Mühlgraben mit WKA ohne Nutzung	Raugerinne in Regelbauweise ergänzen ggfs. Borstenlemente in Bodspasse	1	25,7	-	-	-	-	0,90	1	0,975	0,83	0,98	0,47	0,26
S37	Skalkfelder Teillewehr	nein	Raue Rampe ohne FAA	Raugerinne in Regelbauweise ergänzen ggfs. Borstenlemente in Bodspasse	1	22,4	-	-	-	-	1,00	1	0,975	0,40	1,00	0,47	0,26
S38	Obernitzler Wehr	ja	Mühlgraben, keine WKA mit undurchf. Querbauwerk	Furh entfernen	0	22,4	-	-	-	-	1,00	1	1	1,00	1,00	0,47	0,26
S39	Reschitzer Wehr	ja	Furh aus Beton flussabwärts	Durchstich ins Mutterbett	1	21,9	5,00	0,23	5,40	0,25	0,25	0,975	0,85	0,20	0,20	0,39	0,21
S40	Fischersdorfer Wehr	nein	Mühlgraben mit WKA, keine FAA	geplante Sohlgüte Var. Ia	1	20,9	36,00	1,64	1,00	0,03	0,75	0,975	0	0,62	0,62	0,39	0,21
S41		nein	Wehr, keine FAA	Raugerinne in Regelbauweise ergänzen ggfs. Borstenlemente in Bodspasse	1	20,9	-	-	1,00	-	1,00	0	0	0,00	0,00	0,38	0,21
S42		nein	alter Mühlgraben mit WKA ohne Nutzung; keine FAA	Raugerinne in Regelbauweise ergänzen ggfs. Borstenlemente in Bodspasse	1	20,9	-	-	1,00	-	1,00	0	0	0,00	0,00	0,38	0,21
S43		nein	Raue Rampe mit FAA (Raugerinnebeckenpass)	Raugerinne in Regelbauweise ergänzen ggfs. Borstenlemente in Bodspasse	0	20,3	-	-	-	-	1,00	1	0,975	0,83	0,98	0,37	0,20
S44		nein	Raue Rampe ohne FAA	Raugerinne in Regelbauweise ergänzen ggfs. Borstenlemente in Bodspasse	1	19,8	-	-	-	-	0,80	1	0,975	0,78	0,98	0,36	0,20
S45		ja	Ausleitungsgraben Durchgängigkeit lt. Neff gegeben	Schlitzpass oder Umgehungsgerinne	1	18,6	-	-	2,00	0,11	0,20	0,975	1	0,20	0,20	0,31	0,17
S46		ja	Wehr, mit alter unpassierbarer FAA	Einschwimmgerinne	1	18,6	-	-	2,00	0,11	0,20	0,975	0	0,00	0,00	0,31	0,17
S47		ja	Mühlgraben mit WKA, keine FAA	Schlitzpass oder Umgehungsgerinne	1	17,9	13,25	0,71	2,00	0,11	0,27	0,975	0,975	0,26	0,26	0,30	0,16
S48		ja	geschütztes Wehr, rekonstruierte FAA	Raugerinne oder Umgehungsgerinne	1	17,9	13,00	0,73	2,00	0,11	0,27	0,975	0,975	0,26	0,26	0,30	0,16
S49		ja	Mühlgraben mit WKA, keine FAA	Schlitzpass	1	16,6	-	-	-	-	1,00	1	0,975	0,69	1,00	0,30	0,16
S50		nein	Wehr rückgebaut	Schlitzpass	0	16,6	-	-	-	-	1,00	1	1	1,00	1,00	0,30	0,16

*Startwert 0,57
(Annahme bei Optimierung aller unterhalb liegender Bauwerke in Saale bis zum Meer)

Tabelle 69: kumulierte Aufstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 2

Kurz- bez.	BEZEICHNUNG	WKA- Standort	Wanderweg	Maßnahme	Ausleitung nein=0, ja=1	MQ Stand- ort	Q _A	ResQ : Q _{ind} bzw. /MQ ResQ	Aufstiegs- rate q _{ind} (großräumig)	Aufstiegs- rate q _{ind} (kleinräumig)	Passierbarkeits- rate q _{ind} FAA oder QBW	Aufstiegs- rate q _{ind} Weg Q _{ind} Standard	Erreichbarkeits- rate Areal aus Saale	Erreichbarkeits- rate Areal aus Meer*
S22	Cambringer Wehr	ja	Wehr keine FAA, WKA Auslauf Müllgraben mit WKA, keine FAA	Schützpass Schützpass	1	31,2	6,00	0,19	6,00	0,19	0,42	0,95	0,95	0,54
S23	Döbritzer Wehr	ja	Wehr mit FAA (Borstenschiffpass) WKA mit FAA (Schützpass)	Wartung der Borsten genüßliche Optimierung Spaltmaß	1	31,2	18,00	0,58	1,80	0,06	0,36	0,95	0,95	0,49
S24	Dornsdorfer Wehr	ja	Wehr mit unpassierbarem Raugerinnebeckenpass Müllgraben mit WKA mit FAA (Schützpass)	Schützpass Rest-WKA	1	31,2	6,00	0,19	6,00	0,19	0,64	0,95	0,95	0,46
S25	Porstendorfer Wehr	ja	Wehr keine FAA, WKA, keine FAA Müllgraben mit WKA mit FAA (Schützpass)	Schützpass oder Umgehungsgerinne Gefälle-WKA-Schützpass	1	31,1	23,00	0,64	3,00	0,10	0,34	0,95	0,95	0,43
S26	Paradieswehr	ja	Fluss-WKA mit WKA (Schützpass)	Schützpass: Schützen & Spundwände	0	30,9	30,00	0,97	1,00	0,03	1,00	0,95	0,95	0,39
S27	Raunmühlenwehr	ja	Fluss-WKA mit FAA (Schützpass)	Schützpass: Schützen & Spundwände	0	30,8	30,00	0,97	0,60	0,03	1,00	0,95	0,95	0,36
S28	Burgauer Wehr	ja	Wehr mit alter unpassierbarer FAA kurzer Müllgraben mit WKA mit FAA (Schützpass)	Schützpass Optimierung der Lockströmung	1	30,7	50,00	1,63	1,00	0,03	0,90	0,95	0,95	0,34
S29	Jägersdorfer Wehr	ja	Müllgraben mit WKA und FAA (Raugerinnebeckenpass)	Schützpass	1	30,0	16,05	0,54	4,55	0,15	0,54	0,95	0,95	0,30
S30	Kahlaer Wehr	ja alt stillg.	Wehr keine FAA alter Müllgraben mit WKA, keine FAA	Schützpass groß dimensionierte Rampe	1	29,4	-	-	1,00	0,00	0,54	0,95	0,95	0,29
S31	Uhlstädtter Wehr	ja	Fluss-WKA mit FAA (Raugerinnebeckenpass) alter Müllgraben ohne Nutzung	Schützpass	0	27,0	28,00	1,04	0,60	0,02	0,95	0,95	0,95	0,27
S32	Völkssäcker Rampe	nein	Raue Rampe ohne FAA Müllgraben, keine WKA mit undurchlässigem Querbauwerk	Raugerinne in Riegelbauweise ergänzen	1	25,7	-	-	1,00	0,00	0,95	0,95	0,95	0,27
S33	Sohlschwelle Unterprielpp	nein	nicht mehr vorhanden		0	22,4	-	-	1,00	0,10	0,95	0,95	0,95	0,27
S34	Unterprielpp Wehr	ja	Furth aus Beton flussabwärts Müllgraben mit WKA und FAA (Raugerinnebeckenpass)	Furth entfernen	0	22,4	-	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,27
S35	Görlitzmühlenwehr	nein	Wehr, keine FAA alter Müllgraben mit WKA, keine FAA	Schützpass gerillte Sohlgleite Var. Ia	1	21,9	5,00	0,23	5,40	0,25	0,75	0,95	0,95	0,24
S36	Mittelmühlenwehr, Zeisswehr	nein	Raue Rampe mit FAA ohne Nutzung, keine FAA alter Müllgraben mit WKA, keine FAA	Raugerinne in Riegelbauweise ergänzen	1	20,9	-	-	1,00	0,00	0,95	0,95	0,95	0,24
S37	Saalefelder Teilwehr	nein	Raue Rampe mit FAA (Raugerinnebeckenpass) Ausleitungsgraben Durchlässigkeit lt. Neff prüfen	Raugerinne in Riegelbauweise ergänzen	0	20,3	-	-	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	0,23
S38	Obernitzter Wehr	ja	Wehr, mit alter unpassierbarer FAA geschüttetes Wehr, rekonstruierte FAA	Schützpass oder Umgehungsgerinne Einschwimmrampe	1	18,6	-	-	0,80	0,20	1,00	0,95	0,95	0,22
S39	Reschwiizer Wehr	ja	Müllgraben mit WKA, keine FAA Müllgraben mit WKA, keine FAA	Sohlgleite oder Raugerinnebeckenpass Schützpass	1	17,9	13,25	0,71	2,00	0,11	0,95	0,95	0,95	0,19
S40	Fischersdorfer Wehr	nein	Wehr rückgebaut		0	16,6	-	-	0,73	1,00	1,00	1,00	1,00	0,18

(Annahme bei Optimierung aller unterhalb liegender Bauwerke in Saale bis zum Meer)

Tabelle 70: kumulierte Aufstiegsraten, mittlere Thür. Saale inkl. untere Loquitz, Plan-Zustand 1

Kurz- Bez.	BEZEICHNUNG	WKA- Standort	Wandweg	Maßnahme	Aus- leitung nein=0, ja=1	MQ Stand-ort	Q _A	Q _A / MQ	Auffindba- rkeits-rate Q _{find,gr} (großrau)	Auffind- barkeits-rate Q _{find,kl} (kleinräumig)	Passierbarkeits- rate Q _{pass} FAA oder Q _{BW}	Aufstiegs- rate Q _{Auf, Weg}	Aufstiegs- rate Q _{Auf, Standort}	Erreich- barkeitsrate Areal aus Saale	Erreich- barkeitsrate Areal aus Meer*
S22	Carburger Wehr	ja	Wehr keine FAA, WKA Auslauf Mühlgraben mit WKA, keine FAA	Schlitzzpass Einschwimmsperre	1	31,2	6,00	0,19	0,85	0,975	0,975	0,81	0,81	0,81	0,46
S23	Döbritscher Wehr	ja	Wehr mit FAA (Borstenfischpass) WKA mit FAA (Schlitzzpass)	Wartung der Borsten gezielte Optimierung Spaltmaß	1	31,2	20,00	0,64	0,36	0,975	0,85	0,30	0,91	0,73	0,42
S24	Dorndorfer Wehr	ja	Wehr mit unpassierbaren Raugerinnebeckenpass Mühlgraben mit WKA mit FAA (Schlitzzpass)	Schlitzzpass Rest-WKA	1	31,1	6,00	0,84	0,16	0,975	0,975	0,16	0,95	0,70	0,40
S25	Porstendorfer Wehr	ja	Wehr keine FAA Mühlgraben mit WKA, keine FAA	Schlitzzpass oder Umgehungsgerinne	1	31,0	23,40	0,76	0,24	0,975	0,975	0,23	0,95	0,66	0,38
S26	Paradieswehr	ja	Fluss-WKA mit FAA (Schlitzzpass)	Gepänte FAA, Schlitzzpass	1	30,9	30,00	0,97	0,76	0,975	0,975	0,72	0,95	0,66	0,36
S27	Rasemühlenwehr	ja	Fluss-WKA mit FAA (Schlitzzpass)	Schlitzzpass; Schlitzen d. Spundwände	0	30,8	30,00	0,97	1,00	0,975	0,975	0,95	0,95	0,63	0,34
S28	Burgauer Wehr	ja	Wehr, mit alter unpassierbarer FAA kurzer Mühlgraben mit WKA mit FAA (Schlitzzpass)	Schlitzzpass optimierung der Lockströmung	1	30,7	50,00	1,63	0,90	0,975	0,975	0,86	0,95	0,60	0,32
S29	Jägersdorfer Wehr	ja	Wehr mit WKA und FAA (Raugerinnebeckenpass) Mühlgraben mit WKA, keine FAA	Schlitzzpass	1	30,0	16,06	0,54	0,46	0,975	0,85	0,38	0,89	0,54	0,29
S30	Kahlaer Wehr	ja alt stillig.	Wehr keine FAA alter Mühlgraben mit WKA, keine FAA	Schlitzzpass groß dimensionierte Rampe	1	29,4	-	-	0,54	0,975	0,975	0,51	0,95	0,51	0,28
S31	Uhlstädtter Wehr	ja	Fluss-WKA mit FAA (Raugerinnebeckenpass) alter Mühlgraben ohne Nutzung	Schlitzzpass	0	27,0	28,00	1,04	1,00	0,975	0,975	0,95	0,95	0,48	0,26
S32	Volksstädter Rampe	nein	Raue Rampe ohne FAA	Raugerinne in Riegelbauweise ergänzen ggfls. Borstenelemente in Bootsgasse	1	25,7	-	-	0,90	1	0,975	0,88	0,98	0,47	0,26
S33	Solischwele Unterprielpp	nein	Mühlgraben, keine WKA mit undurchg. Querbauwerk nicht mehr vorhanden	Furth entfernen	1	22,4	-	-	1,00	1	0,975	0,10	1,00	0,47	0,26
S34	Furth aus Beton flussabwärts	ja	Furth aus Beton flussabwärts	Furth entfernen	0	22,4	-	-	1,00	1	1	1,00	1,00	0,47	0,26
S35	Unterprielpp Wehr	ja	Wehr mit WKA und FAA (Raugerinnebeckenpass) Mühlgraben mit WKA, keine FAA	Durchstich ins Mutterbett geplante Sohlgelände Var. Ia	1	21,9	5,00	0,25	0,25	0,975	0,85	0,21	0,83	0,39	0,21
S36	Göritz-Mühlenwehr, Zeisswehr	nein	Wehr, keine FAA alter Mühlgraben mit WKA, keine FAA	geplante Sohlgelände Var. Ia	1	20,9	36,00	1,64	1,00	1	0,975	0,62	0,98	0,38	0,21
S37	Saalefelder Teillewehr	nein	Raue Rampe mit FAA (Raugerinnebeckenpass) Raue Rampe ohne FAA	Raugerinne in Riegelbauweise ergänzen ggfls. Borstenelemente in Bootsgasse	0	20,3	-	-	1,00	1	0,975	0,98	0,98	0,37	0,20
S38	Obernitzer Wehr	ja	Ausleitungsgraben Durchlaufplatz lt. Neff gegeben Wehr, mit alter unpassierbarer FAA	Raugerinne in Riegelbauweise ergänzen ggfls. Borstenelemente in Bootsgasse	1	19,8	-	-	0,80	1	0,975	0,78	0,98	0,36	0,20
S39	Reschitzer Wehr	ja	Wehr, mit alter unpassierbarer FAA Mühlgraben mit WKA, keine FAA	Schlitzzpass oder Umgehungsgerinne	1	18,6	13,25	0,71	0,90	0,975	0,975	0,96	0,86	0,31	0,17
S40	Fischersdorfer Wehr	nein	geschüttetes Wehr, rekonstruierte FAA, Mühlgraben mit WKA, keine FAA	Einschwimmsperre	1	17,9	13,00	0,73	0,27	0,975	0,975	0,26	0,95	0,30	0,16
Loquitz Wehr Eicht		ja	Wehr rückgebaut	Schlitzzpass	0	16,6	-	-	1,00	1	1	1,00	1,00	0,30	0,16
					1	3,8?	?	?	0,10	0,975	0,975	0,95	0,95	0,28	0,15

*Startwert 0,57

(Annahme bei Optimierung aller unterhalb liegender Bauwerke in Saale bis zum Meer)

Tabelle 71: kumulierte Aufstiegsraten, mittlere Thür. Saale inkl. untere Loquitz, Plan-Zustand 2

Kurz-bez.	BEZEICHNUNG	WKA-Standort	Wanderweg	Maßnahme	Aus-leitung nein=0, ja=1	MQ Stand-ort	Q _A	Q _I / MQ	ResQ : Q _{min} bzw. Res.- MQ	Aufstiegs- rate Q _{Auf} /Weg	Aufstiegs- rate Q _{Auf} /Standort	Erreich- barkeitsrate Areal aus Saale	Erreich- barkeitsrate Areal aus Meer*
S22	Cambrurger Wehr	ja	Wehr keine FAA, WKA Auslauf Mühlgraben mit WKA, keine FAA	Schlittpass Schlittpass	1	31,2	6,00	0,19	6,00	0,19	0,40	0,95	0,54
S23	Dobritscher Wehr	ja	Wehr mit FAA (Borstentischpass) WKA mit FAA (Schlittpass)	Wartung der Borsten geringfügige Optimierung Spaltmaß	1	31,2	18,00	0,58	1,80	0,06	0,55	0,91	0,49
S24	Domdorfer Wehr	ja	Wehr mit unpassierbarem Raugerinnebeckenpass Mühlgraben mit WKA mit FAA (Schlittpass)	Schlittpass Rest-WKA	1	31,1	6,00	0,19	6,00	0,19	0,14	0,93	0,46
S25	Postendorfer Wehr	ja	Wehr keine FAA Mühlgraben mit WKA, keine FAA	Schlittpass oder Umgehungsgerinne	1	31,0	23,40	0,76	3,00	0,10	0,23	0,95	0,43
S26	Paradeswehr	ja	Fluss-WKA mit FAA (Schlittpass)	Gepolte FAA Schlittpass	1	30,9	30,00	0,97	1,00	0,03	0,72	0,90	0,39
S27	Rasemühlenwehr	ja	Fluss-WKA mit FAA (Schlittpass)	Schlittpass; Schlitzen d. Spundwände	0	30,8	30,00	0,97	0,60	0,10	0,95	0,90	0,35
S28	Burgauer Wehr	ja	Wehr, mit alter unpassierbarer FAA kurzer Mühlgraben mit WKA mit FAA (Schlittpass)	Schlittpass; Optimierung der Lockströmung	1	30,7	50,00	1,63	1,00	0,03	0,62	0,95	0,34
S29	Jägersdorfer Wehr	ja	Wehr mit WKA und FAA (Raugerinnebeckenpass) Mühlgraben mit WKA, keine FAA	Schlittpass	1	30,0	16,05	0,54	4,55	0,15	0,38	0,89	0,30
S30	Kaltauer Wehr	ja alt stillg.	Wehr keine FAA alter Mühlgraben mit WKA ohne Nutzung, keine FAA	Schlittpass groß dimensionierte Rampe	1	29,4	-	-	-	1,00	0,51	0,95	0,29
S31	Uhlstädtter Wehr	ja	Fluss-WKA mit FAA (Raugerinnebeckenpass) alter Mühlgraben ohne Nutzung	Schlittpass	0	27,0	28,00	1,04	0,60	0,02	0,95	0,90	0,27
S32	Volksstädter Rampe	nein	Raue Rampe ohne FAA Mühlgraben, keine WKA mit undurchgängigem Querbauwerk	Raugerinne in Riegelbauweise ergänzen ggfs. Borstenteile in Bodengasse	1	25,7	-	-	-	0,90	0,88	0,98	0,27
S33	Schischwele Unterpelopp	nein	Furth aus Beton flussabwärts	Furth entfernen	0	22,4	-	-	-	1,00	0,10	1,00	0,27
S34	Unterpelopp Wehr	ja	Wehr mit WKA und FAA (Raugerinnebeckenpass) Mühlgraben mit WKA, keine FAA	Schlittpass	1	21,9	5,00	0,23	5,40	0,25	0,20	0,92	0,24
S35	Görzsmühlenwehr	nein	Wehr, keine FAA alter Mühlgraben mit WKA ohne Nutzung, keine FAA	geplante Sohlgleite Var. Ia	1	20,9	-	-	1,00	0,75	0,93	0,98	0,24
S36	Mittelmühlenwehr, Zeisswehr	nein	Raue Rampe mit FAA (Raugerinnebeckenpass)	Raugerinne in Riegelbauweise ergänzen ggfs. Borstenteile in Bodengasse	0	20,3	-	-	-	1,00	0,98	0,95	0,23
S37	Saalefelder Teilewehr	nein	Raue Rampe ohne FAA Ausleierungsgraben Durchgängigkeit lt. Neff gegeben	Raugerinne in Riegelbauweise ergänzen ggfs. Borstenteile in Bodengasse	1	19,8	-	-	-	0,80	0,78	0,98	0,22
S38	Obernitzer Wehr	ja	Wehr mit alter unpassierbarer FAA Mühlgraben mit WKA, keine FAA	Schlittpass oder Umgehungsgerinne Einschwamm Sperre	1	18,6	13,25	0,71	2,00	0,11	0,20	0,86	0,19
S39	Reschitzer Wehr	ja	geschältes Wehr, einmodellierte FAA, Mühlgraben mit WKA, keine FAA	Sohlgleite oder Raugerinnebeckenpass	1	17,9	13,00	0,73	2,00	0,11	0,00	0,95	0,18
S40	Fischersdorfer Wehr	nein	Wehr rückgebaut	Schlittpass	0	16,6	-	-	-	1,00	1,00	1,00	0,33
Loquitz Wehr Elchicht		ja			1	3,8	?	?	-	0,10	0,95	0,32	0,17

*Startwert 0,57

(Annahme bei Optimierung aller unterhalb legendärer Bauwerke in Saale bis zum Meer)

Tabelle 72: kumulierte Aufstiegsraten, mittlere Thür. Saale inkl. untere Schwarza, Plan-Zust. 1

Kurz-bez.	BEZEICHNUNG	WKA-Standort	Wandweg	Maßnahme	Aus-leitung nein=0, ja=1	MQ Stand-ort	Q _A	Q _A / MQ	ResQ: Q _{mind} bzw. Res- WKA	ResQ: MQ	Auffind- barkeits- rate Q _{mind} or (groß)ä	Auffind- barkeitsrate (Kleinräumig) Q _{pass} FAA oder QBW	Aufstiegs- rate Q _{Auf/Weg}	Aufstiegs- rate Q _{Auf/Standort}	Erreich- barkeits- rate Areal aus Saale	Erreich- barkeits- rate Areal aus Meer ¹
S22	Cambrurger Wehr	ja	Wehr keine FAA; WKA Auslauf Mühlgraben mit WKA, keine FAA	Schlitzpass Einschwimmsperre	1	31,2	6,00	0,19	6,00	0,19	0,85	0,975	0,81	0,81	0,81	0,46
S23	Döbritscher Wehr	ja	Wehr mit FAA (Borstentischpass) WKA mit FAA (Schlitzpass)	Wanung der Borsten verengende Opasierung Spaltmaß	1	31,2	18,00	0,58	1,80	0,06	0,36	0,975	0,30	0,30	0,73	0,42
S24	Domdorfer Wehr	ja	Wehr mit FAA (Schlitzpass) Mühlgraben mit WKA mit FAA (Schlitzpass)	Schlitzpass Rest-WKA	1	31,1	6,00	0,19	6,00	0,19	0,16	0,975	0,61	0,61	0,70	0,40
S25	Pörsendorfer Wehr	ja	Wehr keine FAA Mühlgraben mit WKA, keine FAA	Schlitzpass oder Umgehungsgerinne	1	31,0	23,40	0,76	3,00	0,10	0,24	0,975	0,16	0,16	0,66	0,38
S26	Paradieswehr	ja	Fluss-WKA mit FAA (Schlitzpass)	Gedante FAA, Schlitzpass	0	30,9	30,00	0,97	1,00	0,03	1,00	0,975	0,23	0,23	0,66	0,36
S27	Rasenmühlwehr	ja	Fluss-WKA mit FAA (Schlitzpass)	Schlitzpass; Schlitz d. Sturzwände	0	30,8	30,00	0,97	0,60	1,00	1,00	0,975	0,95	0,95	0,63	0,34
S28	Burgauer Wehr	ja	Wehr mit alter unpassierbarer FAA kurzer Mühlgraben mit WKA mit FAA (Schlitzpass)	Schlitzpass	1	30,7	50,00	1,63	1,00	0,03	0,10	0,975	0,10	0,10	0,60	0,32
S29	Jägersdorfer Wehr	ja	Wehr mit WKA und FAA (Raugerinnebeckenpass) Mühlgraben mit WKA; keine FAA	optimierung der Lockströmung	1	30,0	16,05	0,54	4,55	0,15	0,46	0,975	0,86	0,86	0,54	0,29
S30	Kallaer Wehr	ja alt stillg.	Wehr keine FAA alter Mühlgraben mit WKA ohne Nutzung, keine FAA	Schlitzpass groß dimensionierte Rampe	1	29,4	-	-	-	-	0,54	0,975	0,51	0,51	0,51	0,28
S31	Uhlstädter Wehr	ja	Fluss-WKA mit FAA (Raugerinnebeckenpass) alter Mühlgraben ohne Nutzung	Schlitzpass	0	27,0	28,00	1,04	0,60	0,02	1,00	0,975	0,95	0,95	0,48	0,26
S32	Volksstädter Rampe	nein	Raue Rampe ohne FAA	Raugerinne in Regelbauweise ergänzen ggfs. Bostenlemente in Bootsgasse	1	25,7	-	-	-	-	0,90	0,975	0,88	0,88	0,47	0,26
S33	Sohltschwele Unterpelpp	nein	Mühlgraben, keine WKA mit undurchg. Querbauwerk nicht mehr vorhanden	Furth entfernen	1	22,4	-	-	-	-	1,00	0,975	0,10	1,00	0,47	0,25
S34	Furth aus Beton flussabwärts	ja	Wehr mit WKA und FAA (Raugerinnebeckenpass) Mühlgraben mit WKA, keine FAA	Furth aus Beton flussabwärts Mühlgraben mit WKA, keine FAA	1	21,9	5,00	0,23	5,40	0,25	0,25	0,975	0,20	0,20	0,39	0,21
Schwarza 1	Nestler Mühle	ja	WKA, keine FAA	Durchstich ins Mutterbett	1	4,7	-	-	-	-	0,90	0,975	0,56	0,56	0,37	0,20
Schwarza 2	Schlauchwehr 2 und 3 für Industriewasser	nein	2 Wehre hintereinander	gedante Schlitze	1	4,7	-	-	-	-	1,00	1	0,10	1,00	0,37	0,20
Schwarza 3	Schwele 4	nein	Schwele	gedante Schlitze	0	4,7	-	-	-	-	1,00	1	1,00	1,00	0,37	0,20
Schwarza 4	Absturz 5	nein	Absturz	gedante Schlitze	0	4,7	-	-	-	-	1,00	1	1,00	1,00	0,37	0,20
Schwarza 5	Absturz 6	nein	Absturz	gedante Schlitze	0	4,7	-	-	-	-	1,00	1	1,00	1,00	0,37	0,20
Schwarza 6	Absturz 7	nein	Absturz	gedante Schlitze	0	4,7	-	-	-	-	1,00	1	1,00	1,00	0,37	0,20
Schwarza 7	Crysopaswehr	nein	Wehr alter Mühlgraben ohne Nutzung, Durchgängigkeit?	gedante Schlitze	1	4,7	-	-	-	-	0,90	0,975	0,88	0,88	0,37	0,20

¹Startwert 0,57
(Annahme bei Optimierung aller unterhalb liegender Bauwerke in Saale bis zum Meer)

Tabelle 73: kumulierte Aufstiegsraten, mittlere Thür. Saale inkl. untere Schwarza, Plan-Zust. 2

Kurz-bez.	BEZEICHNUNG	WKA-Standort	Wanderweg	Maßnahme	Aus-leitung nein=0, ja=1	MQ Stand-ort	Q _a	Q _a / MQ	RestQ: Q _{min} bzw. Rest- WKA	RestQ/ MQ	Aufstiegs- rate q _{min} (großräumig)	Aufstiegs- rate q _{min} (kleinräumig)	Passier- barkeits- rate FAA oder QBW	Aufstiegs- rate Q _a /MQ	Aufstiegs- rate Q _a /WKA	Ereich- barkeits- rate Areal aus Saale	Ereich- barkeits- rate Areal aus Meer*
S22	Camburger Wehr	ja	Wehr keine FAA; WKA Auslauf Mühlgraben mit WKA, keine FAA	Schlittpass <u>Schlittpass</u>	1	31,2	6,00	0,19	6,00	0,19	0,42	0,975	0,975	0,40	0,95	0,95	0,54
S23	Döbrischer Wehr	ja	Wehr mit FAA (Borstenschlup)	Wartung der Borsten gezielte Optimierung Spaltmaß	1	31,2	20,00	0,64	1,80	0,06	0,36	0,975	0,85	0,30	0,91	0,86	0,49
S24	Dorndorfer Wehr	ja	Wehr mit unpassierbarem Raugrinnebeckenpass	Schlittpass Rest-WKA	1	31,1	6,00	0,19	6,00	0,19	0,16	0,85	0,975	0,14	0,93	0,80	0,46
S25	Porstendorfer Wehr	ja	Wehr keine FAA Mühlgraben mit WKA, keine FAA	Schlittpass oder Umgehungsgrinne Geplante FAA Schlittpass	1	31,0	23,40	0,76	3,00	0,10	0,24	0,975	0,975	0,23	0,95	0,76	0,43
S26	Paradieswehr	ja	Fluss-WKA mit FAA (Schlittpass)	Schlittpass; Schlitzen d. Spundwände	0	30,9	30,00	0,97	1,00	0,03	1,00	0,975	0,975	0,95	0,90	0,72	0,39
S27	Rasenmühlwehr	ja	Fluss-WKA mit FAA (Schlittpass)	Schlittpass; Schlitzen d. Spundwände	0	30,8	30,00	0,97	0,60	0,03	1,00	0,975	0,975	0,95	0,90	0,66	0,35
S28	Burgauer Wehr	ja	Wehr, mit alter unpassierbarer FAA kurzer Mühlgraben mit WKA mit FAA (Schlittpass)	Schlittpass	1	30,7	50,00	1,63	1,00	0,03	0,90	0,975	0,975	0,86	0,95	0,62	0,34
S29	Jägersdorfer Wehr	ja	Wehr mit WKA und FAA (Raugrinnebeckenpass) Mühlgraben mit WKA, keine FAA	optimierung der Lockströmung	1	30,0	16,05	0,54	4,55	0,15	0,46	0,975	0,85	0,38	0,89	0,56	0,30
S30	Kahlaer Wehr	ja alt stillg.	Wehr keine FAA alter Mühlgraben mit WKA, keine FAA	Schlittpass groß dimensionierte Rampe	1	29,4	-	-	-	-	0,54	0,975	0,975	0,51	0,95	0,53	0,29
S31	Uhlstädt Wehr	ja	Fluss-WKA mit FAA (Raugrinnebeckenpass) alter Mühlgraben ohne Nutzung	Schlittpass	0	27,0	28,00	1,04	0,60	0,02	1,00	0,975	0,975	0,95	0,95	0,50	0,27
S32	Völkstädter Rampe	nein	Raue Rampe ohne FAA	Raugrinne in Regelbauweise ergänzen ggfls, Borstenelemente in Bordschleuse	1	25,7	-	-	-	-	0,90	1	0,975	0,88	0,88	0,49	0,27
S33	Schleuse Unterprellip	nein	Mühlgraben, keine WKA mit undurchgängigem Querbauwerk nicht mehr vorhanden		1	22,4	-	-	-	-	0,10	1	0,975	0,10	1,00	0,49	0,27
S34	Unterprellip Wehr	ja	Furth aus Beton flussabwärts Wehr mit WKA und FAA (Raugrinnebeckenpass)	Furth entfernen	0	22,4	-	-	5,40	0,25	1,00	1	1	1,00	1,00	0,49	0,27
Schwarza 1	Nester Mühle	ja	Mühlgraben mit WKA, keine FAA	<u>Schlittpass</u>	1	21,9	5,00	0,23	0,75	0,25	0,95	0,975	0,85	0,20	0,92	0,45	0,24
Schwarza 2	Schlauchwehr 2 und 3 für Industrieversor	ja	WKA keine FAA	FAA	1	4,7	36,00	1,64	-	-	0,90	0,975	0,975	0,86	0,96	0,43	0,23
Schwarza 3	Schwelle 4	nein	Wehr, keine FAA	geplante Sohlgleite	1	4,7	-	-	-	-	0,10	1	1	0,10	1,00	0,43	0,23
Schwarza 4	Abschurz 5	nein	2 Wehre hintereinander	geplante Sohlgleite	0	4,7	-	-	-	-	1,00	1	1	1,00	1,00	0,43	0,23
Schwarza 5	Abschurz 6	nein	Schwelle	geplante Sohlgleite	0	4,7	-	-	-	-	1,00	1	1	1,00	1,00	0,43	0,23
Schwarza 6	Abschurz 7	nein	Abschurz	geplante Sohlgleite	0	4,7	-	-	-	-	1,00	1	1	1,00	1,00	0,43	0,23
Schwarza 7	Cyspawehr	nein	Abschurz	geplante Sohlgleite	0	4,7	-	-	-	-	1,00	1	1	1,00	1,00	0,43	0,23
Schwarza 7	Cyspawehr	nein	Wehr alter Mühlgraben ohne Nutzung, Durchgängigkeit?	geplante Sohlgleite	1	4,7	-	0,00	-	-	0,90	1	1	0,90	1,00	0,43	0,23

*Startwert 0,57

(Annahme bei Optimierung aller unterhalb liegender Bauwerke in Saale bis zum Meer)

Anhang 8: kumulative Standortbewertung des Ist-Zustandes bzgl. Fischabstieg

Tabelle 74: kumulierte Abstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Ist-Zustand

Bemerkungen:

- Bewertung Aal (Abwanderung aus Aufwuchsgebiet der Barbenregion, Startwert 100 % oberhalb S39 = Abstiegsraten kumuliert)
- Bewertung Lachs (Abwanderung Lachssmolts aus Laichhabitaten, Startwert 100 % oberhalb S39 = Abstiegsraten kumuliert)
- die Erreichbarkeitsrate gibt an, wie viel Prozent der Fische die Saale in Sachsen-Anhalt vom jeweiligen Standort aus gesehen erreichen

Kurz-bez.	BEZEICHNUNG	WKA-Standort	Turbinenart	Stababstand Rechen	Bypass	MQ [m³/s]	QA [m³/s]	QA pro Turbine [m³/s]	Arächenwirksam [m²]	Vanström [m/s]	Lachs Überlebensrate Standort	Lachs Erreichbarkeitsrate ST	Lachs Abstiegsrate kumuliert	Aal Überlebensrate Standort	Aal Erreichbarkeitsrate ST	Aal Abstiegsrate kumuliert
S22	Camburger Wehr	ja	3 Francis-Turbinen	Turbine 1 nicht einsehbar 24-25 mm	nein	31,20	6,00	6,00	10	0,60	0,83	0,83	0,06	0,25	0,25	0,00
S23	Döbritscher Wehr	ja	2 Francis-Turbinen	22-28 mm	ja	31,20 31,20	20,00	10,00	45,44	0,44	0,82	0,68	0,08	0,82	0,20	0,00
S24	Dorndorfer Wehr	ja Rest-WKA geplant	2 Kaplan-Turbinen	20 mm	nein	31,10	26,00	13,00	64,6	0,40	0,78	0,53	0,09	0,42	0,08	0,00
S25	Porstendorfer Wehr	ja	3 Francis-Turbinen	35 - 70 mm	nein	31,00	23,40	7,80	32	0,73	0,84	0,44	0,12	0,26	0,02	0,00
S26	Paradieswehr	ja	2 Kaplan-Rohrturbinen	15 mm	nein	30,90	30,00	15,00	48,4	0,62	0,75	0,33	0,14	0,18	0,00	0,00
S27	Rasemühlenwehr	ja	2 Kaplan-Rohrturbinen	15 mm	nein	30,80	30,00	15,00	55,46	0,54	0,74	0,25	0,19	0,17	0,00	0,00
S28	Burgauer Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen	bei 30 mm	nein	30,70	50,00	16,67	69,42	0,72	0,79	0,19	0,26	0,40	0,00	0,00
S29	Jägersdorfer Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen Rest-WKA 1 Kaplan-Turbine	(PE-Aufsätze) 15 - 17 mm	ja ja	30,00	16,05 4,55	5,35 4,55	31,59 19,6	0,51 0,23	0,85	0,17	0,33	0,55	0,00	0,00
S30	Kahlaer Wehr	Potential vorhanden				29,40	22,05			max. 0,5	1,00	0,17	0,38	1,00	0,00	0,01
S31	Uhlstädter Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	20 - 22 mm	ja	27,00	28,00	14,00	45,6	0,61	0,81	0,14	0,38	0,34	0,00	0,01
S32	Volksstädter Rampe	Potential vorhanden				25,70	19,28			max. 0,5	1,00	0,14	0,47	1,00	0,00	0,02
S34	Unterpreilipper Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen Rest-WKA 1 Kaplan-Turbine	22 mm	nein	21,90	36,00	12,00	79,8	0,45	0,79	0,11	0,47	0,33	0,00	0,02
S35	Görztzmühlenwehr			20 mm		20,90	5,00	5,00	15,33	0,33						
S36	Mittelmühlenwehr; Zeisswehr	Potential vorhanden				20,30	15,68			max. 0,5	1,00	0,11	0,60	1,00	0,00	0,05
S37	Saalefelder Teilwehr	Potential vorhanden				19,80	14,85			max. 0,5	1,00	0,11	0,60	1,00	0,00	0,05
S38	Obernitzter Wehr	ja	2 Francis-Turbinen	35 mm	nein	18,60	13,25	6,63	22,7	0,58	0,74	0,08	0,60	0,19	0,00	0,05
S39	Reschwitzter Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	21 mm	nein	17,90	13,00	6,50	24,7	0,53	0,81	0,06	0,81	0,25	0,00	0,25

S26							
Paradiesweh	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine
Fluss-WKA	ohne	15 mm	> 0,5 m/s	1 m³/s		Kaplan	15 m³/s
Lachs							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	30,9	30	0,900	1	0,90	0,81	0,656
Bypass WKA	30,9	30	0,900	0			0,000
Wehr	30,9		0,100			0,975	0,098
							0,754
S27							
Rasenmühlenwehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine
Fluss-WKA	ohne	15 mm	> 0,5 m/s	0,6 m³/s Brauchwasser Schott		Kaplan	15 m³/s
Lachs							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	30,8	30	0,900	1	0,90	0,81	0,656
Bypass WKA	30,8	30	0,900	0			0,000
Wehr	30,8		0,100			0,85	0,085
							0,741
S28							
Burgauer Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine
Haupt-WKA	ohne	> 20 mm	> 0,5 m/s	1 m³/s		Kaplan	16,67 m³/s
Lachs							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	30,7	50	0,900	1	1,00	0,81	0,729
Bypass WKA	30,7	50	0,900	0			0,000
Wehr	30,7		0,100			0,6	0,060
							0,789
S29							
Jägersdorf	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine
Haupt-WKA	mit erheblichem Beeinträchtigung	20 mm	< 0,5 m/s	3,1 m³/s		Kaplan	5,35 m³/s
Rest-WKA	mit erheblichem Beeinträchtigung	15 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	4,55 m³/s
Lachs							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	30	16,05	0,535	0,69	1,00	0,8	0,295
Bypass WKA	30	16,05	0,535	0,31			0,166
Wehr	30		0,313			0,85	0,266
Rest-WKA	30	4,55	0,152	0,57	0,90	0,8	0,062
Bypass	30	4,55	0,152	0,43			0,065
							0,855
S30							
Aal							
	MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	30,9	30	0,900	1	0,25	0,38	0,086
Bypass WKA	30,9	30	0,900	0			0,000
Wehr	30,9		0,100			0,975	0,098
							0,183

S30																	
Kahlaer Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
ohne WKA				3,1 m³/s													
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
							0,000										
							0,000										
Wehr	29,4		1,000			1	1,000										
							1,000										
Aal																	
	MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
							0,000										
							0,000										
Wehr	29,4		1,000			1	1,000										
							1,000										
																	1,000
S31																	
Uhlstädter Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
Fluss-WKA	erheblich beeinträchtigt	20 mm	> 0,5 m/s	0,6 m³/s aller Mühlgraben durch den Ort		Kaplan	14 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	27	28	0,900	0,85	1,00	0,81	0,620										
Bypass WKA	27	28	0,900	0,15			0,135										
Wehr	27		0,100			0,6	0,060										
							0,815										
Aal																	
	MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	27	28	0,900	0,85	0,50	0,38	0,145										
Bypass WKA	27	28	0,900	0,15			0,135										
Wehr	27		0,100			0,6	0,060										
							0,340										
S32																	
Volksstädter Rampe	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
ohne WKA																	
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
							0,000										
							0,000										
Wehr	25,7		1,000			1	1,000										
							1,000										
Aal																	
	MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
							0,000										
							0,000										
Wehr	25,7		1,000			1	1,000										
							1,000										
																	1,000
S34																	
Unterpreilipper Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
Haupt-WKA	ohne	> 20 mm	< 0,5 m/s	3 m³/s		Kaplan	12 m³/s										
Rest-WKA	ohne	20 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	5 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	21,9	36	0,695	1	1,00	0,81	0,563										
Bypass WKA	21,9	36	0,695	0			0,000										
Wehr	21,9		0,100			0,6	0,060										
Rest-WKA	21,9	5	0,205	1	1,00	0,8	0,164										
Bypass	21,9	5	0,205	0			0,000										
							0,787										
Aal																	
	MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	21,9	36	0,695	1	1,00	0,38	0,264										
Bypass WKA	21,9	36	0,695	0			0,000										
Wehr	21,9		0,100			0,6	0,060										
Rest-WKA	21,9	5	0,205	1	0,50	0,03	0,003										
Bypass	21,9	5	0,205	0			0,000										
							0,327										

[illegible]

Anhang 9: kumulative Standortbewertung des Plan-Zustandes bzgl. Fischabstieg

2 Varianten

Tabelle 75: kumulierte Abstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 1

Bemerkungen:

- Bewertung Aal (Abwanderung aus Aufwuchsgebiet der Barbenregion, Startwert 100 % oberhalb S39 = Abstiegsraten kumuliert)
- Bewertung Lachs (Abwanderung Lachssmolts aus Laichhabitaten, Startwert 100 % oberhalb S39 = Abstiegsraten kumuliert)
- die Erreichbarkeitsrate gibt an, wie viel Prozent der Fische die Saale in Sachsen-Anhalt vom jeweiligen Standort aus gesehen erreichen

PLAN-Zustand 1: 15 mm bzw. 2 x 10 mm Rechen, Anströmung moderat, Wehr optimiert, Rest-WKA Dorndorf													
Kurz-bez.	BEZEICHNUNG	WKA-Standort	Turbinenart	Stababstand Rechen	Bypass	MQ [m³/s]	Q _A [m³/s]	Q _A pro Turbine [m³/s]	A _{rechen} wirksam [m²]	V _{anström} [m/s]	Lachs Überlebensrate Standort	Lachs Abstiegsrate kumuliert	Aal Überlebensrate Standort
S22	Camburger Wehr	ja	3 Francis-Turbinen	15 mm	ja	31,20	6,00	6,00	10	max. 0,5	0,93	0,43	0,92
S23	Döbritscher Wehr	ja	2 Francis-Turbinen	15 mm	ja	31,20	18,00	9,00	25	max. 0,5	0,94	0,47	0,86
S24	Dorndorfer Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	31,10	26,00	13,00	64,6	0,40	0,92	0,50	0,91
S25	Porstendorfer Wehr	ja	Rest-WKA 3 Francis-Turbinen	15 mm	ja	31,00	6,00	6,00	19,25	0,31	0,93	0,54	0,92
S26	Paradieswehr	ja	2 Kaplan-Rohrturbinen	15 mm	ja	30,90	23,40	7,80	32	max. 0,5	0,92	0,58	0,92
S27	Rasennühlenwehr	ja	2 Kaplan-Rohrturbinen	15 mm	ja	30,80	30,00	15,00	48,4	max. 0,5	0,92	0,63	0,92
S28	Burgauer Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	30,70	30,00	16,67	55,46	max. 0,5	0,92	0,68	0,92
S29	Jägersdorfer Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen Rest-WKA 1 Kaplan-Turbine	15 mm	ja	30,00	50,00	16,67	69,42	max. 0,5	0,93	0,74	0,92
S30	Kahlaer Wehr	Potential vorhanden				29,40	16,05	5,35	31,59	0,51	1,00	0,79	1,00
S31	Uhlstädter Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	27,00	22,05		45,6	max. 0,5	0,92	0,79	0,92
S32	Volksstädter Rampe	Potential vorhanden				25,70	28,00	14,00		max. 0,5	1,00	0,85	1,00
S34	Unterpfeilweh	ja	3 Kaplan-Turbinen Rest-WKA 1 Kaplan-Turbine	15 mm	ja	21,90	19,28		79,8	0,45	0,92	0,85	0,91
S35	Göritzweh					20,90	36,00	12,00	15,33	0,33	1,00	0,92	1,00
S36	Mittelmühlenwehr	Potential vorhanden				20,30	5,00	5,00		max. 0,5	1,00	0,92	1,00
S37	Zeissweh	Potential vorhanden				19,80	15,68			max. 0,5	1,00	0,92	1,00
S38	Obernitz Wehr	ja	2 Francis-Turbinen	10 mm	ja	18,60	14,85		22,7	max. 0,5	0,96	0,92	0,98
S39	Reschwitz Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	10 mm	ja	17,90	13,25	6,63	24,7	max. 0,5	0,96	0,92	0,98

S26													
Paradieswehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine						
Fluss-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	1 m³/s		Kaplan	15 m³/s						
Lachs													
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort						
WKA	30,9	30	0,900	0,3	0,90	0,81	0,197						
Bypass WKA	30,9	30	0,900	0,7			0,630						
Wehr	30,9		0,100			0,975	0,098						
							0,924						
Aal													
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort						
WKA	30,9	30	0,900	0,1	0,25	0,38	0,009						
Bypass WKA	30,9	30	0,900	0,9			0,810						
Wehr	30,9		0,100			0,975	0,098						
							0,916						
S27													
Rasenmühlenwehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine						
Fluss-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	0,6 m³/s Brauchwasser Schott		Kaplan	15 m³/s						
Lachs													
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort						
WKA	30,8	30	0,900	0,3	0,90	0,81	0,197						
Bypass WKA	30,8	30	0,900	0,7			0,630						
Wehr	30,8		0,100			0,975	0,098						
							0,924						
Aal													
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort						
WKA	30,8	30	0,900	0,1	0,25	0,38	0,009						
Bypass WKA	30,8	30	0,900	0,9			0,810						
Wehr	30,8		0,100			0,975	0,098						
							0,916						
S28													
Burgauer Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine						
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	1 m³/s		Kaplan	16,67 m³/s						
Lachs													
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort						
WKA	30,7	50	0,900	0,3	0,90	0,81	0,197						
Bypass WKA	30,7	50	0,900	0,7			0,630						
Wehr	30,7		0,100			0,975	0,098						
							0,924						
Aal													
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort						
WKA	30,7	50	0,900	0,1	0,25	0,38	0,009						
Bypass WKA	30,7	50	0,900	0,9			0,810						
Wehr	30,7		0,100			0,975	0,098						
							0,916						
S29													
Jägersdorf	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine						
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	3,1 m³/s		Kaplan	5,35 m³/s						
Rest-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	4,55 m³/s						
Lachs													
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort						
WKA	30	16,05	0,535	0,3	0,90	0,8	0,116						
Bypass WKA	30	16,05	0,535	0,7			0,375						
Wehr	30		0,313			0,975	0,306						
Rest-WKA	30	4,55	0,152	0,3	0,90	0,8	0,033						
Bypass	30	4,55	0,152	0,7			0,106						
							0,934						
Aal													
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort						
WKA	30	16,05	0,535	0,1	0,25	0,03	0,000						
Bypass WKA	30	16,05	0,535	0,9			0,482						
Wehr	30		0,313			0,975	0,306						
Rest-WKA	30	4,55	0,152	0,1	0,25	0,03	0,000						
Bypass	30	4,55	0,152	0,9			0,137						
							0,924						

[illegible]

[illegible]

Tabelle 76: kumulierte Abstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 2

Bemerkungen:

- Bewertung Aal (Abwanderung aus Aufwuchsgebiet der Barbenregion, Startwert 100 % oberhalb S39 = Abstiegsraten kumuliert)
- Bewertung Lachs (Abwanderung Lachssmolts aus Laichhabitaten, Startwert 100 % oberhalb S39 = Abstiegsraten kumuliert)
- die Erreichbarkeitsrate gibt an, wie viel Prozent der Fische die Saale in Sachsen-Anhalt vom jeweiligen Standort aus gesehen erreichen

PLAN-Zustand 2: überall 10 mm Rechen, Anströmung moderat, Wehr optimiert, Rest-WKA Domdorf													
Kurz-bez.	BEZEICHNUNG	WKA-Standort	Turbinenart	Stababstand Rechen	Bypass	MQ [m³/s]	Q _A [m³/s]	Q _{Apro} Turbine [m³/s]	A _{Rechen} wirksam [m²]	V _{Anström} [m/s]	Lachs Überlebensrate Standort	Lachs Erreichbarkeitsrate ST	Lachs Abstiegsrate kumuliert
S22	Canburger Wehr	ja	3 Francis-Turbinen	10 mm	ja	31,20	6,00	6,00	10	max. 0,5	0,98	0,98	0,74
S23	Döbritscher Wehr	ja	2 Francis-Turbinen	10 mm	ja	31,20	18,00	9,00	25	max. 0,5	0,98	0,95	0,76
S24	Dondorfer Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	10 mm	ja	31,10	26,00	13,00	64,6	0,40	0,98	0,93	0,78
S25	Postendorfer Wehr	ja	3 Francis-Turbinen	10 mm	ja	31,10	6,00	6,00	19,25	0,31	0,98	0,90	0,80
S26	Paradieswehr	ja	2 Kaplan-Rohrturbinen	10 mm	ja	30,90	30,00	15,00	48,4	max. 0,5	0,98	0,88	0,82
S27	Rasenmühlenwehr	ja	2 Kaplan-Rohrturbinen	10 mm	ja	30,80	30,00	15,00	55,46	max. 0,5	0,98	0,86	0,84
S28	Burgauer Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen	10 mm	ja	30,70	50,00	16,67	69,42	max. 0,5	0,98	0,84	0,86
S29	Jägersdorfer Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen Rest-WKA 1	10 mm	ja	30,00	16,05	5,35	31,59	0,51	0,98	0,82	0,88
S30	Kahlaer Wehr	Potential vorhanden				29,40	22,05			max. 0,5	1,00	0,82	0,90
S31	Uhlstädter Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	10 mm	ja	27,00	28,00	14,00	45,6	max. 0,5	0,98	0,80	0,90
S32	Volksstädter Rampe	Potential vorhanden				25,70	19,28			max. 0,5	1,00	0,80	0,93
S34	Unterprellipper Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen Rest-WKA 1	10 mm	ja	21,90	36,00	12,00	79,8	0,45	0,98	0,78	0,93
S35	Görztmühlenwehr					20,90	15,68			max. 0,5	1,00	0,78	0,95
S36	Mittelmühlenwehr; Zeisswehr	Potential vorhanden				20,30	15,23			max. 0,5	1,00	0,78	0,95
S37	Saalefelder Teilwehr	Potential vorhanden				19,80	14,85			max. 0,5	1,00	0,78	0,95
S38	Obernitzter Wehr	ja	2 Francis-Turbinen	10 mm	ja	18,60	13,25	6,63	22,7	max. 0,5	0,98	0,76	0,95
S39	Reschwitzter Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	10 mm	ja	17,90	13,00	6,50	24,7	max. 0,5	0,98	0,74	0,98

S26																	
Paradieswehrr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
Fluss-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	1 m³/s		Kaplan	15 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	30,9	30	0,900	0,05	0,10	0,81	0,004										
Bypass	30,9	30	0,900	0,95			0,855										
Wehr	30,9		0,100			0,975	0,098										
							0,956										
S27																	
Rasenmühl enwehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
Fluss-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	0,6 m³/s Brauchwasser Schott		Kaplan	15 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	30,8	30	0,900	0,05	0,10	0,81	0,004										
Bypass	30,8	30	0,900	0,95			0,855										
Wehr	30,8		0,100			0,975	0,098										
							0,956										
S28																	
Burgauer Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
Haupt-	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	1 m³/s		Kaplan	16,67 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	30,7	50	0,900	0,05	0,10	0,81	0,004										
Bypass	30,7	50	0,900	0,95			0,855										
Wehr	30,7		0,100			0,975	0,098										
							0,956										
S29																	
Jägersdorf	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
Haupt-	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	3,1 m³/s		Kaplan	5,35 m³/s										
Rest-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	4,55 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	30	16,05	0,535	0,05	0,10	0,8	0,002										
Bypass	30	16,05	0,535	0,95			0,508										
Wehr	30		0,313			0,975	0,306										
Rest-WKA	30	4,55	0,152	0,05	0,10	0,8	0,001										
Bypass	30	4,55	0,152	0,95			0,144										
							0,961										
Aal																	
	MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	30,9	30	0,900	0,025	0,00	0,38	0,000										
Bypass	30,9	30	0,900	0,975			0,878										
Wehr	30,9		0,100			0,975	0,098										
							0,975										

S30							
Kahlaer Wehr ohne WKA	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung 3,1 m³/s		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine
Lachs							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort
							0,000
							0,000
Wehr	29,4		1,000			1	1,000
							1,000
S31							
Uhlstädter Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung 0,6 m³/s aller Mühlgraben durch den Ort		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine
Fluss-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	Ort		Kaplan	14 m³/s
Lachs							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	27	28	0,900	0,05	0,10	0,81	0,004
WKA	27	28	0,900	0,95			0,855
Wehr	27		0,100			0,975	0,098
							0,956
S32							
Volksstädter Rampe ohne WKA	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine
Lachs							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort
							0,000
							0,000
Wehr	25,7		1,000			1	1,000
							1,000
S34							
Unterpreilipper Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung 3 m³/s		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine
Haupt-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	12 m³/s
Rest-WKA	mit	10 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	5 m³/s
Lachs							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	21,9	36	0,695	0,05	0,10	0,81	0,003
WKA	21,9	36	0,695	0,95			0,660
Wehr	21,9		0,100			0,975	0,098
Rest-WKA	21,9	5	0,205	0,05	0,10	0,8	0,001
Bypass	21,9	5	0,205	0,95			0,195
							0,956
Aal							
	MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort
							0,000
							0,000
Wehr	29,4		1,000			1	1,000
							1,000
Aal							
	MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	21,9	36	0,695	0,025	0,00	0,38	0,000
WKA	21,9	36	0,695	0,975			0,677
Wehr	21,9		0,100			0,975	0,098
Rest-WKA	21,9	5	0,205	0,025	0,00	0,03	0,000
Bypass	21,9	5	0,205	0,975			0,200
							0,975

S35																	
Görzsmühl enwehr ohne WKA	Bypass	Reche n	Anströmg eschwindigkei t	Restwasserf orderung		Turbinenty p	Schluckver mögen je Trubine										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussauf teilung, groß. Auff.	Systemable itungsrate	Rechenpass agerate	Lachs Überlebens rate	Überlebens rate Standort										
							0,000										
							0,000										
Wehr	20,9		1,000			1	1,000										
							1,000										
S36																	
Mittelmühl enwehr ohne WKA	Bypass	Reche n	Anströmg eschwindigkei t	Restwasserf orderung		Turbinenty p	Schluckver mögen je Trubine										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussauf teilung, groß. Auff.	Systemable itungsrate	Rechenpass agerate	Lachs Überlebens rate	Überlebens rate Standort										
							0,000										
							0,000										
Wehr	20,3		1,000			1	1,000										
							1,000										
Aal																	
	MQ	QA	Abflussauf teilung, groß. Auff.	Systemable itungsrate	Rechenpass agerate	Aal Überleben srate	Überlebens rate Standort										
							0,000										
							0,000										
Wehr	20,3		1,000			1	1,000										
							1,000										
S37																	
Saalefelder Teilewehr ohne WKA	Bypass	Reche n	Anströmg eschwindigkei t	Restwasserf orderung		Turbinenty p	Schluckver mögen je Trubine										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussauf teilung, groß. Auff.	Systemable itungsrate	Rechenpass agerate	Lachs Überlebens rate	Überlebens rate Standort										
							0,000										
							0,000										
Wehr	19,8		1,000			1	1,000										
							1,000										
Aal																	
	MQ	QA	Abflussauf teilung, groß. Auff.	Systemable itungsrate	Rechenpass agerate	Aal Überleben srate	Überlebens rate Standort										
							0,000										
							0,000										
Wehr	19,8		1,000			1	1,000										
							1,000										
S38																	
Obernitzer Wehr Haupt-	Bypass	Reche n	Anströmg eschwindigkei t	Restwasserf orderung		Turbinenty p	Schluckver mögen je Trubine										
	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	2 m³/s		Francis	6,63 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussauf teilung, groß. Auff.	Systemable itungsrate	Rechenpass agerate	Lachs Überlebens rate	Überlebens rate Standort										
WKA	18,6	13,25	0,712	0,05	0,10	0,79	0,003										
WKA	18,6	13,25	0,712	0,95			0,677										
Wehr	18,6	13,25	0,288			0,975	0,280										
							0,960										
Aal																	
	MQ	QA	Abflussauf teilung, groß. Auff.	Systemable itungsrate	Rechenpass agerate	Aal Überleben srate	Überlebens rate Standort										
WKA	18,6	13,25	0,712	0,025	0,00	0,03	0,000										
WKA	18,6	13,25	0,712	0,975			0,695										
Wehr	18,6	13,25	0,288			0,975	0,280										
							0,975										
S39																	
Reschwitz er Wehr Haupt-	Bypass	Reche n	Anströmg eschwindigkei t	Restwasserf orderung		Turbinenty p	Schluckver mögen je Trubine										
	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	2 m³/s		Kaplan	6,5 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussauf teilung, groß. Auff.	Systemable itungsrate	Rechenpass agerate	Lachs Überlebens rate	Überlebens rate Standort										
WKA	17,9	13	0,726	0,05	0,10	0,8	0,003										
WKA	17,9	13	0,726	0,95			0,690										
Wehr	17,9	13	0,274			0,975	0,267										
							0,960										
Aal																	
	MQ	QA	Abflussauf teilung, groß. Auff.	Systemable itungsrate	Rechenpass agerate	Aal Überleben srate	Überlebens rate Standort										
WKA	17,9	13	0,726	0,025	0,00	0,03	0,000										
WKA	17,9	13	0,726	0,975			0,708										
Wehr	17,9	13	0,274			0,975	0,267										
							0,975										

**Anhang 10: kumulative Standortbewertung des Plan-Zustandes
unter Berücksichtigung der Nutzung zusätzlichen Wasserkraft an
ungenutzten Standorten bzgl. Fischabstieg**

2 Varianten

Tabelle 77: kumulierte Abstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 3a

Bemerkungen:

- Bewertung Aal (Abwanderung aus Aufwuchsgebiet der Barbenregion, Startwert 100 % oberhalb S39 = Abstiegsraten kumuliert)
- Bewertung Lachs (Abwanderung Lachssmolts aus Laichhabitaten, Startwert 100 % oberhalb S39 = Abstiegsraten kumuliert)
- die Erreichbarkeitsrate gibt an, wie viel Prozent der Fische die Saale in Sachsen-Anhalt vom jeweiligen Standort aus gesehen erreichen

PLAN-Zustand 3a: 15 mm bzw. 2 x 10 mm Rechen, Anströmung moderat, Wehr optimiert, Rest-WKA Domdorf, inkl. 4 pot. WKA													
Kurz-bez.	BEZEICHNUNG	WKA-Standort	Turbinenart	Stababstand Rechen	Bypass	MQ [m³/s]	Q _A [m³/s]	Q _{A pro Turbine} [m³/s]	A _{Rechen-wirksam} [m²]	V _{Anström} [m/s]	Lachs Überlebensrate Standort	Lachs Erreichbarkeitsrate ST	Lachs Abstiegsrate kumuliert
S22	Camburger Wehr	ja	3 Francis-Turbinen	15 mm	ja	31,20	6,00	6,00	10	max. 0,5	0,93	0,93	0,33
S23	Döbritscher Wehr	ja	2 Francis-Turbinen	15 mm	ja	31,20	18,00	9,00	25	max. 0,5	0,94	0,86	0,32
S24	Domdorfer Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	31,10	26,00	13,00	64,6	0,40	0,92	0,80	0,34
S25	Porstendorfer Wehr	ja	Rest-WKA 3 Francis-Turbinen	15 mm	ja	31,10	6,00	6,00	19,25	0,31	0,93	0,75	0,37
S26	Paradieswehr	ja	2 Kaplan-Rohrturbinen	15 mm	ja	30,90	30,00	15,00	48,4	max. 0,5	0,92	0,69	0,41
S27	Rasenmühlenwehr	ja	2 Kaplan-Rohrturbinen	15 mm	ja	30,80	30,00	15,00	55,46	max. 0,5	0,92	0,64	0,44
S28	Burgauer Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	30,70	50,00	16,67	69,42	max. 0,5	0,92	0,59	0,51
S29	Jägersdorfer Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	30,00	16,05	5,35	31,59	0,51	0,93	0,55	0,53
S30	Kahlaer Wehr	ja	Rest-WKA 1 Kaplan-Turbine	15 mm	ja	29,40	4,55	4,55	19,6	0,23	0,93	0,51	0,57
S31	Uhlstädter Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	27,00	28,00	14,00	45,6	max. 0,5	0,92	0,47	0,62
S32	Volksstädter Rampe	ja				25,70	19,28			max. 0,5	0,93	0,44	0,68
S34	Unterpreilipper Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	21,90	36,00	12,00	79,8	0,45	0,92	0,41	0,73
S35	Görztzmühlenwehr		Rest-WKA 1 Kaplan-Turbine	15 mm			5,00	5,00	15,33	0,33	0,92	0,40	0,73
S36	Mittelmühlenwehr, Zeisswehr	ja				20,90	15,68			max. 0,5	1,00	0,41	0,80
S37	Saalefelder Teilewehr	ja				20,30	15,23			max. 0,5	0,93	0,38	0,80
S38	Obernitzter Wehr	ja	2 Francis-Turbinen	10 mm	ja	19,80	14,85			max. 0,5	0,93	0,35	0,87
S39	Reschwitzter Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	10 mm	ja	18,60	13,25	6,63	22,7	max. 0,5	0,96	0,34	0,95
						17,90	13,00	6,50	24,7	max. 0,5	0,96	0,33	0,98

Einzelstandortberechnungen für kumulierte Abstiegsraten in Tabelle 77 mittels Flussdiagrammschema

S22															
Camburg	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine								
				3,4 m³/s ohne Rest-WKA (alt)											
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s			Francis	9 m³/s								
Rest-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s			Francis	6 m³/s								
Lachs								Aal							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	31,2	18	0,577	0,3	0,90	0,79	0,123	WKA	31,2	18	0,577	0,1	0,25	0,03	0,000
Bypass WKA	31,2	18	0,577	0,7			0,404	Bypass WKA	31,2	18	0,577	0,9			0,519
Wehr	31,2		0,231			0,975	0,225	Wehr	31,2		0,231			0,975	0,225
Rest-WKA	31,2	6	0,192	0,3	0,90	0,79	0,041	Rest-WKA	31,2	6	0,192	0,1	0,25	0,03	0,000
Bypass	31,2	6	0,192	0,7			0,135	Bypass	31,2	6	0,192	0,9			0,173
							0,928								0,918
S23															
Döbritschen	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine								
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	1,8 m³/s		Francis	10 m³/s								
						Francis									
Lachs								Aal							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	31,2	20	0,641	0,3	0,90	0,8	0,138	WKA	31,2	20	0,641	0,1	0,25	0,8	0,013
Bypass WKA	31,2	20	0,641	0,7			0,449	Bypass WKA	31,2	20	0,641	0,9			0,577
Wehr	31,2		0,359			0,975	0,350	Wehr	31,2		0,359			0,975	0,350
							0,937								0,940
S24															
Dorndorf	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine								
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	3,5 m³/s		Kaplan	13 m³/s								
	optimal	15 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	6 m³/s								
Lachs								Aal							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	31,1	26	0,726	0,3	0,90	0,81	0,159	WKA	31,1	26	0,726	0,1	0,25	0,38	0,007
Bypass WKA	31,1	26	0,726	0,7			0,508	Bypass WKA	31,1	26	0,726	0,9			0,654
Wehr	31,1		0,100			0,975	0,098	Wehr	31,1		0,100			0,975	0,098
Rest-WKA	31,1	6	0,174	0,3	0,90	0,8	0,038	Rest-WKA	31,1	6	0,174	0,1	0,25	0,03	0,000
Bypass	31,1	6	0,174	0,7			0,122	Bypass	31,1	6	0,174	0,9			0,156
							0,924								0,915
S25															
Porstendorf	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine								
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	3 m³/s		Francis	7,8 m³/s								
Lachs								Aal							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	31	23,4	0,755	0,3	0,90	0,79	0,161	WKA	31	23,4	0,755	0,1	0,25	0,03	0,001
Bypass WKA	31	23,4	0,755	0,7			0,528	Bypass WKA	31	23,4	0,755	0,9			0,679
Wehr	31		0,245			0,975	0,239	Wehr	31		0,245			0,975	0,239
							0,928								0,919

[illegible]

Durchgängigkeitskonzept Saale

S30																	
Kahlaer Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine										
Fluss-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	3,1 m³/s		Kaplan	11 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	29,4	22,05	0,750	0,3	0,90	0,81	0,164										
Bypass WKA	29,4	22,05	0,750	0,7			0,525										
Wehr	29,4		0,250			0,975	0,244										
							0,933										
Aal																	
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	29,4	22,1	0,750	0,1	0,25	0,38	0,007										
Bypass WKA	29,4	22,1	0,750	0,9			0,675										
Wehr	29,4		0,250			0,975	0,244										
							0,926										
S31																	
Uhlstädter Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine										
Fluss-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	0,6 m³/s aller Mühlgraben durch den Ort		Kaplan	14 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	27	28	0,900	0,3	0,90	0,81	0,197										
Bypass WKA	27	28	0,900	0,7			0,630										
Wehr	27		0,100			0,975	0,098										
							0,924										
Aal																	
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	27	28	0,900	0,1	0,25	0,38	0,009										
Bypass WKA	27	28	0,900	0,9			0,810										
Wehr	27		0,100			0,975	0,098										
							0,916										
S32																	
Volksstädter Rampe	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine										
Fluss-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	9,6										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	25,7	19,28	0,750	0,3	0,90	0,8	0,162										
Bypass WKA	25,7	19,28	0,750	0,7			0,525										
Wehr	25,7		0,250			0,975	0,244										
							0,931										
Aal																	
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	25,7	19,3	0,750	0,1	0,25	0,03	0,001										
Bypass WKA	25,7	19,3	0,750	0,9			0,675										
Wehr	25,7		0,250			0,975	0,244										
							0,919										
S34																	
Unterpreilippener Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine										
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	3 m³/s		Kaplan	12 m³/s										
Rest-WKA	mit	15 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	5 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	21,9	36	0,695	0,3	0,90	0,81	0,152										
Bypass WKA	21,9	36	0,695	0,7			0,486										
Wehr	21,9		0,100			0,975	0,098										
Rest-WKA	21,9	5	0,205	0,3	0,90	0,8	0,044										
Bypass	21,9	5	0,205	0,7			0,144										
							0,924										
Aal																	
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	21,9	36	0,695	0,1	0,25	0,38	0,007										
Bypass WKA	21,9	36	0,695	0,9			0,625										
Wehr	21,9		0,100			0,975	0,098										
Rest-WKA	21,9	5	0,205	0,1	0,25	0,03	0,000										
Bypass	21,9	5	0,205	0,9			0,185										
							0,914										

S35															
Göritz­mühl enwehr ohne WKA	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserfor­derung		Turbinentyp	Schluckver­mögen je Trubine								
Lachs															
	MQ Standort	QA	Abflussauftei­lung, groß. Auff.	Systemableit­ungsrate	Rechen­passage­rate	Lachs Überlebensr­ate	Überleben­srates Standort								
							0,000								
							0,000								
Wehr	20,9		1,000				1	1,000							
								1,000							
S36															
Mittelmühl enwehr Fluss-WKA	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserfor­derung		Turbinentyp	Schluckver­mögen je Trubine								
	optimal	15 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	7,6								
Lachs															
	MQ Standort	QA	Abflussauftei­lung, groß. Auff.	Systemableit­ungsrate	Rechen­passage­rate	Lachs Überlebensr­ate	Überleben­srates Standort								
WKA	20,3	15,23	0,750	0,3	0,90	0,8	0,162								
Bypass WKA	20,3	15,23	0,750	0,7			0,525								
Wehr	20,3		0,250			0,975	0,244								
								0,931							
S37															
Saalefelder Teilewehr Fluss-WKA	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserfor­derung		Turbinentyp	Schluckver­mögen je Trubine								
	optimal	15 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	7,4								
Lachs															
	MQ Standort	QA	Abflussauftei­lung, groß. Auff.	Systemableit­ungsrate	Rechen­passage­rate	Lachs Überlebensr­ate	Überleben­srates Standort								
WKA	19,8	14,85	0,750	0,3	0,90	0,8	0,162								
Bypass WKA	19,8	14,85	0,750	0,7			0,525								
Wehr	19,8		0,250			0,975	0,244								
								0,931							
S38															
Obernitzer Wehr Haupt-WKA	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserfor­derung		Turbinentyp	Schluckver­mögen je Trubine								
	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	2 m³/s		Francis	6,63 m³/s								
Lachs															
	MQ Standort	QA	Abflussauftei­lung, groß. Auff.	Systemableit­ungsrate	Rechen­passage­rate	Lachs Überlebensr­ate	Überleben­srates Standort								
WKA	18,6	13,25	0,712	0,05	0,10	0,79	0,003								
Bypass WKA	18,6	13,25	0,712	0,95			0,677								
Wehr	18,6	13,25	0,288			0,975	0,280								
								0,960							
S39															
Reschwitzer Wehr Haupt-WKA	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserfor­derung		Turbinentyp	Schluckver­mögen je Trubine								
	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	2 m³/s		Kaplan	6,5 m³/s								
Lachs															
	MQ Standort	QA	Abflussauftei­lung, groß. Auff.	Systemableit­ungsrate	Rechen­passage­rate	Lachs Überlebensr­ate	Überleben­srates Standort								
WKA	17,9	13	0,726	0,05	0,10	0,8	0,003								
Bypass WKA	17,9	13	0,726	0,95			0,690								
Wehr	17,9	13	0,274			0,975	0,267								

Tabelle 78: kumulierte Abstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 3b

Bemerkungen:

- Bewertung Aal (Abwanderung aus Aufwuchsgebiet der Barbenregion, Startwert 100 % oberhalb S39 = Abstiegsraten kumuliert)
- Bewertung Lachs (Abwanderung Lachssmolts aus Laichhabitaten, Startwert 100 % oberhalb S39 = Abstiegsraten kumuliert)
- die Erreichbarkeitsrate gibt an, wie viel Prozent der Fische die Saale in Sachsen-Anhalt vom jeweiligen Standort aus gesehen erreichen

PLAN-Zustand 3b: überall 10 mm Rechen, Anströmung moderat, Wehr optimiert, Rest-WKA Dorndorf, inkl. 4 pot. WKA																
Kurz-bez.	BEZEICHNUNG	WKA-Standort	Turbinenart	Stab-stand Rechen	Bypass	MQ [m³/s]	Q _A [m³/s]	Q _{A,pro} Turbine [m³/s]	A _{rechen} _wirksam [m²]	V _{Anström} [m/s]	Lachs Überlebens- rate Standort	Lachs Erreich- barkeits- rate ST	Lachs Ab- stiegs-rate kumuliert	Aal Überlebens- rate Standort	Aal Erreich- barkeits-rate ST	Aal Ab- stiegs-rate kumuliert
S22	Camburger Wehr	ja	3 Francis-Turbinen	10 mm	ja	31,20	6,00	6,00	10	max. 0,5	0,96	0,96	0,51	0,98	0,98	0,67
S23	Döbritscher Wehr	ja	2 Francis-Turbinen	10 mm	ja	31,20	18,00	9,00	25	max. 0,5						
S24	Dorndorfer Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen Rest-WKA	10 mm	ja	31,10	26,00	13,00	64,6	0,40	0,96	0,88	0,55	0,98	0,93	0,70
S25	Porstendorfer Wehr	ja	3 Francis-Turbinen	10 mm	ja	31,00	23,40	7,80	32	max. 0,5	0,96	0,85	0,58	0,98	0,90	0,72
S26	Paradieswehr	ja	2 Kaplan-Rohrturbinen	10 mm	ja	30,90	30,00	15,00	48,4	max. 0,5	0,96	0,81	0,60	0,98	0,88	0,74
S27	Rasennühlenwehr	ja	2 Kaplan-Rohrturbinen	10 mm	ja	30,80	30,00	15,00	55,46	max. 0,5	0,96	0,77	0,63	0,98	0,86	0,76
S28	Burgauer Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen	10 mm	ja	30,70	50,00	16,67	69,42	max. 0,5	0,96	0,74	0,66	0,98	0,84	0,78
S29	Jägersdorfer Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen Rest-WKA 1 Kaplan-Turbine	10 mm 10 mm	ja ja	30,00 ja	16,05 4,55	5,35 4,55	31,59 19,6	0,51 0,23	0,96	0,71	0,69	0,98	0,82	0,80
S30	Kahlaer Wehr	ja				29,40	22,05			max. 0,5	0,96	0,68	0,71	0,98	0,80	0,82
S31	Uhlstädter Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	10 mm	ja	27,00	28,00	14,00	45,6	max. 0,5	0,96	0,65	0,74	0,98	0,78	0,84
S32	Volkssstädter Rampe	ja				25,70	19,28			max. 0,5	0,96	0,63	0,78	0,98	0,76	0,86
S34	Unterpfeilipper Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen Rest-WKA 1 Kaplan-Turbine	10 mm 10 mm	ja	21,90	36,00 5,00	12,00 5,00	79,8 15,33	0,45 0,33	0,96	0,60	0,81	0,98	0,74	0,88
S35	Göritzmühlenwehr					20,90	15,68			max. 0,5	1,00	0,60	0,85	1,00	0,74	0,90
S36	Mittelmühlenwehr, Zeisswehr	ja				20,30	15,23			max. 0,5	0,96	0,57	0,85	0,98	0,72	0,90
S37	Saalefelder Teilewehr	ja				19,80	14,85			max. 0,5	0,96	0,55	0,88	0,98	0,70	0,93
S38	Obemitzer Wehr	ja	2 Francis-Turbinen	10 mm	ja	18,60	13,25 13,25	6,63	22,7	max. 0,5	0,96	0,53	0,92	0,98	0,69	0,95
S39	Reschwitzler Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	10 mm	ja	17,90	13,00	6,50	24,7	max. 0,5	0,96	0,51	0,96	0,98	0,67	0,98

Einzelstandortberechnungen für kumulierte Abstiegsraten in Tabelle 78 mittels Flussdiagrammschema

S22									
Camburg	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine		
Haupt-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	3,4 m³/s ohne Rest-WKA (alt)		Francis	9 m³/s		
Rest-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s			Francis	6 m³/s		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31,2	18	0,577	0,05	0,10	0,79	0,002		
Bypass WKA	31,2	18	0,577	0,95			0,548		
Wehr	31,2		0,231			0,975	0,225		
Rest-WKA	31,2	6	0,192	0,05	0,10	0,79	0,001		
Bypass	31,2	6	0,192	0,95			0,183		
							0,959		
S23									
Döbritsch	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine		
Haupt-	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	1,8 m³/s		Francis	10 m³/s		
						Francis			
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31,2	20	0,641	0,05	0,10	0,8	0,003		
Bypass WKA	31,2	20	0,641	0,95			0,609		
Wehr	31,2		0,359			0,975	0,350		
							0,962		
S24									
Dorndorf	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine		
Haupt-	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	3,5 m³/s		Kaplan	13 m³/s		
	optimal	10 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	6 m³/s		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31,1	26	0,726	0,05	0,10	0,81	0,003		
Bypass WKA	31,1	26	0,726	0,95			0,690		
Wehr	31,1		0,100			0,975	0,098		
Rest-WKA	31,1	6	0,174	0,05	0,10	0,8	0,001		
Bypass	31,1	6	0,174	0,95			0,165		
							0,956		
S25									
Porstendorf	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine		
Haupt-	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	3 m³/s		Francis	7,8 m³/s		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31	23,4	0,755	0,05	0,10	0,79	0,003		
Bypass WKA	31	23,4	0,755	0,95			0,717		
Wehr	31		0,245			0,975	0,239		
							0,959		
Aal									
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31,2	18	0,577	0,025	0,00	0,03	0,000		
Bypass WKA	31,2	18	0,577	0,975			0,563		
Wehr	31,2		0,231			0,975	0,225		
Rest-WKA	31,2	6	0,192	0,025	0,00	0,03	0,000		
Bypass	31,2	6	0,192	0,975			0,188		
							0,975		
Aal									
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31,2	20	0,641	0,025	0,00	0,8	0,000		
Bypass WKA	31,2	20	0,641	0,975			0,625		
Wehr	31,2		0,359			0,975	0,350		
							0,975		
Aal									
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31,1	26	0,726	0,025	0,00	0,38	0,000		
Bypass WKA	31,1	26	0,726	0,975			0,708		
Wehr	31,1		0,100			0,975	0,098		
Rest-WKA	31,1	6	0,174	0,025	0,00	0,03	0,000		
Bypass	31,1	6	0,174	0,975			0,169		
							0,975		
Aal									
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31	23,4	0,755	0,025	0,00	0,03	0,000		
Bypass WKA	31	23,4	0,755	0,975			0,736		
Wehr	31		0,245			0,975	0,239		
							0,975		

S26																	
Paradieswehrr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine										
Fluss-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	1 m³/s		Kaplan	15 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	30,9	30	0,900	0,05	0,10	0,81	0,004										
Bypass WKA	30,9	30	0,900	0,95			0,855										
Wehr	30,9		0,100			1	0,100										
							0,959										
S27																	
Rasenmühl enwehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine										
Fluss-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	0,6 m³/s Brauchwasser Schott		Kaplan	15 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	30,8	30	0,900	0,05	0,10	0,81	0,004										
Bypass WKA	30,8	30	0,900	0,95			0,855										
Wehr	30,8		0,100			0,975	0,098										
							0,956										
S28																	
Burgauer Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine										
Haupt-	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	1 m³/s		Kaplan	16,67 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	30,7	50	0,900	0,05	0,10	0,81	0,004										
Bypass WKA	30,7	50	0,900	0,95			0,855										
Wehr	30,7		0,100			0,975	0,098										
							0,956										
S29																	
Jägersdorf	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine										
Haupt-	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	3,1 m³/s		Kaplan	5,35 m³/s										
Rest-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	4,55 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	30	16,05	0,535	0,05	0,10	0,8	0,002										
Bypass WKA	30	16,05	0,535	0,95			0,508										
Wehr	30		0,313			0,975	0,306										
Rest-WKA	30	4,55	0,152	0,05	0,10	0,8	0,001										
Bypass	30	4,55	0,152	0,95			0,144										
							0,961										
Aal																	
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	30,9	30	0,900	0,025	0,00	0,38	0,000										
Bypass WKA	30,9	30	0,900	0,975			0,878										
Wehr	30,9		0,100			1	0,100										
							0,978										

S30																	
Kahlaer Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine										
Fluss-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	3,1 m³/s		Kaplan	11 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	29,4	22,05	0,750	0,05	0,10	0,81	0,003										
Bypass WKA	29,4	22,05	0,750	0,95			0,713										
Wehr	29,4		0,250			0,975	0,244										
							0,959										
S31																	
Uhlstädter Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine										
Fluss-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	0,6 m³/s aller Mühlgraben durch den Ort		Kaplan	14 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	27	28	0,900	0,05	0,10	0,81	0,004										
Bypass WKA	27	28	0,900	0,95			0,855										
Wehr	27		0,100			0,975	0,098										
							0,956										
S32																	
Volksstädter Rampe	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine										
Fluss-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	9,6										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	25,7	19,28	0,750	0,05	0,10	0,8	0,003										
Bypass WKA	25,7	19,28	0,750	0,95			0,713										
Wehr	25,7		0,250			0,975	0,244										
							0,959										
S34																	
Unterpreilipper Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine										
Haupt-Fluss-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	3 m³/s		Kaplan	12 m³/s										
Rest-WKA	mit	10 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	5 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	21,9	36	0,695	0,05	0,10	0,81	0,003										
Bypass WKA	21,9	36	0,695	0,95			0,660										
Wehr	21,9		0,100			0,975	0,098										
Rest-WKA	21,9	5	0,205	0,05	0,10	0,8	0,001										
Bypass	21,9	5	0,205	0,95			0,195										
							0,956										
Aal																	
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	29,4	22,05	0,750	0,025	0,00	0,38	0,000										
Bypass WKA	29,4	22,05	0,750	0,975			0,731										
Wehr	29,4		0,250			0,975	0,244										
							0,975										

S35							
Göritz- mühl- enwehr ohne WKA	Bypass	Rechen	Anström- geschwin- digkeit	Restwasser- erfor- derung		Turbinen- typ	Schluckver- mögen je Turbine
Lachs							
	MQ Standort	QA	Abflussauf- teilung, größr. Auff.	Systemablei- tungsrate	Rechenpass- agerate	Lachs Überlebensra- te	Überlebens- rate Standort
							0,000
Wehr	20,9		1,000			1	1,000
							1,000
S36							
Mittelmüh- lenwehr Fluss-WKA	Bypass optimal	Rechen 10 mm	Anström- geschwin- digkeit < 0,5 m/s	Restwasser- erfor- derung		Turbinen- typ Kaplan	Schluckver- mögen je Turbine 7,6
Lachs							
	MQ Standort	QA	Abflussauf- teilung, größr. Auff.	Systemablei- tungsrate	Rechenpass- agerate	Lachs Überlebensra- te	Überlebens- rate Standort
WKA	20,3	15,23	0,750	0,05	0,10	0,8	0,003
Bypass WKA	20,3	15,23	0,750	0,95			0,713
Wehr	20,3		0,250			0,975	0,244
							0,959
S37							
Saalefelde- r Teilewehr Fluss-WKA	Bypass optimal	Rechen 10 mm	Anström- geschwin- digkeit < 0,5 m/s	Restwasser- erfor- derung		Turbinen- typ Kaplan	Schluckver- mögen je Turbine 7,4
Lachs							
	MQ Standort	QA	Abflussauf- teilung, größr. Auff.	Systemablei- tungsrate	Rechenpass- agerate	Lachs Überlebensra- te	Überlebens- rate Standort
WKA	19,8	14,85	0,750	0,05	0,10	0,8	0,003
Bypass WKA	19,8	14,85	0,750	0,95			0,713
Wehr	19,8		0,250			0,975	0,244
							0,959
S38							
Oberritz- er Wehr Haupt- WKA	Bypass optimal	Rechen 10 mm	Anström- geschwin- digkeit < 0,5 m/s	Restwasser- erfor- derung 2 m³/s		Turbinen- typ Francis	Schluckver- mögen je Turbine 6,63 m³/s
Lachs							
	MQ Standort	QA	Abflussauf- teilung, größr. Auff.	Systemablei- tungsrate	Rechenpass- agerate	Lachs Überlebensra- te	Überlebens- rate Standort
WKA	18,6	13,25	0,712	0,05	0,10	0,79	0,003
Bypass WKA	18,6	13,25	0,712	0,95			0,677
Wehr	18,6	13,25	0,288			0,975	0,280
							0,960
S39							
Reschwitze- r Wehr Haupt- WKA	Bypass optimal	Rechen 10 mm	Anström- geschwin- digkeit < 0,5 m/s	Restwasser- erfor- derung 2 m³/s		Turbinen- typ Kaplan	Schluckver- mögen je Turbine 6,5 m³/s
Lachs							
	MQ Standort	QA	Abflussauf- teilung, größr. Auff.	Systemablei- tungsrate	Rechenpass- agerate	Lachs Überlebensra- te	Überlebens- rate Standort
WKA	17,9	13	0,726	0,05	0,10	0,8	0,003
Bypass WKA	17,9	13	0,726	0,95			0,690
Wehr	17,9	13	0,274			0,975	0,267
							0,960
Aal							
	MQ	QA	Abflus- sauf- teil- ung, größr. Auff.	System- ablei- tungs- rate	Rechen- pass- age- rate	Aal Überlebens- rate	Überlebens- rate Standort
WKA	17,9	13	0,726	0,025	0,00	0,03	0,000
Bypass WKA	17,9	13	0,726	0,975			0,708
Wehr	17,9	13	0,274			0,975	0,267
							0,975

**Anhang 11: kumulative Standortbewertung des Plan-Zustandes
bzgl. des Fischabstiegs aus Schwarza und Loquitz
ohne und mit potentieller WKA-Nutzung ungenutzter Standorte**

Tabelle 79: kumulierte Abstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 1; Abstieg aus Schwarza

Bemerkungen:

- Bewertung Aal (Abwanderung aus Aufwuchsgebiet der Barbenregion, Startwert 100 % oberhalb Nesterls-Mühle = Abstiegsraten kumuliert)
- Bewertung Lachs (Abwanderung Lachssmolts aus Laichhabitaten, Startwert 100 % oberhalb Nesterls-Mühle = Abstiegsraten kumuliert)
- die Erreichbarkeitsrate gibt an, wie viel Prozent der Fische die Saale in Sachsen-Anhalt vom jeweiligen Standort aus gesehen erreichen

PLAN-Zustand 1 Schwarza: 15 mm bzw. 2 x 10 mm Rechen, Anströmung moderat, Wehr optimiert, Rest-WKA Dorndorf														
Kurz-bez.	BEZEICHNUNG	WKA-Standort	Turbinenart	Stab-abstand Rechen	Bypass	MQ [m³/s]	Q _A [m³/s]	Q _{A,pro} Turbine [m³/s]	A _{Rechen-wirksam} [m²]	V _{Anström} [m/s]	Lachs Überlebensrate Stando	Lachs Erreichbarkeitsrate ST	Lachs Abstiegsrate kumuliert	Aal Überlebensrate Standort
S22	Camburger Wehr	ja	3 Francis-Turbinen	15 mm	ja	31,20	6,00	6,00	10	max. 0,5	0,93	0,93	0,45	0,92
S23	Döbritscher Wehr	ja	2 Francis-Turbinen	15 mm	ja	31,20	18,00	9,00	25	max. 0,5	0,94	0,86	0,48	0,92
S24	Dorndorfer Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	31,10	26,00	13,00	64,6	0,40	0,92	0,80	0,52	0,91
S25	Porstendorfer Wehr	ja	Rest-WKA 3 Francis-Turbinen	15 mm	ja	31,10	6,00	6,00	19,25	0,31	0,93	0,75	0,56	0,92
S26	Paradieswehr	ja	2 Kaplan-Rohrturbinen	15 mm	ja	30,90	30,00	15,00	48,4	max. 0,5	0,92	0,69	0,60	0,92
S27	Rasenmühlenwehr	ja	2 Kaplan-Rohrturbinen	15 mm	ja	30,80	30,00	15,00	55,46	max. 0,5	0,92	0,64	0,65	0,92
S28	Burgauer Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	30,70	50,00	16,67	69,42	max. 0,5	0,92	0,59	0,71	0,92
S29	Jägersdorfer Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	30,00	16,05	5,35	31,59	0,51	0,93	0,55	0,76	0,92
S30	Kahlaer Wehr	Potential vorhanden	Rest-WKA 1 Kaplan-Turbine	15 mm	ja	4,55	4,55	4,55	19,6	0,23				
S31	Uhlstädtter Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	29,40	22,05			max. 0,5	1,00	0,55	0,82	1,00
S32	Volkstädter Rampe	Potential vorhanden				27,00	28,00	14,00	45,6	max. 0,5	0,92	0,51	0,82	0,92
S34	Unterpöhlte Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	25,70	19,28			max. 0,5	1,00	0,51	0,88	1,00
Schwarza	Wehr Nesterls-Mühle	ja	Rest-WKA 1 Kaplan-Turbine	15 mm	ja	21,90	36,00	12,00	79,8	0,45	0,92	0,47	0,88	0,91
				10 mm		4,69	< 10	5,00	15,33	0,33	0,96	0,45	0,96	0,98

Durchgängigkeitskonzept Saale

S26							
Paradieswehrr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine
Fluss-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	1 m³/s		Kaplan	15 m³/s
Lachs							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	30,9	30	0,900	0,3	0,90	0,81	0,197
Bypass WKA	30,9	30	0,900	0,7			0,630
Wehr	30,9		0,100			0,975	0,098
							0,924
S27							
Rasenmühlenwehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine
Fluss-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	0,6 m³/s Brauchwasser Schott		Kaplan	15 m³/s
Lachs							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	30,8	30	0,900	0,3	0,90	0,81	0,197
Bypass WKA	30,8	30	0,900	0,7			0,630
Wehr	30,8		0,100			0,975	0,098
							0,924
S28							
Burgauer Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	1 m³/s		Kaplan	16,67 m³/s
Lachs							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	30,7	50	0,900	0,3	0,90	0,81	0,197
Bypass WKA	30,7	50	0,900	0,7			0,630
Wehr	30,7		0,100			0,975	0,098
							0,924
S29							
Jägersdorf	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	3,1 m³/s		Kaplan	5,35 m³/s
Rest-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	4,55 m³/s
Lachs							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	30	16,05	0,535	0,3	0,90	0,8	0,116
Bypass WKA	30	16,05	0,535	0,7			0,375
Wehr	30		0,313			0,975	0,306
Rest-WKA	30	4,55	0,152	0,3	0,90	0,8	0,033
Bypass	30	4,55	0,152	0,7			0,106
							0,934
Aal							
	MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	30	16,05	0,535	0,1	0,25	0,03	0,000
Bypass WKA	30	16,05	0,535	0,9			0,482
Wehr	30		0,313			0,975	0,306
Rest-WKA	30	4,55	0,152	0,1	0,25	0,03	0,000
Bypass	30	4,55	0,152	0,9			0,137
							0,924

S30																	
Kahlaer Wehr ohne WKA	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
				3,1 m³/s													
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
							0,000										
							0,000										
Wehr	29,4		1,000			1	1,000										
							1,000										
S31																	
Uhlstädter Wehr Fluss-WKA	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
				0,6 m³/s aller Mühlgraben durch den Ort		Kaplan	14 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	27	28	0,900	0,3	0,90	0,81	0,197										
Bypass WKA	27	28	0,900	0,7			0,630										
Wehr	27		0,100			0,975	0,098										
							0,924										
S32																	
Volksstädter Rampe ohne WKA	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
							0,000										
							0,000										
Wehr	25,7		1,000			1	1,000										
							1,000										
S34																	
Unterpreilipper Wehr Haupt-WKA Rest-WKA	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
	optimal mit	15 mm	< 0,5 m/s	3 m³/s		Kaplan	12 m³/s										
		15 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	5 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	21,9	36	0,695	0,3	0,90	0,81	0,152										
Bypass WKA	21,9	36	0,695	0,7			0,486										
Wehr	21,9		0,100			0,975	0,098										
Rest-WKA	21,9	5	0,205	0,3	0,90	0,8	0,044										
Bypass	21,9	5	0,205	0,7			0,144										
							0,924										
Schwarza																	
Nestlers-Mühle Haupt-WKA	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	0,47 m³/s		Kaplan	4,22 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	4,69	4,22	0,900	0,05	0,10	0,8	0,004										
Bypass WKA	4,69	4,22	0,900	0,95			0,855										
Wehr	4,69	4,22	0,100			0,975	0,098										
							0,956										
Aal																	
	MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
							0,000										
							0,000										
Wehr	29,4		1,000			1	1,000										
							1,000										

Einzelstandortberechnungen für kumulierte Abstiegsraten in Tabelle 80 mittels Flussdiagrammschema

S22									
Camburg	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine		
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	3,4 m³/s ohne Rest-WKA (alt)		Francis	9 m³/s		
Rest-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s			Francis	6 m³/s		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31,2	18	0,577	0,3	0,90	0,79	0,123		
Bypass									
WKA	31,2	18	0,577	0,7			0,404		
Wehr	31,2		0,231			0,975	0,225		
Rest-WKA	31,2	6	0,192	0,3	0,90	0,79	0,041		
Bypass	31,2	6	0,192	0,7			0,135		
							0,928		
Aal									
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31,2	18	0,577	0,1	0,25	0,03	0,000		
Bypass WKA	31,2	18	0,577	0,9			0,519		
Wehr	31,2		0,231			0,975	0,225		
Rest-WKA	31,2	6	0,192	0,1	0,25	0,03	0,000		
Bypass	31,2	6	0,192	0,9			0,173		
							0,918		
S23									
Döbritsch	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine		
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	1,8 m³/s		Francis	10 m³/s		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31,2	20	0,641	0,3	0,90	0,8	0,138		
Bypass									
WKA	31,2	20	0,641	0,7			0,449		
Wehr	31,2		0,359			0,975	0,350		
							0,937		
Aal									
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31,2	20	0,641	0,1	0,25	0,8	0,013		
Bypass WKA	31,2	20	0,641	0,9			0,577		
Wehr	31,2		0,359			0,975	0,350		
							0,940		
S24									
Dorndorf	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine		
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	3,5 m³/s		Kaplan	13 m³/s		
	optimal	15 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	6 m³/s		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31,1	26	0,726	0,3	0,90	0,81	0,159		
Bypass									
WKA	31,1	26	0,726	0,7			0,508		
Wehr	31,1		0,100			0,975	0,098		
Rest-WKA	31,1	6	0,174	0,3	0,90	0,8	0,038		
Bypass	31,1	6	0,174	0,7			0,122		
							0,924		
Aal									
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31,1	26	0,726	0,1	0,25	0,38	0,007		
Bypass WKA	31,1	26	0,726	0,9			0,654		
Wehr	31,1		0,100			0,975	0,098		
Rest-WKA	31,1	6	0,174	0,1	0,25	0,03	0,000		
Bypass	31,1	6	0,174	0,9			0,156		
							0,915		
S25									
Porstendorf	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine		
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	3 m³/s		Francis	7,8 m³/s		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31	23,4	0,755	0,3	0,90	0,79	0,161		
Bypass									
WKA	31	23,4	0,755	0,7			0,528		
Wehr	31		0,245			0,975	0,239		
							0,928		
Aal									
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31	23,4	0,755	0,1	0,25	0,03	0,001		
Bypass WKA	31	23,4	0,755	0,9			0,679		
Wehr	31		0,245			0,975	0,239		
							0,919		

Durchgängigkeitskonzept Saale

S26																	
Paradieswehrr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine										
Fluss-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	1 m³/s		Kaplan	15 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	30,9	30	0,971	0,3	0,90	0,81	0,212										
Bypass WKA	30,9	30	0,971	0,7			0,680										
Wehr	30,9		0,029			0,975	0,028										
							0,920										
Aal																	
	MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	30,9	30	0,971	0,1	0,25	0,38	0,009										
Bypass WKA	30,9	30	0,971	0,9			0,874										
Wehr	30,9		0,029			0,975	0,028										
							0,911										
S27																	
Rasenmühlenwehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine										
Fluss-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	0,6 m³/s Brauchwasser Schott		Kaplan	15 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	30,8	30	0,974	0,3	0,90	0,81	0,213										
Bypass WKA	30,8	30	0,974	0,7			0,682										
Wehr	30,8		0,026			0,975	0,025										
							0,920										
Aal																	
	MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	30,8	30	0,974	0,1	0,25	0,38	0,009										
Bypass WKA	30,8	30	0,974	0,9			0,877										
Wehr	30,8		0,026			0,975	0,025										
							0,911										
S28																	
Burgauer Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine										
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	1 m³/s		Kaplan	16,67 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	30,7	50	0,967	0,3	0,90	0,81	0,212										
Bypass WKA	30,7	50	0,967	0,7			0,677										
Wehr	30,7		0,033			0,975	0,032										
							0,921										
Aal																	
	MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	30,7	50	0,967	0,1	0,25	0,38	0,009										
Bypass WKA	30,7	50	0,967	0,9			0,871										
Wehr	30,7		0,033			0,975	0,032										
							0,912										
S29																	
Jägersdorf	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine										
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	3,1 m³/s		Kaplan	5,35 m³/s										
Rest-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	4,55 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	30	16,05	0,535	0,3	0,90	0,8	0,116										
Bypass WKA	30	16,05	0,535	0,7			0,375										
Wehr	30		0,313			0,975	0,306										
Rest-WKA	30	4,55	0,152	0,3	0,90	0,8	0,033										
Bypass	30	4,55	0,152	0,7			0,106										
							0,934										
Aal																	
	MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	30	16,05	0,535	0,1	0,25	0,03	0,000										
Bypass WKA	30	16,05	0,535	0,9			0,482										
Wehr	30		0,313			0,975	0,306										
Rest-WKA	30	4,55	0,152	0,1	0,25	0,03	0,000										
Bypass	30	4,55	0,152	0,9			0,137										
							0,924										

[illegible]

Tabelle 81: kumulierte Abstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 3b; Abstieg aus Schwarza

Bemerkungen:

- Bewertung Aal (Abwanderung aus Aufwuchsgebiet der Barbenregion, Startwert 100 % oberhalb Nesterls-Mühle = Abstiegsraten kumuliert)
- Bewertung Lachs (Abwanderung Lachssmolts aus Laichhabitaten, Startwert 100 % oberhalb Nesterls-Mühle = Abstiegsraten kumuliert)
- die Erreichbarkeitsrate gibt an, wie viel Prozent der Fische die Saale in Sachsen-Anhalt vom jeweiligen Standort aus gesehen erreichen

PLAN-Zustand 3b: überall 10 mm Rechen, Anströmung moderat, Wehr optimiert, Rest-WKA Dorndorf, inkl. 2 pot WKA													
Kurz-bez.	BEZEICHNUNG	WKA-Standort	Turbinenart	Stab-abstand Rechen	Bypass	MQ [m³/s]	Q _A [m³/s]	Q _{A,pro} Turbine [m³/s]	A _{Rechen} wirksam [m²]	V _{Anström} [m/s]	Lachs Überlebensrate Stando	Lachs Erreichbarkeitsrate ST	Lachs Abstiegsrate kumuliert
S22	Camburger Wehr	ja	3 Francis-Turbinen	10 mm	ja	31,20	6,00	6,00	10	max. 0,5	0,96	0,98	0,72
S23	Döbritscher Wehr	ja	2 Francis-Turbinen	10 mm	ja	31,20	20,00	10,00	45,44	0,44	0,96	0,95	0,74
S24	Dorndorfer Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	10 mm	ja	31,10	26,00	13,00	64,6	0,40	0,96	0,98	0,76
S25	Porstendorfer Wehr	ja	3 Francis-Turbinen	10 mm	ja	31,10	6,00	6,00	19,25	0,31	0,96	0,90	0,78
S26	Paradieswehr	ja	2 Kaplan-Rohrturbinen	10 mm	ja	30,90	30,00	15,00	48,4	max. 0,5	0,96	0,88	0,80
S27	Rasenmühlenwehr	ja	2 Kaplan-Rohrturbinen	10 mm	ja	30,80	30,00	15,00	55,46	max. 0,5	0,96	0,86	0,82
S28	Burgauer Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen	10 mm	ja	30,70	50,00	16,67	69,42	max. 0,5	0,96	0,84	0,84
S29	Jägersdorfer Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen	10 mm	ja	30,00	16,05	5,35	31,59	0,51	0,96	0,82	0,86
S30	Kahlaer Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	10 mm	ja	29,40	22,05	14,00	45,6	max. 0,5	0,96	0,80	0,88
S31	Uhlstädter Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	10 mm	ja	27,00	28,00	14,00	45,6	max. 0,5	0,96	0,78	0,90
S32	Volksstädter Rampe	ja		10 mm		25,70	19,28			max. 0,5	0,96	0,76	0,93
S34	Unterpreilipper Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen	10 mm	ja	21,90	36,00	12,00	79,8	0,45	0,96	0,74	0,95
Schwarza	Wehr Nesterls-Mühle	ja	Kaplan	10 mm		4,69	< 10	5,00	15,33	0,33	0,96	0,72	0,98

Einzelstandortberechnungen für kumulierte Abstiegsraten in Tabelle 81 mittels Flussdiagrammschema

S22									
Camburg	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine		
Haupt-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	3,4 m³/s ohne Rest-WKA (alt)		Francis	9 m³/s		
Rest-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s			Francis	6 m³/s		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31,2	18	0,577	0,05	0,10	0,79	0,002		
Bypass WKA	31,2	18	0,577	0,95			0,548		
Wehr	31,2		0,231			0,975	0,225		
Rest-WKA	31,2	6	0,192	0,05	0,10	0,79	0,001		
Bypass	31,2	6	0,192	0,95			0,183		
							0,959		
Aal									
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31,2	18	0,577	0,025	0,00	0,03	0,000		
Bypass WKA	31,2	18	0,577	0,975			0,563		
Wehr	31,2		0,231			0,975	0,225		
Rest-WKA	31,2	6	0,192	0,025	0,00	0,03	0,000		
Bypass	31,2	6	0,192	0,975			0,188		
							0,975		
S23									
Döbritsch	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine		
Haupt-	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	1,8 m³/s		Francis	10 m³/s		
						Francis			
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31,2	20	0,641	0,05	0,10	0,8	0,003		
Bypass WKA	31,2	20	0,641	0,95			0,609		
Wehr	31,2		0,359			0,975	0,350		
							0,962		
Aal									
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31,2	20	0,641	0,025	0,00	0,8	0,000		
Bypass WKA	31,2	20	0,641	0,975			0,625		
Wehr	31,2		0,359			0,975	0,350		
							0,975		
S24									
Dorndorf	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine		
Haupt-	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	3,5 m³/s		Kaplan	13 m³/s		
	optimal	10 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	6 m³/s		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31,1	26	0,726	0,05	0,10	0,81	0,003		
Bypass WKA	31,1	26	0,726	0,95			0,690		
Wehr	31,1		0,100			0,975	0,098		
Rest-WKA	31,1	6	0,174	0,05	0,10	0,8	0,001		
Bypass	31,1	6	0,174	0,95			0,165		
							0,956		
Aal									
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31,1	26	0,726	0,025	0,00	0,38	0,000		
Bypass WKA	31,1	26	0,726	0,975			0,708		
Wehr	31,1		0,100			0,975	0,098		
Rest-WKA	31,1	6	0,174	0,025	0,00	0,03	0,000		
Bypass	31,1	6	0,174	0,975			0,169		
							0,975		
S25									
Porstendorf	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine		
Haupt-	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	3 m³/s		Francis	7,8 m³/s		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31	23,4	0,755	0,05	0,10	0,79	0,003		
Bypass WKA	31	23,4	0,755	0,95			0,717		
Wehr	31		0,245			0,975	0,239		
							0,959		
Aal									
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31	23,4	0,755	0,025	0,00	0,03	0,000		
Bypass WKA	31	23,4	0,755	0,975			0,736		
Wehr	31		0,245			0,975	0,239		
							0,975		

Durchgängigkeitskonzept Saale

S26									
Paradieswehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine		
Fluss-	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	1 m³/s		Kaplan	15 m³/s		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	30,9	30	0,900	0,05	0,10	0,81	0,004		
Bypass WKA	30,9	30	0,900	0,95			0,855		
Wehr	30,9		0,100			0,975	0,098		
							0,956		
S27									
Rasenmühlenwehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine		
Fluss-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	0,6 m³/s Brauchwasser Schott		Kaplan	15 m³/s		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	30,8	30	0,900	0,05	0,10	0,81	0,004		
Bypass WKA	30,8	30	0,900	0,95			0,855		
Wehr	30,8		0,100			0,975	0,098		
							0,956		
S28									
Burgauer Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine		
Haupt-	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	1 m³/s		Kaplan	16,67 m³/s		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	30,7	50	0,900	0,05	0,10	0,81	0,004		
Bypass WKA	30,7	50	0,900	0,95			0,855		
Wehr	30,7		0,100			0,975	0,098		
							0,956		
S29									
Jägersdorf	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine		
Haupt-	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	3,1 m³/s		Kaplan	5,35 m³/s		
Rest-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	4,55 m³/s		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	30	16,05	0,535	0,05	0,10	0,8	0,002		
Bypass WKA	30	16,05	0,535	0,95			0,508		
Wehr	30		0,313			0,975	0,306		
Rest-WKA	30	4,55	0,152	0,05	0,10	0,8	0,001		
Bypass	30	4,55	0,152	0,95			0,144		
							0,961		
Aal									
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	30,9	30	0,900	0,025	0,00	0,38	0,000		
Bypass WKA	30,9	30	0,900	0,975			0,878		
Wehr	30,9		0,100			0,975	0,098		
							0,975		

[illegible]

Tabelle 82: kumulierte Abstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 1; Abstieg aus Loquitz

Bemerkungen:

- Bewertung Aal (Abwanderung aus Aufwuchsgebiet der Barbenregion, Startwert 100 % oberhalb Wehr Eichicht = Abstiegsraten kumuliert)
- Bewertung Lachs (Abwanderung Lachssmolts aus Laichhabitaten, Startwert 100 % oberhalb Wehr Eichicht = Abstiegsraten kumuliert)
- die Erreichbarkeitsrate gibt an, wie viel Prozent der Fische die Saale in Sachsen-Anhalt vom jeweiligen Standort aus gesehen erreichen

PLAN-Zustand 1 Loquitz: 15 mm bzw. 2 x 10 mm Rechen, Anströmung moderat, Wehr optimiert, Rest-WKA Dorndorf													
Kurz-bez.	BEZEICHNUNG	WKA-Standort	Turbinenart	Stab-abstand Rechen	Bypass	MQ [m³/s]	Q _A [m³/s]	Q _{A,pro} Turbine [m³/s]	A _{Rechen-wirksam} [m²]	V _{Anström} [m/s]	Lachs Überlebensrate Standort	Lachs Abstiegsrate kumuliert	Aal Überlebensrate Standort
S22	Camburger Wehr	ja	3 Francis-Turbinen	15 mm	ja	31,20	6,00	6,00	10	max. 0,5	0,93	0,41	0,92
S23	Döbritscher Wehr	ja	2 Francis-Turbinen	15 mm	ja	31,20	18,00	9,00	25	max. 0,5			
S24	Dorndorfer Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	31,20	20,00	10,00	45,44	0,44	0,94	0,45	0,94
S25	Porstendorfer Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen Rest-WKA	15 mm	ja	31,20	26,00	13,00	64,6	0,40	0,92	0,48	0,91
S26	Paradieswehr	ja	3 Francis-Turbinen	15 mm	ja	31,10	6,00	6,00	19,25	0,31			
S27	Rasenhöhlenwehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	31,10	23,40	7,80	32	max. 0,5	0,93	0,52	0,92
S28	Burgauer Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	30,90	30,00	15,00	48,4	max. 0,5	0,92	0,56	0,92
S29	Jägersdorfer Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	30,80	30,00	15,00	55,46	max. 0,5	0,92	0,60	0,92
S30	Kahlaer Wehr	Potential vorhanden	3 Kaplan-Turbinen Rest-WKA 1	15 mm	ja	30,70	50,00	16,67	69,42	max. 0,5	0,92	0,65	0,92
S31	Uhlstädt Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	50,00	16,05	5,35	31,59	0,51	0,93	0,70	0,92
S32	Volkstädter Rampe	Potential vorhanden	Kaplan-Turbine	15 mm	ja	29,40	4,55	4,55	19,6	0,23			
S33	Unterprellipper Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	27,00	28,00	14,00	45,6	max. 0,5	0,92	0,75	0,92
S34	Görlitzmühlenwehr	ja	25,70	19,28									
S35	Mittelmühlener Zeisswehr	Potential vorhanden	25,70	19,28									
S36	Saalefelder Teilewehr	Potential vorhanden	25,70	19,28									
S37	Obernitz Wehr	ja	25,70	19,28									
S38	Reschwitz Wehr	ja	25,70	19,28									
S39	Wehr Eichicht	ja	25,70	19,28									
Loquitz		ja	25,70	19,28									

Einzelstandortberechnungen für kumulierte Abstiegsraten in Tabelle 82 mittels Flussdiagrammschema

S22									
Camburg	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine		
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	3,4 m³/s ohne Rest-WKA (alt)		Francis	9 m³/s		
Rest-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s			Francis	6 m³/s		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, groβ. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31,2	18	0,577	0,3	0,90	0,79	0,123		
Bypass WKA	31,2	18	0,577	0,7			0,404		
Wehr	31,2		0,231			0,975	0,225		
Rest-WKA	31,2	6	0,192	0,3	0,90	0,79	0,041		
Bypass	31,2	6	0,192	0,7			0,135		
							0,928		
S23									
Döbritsch	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine		
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	1,8 m³/s		Francis	10 m³/s		
						Francis			
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, groβ. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31,2	20	0,641	0,3	0,90	0,8	0,138		
Bypass WKA	31,2	20	0,641	0,7			0,449		
Wehr	31,2		0,359			0,975	0,350		
							0,937		
S24									
Dorndorf	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine		
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	3,5 m³/s		Kaplan	13 m³/s		
	optimal	15 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	6 m³/s		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, groβ. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31,1	26	0,726	0,3	0,90	0,81	0,159		
Bypass WKA	31,1	26	0,726	0,7			0,508		
Wehr	31,1		0,100			0,975	0,098		
Rest-WKA	31,1	6	0,174	0,3	0,90	0,8	0,038		
Bypass	31,1	6	0,174	0,7			0,122		
							0,924		
S25									
Porstendorf	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine		
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	3 m³/s		Francis	7,8 m³/s		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, groβ. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31	23,4	0,755	0,3	0,90	0,79	0,161		
Bypass WKA	31	23,4	0,755	0,7			0,528		
Wehr	31		0,245			0,975	0,239		
							0,928		
S26									
Aal									
	MQ	QA	Abflussaufteilung, groβ. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31,2	18	0,577	0,1	0,25	0,03	0,000		
Bypass WKA	31,2	18	0,577	0,9			0,519		
Wehr	31,2		0,231			0,975	0,225		
Rest-WKA	31,2	6	0,192	0,1	0,25	0,03	0,000		
Bypass	31,2	6	0,192	0,9			0,173		
							0,918		
S27									
Aal									
	MQ	QA	Abflussaufteilung, groβ. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31,2	20	0,641	0,1	0,25	0,8	0,013		
Bypass WKA	31,2	20	0,641	0,9			0,577		
Wehr	31,2		0,359			0,975	0,350		
							0,940		
S28									
Aal									
	MQ	QA	Abflussaufteilung, groβ. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31,1	26	0,726	0,1	0,25	0,38	0,007		
Bypass WKA	31,1	26	0,726	0,9			0,654		
Wehr	31,1		0,100			0,975	0,098		
Rest-WKA	31,1	6	0,174	0,1	0,25	0,03	0,000		
Bypass	31,1	6	0,174	0,9			0,156		
							0,915		
S29									
Aal									
	MQ	QA	Abflussaufteilung, groβ. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	31	23,4	0,755	0,1	0,25	0,03	0,001		
Bypass WKA	31	23,4	0,755	0,9			0,679		
Wehr	31		0,245			0,975	0,239		
							0,919		

S26																	
Paradiesweh	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine										
Fluss-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	1 m³/s		Kaplan	15 m³/s										
Lachs								Aal									
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	30,9	30	0,900	0,3	0,90	0,81	0,197	WKA	30,9	30	0,900	0,1	0,25	0,38	0,009		
Bypass WKA	30,9	30	0,900	0,7			0,630	Bypass WKA	30,9	30	0,900	0,9			0,810		
Wehr	30,9		0,100			0,975	0,098	Wehr	30,9		0,100			0,975	0,098		
							0,924								0,916		
S27																	
Rasenmühlenwehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine										
Fluss-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	0,6 m³/s Brauchwasser Schott		Kaplan	15 m³/s										
Lachs								Aal									
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	30,8	30	0,900	0,3	0,90	0,81	0,197	WKA	30,8	30	0,900	0,1	0,25	0,38	0,009		
Bypass WKA	30,8	30	0,900	0,7			0,630	Bypass WKA	30,8	30	0,900	0,9			0,810		
Wehr	30,8		0,100			0,975	0,098	Wehr	30,8		0,100			0,975	0,098		
							0,924								0,916		
S28																	
Burgauer Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine										
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	1 m³/s		Kaplan	16,67 m³/s										
Lachs								Aal									
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	30,7	50	0,900	0,3	0,90	0,81	0,197	WKA	30,7	50	0,900	0,1	0,25	0,38	0,009		
Bypass WKA	30,7	50	0,900	0,7			0,630	Bypass WKA	30,7	50	0,900	0,9			0,810		
Wehr	30,7		0,100			0,975	0,098	Wehr	30,7		0,100			0,975	0,098		
							0,924								0,916		
S29																	
Jägersdorf	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine										
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	3,1 m³/s		Kaplan	5,35 m³/s										
Rest-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	4,55 m³/s										
Lachs								Aal									
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	30	16,05	0,535	0,3	0,90	0,8	0,116	WKA	30	16,05	0,535	0,1	0,25	0,03	0,000		
Bypass WKA	30	16,05	0,535	0,7			0,375	Bypass WKA	30	16,05	0,535	0,9			0,482		
Wehr	30		0,313			0,975	0,306	Wehr	30		0,313			0,975	0,306		
Rest-WKA	30	4,55	0,152	0,3	0,90	0,8	0,033	Rest-WKA	30	4,55	0,152	0,1	0,25	0,03	0,000		
Bypass	30	4,55	0,152	0,7			0,106	Bypass	30	4,55	0,152	0,9			0,137		
							0,934								0,924		

S30																	
Kahlaer Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
ohne WKA				3,1 m³/s													
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
							0,000										
							0,000										
Wehr	29,4		1,000			1	1,000										
							1,000										
S31																	
Uhlstädter Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
				0,6 m³/s aller Mühlgraben durch den Ort													
Fluss-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	14 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	27	28	0,900	0,3	0,90	0,81	0,197										
Bypass WKA	27	28	0,900	0,7			0,630										
Wehr	27		0,100			0,975	0,098										
							0,924										
S32																	
Volksstädter Rampe	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
ohne WKA																	
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
							0,000										
							0,000										
Wehr	25,7		1,000			1	1,000										
							1,000										
S34																	
Unterpreilipper Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	3 m³/s		Kaplan	12 m³/s										
Rest-WKA mit	mit	15 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	5 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	21,9	36	0,695	0,3	0,90	0,81	0,152										
Bypass WKA	21,9	36	0,695	0,7			0,486										
Wehr	21,9		0,100			0,975	0,098										
Rest-WKA	21,9	5	0,205	0,3	0,90	0,8	0,044										
Bypass	21,9	5	0,205	0,7			0,144										
							0,924										
S35																	
Görtritzmühlenwehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
ohne WKA																	
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
							0,000										
							0,000										
Wehr	20,9		1,000			1	1,000										
							1,000										
Aal																	
	MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
							0,000										
							0,000										
Wehr	29,4		1,000			1	1,000										
							1,000										
Aal																	
	MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
							0,000										
							0,000										
Wehr	29,4		1,000			1	1,000										
							1,000										
Aal																	
	MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
							0,000										
							0,000										
Wehr	25,7		1,000			1	1,000										
							1,000										
Aal																	
	MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
							0,000										
							0,000										
Wehr	25,7		1,000			1	1,000										
							1,000										
Aal																	
	MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
							0,000										
							0,000										
Wehr	25,7		1,000			1	1,000										
							1,000										
Aal																	
	MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
							0,000										
							0,000										
Wehr	25,7		1,000			1	1,000										
							1,000										
Aal																	
	MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
							0,000										
							0,000										
Wehr	25,7		1,000			1	1,000										
							1,000										
Aal																	
	MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
							0,000										
							0,000										
Wehr	25,7		1,000			1	1,000										
							1,000										

S36															
Mittelmühlener Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine								
ohne WKA															
Lachs															
	MQ Standort	QA	Abflusssauftellung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort								
							0,000								
							0,000								
Wehr	20,3		1,000			1	1,000								
							1,000								
S37															
Saalefelder Teilewehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine								
ohne WKA															
Lachs															
	MQ Standort	QA	Abflusssauftellung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort								
							0,000								
							0,000								
Wehr	19,8		1,000			1	1,000								
							1,000								
S38															
Obernitzter Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine								
Haupt-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	2 m³/s		Francis	6,63 m³/s								
Lachs															
	MQ Standort	QA	Abflusssauftellung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort								
WKA	18,6	13,25	0,712	0,05	0,10	0,79	0,003								
Bypass WKA	18,6	13,25	0,712	0,95			0,677								
Wehr	18,6	13,25	0,288			0,975	0,280								
							0,960								
S39															
Reschwitz er Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine								
Haupt-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	2 m³/s		Kaplan	6,5 m³/s								
Lachs															
	MQ Standort	QA	Abflusssauftellung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort								
WKA	17,9	13	0,726	0,05	0,10	0,8	0,003								
Bypass WKA	17,9	13	0,726	0,95			0,690								
Wehr	17,9	13	0,274			0,975	0,267								
							0,960								
Loquitz															
Wehr Eichicht	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine								
Haupt-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	0,38 m³/s		Kaplan	3,46 m³/s								
					Annahmen										
Lachs															
	MQ Standort	QA	Abflusssauftellung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort								
WKA	3,84	3,456	0,900	0,05	0,10	0,8	0,004								
Bypass WKA	3,84	3,456	0,900	0,95			0,855								
Wehr	3,84	3,456	0,100			0,975	0,098								
							0,956								
Aal															
	MQ	QA	Abflusssauftellung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort								
							0,000								
							0,000								
Wehr	20,3		1,000			1	1,000								
							1,000								
Aal															
	MQ	QA	Abflusssauftellung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort								
							0,000								
							0,000								
Wehr	19,8		1,000			1	1,000								
							1,000								
Aal															
	MQ	QA	Abflusssauftellung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort								
WKA	18,6	13,25	0,712	0,025	0,00	0,03	0,000								
Bypass WKA	18,6	13,25	0,712	0,975			0,695								
Wehr	18,6	13,25	0,288			0,975	0,280								
							0,975								
Aal															
	MQ	QA	Abflusssauftellung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort								
WKA	17,9	13	0,726	0,025	0,00	0,03	0,000								
Bypass WKA	17,9	13	0,726	0,975			0,708								
Wehr	17,9	13	0,274			0,975	0,267								
							0,975								
Aal															
	MQ	QA	Abflusssauftellung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort								
WKA	3,84	3,456	0,900	0,025	0,00	0,03	0,000								
Bypass WKA	3,84	3,456	0,900	0,975			0,878								
Wehr	3,84	3,456	0,100			0,975	0,098								
							0,975								

Tabelle 83: kumulierte Abstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 3a; Abstieg aus Loquitz

Bemerkungen:

- Bewertung Aal (Abwanderung aus Aufwuchsgebiet der Barbenregion, Startwert 100 % oberhalb Wehr Eichicht = Abstiegsraten kumuliert)
- Bewertung Lachs (Abwanderung Lachssmolts aus Laichhabitaten, Startwert 100 % oberhalb Wehr Eichicht = Abstiegsraten kumuliert)
- die Erreichbarkeitsrate gibt an, wie viel Prozent der Fische die Saale in Sachsen-Anhalt vom jeweiligen Standort aus gesehen erreichen

PLAN-Zustand 3a Loquitz: 15 mm bzw. 2 x 10 mm Rechen, Anströmung moderat, Wehr optimiert, Rest-WKA Dorndorf, inkl. 4 pot WKA														
Kurz-bez.	BEZEICHNUNG	WKA-Standort	Turbinenart	Stab-abstand Rechen	Bypass	MQ [m³/s]	Q _A [m³/s]	Q _A pro Turbine [m³/s]	A _{Rechen-wirksam} [m²]	V _{Anström} [m/s]	Lachs Überlebensrate Standort	Lachs Erreichbarkeitsrate ST	Lachs Abstieg-rate kumuliert	Aal Überlebensrate Standort
S22	Camburger Wehr	ja	3 Francis-Turbinen	15 mm	ja	31,20	6,00	6,00	10	max. 0,5	0,93	0,93	0,31	0,92
S23	Döbritscher Wehr	ja	2 Francis-Turbinen	15 mm	ja	31,20	18,00	9,00	25	max. 0,5				
S24	Dorndorfer Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	31,10	26,00	13,00	64,6	0,40	0,92	0,80	0,36	0,91
S25	Porstendorfer Wehr	ja	Rest-WKA 3 Francis-Turbinen	15 mm	ja	31,10	6,00	6,00	19,25	0,31				
S26	Paradieswehr	ja	2 Kaplan-Rohrturbinen	15 mm	ja	31,00	23,40	7,80	32	max. 0,5	0,93	0,75	0,39	0,92
S27	Rasennmühlenwehr	ja	2 Kaplan-Rohrturbinen	15 mm	ja	30,90	30,00	15,00	48,4	max. 0,5	0,92	0,69	0,42	0,92
S28	Burgauer Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	30,80	30,00	15,00	55,46	max. 0,5	0,92	0,64	0,45	0,92
S29	Jägersdorfer Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	30,70	50,00	16,67	69,42	max. 0,5	0,92	0,59	0,49	0,92
S30	Kahlaer Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	30,00	16,05	5,35	31,59	0,51	0,93	0,55	0,53	0,92
S31	Uhlstädter Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	29,40	22,05			max. 0,5	0,93	0,51	0,57	0,93
S32	Volksstädter Rampe	ja				27,00	28,00	14,00	45,6	max. 0,5	0,92	0,47	0,61	0,92
S33	Unterpreilipper Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen	15 mm	ja	25,70	19,28			max. 0,5	0,93	0,44	0,66	0,92
S34	Görztzmühlenwehr	ja	2 Francis-Turbinen	10 mm	ja	21,90	36,00	12,00	79,8	0,45	0,92	0,41	0,70	0,91
S35	Mittelmühlenwehr; Zeisswehr	ja	2 Francis-Turbinen	10 mm	ja	20,90	15,68			max. 0,5	1,00	0,41	0,76	1,00
S36	Saalefelder Teilwehr	ja	2 Francis-Turbinen	10 mm	ja	20,30	15,23			max. 0,5	0,93	0,38	0,76	0,92
S37	Obemitzer Wehr	ja	2 Francis-Turbinen	10 mm	ja	19,80	14,85			max. 0,5	0,93	0,35	0,82	0,92
S38	Reschitzer Wehr	ja	2 Francis-Turbinen	10 mm	ja	18,60	13,25	6,63	22,7	max. 0,5	0,96	0,34	0,88	0,98
S39	Wehr Eichicht	ja	2 Francis-Turbinen	10 mm	ja	17,90	13,00	6,50	24,7	max. 0,5	0,96	0,33	0,92	0,98
Loquitz		ja	Kaplan	10 mm		3,84	< 10	?		max. 0,5	0,96	0,31	0,96	0,98

Einzelstandortberechnungen für kumulierte Abstiegsraten in Tabelle 83 mittels Flussdiagrammschema

S22															
Camburg	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine								
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	3,4 m³/s ohne Rest-WKA (alt)		Francis	9 m³/s								
Rest-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s			Francis	6 m³/s								
Lachs								Aal							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	31,2	18	0,577	0,3	0,90	0,79	0,123	WKA	31,2	18	0,577	0,1	0,25	0,03	0,000
Bypass WKA	31,2	18	0,577	0,7			0,404	Bypass WKA	31,2	18	0,577	0,9			0,519
Wehr	31,2		0,231			0,975	0,225	Wehr	31,2		0,231			0,975	0,225
Rest-WKA	31,2	6	0,192	0,3	0,90	0,79	0,041	Rest-WKA	31,2	6	0,192	0,1	0,25	0,03	0,000
Bypass	31,2	6	0,192	0,7			0,135	Bypass	31,2	6	0,192	0,9			0,173
							0,928								0,918
S23															
Döbritsch	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine								
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	1,8 m³/s		Francis Francis	10 m³/s								
Lachs								Aal							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	31,2	20	0,641	0,3	0,90	0,8	0,138	WKA	31,2	20	0,641	0,1	0,25	0,8	0,013
Bypass WKA	31,2	20	0,641	0,7			0,449	Bypass WKA	31,2	20	0,641	0,9			0,577
Wehr	31,2		0,359			0,975	0,350	Wehr	31,2		0,359			0,975	0,350
							0,937								0,940
S24															
Dorndorf	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine								
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	3,5 m³/s		Kaplan	13 m³/s								
	optimal	15 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	6 m³/s								
Lachs								Aal							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	31,1	26	0,726	0,3	0,90	0,81	0,159	WKA	31,1	26	0,726	0,1	0,25	0,38	0,007
Bypass WKA	31,1	26	0,726	0,7			0,508	Bypass WKA	31,1	26	0,726	0,9			0,654
Wehr	31,1		0,100			0,975	0,098	Wehr	31,1		0,100			0,975	0,098
Rest-WKA	31,1	6	0,174	0,3	0,90	0,8	0,038	Rest-WKA	31,1	6	0,174	0,1	0,25	0,03	0,000
Bypass	31,1	6	0,174	0,7			0,122	Bypass	31,1	6	0,174	0,9			0,156
							0,924								0,915
S25															
Porstendorf	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine								
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	3 m³/s		Francis	7,8 m³/s								
Lachs								Aal							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	31	23,4	0,755	0,3	0,90	0,79	0,161	WKA	31	23,4	0,755	0,1	0,25	0,03	0,001
Bypass WKA	31	23,4	0,755	0,7			0,528	Bypass WKA	31	23,4	0,755	0,9			0,679
Wehr	31		0,245			0,975	0,239	Wehr	31		0,245			0,975	0,239
							0,928								0,919

S26																	
Paradiesweh	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
Fluss-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	1 m³/s		Kaplan	15 m³/s										
Lachs								Aal									
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	30,9	30	0,900	0,3	0,90	0,81	0,197	WKA	30,9	30	0,900	0,1	0,25	0,38	0,009		
Bypass WKA	30,9	30	0,900	0,7			0,630	Bypass WKA	30,9	30	0,900	0,9			0,810		
Wehr	30,9		0,100			0,975	0,098	Wehr	30,9		0,100			0,975	0,098		
							0,924								0,916		
S27																	
Rasenmühl	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
Fluss-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	0,6 m³/s Brauchwasser Schott		Kaplan	15 m³/s										
Lachs								Aal									
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	30,8	30	0,900	0,3	0,90	0,81	0,197	WKA	30,8	30	0,900	0,1	0,25	0,38	0,009		
Bypass WKA	30,8	30	0,900	0,7			0,630	Bypass WKA	30,8	30	0,900	0,9			0,810		
Wehr	30,8		0,100			0,975	0,098	Wehr	30,8		0,100			0,975	0,098		
							0,924								0,916		
S28																	
Burgauer Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	1 m³/s		Kaplan	16,67 m³/s										
Lachs								Aal									
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	30,7	50	0,900	0,3	0,90	0,81	0,197	WKA	30,7	50	0,900	0,1	0,25	0,38	0,009		
Bypass WKA	30,7	50	0,900	0,7			0,630	Bypass WKA	30,7	50	0,900	0,9			0,810		
Wehr	30,7		0,100			0,975	0,098	Wehr	30,7		0,100			0,975	0,098		
							0,924								0,916		
S29																	
Jägersdorf	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	3,1 m³/s		Kaplan	5,35 m³/s										
Rest-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	4,55 m³/s										
Lachs								Aal									
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	30	16,05	0,535	0,3	0,90	0,8	0,116	WKA	30	16,1	0,535	0,1	0,25	0,03	0,000		
Bypass WKA	30	16,05	0,535	0,7			0,375	Bypass WKA	30	16,1	0,535	0,9			0,482		
Wehr	30		0,313			0,975	0,306	Wehr	30		0,313			0,975	0,306		
Rest-WKA	30	4,55	0,152	0,3	0,90	0,8	0,033	Rest-WKA	30	4,55	0,152	0,1	0,25	0,03	0,000		
Bypass	30	4,55	0,152	0,7			0,106	Bypass	30	4,55	0,152	0,9			0,137		
							0,934								0,924		

S30															
Kahlaer Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine								
Fluss-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	3,1 m³/s		Kaplan	11 m³/s								
Lachs								Aal							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	29,4	22,05	0,750	0,3	0,90	0,81	0,164	WKA	29,4	22,1	0,750	0,1	0,25	0,38	0,007
Bypass WKA	29,4	22,05	0,750	0,7			0,525	Bypass WKA	29,4	22,1	0,750	0,9			0,675
Wehr	29,4		0,250			0,975	0,244	Wehr	29,4		0,250			0,975	0,244
							0,933								0,926
S31															
Uhlstädtter Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine								
Fluss-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	0,6 m³/s aller Mühlgraben durch den Ort		Kaplan	14 m³/s								
Lachs								Aal							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	27	28	0,900	0,3	0,90	0,81	0,197	WKA	27	28	0,900	0,1	0,25	0,38	0,009
Bypass WKA	27	28	0,900	0,7			0,630	Bypass WKA	27	28	0,900	0,9			0,810
Wehr	27		0,100			0,975	0,098	Wehr	27		0,100			0,975	0,098
							0,924								0,916
S32															
Volksstädter Rampe	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine								
Fluss-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	9,6								
Lachs								Aal							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	25,7	19,28	0,750	0,3	0,90	0,8	0,162	WKA	25,7	19,3	0,750	0,1	0,25	0,03	0,001
Bypass WKA	25,7	19,28	0,750	0,7			0,525	Bypass WKA	25,7	19,3	0,750	0,9			0,675
Wehr	25,7		0,250			0,975	0,244	Wehr	25,7		0,250			0,975	0,244
							0,931								0,919
S34															
Unterpreilipper Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine								
Haupt-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s	3 m³/s		Kaplan	12 m³/s								
Rest-WKA	mit	15 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	5 m³/s								
Lachs								Aal							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort
WKA	21,9	36	0,695	0,3	0,90	0,81	0,152	WKA	21,9	36	0,695	0,1	0,25	0,38	0,007
Bypass WKA	21,9	36	0,695	0,7			0,486	Bypass WKA	21,9	36	0,695	0,9			0,625
Wehr	21,9		0,100			0,975	0,098	Wehr	21,9		0,100			0,975	0,098
Rest-WKA	21,9	5	0,205	0,3	0,90	0,8	0,044	Rest-WKA	21,9	5	0,205	0,1	0,25	0,03	0,000
Bypass	21,9	5	0,205	0,7			0,144	Bypass	21,9	5	0,205	0,9			0,185
							0,924								0,914
S35															
Göritzmuldenwehr ohne WKA	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine								
Lachs								Aal							
	MQ Standort	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		MQ	QA	Abflussaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort
							0,000								0,000
							0,000								0,000
Wehr	20,9		1,000			1	1,000	Wehr	20,9		1,000			1	1,000
							1,000								1,000

S36									
Mittelmühlener Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine		
Fluss-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	7,6		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	20,3	15,23	0,750	0,3	0,90	0,8	0,162		
Bypass WKA	20,3	15,23	0,750	0,7			0,525		
Wehr	20,3		0,250			0,975	0,244		
							0,931		
S37									
Saalefelder Teilewehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine		
Fluss-WKA	optimal	15 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	7,4		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	19,8	14,85	0,750	0,3	0,90	0,8	0,162		
Bypass WKA	19,8	14,85	0,750	0,7			0,525		
Wehr	19,8		0,250			0,975	0,244		
							0,931		
S38									
Obernitzer Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine		
Haupt-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	2 m³/s		Francis	6,63 m³/s		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	18,6	13,25	0,712	0,05	0,10	0,79	0,003		
Bypass WKA	18,6	13,25	0,712	0,95			0,677		
Wehr	18,6	13,25	0,288			0,975	0,280		
							0,960		
S39									
Reschwitz er Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine		
Haupt-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	2 m³/s		Kaplan	6,5 m³/s		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	17,9	13	0,726	0,05	0,10	0,8	0,003		
Bypass WKA	17,9	13	0,726	0,95			0,690		
Wehr	17,9	13	0,274			0,975	0,267		
							0,960		
Loquitz									
Wehr Eichicht	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserforderung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine		
Haupt-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	0,38 m³/s		Kaplan	3,46 m³/s		
					Annahmen				
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	3,84	3,456	0,900	0,05	0,10	0,8	0,004		
Bypass WKA	3,84	3,456	0,900	0,95			0,855		
Wehr	3,84	3,456	0,100			0,975	0,098		
							0,956		
Aal									
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	20,3	15,2	0,750	0,1	0,25	0,03	0,001		
Bypass WKA	20,3	15,2	0,750	0,9			0,675		
Wehr	20,3		0,250			0,975	0,244		
							0,919		
Aal									
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	19,8	14,9	0,750	0,1	0,25	0,03	0,001		
Bypass WKA	19,8	14,9	0,750	0,9			0,675		
Wehr	19,8		0,250			0,975	0,244		
							0,919		
Aal									
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	18,6	13,3	0,712	0,025	0,00	0,03	0,000		
Bypass WKA	18,6	13,3	0,712	0,975			0,695		
Wehr	18,6	13,3	0,288			0,975	0,280		
							0,975		
Aal									
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	17,9	13	0,726	0,025	0,00	0,03	0,000		
Bypass WKA	17,9	13	0,726	0,975			0,708		
Wehr	17,9	13	0,274			0,975	0,267		
							0,975		
Aal									
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrate	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	3,84	3,46	0,900	0,025	0,00	0,03	0,000		
Bypass WKA	3,84	3,46	0,900	0,975			0,878		
Wehr	3,84	3,46	0,100			0,975	0,098		
							0,975		

Tabelle 84: kumulierte Abstiegsraten, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 3b; Abstieg aus Loquitz

Bemerkungen:

- Bewertung Aal (Abwanderung aus Aufwuchsgebiet der Barbenregion, Startwert 100 % oberhalb Wehr Eichicht = Abstiegsraten kumuliert)
- Bewertung Lachs (Abwanderung Lachssmolts aus Laichhabitaten, Startwert 100 % oberhalb Wehr Eichicht = Abstiegsraten kumuliert)
- die Erreichbarkeitsrate gibt an, wie viel Prozent der Fische die Saale in Sachsen-Anhalt vom jeweiligen Standort aus gesehen erreichen

PLAN-Zustand 3b Loquitz: überall 10 mm Rechen, Anströmung moderat, Wehr optimiert, Rest-WKA Domdorf, inkl. 4 pot WKA													
Kurz-bez.	BEZEICHNUNG	WKA-Standort	Turbinenart	Stab-abstand Rechen	Bypass	MQ [m³/s]	Q _A [m³/s]	Q _{A pro Turbine} [m³/s]	A _{Rechen-wirksam} [m²]	V _{Anström} [m/s]	Lachs Überlebensrate Standort	Lachs Erreichbarkeitsrate ST	Lachs Abstiegsrate kumuliert
S22	Camburger Wehr	ja	3 Francis-Turbinen	10 mm	ja	31,20	6,00	6,00	10	max. 0,5	0,96	0,98	0,65
S23	Döbritscher Wehr	ja	2 Francis-Turbinen	10 mm	ja	31,20	20,00	10,00	45,44	0,44	0,96	0,95	0,67
S24	Domdorfer Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	10 mm	ja	31,10	26,00	13,00	64,6	0,40	0,96	0,93	0,68
S25	Porstendorfer Wehr	ja	3 Francis-Turbinen	10 mm	ja	31,10	6,00	6,00	19,25	0,31	0,96	0,98	0,70
S26	Paradieswehr	ja	2 Kaplan-Rohrturbinen	10 mm	ja	30,90	30,00	15,00	48,4	max. 0,5	0,96	0,88	0,72
S27	Rasennühlenwehr	ja	2 Kaplan-Rohrturbinen	10 mm	ja	30,80	30,00	15,00	55,46	max. 0,5	0,96	0,86	0,74
S28	Burgauer Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen	10 mm	ja	30,70	50,00	16,67	69,42	max. 0,5	0,96	0,84	0,76
S29	Jägersdorfer Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen	10 mm	ja	30,00	16,05	5,35	31,59	0,51	0,96	0,82	0,78
S30	Kahlaer Wehr	ja	Rest-WKA 1 Kaplan-Turbine	10 mm	ja	29,40	4,55	4,55	19,6	0,23	0,96	0,80	0,80
S31	Uhlstädter Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	10 mm	ja	27,00	28,00	14,00	45,6	max. 0,5	0,96	0,78	0,82
S32	Volksstädter Rampe	ja				25,70	19,28			max. 0,5	0,96	0,76	0,84
S34	Unterpfeilipper Wehr	ja	3 Kaplan-Turbinen	10 mm	ja	21,90	36,00	12,00	79,8	0,45	0,96	0,74	0,86
S35	Görtnmühlenwehr		Rest-WKA 1 Kaplan-Turbine	10 mm		20,90	5,00	5,00	15,33	0,33	0,96	0,98	0,88
S36	Mittelmühlenwehr, Zeisswehr	ja				20,30	15,68			max. 0,5	1,00	0,74	0,88
S37	Saalefelder Teilwehr	ja				19,80	15,23			max. 0,5	0,96	0,72	0,90
S38	Obernitzer Wehr	ja	2 Francis-Turbinen	10 mm	ja	18,60	14,85		22,7	max. 0,5	0,96	0,70	0,93
S39	Reschwitz Wehr	ja	2 Kaplan-Turbinen	10 mm	ja	17,90	13,25	6,63	24,7	max. 0,5	0,96	0,68	0,95
Loquitz	Wehr Eichicht	ja	Kaplan	10 mm		3,84	13,00	6,50		max. 0,5	0,96	0,67	0,98

Einzelstandortberechnungen für kumulierte Abstiegsraten in Tabelle 84 mittels Flussdiagrammschema

S22													
Camburg	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine						
Haupt-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	3,4 m³/s ohne Rest-WKA (alt)		Francis	9 m³/s						
Rest-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s			Francis	6 m³/s						
Lachs													
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort						
WKA	31,2	18	0,577	0,05	0,10	0,79	0,002						
Bypass WKA	31,2	18	0,577	0,95			0,548						
Wehr	31,2		0,231			0,975	0,225						
Rest-WKA	31,2	6	0,192	0,05	0,10	0,79	0,001						
Bypass	31,2	6	0,192	0,95			0,183						
							0,959						
S23													
Döbritsch	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine						
Haupt-	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	1,8 m³/s		Francis	10 m³/s						
						Francis							
Lachs													
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort						
WKA	31,2	20	0,641	0,05	0,10	0,8	0,003						
Bypass WKA	31,2	20	0,641	0,95			0,609						
Wehr	31,2		0,359			0,975	0,350						
							0,962						
S24													
Dorndorf	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine						
Haupt-	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	3,5 m³/s		Kaplan	13 m³/s						
	optimal	10 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	6 m³/s						
Lachs													
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort						
WKA	31,1	26	0,726	0,05	0,10	0,81	0,003						
Bypass WKA	31,1	26	0,726	0,95			0,690						
Wehr	31,1		0,100			0,975	0,098						
Rest-WKA	31,1	6	0,174	0,05	0,10	0,8	0,001						
Bypass	31,1	6	0,174	0,95			0,165						
							0,956						
S25													
Porstendorf	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine						
Haupt-	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	3 m³/s		Francis	7,8 m³/s						
Lachs													
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort						
WKA	31	23,4	0,755	0,05	0,10	0,79	0,003						
Bypass WKA	31	23,4	0,755	0,95			0,717						
Wehr	31		0,245			0,975	0,239						
							0,959						
Aal													
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort						
WKA	31,2	18	0,577	0,025	0,00	0,03	0,000						
Bypass WKA	31,2	18	0,577	0,975			0,563						
Wehr	31,2		0,231			0,975	0,225						
Rest-WKA	31,2	6	0,192	0,025	0,00	0,03	0,000						
Bypass	31,2	6	0,192	0,975			0,188						
							0,975						
Aal													
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort						
WKA	31,2	20	0,641	0,025	0,00	0,8	0,000						
Bypass WKA	31,2	20	0,641	0,975			0,625						
Wehr	31,2		0,359			0,975	0,350						
							0,975						
Aal													
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort						
WKA	31,1	26	0,726	0,025	0,00	0,38	0,000						
Bypass WKA	31,1	26	0,726	0,975			0,708						
Wehr	31,1		0,100			0,975	0,098						
Rest-WKA	31,1	6	0,174	0,025	0,00	0,03	0,000						
Bypass	31,1	6	0,174	0,975			0,169						
							0,975						
Aal													
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrates	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort						
WKA	31	23,4	0,755	0,025	0,00	0,03	0,000						
Bypass WKA	31	23,4	0,755	0,975			0,736						
Wehr	31		0,245			0,975	0,239						
							0,975						

Durchgängigkeitskonzept Saale

S26																	
Paradiesweh	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
Fluss-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	1 m³/s		Kaplan	15 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrage	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	30,9	30	0,900	0,05	0,10	0,81	0,004										
Bypass																	
WKA	30,9	30	0,900	0,95			0,855										
Wehr	30,9		0,100			0,975	0,098										
							0,956										
S27																	
Rasenmühl	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
Fluss-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	0,6 m³/s Brauchwasser Schott		Kaplan	15 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrage	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	30,8	30	0,900	0,05	0,10	0,81	0,004										
Bypass																	
WKA	30,8	30	0,900	0,95			0,855										
Wehr	30,8		0,100			0,975	0,098										
							0,956										
S28																	
Burgauer	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
Wehr	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	1 m³/s		Kaplan	16,67 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrage	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	30,7	50	0,900	0,05	0,10	0,81	0,004										
Bypass																	
WKA	30,7	50	0,900	0,95			0,855										
Wehr	30,7		0,100			0,975	0,098										
							0,956										
S29																	
Jägersdorf	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Turbine										
Haupt-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	3,1 m³/s		Kaplan	5,35 m³/s										
Rest-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	4,55 m³/s										
Lachs																	
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrage	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	30	16,05	0,535	0,05	0,10	0,8	0,002										
Bypass																	
WKA	30	16,05	0,535	0,95			0,508										
Wehr	30		0,313			0,975	0,306										
Rest-WKA	30	4,55	0,152	0,05	0,10	0,8	0,001										
Bypass	30	4,55	0,152	0,95			0,144										
							0,961										
Aal																	
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrage	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort										
WKA	30,9	30	0,900	0,025	0,00	0,38	0,000										
Bypass																	
WKA	30,9	30	0,900	0,975			0,878										
Wehr	30,9		0,100			0,975	0,098										
							0,975										

Durchgängigkeitskonzept Saale

S30																			
Kahlaer Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung						Turbinentyp Kaplan	Schluckvermögen je Trubine 11 m³/s								
	Fluss-WKA optimal	10 mm	< 0,5 m/s	3,1 m³/s															
Lachs																			
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrage	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort												
WKA	29,4	22,05	0,750	0,05	0,10	0,81	0,003												
Bypass																			
WKA	29,4	22,05	0,750	0,95			0,713												
Wehr	29,4		0,250			0,975	0,244												
							0,959												
S31																			
Uhlstädter Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung						Turbinentyp Kaplan	Schluckvermögen je Trubine 14 m³/s								
	Fluss-WKA optimal	10 mm	< 0,5 m/s	0,6 m³/s aller Mühlgraben durch den Ort															
Lachs																			
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrage	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort												
WKA	27	28	0,900	0,05	0,10	0,81	0,004												
Bypass																			
WKA	27	28	0,900	0,95			0,855												
Wehr	27		0,100			0,975	0,098												
							0,956												
S32																			
Volksstädter Rampe	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung						Turbinentyp Kaplan	Schluckvermögen je Trubine 9,6								
	Fluss-WKA optimal	10 mm	< 0,5 m/s																
Lachs																			
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrage	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort												
WKA	25,7	19,28	0,750	0,05	0,10	0,8	0,003												
Bypass																			
WKA	25,7	19,28	0,750	0,95			0,713												
Wehr	25,7		0,250			0,975	0,244												
							0,959												
S34																			
Unterpreilippener Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung						Turbinentyp Kaplan	Schluckvermögen je Trubine 12 m³/s								
	Haupt-WKA optimal	10 mm	< 0,5 m/s	3 m³/s															
Rest-WKA	mit	10 mm	< 0,5 m/s							Kaplan	5 m³/s								
Lachs																			
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrage	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort												
WKA	21,9	36	0,695	0,05	0,10	0,81	0,003												
Bypass																			
WKA	21,9	36	0,695	0,95			0,660												
Wehr	21,9		0,100			0,975	0,098												
Rest-WKA	21,9	5	0,205	0,05	0,10	0,8	0,001												
Bypass	21,9	5	0,205	0,95			0,195												
							0,956												
S35																			
Göritzmühlener Wehr ohne WKA	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung						Turbinentyp Kaplan	Schluckvermögen je Trubine 1								
Lachs																			
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrage	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort												
							0,000												
							0,000												
Wehr	20,9		1,000				1												
							1,000												
S36																			
Aal																			
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrage	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort												
WKA	29,4	22,05	0,750	0,025	0,00	0,38	0,000												
Bypass																			
WKA	29,4	22,05	0,750	0,975			0,731												
Wehr	29,4		0,250			0,975	0,244												
							0,975												

Durchgängigkeitskonzept Saale

S36									
Mittelmühlener Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine		
Fluss-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	7,6		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrage	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	20,3	15,23	0,750	0,05	0,10	0,8	0,003		
Bypass WKA	20,3	15,23	0,750	0,95			0,713		
Wehr	20,3		0,250			0,975	0,244		
							0,959		
S37									
Saalefelder Teilewehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine		
Fluss-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s			Kaplan	7,4		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrage	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	19,8	14,85	0,750	0,05	0,10	0,8	0,003		
Bypass WKA	19,8	14,85	0,750	0,95			0,713		
Wehr	19,8		0,250			0,975	0,244		
							0,959		
S38									
Obernitzer Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine		
Haupt-	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	2 m³/s		Francis	6,63 m³/s		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrage	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	18,6	13,25	0,712	0,05	0,10	0,79	0,003		
Bypass WKA	18,6	13,25	0,712	0,95			0,677		
Wehr	18,6	13,25	0,288			0,975	0,280		
							0,960		
S39									
Reschwitze r Wehr	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine		
Haupt-	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	2 m³/s		Kaplan	6,5 m³/s		
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrage	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	17,9	13	0,726	0,05	0,10	0,8	0,003		
Bypass WKA	17,9	13	0,726	0,95			0,690		
Wehr	17,9	13	0,274			0,975	0,267		
							0,960		
Loquitz									
Wehr Eichicht	Bypass	Rechen	Anströmgeschwindigkeit	Restwasserführung		Turbinentyp	Schluckvermögen je Trubine		
Haupt-WKA	optimal	10 mm	< 0,5 m/s	0,38 m³/s		Kaplan	3,46 m³/s		
					Annahmen				
Lachs									
	MQ Standort	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrage	Rechenpassagerate	Lachs Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	3,84	3,456	0,900	0,05	0,10	0,8	0,004		
Bypass WKA	3,84	3,456	0,900	0,95			0,855		
Wehr	3,84	3,456	0,100			0,975	0,098		
							0,956		
Aal									
	MQ	QA	Abflusssaufteilung, großr. Auff.	Systemableitungsrage	Rechenpassagerate	Aal Überlebensrate	Überlebensrate Standort		
WKA	20,3	15,2	0,750	0,025	0,00	0,03	0,000		
Bypass WKA	20,3	15,2	0,750	0,975			0,731		
Wehr	20,3		0,250			0,975	0,244		
							0,975		

Anhang 12: kumulative Überlebensrate des Aales, Ist-Zustand

Tabelle 85: Überlebensrate Aal, mittlere Thür. Saale, Ist-Zustand

Kurz - bez.	Bezeichnung	Abstand Mündung [km]	Aalarealanteile oberhalb QBW	Überlebens- rate Standort (IST)	Erreichbar- keit ST	Gesamtüber- lebensrate ST Aale
	Landesgrenze bei Großheringen	0	0,09	1		0,12
S22	WKA Camburg	9,3	0,03	0,25	0,25	0,03
S23	WKA Döbritschen	12,1	0,06	0,82	0,20	0,08
S24	WKA Dorndorf	17,9	0,08	0,42	0,08	0,04
S25	WKA Porstendorf	26,1	0,06	0,26	0,02	0,02
S26	WKA Paradieswehr	32,48	0,01	0,18	0,00	0,01
S27	WKA Rasenmühle	33,46	0,04	0,17	0,00	0,02
S28	WKA Burgau	37,2	0,09	0,40	0,00	0,10
S29	WKA Jägersdorf	46,6	0,05	0,55	0,00	0,15
S30	WKA Kahla	51,8	0,15	1,00	0,00	0,22
S31	WKA Uhlstädt	67,7	0,13	0,34	0,00	0,06
S32	Volksstädter Rampe	80,84	0,03	1,00	0,00	0,06
S34	WKA Unterpreilipp	83,5	0,06	0,33	0,00	0,03
S35	Göritz-mühlenwehr	89,25	0,01	1,00	0,00	0,05
S36	Zeisswehr	90,45	0,01	1,00	0,00	0,04
S37	Saalfelder Teilewehr	91,37	0,02	1,00	0,00	0,03
S38	WKA Oberritzer Wehr	93,85	0,01	0,19	0,00	0,01
S39	WKA Reschwitz Wehr	95,35	0,08	0,25	0,00	0,02
	Sperre Eichicht	103,45	1,00	1	0,00	
					Gesamtüber- lebensrate mittlere Saale	0,12

Anhang 13: kumulative Überlebensrate des Aales, Plan-Zustand

2 Varianten

Tabelle 86: Überlebensrate Aal, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 1

Kurz-bez.	Bezeichnung	Abstand Mündung [km]	Aalarealanteile oberhalb QBW	Überlebens-rate Standort (PLAN-Zustand 3a)	Erreichbar-keit ST	Gesamtüber-lebensrate ST Aale
	Landesgrenze bei Großheringen	0	0,09	1		0,61
S22	WKA Camburg	9,3	0,03	0,92	0,92	0,52
S23	WKA Döbritschen	12,1	0,06	0,94	0,86	0,54
S24	WKA Dorndorf	17,9	0,08	0,91	0,79	0,52
S25	WKA Porstendorf	26,1	0,06	0,92	0,72	0,48
S26	WKA Paradieswehr	32,48	0,01	0,92	0,66	0,47
S27	WKA Rasenmühle	33,46	0,04	0,92	0,61	0,50
S28	WKA Burgau	37,2	0,09	0,92	0,56	0,51
S29	WKA Jägersdorf	46,6	0,05	0,92	0,51	0,46
S30	WKA Kahla	51,8	0,15	1,00	0,51	0,45
S31	WKA Uhlstädt	67,7	0,13	0,92	0,47	0,30
S32	Volksstädter Rampe	80,84	0,03	1,00	0,47	0,20
S34	WKA Unterpreilipp	83,5	0,06	0,91	0,43	0,17
S35	Göritzmühlenwehr	89,25	0,01	1,00	0,43	0,13
S36	Zeisswehr	90,45	0,01	1,00	0,43	0,12
S37	Saalfelder Teilewehr	91,37	0,02	1,00	0,43	0,11
S38	WKA Oberritzer Wehr	93,85	0,01	0,98	0,42	0,09
S39	WKA Reschwitz Wehr	95,35	0,08	0,98	0,41	0,08
	Sperre Eichicht	103,45	1,00	1	0,41	
					Gesamtüber-lebensrate mittlere Saale	0,61

Tabelle 87: Überlebensrate Aal, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 2

Kurz-bez.	Bezeichnung	Abstand Mündung [km]	Aalarealanteile oberhalb QBW	Überlebens-rate Standort (PLAN-Zustand 3b)	Erreichbar-keit ST	Gesamtüber-lebensrate ST Aale
	Landesgrenze bei Großheringen	0	0,09	1		0,85
S22	WKA Camburg	9,3	0,03	0,98	0,98	0,76
S23	WKA Döbritschen	12,1	0,06	0,98	0,95	0,75
S24	WKA Dorndorf	17,9	0,08	0,98	0,93	0,71
S25	WKA Porstendorf	26,1	0,06	0,98	0,90	0,65
S26	WKA Paradieswehr	32,48	0,01	0,98	0,88	0,61
S27	WKA Rasenmühle	33,46	0,04	0,98	0,86	0,62
S28	WKA Burgau	37,2	0,09	0,98	0,84	0,59
S29	WKA Jägersdorf	46,6	0,05	0,98	0,82	0,52
S30	WKA Kahla	51,8	0,15	1,00	0,82	0,48
S31	WKA Uhlstädt	67,7	0,13	0,98	0,80	0,33
S32	Volksstädter Rampe	80,84	0,03	1,00	0,80	0,21
S34	WKA Unterpreilipp	83,5	0,06	0,98	0,78	0,18
S35	Göritz-mühlenwehr	89,25	0,01	1,00	0,78	0,13
S36	Zeisswehr	90,45	0,01	1,00	0,78	0,12
S37	Saalfelder Teilewehr	91,37	0,02	1,00	0,78	0,11
S38	WKA Oberritzer Wehr	93,85	0,01	0,98	0,76	0,09
S39	WKA Reschwitz Wehr	95,35	0,08	0,98	0,74	0,08
	Sperre Eichicht	103,45	1,00	1	0,74	
					Gesamtüber-lebensrate mittlere Saale	0,85

Anhang 14: kumulative Überlebensrate des Aales, Plan-Zustand mit potentieller WKA-Nutzung ungenutzter Standorte

2 Varianten

Tabelle 88: Überlebensrate Aal, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 3a

Kurz- bez.	Bezeichnung	Abstand Mündung [km]	Aalarealanteile oberhalb QBW	Überlebens- rate Standort (PLAN- Zustand 4a)	Erreichbar- keit ST	Gesamt- über- lebensrate ST Aale
	Landesgrenze bei Großheringen	0	0,09	1		0,58
S22	WKA Camburg	9,3	0,03	0,92	0,92	0,49
S23	WKA Döbritschen	12,1	0,06	0,94	0,86	0,50
S24	WKA Dorndorf	17,9	0,08	0,91	0,79	0,48
S25	WKA Porstendorf	26,1	0,06	0,92	0,72	0,45
S26	WKA Paradieswehr	32,48	0,01	0,92	0,66	0,42
S27	WKA Rasenmühle	33,46	0,04	0,92	0,61	0,45
S28	WKA Burgau	37,2	0,09	0,92	0,56	0,46
S29	WKA Jägersdorf	46,6	0,05	0,92	0,51	0,41
S30	WKA Kahla	51,8	0,15	0,93	0,48	0,39
S31	WKA Uhlstädt	67,7	0,13	0,92	0,44	0,27
S32	Volksstädter Rampe	80,84	0,03	0,92	0,40	0,17
S34	WKA Unterpreilipp	83,5	0,06	0,91	0,37	0,16
S35	Göriztmühlenwehr	89,25	0,01	1,00	0,37	0,11
S36	Zeisswehr	90,45	0,01	0,92	0,34	0,10
S37	Saalfelder Teilewehr	91,37	0,02	0,92	0,31	0,10
S38	WKA Oberritzer Wehr	93,85	0,01	0,98	0,30	0,09
S39	WKA Reschwitz Wehr	95,35	0,08	0,98	0,29	0,08
	Sperre Eichicht	103,45	1,00	1	0,29	
					Gesamt- über- lebensrate mittlere Saale	0,58

Tabelle 89: Überlebensrate Aal, mittlere Thür. Saale, Plan-Zustand 3b

Kurz-bez.	Bezeichnung	Abstand Mündung [km]	Aalarealanteile oberhalb QBW	Überlebens-rate Standort (PLAN-Zustand 4b)	Erreichbar-keit ST	Gesamtüber-lebensrate ST Aale
	Landesgrenze bei Großheringen	0	0,09	1		0,83
S22	WKA Camburg	9,3	0,03	0,98	0,98	0,74
S23	WKA Döbritschen	12,1	0,06	0,98	0,95	0,73
S24	WKA Dorndorf	17,9	0,08	0,98	0,93	0,69
S25	WKA Porstendorf	26,1	0,06	0,98	0,90	0,63
S26	WKA Paradieswehr	32,48	0,01	0,98	0,88	0,59
S27	WKA Rasenmühle	33,46	0,04	0,98	0,86	0,59
S28	WKA Burgau	37,2	0,09	0,98	0,84	0,57
S29	WKA Jägersdorf	46,6	0,05	0,98	0,82	0,49
S30	WKA Kahla	51,8	0,15	0,98	0,80	0,46
S31	WKA Uhlstädt	67,7	0,13	0,98	0,78	0,31
S32	Volksstädter Rampe	80,84	0,03	0,98	0,76	0,20
S34	WKA Unterpreilipp	83,5	0,06	0,98	0,74	0,18
S35	Göritz-mühlenwehr	89,25	0,01	0,98	0,72	0,12
S36	Zeisswehr	90,45	0,01	0,98	0,70	0,12
S37	Saalfelder Teilewehr	91,37	0,02	0,98	0,69	0,11
S38	WKA Oberritzer Wehr	93,85	0,01	0,98	0,67	0,09
S39	WKA Reschwitz Wehr	95,35	0,08	0,98	0,65	0,08
	Sperre Eichicht	103,45	1,00	1	0,65	
					Gesamtüber-lebensrate mittlere Saale	0,83

Anhang 15: Standortbezogene Erfassungsbögen

Als Einzelbögen in eigenem Ordner vorliegend, nicht im Gesamtdokument eingefügt.

