

Gesamtkonzept zur Herstellung der Durchgängigkeit der Werra

März 2015



Gesamtbewertung für die Herstellung der Durchgängigkeit an der Werra

„Durchgängigkeitskonzept Werra“ Erläuterungsbericht

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

Auftragnehmer Institut für Wasserwirtschaft, Siedlungswasserbau und
Ökologie GmbH
Hydrolabor Schleusingen
Themarer Str. 16 c
98553 Schleusingen

Bearbeiter Dipl.-Biol. Maria Schmalz
Dipl.-Ing. Jens Sauerwein

Schleusingen, März 2015

Inhalt

1	Veranlassung und Aufgabenstellung.....	1
2	Grundlegende Angaben zur Werra	3
2.1	Hydrologische Grundlagen	3
2.2	Lebensraumareale Wanderfischarten.....	4
2.2.1	Potenzielles Laichareal Lachs	4
2.2.2	Potenzielles Aufwuchsareal Aal.....	6
2.3	Bewertung von Querbauwerken außerhalb Thüringens.....	7
3	Erfassung des Ist-Zustandes	8
4	Defizitanalyse und Ableitung notwendiger Maßnahmen	9
4.1	Allgemeine Vorgehensweise	9
4.2	Grundlagen für die Konzeption von Fischaufstiegsanlagen	11
4.3	Grundlagen für die Konzeption von Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen.....	12
4.4	Übersicht der Maßnahmenvorschläge	14
4.4.1	Maßnahmen bezüglich des Fischaufstieges	14
4.4.2	Maßnahmen bezüglich des Fischabstieges	15
4.5	Ökologische Abflüsse.....	16
4.5.1	Mindestabfluss in Ausleitungsstrecken	16
4.5.2	Durchflüsse von Fischaufstiegsanlagen	17
4.5.3	Durchflüsse von Fischabstiegsanlagen	18
4.6	Kostengrobschätzung	19
4.6.1	Kostenschätzung Fischaufstieg.....	19
4.6.2	Kostenschätzung Fischabstieg.....	20
4.6.3	Gesamtkosten.....	22
4.7	Auswirkungen der ökologisch notwendigen Maßnahmen auf die Wirtschaftlichkeit.....	24
4.7.1	Energetische Basisdaten der Wasserkraftanlagen	24
4.7.2	Vergütungssätze nach EEG 2012	26
4.7.3	Bilanzierung ökologisch notwendiger Abflüsse.....	28
4.7.4	Rechenverluste.....	29
4.7.5	Bilanzierung der Jahresarbeit bzw. der -verluste	30
4.7.6	Jahreserträge.....	30
4.7.7	Erhöhte Betriebs- und Unterhaltungskosten	31
4.7.8	Auswirkungen auf die Jahreserträge.....	31
5	Bewertung des ökologischen Zustandes	33
5.1	Grundlagen und Vorgehensweise	33
5.2	Bewertung der flussauf gerichteten Durchgängigkeit	34
5.2.1	Rechnerische Grundlagen für die Bewertung	35
5.2.2	Ergebnisse der Ist-Zustandsbewertung Fischaufstieg	41
5.2.3	Ergebnisse der Plan-Zustandsbewertung Fischaufstieg.....	43
5.3	Bewertung der flussab gerichteten Durchgängigkeit.....	47
5.3.1	Rechnerische Grundlagen für die Bewertung	48
5.3.2	Ergebnisse der Ist-Zustandsbewertung Fischabstieg	59
5.3.3	Ergebnisse der Plan-Zustandsbewertung Fischabstieg	63
5.4	Beeinträchtigungen durch Stauräume und Ausleitungsstrecken	71
5.4.1	Grundlagen	71
5.4.2	Ergebnisse der Beeinträchtigung durch Stau und Ausleitung – Ist-Zustand	73
5.4.3	Möglichkeiten der Reduktion der Beeinträchtigung – Plan-Zustand	75
6	Prüfung der Nutzbarkeit von Querbauwerken entsprechend § 35 WHG	77
6.1	Grundlagen nach WHG.....	77
6.2	Prüfkriterien	77
6.3	Wirtschaftlichkeitsanalyse	78

6.3.1	Potenzielles Wasserangebot	78
6.3.2	Abschätzung Ausbauleistung und Jahresarbeit.....	79
6.3.3	Abschätzung der Investitionskosten	79
6.3.4	Ermittlung des Jahresertrag	81
6.3.5	Bewertung Wirtschaftlichkeit.....	81
6.3.6	Einzelbetrachtungen zu potenziellen Standorten	81
6.3.7	Weitere Optionen zur Nutzung von Wasserkraftpotenzial.....	85
7	Zusammenfassende Betrachtungen.....	85
7.1	Erreichen des guten ökologischen Zustandes durch Wiederherstellung der Durchgängigkeit 85	
7.2	Ansiedlung anadromer Wanderfischarten	86
8	Denkmalgeschützte Wehranlagen	89
9	Zusammenfassung.....	91
9.1	Grundlagen und Erfassung des Ist-Zustandes	91
9.2	Ableitung notwendiger Maßnahmen	91
9.2.1	Konzeption von Fischauf- und –abstiegsanlagen	91
9.2.2	Ökologische Abflüsse.....	92
9.2.3	Kostengrobschätzung	92
9.2.4	Mindererzeugung durch ökologische Abflüsse an WKA	93
9.3	Bewertung des ökologischen Zustandes	93
9.3.1	Fischaufstieg	93
9.3.2	Fischabstieg	94
9.3.3	Stau und Ausleitung	95
9.4	Prüfung der Wasserkraftnutzung nach § 35 WHG	95
9.5	Erreichen des guten ökologischen Zustandes nach WRRL.....	95
9.6	Wiederansiedlung von anadromen Wanderfischen	96
10	Literatur	97
11	Glossar	100
12	Abkürzungsverzeichnis	104
13	Formelverzeichnis	106
14	Abbildungsverzeichnis	107
15	Tabellenverzeichnis	109
16	Anhangsverzeichnis	111

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Veranlassung und Aufgabenstellung wurde in der Leistungsbeschreibung zum Durchgängigkeitskonzept ausführlich dargelegt und wird daher im Folgenden auszugsweise zitiert.

Veranlassung

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 Werra ist ab der Einmündung der Schwaba bis zur Landesgrenze nach Hessen als Schwerpunktgewässer Durchgängigkeit bzw. Struktur/Durchgängigkeit ausgewiesen. Auch in der oberen Werra ist der gute ökologische Zustand nicht erreicht, so dass bei der weiteren Umsetzung der WRRL auch für diesen Bereich Maßnahmen aufzustellen und umzusetzen sind. Dabei wird die Durchgängigkeit eine wesentliche Rolle spielen. In der Studie ist die gesamte Werra in Thüringen zu betrachten.

Aktueller Zustand

An der Werra befinden sich in Thüringen aktuell insgesamt 54 Querbauwerksstandorte (Wehre und Sohlenbauwerke) sowie 1 Talsperre (Hochwasserrückhaltebecken Grimmelshausen). An 17 dieser Standorte werden Wasserkraftanlagen betrieben. Am Mühlgraben in Eisfeld befinden sich 2 Mühlen, von denen nur die Herrenmühle in Betrieb ist.

Mit dem Modellvorhaben „Verbesserung und Vernetzung aquatischer Lebensräume“ wurde in den Jahren 2004 – 2008 ein großer Teil der Wehre in der Werra unterhalb der Talsperre Grimmelshausen durchgängig gestaltet. Es wurden zahlreiche Fischaufstiegsanlagen errichtet und ein Teil der Wehre zurück gebaut. An den meisten Wasserkraftanlagen ist wegen des unzureichenden Fischschutzes bzw. Fischabstieges Handlungsbedarf gegeben. In der oberen Werra sind die meisten Bauwerke nicht durchgängig. ...

Aufgabenbeschreibung

Ziel der Studie ist die Erarbeitung eines Konzeptes für die technische Lösung der Herstellung der Durchgängigkeit der Werra. 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.

Das Hochwasserrückhaltebecken Grimmelshausen, welches mit einem Dauerstau betrieben wird, ist in die Betrachtungen einzubeziehen.

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 und über die gesamten zu berücksichtigenden Gewässerstrecken zu untersuchen.

Für die Werra sind die Beeinträchtigungen durch Stau- und Ausleitungsstrecken zu bewerten (nach Anlage 3) 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.

Das Projekt sollte sich methodisch an der 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) orientieren. Im Verlauf der Bearbeitung ergab sich zusätzlich eine Anlehnung an das „Durchgängigkeitskonzept für die mittlere Saale in Thüringen“, erarbeitet vom Büro FLUSS (SCHMALZ 2013).

Aufgabe war zudem, die für die Ilm erarbeiteten Methoden und Bewertungen an die besonderen Erfordernisse der Werra anzupassen und ggfs. begründete Abweichungen von der Methodik vorzustellen. Dies betraf vor allem die Standorte im Unterlauf, für die aufgrund der Gewässergröße Modifikationen notwendig erschienen.

2 Grundlegende Angaben zur Werra

2.1 Hydrologische Grundlagen

Für verschiedene Aufgabenstellungen, z. B. die Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von WKA, Durchflüsse in Fischwanderhilfen oder Dimensionierung von Anlagen ist die Kenntnis über das zu erwartende Wasserdargebot sehr wichtig. Im Allgemeinen werden dabei folgende Abflusszustände für jeden Standort dargestellt:

- MQ mittlerer jährlicher Abfluss (arithmetisches Mittel aus langjährigen Aufzeichnungen)
- MNQ mittlerer Niedrigwasserabfluss
- MHQ mittlerer Hochwasserabfluss
- Q₃₀ an 30 Tagen im Jahr unterschrittene Abflüsse
- Q₃₃₀ an 330 Tagen im Jahr unterschrittene Abflüsse

An der Werra gibt es 7 Pegel, deren Stammdaten über das Internetangebot der TLUG abgerufen werden können (www.tlug-jena.de/hw/). Die langjährigen hydrologischen Kenndaten der Pegel sind im jeweiligen Gewässerkundlichen Jahrbuch veröffentlicht (Tab. 1). Für diese Studie wurden die Daten des Gewässerkundlichen Jahrbuches 2011 (NLWKN 2013) genutzt.

Tab. 1: Stammdaten der Pegel im Untersuchungsgebiet

Standort	Fluss-km	Einzugsgebiet	MQ	MNQ	MHQ	Q ₃₀	Q ₃₃₀
	l [km]	AE [km ²]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
Frankenroda	90,50	4212,40	40,50	11,10	217,00	12,80	85,30
Gerstungen	137,80	3039,00	30,80	7,76	184,00	8,75	66,40
Vacha	164,80	2246,00	23,50	5,58	136,00	6,50	50,30
Breitungen	195,00	1774,00	20,80	4,81	134,00	5,99	45,40
Meiningen	223,00	1170,00	14,40	3,18	105,00	3,60	29,60
Ebenhards	260,5	220,80	2,56	0,40	40,00	0,54	5,78
Eisfeld	283,00	51,2	1,09	0,15	12,40	0,19	2,45

Für die Kennwerte der einzelnen Querbauwerksstandorte wurden zum einen Angaben aus vorhandenen Unterlagen der TLUG verwendet (z. B. aus vorliegenden Planungsunterlagen), zum anderen wurden die Daten aus den bekannten Einzugsgebieten und Kenndaten der benachbarten Pegel berechnet. Es stellte sich heraus, dass die Daten aus den Planungen oft sehr uneinheitliche Werte angaben. Daher wurden in manchen Fällen die Werte berechnet, obwohl Planungswerte vorlagen.

Wurde nur ein Pegel als Bezugspegel verwendet, erfolgte die Berechnung mit Formel 1 (aus TLUG 2011):

Formel 1: Berechnung des Durchflusses am Standort mit Hilfe eines Bezugspegels

$$Q_{\text{Wehr}} = Q_{\text{Pegel}} \cdot \frac{AE_{\text{Wehr}}}{AE_{\text{Pegel}}}$$

Q_{Wehr} jeweiliger Abfluss am Standort

AE_{Wehr} Einzugsgebietsgröße des Standortes

Q_{Pegel} jeweiliger Abfluss am Pegel

AE_{Pegel} Einzugsgebietsgröße des Pegels

Bei Berechnungen für einen Standort, der zwischen zwei Pegeln liegt, wurde folgende Formel verwendet (aus TLUG 2011, Formel 2):

Formel 2: Berechnung des Durchflusses am Standort mit Hilfe eines Bezugspegels

$$Q_{\text{Wehr}} = Q_{\text{OWPegel}} + (Q_{\text{UWPegel}} - Q_{\text{OWPegel}}) \cdot \frac{AE_{\text{Wehr}} - AE_{\text{OWPegel}}}{AE_{\text{UWPegel}} - AE_{\text{OWPegel}}}$$

Q_{Wehr}	jeweiliger Abfluss am Standort
AE_{Wehr}	Einzugsgebietsgröße des Standortes
Q_{OWPegel}	jeweiliger Abfluss am oberwasserseitigen Pegel
Q_{UWPegel}	jeweiliger Abfluss am unterwasserseitigen Pegel
AE_{OWPegel}	Einzugsgebietsgröße am oberwasserseitigen Pegel
AE_{UWPegel}	Einzugsgebietsgröße am unterwasserseitigen Pegel

Die Flusskilometrierung und die Einzugsgebietsgrößen wurden für die meisten Standorte aus Unterlagen, die durch die TLUG zur Verfügung gestellt wurden, entnommen. In wenigen Fällen war eine Schätzung notwendig.

Die Daten zur hydrologischen Situation der Werra-Standorte befinden sich in Anhang 1.

2.2 Lebensraumareale Wanderfischarten

Für die Beurteilung der Durchgängigkeit, insbesondere im Bezug auf Wanderfischarten und die sich daraus ergebende Dimensionierung von Fischauf- und Fischabstiegsanlagen, war es notwendig, vorab die Areale für die jeweiligen Zielfischarten festzulegen. Die Abstimmungen erfolgten in Gesprächen mit der TLUG als Auftraggeber und der Oberen Fischereibehörde.

Als Zielfischarten wurden ausschließlich der Lachs als Vertreter der anadromen Wanderfische und der Aal als einziger katadromer Vertreter Europas ausgewählt. Weitere anadrome Fischarten, für die ein historisches Vorkommen in der Werra belegt ist, wären Meerforelle (deren Ansprüche denen des Lachses sehr ähnlich sind), Flussneunauge und evtl. Stör (war in Thüringen nie häufig).

2.2.1 Potenzielles Laichareal Lachs

Für den Lachs liegen historische Nachweise aus der Werra und ihren Zuflüssen vor. Er ist Anfang des 20. Jahrhunderts in Thüringen ausgestorben (TMLNU 2004). Seit Mitte der 1990er Jahre wurde in Thüringen über ein Wiederansiedlungsprojekt nachgedacht. Daher wurden 2001 Kartierungen potenzieller Lachgebiete in der Werra und ihren Nebengewässern durchgeführt (ARGE Weser 2001).

Prinzipiell ist der Oberlauf der Werra als geeignetes Laichgebiet anzusehen. Obwohl es angeblich historisch auch Lachaufstieg bis Eisfeld gab (Müller, R. mdl.), ist die Gewässerstrecke oberhalb des RHB Grimmelshausen aufgrund ihrer eher geringen Gewässerbereite und der geringen Abflussspende nicht als Haupt-Laichareal anzusehen. In der Werra wird daher das zu betrachtende Lachsareal bis zur Einmündung der Schleuse festgesetzt. In ARGE Weser (2001) wurde nur der Werraabschnitt oberhalb Grimmelshausen betrachtet, so dass in diesem Werk keine konkreten

Angaben für die Qualität der Laichgebiete unterhalb dieses Standortes zu finden sind. Die Werra zeigt jedoch auch im Mittellauf strukturell gut ausgestattete Gewässerstrecken, die als Laichhabitate in Frage kommen könnten. Aufgrund der Struktur besonders geeignet wären die Abschnitte zwischen Tiefenort und Breitungen, zwischen Wernshausen und Schwallungen, oberhalb Schwallungen bis Meiningen sowie zwischen Einhausen und Henfstädt. In diesen Strecken ausgenommen sind die Stauräume (Abb. 1).

In den größeren Nebenflüssen Hörsel, Ulster, Felda, Hasel und Schleuse sind Laichgebiete ebenfalls denkbar. Tab. 2 gibt die potenziell als Laichstrecke in Frage kommenden Gewässerabschnitte an.

Die Hörsel wird im Gutachten aus 2001 (ARGE Weser 2001) aufgrund mangelhafter Gewässerstruktur mit damaligem Stand nicht als geeignetes Laichgebiet angegeben. Allerdings wird auf das vorhandene Potenzial hingewiesen. Die strukturellen Beeinträchtigungen sind zweifellos noch vorhanden. Die Hörsel wird in dieser Studie vor allem auch deshalb betrachtet, weil sie der erste größere Nebenfluss in Thüringen ist und die Erreichbarkeit am ehesten gegeben wäre. Bei grober Einschätzung anhand des Luftbildes erscheint die Gewässerstruktur oberhalb von Eisenach zumindest streckenweise als Laichgebiet geeignet. Nach ARGE Weser (2001) ist besonders der Abschnitt zwischen Hörselgau und Leina hervorzuheben. In den weiteren oben aufgeführten Nebengewässern wurden nach ARGE Weser (2001) streckenweise sehr gute strukturelle Abschnitte festgestellt, die eine potenzielle Eignung vermuten lassen.

Die Schmalkalde wird aufgrund ihrer relativ geringen Gewässerdimensionen hier nicht als Laichgebiet betrachtet.

Tab. 2: potenzielle Laichgebiete des Lachses in den Nebengewässern der Werra

Gewässer	Potenzielles Laichgebiet	Bemerkungen
Hörsel	Oh Eisenach	Struktur eher schlecht, aber gute Erreichbarkeit
Ulster	Zwischen Buttlar und Tann ca. 15 km in Thüringen	
Felda	Zwischen Dietlas und Weilar, ca. 11 km	Nach Angaben von ARGE Weser (2001) bedingt geeignet
Hasel	Oh Ellingshausen bis Einmündung Schwarza, ca. 5 km	Nicht in ARGE Weser (2001) aufgeführt, Annahme der Eignung aufgrund Gewässerstruktur
Schleuse	Ab Mündung bis RHB Ratscher, ca. 12 km	Nach Angaben von ARGE Weser (2001) sehr gut geeignet
Werra	Tiefenort bis Breitungen, ca. 16 km	Auswahl aufgrund Strukturgüte (TLUG 2001)
Werra	Wernshausen bis Schwallungen, ca. 3 km	Auswahl aufgrund Strukturgüte (TLUG 2001)
Werra	Oh Schwallungen bis uh Meiningen, ca. 15 km	Auswahl aufgrund Strukturgüte (TLUG 2001)
Werra	Oh Einhausen bis Henfstädt, ca. 10 km	Auswahl aufgrund Strukturgüte (TLUG 2001)

In den Nebengewässern befinden sich ebenfalls Querbauwerke. Angaben zum Status der Durchgängigkeit wurden dem Handbuch zum Modellprojekt „Verbesserung und Vernetzung aquatischer Lebensräume“ (SUA Suhl 2008) entnommen. Die Hörsel ist in diesem Handbuch nicht enthalten, hier erfolgte die Beurteilung der Querbauwerke anhand von Luftbildern.

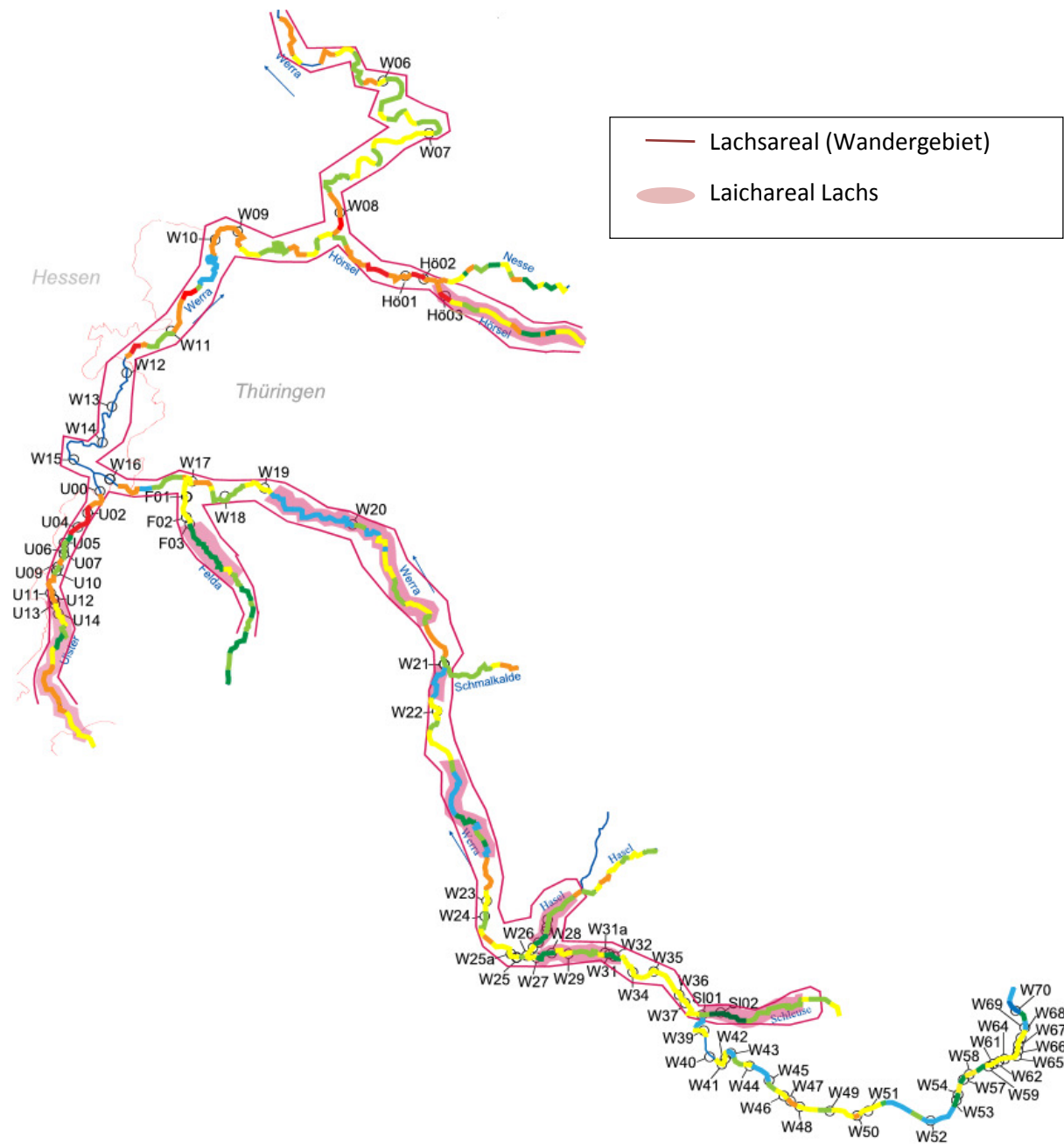


Abb. 1: potenzielles Lachslaichareal in der Werra und Nebenflüssen unterlegt mit der Gewässerstrukturgüte (TLUG 2001)

2.2.2 Potenzielles Aufwuchsareal Aal

Als potenzielles Aufwuchsareal für den Aal wurde die Barbenregion der Werra ohne die Nebengewässer festgelegt (Abb. 2). Als Barbenregion gilt der gesamte Verlauf der Werra in Thüringen, flussabwärts ab der Einmündung der Hasel.

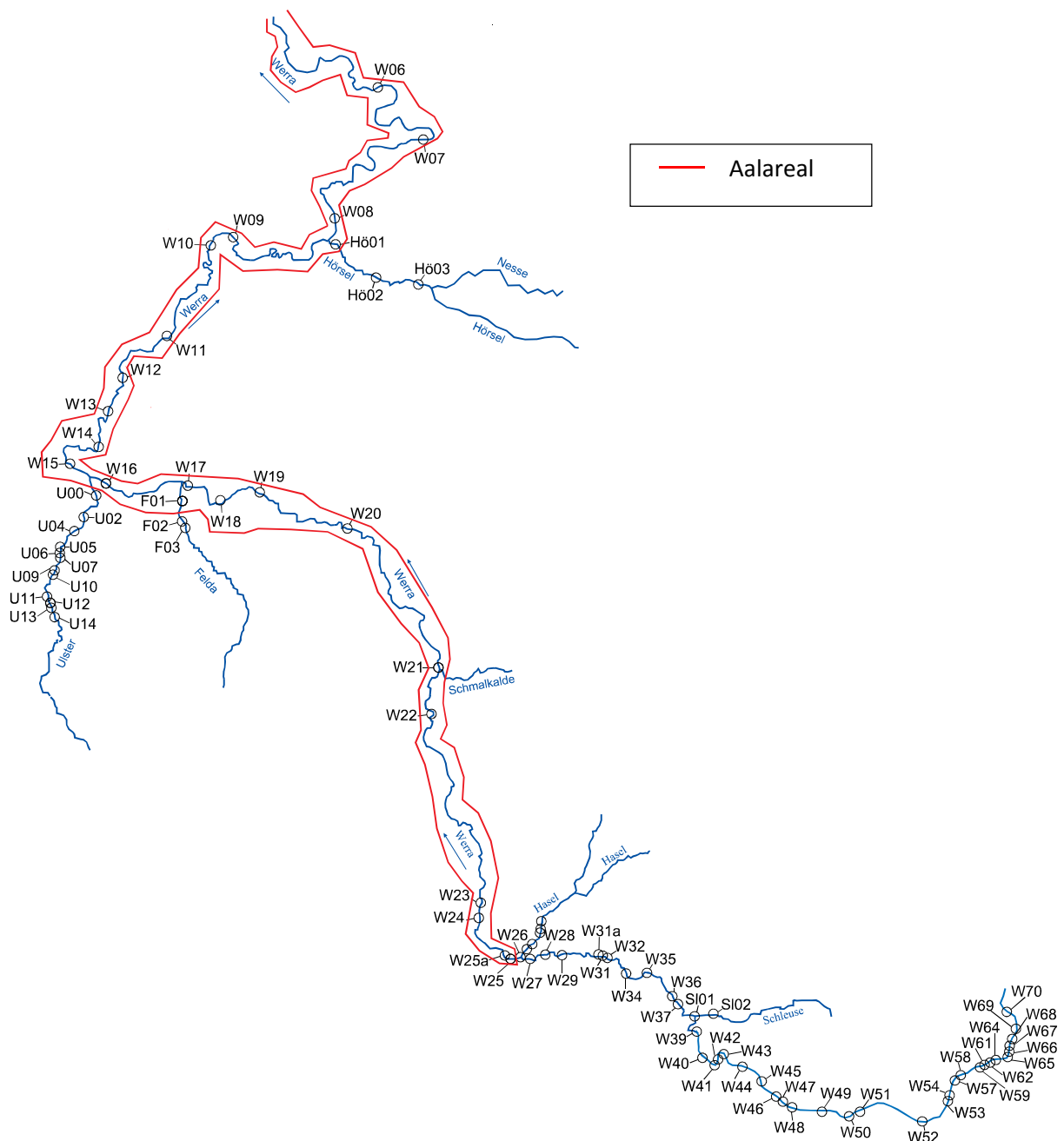


Abb. 2: Aalaufwuchsareal in der Werra

2.3 Bewertung von Querbauwerken außerhalb Thüringens

Für die Bewertung des Fischeufstieges, insbesondere der Zielart Lachs, war es notwendig, auch die Querbauwerke außerhalb Thüringens zu betrachten. Ausgehend vom Meer befinden sich acht Querbauwerke in der Weser bis zur Einmündung der Werra und weitere sechs Querbauwerke in der Werra bis zur Grenze von Thüringen. Da die Werra zwischen Falken und Vacha auf größeren Strecken abwechselnd zwischen Thüringen und Hessen fließt, befinden sich unterhalb Vacha nochmals fünf Querbauwerke auf hessischem Gebiet. Alle Querbauwerke in der Werra außerhalb Thüringens sind WKA-Standorte. In der Ulster befindet sich als erstes Querbauwerk oberhalb der Mündung ein Wehr auf hessischem Gebiet. Laut Aufgabenstellung sollte dabei ungeachtet des tatsächlichen Zustandes für alle Querbauwerke außerhalb Thüringens sowohl für die Beurteilung des Ist- als auch des Planzustandes eine optimale Durchgängigkeit in beiden Richtungen angenommen werden. Davon

wurde nur beim Ist-Zustand der Querbauwerke in den Nebengewässern abgewichen, weil für diese Beurteilung Daten zur Verfügung standen. Für die außerhalb Thüringens liegenden Querbauwerke in Werra und Weser wurde bereits im Ist-Zustand eine optimale Überwindbarkeit in beide Richtungen angenommen.

3 Erfassung des Ist-Zustandes

Für die Dokumentation des Ist-Zustandes wurden im Vorfeld alle durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellten Unterlagen ausgewertet und in die vorgegebenen Datenbögen eingetragen. Danach erfolgte im September und Oktober 2012 eine Begehung aller Standorte. Im Vorfeld wurden dabei die jeweiligen Eigentümer oder Nutzer der Anlage über den Termin unterrichtet. Bis auf einen Standort wurde überall eine Begehungserlaubnis erteilt. In vielen Fällen waren die Eigner oder Bevollmächtigte direkt vor Ort dabei, so konnten offene Fragen gleich beantwortet werden. Bei den Erfassungen wurde eine Vielzahl wichtiger Parameter der Standorte aufgenommen. Vorhandene Fischaufstiegsanlagen wurden, wenn nötig, gereinigt und einem hydraulischen Aufmaß unterzogen. Für den gesamten Standort wurde eine ausführliche Fotodokumentation angefertigt. Die Datenblätter und die Fotodokumentation befinden sich im Anhang 2 (digital).

Bei den meisten Begehungen herrschte Niedrigwasser. Daher weichen insbesondere gemessene Werte zur Wasserspiegeldifferenz oder zur Ausbaufallhöhe von den in den Unterlagen angegebenen Werten, die meist auf MQ, Q₃₀ und/oder Q₃₃₀ bezogen sind, ab. Für weitere Berechnungen wurden wenn vorhanden, die aus den Unterlagen entnommenen Werte verwendet.

Alle erfassten Daten wurden in die Erfassungsbögen eingetragen. Diese enthalten

- Allgemeine Angaben zum Standort
- Angaben zum Querbauwerk
- Angaben zur Wasserkraftanlage
- Angaben zum Fischschutz und zu Fischabstiegsanlagen
- Angaben zu Fischaufstiegsanlagen

Die ausgefüllten Datenblätter wurden den Eigentümern bzw. Nutzern der Standorte zugeschickt und um Anmerkungen, Ergänzungen bzw. Korrektur der Angaben gebeten. Hierfür wurde eine Frist von sechs Wochen eingeräumt. Allerdings gab es bis auf drei Fälle keine Rückmeldungen. In seltenen Fällen mussten daher für manche Werte Annahmen, z. B. zum Ausbaudurchfluss einer WKA getroffen werden. Diese Annahmen sind entsprechend gekennzeichnet.

Nach Abschluss aller Erfassungen und Bewertungen wurde für jeden Standort ein Steckbrief erstellt, der allgemeine Angaben, den Ist-Zustand für die flussauf- und flussab gerichtete Durchgängigkeit, die Bewertung des Zustandes sowie den Planzustand mit Vorstellung möglicher Maßnahmen enthält. Eine Fotodokumentation ist beigelegt. Die Steckbriefe sind als einzelne pdf-Dokumente im Anhang 3 enthalten.

4 Defizitanalyse und Ableitung notwendiger Maßnahmen

4.1 Allgemeine Vorgehensweise

Nach der Analyse des Ist-Zustandes wurde eine entsprechende Bewertung des Fischaufstieges und des Fischabstieges am Standort vorgenommen (siehe Kap. 5.2). Für die Bewertung des Fischaufstieges wurden die hydraulischen und baulichen Parameter der jeweiligen vorhandenen Fischaufstiegsanlage mit den nach DWA M509 vorgegebenen Grenz- und Bemessungswerten abgeglichen. Hierfür wurden die Grenz- und Bemessungswerte für die in der Werra gültigen Fischregionen zusammengestellt (Anhang 4). Der Grad der Abweichung von den Vorgaben wurde grob mit einer dreistufigen Farbskala abgeschätzt. Diese Abstufung entspricht einer Experteneinschätzung und ist nicht an einen prozentualen Grad der Abweichung von den Vorgaben gebunden. Die Bewertung der jeweiligen Anlagen ist in den Steckbrief des Standortes integriert. Ein Beispiel zeigt Abb. 3. Nach dieser Einschätzung aufgrund der hydraulischen Funktionsfähigkeit wurden evtl. durchgeführte Funktionskontrollen in die Bewertung des Ist-Zustandes einbezogen.

Parameter	Grenzwerte	Bemessungswerte	Ist-Zustand	Grenzwerte eingehalten?	Bemessungswerte eingehalten?
Mindestwassermenge FAA für Leitwirkung		2-5 % des konkurrierenden Abflusses ¹	2%		Ja
Max. Wasserspiegeldifferenz am Riegel [m]	0,16	0,13	0,02-0,43	Nein, 2 x überschritten, davon 1 x gravierend	Nein, 2 x überschritten, davon 1 x gravierend
Leistungsdichte [W/m²]	150	135	8-456	Nein, 1 x gravierend überschritten	Nein, 1 x gravierend überschritten
Min. Wassertiefe hu [m]	0,80	0,80	0,48-1,0	Nein 7 x unterschritten	Nein 7 x unterschritten
Lichte Beckenlänge [m]	3,00	3,00	1,95-3,2	Nein, fast immer unterschritten	Nein, fast immer unterschritten
Lichte Beckenbreite min. [m]	2,25	2,25	1,75-3,7	Nein, fast immer geringf. unterschritten	Nein, fast immer geringf. unterschritten
Min. Schlitzweite [m]	0,35	0,35	0,37-0,63	Ja	Ja
Min. Dotation FAA ohne Berücksichtigung der Leitwirkung [l/s]		410	300		Nein
Sohlsubstrat	Min. 30 cm dicke Schicht		Sohlsubstrat vorhanden		Ja
Sohlanschluss OW und UW	Bodengleicher Anschluss im OW und UW		Weder im OW noch im UW Sohlanschluss		Nein
Lage Einstieg	So nah wie möglich am Hindernis		Ca. 2 m		Ja

Abb. 3: Beispiel für die Einschätzung der hydraulischen Funktionsfähigkeit einer bestehenden Fischaufstiegsanlage im Abgleich mit Grenz- und Bemessungswerten nach DWA M509

Die Einschätzung der Funktionsfähigkeit evtl. vorhandener Fischabstiegsanlagen wurde nach TLUG (2009) vorgenommen. Hier werden verschiedene Parameter aufgeführt, die ein funktionsfähiger Fischschutz bzw. eine funktionsfähige Fischabstiegsanlage erfüllen muss. Diese wurden zur Bewertung herangezogen. In EBEL (2013) liegen mittlerweile ausführlichere Anforderungen an Dimensionierung und Bau von Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen vor. Im Rahmen der überblicksartigen Einschätzung wurden diese detaillierten Angaben für die Bewertung nicht berücksichtigt. Der Grad der Abweichung von den Vorgaben nach TLUG (2009) wurde auch hier mit einer dreistufigen Farbskala unter Einbeziehung von Expertenwissen abgeschätzt (Abb. 4).

Rechen	Vorgaben nach TLUG (2009)	Ist-Zustand	Vorgaben eingehalten?
Lichter Stababstand [mm]	Max. 15 mm (Nachrüstung auf 10 mm sollte möglich sein)	20	Nein
Max. Anströmgeschwindigkeit im Fließquerschnitt [m/s]	0,5	0,54	Nein

Fischabstiegswege	Vorgaben nach TLUG (2009)	Ist-Zustand	Vorgaben eingehalten?
Sohnnaher Bypass	1-2% des Turbinendurchflusses	Nicht vorhanden	Nein
Oberflächennaher Bypass	1-2% des Turbinendurchflusses	Spülrinne, Durchfluss nicht bekannt	?
Auffindbarkeit	So nah wie möglich an Schutzeinrichtung	Oberflächennah: oberhalb Rechen	Ja
Strömungsverhältnisse	Keine abrupte Strömungszunahme	Oberflächennah: Strömungszunahme an Austrittsöffnung	Nein
Öffnungsbreite [m]	Entspricht Schlitzweite der FAA, 0,35 m	0,15 m	Nein
Wehr (bei MQ)	Kein Schädigungen zu erwarten	Schädigungen nicht auszuschließen	Nein

Abb. 4: Beispiel für die Einschätzung der Funktionsfähigkeit von Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen im Abgleich mit Vorgaben nach TLUG (2009)

Nach Einschätzung des Ist-Zustandes für jeden Standort wurden die Defizite deutlich. Daher erfolgte die Ableitung verschiedener Maßnahmen. Dabei wurden Fischaufstieg und Fischabstieg getrennt betrachtet. Für jeden Standort wurden ein bis zwei Varianten vorgeschlagen, die mittels einer Skizze verdeutlicht wurden. Diese Skizzen wurden für jeden Standort getrennt nach Fischaufstieg und Fischabstieg angefertigt und sind im Anhang 5 und 6 zu finden.

Für alle Fischaufstiegsanlagen wurde die Dimensionierung und hydraulische Grundparameter berechnet und zusammengestellt (Anhang 4). Für den Fischabstieg erfolgte dies nicht, da diese Werte Gegenstand einer regelrechten Planung sind. In Ebel (2013) sind bereits ausführliche Vorschläge und Bemessungswerte für Fischschutz und Fischabstiegsanlagen zusammengestellt, die jedoch sehr konkret unter Beachtung vieler weiterer Parameter angewendet werden müssen. Diese Parameter konnten im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht alle erhoben werden, so dass für den Fischabstieg nur grobe Vorgaben hinsichtlich Lage und Art des Rechens, Lage der Abstiegsöffnung und grobe Dimensionierung angegeben wurden.

Weiterhin wurden für alle Fischaufstiegs- und Fischabstiegsanlagen grobe Kostenschätzungen vorgenommen (Kap 4.6).

Für alle Fischwanderwege muss Wasser zur Verfügung gestellt werden. Die benötigte Menge wurde überschlägig ermittelt (Kap. 4.5). Diese Wassermenge geht unter Umständen der Stromerzeugung bei WKA verloren. Die aufgrund dieser Mindererzeugung evtl. auftretenden Verluste wurden für alle Anlagen zusammengestellt (Kap. 4.7)

Die ausführlichen Grundlagen für die rechnerische Bewertung des Ist- und Plan-Zustandes bezogen auf den jeweiligen Standort und die kumulative Wirkung für alle Standorte werden in Kap. 0 erläutert.

4.2 Grundlagen für die Konzeption von Fischaufstiegsanlagen

Grundsätzlich ist für die Konzeption einer Fischaufstiegsanlage die vorkommende bzw. potenzielle Fischfauna von Bedeutung. Die Einordnung in Fischregionen erfolgte nach den Angaben zu den fischfaunistischen Referenzen in Thüringen (WAGNER 2008, Abb. 5). Eine Änderung gegenüber dieser Darstellung ergab sich bei der Ausdehnung der Barbenregion. Während diese ursprünglich bis zur Schleusemündung angegeben wurde, erfolgte nach einem mehrtägigen Workshop zur Bewertung der Fischfauna nach WRRL im Dezember 2012 in der TLUG eine Änderung dieser Einordnung. Die Barbenregion ist demnach nur noch bis zur Einmündung der Hasel definiert. Die Äschenregion als Typ 9 Hyporhithral befindet sich zwischen Haselmündung und Eisfeld. Die untere Forellenregion wird zwischen Eisfeld und Sachsenbrunn angegeben. Oberhalb der Einmündung der Saar schließt sich die obere Forellenregion an.

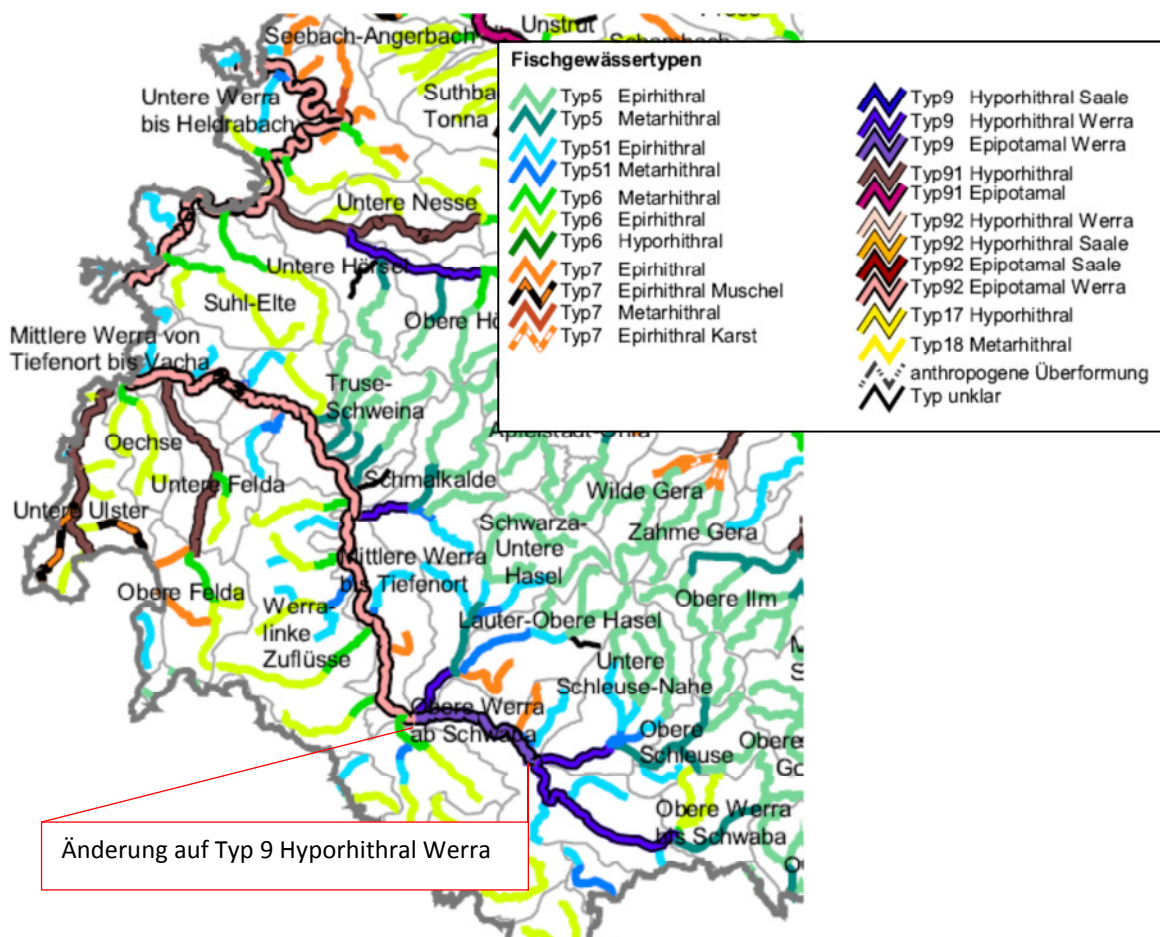


Abb. 5: fischfaunistische Typen aus Wagner (2008) mit Änderung des Typs zwischen Hasel- und Schleusemündung

Als jeweilige Bemessungsfische wurden folgende Fischarten festgesetzt (Tab. 3)

Tab. 3: Bemessungsfischarten für die jeweilige Fischregion

Fischregion	Bemessungsfischart
Barbenregion	Lachs, Barbe (ggfs. Hecht)
Äschenregion bis Schleusemündung	Lachs, Äsche, Döbel 50 cm
Äschenregion Schleusemündung bis Eisfeld	Äsche, Döbel 50 cm
Obere und untere Forellenregion	Bachforelle

Für diese Fischarten und Fischregionen wurden die jeweiligen Bemessungs- und Grenzwerte nach DWA M509 für verschiedene Typen von Fischwanderhilfen zusammengestellt (siehe Anlage 4). Dabei wurden die Bemessungswerte direkt aus dem Werk entnommen. Da sich die Bewertung bestehender Bauwerke aber auch an den Grenzwerten orientiert, wurden diese ebenfalls angegeben. Die Grenzwerte wurden teils ebenfalls direkt aus dem DWA Merkblatt entnommen, teils anhand der Dimensionen der Bemessungsfische berechnet.

Die Auswahl des jeweiligen Typs der Fischwanderhilfe richtete sich nach den örtlichen Gegebenheiten. Zuerst wurde geprüft, ob ein Totalrückbau in Frage kommt. War dies nicht möglich, wurde geprüft, ob die Umwandlung in ein gewässerbreites Raugerinne (ggfs. mit einer Stauabsenkung) denkbar ist. Dabei wurde meist eine geteilte Bauweise mit geschüttetem Gleitenkörper und einer Niedrigwasserrinne mit Beckenstrukturen bevorzugt. Diese Bauweise hat sich in Thüringen bereits bewährt (SUA Suhl 2008). Bei ausreichendem Platzbedarf wurde eine eher naturnahe Bauweise in Form eines Umgehungsgerinnes mit Beckenstrukturen vorgeschlagen. Bei beengten Platzverhältnissen wurde meist ein Schlitzpass gewählt. Bei zusätzlich reduziertem Wasserangebot wurde ggfs. ein Beckenpass vorgeschlagen. Für zwei Standorte wurde zudem ein Borstenfischpass empfohlen.

In allen Fällen wurde die Einordnung der Anlage möglichst optimal gestaltet, um die Auffindbarkeit zu gewährleisten. Diese hängt auch von der Dotation einer Fischwanderhilfe bzw. dem Verhältnis zwischen konkurrierender Strömung und Strömung aus der FAA ab. Die benötigten Wassermengen werden in Kap. 4.5.2 angegeben.

Da an der Werra viele Standorte bereits mit einer Fischaufstiegsanlage ausgestattet sind, wurden in einigen Fällen Anpassungen oder ein mehr oder weniger umfangreicher Umbau vorgeschlagen. An einigen Standorten wurden bereits Planungen genehmigt, diese wurden ebenfalls auf ihre Übereinstimmung mit den vorgegebenen Parametern überprüft.

An Ausleitungsstandorten wurde im Normalfall immer an jedem Gewässerarm eine Fischaufstiegsanlage geplant, da es mittlerweile erwiesen ist, dass Fische sich auch bei kurzen Ausleitungsstrecken nicht umorientieren und in andere Arme einwandern. Nur wenn dies baulich nicht möglich war, wurde in seltenen Fällen die Errichtung einer Einschwimmsperre vorgeschlagen.

4.3 Grundlagen für die Konzeption von Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen

In TLUG (2009) wurden für Thüringen übersichtsartige Hinweise gegeben, wie funktionsfähige Anlagen gestaltet werden sollten. Bei EBEL (2013) sind bereits sehr detaillierte Bemessungsansätze angegeben. Diese, die Vorgaben nach TLUG (2009) und die Ansätze nach TLUG (2011) wurden in die Vorschläge für die Konzeptionen einbezogen.

Für den Fischschutz sind immer mechanische Barrieren (Rechen) anzuwenden. Für (größere) Verbindungsgewässer sind in Thüringen 15 mm Stababstand des Rechens vorgeschrieben. Damit werden Blankaale und größere Lachssmolts relativ zuverlässig vor dem Einschwimmen in die Turbinen geschützt. Ab der Haselmündung aufwärts gilt die Werra als Nebengewässer, ebenso wie Ulster, Felda und Schleuse. In diesen Regionen werden Rechenstababstände von 10 mm gefordert. Bezüglich einer Wiederansiedlung von anadromen Wanderfischarten (vor allem Lachs) wird prinzipiell auch bei Verbindungsgewässern eine Nachrüstoption auf 10 mm gefordert.

In neuerer Zeit wurden mehrere Untersuchungen zur Schutzfunktion von schräg stehenden Horizontalrechen veröffentlicht (Übersicht in EBEL 2013). Da sich diese Variante offenbar für den Fischschutz als günstiger erweist, wurden da, wo es möglich war, schräg zur Gewässerachse angeordnete Horizontalrechen vorgeschlagen.

Die Anströmgeschwindigkeit eines Rechens darf nach TLUG (2009) 0,5 m/s nicht überschreiten, da sonst die Gefahr des Anpressens an den Rechen oder eine erhöhte Passagerate befürchtet werden muss. In EBEL (2013) ist dies detaillierter dargestellt, je nach Zielart und Schrägstellung des Rechens sind unter Umständen auch geringere Anströmgeschwindigkeiten erforderlich. Für die hier betrachteten Zielarten Blankaal und Lachssmolt sind die Werte von 0,5 m/s nach EBEL (2013) ausreichend. Die Anströmgeschwindigkeit v_A ist abhängig vom Durchfluss und dem Querschnitt des Anströmkanals (Abb. 6). Die Rechenfläche ist im Normalfall nicht primär entscheidend für die Anströmgeschwindigkeit.

Bei der Maßnahmenfindung stellte sich zum Teil das Problem, dass eine erhöhte Anströmgeschwindigkeit durch die zu geringen Dimensionen (Querschnitt) des zuführenden Kanals verursacht wurde. Eine Aufweitung des Kanals zur Verbesserung dieser Situation wäre in den meisten Fällen mit unverhältnismäßig hohem Aufwand verbunden. In derartigen Fällen wurde eine sehr starke Schrägstellung des Rechens vorgeschlagen, da sich dann die Tangentialkomponente der Strömung V_T auf der Rechenfläche verstärkt und somit eine „Weg weisende“ und „führende“ Richtung für Fische entwickelt (EBEL 2013). Als positiver Nebeneffekt sinkt bei steigender Rechenfläche der Rechenverlust durch Aufstau.

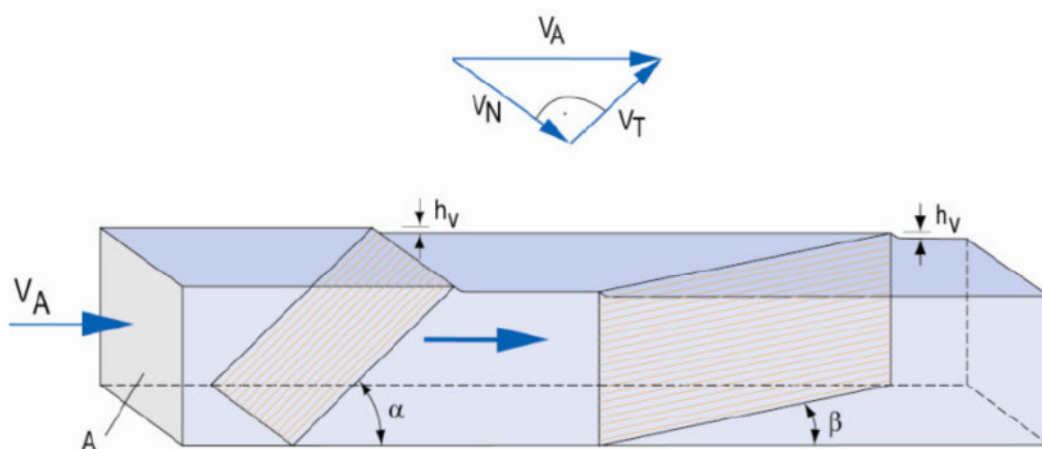


Abb. 6: Definition der Anströmgeschwindigkeit im Bereich eines Rechens (aus TLUG 2009)

Für funktionsfähige Fischabstiegsbypässe existieren mittlerweile eine Reihe an Untersuchungen, die in EBEL (2013) zusammengefasst sind. Darin sind auch detaillierte Angaben zu Dimensionierung und Hydraulik zu finden. Generell sollte sowohl für bodenorientierte als auch für oberflächenorientierte

Fischarten eine Abstiegsmöglichkeit vorhanden sein. Diese muss so nah wie möglich an der Barriere (Rechen) angeordnet sein, um lange Suchvorgänge der abstiegswilligen Tiere zu vermeiden. Weiterhin sollte die Strömungszunahme in diesem Bereich moderat sein, da eine schnell zunehmende Strömungsgeschwindigkeit Abschreckungsverhalten hervorrufen kann. Die Größe der Öffnung muss sich an der größten vorkommenden (Ziel)Fischart orientieren. Dabei kann man sich an der benötigten Schlitzweise für die am Standort jeweilig konzipierte Fischaufstiegsanlagen orientieren. Am günstigsten erscheint nach derzeitigem Wissenstand eine schlitzförmige Öffnung über die gesamte Wasserhöhe. Diese Variante, auch als Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001) bekannt, wurde häufig im Zusammenspiel mit einem Horizontalrechen vorgeschlagen (genauere Angaben in EBEL 2013). Wenn dies nicht möglich war, wurden bodennahe Abstiegsöffnungen vorgeschlagen und ein Abstieg über den Rechen und eine Spülrinne hinweg für oberflächennah abwandernde Fische. Letztgenannte Variante muss vor allem strömungstechnisch sehr differenziert geplant und ausgeführt werden, da sonst die Wirksamkeit stark eingeschränkt sein kann (SCHMALZ 2012). In einigen Fällen wurde ein Aalrohr nach Hassinger (HASSINGER & HÜBNER 2009) vorgeschlagen. Diese Technik wird derzeit Untersuchungen an Pilotanlagen unterzogen (KRÄTZ, D. mdl.) und scheint insbesondere für die Ableitung von Aalen eine gute Funktionsfähigkeit aufzuweisen.

In Einzelfällen wurden auch Fischaufstiegsanlagen als Fischabstieg bewertet, wenn diese günstig gelegen waren bzw. von vornherein so konzipiert waren, dass sie auch den Fischabstieg mit gewährleisten sollen (z. B. W08 Spichra oder W24 Walkmühle Meiningen).

4.4 Übersicht der Maßnahmenvorschläge

4.4.1 Maßnahmen bezüglich des Fischaufstieges

Für den Fischaufstieg wurden insgesamt 81 Maßnahmen vorgeschlagen. Eine Übersicht zeigt Abb. 7. Die gegenüber der Zahl der Standorte erhöhte Anzahl ist dadurch bedingt, dass zum einen an Ausleitungsstandorten zum Teil zwei Maßnahmen nötig werden und zum anderen durch möglicherweise zwei Varianten an manchen Querbauwerken. An 19 Standorten sind keine Maßnahmen mehr nötig, da sie entweder bereits umgebaut wurden oder aufgrund der Bedingungen keine Maßnahmen durchgeführt werden müssen. In den meisten Fällen ist jedoch der Neubau einer Anlage vonnöten. An 13 Standorten sind leichte Anpassungen oder ein etwas aufwändigerer Umbau einer bestehenden Anlage vorgeschlagen worden. Für 13 Standorte wurde Komplettrückbau vorgesehen.

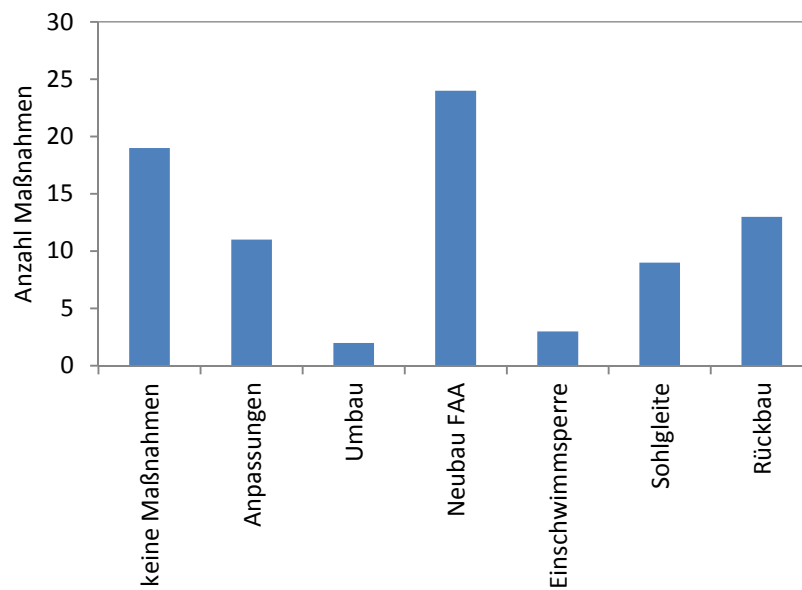


Abb. 7: Verteilung der Maßnahmen zum Fischaufstieg

4.4.2 Maßnahmen bezüglich des Fischabstieges

Auch beim Fischabstieg wurden sehr häufig mehrere Varianten vorgeschlagen, so dass sich eine größere Zahl an Maßnahmen als Standorte ergeben. Eine Übersicht zeigt Abb. 8.

Beim Fischschutz wurden 13 Horizontalrechen und neun Vertikalrechen vorgeschlagen. In einem Fall sind keine Maßnahmen am Rechen notwendig. Für die Ableitung der Fische wurde an zehn Standorten ein Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001) vorgeschlagen. An acht Standorten wäre die Installation eines Aalrohres nach Hassinger denkbar. An sechs Standorten ist dies mit einer Spülrinne für den oberflächennahen Abstieg kombinierbar. Nur an zwei Anlagen wurden keine weiteren Maßnahmen vorgeschlagen.

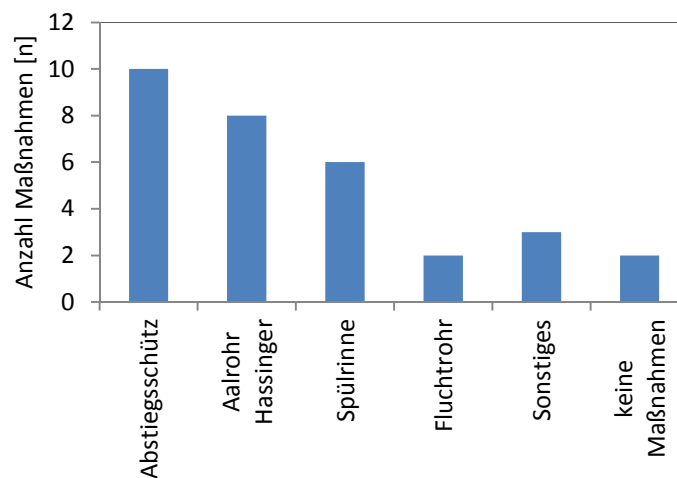


Abb. 8: Verteilung der Maßnahmen zur Fischableitung

4.5 Ökologische Abflüsse

Für die ökologische Durchgängigkeit eines Standortes müssen bestimmte Wassermengen zur Verfügung gestellt werden. Diese stehen dann nicht der Wasserkraftnutzung oder anderen Zwecken zur Verfügung. Dies betrifft bei Ausleitungsstandorten den im Mutterbett verbleibenden Mindestabfluss und bei allen Standorten die für Fischaufstieg und Fischabstieg notwendige Wassermenge.

4.5.1 Mindestabfluss in Ausleitungsstrecken

Der Mindestabfluss in Ausleitungsstrecken soll die Lebensraumfunktion gewährleisten und die sich einstellenden Wassertiefen müssen die Durchgängigkeit garantieren. Zur Bestimmung der Mindestwassermenge gibt es ein Verfahren der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA 2001), welches die Wassertiefen an der pessimalen Schnelle berücksichtigt und Forderungen für Mindestwassertiefen im Talweg (über mehrere Querprofile) aufstellt. Je nach Zielart müssen dabei bestimmte Grenzwerte bei definierten Abflüssen eingehalten werden.

Mittlerweile existieren auch mehrere, meist aufwändige Verfahren für die Simulation der Mindestwassermenge, die ebenfalls zielartbezogen arbeiten (CASIMIR, PHABSIM).

Die Anwendung eines dieser Verfahren war mit der vereinfachten Vorgehensweise dieses Konzeptes nicht möglich. Daher wurden folgende überschlägliche Ansätze nach TLUG (2011) gewählt.

- für Barben- und Äschenregion: $Q_{\min} = 0,33 \times MNQ$
- für Forellenregion: $Q_{\min} = 0,50 \times MNQ$

Dabei ist jedoch festzuhalten, dass im Gegensatz zur Ilmstudie (TLUG 2011) der untere Ansatz von $0,33 \times MNQ$ vor allem für lange Ausleitungsstrecken in größeren Gewässern wie der Werra zu gering ist. Letztendlich muss immer im Einzelfall geprüft werden, welche Mindestwassermenge tatsächlich angesetzt werden muss. Dies betrifft vor allem WKA, bei denen die Mindestwassermenge noch nicht behördlich festgesetzt wurde, z. B. W21.

In vielen Fällen war die Mindestwassermenge bereits behördlich festgelegt. Es wurde dann nachgeprüft, ob die Wassermenge den groben Ansätzen entsprach. Häufig lag die behördliche Forderung über der Menge des nach oben vorgestellter Faustformel ermittelten Abflusses. Für weitere Berechnungen wurde jeweils die höhere Wassermenge verwendet.

In manchen Fällen existiert eine sehr geringfügige Ausleitung, z. B. für die Beaufschlagung ehemaliger Mühlgräben aus Gründen des Landschaftsbildes oder zur Aufnahme häuslicher Abwässer. Hier wird dennoch der Hauptteil des Abflusses, der im Mutterbett verbleibt, als „Mindestwasser“ bezeichnet.

Wenn sich eine FAA am Wehr befindet oder geplant wurde, kann das Mindestwasser zum Teil bereits durch die Abflüsse aus der FAA gewährleistet werden. Dies wurde bei den Berechnungen für die ökologisch notwendigen Abflüsse entsprechend beachtet.

Tab. 4 zeigt die erforderlichen und festgesetzten Mindestwassermengen an Ausleitungsstandorten (siehe auch Anhang 12).

Tab. 4: Mindestwassermengen an Ausleitungsstandorten

Nr.	Bezeichnung	MNQ [m³/s]	Q _{min} erford [m³/s]		Q _{min} Behörde [m³/s]	Q _{min} für weitere Berechnungen	Q _{FAA} am Wehr [m³/s]	Q _{min} durch FAA abgedeckt?
			0,33 * MNQ	0,5 * MNQ				
W06	Falken	12,03	3,97	6,02	5,00	5,00	0,41	nein, aber RW-WKA mit Q _A 5 m³/s geplant
W11	Berka	7,66	2,53	3,83	2,20	2,20	-	nein, Standort eigentlich eher Fluss-WKA
W19	Tiefenort	5,11	1,69	2,56	2,10	2,10	0,40	nein, zusätzliche RW-Abgabe über Wehr notwendig
W21	Wernshausen	4,11	1,36	2,06	Nicht festgesetzt	1,36	1,16	Nein, zusätzliche RW-Abgabe über Wehr notwendig
W22	Schwallungen	3,99	1,32	2,00	4,30	4,30	0,35	nein, aber RW-WKA, durch diese abgedeckt
W24	Walkmühle Meiningen	3,21	1,06	1,61	1,55	1,55	0,20	nein, aber durch RW-WKA abgedeckt
W25	Obermaßfeld	2,75	0,91	1,38	0,15	0,25	0,25	ja, RW-Abgabe "freiwillig", ist Fluss-WKA
W27	Einhausen	1,65	0,54	0,83	0,83	0,83	0,30	nein, zusätzliche RW-Abgabe über Wehr notwendig
W31	Vachdorf Brückenmühle	1,39	0,46	0,70	Nicht festgesetzt	Nicht festgesetzt	0,25	nein, Q _A sehr gering, Mutterbett immer ausreichend beaufschlagt
W40	Mahlmühle Troststadt	0,50	0,16	0,25	Nicht festgesetzt	Nicht festgesetzt	Sohlgleite	nein, Q _A sehr gering, Mutterbett immer ausreichend beaufschlagt
W41	Biegemühle Reurieth	0,41	0,14	0,20	Nicht festgesetzt	0,24	0,24	Erhöhung auf FAA-Durchfluss
W42	Schlossmühle Reurieth	0,42	0,14	0,21	0,20	0,20	0,18	nein, aber Anpassungen an FAA notwendig, die zu Q _{FAA} -Erhöhung führen
W44	Ebenhards	0,38	0,12	0,19	Nicht festgesetzt	0,18	0,18	Ja
W45	Häselrieth	0,37	0,12	0,18	Nicht festgesetzt	0,24	0,24	Erhöhung auf FAA-Durchfluss, geringer QA

4.5.2 Durchflüsse von Fischaufstiegsanlagen

Der Durchfluss von Fischaufstiegsanlagen richtet sich in erster Linie nach dem verwendeten Typ und den zu berücksichtigenden Fischarten. Je größer die Fischart ist, desto größere Dimensionen sind für die Schlitzöffnungen anzusetzen mit davon abhängigen Durchflüssen. Im Unterlauf sind dabei naturgemäß größere Wassermengen nötig als im Oberlauf. Zu den für die Werra je nach Fischgröße und Typ benötigten Dimensionierungen siehe Anhang 4.

Der Durchfluss für eine FAA sollte außerdem ausreichend sein, um die Auffindbarkeit mittels Leitströmung zu garantieren. Hierfür wird in TLUG (2009) vorgegeben, dass der für die

Gewährleistung der Auffindbarkeit erforderliche Abfluss 2-5 % des konkurrierenden Abflusses sein soll. Der konkurrierende Abfluss wird wie folgt bestimmt

- An Querbauwerken ohne WKA: MQ
- An Querbauwerken mit WKA: Ausbaudurchfluss der WKA. (Ist der Ausbaudurchfluss der WKA deutlich höher als MQ, wird MQ angesetzt.)
- Am Wehr bei Ausleitungsstandorten: Mindestwassermenge bzw. bei MQ über das Wehr abgegebene Wassermenge (abhängig von genutzter bzw. abgeleiteter Wassermenge)
- Bei Restwasser-WKA: Ausbaudurchfluss der Restwasser-WKA

Bei allen Standorten wurde geprüft, ob der aufgrund der baulichen und hydraulischen Vorgaben angesetzte Betriebsdurchfluss der FAA diesen Vorgaben bereits entspricht. War der Betriebsdurchfluss geringer, wurde dennoch keine Erhöhung vorgesehen, weil dies eine größere Dimensionierung der FAA erforderlich machen würde. Dies ist bei beengten Platzverhältnissen oft schwierig bis unmöglich. In derartigen Fällen muss eine Zusatzdotation erfolgen, die z. B. auch durch entsprechende Platzierung von Abstiegsbypässen erfolgen kann. In einigen Fällen ist der benötigte Betriebsdurchfluss höher als für die Auffindbarkeit notwendig. Hier wurde ebenfalls der Wert für die Dotation der FAA angesetzt, da dieser zur Gewährleistung der hydraulischen Verhältnisse in der Anlage notwendig ist.

Im Unterlauf der Werra wurde sich eher am unteren Bereich der der Mindestdotation (2 %) orientiert, im Oberlauf eher am oberen Bereich (5 %).

Bei bereits bestehenden FAA, die baulich nicht verändert werden, wurde geprüft, ob die Vorgaben hinsichtlich des Mindestabflusses erfüllt wurden. Eine Zusammenstellung der notwendigen Betriebsabflüsse für die FAA aller Standorte findet sich in Anhang 7.

4.5.3 Durchflüsse von Fischabstiegsanlagen

Auch für Fischabstiegsanlagen gilt, dass sich der Abfluss nach den Dimensionen der Anlage bzw. der Öffnungsweite und der für die Auffindbarkeit notwendigen Wassermenge richtet.

Nach TLUG (2009 und 2011) sind für die Beaufschlagung von Fischabstiegsanlagen 1-2 % (jeweils für bodennahe und oberflächennahe Systeme) des Ausbaudurchflusses der WKA anzusetzen, mindestens jedoch die in Tab. 5 angegebenen Durchflüsse.

Tab. 5: Minstdurchflüsse von Bypässen für den Fischabstieg je Fischregion (aus TLUG 2011)

	Barbenregion und Äschenregion mit Lachs (bis Schleusemündung)	Äschenregion ohne Lachs (oh Grimmelshausen)	Forellenregion
Abmessungen der Öffnungen	H = 0,4 m B = 0,3 m	H = 0,3 m B = 0,17 m	H = 0,2 m B = 0,15 m
Abfluss für oberflächennahen Bypass	125 l/s	50 l/s	25 l/s
Abfluss für bodennahen Bypass	125 l/s	50 l/s	25 l/s
Gesamtabfluss	250 l/s	100 l/s	50 l/s

Es wurde geprüft, ob mit diesen Minstdurchflüssen die notwendigen Wassermengen bereits gewährleistet wurden. Wenn dies nicht der Fall war, wurde der jeweils notwendige Abfluss abhängig vom Ausbaugrad angesetzt. Hierfür wäre eine Neudimensionierung der Öffnungsmaße notwendig. Diese Berechnungen wurden jedoch nicht für jeden Standort ausgeführt.

In seltenen Fällen wurde auch im Planzustand eine Fischaufstiegsanlage als Abstiegsweg gewertet (z. B. Fischschleusen). In diesen Fällen war der notwendige Abfluss für den Fischabstieg gleich dem für den Aufstieg.

Bei Fischabstiegsanlagen, die mit einem Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001) und somit mit einem Abstiegschutz mit einer einzigen Öffnung über einen größeren Bereich der Wassersäule ausgestattet sind, werden die für die Auffindbarkeit notwendigen bodennahen und oberflächennahen Abflüsse addiert. Hier sind demnach 2-4 % des Ausbaugrades der WKA für den Abfluss des Systems anzusetzen.

Bei sehr kleinen WKA oder Restwasser-WKA sind die oben angegebenen Werte als Minstdurchflüsse anzusehen, auch wenn diese die prozentual anzusetzenden Werte überschreiten.

In Anhang 8 finden sich die für die jeweiligen Standorte angesetzten Durchflüsse.

4.6 Kostengrobschätzung

Die Kostenschätzungen, die hier vorgestellt werden, entsprechen nicht denen einer Vorplanung nach HOAI. Sie berücksichtigen keine Rahmenbedingungen wie Baugrundqualität oder Eigentumsverhältnisse. Die abgeschätzten Kosten sind Nettokosten.

Die Ergebnisse der Kostenschätzung für den Fischauf- und Fischabstieg finden sich in Anlage 9 und 10.

4.6.1 Kostenschätzung Fischaufstieg

Die Kostenschätzungen für den Fischaufstieg erfolgten nach Vorgabe der Ilmstudie (TLUG 2011), welche auf einem vereinfachten, empirischen Ansatz beruhen. Dabei werden Art der Fischaufstiegshilfe, Durchfluss der FAA und die zu überwindende Höhe angesetzt. Dabei konnte zwischen einfacher bis schwieriger Ausführung unterschieden werden. Es zeigte sich, dass für die Verhältnisse in Thüringen die unteren Kostenansätze praktikabler waren (Tab. 6).

Im Einzelnen wurden folgende Kostenansätze gewählt und mit Formel 3 überschlägig ermittelt.

Formel 3: Kosten einer Fischaufstiegsanlage

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

K_{FAA}	Baukosten der jeweiligen Fischaufstiegsanlage	[€]
k_{FAA}	gewählter Kostenansatz der jeweiligen Fischaufstiegsanlage	[€]
h_{FAA}	durch jeweilige Fischaufstiegsanlage überwundene Höhendifferenz	[m]
Q_{FAA}	Betriebsdurchfluss der jeweiligen Fischaufstiegsanlage	[l/s]

Tab. 6: Kostenansatz für Fischaufstiegsanlagen, verändert nach TLUG (2011)

Maßnahme	Kostenansatz	Bemerkungen
Rückbau	10-30 €	
Teilrückbau	15 €	Für einfache Maßnahmen
Umbau vorhandene Gleite	25-30 €	Für kompliziertere Maßnahmen
Rückbau mit Sicherungsmaßnahmen		
Gewässerbreites Raugerinne mit Beckenstrukturen	200-300 €	Bei kleinen Anlagen evtl. etwas höher
Umgehungsgerinne	100 €	
Technischer Fischpass (Schlitzpass, Beckenpass)	300 €	Höherer Ansatz nur bei sehr schwierigen Verhältnissen
Anpassungen	Individuelle Festlegung	

In einigen Fällen wurde die Installation einer Einschwimmsperre vorgesehen. Nach einer groben überschläglichen Formel können die Kosten hierfür wie folgt abgeschätzt werden:

Formel 4: Kosten einer Einschwimmsperre

$$K_{Esp} = 10.000 \text{ €} \times Q_A$$

Q_A Ausbaudurchfluss der WKA bzw. jeweiliger Abfluss des Weges [m³/s]

Für den Bau von geteilten, gewässerbreiten Raugerinnen, in denen ein Teil der Sohlgleite in geschütteter Bauweise und der andere in Beckenbauweise errichtet wird, wurden in Absprache mit dem Auftraggeber die Kosten folgendermaßen ermittelt: Pro Meter Fallhöhe wurde mit Kosten von 75.000 € gerechnet. Dies betrifft Standorte im Oberlauf von 5 -8 m Gewässerbreite.

4.6.2 Kostenschätzung Fischabstieg

Für die Abschätzung der Kosten des Fischabstieges wurden zwei verschiedene Ansätze gewählt. Es stellte sich heraus, dass der stark vereinfachende Ansatz der Ilmstudie für die Verhältnisse an der Werra nicht in allen Fällen weiterführend war. Dies betraf zum einen die Höhe der angesetzten Kosten bezogen auf den Ausbaudurchfluss. Hier wurden in Absprache mit dem Auftraggeber leichte Veränderungen (Herabsetzung der Höchstkosten) vorgenommen (Tab. 7). Zum anderen ist es an der Werra häufiger der Fall, dass nicht alle Komponenten eines Fischabstieges benötigt werden, da manche bereits vorhanden sind, oder mit geringen Anpassungen weiter verwendet werden können. An derartigen Standorten wurde ein „Baukastenprinzip“ gewählt, welches sich nach den Ansätzen richtete, die in der Studie zur Durchgängigkeit der Saale (FLUSS 2014) angesetzt worden waren. Dabei werden die einzelnen baulichen Komponenten einer Abstiegsanlage einzeln berechnet und Montagekosten hinzugefügt. In einigen Fällen wurde auch ein Aalrohr nach Hassinger vorgeschlagen. Die grobe Kostenansätze hierfür wurden vom Hersteller dieser Anlagen erfragt (KLAWA Anlagenbau,

KRÄTZ schriftlich). Für die meisten Standorte mit WKA wurden die Kosten nach beiden Ansätzen berechnet und die plausible Summe gekennzeichnet (Anhang 10).

Tab. 7: Kostenansatz für Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen, verändert nach TLUG (2011)

Maßnahme	Nettobaukosten
Integration in Neubau einer WKA ODER Einfache Nachrüstung an bestehenden Anlagen	20.000 € * Q_A
Nachrüstung von bestehenden Anlagen mit „normalem“ Schwierigkeitsgrad	30.000 € * Q_A
Nachrüstung von bestehenden Anlagen mit „hohem“ Schwierigkeitsgrad	50.000 € * Q_A

Q_A Ausbaudurchfluss der jeweiligen Wasserkraftanlage [m³/s]

Das differenziertere Prinzip nach FLUSS (2014) setzt folgendermaßen an.

In einem ersten Schritt werden jeweils getrennte Materialkosten für:

- Rechen
- Rechenreiniger und
- Rechenspülschütze ermittelt.

Die Materialkosten des Rechens sind von der Rechenfläche abgängig und werden mit 1.000 € pro m²-Rechenfläche angesetzt (Formel 5). Als Basis der Rechenflächenermittlung wird die Fläche angenommen, die notwendig wäre, um die maximale Anströmgeschwindigkeit von 0,5 m/s nach TLUG (2009) einzuhalten. Für Horizontalrechen, die zum Teil eine deutlich höhere Fläche aufgrund der notwendigen Schrägstellung aufweisen, wurden die Rechenflächen anhand überschlägig ermittelter Werte geschätzt.

Formel 5: Materialkosten für einen Rechen

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

$K_{M,R}$ Materialkosten des Rechens [€]

A_R notwendige Rechenfläche [m²]

Die Materialkosten von Rechenreiniger ($K_{M,RR}$) und Rechenspülschützen ($K_{M,RSS}$) werden abhängig von Ausbaudurchfluss stufenweise festgelegt (Tab. 8).

Tab. 8: Materialkosten des Rechenreinigers $K_{M,RR}$ und der Rechenspülschütze $K_{M,RSS}$ in Abhängigkeit des Ausbaudurchflusses

Q_A [m ³ /s]	$K_{M,RR}$ [€]
< 10	40.000
10 – 30	60.000
> 30	80.000

Q_A [m ³ /s]	$K_{M,RSS}$ [€]
< 10	40.000
> 10	50.000

Die Kosten für ein Aalrohr nach Hassinger werden folgendermaßen ermittelt (D. KRÄTZ, schriftl. Mitt. 2013, Tab. 9):

Tab. 9: Kosten für Aalrohr und Bypass

Element	Kostenansatz
Zick-Zack-Rohr	1.000 € / lfd m
Rückspülsystem mit Druckluft	4.000 €
Bypass inkl. Wandkonsolen	200 € / lfd. m
Plattenschieber	1.000 €

Die notwendige Länge für das Rohr und den Bypass wurden überschlägig geschätzt. Die Kosten sind in diesem Fall nicht abhängig vom Ausbaugrad der WKA.

Die Gesamtmaterialekosten $K_{m,ges}$ für Fischabstieg und Fischschutz ergeben sich durch Addition der einzelnen, jeweils benötigten Komponenten.

Neben den ermittelten Materialekosten werden zusätzlich notwendige Montagekosten nach Formel 6 berechnet:

Formel 6: Ermittlung der Montagekosten

$$K_{Mo_{ges}} = 1,5 \cdot K_{M_{ges}}$$

$K_{Mo_{ges}}$ Montagekosten [€]

$K_{M_{ges}}$ Materialekosten [€]

In diesen Montagekosten sind Wasserhaltung, Erdarbeiten sowie Einbau der Materialien (Rechen usw.) 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 7 berechnet.

Formel 7: Gesamtkosten für Fischschutz und Fischabstieg

$$K_{FAB/FS} = K_{M_{ges}} + K_{Mo_{ges}}$$

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

4.6.3 Gesamtkosten

Sowohl für Fischaufstiegsanlagen als auch für Fischabstiegssysteme wurden die minimal und maximal ermittelten Kosten angegeben. Unterschiedliche Kosten an ein und demselben Standort kamen zustande, da zum Teil mehrere Varianten vorgeschlagen wurden, die unterschiedliche Kosten verursachten. Bei der Schätzung für Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen wurden die unterschiedlichen Kosten auch durch die Verwendung verschiedener Ansätze verursacht.

Die Gesamtkosten sind in Anlage 11 detailliert aufgeführt.

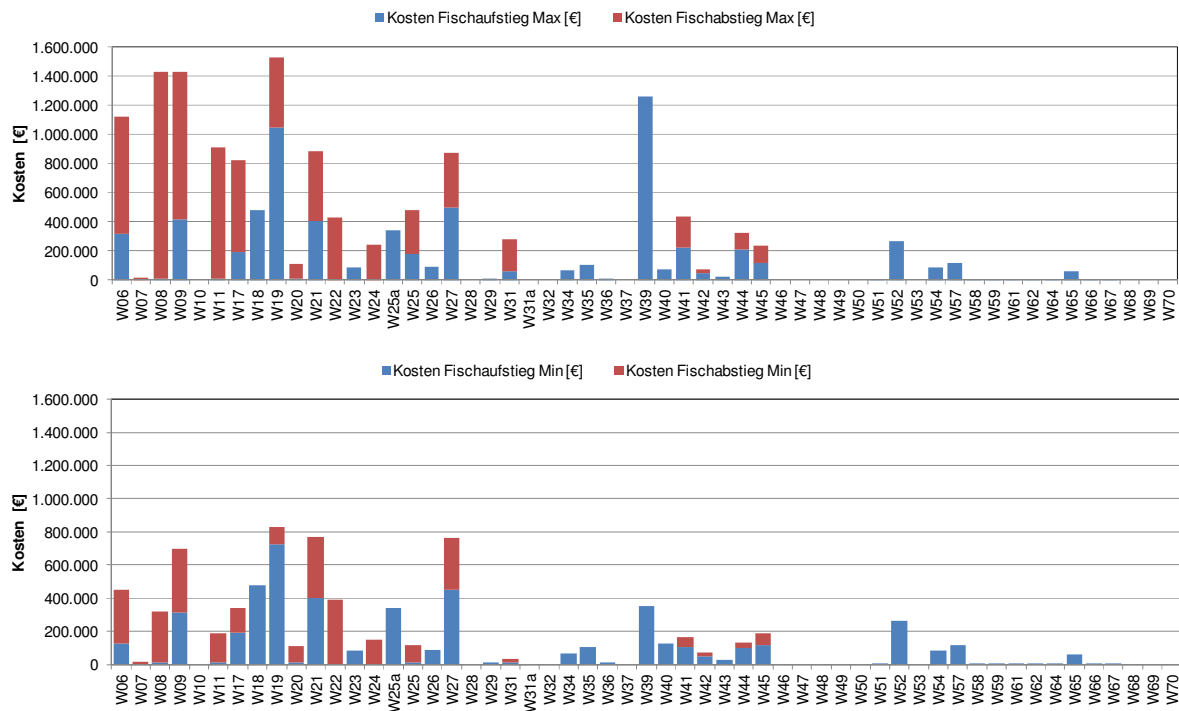


Abb. 9: Darstellung der Kosten pro Anlage, Maximale Kosten (oben) und minimale Kosten (unten)

In Abb. 9 wird deutlich, dass die höchsten Kosten durch die Nachrüstung und Anpassung der Anlagen an den großen WKA im Unterlauf verursacht werden. Zudem wird auch deutlich, dass an vielen Querbauwerken insbesondere im Mittellauf, aufgrund der erfolgreich durchgeführten Maßnahmen des Modellprojektes „Verbesserung und Vernetzung aquatischer Lebensräume“ kaum noch Kosten entstehen. Die notwendigen Maßnahmen im Oberlauf machen ebenfalls nur einen geringen Anteil der Gesamtkosten aus. Deutlich wird zudem, dass, je nach verwendetem Ansatz, die Kosten für den Fischabstieg höher sind als die für den Fischaufstieg. Die Schwankungsbreite zwischen minimalen und maximalen Kosten beim Fischabstieg ist deutlich höher als beim Fischaufstieg.

Die Gesamtkosten für den Fischaufstieg und den Fischabstieg an der Werra sind mit minimal ca. 7,977 Mio. € bzw. maximal 14,718 Mio. € beziffert.

4.7 Auswirkungen der ökologisch notwendigen Maßnahmen auf die Wirtschaftlichkeit

An vielen Querbauwerksstandorten an der Werra existieren aktuell genutzte Wasserkraftanlagen. Die vorgeschlagenen Maßnahmen zur Verbesserung und Wiederherstellung der Durchgängigkeit sind nicht nur kostenintensiv (Kap. 4.6), sondern erfordern auch die Bereitstellung zusätzlicher Wassermengen (Kap. 4.5), welche ggfs. der Energieerzeugung nicht mehr zu Gute kommen. Für alle WKA wurde daher überschlägig berechnet, welche Auswirkungen die Bereitstellung oder Erhöhung der ökologischen Abflüsse hat. Notwendige Investitionskosten für den Bau oder die Anpassung von Fischaufstiegs- oder Fischabstiegsanlagen wurden NICHT in die Berechnungen integriert. Die hier dargestellte Abschätzung bezieht sich nur auf den Wasserverlust.

4.7.1 Energetische Basisdaten der Wasserkraftanlagen

Für die Berechnungen war es wichtig, die Basisdaten der betrachteten WKA zu erfassen. Bis auf wenige Ausnahmen sind alle Daten über die 50Hertz Transmission GmbH, den Übertragungsnetzbetreiber bzw. Betreiber des Höchstspannungsnetzes im Norden und Osten Deutschlands erhoben worden. Die Standorte an der Werra befinden sich in deren Regelzone. 50Hertz veröffentlicht auf ihrer Internetseite aktuelle Daten zu allen in ihrer Regelzone befindlichen Anlagen, die Förderung nach dem Erneuerbare Energien Gesetz erhalten und ins Netz einspeisen (<http://www.50hertz.com/de/165.htm>, zuletzt besucht 17.10.13). Es sind sowohl Stammdaten als auch aktuelle Jahresabrechnungen abrufbar und auch herunterladbar. Für die hier benötigten Zwecke wurden die Daten zwischen 2006 und 2012 abgerufen und weiter ausgewertet.

Bei der Angabe der installierten Leistung einer WKA gab es häufig Differenzen zwischen den Angaben aus der Genehmigung und den Angaben bei 50Hertz. Im Allgemeinen wurden die Daten der entsprechenden Genehmigung für die weiteren Auswertungen verwendet. Waren keine entsprechenden Dokumente oder Angaben vorhanden, wurde die Angabe aus den Stammdaten von 50Hertz genutzt. Bei drei Anlagen erfolgt keine Einspeisung in das öffentliche Netz und somit gibt es auch keine Angaben bei 50Hertz. In diesen Fällen wurde die Leistung beim Betreiber erfragt oder ggfs. aus Unterlagen entnommen.

Aus den bei 50Hertz abrufbaren Daten zur Jahresabrechnung mit der eingespeisten Jahresarbeit und der sich daraus ergebenden Jahresvergütung wurde der aktuelle Vergütungssatz nach EEG berechnet (siehe Kap. 4.7.2). Je nach Inbetriebnahme von Fischaufstiegsanlagen oder sonstigen ökologischen oder technischen Verbesserungen, ergaben sich Änderungen im Verlauf der untersuchten Jahre. Für die Berechnungen zum Ist-Zustand wurde immer der aktuellste Vergütungssatz (aus der Abrechnung 2012) angenommen, unabhängig davon, welche EEG-Version der Vergütung zugrunde lag. Für die Anlagen, die nicht ins öffentliche Netz einspeisen, wurde je nach Ausstattung ein theoretischer Vergütungssatz angenommen.

Aus dem Mittelwert der zwischen 2006 und 2012 erzeugten Jahresarbeit und der installierten Leistung ist die Berechnung der durchschnittlichen Volllaststunden pro Standort möglich (Formel 8).

Formel 8: Berechnung der jährlichen Volllaststunden einer WKA

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

t_{VL} durchschnittliche jährliche Volllaststunden der jeweiligen Wasserkraftanlage [h]

W_{Ist} durchschnittliche Jahresarbeit im Ist-Zustand [kWh]

P_N installierte Leistung der Wasserkraftanlagen [kW]

Die Ermittlung der durchschnittlichen Volllaststunden ergab zum Teil relativ große Abweichungen von den erwarteten Werten. Einen großen Einfluss hatte der Ausbaugrad der WKA. Bei einer weit über oder weit unter MQ ausgebauten WKA sind diese Abweichungen zu erwarten. Bei derartigen Anlagen (z. B. W09 Spichra, W27 Einhausen) wurden die mit Hilfe der Daten von 50Hertz berechneten und sinnvoll gerundeten Volllaststunden angesetzt. Bei allen auf ca. MQ ausgebauten WKA wurden in Abstimmung mit dem Auftraggeber jedoch folgende vereinfachte, pauschalisierte Volllaststundenansätze verwendet:

- Unterlauf bis zur Einmündung der Hasel (Barbenregion): 5.000 Volllaststunden
- Haselmündung bis zur Schleusemündung (Äschenregion): 4.500 Volllaststunden
- Oberhalb Schleusemündung (Äschenregion): 4.000 Volllaststunden

Diese Annahmen gelten für den Ist- und den Plan Zustand bereits bestehender WKA.

Abweichend hiervon wurde für die Berechnung von evtl. neuen WKA-Standorten (Kap. 6.3) eine Reduzierung der potenziellen Volllaststunden angenommen, da sich aufgrund des Klimawandels bereits aktuell abzeichnet, dass die oben angesetzten Werte in Zukunft nicht mehr zuverlässig erreicht werden.

Tab. 10: Basisdaten der bestehenden WKA an der Werra (grün: Volllaststunden gerundet nach 50Hertz, gelb: EEG-Vergütung Annahme, da keine Daten bei 50Hertz oder keine Einspeisung ins öffentliche Netz)

Nr.	Standort	Art der WKA	MQ [m³/s]	QA [m³/s]	Volllast- stunden [h]	Installierte Leistung kW	Vergütung nach EEG [€]	Jahr Inbetrieb- nahme	Daten- quelle
W06	WKA Falken	Ausl.WKA	42,31	35,10	5000	681	0,1167	1999	Unterlagen
W07	WKA Mihla	FlussWKA	39,92	40,00	5000	824	0,0967	2006	Unterlagen
W08	WKA Spichra	FlussWKA	38,81	47,30	4000	1270	0,1167	1998	Unterlagen
W09	Wehr Steinmühle Wommen	FlussWKA	31,39	33,80	5000	480	0,1167	?	Unterlagen
W11	Wehr Berka	FlussWKA	30,40	30,00	5000	580	0,1167	1997	Unterlagen
W17	Wehr Dorndorf	FlussWKA	22,13	21,00	5000	360	0,0767	2001	50Hertz
W19	WKA Tiefenort	Ausl.WKA	21,68	16,00	3000	315	0,0767	1996	50Hertz
W21	Wernshausen	Ausl.WKA	17,93	16,00	5000	400	0,0767	?	Betreiber
W22	Wehr Schwallungen	RW-WKA	17,41	4,00	5000	70	0,1167	2007	Unterlagen
W22	WKA Schwallungen	Ausl.WKA	17,41	11,50	5000	168	0,1167	1993	Unterlagen
W24	WKA Walkmühle	Ausl.WKA	13,82	11,82	5000	280	0,1167	2007	Unterlagen
W24	Wehr Walkmühle	RW-WKA	13,82	2,00	5000	30	0,1167	2007	Unterlagen
W25	WKA Obermaßfeld	FlussWKA	11,85	15,00	5000	230	0,1167	2006	Unterlagen
W27	WKA Gerlach Einhausen	Ausl.WKA	7,75	10,40	3500	160	0,1167	1995	Unterlagen
W31	WKA Vachdorf Brückenmühle	Ausl.WKA	7,47	0,75	4500	11	0,0767	?	Betreiber
W41	Biegemühle Reurieth	Ausl.WKA	2,60	2,00	4000	13	0,0967	2005	Unterlagen
W42	Schlossmühle Reurieth	Ausl.WKA	2,62	1,65	4500	18	0,1167	2004	Unterlagen
W44	WKA Ebenhards	Ausl.WKA	2,40	1,00	2000	18	0,0767	1999	Unterlagen
W45	WKA Häselrieth	Ausl.WKA	2,38	0,67	2000	11	0,0767	1991	50Hertz

4.7.2 Vergütungssätze nach EEG 2012

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz, welches die Einspeisung und Vergütung von Strom aus regenerativen Quellen regelt, wurde letztmalig 2011 novelliert (EEG vom 25.10.2008, zuletzt geändert durch Art. 2 Abs. 69 G). Es wird im Folgenden als EEG 2012 bezeichnet und ist Grundlage für die hier vorgestellten Berechnungen.

Bei der Vergütung von Strom aus Wasserkraft gibt es eine Staffelung nach installierter Leistung. Bis auf die WKA Spichra liegen alle betrachteten WKA unter der Grenze von 500 kW. Für diese kleinen Anlagen gelten die höchsten Vergütungssätze.

Prinzipiell ist bzw. war folgende Vergütung möglich (§23 EEG 2012)

- Bis 500 kW 12,7 ct/kWh
- Bis 2000 kW 8,3 ct/kWh

Weiterhin gibt es Staffellungen, je nachdem, wann die Anlage errichtet bzw. modernisiert wurde und ob an der Anlage ökologische und technische Verbesserungen durchgeführt wurden. Als ökologische Verbesserungen werden alle Maßnahmen anerkannt, die auch im WHG §33-35 sowie § 6 Abs 1, Satz 1, Nr. 1+2 benannt sind. Die Verbesserungen müssen durch einen Gutachter oder die Wasserbehörde bestätigt werden. Als technische Verbesserung gelten die Leistungssteigerung der bestehenden WKA (dazu zählen auch der Einbau einer automatischen Rechenreinigung oder einer automatischen Anlagensteuerung) und/oder die Nachrüstung einer Einrichtung zur Möglichkeit der ferngesteuerten Reduzierung der Einspeiseleistung. Die derzeit geltenden Vergütungssätze nach EEG 2012 werden in folgenden Fällen gewährt.

Merkmale der WKA/Regelungen nach EEG 2012	Vergütungssatz
1. Wenn die WKA vor dem 1.1.2004 in Betrieb gegangen ist UND bis zum 1.1.2014 die Modernisierung (ökologisch UND technisch) abgeschlossen ist	12,7 ct/kWh
2. Wenn die WKA vor dem 1.1.2013 in Betrieb gegangen ist UND bereits alle ökologischen und technischen Anforderungen erfüllt	12,7 ct/kWh
3. Wenn die WKA nach dem 1.1.2004, aber vor dem 1.1.2009 in Betrieb gegangen ist und nach dem 31.12.2011 alle ökologischen und technischen Anforderungen erfüllt	12,7 ct/kWh
4. Wenn NUR ökologische Verbesserungen durchgeführt wurden und diese vor dem 1.1.2014 abgeschlossen sind, gilt die Übergangsregelung nach § 66 Abs. (5) und (14). Vergütung erfolgt dann nach EEG 2009	11,67 ct/kWh
5. Wenn die WKA nach dem 31.12.2012 in Betrieb gegangen ist (oder die erforderlichen Maßnahmen nach diesem Zeitpunkt abgeschlossen wurden), verringert sich der Vergütungssatz ausgehend vom Jahr 2013 um jährlich 1 % (der bei Inbetriebnahme geltende Satz wird 20 Jahre unverändert ausgezahlt)	Siehe Tab. 11

Der jeweils aktuelle Vergütungssatz für das letzte vorliegende Abrechnungsjahr (2012) wurde durch folgende Formel (Formel 9) ermittelt.

Formel 9: Berechnung des aktuellen Vergütungssatzes nach EEG

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

VS_{Ist} Vergütungssatz im Ist-Zustand [€/kWh]

E_{2012} Jahresertrag der jeweiligen Wasserkraftanlage im Jahr 2012 [€]

W_{2012} Jahresarbeit der jeweiligen Wasserkraftanlage im Jahr 2012 [kWh]

Etwa die Hälfte der Standorte an der Werra erhält aktuell den Vergütungssatz nach EEG 2009 in Höhe von 11,67 ct/kWh.

Überschreitet die Bemessungsleistung einer Wasserkraftanlage den EEG-Vergütungsgrenzwert von 500 kW, so setzt sich nach dem EEG der Vergütungssatz anteilig aus unterschiedlichen Vergütungssätzen zusammen. Dies gilt nur an der WKA Spichra (W08), welche die Grenze von 500 kW installierter Leistung überschreitet. In diesem Fall erfolgt die Berechnung zweistufig. Die theoretisch in einem Jahr (8760 h) mit 500 kW einspeisbare Strommenge liegt bei 4.380.000 kWh. Diese Jahresarbeit wird mit dem Vergütungssatz für Anlagen bis 500 kW vergütet (in diesem Fall 11,67 ct). Die darüber hinaus gehende Arbeit wird mit dem verringerten Vergütungssatz von 8,3 ct für größere Anlage bis 2000 kW vergütet.

Für den Planzustand (sowie für die theoretische Errichtung neuer WKA) wurde eine Abstufung nach §20 Abs. 2 EEG 2012 vorgenommen. Der jährlich um 1 % verringerte Vergütungssatz wurde folgendermaßen berechnet. Beginnend ab dem 1.1.2013 werden die Boni jährlich um 1 % verringert. Dies bedeutet, dass ausgehend vom Höchstsatz von 12,7 ct/kWh im Jahr 2012 1 % = 0,13 ct abgezogen werden und die Vergütung für das Jahr 2013 dann 12,57 ct beträgt. Ab dem 1.1.2014 werden von den 12,57 ct wiederum 1 % = 0,13 ct abgezogen, so dass im Jahr 2014 die Vergütung 12,45 ct beträgt usw. In Tab. 11 sind die jährlich um 1 % verringerten Boni bis zum Jahr 2018 aufgeführt.

Tab. 11: jährlich verringerte Vergütungssätze nach EEG 2012

Jahr	Jährlich abgestufter Vergütungssatz
2013	12,57 ct/kWh
2014	12,45 ct/kWh
2015	12,32 ct/kWh
2016	12,20 ct/kWh
2017	12,08 ct/kWh
2018	11,95 ct/kWh

Es wird davon ausgegangen, dass die Planung und der Bau von Fischaufstiegs- und Fischabstiegsanlagen ca. drei Jahre dauern, so dass für den Planzustand der Vergütungshöchstsatz von 2016 angewendet wird. Für die Planung, die Genehmigung und den Bau von evtl. neuen WKA oder Restwasser-WKA werden fünf Jahre veranschlagt, so dass hier der Höchstsatz von 2018 angesetzt wird.

Weiterhin wird immer davon ausgegangen, dass auch eine technische Leistungssteigerung angestrebt wird, so dass die nach EEG geltenden Vergütungssätze angesetzt werden können. Bei alleiniger Durchführung von ökologischen Verbesserungen nach dem 1.1.2014 erfolgt keine Anpassung der Vergütung

4.7.3 Bilanzierung ökologisch notwendiger Abflüsse

Die ökologisch notwendigen Abflüsse sind vereinfacht die Summe der Abflüsse aus Fischaufstiegsanlage, Fischabstiegsanlage und evtl. notwendiger Mindestwassermenge. Diese vereinfachte Formel ist jedoch sehr vielen Abweichungen unterworfen. Grundsätzlich wurde die Festlegung getroffen, dass der Ist-Zustand so betrachtet wird, wie vorgefunden. Wenn also bereits entsprechende ökologische Abflüsse im Ist-Zustand abgegeben werden, führen diese nicht zu einer rechnerischen Mindererzeugung, da die in diesem Zustand erzeugte Energiemenge bereits als gegeben angesetzt wird. Ausgehend davon können mehrere Fälle unterschieden werden:

- Sind die bereits vorhandenen Anlagen in einem optimalen Zustand, ergeben sich auch für den Planzustand keine Änderungen der Wassermenge, so dass keine Mindererzeugung aufgrund ökologischer Abflüsse erfolgt.
- Bei einem geringen Ausbaugrad der WKA (bezogen auf MQ) ist es möglich, dass ausreichend bisher ungenutztes Wasser zur Verfügung steht, um die ökologisch notwendige Wassermenge zur Verfügung zu stellen. Zur Ermittlung der noch nutzbaren Wassermenge wird von MQ die Ausbauwassermenge der WKA (und evtl. der Restwasser-WKA) sowie weitere unbedingt abzugebende Abflüsse für andere Nutzungen abgezogen. Ist die verbleibende Wassermenge Q_{nutzbar} größer als die Summe der ökologischen Abflüsse im Planzustand, kommt es nicht zu einer Mindererzeugung. Ist die Summe kleiner, erfolgt eine Verrechnung mit den ökologischen Abflüssen. Ist kein zusätzlich nutzbarer Abfluss vorhanden, wird die volle Höhe der ökologischen Abflüsse im Planzustand als Mindererzeugungsmenge angesetzt.
- Häufig müssen vorhandene Anlagen umgebaut und meist dann auch mit einer erhöhten Wassermenge betrieben werden. In diesem Fall wird nur die Differenz zwischen Ist- und Planzustand als für die Mindererzeugung relevante Wassermenge angesetzt.
- Sind noch keine Fischauf- oder -abstiegsanlagen vorhanden, wird der volle Wasserbedarf der geplanten Anlagen angesetzt (falls kein bisher ungenutztes Q zur Verfügung steht, siehe oben).
- In drei Fällen erfüllen die Anlagen des Fischaufstieges gleichzeitig die Funktion des Fischabstieges (Fischschleusen), so dass hier theoretisch nur eine Wassermenge angesetzt werden müsste. Da der Fischabstieg über die Fischschleusen im Ist-Zustand aber nur unzureichend gewährleistet werden kann (SCHMALZ 2012), müssen Änderungen in Steuerung und Betriebsweise bzw. bauliche Ergänzungen vorgenommen werden, die zu einer Erhöhung der benötigten Wassermenge führen.

Bei Ausleitungskraftwerken ergeben sich folgende Fälle:

- Bei Abgabe einer Mindestwassermenge und Vorhandensein einer FAA kann die Dotation dieser mit dem Mindestwasser verrechnet werden. Je nach Standort kann der notwendige Abfluss in der FAA sogar höher sein als die Mindestwassermenge.

- An der Ausleitungsstrecke befindet sich ein Restwasserkraftwerk. Im Normalfall garantiert die Dotation des Kraftwerkes die Mindestwassermenge. Je nach Menge des geforderten Mindestwassers sind zusätzliche ökologische Dotationen für Fischauf- und -abstieg nötig.

Da an der Werra bereits viele WKA mit Fischaufstiegsanlagen und zum Teil auch mit Fischabstiegsanlagen ausgestattet sind, sowie die Mindestwassermenge mit der Dotation der FAA am Wehr verrechnet werden kann, ergeben sich häufig nur rel. geringe Wasserverluste durch ökologische notwendige Abflüsse.

Bei Standorten mit zwei WKA werden die ökologisch notwendigen Abflüsse zuerst getrennt für beide WKA ermittelt und danach addiert, um die Verrechnung mit der insgesamt evtl. noch nutzbaren Wassermenge vorzunehmen.

4.7.4 Rechenverluste

An den meisten Standorten an der Werra wird zur Gewährleistung eines ausreichenden Fischschutzes eine Anpassung der Rechenanlage notwendig sein. Bis auf die WKA Mihla (W07) und die RestwasserWKA in Schwallungen (W22), die bereits mit einem 15 mm Rechen ausgestattet sind, müssen an allen Anlagen die Stababstände verringert werden. Unterhalb der Haselmündung gilt derzeit die Vorgabe von TLUG (2009) für einen Stababstand von 15 mm, oberhalb und in den Nebengewässern werden 10 mm vorgeschrieben.

Die Verringerung der Stababstände (bei gleicher Rechenfläche) verursacht hydraulische Verluste. Diese können berechnet werden. Dabei ergeben sich meist relativ geringe Verlusthöhen (SCHELHORN 2013). Diese Berechnungen gelten aber nur für Rechen in optimalem und unverlegtem Zustand, was in der Praxis selten zutrifft.

In Absprache mit dem Auftraggeber wurden daher pauschale Werte für die Reduzierung der Nutzfallhöhe angesetzt. Es gilt:

- WKA unterhalb der Haselmündung: Verringerung der Abstände von 20 auf 15 mm; 0,02 m Rechenverlust
- WKA oberhalb der Haselmündung: Verringerung der Abstände von 20 auf 10 mm; 0,05 m Rechenverlust

Es existieren an einigen Standorten Rechen mit Stababständen, die größer als 20 mm sind. Hier wäre der Rechenverlust eigentlich höher. Da aber Rechen mit größeren Abständen nicht mehr betrieben werden dürften, wird auch für diese Standorte kein höherer Verlust angenommen.

Eine Betrachtung der möglicherweise vergrößerten Rechenfläche im Planzustand, was eine Reduzierung der Rechenverluste zu Folge hätte, erfolgt an dieser Stelle nicht, da die Vorplanungen hierfür keine ausreichende Detailschärfe liefern. Derartige Berechnungen sind Gegenstand der Genehmigungs- und Ausführungsplanungen.

4.7.5 Bilanzierung der Jahresarbeit bzw. der -verluste

Die durch eine WKA geleistete Jahresarbeit wird mit Formel 10 berechnet

Formel 10: Berechnung der Jahresarbeit einer WKA

$$E_a = t_{VL} \cdot P$$

E_a	Jahresarbeit	[kWh]
t_{VL}	Volllaststunden	[h]
P	Leistung	[kW]

Wie bereits erläutert, wird die Leistung einer WKA den Genehmigungsunterlagen bzw. den Angaben beim Netzbetreiber entnommen. Es ist jedoch auch möglich die Leistung einer WKA überschläglich mit vorhandener Wassermenge und Ausbauhöhe zu ermitteln (Formel 11).

Formel 11: Ermittlung der möglichen Leistung einer WKA

$$P = \text{Faktor} \cdot Q_A \cdot h_A$$

P	Leistung	[kW]
Q_A	Ausbauwassermenge oder nutzbare Wassermenge	[m³/s]
h_A	Ausbaufallhöhe	[m]

Faktor: Faktor zur Berücksichtigung der Maschinenwirkungsgrade. Vereinfacht: Faktor 7 bei Altanlagen und bestehenden WKA, Faktor 8 bei neuen und/oder technisch weitentwickelten Anlagen

Die Ermittlung der Leistung einer WKA nach Formel 11 weicht in den meisten Fällen mehr oder weniger von der in Unterlagen oder beim Netzbetreiber angegebenen ab. Für die weiteren Berechnungen wurde die Jahresarbeit mit der aus Unterlagen oder vom Netzbetreiber angegebenen Leistung berechnet.

Um den Verlust an Jahresarbeit durch ökologische Abflüsse zu ermitteln, wird Formel 11 verwendet. Dabei wird die zur Errechnung einer Arbeit notwendige Leistung mit Hilfe der ökologischen notwendigen Wassermenge, der Fallhöhe (abzüglich der Rechenverluste) und den für die WKA geltenden Volllaststunden sowie des für die WKA angesetzten Leistungsfaktors berechnet.

Formel 12: Ermittlung des Verlusts an Jahresarbeit durch ökologische Abflüsse

$$E_{\text{verlust}} = \text{Faktor} \cdot Q_{\text{verlust}} \cdot h_A \cdot t_{VL}$$

E_{verlust}	Verlust an Jahresarbeit	[kWh]
Q_{verlust}	ökologisch notwendiger Abfluss	[m³/s]
h_A	Ausbaufallhöhe (abzüglich Rechenverlusten)	[m]
t_{VL}	Volllaststunden	[h]

Der so ermittelte Verlust an Jahresarbeit wird von der in einem ersten Schritt ermittelten Jahresarbeit ohne ökologische Abflüsse abgezogen.

4.7.6 Jahreserträge

Aus der errechneten Jahresarbeit kann durch Multiplikation mit der Vergütung pro kWh der jährliche Ertrag ermittelt werden. Dabei wird im Ist-Zustand von den aktuell gewährten Vergütungen nach EEG ausgegangen. Für den Plan-Zustand wird die Jahresarbeit nach Abzug der ökologischen Verluste mit dem theoretisch erreichbaren höchstmöglichen Vergütungssatz nach EEG 2012 multipliziert (siehe Kap. 4.7.2)

4.7.7 Erhöhte Betriebs- und Unterhaltungskosten

Durch den Einsatz von feineren Rechen erhöhen sich die Reinigungsintervalle durch den Rechenreiniger. Bei Bau von Fischwanderhilfen ergeben sich Aufwendungen für die Reinigung der Fischwege. Es ist mit erhöhten Betriebskosten für Betrieb und Wartung der Anlagen zu rechnen. Nach TLUG (2011) wird hierfür ein pauschalisierter Abzug von 2 % des Jahresertrages vorgenommen. Der Abzug erfolgt von dem zuvor berechneten Jahresertrag (nach Abzug der ökologischen Verluste).

4.7.8 Auswirkungen auf die Jahreserträge

An den WKA-Standorten an der Werra ergeben sich an zehn Standorten keine Verluste durch den ökologischen Abfluss, weil hier noch eine bisher ungenutzte, ausreichende Wassermenge verfügbar ist oder (in einem Fall) keine Maßnahmen notwendig sind. Bei den anderen Standorten variieren die Verluste an Jahresarbeit zwischen 2.200 und 72.250 kWh. Das dies nicht immer mit einem Verlust an Jahresertrag einhergehen muss, wird durch die im Planzustand erreichbaren Jahreserträge deutlich. Die Differenz zwischen Ist- und Planzustand ist nur in drei Fällen negativ, d. h. mit einem finanziellen Verlust einhergehend. In den meisten Fällen ergibt sich rechnerisch ein leichter Gewinn, der überwiegend durch die Steigerung des Vergütungssatzes zu Stande kommt. Dieser ist jedoch nur zu erreichen, wenn neben den ökologischen Verbesserungen auch eine technische Verbesserung (Leistungssteigerung, Automatisierung von Komponenten oder Einbau Fernsteuerung) erfolgt. Als Auszug aus Anhang 12 gibt Tab. 12 einen Überblick über die Vergütungssätze und die Jahreserträge sowie Gewinne oder Verluste bezüglich des Ist-Zustandes und des Planzustandes.

Tab. 12: Vergütungssätze (VS), Jahreserträge sowie Differenz Ist-Planzustand

		Ist-Zustand		Planzustand (Vergütung nach EEG 2012)		
		VS [€]	Jahresertrag [€]	VS nach EEG 2012 [€]	Jahresertrag mit Betriebskosten [€]	Differenz PLAN-IST [€]
W06	Wehr Falken (RW geplant)			0,122	48.422	48.422
W06	WKA Falken	0,1167	397.364	0,127	423.786	26.423
W07	WKA Mihla	0,0967	398.404	0,122	489.281	90.877
W08	WKA Spichra	0,1167	569.246	0,127	598.487	29.241
W09	Wehr Steinmühle Wommen	0,1167	280.080	0,122	285.579	5.499
W11	Wehr Berka	0,1167	338.430	0,122	340.050	1.620
W17	Wehr Dorndorf	0,0767	138.060	0,122	215.208	77.148
W19	WKA Tiefenort	0,0767	72.482	0,122	104.346	31.865
W21	Wernshausen	0,0767	153.400	0,122	238.189	84.789
W22	Wehr Schwallungen	0,1167	40.845	0,122	40.650	-195
W22	WKA Schwallungen	0,1167	98.028	0,122	100.430	2.402
W24	Walkmühle WKA	0,1169	163.380	0,122	164.785	1.405
W24	Walkmühle Wehr	0,1169	17.505	0,122	17.934	429
W25	WKA Obermaßfeld	0,1167	134.205	0,122	133.728	-477
W27	WKA Gerlach Einhausen	0,1167	65.352	0,122	63.265	-2.087

		Ist-Zustand		Planzustand (Vergütung nach EEG 2012)		
		VS [€]	Jahres- ertrag [€]	VS nach EEG 2012 [€]	Jahresertrag mit Betriebskosten [€]	Differenz PLAN1- IST [€]
W31	WKA Vachdorf Brückenmühle	0,0767	3.797	0,122	5.918	2.122
W41	Biegemühle Reurieth V1	0,0967	5.028	0,122	5.956	928
W41	Biegemühle Reurieth V2			0,122	6.217	1.189
W42	Schlossmühle Reurieth V1	0,1167	9.453	0,122	9.684	232
W42	Schlossmühle Reurieth V2			0,122	17.537	8.085
W44	WKA Ebenhards V1	0,0767	2.761	0,122	2.929	168
W44	WKA Ebenhards V2			0,122	3.984	1.223
W45	WKA Häselrieth	0,0767	1.611	0,122	2.299	688

Bei Erhöhung des Vergütungssatzes können Verluste durch die Abgabe von Wasser für ökologische Zwecke oft kompensiert werden. Bezogen auf den Jahresertrag im Ist-Zustand können zusätzliche Gewinne zwischen 0,48 - 85 % durch erhöhte Vergütungssätze erreicht werden. Die höchsten Steigerungen sind bei Anlagen möglich, die bisher nur einen Vergütungssatz von 7,67 ct erhielten. Bei den drei Anlagen, die Verluste hinnehmen müssen, bewegen sich diese zwischen 0,36 % und 3,19 % (Abb. 10).

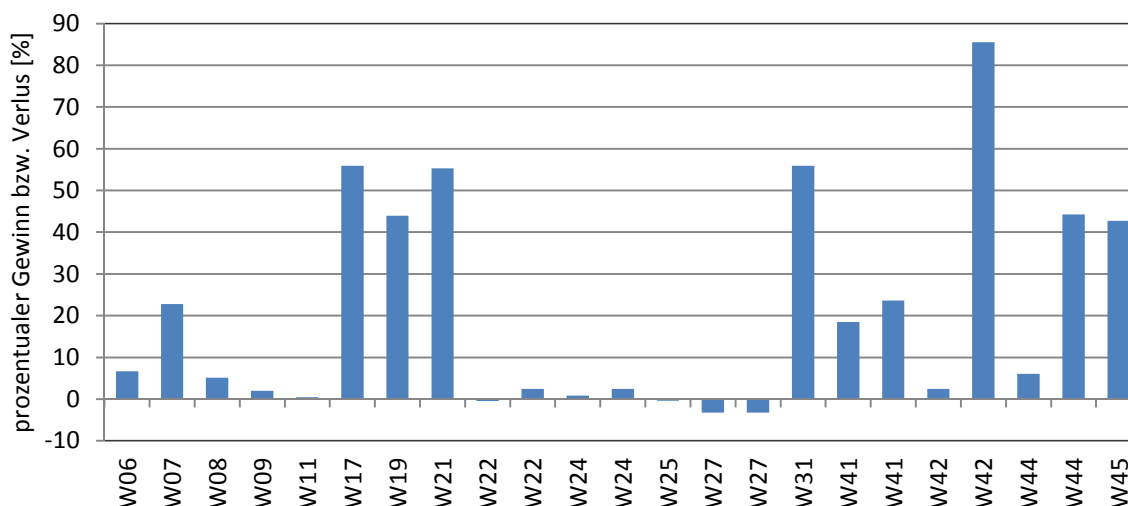


Abb. 10: prozentuale Gewinne bzw. Verluste im Planzustand bezogen auf den aktuellen Jahresertrag. Bei doppelt aufgeführten Anlagen gibt es zwei Varianten

5 Bewertung des ökologischen Zustandes

5.1 Grundlagen und Vorgehensweise

Die Durchgängigkeit eines anthropogen beeinflussten Gewässers ist von mehreren Faktoren abhängig. Dazu zählen die flussauf- und flussab gerichtete Passierbarkeit von Querbauwerken, die Durchwanderbarkeit von Ausleitungs- und Staustrecken und letztendlich auch die Konnektivität mit der Aue. Letztgenannter Aspekt kann für das vorliegende Konzept nicht bearbeitet werden.

Der Hauptfokus bei der Bewertung des ökologischen Zustandes hinsichtlich der Durchgängigkeit lag hier auf der Passierbarkeit von Querbauwerken. Es erfolgte eine Bewertung des erfassten Ist-Zustandes. Die erkannten Defizite wurden benannt und geeignete Maßnahmen zur Verbesserung der Situation vorgeschlagen. Der so erzielte Planzustand wird den gleichen Bewertungskriterien unterworfen.

Bei der Einschätzung des Ist-Zustandes wurde der vorgefundene Zustand bewertet. Bei Vorlage von genehmigten Planunterlagen wurden diese ebenfalls bewertet. Entsprachen diese Planungen den Vorgaben für eine optimale Durchgängigkeit, wurden sie in den Planzustand eingearbeitet. Bei Abweichungen wurden weitergehende Hinweise oder Verbesserungsmaßnahmen für die Planungen vorgeschlagen.

In einem ersten Schritt wurde jeder Einzelstandort getrennt bewertet und zwar hinsichtlich Aufstieg und Abstieg (siehe auch Kap. 4.1). Beim Aufstieg wurden keine gesonderten Zielarten berücksichtigt, sondern die gesamte Fischfauna des fischfaunistischen Referenzzustandes. Die Bewertung des Abstieges erfolgte getrennt (nur) für die Zielarten Lachssmolts und Blankaale.

In einem zweiten Schritt wurde die Summationswirkung der Standorte berechnet. Diese Wirkung ist vor allem für die weit wandernden Fischarten von Bedeutung. Die Defizite aber auch die Auswirkung von Verbesserungsmaßnahmen konnten so sehr deutlich gemacht werden. In die Kumulationswirkung wurden auch die Nebengewässer, die als Laichareal des Lachses in Frage kommen, einbezogen. Durch die Kumulation konnten Erreichbarkeitsraten für Laichareale bzw. angrenzende Gewässersysteme berechnet werden.

Die Bewertung der Einzelstandorte, aber auch der Summation erfolgte mit einem fünfstufigen Bewertungssystem (Tab. 13, Tab. 14). Das System basiert auf den Kenntnissen, die mittlerweile über die Folgen veränderter oder eingeschränkter Durchwanderbarkeit auf die Fischfauna bekannt sind. Die jeweils mit verschiedenen Kriterien unterlegte Skalierung und deren Farbgebung richten sich nach der ebenfalls fünfstufigen Skala, die auch beim Bewertungssystem nach WRRL angewendet wird.

Tab. 13: Einstufung der verschiedenen Bewertungsmerkmale für **Auffindbarkeit, Passierbarkeit und Durchgängigkeit** eines Standortes (nach TLUG 2011)

	A	B	C	D	E
Bezeichnung	keine	gut	eingeschränkt	gravierend	ungenügend
Einstufung	Beeinträchtigung			eingeschränkt	

Tab. 14: Einstufung der verschiedenen Bewertungsmerkmale für die **Schädigungen** an einem Standort (z. B. bei Turbinen- oder Wehrpassage) (nach TLUG 2011)

	A	B	C	D	E
Bezeichnung	keine	gering	mäßig	erheblich	hoch
Einstufung	Beeinträchtigung				

Die Situation hinsichtlich Stau- und Ausleitungsstrecken wurde mit den Vorgaben nach TLUG (2009) verglichen. Danach dürfen nicht mehr als 25 % bestimmter Gewässerabschnitte durch Stau und Ausleitung beeinflusst werden. Hier erfolgte keine Bewertung des Zustandes durch eine Einordnung in ein Bewertungssystem. Auch die Durchwanderbarkeit derartiger Strecken wurde nicht bewertet. Prinzipiell wurde davon ausgegangen, dass sowohl Stau- als auch Ausleitungsstrecken ungehindert durchwanderbar waren. Bei den Vor-Ort-Besichtigungen wurden keine Zustände festgestellt, die dieser Auffassung massiv widersprochen hätten. Die Auswirkungen werden rein rechnerisch und verbal dargestellt (siehe Kap. 5.4).

Als Standort wird an dieser Stelle das Querbauwerk inklusive aller Ausleitungen sowie des Stauraumes bezeichnet (Abb. 11). Letztendlich ist es der gesamte, durch das Querbauwerk beeinflusste Gewässerbereich. Die Länge ist abhängig von der Höhe des Aufstaus, ob eine Ausleitung vorhanden und wie lang diese ist. Nicht immer sind alle Komponenten an einem Standort vorhanden. An einem Flusskraftwerk fehlt z. B. die Ausleitung. Bei kleinen Querbauwerken ohne Ausleitung und mit geringem Aufstau kann die beeinflusste Strecke auch relativ kurz sein.

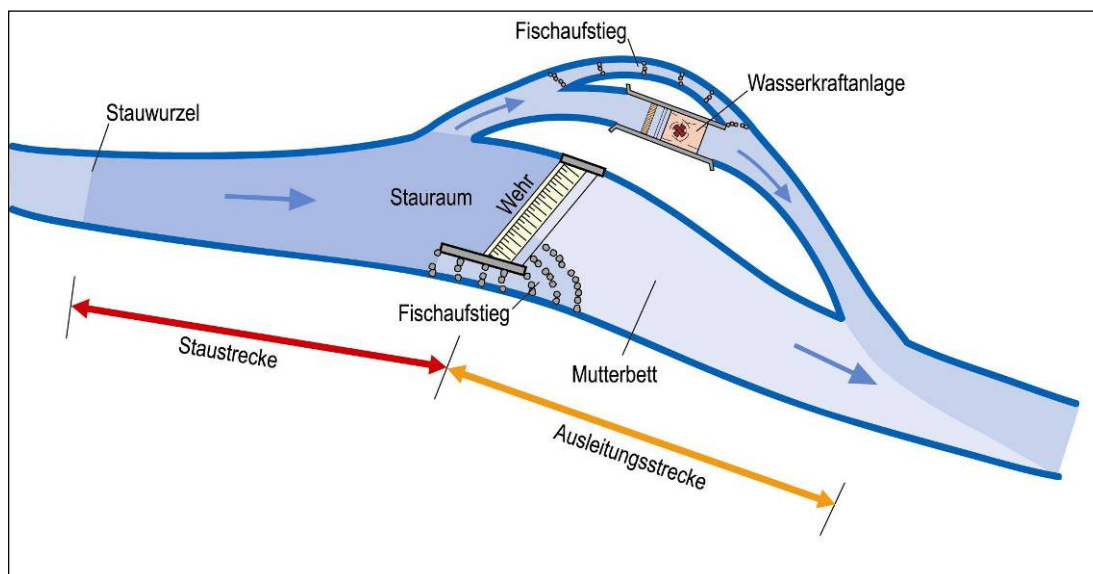


Abb. 11: mögliche Komponenten eines Standortes mit Querbauwerk (aus TLUG 2011)

5.2 Bewertung der flussauf gerichteten Durchgängigkeit

Für die flussaufwärts gerichtete Durchgängigkeit an einem Standort wurde keine Zielart ausgewiesen. Hier sollte allen vorkommenden bzw. potenziell vorkommenden Fischarten die Durchwanderbarkeit gewährleistet werden. Bei der Auswahl der zu berücksichtigenden Fischarten wurde der jeweilige fischfaunistische Referenzzustand zu Grunde gelegt (WAGNER 2008). Allgemein gilt, dass sowohl den größten als auch den kleinsten Fischen der Aufstieg gelingen muss. Allen wanderwilligen Arten im

Unterwasser unabhängig von ihrer rheotaktischen Orientierung muss die Passage möglich sein. Der Grad der Einschränkung dieser Aufstiegsmöglichkeit wird im Rahmen der Bewertung abgeprüft.

Für die aufsummierten Erreichbarkeitsraten der Laichplätze wurde der Lachs als Zielart ausgewählt, da bei dieser anadromen Art die Ansprüche hinsichtlich der Dimensionierung von Anlagen am größten sind. Die Art ist empfindlich gegenüber der kumulativen Wirkung von Querbauwerken auf langen Wanderstrecken.

5.2.1 Rechnerische Grundlagen für die Bewertung

Die Durchwanderbarkeit eines Standortes setzt sich prinzipiell aus den Faktoren Auffindbarkeit und Passierbarkeit zusammen. Eine Fischwanderhilfe, die für die aufstiegswilligen Fische nicht auffindbar ist, verfehlt ihre Wirkung genauso wie eine gut auffindbare, aber nicht passierbare Anlage. Daher müssen speziell diese beiden Kriterien zur Bewertung herangezogen werden.

Die Auffindbarkeit wird dabei in die beiden Kriterien großräumige und kleinräumige Auffindbarkeit unterteilt.

5.2.1.1 Großräumige Auffindbarkeit

Die großräumige Auffindbarkeit gibt an, mit welchem Anteil ein möglicher Weg in Richtung Querbauwerk für die Wanderung aufgesucht wird. Dies kann der Flusslauf an sich sein oder ein abzweigender Kanal oder Umfluter. Die Beurteilung der großräumigen Auffindbarkeit beginnt im Unterwasser an dem Punkt, an dem alle ausgeleiteten Umfluter dem Fluss wieder zugeführt werden.

Folgende Arbeitsannahmen werden dabei getroffen:

- Als Berechnungsgrundlage wird MQ gewählt, da sich die Ausbaudurchflüsse von WKA häufig auf diesen Wert beziehen.
- Es wird davon ausgegangen, dass sich vom Unterwasser kommende Fische proportional der Aufteilung der Durchflüsse verhalten und in die entsprechenden, möglichen Wanderwege einwandern. Beispiel: im Mutterbett verbleiben 30 % des Abflusses, während 70 % durch ein Ausleitungskraftwerk fließen. Mit einer Rate von 0,7 wandern die Fische Richtung WKA und mit 0,3 Richtung Mutterbett.
- Es wird davon ausgegangen, dass die einzelnen Wanderwege bis zum eigentlichen Wanderhindernis durchgängig sind. Das bedeutet, dass das Mutterbett ausreichend durchflossen wird und keine pessimalen Schnellen die Wanderung behindern. Auch die Unterwasserkanäle unterhalb WKA werden ungeachtet ihres häufig naturfernen Ausbaues als durchwanderbar betrachtet.

Bei einem **Standort OHNE Ausleitung** beträgt die **großräumige Auffindbarkeitsrate immer 1**. Diese Annahme gilt streng genommen nur für kleine und „mittelbreite“ Gewässer. Bei sehr großen und breiten Gewässern ist eine Auffindbarkeit einer Anlage nur an einer Uferseite an einem Wehr nicht unbedingt gewährleistet. Für eine optimale Auffindbarkeit müssten dann an beiden Ufern FAA installiert sein. Bei der Werra in Thüringen wird als Arbeitsannahme davon ausgegangen, dass die Wehrstandorte die kritischen Breiten für eine Orientierung von Fischen hin zu einer Uferseite noch nicht überschreiten.

Bei einem **Standort mit Ausleitung** werden ausgehend von Abb. 12 folgende Annahmen getroffen:

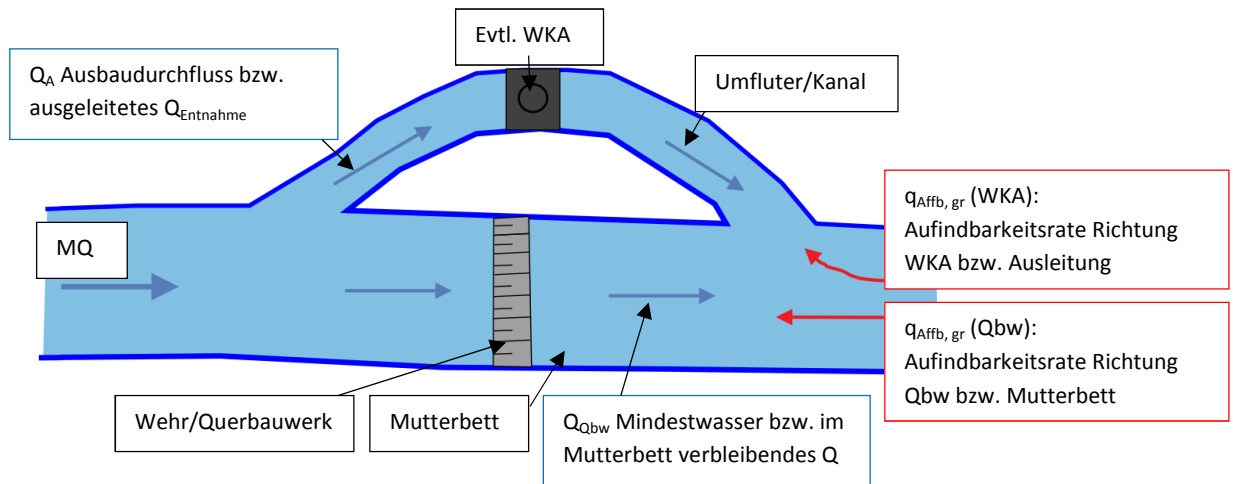


Abb. 12: Querbauwerk mit Ausleitung und Aufteilung des Durchflusses sowie der aufstiegswilligen Fische

- Der Anteil der Fische, die Richtung Querbauwerk wandert wird mit der großräumigen Auffindbarkeitsrate $q_{\text{Aff},gr}(\text{Qbw})$ bezeichnet. Demnach ergibt sich für den Anteil der Fische, die Richtung WKA (oder in Richtung des ausgeleiteten Wassers) wandert:

$$q_{\text{Aff},gr}(\text{WKA}) = 1 - q_{\text{Aff},gr}(\text{Qbw})$$

Je nach Verhältnis Entnahmemenge zu MQ werden folgende Annahmen getroffen (Abb. 13):

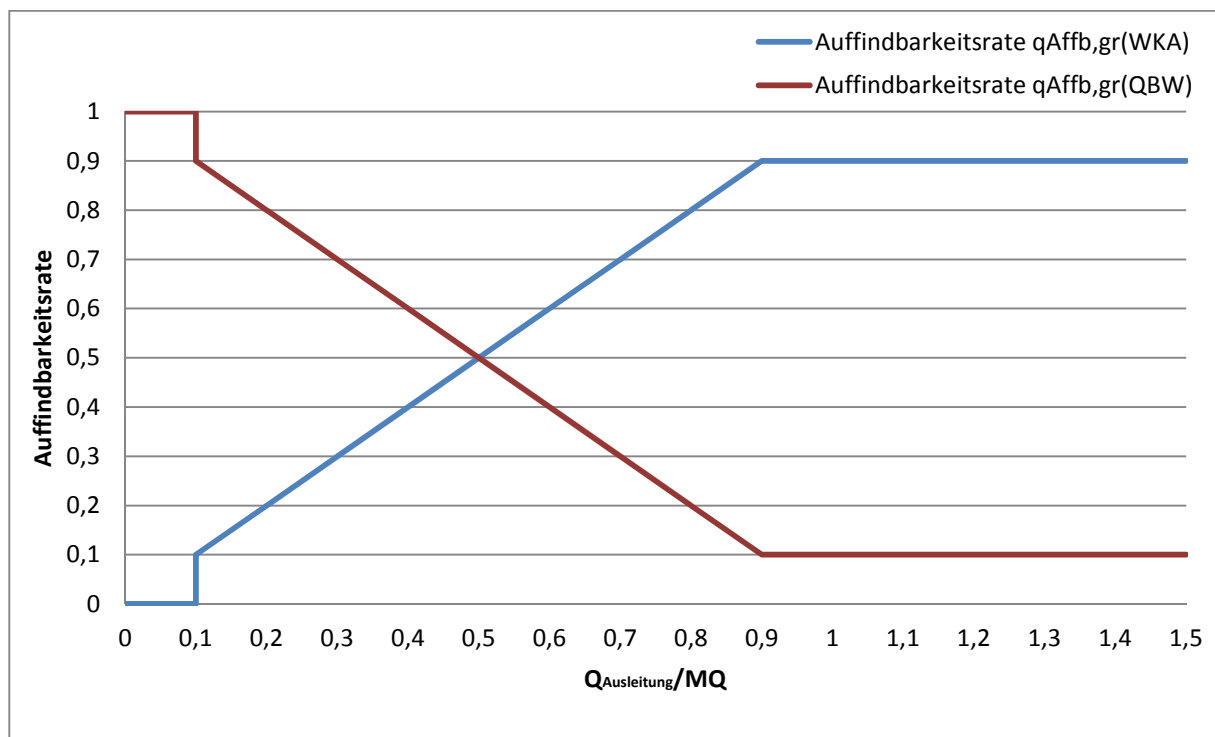


Abb. 13: Arbeitsannahme für die großräumige Auffindbarkeit bei unterschiedlichen Entnahmemengen (aus TLUG 2011)

- Bei einem Verhältnis Entnahmemenge $Q_{\text{Ausleitung}}/MQ$ zwischen 0,1 und 0,9 erfolgt die Aufteilung der aufsteigenden Fische im linearen Verhältnis zur Verteilung der Durchflussmengen.
- Bei einem Verhältnis Entnahmemenge $Q_{\text{Ausleitung}}/MQ$ größer 0,9 (hohe Entnahmemenge) wandern dennoch im Jahresmittel nur maximal 90 % der Fische Richtung Entnahme ab. Es

wird davon ausgegangen, dass sich auch bei sehr geringfügigem Abfluss über das Wehr noch 10 % der Fische in diese Richtung orientieren. Dies hat auch strukturelle Gründe, da sich Fische an den Strukturen des (ehemaligen) Flussbettes orientieren, selbst wenn der Durchfluss sehr gering ist.

- Bei einem Verhältnis Entnahmemenge $Q_{\text{Ausleitung}}/MQ$ kleiner 0,1 (sehr geringe Entnahmemenge) wandern alle Fische in Richtung Querbauwerk ab. Die Auffindbarkeitsrate Richtung Querbauwerk wird auf 1 gesetzt. Hier wird unterstellt, dass sehr geringfügige Ausleitungen keinen Einfluss auf das Aufwanderverhalten im Flussbett haben.
- Befindet sich an der Ausleitung eine wirksame Einschwimmsperre im Unterwasser, erfolgt die Aufteilung der Wanderung 90 % Richtung Querbauwerk und 10 % Richtung Einschwimmsperre. Durch die Einschwimmsperre wird Wasser abgegeben, so dass eine evtl. erst einmal fehlerhafte Orientierung der Fische nicht ausgeschlossen werden kann.
- Bei einem Standort mit Brauchwasserentnahme (z. B. Fischteiche oder Kühlwasser) wird, abweichend von den Vorgaben nach TLUG 2011, genauso verfahren, wie bei einem WKA-Standort. Letztendlich kommt es bezüglich der Einwanderungsmöglichkeit auf die Gestaltung der Rückspeisung an.
- Befinden sich in einem Ausleitungskanal mehrere WKA, werden diese behandelt wie ein einziger WKA-Standort.
- Bei einem Standort mit verzweigten Ausleitungen und deshalb auch mehreren Rückspeisungen werden diese als eigene Wege behandelt, so dass sich auch eine großräumige Auffindbarkeit verteilt auf mehrere Wanderwege ergeben kann.

5.2.1.2 Kleinräumige Auffindbarkeit

Die kleinräumige Auffindbarkeit gibt an, wie der Einstieg einer Fischwanderhilfe im Bezug zum Wanderhindernis positioniert ist, bzw. wie gut und schnell aufsteigende Fische in der Lage sind, den Einstieg zu finden. Über die Auffindbarkeit entscheiden die Lage des Einstieges und die Leitströmung im Verhältnis zur konkurrierenden Strömung. Die Anforderungen nach DWA M509 müssen erfüllt sein. Es ist jedoch zu beachten, dass über die Auswirkung der Leitströmung immer noch nicht genug bekannt ist. Auch bei leichten Abweichungen kann die Auffindbarkeit noch gegeben sein, dies muss aber durch Funktionskontrollen nachgewiesen sein. Die Bewertung in Form der kleinräumigen Auffindbarkeitsrate $q_{\text{Affb,kl}}$ erfolgt gestaffelt nach folgenden Kriterien (Tab. 15):

Tab. 15: Bewertung der kleinräumigen Auffindbarkeit eines Wanderweges für die flussauf gerichtete Wanderung (verändert nach TLUG 2011)

Auffindbarkeitsrate $q_{\text{Affb,kl}}$	Fischökologische Definition	Einzelkriterien für kleinräumige Auffindbarkeit eines Wanderwegs Querbauwerk, Ausleitungskraftwerk, Flusskraftwerk
1,00	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 Strömung führt alle aufwandernden Fische an mindestens 300 Tagen (DWA M509) im Jahr zum Einstieg einer Fischaufstiegsanlage.	Kleinräumige Auffindbarkeit ist nahezu unbeeinträchtigt, wenn Fischaufstiegsanlage am Querbauwerk UND/ ODER am Kraftwerk mit Positionierung nach DWA M509 (Fischaufstiegsanlage uferseitig neben dem Wasserkraftwerk bzw. Hindernis; Einstieg nicht ins Unterwasser vorgebaut. Leitströmung tritt nahezu 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 DWA M509 abweicht. ODER Fischaufstiegsanlage uferseitig neben dem Wasserkraftwerk. Positionierung und Leitströmung weichen mäßig vom Stand der Technik ab).
0,60	Durch falsche Positionierung ist die Auffindbarkeit der Fischaufstiegsanlage erheblich beeinträchtigt.	Kleinräumige Auffindbarkeit ist erheblich beeinträchtigt, wenn: Fischaufstiegsanlage am Kraftwerk bzw. Querbauwerk. Einstieg weit ins Unterwasser vorgelagert, keine wahrnehmbare Leitströmung ODER Fischaufstiegsanlage am Ufer, das dem Kraftwerk bzw. der Hauptströmung gegenüberliegt.
0,00	Fischaufstiegsanlage ist nicht auffindbar.	Kleinräumige Auffindbarkeit ist nicht gegeben wenn: Aufstiegsanlage nicht sicher auffindbar ist, da vollkommen falsch positioniert. ODER Es existiert keine Fischaufstiegsanlage

5.2.1.3 Passierbarkeit

Die Passierbarkeit einer Fischaufstiegsanlage ist neben der Auffindbarkeit entscheidend für den Erfolg des Aufstieges. In erster Linie sind dafür die baulichen und hydraulischen Parameter verantwortlich. Bei richtiger Ausführung ist es nicht entscheidend, ob die Fischaufstiegsanlage eher in naturnaher oder eher technischer Bauweise errichtet ist. Vereinfacht ausgedrückt müssen die hydraulischen Parameter so beschaffen sein, dass auch schwimmschwache Fische aufstiegen können, und die bauliche Ausführung muss gewährleisten, dass auch die größten Fische den Pass nutzen können. Diese Kriterien gelten auch für Sohlgleiten bzw. flächige Raugerinne. Im Einzelfall können auch Querbauwerke, die nicht speziell für den Fischwechsel umgebaut wurden, bei bestimmten Wasserständen passierbar sein. Für die Einschätzung der Einhaltung der baulichen und hydraulischen Parameter sind die Grenz- und Bemessungswerte nach DWA M509 zu beachten (siehe auch Kap. 4.1). Lagen Funktionskontrollen vor, wurden diese in die Bewertung einbezogen. Letztendlich sind

auch hier noch viele Wissenslücken vor allem für einzelne Arten vorhanden. Die Einschätzung kann nur eine grobe Bewertung liefern, die auch auf Expertenwissen beruht. Im Endergebnis der Bewertung ergibt sich eine Passierbarkeitsrate der Anlage q_{pass} .

Bei der Passierbarkeit wird unterschieden zwischen Querbauwerken ohne (Tab. 16) und mit (Tab. 17) gesonderter Fischaufstiegsanlage. Bei Raugerinnen mit einer beckenartig gestalteten Niedrigwasserrinne wird letztere Situation zu Grunde gelegt.

Tab. 16: Bewertung der Passierbarkeit eines Querbauwerkes ohne gesonderte Fischaufstiegsanlage (verändert nach TLUG 2011)

Passierbarkeitsrate q_{pass}	Fischökologische Definition	Einzelkriterien Querbauwerk ohne Fischaufstiegsanlage
1,00	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 fast 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 DWA M509.
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 DWA M509 erheblich abweichen.
0,00	Der Standort ist auch bei Hochwasser nicht passierbar.	Das Querbauwerk wird bei Hochwasser nicht überstaut und die hydraulischen Grenzwerte nach DWA M509 weichen gravierend ab.

Tab. 17: Bewertung der Passierbarkeit eines Querbauwerkes mit gesonderter Fischaufstiegsanlage (verändert nach TLUG 2011)

Passierbarkeitsrate q_{pass}^*	Fischökologische Definition	Einzelkriterien Querbauwerk mit Fischaufstiegsanlage
1,00	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 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 DWA M509 bezüglich Strömungsgeschwindigkeit, Energieeintrag, Dimensionen etc..

Passierbarkeitsrate q_{Pass}^*	Fischökologische Definition	Einzelkriterien Querbauwerk mit Fischaufstiegsanlage
0,60	Der Standort ist nur von erheblich eingeschränktem Arten- und Größenspektrum überwindbar.	Erhebliche Abweichungen von den Grenzwerten nach DWA M509
0,00	Der Standort ist nicht passierbar.	Gravierende Abweichungen von den Grenzwerten nach DWA M509

5.2.1.4 Standortbezogene Gesamtbewertung

Für die standortbezogene Gesamtbewertung wurde in einem ersten Schritt die Aufstiegsrate für jeden einzelnen möglichen Weg ermittelt (Abb. 14). Dies erfolgt durch die Multiplikation der 3 Parameter $q_{\text{Affb,gr}}$, $q_{\text{Affb,kl}}$ und q_{pass} . Bei einem Flusskraftwerk wird dies nur ein Weg sein, bei einem Ausleitungskraftwerk sind zwei Wege die Regel, aber es können bei weiterer Aufzweigung des Standortes auch mehrere Wege möglich sein.

Bei Vorhandensein von zwei oder mehr Wegen wird die Aufstiegsrate des Gesamtstandortes in einem zweiten Schritt über die Addition der Aufstiegsraten der einzelnen Wege erreicht.

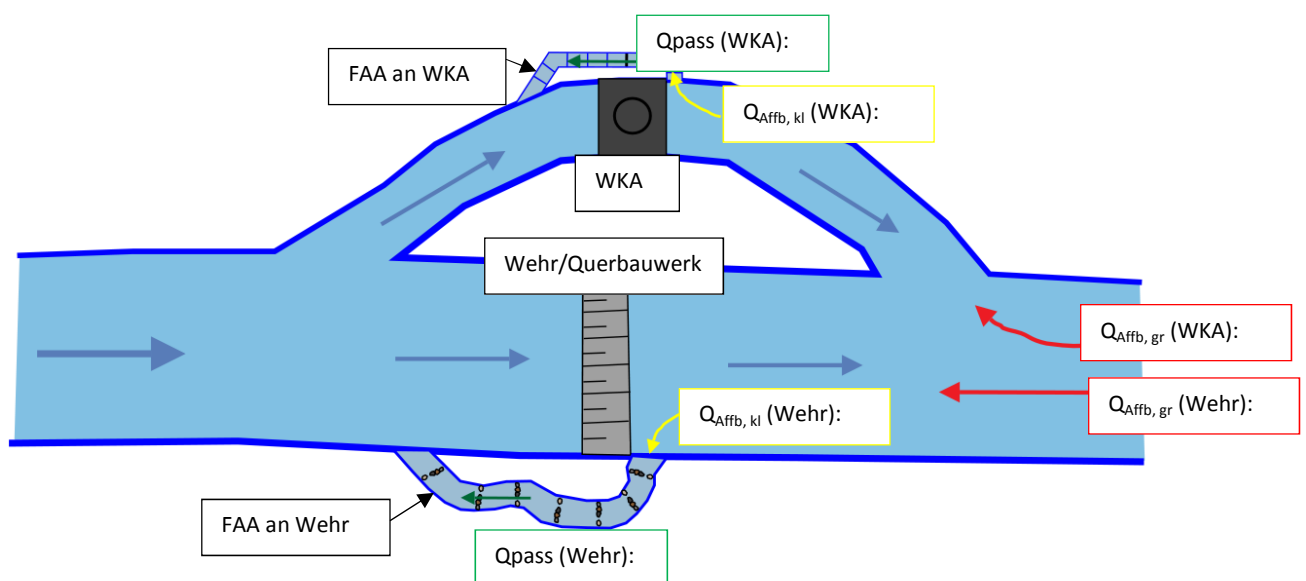


Abb. 14: Darstellung der einzelnen Parameter für Auffindbarkeit und Passierbarkeit an einem Ausleitungsstandort unter Berücksichtigung der einzelnen möglichen Wanderwege.

Die Bewertung eines Standortes mit Ausleitung im Ist-Zustand ist exemplarisch am Beispiel von W20 (Wehr Allendorf) dargestellt.

Tab. 18: Aufstiegsrate am Standort W20 im Ist-Zustand (X Multiplikation; + Addition)

Wanderweg	MQ [m³/s]	Abflussauf- teilung bei MQ [m³/s]	Großräum. Auffind- barkeit	Kleinräum. Auffind- barkeit	Passierbar- keitsrate	Aufstiegs- rate Weg	Aufstiegs- rate Standort
Wehr	22,45	7,48	0,67	X 0,975	X 0,85	= 0,55	= 0,83
Mühlgraben		14,97	0,33	X 0,975	X 0,85	= 0,28	

5.2.1.5 Erreichbarkeitsrate der Artareale

Um die Situation für weit wandernde anadrome Fischarten darzustellen, die bis zum Erreichen ihres Laichareals sehr viele Querbauwerke überwinden müssen, wurde die kumulierte Aufstiegsrate bzw. Erreichbarkeitsrate für die Zielart Lachs berechnet. Dabei wird angenommen, dass die standortbezogenen Aufstiegsraten für den Lachs genauso gelten, wie für die potamodromen Fische.

Für die Kumulation wird die Aufstiegsrate des jeweiligen Standortes mit der bisher erreichten unterhalb liegenden kumulierten Erreichbarkeitsrate multipliziert.

Für die Werra wurden dabei verschiedene Startszzenarien betrachtet. Es wurde sowohl die Erreichbarkeitsrate für aus der Weser als auch für aus dem Meer aufsteigende Lachse errechnet. Dabei sind die außerhalb Thüringens liegenden Querbauwerke ebenfalls in die Überlegung einzubeziehen. Laut Leistungsbeschreibung sollen diese Standorte so betrachtet werden, als ob bereits ein optimaler Zustand hinsichtlich Auffindbarkeit und Passierbarkeit vorliegt. Da es sich bei allen außerhalb Thüringens liegenden Standorten um Wehrstandorte mit WKA-Nutzung handelt, wurde als maximal erreichbare Aufstiegsrate jeweils 0,95 angenommen. Dies gilt auch für die hessischen WKA-Standorte die zwischen thüringischen Standorten liegen (siehe auch Kap. 2.3).

In der Werra liegen noch sechs Querbauwerke unterhalb der Grenze Thüringens, so dass bei Berechnung des Aufstieges aus der Weser in der Werra bereits nur mit einer Erreichbarkeitsrate von 0,74 unterhalb des ersten Querbauwerkes in Thüringen (W06) gerechnet werden muss. Betrachtet man den Aufstieg vom Meer aus, liegt die Erreichbarkeitsrate unterhalb der Grenze Thüringens selbst bei Annahme optimaler Bedingungen nur noch bei 0,49, da sich auch in der Weser noch acht Querbauwerke befinden. Dies bedeutet, dass bei Betrachtung des Aufstieges aus dem Meer der erste Thüringer Standort (W06) bereits mit einer Rate von 0,49 multipliziert werden muss.

Die Erreichbarkeitsrate der Lachsareale in der Werra wurde für den Ist-Zustand, für den Plan-Zustand ohne zusätzliche Wasserkraftanlagen und für den Plan-Zustand mit zusätzlichen Wasserkraftanlagen errechnet.

5.2.2 Ergebnisse der Ist-Zustandsbewertung Fischeaufstieg

Die genauen Ergebnisse für die Bewertungen sind in Anhang 13 dargestellt.

Die standortbezogene Ist-Zustandsbewertung ergab ein sehr differenziertes Bild der Durchgängigkeit in der Werra. Während an einigen Standorten durch Rückbau oder Schaffung von flachen Sohlgleiten bereits eine optimale Durchgängigkeit hergestellt wurde (z. B. W28 Sohlgleite oh Einhausen), gibt es auch Standorte, an denen die flussauf gerichtete Durchgängigkeit komplett unterbrochen ist (z. B. W21 Wernshausen). Letztgenannter Standort ist der erste in Thüringen, der flussaufwärts gesehen

die Durchgängigkeit vollständig verhindert. Sehr viele Standorte sind bereits mit Fischaufstiegsanlagen ausgestattet, allerdings sind diese nicht immer optimal angeordnet oder baulich ausgeführt. Für die Erreichbarkeitsrate anadromer Fischarten bedeutet dies aber, dass bereits oberhalb des Standortes W19 keine Aufsteiger mehr ankommen, da sich aufgrund ungenügender Aufstiegsraten der Standorte die Aufstiegszahlen bereits extrem ausdünnen. Dabei spielt es fast keine Rolle ob die Erreichbarkeit aus der Weser oder aus dem Meer betrachtet wird.

In Abb. 15 ist der Ist-Zustand in der Werra dargestellt. Die Balken stellen die Aufstiegsrate an jedem einzelnen Standort dar. Die blauen Balken sind dabei die als optimal angenommenen Standorte in Hessen (W12 bis W16). Die Linien geben die Erreichbarkeitsrate ab dem Meer bzw. ab der Weser an. Eingezeichnet sind auch die Einmündungen der als Laichgebiete in Frage kommenden Nebengewässer.

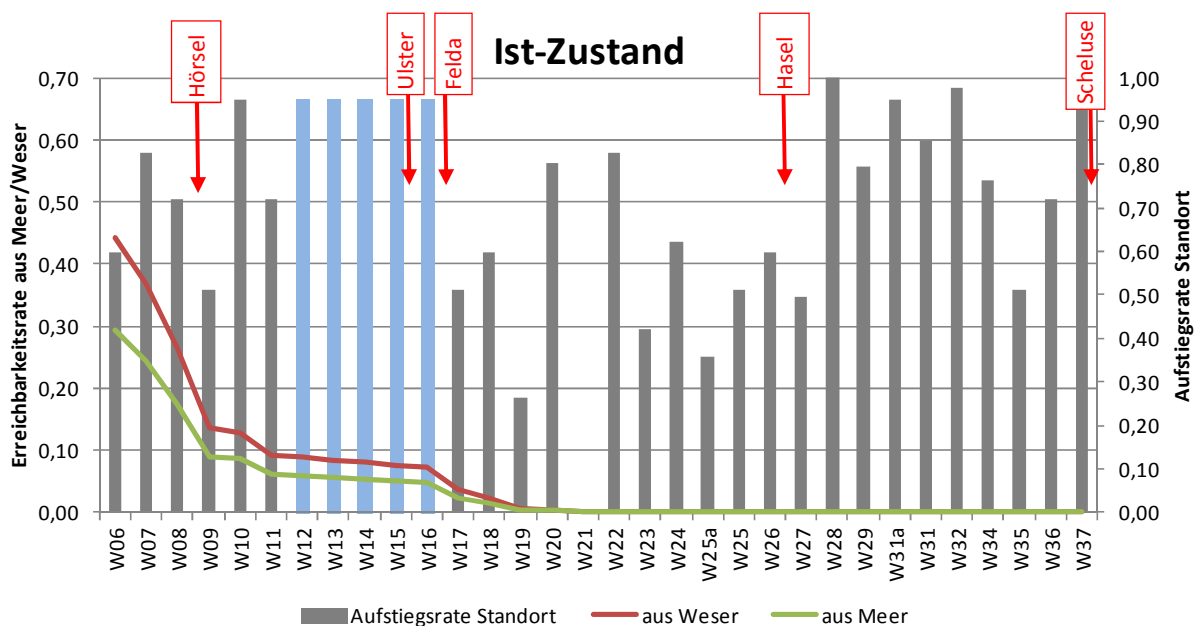


Abb. 15: Erreichbarkeitsraten des Lachsareals in der Werra im Ist-Zustand (Blaue Balken: Annahmen für hessische Standorte)

Es ist auffällig, dass die Aufstiegsraten der einzelnen Standorte im Mittellauf (oh Haselmündung) meist höher sind als im Unterlauf. Hier sind aufgrund der häufigeren WKA-Nutzung viele Standorte noch nicht optimal ausgestattet. Vor allem im Mittellauf wurden im Rahmen des Modellprojektes Werra zudem bereits viele Anlagen durchgängig gestaltet.

Deutlich wird, dass bereits bei W09 (Steinmühle Wommen) die Erreichbarkeitsrate auf einen Wert gesunken ist, der eine Lachsansiedlung im Ist-Zustand nicht sinnvoll erschienen lässt. Auch die potenziellen Laichareale in Nebengewässern sind, außer in der Hörsel, nicht oder fast nicht erreichbar.

Eine Bewertung des Fischaufstieges bis in die Laichareale der Nebengewässer ist in Anhang 14 zu finden.

Die Nebengewässer sind im Ist-Zustand unterschiedlich gut durchgängig. An der Hörsel ist die Durchgängigkeit ab Eisenach nicht mehr gegeben. An der Ulster befindet sich das erste Querbauwerk nahe der Mündung noch auf hessischem Gebiet, es ist bereits undurchgängig. An der Felda sind bereits Fischwanderhilfen an den ersten Hindernissen vorhanden, die Aufstiegssituation ist bereits gut. In Hasel und Schleuse ist die Durchgängigkeitssituation ebenfalls rel. passabel. Allerdings sind

diese Gewässer bereits aus der Werra nicht mehr erreichbar. Prinzipiell sind die ausgewiesenen Laichareale in den Nebengewässern im Ist-Zustand nicht erreichbar. Die Erreichbarkeitsraten für Aufsteiger aus dem Meer ist daher in allen Nebengewässern gleich 0 (Abb. 18).

Insgesamt betrachtet wird deutlich, dass an der Werra bereits große Anstrengungen unternommen wurden, um Standorte wieder durchgängig zu machen. Im aktuellen Zustand ist die Ansiedlung anadromer Wanderfische aber nicht sinnvoll.

Eine Karte mit der Darstellung der aktuellen Aufstiegsraten pro Standort bietet Abb. 16.

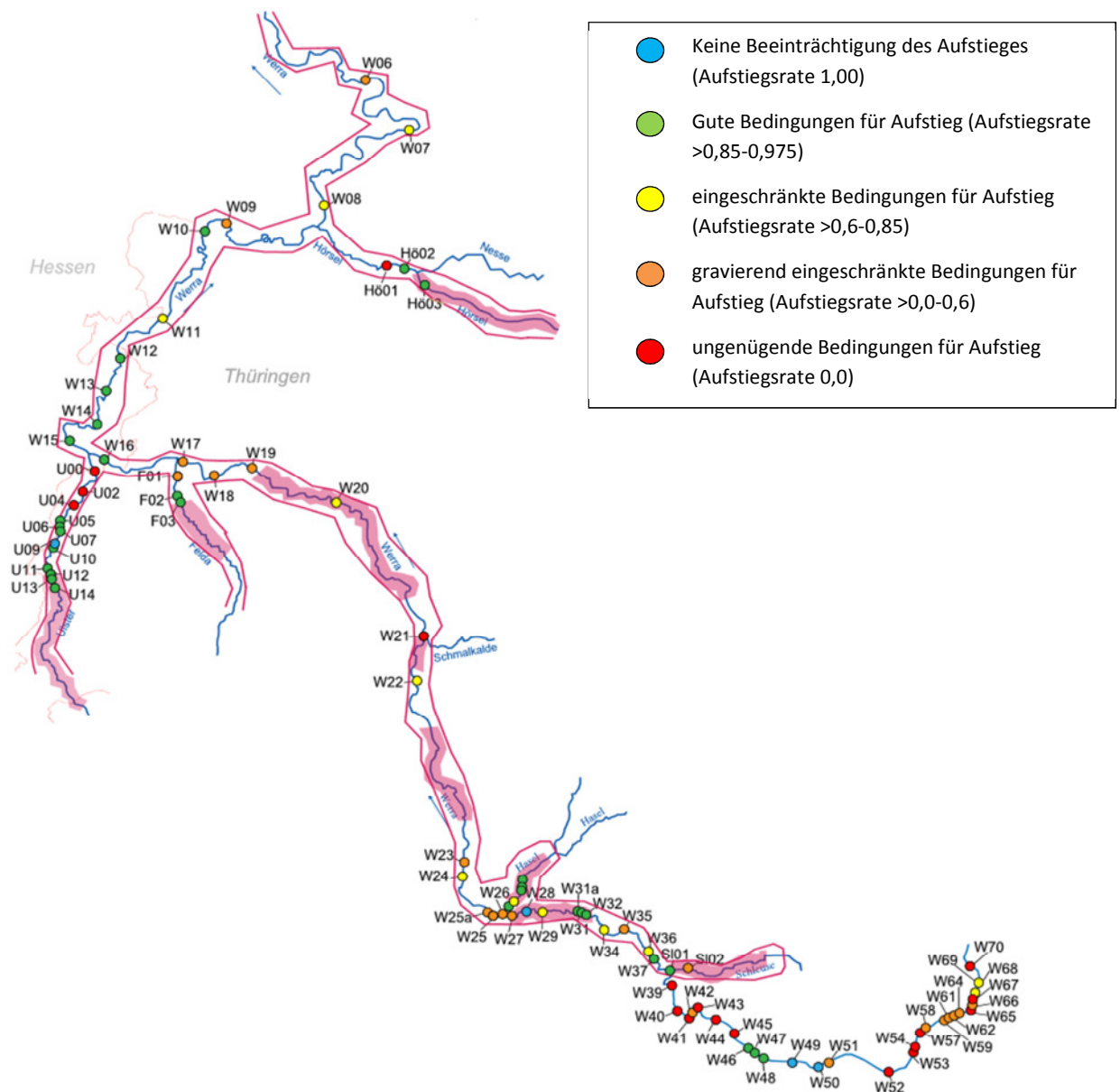


Abb. 16: Flussaufgerichtete Durchgängigkeit der Standorte an der Werra und Nebengewässern im Ist-Zustand

5.2.3 Ergebnisse der Plan-Zustandsbewertung Fischeaufstieg

Für den Planzustand wurden, wie in Kap. 4.2 beschrieben, für alle Standorte an der Werra Vorschläge erarbeitet, wie die Aufstiegssituation verbessert werden kann. Ziel war es, eine optimale Durchgängigkeit sowohl der einzelnen Standorte als auch eine optimale Erreichbarkeit der Laichhabitate zu ermöglichen. Es stellte sich jedoch heraus, dass verschiedene örtliche Restriktionen

einzubeziehen waren, so dass nicht für alle Standorte eine optimale Aufstiegsrate von 0,95 erreichbar war. In Abb. 17 ist der Plan-Zustand für die Werra dargestellt (ohne zusätzliche WKA).

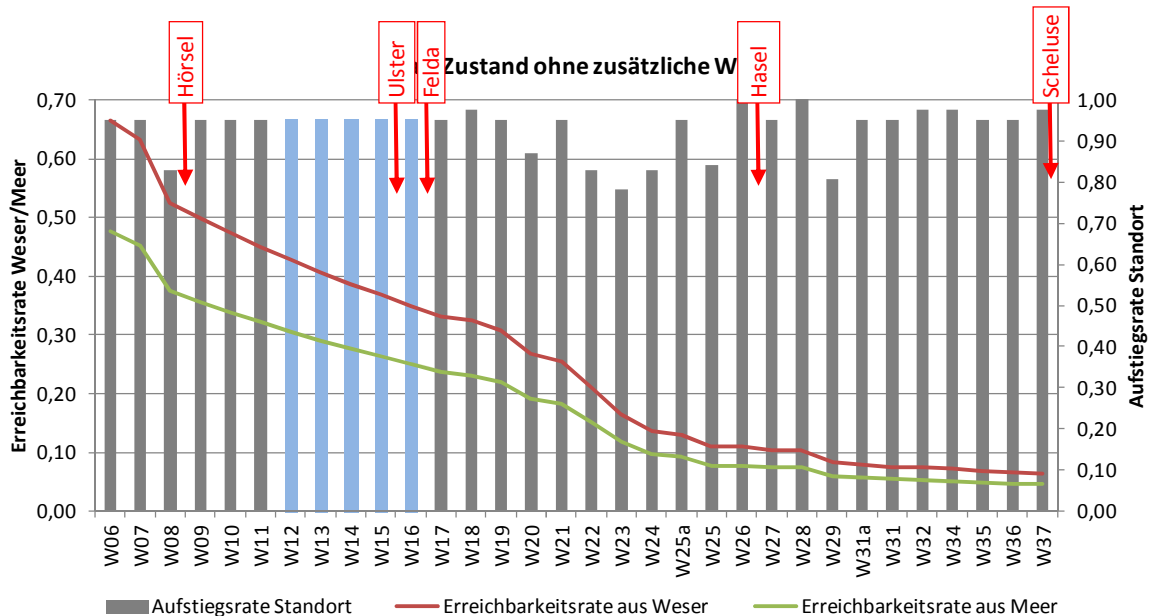


Abb. 17 Aufstiegsraten und Erreichbarkeitsraten des Lachsareals in der Werra im Planzustand (Blaue Balken: Annahmen für hessische Standorte)

Bei Betrachtung des Planzustandes wird deutlich, dass auch bei häufig optimaler Aufstiegsrate der Standorte die Erreichbarkeitsrate der Areale für anadrome Wanderfische sehr schnell absinkt. Dabei sind Standorte, bei denen aufgrund bestehender Restriktionen nur Aufstiegsraten unter 0,85 erreicht werden, für ein besonders schnelles Verringern der Aufsteigerraten verantwortlich. Bereits bei Erreichen der Mündungen der Nebengewässer Ulster und Felda ist die Erreichbarkeitsrate aus dem Meer bereits auf 0,25 bzw. 0,24 abgesunken. Dies bedeutet, dass nur 25 % der Fische, die ursprünglich aus dem Meer aufgestiegen waren, die Mündung der Ulster erreichen würden. Hinzu kommt, dass diese Rate noch keine natürliche Mortalität und Prädation berücksichtigt. Weiterhin ist der Einfluss des salzbelasteten Wassers der Werra nicht bekannt. Die Hörsel ist mit einer Rate von 0,34 noch am ehesten erreichbar.

Die Laichplätze in den Nebengewässern sind ausgehend von der Mündung in die Werra im Planzustand gut erreichbar, da sich die Durchgängigkeit hier rel. einfach verwirklichen lässt, bzw. schon hergestellt ist. Berücksichtigt man jedoch die Erreichbarkeitsrate aus dem Meer, sind die Laichplätze teilweise nur noch von einem sehr geringen Anteil der aufsteigenden Fische erreichbar. Abb. 18 zeigt die an den ausgewiesenen Laicharealen (auch in der Werra) (siehe Kap. 2.2.1) möglichen Erreichbarkeitsraten aus dem Meer. Es ist ersichtlich, dass eigentlich gut als Laichareal geeignete Nebengewässer wie die Ulster und die Schleuse kaum in ausreichendem Ausmaß erreicht werden können. Etwas günstiger ist die Situation nur in der Hörsel und geringfügig besser bei den Arealen direkt in der Werra.

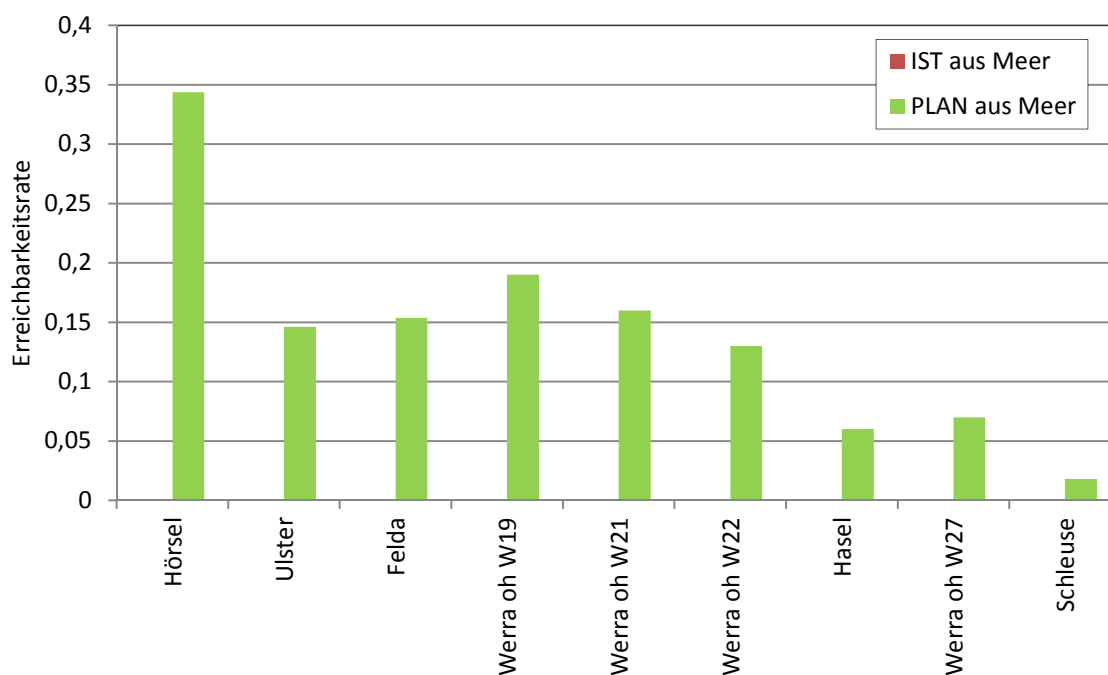


Abb. 18: Erreichbarkeit der Laichplätze in den Nebengewässern (Ist-Zustand aus Meer ist überall 0, daher keine Balken dargestellt)

Die Karte zeigt die Aufstiegsraten an den einzelnen Standorten im Planzustand (Abb. 19).

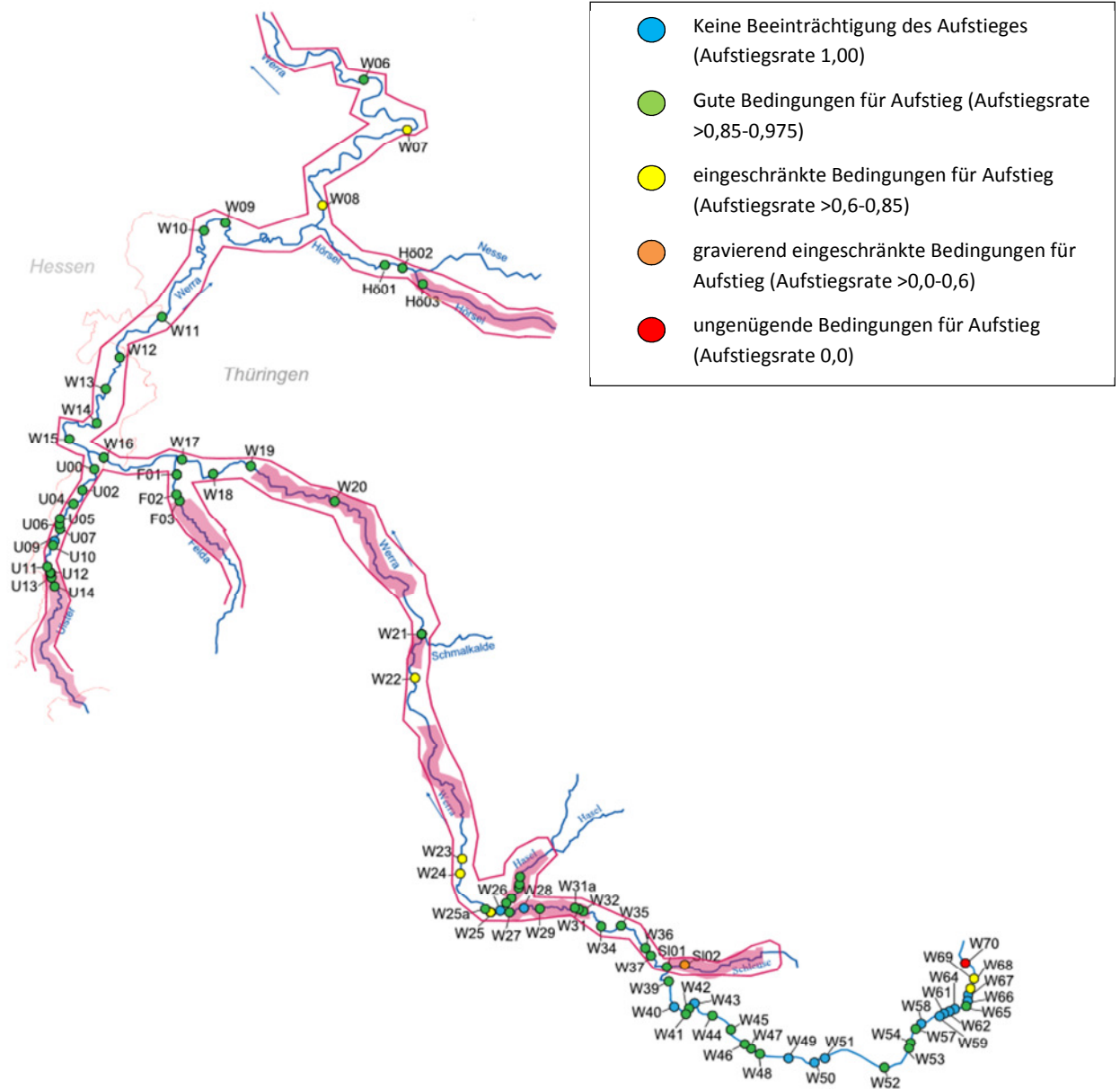


Abb. 19: Durchgängigkeit der Standorte an der Werra und Nebengewässern im Plan-Zustand mit Darstellung der Lachs-Laichareale

Die Etablierung einer weiteren Wasserkraftnutzung an bisher ungenutzten Standorten, die rein rechnerisch evtl. wirtschaftlich wären (vgl. auch Kap. 6), hat kaum einen weiteren negativen Einfluss auf die Erreichbarkeitsraten, wie Abb. 20 zeigt. Die Erreichbarkeitsraten verringern sich nur marginal.

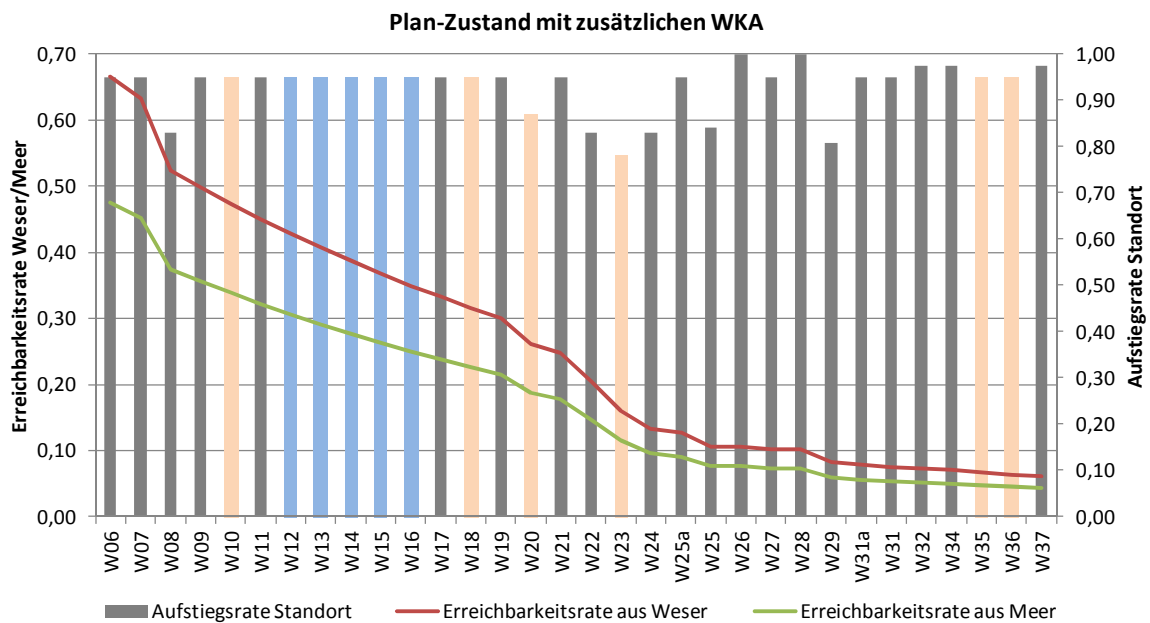


Abb. 20: Aufstiegsraten und Erreichbarkeitsraten des Lachsareals in der Werra im Planzustand mit zusätzlichen WKA-Standorten (blaue Balken: Annahmen für hessische Standorte, rosa Balken: potenzielle neue WKA-Standorte an bestehenden Querbauwerken)

5.3 Bewertung der flussab gerichteten Durchgängigkeit

Auch die flussabwärts gerichtete Durchgängigkeit wurde nach einem mehrstufigen System bewertet. In erster Linie erfolgte die Bewertung an Standorten mit WKA, aber auch bei Wehrstandorten ohne Wasserkraftnutzung kann die Abwanderung behindert werden, so dass vor allem größere Wehre in die Bewertung einbezogen wurden. Für die Abwanderung sind folgende Komponenten von Bedeutung:

- In welchem Verhältnis werden absteigenden Fische zur WKA bzw. zum Wehr abgeleitet?
- Existieren an der WKA geeignete Schutzanlagen?
- Existieren geeignete und gut auffindbare Abwanderwege?
- Falls Fische die Turbinen passieren (müssen): In welchem Ausmaß werden sie geschädigt?
- Ist beim Abstieg über den Wehrkörper mit Schädigungen zu rechnen?

Bei der Bewertung der Fischabwanderung wurden zwei Zielarten ausgewählt: abwandernde Lachssmolts und abwandernde Blankaale. Bei beiden Zielarten bzw. –stadien ist sicher, dass sie abwanderwillig sind. Über das Verhalten und die Ansprüche dieser Arten bei der Abwanderung ist bereits vergleichsweise viel bekannt. Beide Arten müssen obligatorisch das Meer erreichen, so dass die kumulative Wirkung eine entscheidende Rolle spielt.

Lachssmolts können als Modellart für oberflächennah abwandernde Fische dienen und Aale für bodennah abwandernde Arten. Für beide Fälle wurde die flussabwärts gerichtete Durchgängigkeit getrennt betrachtet.

Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Abwanderung und die damit verbundenen Verhaltensweisen, die zum erfolgreichen Auffinden von geeigneten Wanderwegen führen, noch nicht vollständig und für alle Arten und Altersstadien verstanden sind. Für die Gestaltung von geeigneten

Wanderwegen wurde der derzeit aktuelle Stand des Wissens und der Technik von EBEL (2013) zusammengefasst. In diesem Werk wurde eine Vielzahl an nationalen und internationalen Studien zusammengefasst und ausgewertet und darauf basierend z. B. die Bewertung von Standorten oder der Turbinenmortalität ermöglicht sowie Empfehlungen für Berechnung und Bau von Fischabwanderwegen gegeben. Die Fischabwanderung ist aktuell Gegenstand vieler Forschungsprojekte. In diesem Bereich sind in der Zukunft weitere neue Erkenntnisse und daran angepasst Empfehlungen für bauliche Einrichtungen zu erwarten.

Die hier dargestellten Bewertungs- und Einschätzungsmerkmale sind relativ grob gefasst. Dies ist dem Überblickscharakter des Projektes geschuldet. Es konnte nicht für jeden Standort eine detaillierte Bewertung von Strömungsverhältnissen, Mortalitätsrisiken oder der Wirksamkeit von Fischabstiegseinrichtungen erfolgen. Wo Funktionskontrollen verfügbar waren, wurden diese einbezogen.

5.3.1 Rechnerische Grundlagen für die Bewertung

5.3.1.1 Großräumige Auffindbarkeit

Als Arbeitsannahme wird bei der großräumigen Auffindbarkeit von Abwanderwegen davon ausgegangen, dass abwanderwillige Fische die Hauptströmung nutzen und sich bei Aufspaltungen von Wanderwegen prozentual der Durchflussaufteilung verhalten. Dabei können vier Fälle unterschieden werden:

1. Querbauwerke ohne Wasserkraftnutzung und ohne Ausleitung;
2. Querbauwerke ohne Wasserkraftnutzung mit Ausleitung für andere Zwecke.
3. Querbauwerke mit Wasserkraftnutzung und ohne Ausleitung (Flusskraftwerke)
4. Querbauwerke mit Wasserkraftnutzung mit Ausleitung (Ausleitungskraftwerke)

Anders als beim Fischaufstieg wird die prozentuale Aufteilung beim Fischabstieg differenzierter betrachtet.

Im **Fall 1** (ohne WKA und ohne Ausleitung) beträgt die großräumige Auffindbarkeit 1, da immer das gesamte Wasser über das Querbauwerk abgegeben wird.

Bei den **Fällen 2 und 4** wird die großräumige Auffindbarkeit bis zu einem bestimmten Verhältnis von Q_A zu MQ prozentual zur Abflussaufteilung festgelegt. Ab einer Rate Q_A/MQ von $> 0,9$ wird festgelegt, dass immer 90 % der Fische Richtung Ausleitung wandern und 10 % über das Wehr absteigen. Selbst wenn der Ausbaudurchfluss MQ übersteigt, wird dieses Verhältnis gewählt. Diese Vorgehensweise wird damit begründet, dass im Jahresmittel selbst bei großen Ausleitungen immer wieder das Wehr überströmt wird und somit als Abwanderweg in Frage kommt. Diese Ausführungen gelten **auch für Fall 3** (Flusskraftwerk)! (Achtung: Dies weicht von den Annahmen beim Fischaufstieg ab.)

Für den Fall, dass sich am Wehr ein Restwasserkraftwerk befindet, wird bei der Berechnung der großräumigen Auffindbarkeit folgendermaßen vorgegangen: Das Schluckvermögen beider WKA wird summiert und entspricht der Gesamtentnahmemenge. Ist das Verhältnis Gesamtentnahmemenge zu $MQ > 0,9$ gilt auch hier: 90 % des Wasser werden über Restwasser-WKA + Haupt-WKA abgegeben und 10 % über das Wehr. Die großräumige Aufteilung auf die beiden WKA entspricht dann dem prozentualen Verhältnis des Schluckvermögens der beiden WKA. Wenn die Restwasser-WKA bevorzugt betrieben wird und der Haupt-WKA demnach bei MQ weniger als ihr eigentlich mögliches

Schluckvermögen zufließt, wird dies auch so für die großräumige Auffindbarkeit berücksichtigt. Die Haupt-WKA bekommt dann MQ abzüglich Wassermenge Wehr abzüglich des Schluckvermögens der Restwasser-WKA. In einem derartigen Fall können bis zu drei Hauptabwanderwege festgelegt sein.

5.3.1.2 Ableitung von Fischen im Nahbereich

Die Bewertung der Ableitung von Fischen im Nahbereich wurde in Absprache mit dem Auftraggeber in wesentlichen Teilen gegenüber TLUG (2011) verändert. Die neue Herangehensweise wurde zusammen mit dem Auftragnehmer für das Durchgängigkeitskonzept für die Saale (FLUSS) erarbeitet. Daher sind Teile der Ausführungen zu diesem Parameter im Wortlaut identisch zum Saale-Konzept.

Die **kleinräumige Auffindbarkeit** von Abstiegswegen wird an dieser Stelle nur für Standorte mit Wasserkraftanlagen untersucht, da an Standorten ohne WKA keine gesonderte Auffindbarkeit von Abstiegswegen notwendig ist.

Ob und in welchem Ausmaß ein Fisch eine Möglichkeit zur Abwanderung im Bereich einer WKA findet, hängt von verschiedenen Faktoren ab:

- Schutzwirkung des Rechens (= Stababstand, ist abhängig von der Körpergröße der Zielart)
- Anströmgeschwindigkeit des Rechens
- Auffindbarkeit des möglichen Abwanderweges

Alle Faktoren haben eine enge Wechselwirkung untereinander, die auf baulichen und verhaltensbiologischen Komponenten beruht. So lassen sich z. B. Fische unter Umständen auch von einem Rechen zurückhalten, dessen Stababstände eine Passage ermöglichen würden.

Im Nahbereich der WKA bieten sich für den Fisch theoretisch mehrere Möglichkeiten an.

1. Der Fisch wird von einer Schutzeinrichtung (z. B. Rechen) von der Passage der Turbine abgehalten und findet den Weg über eine Abstiegsanlage (z. B. Bypass). Die Kombination aus der (sowohl mechanisch als auch verhaltensbiologisch bedingten) Schutzwirkung des Rechens und dem Vermögen des Bypasses, Fische erfolgreich abzuleiten, wird als Systemableitrate bezeichnet. (siehe Kap. 5.3.1.3)
2. Der Fisch findet den Bypass nicht (oder es ist keiner vorhanden) und passiert den Rechen. Diese Rechenpassagerate berücksichtigt nur die rein mechanische Schutzwirkung (kann der Fisch aufgrund seiner Körpermaße den Rechen passieren) (Kap. 5.3.1.7).
3. Der Fisch hat den Rechen passiert und steigt (mit entsprechendem Verletzungsrisiko) durch die Turbine ab = Überlebensrate der Turbine (Kap. 5.3.1.8)
4. Er verbleibt im Oberwasser (und kann entweder am Rechen geschädigt werden, oder steigt gar nicht ab). In beiden Fällen fallen diese Tiere für die weitere Berechnung aus.

5.3.1.3 Komponenten der Systemableitungsrate

Die **Systemableitungsrate** ist eine Kombination aus den Faktoren der **kleinräumigen Auffindbarkeit** des Fischabstiegsweges (Kap. 5.3.1.4) und des **Rückhaltevermögens** des Rechens (Kap. 5.3.1.5 und 5.3.1.6). Sie gibt demnach an, welcher Anteil an Fischen sich an einem gegebenen Standort durch die Kombination aus Rechen und Bypass ableiten lässt.

Das Rückhaltevermögen des Rechens beinhaltet 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 abgestuft. Weiterhin wird hier der Einfluss der Anströmgeschwindigkeit einbezogen. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich die Systemableitrate mit steigender Anströmgeschwindigkeit verschlechtert, da die Fische nicht mehr so viel Zeit haben, um 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 (Grundableitrate) der mechanischen Barriere multipliziert.**

5.3.1.4 Kleinräumige Auffindbarkeit

Für eine gute kleinräumige Auffindbarkeit des Abstiegsweges muss der Einstieg in unmittelbarer Nähe des Wanderhindernisses angeordnet sein und eine ausreichend groß dimensionierte Einstiegsöffnung besitzen. Darüber hinaus wird ein im Verhältnis 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 nach TLUG (2011) folgende Tabelle herangezogen.

Tab. 19: Bewertung der Kleinräumigen Auffindbarkeit von Wanderwegen für die flussabwärts gerichtete Wanderung (aus TLUG 2011)

Bewertungsstufe	Fischökologische Definition	Technische Kriterien Bypass am Wasserkraftwerk bzw. Entnahgebauwerk
1,00	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.
0,00	Abwanderwege sind nicht vorhanden oder nicht auffindbar .	Keine oder unwirksame Abstiegsanlage an der Nutzungseinrichtung oder Abstiegsanlage nur in sehr geringem Maß auffindbar.

5.3.1.5 Schutzrate des Rechens (Grundableitrate)

Schutzeinrichtungen vor Wasserkraftanlagen sind in der Regel Rechenanlagen. Diesen kommt die Aufgabe zu, die Fische am Eindringen in die Turbinen zu hindern. Sind die lichten Rechenstababstände größer als die Fischbreite bzw. Fischhöhe, können die Tiere den Rechen passieren. Sie tun dies jedoch nicht in jedem Fall, sondern können sich auch aufgrund von Strömungsbildern etc. von der Passage abhalten lassen. Ein ausreichender mechanischer Schutz wird erst bei entsprechend engen Stababständen in Verbindung mit moderaten Anströmgeschwindigkeiten möglich. Ist die Anströmgeschwindigkeit höher als 0,5 m/s können Fische in Abhängigkeit ihrer Schwimmleistung gegen den Rechen gepresst und verletzt werden. Das

Zusammenspiel von mechanischer Schutzwirkung und der oben angesprochenen Verhaltenskomponente entscheidet über die Ableitrate von Fischen bzw. das Ableitvermögen des Rechens.

In TLUG (2011) wird in Tabelle 5-8 eine „Schutzrate an mechanischen Barrieren“ angegeben, die bereits die **optimale** kleinräumige Auffindbarkeit mit 0,975 berücksichtigt. Im Umkehrschluss wurde eine „**reine**“ **Grundableitrate** des Rechens herausgerechnet, die nur das Vermögen des Rechens beschreibt, den Fisch an der Passage zu hindern. Dabei handelt es sich um eine Kombination aus mechanischer und Verhaltenskomponente. Die Grundableitrate ist abhängig von der Anströmgeschwindigkeit. Dabei wird davon ausgegangen, dass bei erhöhter Anströmgeschwindigkeit dem Fisch weniger Zeit und Energie zum Suchen einer Abwanderung verbleibt und somit eine erhöhte Passage des Rechens befürchtet werden muss. Die in Tab. 20 angegebene Grundableitrate gibt somit an, welcher Anteil an Fischen sich bei gegebenem Stababstand und gegebener Anströmgeschwindigkeit vom Rechen zurückhalten lässt.

Tab. 20: Ableitvermögen der mechanischen Barriere

	Grundableitrate des Rechens (inkl. Verhaltenskomponente)			
	$v_A \leq 0,5 \text{ m/s}$		$v_A > 0,5 \text{ m/s} (< 1 \text{ m/s})$	
lichte Stabweite	Lachssmolt	Blankaal	Lachssmolt	Blankaal
$\leq 10 \text{ mm}$	0,97	1,00	0,92	0,92
15 mm	0,72	0,92	0,51	0,77
20 mm	0,51	0,62	0,26	0,26
$> 20 \text{ mm}$	0,00	0,00	0,00	0,00

5.3.1.6 Abstufungen der Systemableitrate

Zu den Werten dieser Grundableitrate werden die unterschiedlichen Grade der kleinräumigen Auffindbarkeit multipliziert. Dies ergibt abgestufte Tabellen für die Systemableitrate, je nach Grad der Auffindbarkeit des Bypasses (Tab. 21 bis Tab. 24). (Dessen Funktion muss zur Anwendung der Tabellen in einem vorhergehenden Schritt nach Tab. 19 bewertet werden.)

Tab. 21: Systemableitrate bei geringfügig beeinträchtigtem Abwanderweg

	Systemableitrate bei geringfüg. beeinträchtigter Auffindbarkeit d. Bypasses (entspr. kleinr. Auff. 0,975, nach Tab. 19)			
	$v_A \leq 0,5 \text{ m/s}$		$v_A > 0,5 \text{ m/s} (< 1 \text{ m/s})$	
lichte Stabweite	Lachssmolt	Blankaal	Lachssmolt	Blankaal
$\leq 10 \text{ mm}$	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
$> 20 \text{ mm}$	0,00	0,00	0,00	0,00

Tab. 22: Systemableitrate bei mäßig beeinträchtigtem Abwanderweg

	Systemableitrate bei mäßig beeinträchtigter Auffindbarkeit d. Bypasses (entspr. kleinr. Auff. 0,85, nach Tab. 19)			
	$v_A \leq 0,5 \text{ m/s}$		$v_A > 0,5 \text{ m/s} (< 1 \text{ m/s})$	
lichte Stabweite	Lachssmolt	Blankaal	Lachssmolt	Blankaal
$\leq 10 \text{ mm}$	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
$> 20 \text{ mm}$	0,00	0,00	0,00	0,00

Tab. 23: Systemableitrate bei erheblich beeinträchtigtem Abwanderweg

	Systemableitrate bei erheblich beeinträchtigter Auffindbarkeit d. Bypasses (entspr. kleinr. Auff. 0,6, nach Tab. 19)			
	$v_A \leq 0,5 \text{ m/s}$		$v_A > 0,5 \text{ m/s} (< 1 \text{ m/s})$	
lichte Stabweite	Lachssmolt	Blankaal	Lachssmolt	Blankaal
$\leq 10 \text{ mm}$	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
$> 20 \text{ mm}$	0,00	0,00	0,00	0,00

Tab. 24: Systemableitrate bei unwirksamem Abwanderweg

	Systemableitrate bei unwirksamem Bypass (entspr. kleinr. Auff. 0,0, nach Tab. 19)			
	$v_A \leq 0,5 \text{ m/s}$		$v_A > 0,5 \text{ m/s} (< 1 \text{ m/s})$	
lichte Stabweite	Lachssmolt	Blankaal	Lachssmolt	Blankaal
$\leq 10 \text{ mm}$	0,00	0,00	0,00	0,00
15 mm	0,00	0,00	0,00	0,00
20 mm	0,00	0,00	0,00	0,00
$> 20 \text{ mm}$	0,00	0,00	0,00	0,00

5.3.1.7 Rechenpassagerate

Da je nach Vorhandensein oder Qualität der Auffindbarkeit eines Abwanderweges nicht alle Fische diesen nutzen, verbleibt ein Teil der Tiere vor dem Rechen. Dieser Anteil wird als „1 abzüglich Systemableitrate“ angegeben. Je geringer also die Systemableitrate ist (= je schlechter Schutzwirkung und Auffindbarkeit sind), desto mehr Fische werden vor dem Rechen verbleiben.

Da die zurückbleibenden Tiere, je nach Stababstand der mechanischen Barriere und Zielfischdimensionen den Rechen passieren können, sind hierfür weitere Annahmen notwendig. Mit der Rechenpassagerate wird eingeschätzt, mit welchem Anteil die vor der Barriere anstehenden Fische den Rechen und somit im Endeffekt die Turbinen passieren können (siehe Tab. 25). 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. (Diese Fische gehen dem Gesamtsystem verloren.) Die Rechenpassagerate

ist nicht von der Anströmgeschwindigkeit des Rechens abhängig, da dieser Faktor bereits bei der Systemableitrate berücksichtigt wurde.

Tab. 25: Rechenpassageraten in Abhängigkeit von der lichten Stabweite.

Lichte Stabweite	Rechenpassagerate	
	Lachs	Aal
≤ 10 mm	0,10	0,00
15 mm	0,90	0,25
20 mm	1,00	0,50
>20 mm	1,00	1,00

5.3.1.8 Überlebensrate der Turbinenpassage

Hinsichtlich turbinenbedingter Fischschäden sind etliche Veröffentlichungen erschienen, EBEL (2013) gibt dazu einen ausführlichen Überblick.

Die Häufigkeit und die Art von Verletzungen ist abhängig von

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

Die theoretische Abschätzung der Überlebensraten bei der Turbinenpassage wurde in TLUG (2011) und LUWG (2008) in Abhängigkeit von der Ausbaugröße und standardisierter Turbinenart mit den Formeln von LARINIER & DARTIGUELONGUE (1989) errechnet. Es wird darauf hingewiesen, dass mittlerweile deutlich detailliertere Berechnungsansätze existieren (EBEL 2013), diese jedoch die Aufnahme einer großen Vielzahl an Parametern, insbesondere zu den technischen Daten der Turbine erfordern. Diese detaillierte Aufnahme war im Rahmen des Projektes nicht möglich.

Tab. 26 enthält die angenommenen Überlebensraten entsprechend Turbinentyp und –dimension getrennt nach den Zielarten Aal und Lachs (Tab. 26). Für potamodrome Arten, deren Überlebensrate bei Standorten oberhalb des Lachs- und Aalareals bestimmt wird, wird vereinfacht eine Turbinenüberlebensrate von 0,8 unabhängig vom Turbinentyp angenommen. Dieser Wert basiert auf verschiedenen Untersuchungen an Saale und Werra, die die Turbinensterblichkeit von potamodromen Fischen ermittelten (SCHMALZ & SCHMALZ 2007, SCHMALZ 2010)

Tab. 26: Theoretische Überlebensraten von Aal und Lachs bei der Turbinenpassage in Abhängigkeit vom Ausbaudurchfluss mit jeweiliger Quellenangabe

Turbinentyp, Dimension, Zielart	Annahme Überlebensraten mit Quellenangabe
Kaplan und Francis bis 10 m³/s	aus TLUG (2011)
Lachs	0,8
Aal	0,03
Kaplan von 10 bis 25 m³/s	aus LUWG (2008)
Lachs	0,81
Aal	0,38
Francis von 10 bis 25 m³/s	aus LUWG (2008)
Lachs	0,84
Aal	0,08

Turbinentyp, Dimension, Zielart	Annahme Überlebensraten mit Quellenangabe
Francis von 10 bis 25 m ³ /s	nach SCHMALZ & SCHMALZ (2007) und SCHMALZ (2010)*
Lachs	0,8
Aal	0,8
Francis und Kaplan	Abschätzung nach SCHMALZ & SCHMALZ (2007) und SCHMALZ (2010)
Potamodrome Arten	0,8

* Diese Raten werden nur bei den entsprechenden Anlagen, an denen dies explizit untersucht wurde angewendet: Schmalz & Schmalz 2007: WKA Döbritschen/Saale, Schmalz 2010: WKA Walkmühle/Werra

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.“

5.3.1.9 Schädigungen bei der Passage von Querbauwerken

Fische, die an einem Standort der Strömung Richtung Wehr folgen, können theoretisch über den Wehrrücken absteigen. Über den Anteil der hier absteigenden Fische entscheidet die großräumige Auffindbarkeit. Auch bei der Wehrpassage können Schädigungen auftreten, die je nach Ausprägung des Wehrkörpers, der Fallhöhe und der Beschaffenheit des Unterwassers abgestuft werden.

Hierfür wird (abweichend von den Vorgaben nach TLUG 2011) folgende Tabelle verwendet (Tab. 27):

Tab. 27: Überlebensrate bei Passage des Wehres

Überlebensrate	Fischökologische Definition	Technische Kriterien
1,00	Keine letale Schädigung abwandernder Fische	Es ist kein Querbaubauwerk 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 $\frac{1}{4}$ der Fallhöhe) im Unterwasser; keine Toskörper oder andere Strukturen, die abwandernde Fische gefährden. Aufgrund der Bauweise des Querbauwerkes (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 $\frac{1}{4}$ der Fallhöhe) im Unterwasser, um Schädigungen abwandernder Fische zuverlässig zu verhindern bzw. eine mäßige Gefahr mit Toskörpern oder anderen Strukturen zu kollidieren.
0,60	Eine erhebliche Anzahl abwandernde Fische wird letal geschädigt.	Die Absturzhöhe des Querbauwerkes beträgt 15 bis 20 m UND/ ODER unzureichendes Wasserpolster (wesentlich weniger als $\frac{1}{4}$ der Fallhöhe) im Unterwasser, um Schädigungen abwandernder Fische zuverlässig zu verhindern bzw. eine erhebliche Gefahr mit Toskörpern oder anderen Strukturen zu kollidieren.
0,00	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.

5.3.1.10 Standortbezogene Gesamtbewertung

Die Berechnung der Überlebensrate des Standortes wird in Flussdiagrammen bzw. -tabellen dargestellt, in denen jeder einzelne Abwanderweg gesondert aufgeführt wird. Dabei müssen die Raten für Lachs und Aal getrennt betrachtet werden, da die Systemableitraten je nach Vorhandensein einer oberflächennahen oder sohlennahen Abstiegsmöglichkeit variieren können, ebenso wie die Rechenpassegeraten und die Überlebensraten bei Passage von Turbine oder Wehr.

Abb. 21 zeigt die einzelnen Komponenten bei der Fischabwanderung an einem Ausleitungskraftwerk.

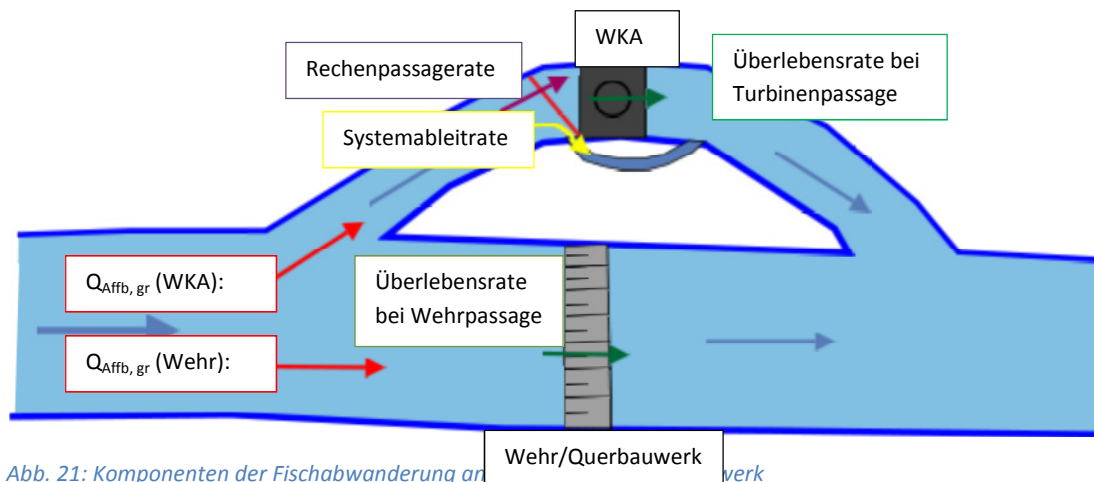


Abb. 21: Komponenten der Fischabwanderung an einem Ausleitungskraftwerk

Für die einzelnen Überlebensraten pro Weg werden die verschiedenen Komponenten in folgender Weise multipliziert:

Überlebensrate Weg 1: Bypass WKA = Großräum. Auffindbarkeit WKA * Systemableitrate

Überlebensrate Weg 2: WKA = Großräum. Auffindbarkeit WKA * (1- Systemableitrate) * Rechenpassagerate * Überlebensrate Turbine

Überlebensrate Weg 3: Wehr = Großräum. Auffindbarkeit Wehr * Überlebensrate Wehr

Die Summe der jeweiligen Überlebensraten pro Weg ergibt die Überlebensrate des Gesamtstandortes.

Nachstehend wird beispielhaft die Ist-Situation an der WKA Falken (W06) für abwandernde Lachssmolts dargestellt.

Ausgangssituation:

WKA	Ausleitungskraftwerk
Bypass	Fischschleuse direkt neben Rechen
Auffindbarkeit Bypass oberflächennah	Erheblich beeinträchtigt
Auffindbarkeit Bypass sohnah	Erheblich beeinträchtigt
Rechen	20 mm
Anströmgeschwindigkeit	0,5 m/s
Restwasserforderung	5 m³/s, bei MQ gehen 7,21 m³/s übers Wehr
Turbinen	3 Francis
Schluckvermögen pro Turbine	Je 11,7 m³/s, gesamt 35,1 m³/s

Tab. 28: Bewertung der flussab gerichteten Passierbarkeit des Standortes für Lachssmolts (Ist-Zustand W06)

Lachs							
Abwanderweg	MQ Standort [m³/s]	Abflussaufst. bei MQ [m³/s]	Großräum. Auffind- barkeit	System- ableitungs- -rate	Rechen- passage- rate	Über- lebensrate Turbine/ Wehr	Über- lebens- rate Standort
Bypass WKA	42,31	35,1	0,830	0,31			0,257
WKA				0,69	1,00	0,84	0,481
Wehr		7,21	0,170			0,85	0,145
							0,883

Die Tabelle ist folgendermaßen zu lesen:

- Bei einer Abflussaufteilung bei MQ (=42,31 m³/s) von 35,1 m³/s Richtung WKA und 7,21 m³/s Richtung Wehr ergibt sich eine großräumige Auffindbarkeitsrate von 0,83 Richtung WKA und 0,17 Richtung Wehr.
- Von den Fischen, die Richtung WKA wandern finden nur 31 % den Bypass, dessen Auffindbarkeit erheblich beeinträchtigt ist. (entspricht 0,31: Systemableitrate nach Tab. 23). Die Überlebensrate des Weges über den Bypass (Weg 1) beträgt demnach $0,83 \cdot 0,31 = 0,257$ (= 25,7 % der ursprünglich vorhandenen Fische erreichen das Unterwasser auf dem Weg durch den Bypass)
- Die 69 % vor dem 20 mm-Rechen verbleibenden Fische ($0,69 = 1 - 0,31$ (Systemableitrate des Bypasses)) passieren aufgrund des großen Stababstandes alle den Rechen (= Rechenpassagerate von 1,00 nach Tab. 25). Sie gelangen dadurch in die Turbine und überleben dies zu 84 % (= Überlebensrate 0,84). Die Überlebensrate des Weges durch die WKA (Weg 2) beträgt demnach $0,83 \cdot 0,69 \cdot 1,00 \cdot 0,84 = 0,481$. (= 48,1 % der ursprünglich vorhandenen Fische erreichen das Unterwasser durch Rechen und Turbine.)
- Von den Fischen, die in Richtung Wehr wandern und dort abstiegen, überleben nur 85 %, da das Wehr durch ein ungenügendes Wasserpolster und Störsteine nicht von allen Fischen gefahrlos passiert werden kann. Die Überlebensrate des Weges über das Wehr (Weg 3) beträgt demnach $0,17 \cdot 0,85 = 0,145$. (= 14,5 % der ursprünglich vorhandenen Fische erreichen also das Unterwasser über das Wehr.)
- Nun werden die Raten der einzelnen Wege addiert: $0,257$ (Weg 1) + $0,481$ (Weg 2) + $0,145$ (Weg 3). Dies ergibt eine Gesamtüberlebensrate des Standortes von 0,883. 88,3 % der ursprünglich im Oberwasser vorhandenen, abwanderwilligen Lachssmolts erreichen also das Unterwasser.

Für die Zielart Aal erfolgt die Berechnung analog.

Bei Vorhandensein einer Restwasserkraftanlage muss diese ebenfalls mit einer Systemableitrate, einer Rechenpassagerate sowie Überlebensrate Turbine gesondert berechnet werden.

5.3.1.11 Erreichbarkeitsrate der Grenze Thüringens

Wie beim Fischaufstieg wird auch beim Fischabstieg die kumulative Wirkung mehrerer Querbauwerke bzw. WKA für die Zielarten dargestellt. Ausgehend von einem Startpunkt wird angegeben, welcher Anteil abwandernder Fische die Grenze Thüringens erreicht. (Bei den außerhalb Thüringens liegenden WKA wird wiederum bereits im Ist-Zustand eine optimale Situation angesetzt).

Als eine Art der Darstellung wird die Erreichbarkeitsrate der Grenze Thüringens angegeben. Sie wird durch Multiplikation der standortbezogenen Überlebensrate mit der Erreichbarkeitsrate des jeweils unterhalb liegenden Standortes berechnet. Hier ist ablesbar, welcher Anteil der am jeweiligen Standort startenden Fische die Grenze Thüringens erreicht. So würden beispielsweise im Ist-Zustand bei einem Start oberhalb des Wehres Schwallungen (W22) nur 27 % der Lachssmolts die Grenze Thüringens erreichen. Von den hier startenden Aalen würde keiner die Grenze Thüringens erreichen! Auch für die als Lachslaichgewässer geeigneten Nebengewässer wurden Berechnungen zur Erreichbarkeitsrate ausgehend von den Laicharealen durchgeführt.

Weiterhin wird die kumulierte Abstiegsrate angegeben. Dabei wird von einem Start am obersten Punkt des Lachsareals (in der Werra ist dies die Schleusemündung) ausgegangen. Diese Rate wird durch Multiplikation der standortbezogenen Überlebensrate mit der kumulierten Rate des jeweils oberhalb liegenden Standortes berechnet. Hier ist ablesbar, wie sich die Zahl der absteigenden Fische ausgehend vom obersten Standort verringert. So wären bspw. bei einem Start an der Schleusemündung bereits in Meiningen nur noch 44 % der Lachssmolts übrig.

Beim Aal erfolgten diese Berechnungen analog, allerdings wird für die Angabe der kumulierten Abstiegsrate als oberster Startpunkt entsprechend des Aalareals die Haselmündung gewählt. Da jedoch davon ausgegangen wird, dass der gesamte Gewässerverlauf der Werra in der Barbenregion als Aufwuchsareal dient, erfolgt zusätzlich eine arealbezogene Berechnung. Es wird dabei unterstellt, dass sich die Aale gleichmäßig auf Teilareale, die als Abschnitte zwischen zwei Standorten definiert sind, verteilen. Jede dieser „Teilpopulationen“ hat je nach Lage des Teilareals eine unterschiedliche Chance, die Grenze Thüringens zu erreichen. So hat die oberste „Teilpopulation“ die größten Verluste zu verkraften, während die unterste die geringsten Verluste hat. Um diese Einflüsse bei der Gesamtüberlebensrate der Aale zu berücksichtigen, wurde die Fläche jedes Teilareals berechnet (durch Multiplikation von Länge und Breite des entsprechenden Flussabschnittes). Diese Fläche wurde als Anteil am Gesamthabitat ausgedrückt und entspricht bei angenommener Gleichverteilung der Aale dem Anteil der Teilpopulation an der Gesamtpopulation. Die Berechnung der Gesamtüberlebensrate erfolgte in einem ersten Schritt durch Addition des im Areal lebenden Populationsanteils mit dem das oberhalb liegende Hindernis erfolgreich passierenden Überlebenden aus der oberhalb liegenden Teilpopulation. Diese Summe wurde mit der Überlebensrate des Standortes multipliziert und ergab somit den Gesamtanteil der im nächsten unterhalb liegenden Teilareal ankommenden Tiere. Dieser Anteil wurde wiederum mit dem hier lebenden Teilpopulationsanteil addiert usw.

Diese Vorgehensweise wurde nur für den Aal durchgeführt, da hier eine gleichmäßige Verteilung auf das gesamte Areal angenommen wurde.

5.3.2 Ergebnisse der Ist-Zustandsbewertung Fischabstieg

5.3.2.1 Ergebnisse der Ist-Zustandsbewertung Fischabstieg Lachs

Die Ergebnisse für die Bewertung des Ist- und Planzustandes sind in Anhang 15 zu finden.

Im Ist-Zustand wurden für die Werra unterhalb der Schleusemündung 18 WKA-Standorte (darunter 2 Standorte mit Restwasser-WKA) und acht Standorte ohne WKA-Nutzung berücksichtigt. Bei einem Start am obersten möglichen Areal an der Schleusemündung würden nur 6 % der Smolts die Grenze zu Thüringen erreichen. Prädation, Befischungsdruck und natürliche Mortalität wurden nicht berücksichtigt, würden aber in der Realität die Rate noch weiter verringern. Abb. 22 zeigt die Überlebensraten pro Standort (graue Balken) sowie die kumulierte Abstiegssrate (grüne Linie), die die Abnahme der Überlebenden bei Start an obersten Endes des Areal anzeigt; sowie die Erreichbarkeitsrate der Thüringer Landesgrenze bezogen auf den jeweiligen Standort. (W12 bis W16 als hessische WKA wurden wiederum mit einer bereits optimalen Abstiegssrate angenommen.)

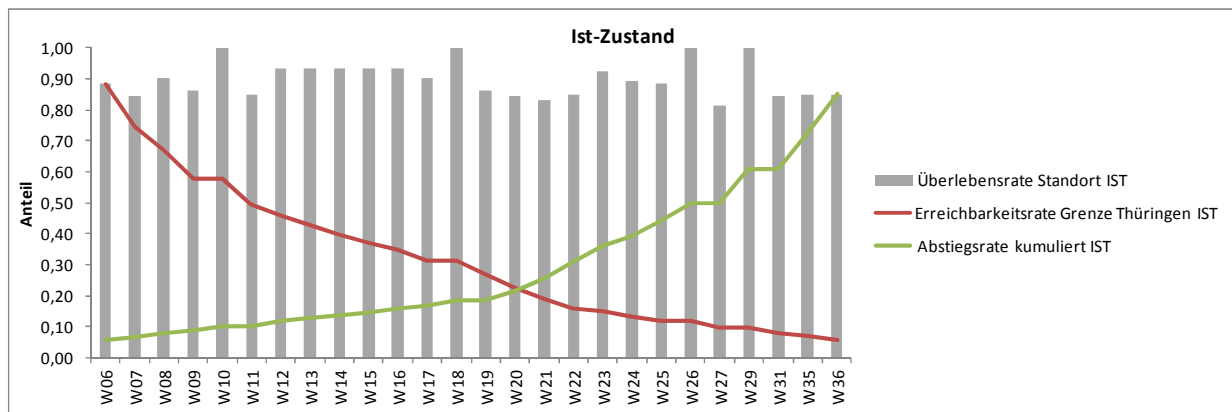


Abb. 22: kumulierte Abstiegssrate Erreichbarkeitsrate und standortbezogene Überlebensraten für den Lachs in der Werra im Ist-Zustand (W12-W16: angenommene, bereits optimale Überlebensraten)

Obwohl die standortbezogenen Überlebensraten häufig rel. hoch sind (Minimum 0,81 W27, Maximum 1,0 z. B. W18) reduziert sich der Anteil überlebender Tiere rasch. Für die Erreichbarkeitsraten bedeutet dies, dass bspw. bereits von den Tieren, die oberhalb W11 starten würden, nur noch die Hälfte die Grenze Thüringens erreichen. Für die oberhalb der Standorte W19, W21 und W27 liegenden Laichareale in der Werra werden nur noch Erreichbarkeitsraten von weniger als 30 % erreicht.

Für die Erreichbarkeitsrate des Meeres wurden überschlägliche Berechnungen durchgeführt, die eine optimierte Überlebensrate von 95 % pro außerhalb Thüringens liegenden Standort annimmt.

Die Bewertung des Abstieges aus den Nebengewässern ist in Anhang 16 zu finden.

Bei Betrachtung des Abstieges aus den Nebengewässern kann festgestellt werden, dass die Abwanderung innerhalb der Nebengewässer bis zur Mündung in die Werra bereits im Ist-Zustand rel. gut möglich ist, da sich kaum WKA in den Nebengewässern innerhalb oder unterhalb der Laichareale befinden. Berechnet man nach dem vorab erläuterten Schema für die kumulierte Wirkung die Erreichbarkeitsraten aus den Nebengewässern bis zur Grenze nach Thüringen und weiter bis ins Meer ergeben sich abgestufte Zustände je nach Lage des Nebengewässers. Für eine Abwanderung aus der Hörsel als unterstem Nebengewässer sind bereits im Ist-Zustand Erreichbarkeitsraten von 67 % bis zur Thüringer Grenze bzw. 33 % bis ins Meer möglich. Abb. 23 zeigt die Raten für alle betrachteten Nebengewässer und zusätzlich für die in der Werra ausgewiesenen Laichareale.

Ausgehend von den besonders gut geeigneten Laichhabitaten der Ulster, könnten immerhin noch 35 % der Tiere die Thüringer Grenze bzw. 17 % das Meer erreichen. Aus allen weiter nach flussauf einmündenden Nebengewässern und aus den Laicharealen direkt in der Werra ist nur noch eine sehr geringe Abwanderung möglich.

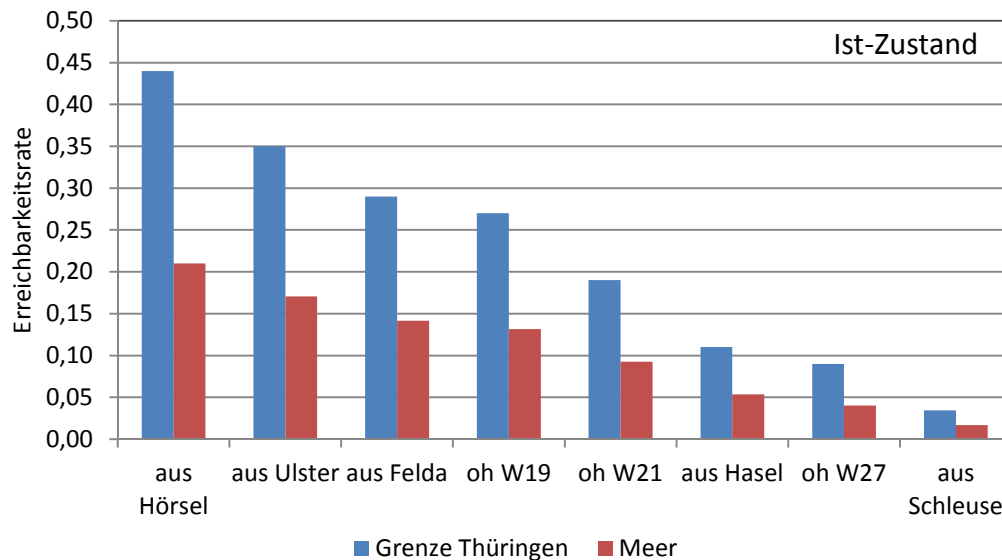


Abb. 23: Erreichbarkeit der Grenze Thüringens bzw. des Meeres für die Lachsabwanderung aus den ausgewiesenen Laicharealen im Ist-Zustand

Im Ist-Zustand kann demnach nur in den unteren Gewässerbereichen von einer in Maßen erfolgreichen Abwanderung von Lachssmolts ins Meer ausgegangen werden.

Abb. 24 zeigt die standortbezogene Überlebensrate im Ist-Zustand und die ausgewiesenen Lachslaichareale.

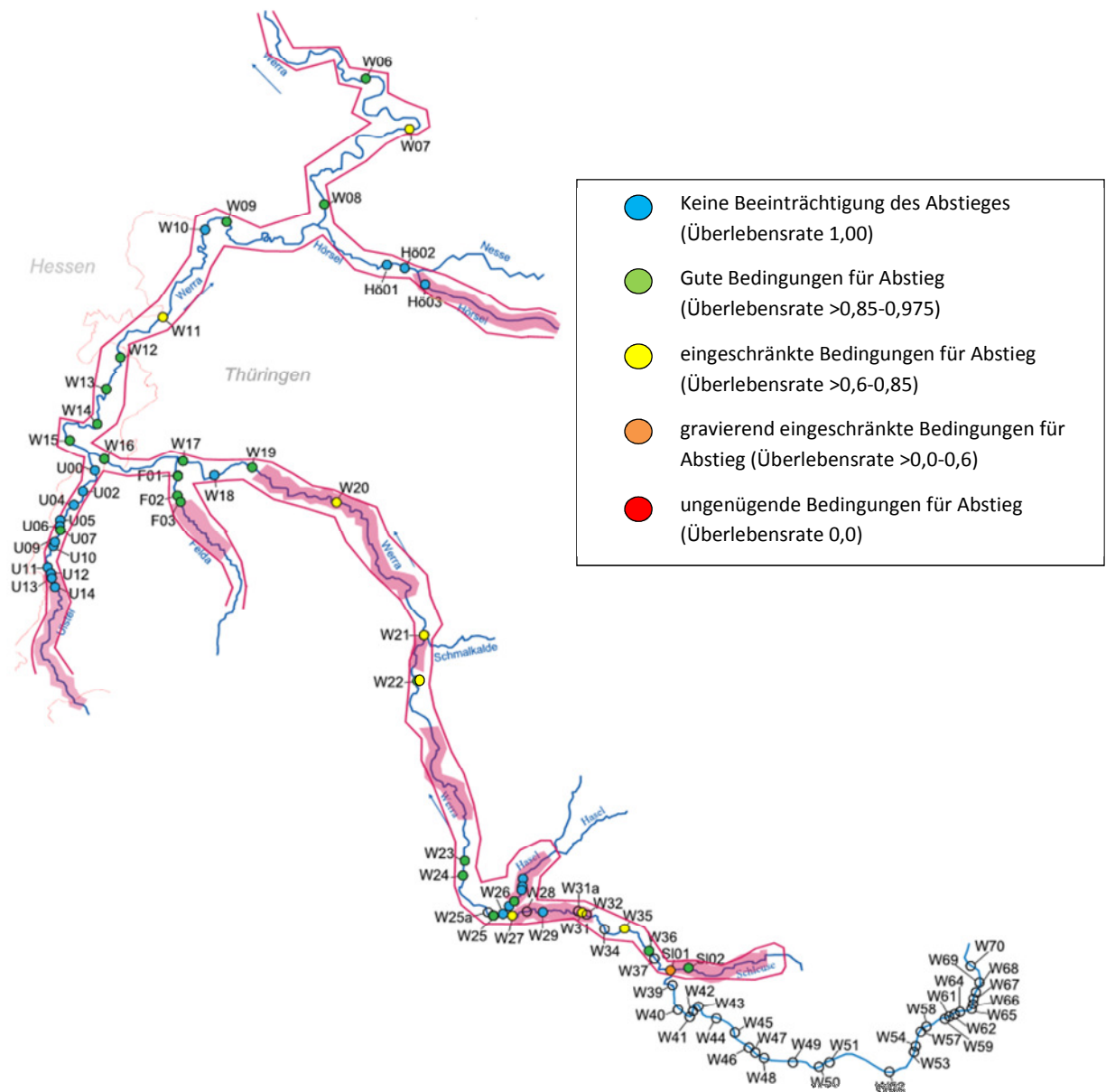


Abb. 24: Flussab gerichtete Durchgängigkeit für den Lachs an der Werra und Nebengewässern im Ist-Zustand

5.3.2.2 Ergebnisse der Ist-Zustandsbewertung Fischabstieg Aal

Der Aal ist aufgrund seiner Körperform ungleich stärker bei einer Abwanderung durch die Turbine von Mortalität betroffen. Dies macht sich sehr deutlich bei den Überlebensraten der Standorte und der Erreichbarkeitsraten im Ist-Zustand bemerkbar. Insgesamt wurden für den Aal 21 Standorte berücksichtigt, an drei dieser Standorte findet aktuell keine Wasserkraftnutzung statt.

Die Überlebensraten an den einzelnen Standorten schwanken zwischen 0,1 (W25 Wehr Obermaßfeld) und 1,0 (verschiedene Sohlgleiten ohne WKA-Nutzung). Geht man von der kumulierten Erreichbarkeitsrate der nur aus dem obersten Bereich unterhalb der Haselmündung abwandernden Aale aus, erreicht kein Tier die Grenze Thüringens. Die Gesamtüberlebensrate unter der Berücksichtigung der Teilareale beträgt 0,11. Dies bedeutet, dass 11 % der aus der gesamten Barbenregion der Werra abwandernden Aale die Grenze Thüringens erreichen.

Abb. 25 zeigt den Ist-Zustand für die einzelnen Standorte und die kumulierten Berechnungen. Es wird deutlich, dass bereits nach der Passage nur weniger Anlagen die kumulierte Abstiegsrate drastisch absinkt.

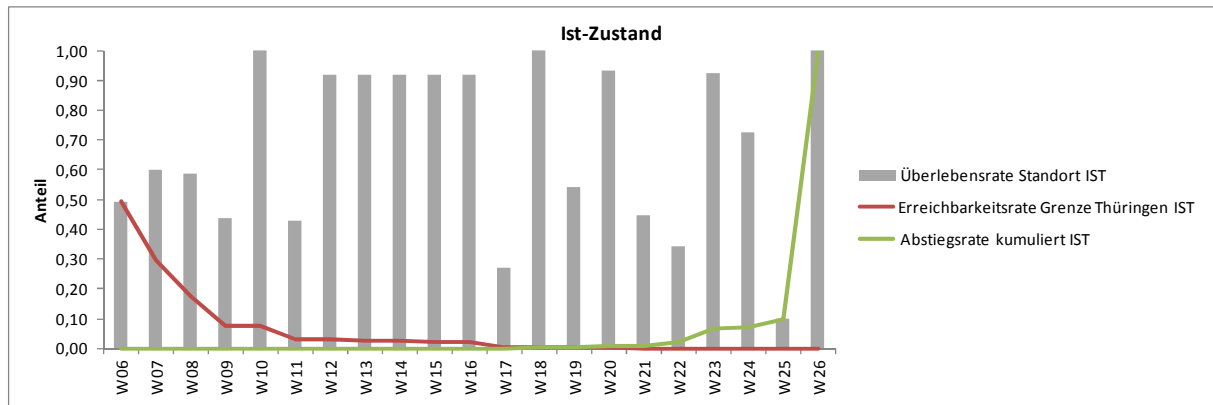


Abb. 25: kumulierte Abstiegsrate, Erreichbarkeitsrate und standortbezogene Überlebensraten für den Aal in der Werra im Ist-Zustand (W12-W16: angenommene, bereits optimale Überlebensraten)

Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass diese Abstiegsrate vor allem durch die sehr geringe angenommene Überlebensrate von 0,03-0,38 % bei der Turbinenpassage zu Stande kommt. Dass diese Rate stark schwanken kann, ist durch verschiedene Studien belegt (Zusammenfassung in EBEL 2013), die für Kaplan-turbinen-Überlebensraten zwischen 99,3 und 0 % und für Francis-Turbinen zwischen 100-29,2 % belegen. Die Überlebensrate unter Zugrundelegung sehr genauer Prognosemodelle, wie sie von EBEL (2008) vorgestellt wurden, könnte von der hier vorgestellten Rate stark abweichen. Um die angesprochenen Modelle anzuwenden, wären jedoch sehr genaue Kenntnisse der verschiedenen Turbinen und ihrer Betriebsweise nötig gewesen.

Abb. 26 zeigt die standortbezogene Überlebensrate im Ist-Zustand und die ausgewiesenen Aalareale.

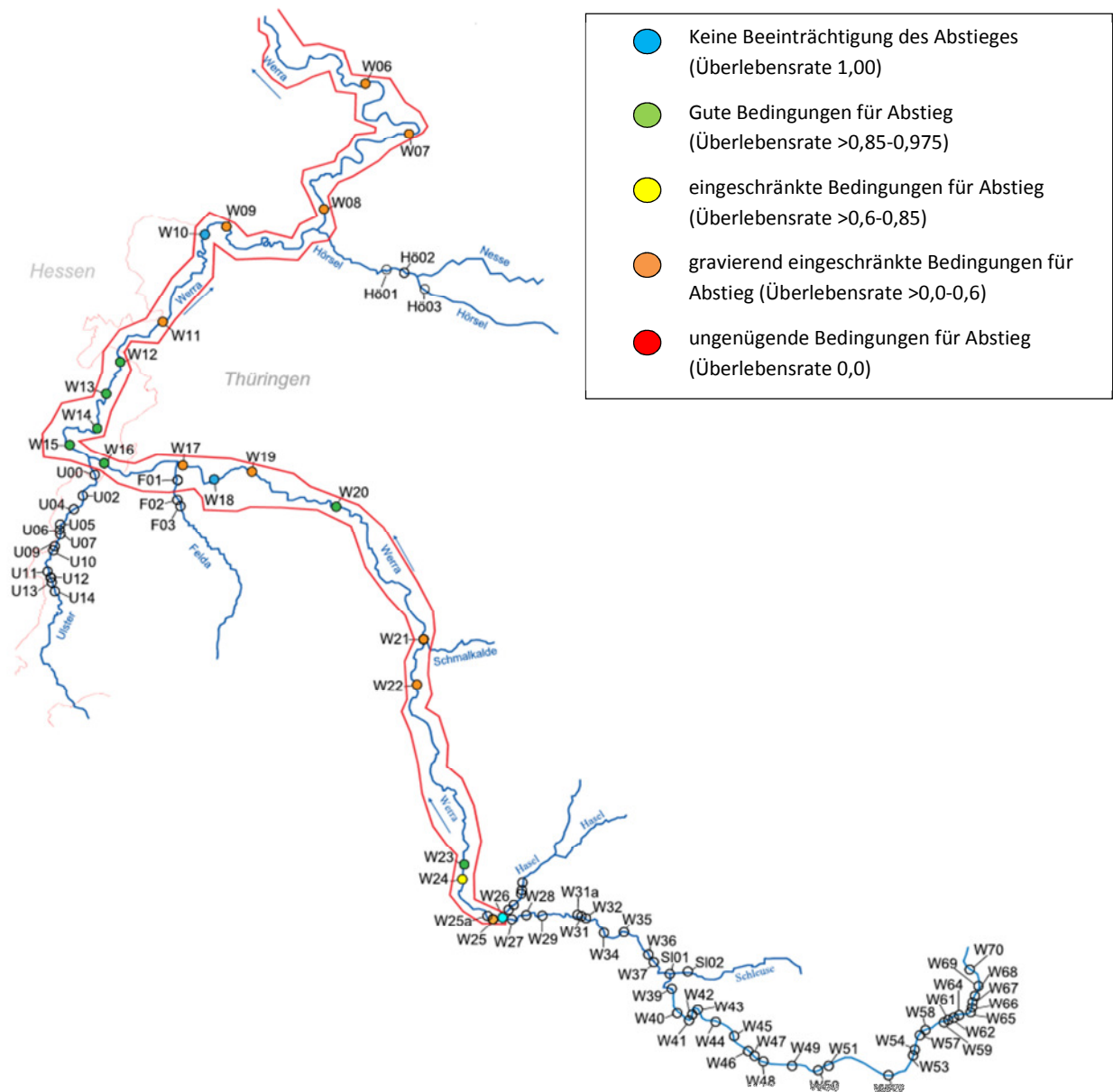


Abb. 26: Flussab gerichtete Durchgängigkeit für den Aal an der Werra und Nebengewässern im Ist-Zustand

5.3.3 Ergebnisse der Plan-Zustandsbewertung Fischabstieg

Für die Bewertung des Planzustandes wurden für jeden WKA-Standort Vorschläge zur Verbesserung der Situation gemacht, die in den Steckbriefen und Planzeichnungen genauer dargestellt sind. Sehr häufig ist dafür ein Neubau des Rechens und der Bypassanlage notwendig. An einigen Standorten wurde versucht, die vorhandene Situation anzupassen und damit aufzuwerten. Bis auf zwei Standorte, die bereits einen 15 mm-Rechen besitzen (WKA Mihla W08 und Restwasser-WKA Schwallungen W22), müssen an allen Standorten die Rechenstababstände verringert werden. Für alle Anlagen wurde versucht, eine möglichst optimale Anordnung der Fischabstiegswege zu erreichen.

Als schwierig stellt sich die Situation an manchen Wehren dar. Nicht alle sind gefahrlos für absteigende Fische überwindbar. Der Neubau eines Wehres ist jedoch in den allermeisten Fällen unverhältnismäßig und nur dort durchführbar, wo aus Gründen der Standsicherheit sowieso Bauarbeiten geplant werden müssen. Die herabgesetzte Überlebensrate am Wehr musste daher in den meisten Fällen auch für den Plan-Zustand hingenommen werden. Daher wird eine optimale Überlebensrate auch im Planzustand nicht immer erreicht. Die Raten pro Standort schwanken dabei (je nach Szenario) zwischen 0,82 und 1,00.

Für den Planzustand wurden insgesamt vier Szenarien betrachtet:

- **PLAN 1:** alle Rechen unterhalb der Haselmündung müssen einen Stababstand von maximal 15 mm aufweisen. Diese Forderung entspricht den derzeit in TLUG (2009) getroffenen Festlegungen. Die Rechen oberhalb der Haselmündung (und in den Nebengewässern) dürfen maximal 10 mm Stababstand aufweisen. Es werden keine zusätzlichen WKA an bisher ungenutzten Standorten berücksichtigt.
- **PLAN 2:** hier wurde mit einer erhöhten Schutzrate der Rechen versucht, die theoretisch mögliche Überlebensrate zu erhöhen. In diesem Szenario wurde davon ausgegangen, dass alle Rechen einen maximalen Stababstand von 10 mm aufweisen. Es werden keine zusätzlichen WKA an bisher ungenutzten Standorten berücksichtigt.
- **PLAN 3:** wieder wurde von einem Stababstand von 15 mm in der Barbenregion ausgegangen. Nunmehr wurde aber auch die potenzielle Wasserkraftnutzung an bisher ungenutzten Standorten berücksichtigt. Die Vorgehensweise zur Ermittlung der potenziellen Standorte wird in Kap. 6.3 beschrieben.
- **PLAN 4:** bei diesem Szenario wurden alle Rechen mit einem 10 mm Stababstand ausgestattet und auch die potenziell nutzbaren WKA-Standorte berücksichtigt.

Alle Szenarien wurden sowohl für die Lachssmolt- als auch für die Blankaalabwanderung betrachtet.

Für die außerhalb Thüringens gelegenen WKA wurden wiederum Überlebensraten von jeweils 95 % angenommen.

5.3.3.1 *Ergebnisse der Plan-Zustandsbewertung Fischabstieg Lachs*

Für den realistischsten Planzustand des Szenarios 1 ergibt sich aus dem Bereich der Werra eine kumulierte Abwanderungsrate bei Start unterhalb der Schleusemündung von 20 % bis zur Grenze von Thüringen. Die erreichbaren standortbezogenen Überlebensraten und die Abstiegs- sowie Erreichbarkeitsraten für Planzustand 1 sind exemplarisch in Abb. 27 dargestellt. Es werden standortbezogene Überlebensraten zwischen 0,86 und 1,00 angenommen. Ins Meer würden nur noch 9 % der am obersten Lachsareal gestarteten, abgewanderten Tiere gelangen. Sollten noch zusätzliche WKA erbaut werden (PLAN 3), reduziert sich die Erreichbarkeitsrate auf 0,16 an der Grenze Thüringens bzw. 0,07 ins Meer. Bei einem Einsatz von 10 mm Rechen im gesamten Werragebiet würde sich eine Steigerung der Rate erfolgreich abwandernder Lachse ergeben. Ohne zusätzliche WKA (PLAN 2) gelangen 32 % der am obersten Lachsareal gestarteten Tiere an die Grenze Thüringens und 16 % ins Meer. Kämen zusätzliche WKA (PLAN 4) hinzu würden 27 % der am obersten Lachsareal gestarteten Tiere die Grenze Thüringens und 13 % das Meer erreichen.

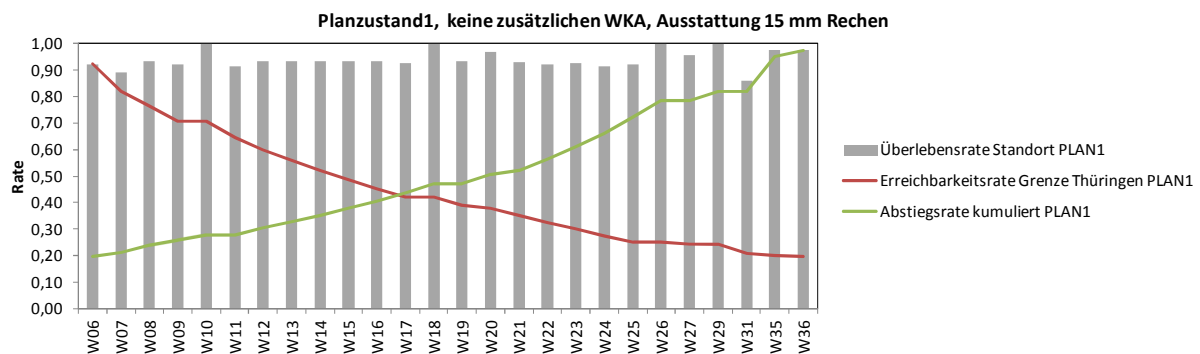


Abb. 27: kumulierte Abstiegsrate, Erreichbarkeitsrate und standortbezogene Überlebensraten für den Lachs in der Werra im Plan-Zustand 1 (W12-W16: angenommene Überlebensraten)

In Abb. 28 ist die kumulierte Rate aller Szenarien bis zur Grenze Thüringens dargestellt.

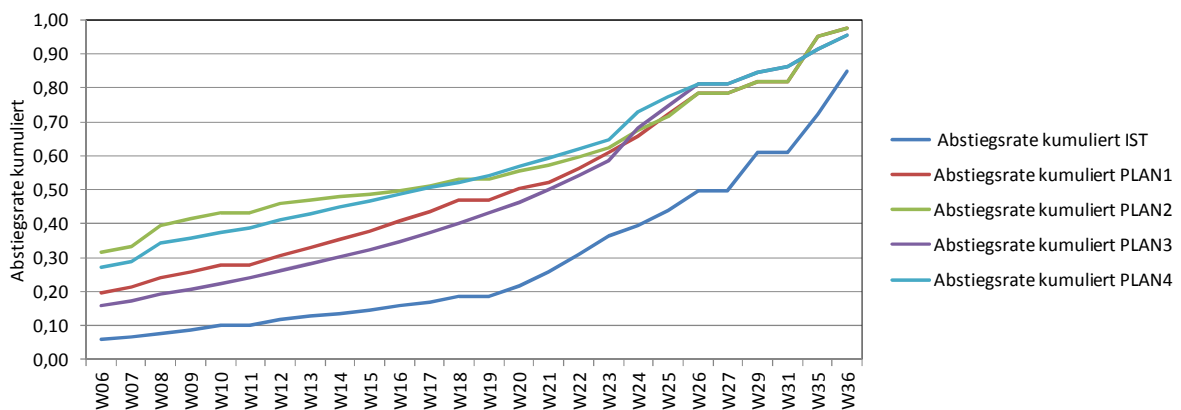


Abb. 28: Abstiegsraten kumuliert für Lachsabstieg Werra für Plan-Szenarien 1-4 und Ist-Zustand

Deutlich wird bei dieser Darstellung, dass allein aufgrund der großen Menge an Querbauwerken für alle Szenarien eine signifikante Abnahme der überlebenden Smolts bis zur Grenze Thüringens erfolgt.

Bei Betrachtung der Abwanderung aus den Nebengewässern, die potenzielle Laichhabitate bieten, ergibt sich ein differenziertes Bild. Für diese Angaben wurde nur noch mit dem Szenario nach PLAN 1 gerechnet, auch für die WKA in Nebengewässern. In Abb. 29 sind die Abstiegsraten bis zur Grenze Thüringens bzw. bis zum Meer bei Abwanderung aus den verschiedenen Laichhabitaten der Nebengewässer und der Werra dargestellt. Die besten Chancen haben, wie bereits im Ist-Zustand, aufgrund der Lage des Gewässers die aus der Hörsel abwandernden Tiere. Da bereits im Ist-Zustand mit optimierten Werten für die WKA unterhalb Thüringens gerechnet wurde, unterscheiden sich die Werte im Planzustand kaum von denen des Ist-Zustandes. Aus der Hörsel abwandernde Smolts müssen nur drei Thüringer Anlagen in der Werra überwinden. Rein rechnerisch würden 37 % der aus der Hörsel abwandernden Smolts das Meer erreichen. Aus den gut geeigneten Laicharealen der Ulster würden immerhin noch 22 % der Smolts das Meer erreichen. Im weiteren Verlauf ergibt sich jedoch aufgrund der steigenden Anzahl an zu passierenden Standorten eine Abnahme der Abstiegsrate. Von aus der Schleuse abwandernden Junglachsen würden nur noch 89% das Meer erreichen.

In Abb. 30 ist der Plan-Zustand 1 kartografisch dargestellt.

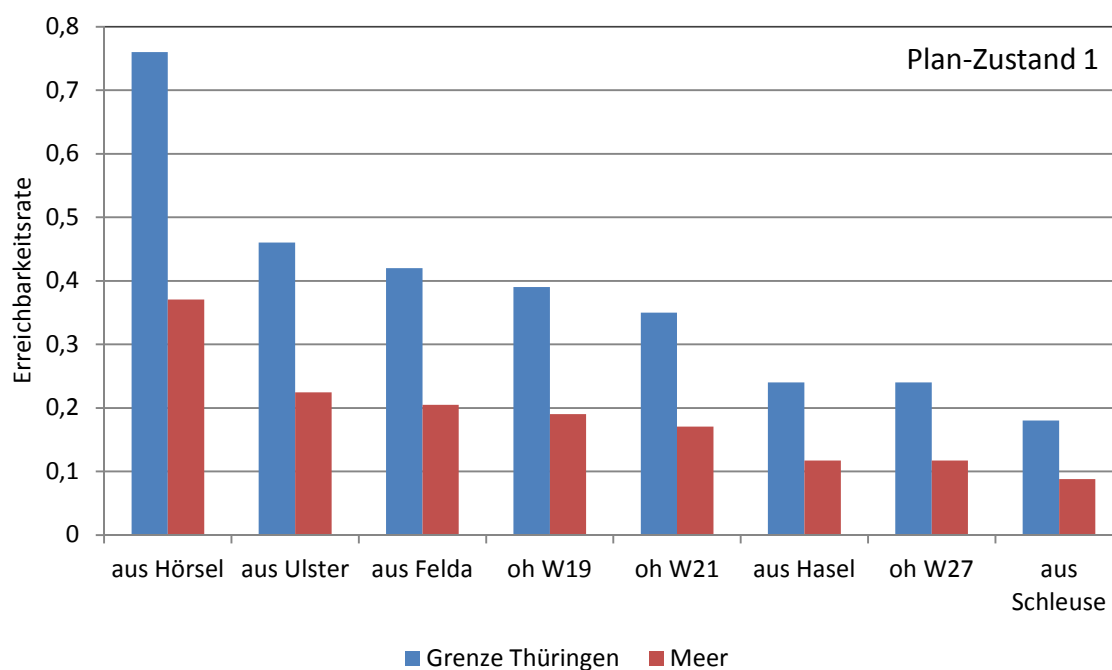


Abb. 29 Erreichbarkeit der Grenze Thüringens bzw. des Meers für die Lachsabwanderung aus den ausgewiesenen Laicharealen im Plan-Zustand 1

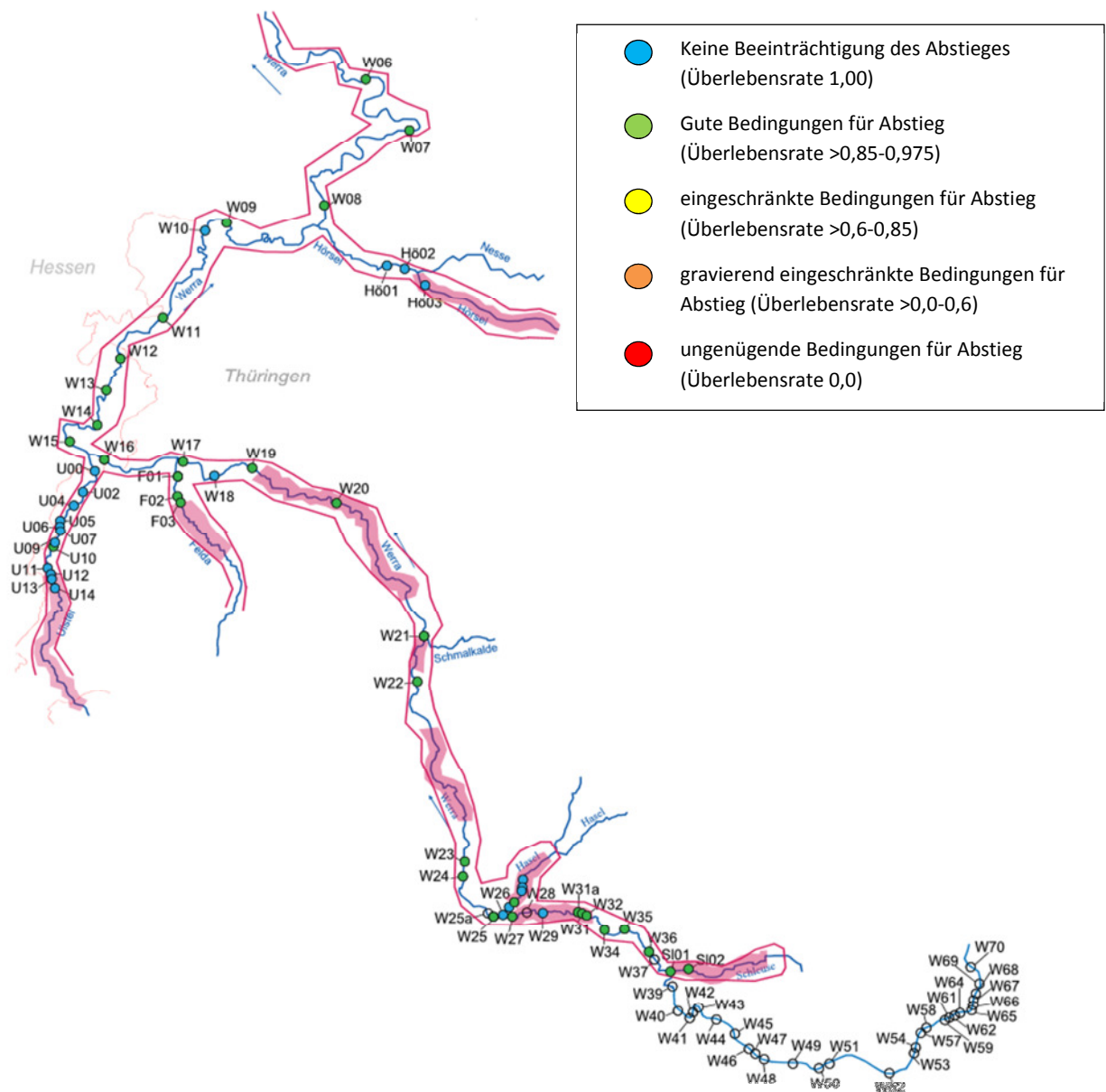


Abb. 30: Flussab gerichtete Durchgängigkeit für den Lachs an der Werra und Nebengewässern im Plan-Zustand 1 mit Darstellung der Laichareale

Bei Berücksichtigung weiterer Faktoren, die zu einer Reduzierung der Abstiegsrate führen würden, wie natürliche Mortalität, Prädation, illegaler Fang, Gewässerbelastungen, Wassererwärmung usw. ist davon auszugehen, dass sich der Anteil der Fische, die tatsächlich das Meer erreichen, weiter, zum Teil wahrscheinlich erheblich reduzieren wird.

Zusammenfassend muss festgestellt werden, dass selbst bei guten standortbezogenen Überlebensraten eine erfolgreiche Abwanderung einer ausreichenden Anzahl an Smolts aus dem Werrasystem nur schwer erreichbar ist. Wie bereits beim Fischeaufstieg festgestellt, macht eine Wiederansiedlung des Atlantischen Lachses im Werrasystem bestenfalls in der Hörsel einen Sinn. Hier müssen jedoch aufwändige strukturelle Verbesserungen durchgeführt werden.

5.3.3.2 Ergebnisse der Plan-Zustandsbewertung Fischabstieg Aal

Beim Szenario 1, welches mittelfristig am realistischsten erscheint, können, bezogen auf das Gesamtareal, 55 % der Aale die Grenze Thüringens erreichen. Abb. 31 zeigt exemplarisch für das Szenario 1 die standortbezogenen Überlebensraten sowie die kumulierte Abstiegsrate und die Erreichbarkeitsrate der Grenze Thüringens. Eine Berechnung der Gesamtüberlebensrate bis zum Meer war für den Aal nicht möglich, da eine Bestimmung der Teilareale unterhalb Thüringens im Rahmen des Projektes nicht erfolgen konnte.

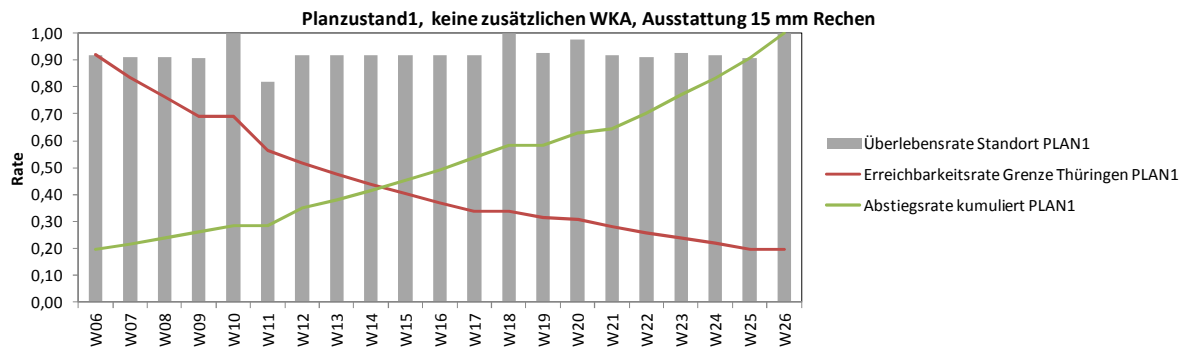


Abb. 31: kumulierte Abstiegsrate, Erreichbarkeitsrate und standortbezogene Überlebensraten für den Aal in der Werra im Plan-Zustand 1

Eine deutliche Steigerung der Abstiegsraten würde beim Aal durch die konsequente Verwendung von 10 mm Rechen erreicht werden, die selbst für kleinere abwandernde Aale eine Schutzwirkung von 100 % bedeuten. Für den Planzustand 2 (mit 10 mm Rechen) kann demnach eine Gesamtüberlebensrate von 82 % und eine kumulierte Abstiegsrate von 60 % (bezogen auf das oberste Areal) für das Werrasystem angenommen werden. Die Installation von zusätzlichen WKA hat bei entsprechenden Schutzmaßnahmen nur einen geringen Einfluss auf die Abstiegsrate. In Abb. 32 sind die kumulierten Abstiegsraten bei Start der Abwanderung am obersten Teilareal unterhalb der Haselmündung für die verschiedenen Szenarien dargestellt. Der positive Einfluss von 10 mm Rechen (PLAN 2 und 4) wird hier sehr deutlich.

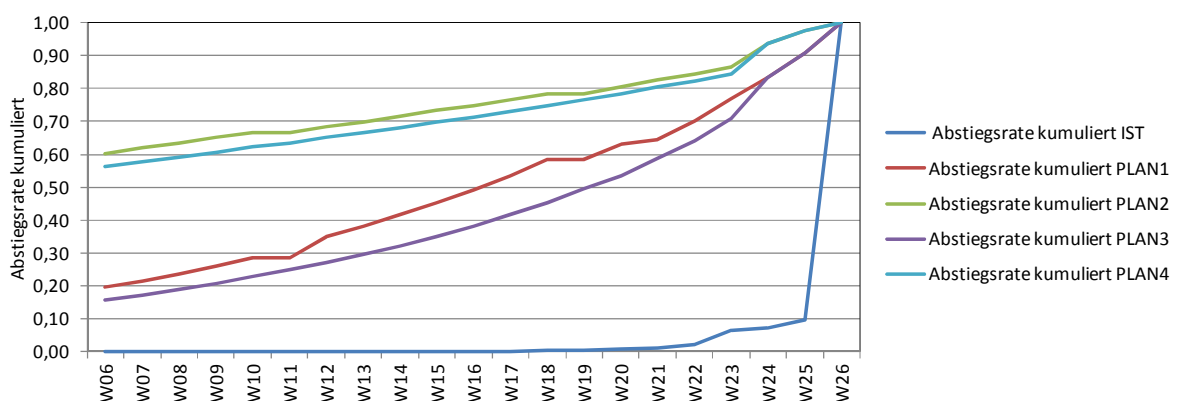


Abb. 32: Abstiegsraten kumuliert für Aalabstieg Werra für die Plan-Szenarien 1-4 und den Ist-Zustand

Abb. 33 zeigt die Darstellung der Erreichbarkeit der Grenze Thüringens im Vergleich der kumulierten mit der unter Berücksichtigung der flächenhaften Verbreitung anzunehmenden

Gesamtüberlebensrate. Auch hier sind die Auswirkungen einer hohen Schutzwirkung durch 10 mm Rechen sehr deutlich. Abb. 34 zeigt die kartografische Darstellung des Planzustandes 1 für den Aalabstieg.

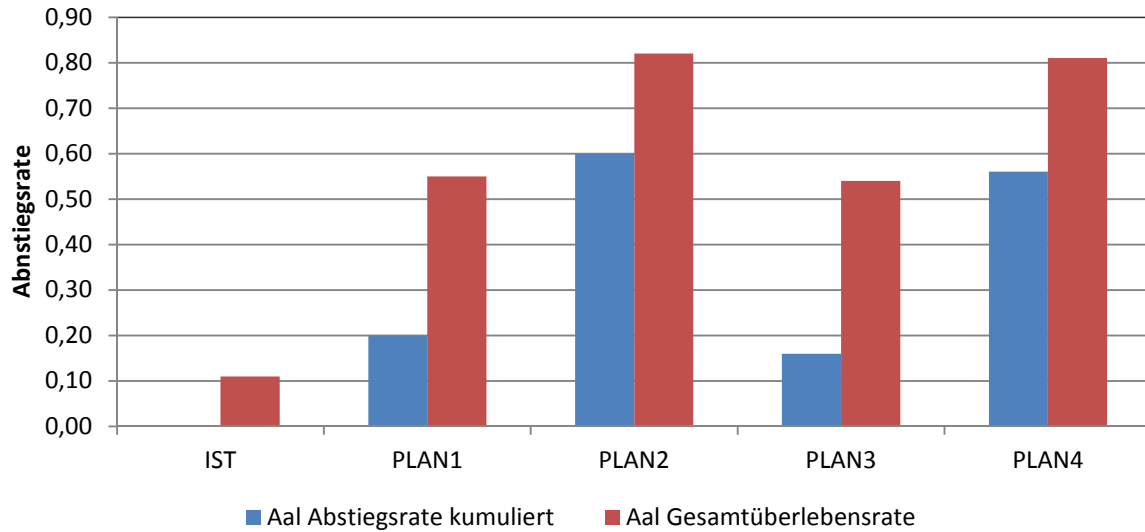


Abb. 33: Abstiegsrate und Gesamtüberlebensrate beim Aalabstieg aus der Werra für verschiedene Szenarien (bis zur Grenze Thüringens)

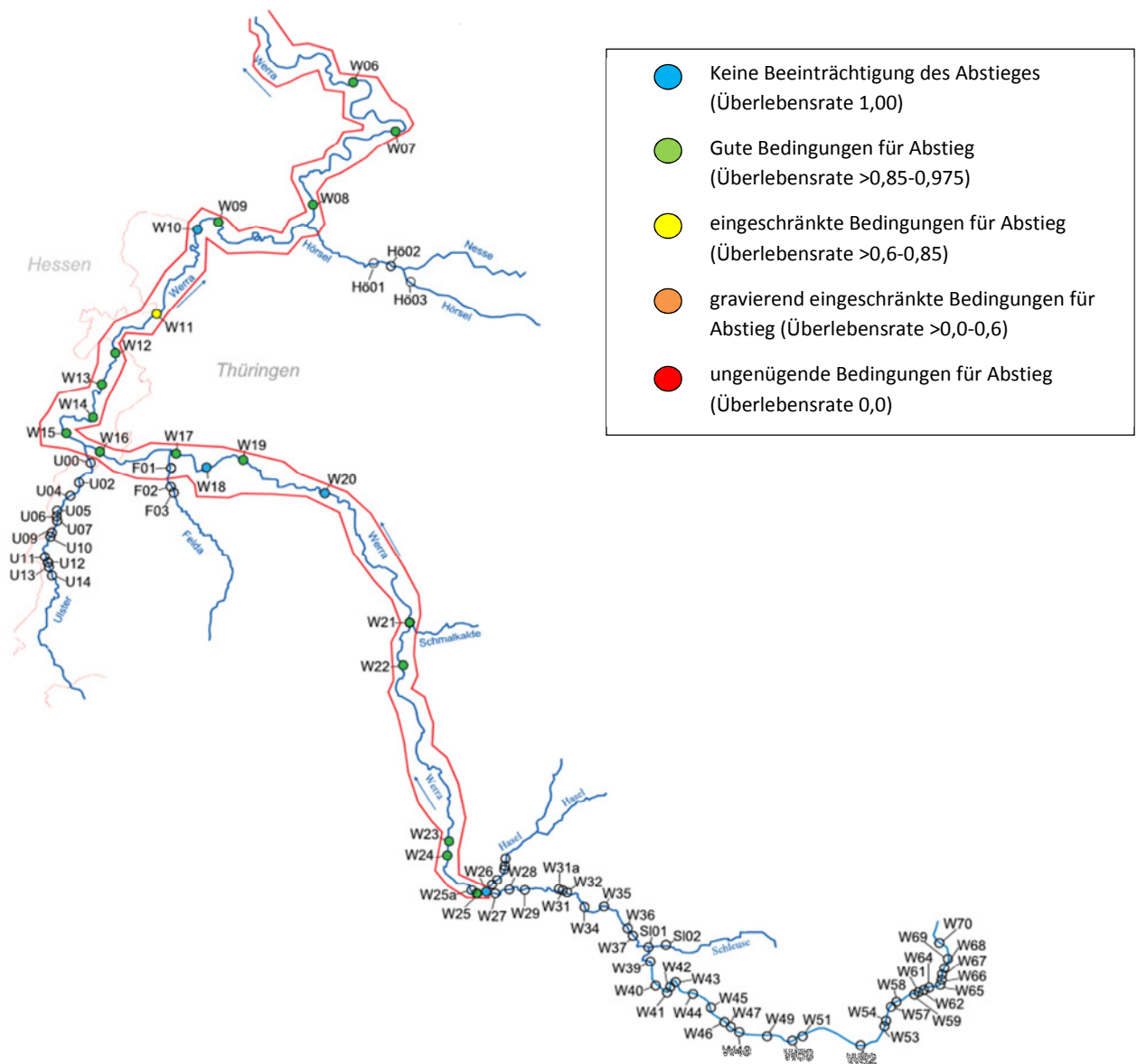


Abb. 34: Flussab gerichtete Durchgängigkeit für den Aal an der Werra und Nebengewässern im Plan-Zustand 1

Auch beim Aal wurden keine weiteren Mortalitätsfaktoren wie Prädation, Fischerei, Gewässerverschmutzung oder ggfs. Salzbelastung der Werra berücksichtigt. Diese können jedoch einen erheblichen Einfluss haben.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Werra nur bei Erreichung eines guten Plan-Zustandes ein geeignetes Aalaufwuchsgewässer ist, welches eine gewisse Rückkehrate ins Meer gewährleisten kann. Die Installation von 10 mm Rechen würde einen großen Effekt bewirken. Erschwerend kommt beim Aalabstieg hinzu, dass es bisher noch zu wenig Erfahrungen mit optimalen Ableiteinrichtungen gibt. Je nach Wassertemperatur, Durchfluss und Anordnung von Bypässen scheinen sich Aale sehr unterschiedlich zu verhalten. Am erfolgversprechendsten für die Aalabwanderung scheint derzeit das Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001) oder das System nach Hassinger (HASSINGER & HÜBNER 2009) mit einem am Boden installierten Zick-Zack-förmigen Ableitrohr zu sein. Diese Systeme wurden daher sehr häufig bei den Maßnahmevorschlägen verwendet.

5.4 Beeinträchtigungen durch Stauräume und Ausleitungsstrecken

5.4.1 Grundlagen

Querbauwerke verursachen abhängig von ihrer Ausdehnung und Höhe einen Aufstau und verändern damit in hohem Maße den Zustand des Fließgewässers. Häufig hat der Stauraum den Charakter eines Stillgewässers. Es kommt zu einer Verlangsamung der Fließgeschwindigkeit und damit zu Sediment- und Nährstoffanreicherung, die zu Sauerstoffdefiziten führen können. Die Gewässerdynamik wird verändert und das Kieslückensystem beeinträchtigt. Für die meisten im Fließgewässer lebenden Arten (Fische und Makrozoobenthos) verändern sich die Habitatbedingungen mehr oder weniger stark bis hin zu totalem Habitatausfall. Für rheophile Fische sind der Aufenthalt und vor allem die Reproduktion in Stauräumen oft sehr stark eingeschränkt.

Bei Querbauwerken mit Ausleitungsstrecken gibt es eine mehr oder weniger ausgeprägte Beeinträchtigung des Mutterbettes, also des ursprünglichen Gewässers, dem das Wasser entzogen wird. Zu starke Erwärmung im Sommer und verstärkte Abkühlung im Winter, Verlust an benetzter Habitatfläche, Verringerung der Fließgeschwindigkeit und Beeinträchtigung der Durchwanderbarkeit sind nur einige Auswirkungen. Um diese abzumildern, wird eine Mindestwassermenge festgesetzt und abgegeben. Je nach Bemessung der abzugebenden Wassermenge können die Auswirkungen aber nicht komplett aufgehoben werden.

Sowohl Stau- als auch Ausleitungsstrecken beeinträchtigen ein Fließgewässer hinsichtlich seiner Nutzbarkeit für Fische und Makrozoobenthos als Lebensraum und Reproduktionshabitat (Abb. 35). Sich selbst erhaltende Populationen können nur bei ausreichend ausgedehnter und strukturierter Habitatfläche überleben. Letztendlich können sich die typspezifischen Lebensgemeinschaften, wie sie für einen guten ökologischen Zustand hinsichtlich der Wasserrahmenrichtlinie gefordert werden, nur bei einer möglichst geringen Beeinflussung durch diese Faktoren einstellen.

Um die Auswirkungen zu begrenzen und geeignete Maßnahmen ergreifen zu können, wurde in TLUG (2009 und 2011) folgendes festgelegt.

- Die Beeinträchtigung durch Stau und Ausleitung darf innerhalb einer Fischregion nicht mehr als 25 % der Gewässerstrecke betragen.
- Die Beeinträchtigung durch Stau und Ausleitung darf auch zwischen zwei Querbauwerken nicht mehr als 25 % der Gewässerstrecke betragen. So sollen ausgedehnte Stauketten verhindert werden.
- Auch bei Beeinträchtigungen, die geringer als 25 % sind, muss die Durchgängigkeit der Querbauwerke und der Ausleitungsstrecken gewährleistet sein.

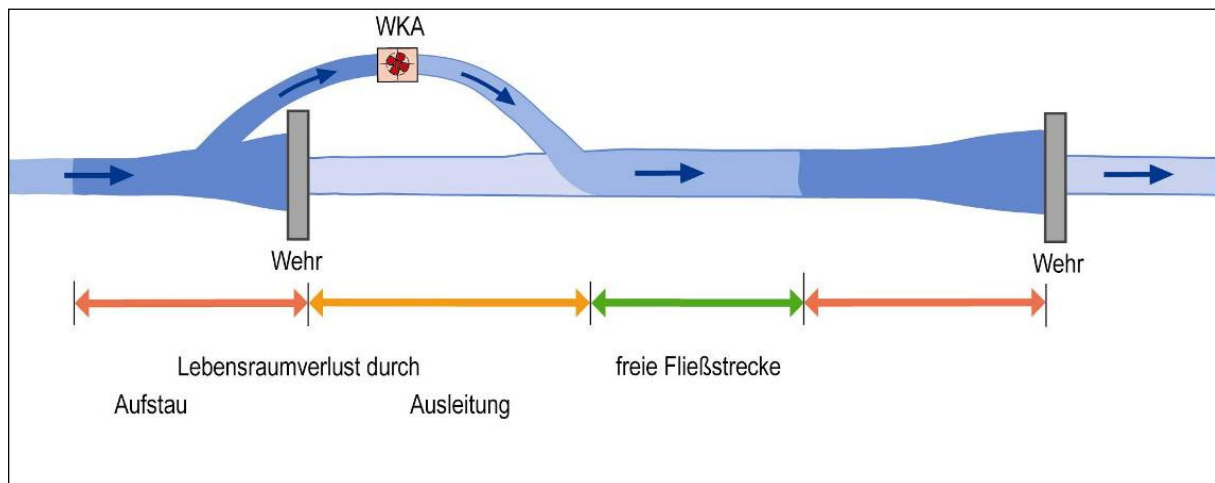


Abb. 35: Aufstau und Ausleitung an einem Wehrstandort (aus TLUG 2011)

5.4.1.1 Ermittlung der Stauräume

Während der Begehungen zur Erfassung des Ist-Zustandes konnten die Stauwurzeln nur bei geringer Ausdehnung des Staus aufgesucht und direkt vermessen werden. Dies war überwiegend im Oberlauf möglich. Für andere Querbauwerke wurden vom Auftraggeber die Gewässerlängsschnitte der Werra digital zur Verfügung gestellt. Hiermit konnten die Staulängen direkt mit AutoCAD bestimmt werden. Für fast alle Querbauwerke waren Angaben der Stauhöhe m über NHN bei MQ verfügbar. Diese Stauhöhe wurde als Ausgangspunkt für die Ermittlung der Staulänge benutzt. Es ergab sich eine gute Übereinstimmung mit den vor Ort gemessenen Werten, so dass angenommen werden kann, dass auch die nur durch Gewässerlängsschnitte ermittelten Werte zutreffend sind.

5.4.1.2 Ermittlung der Ausleitungsstrecken

Bei Standorten, bei denen der Großteil des Wassers für eine Nutzung ausgeleitet wird (WKA-Standorte) wurde davon ausgegangen, dass das verbleibende Mutterbett durch Ausleitung beeinträchtigt wurde. An Standorten, an denen weniger als die Hälfte des Wassers ausgeleitet wird (z.B. W20, W23, W31, W44) wurde keine Beeinträchtigung durch Ausleitung eingerechnet. Obwohl an vielen Standorten eine Mindestwassermenge behördlich festgesetzt ist, konnte im Einzelfall nicht untersucht werden, ob diese ausreichend ist. Die Länge der Ausleitung wurde mittels Messung mit „Google Earth“ ermittelt.

5.4.1.3 Ermittlung der freien Fließstrecke

Die freie Fließstrecke zwischen zwei Standorten ist demnach der Abstand zwischen zwei Querbauwerken abzüglich des Stauraumes des unteren Querbauwerkes und abzüglich der Ausleitungsstrecke des oberen Querbauwerkes.

Ist die Summe aus Ausleitung und Stau gleich oder größer als der eigentliche Abstand, dann gibt es zwischen den beiden Standorten keine freie Fließstrecke. Gleiches gilt, wenn sich zwischen den beiden Querbauwerken nur ein Stau und keine Ausleitung befindet. Ist die Staustrecke genauso lang wie der Abstand zwischen zwei Querbauwerken, so reicht die Stauwurzel bis an das oberhalb liegende Wehr heran, bzw. staut dies im Extremfall sogar ein.

Die Länge der freien Fließstrecke wurde zur Gewässerlänge zwischen zwei Standorten ins Verhältnis gesetzt. So ergibt sich der Anteil der unbeeinflussten Strecke. Der Anteil der beeinflussten Strecke wurde durch Subtraktion ermittelt.

Diese Berechnungen wurden sowohl für jede Teilstrecke als auch für jeden Fischregionentyp getrennt durchgeführt.

Die in Hessen liegenden Querbauwerke W12 bis W16 und auch die unterhalb W06 liegenden Querbauwerke der Werra wurden NICHT in die Betrachtung einbezogen, da hierzu keine Daten verfügbar waren. Die Berechnung erfolgte jeweils von bzw. bis zur Grenze Thüringens. Die jeweiligen Fluss-km für den Standort „Grenze Thüringen“ wurden überschlägig durch Messung der Gewässerstrecke ermittelt.

5.4.2 Ergebnisse der Beeinträchtigung durch Stau und Ausleitung – Ist-Zustand

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Anhang 17 zu finden. Die betrachtete Gewässerlänge der Werra beträgt 206,22 km. Davon sind insgesamt 56,247 km durch Stau und Ausleitung beeinträchtigt. Dies entspricht einem Anteil von 27,28 %. Die Vorgaben nach TLUG (2009) wurde demnach knapp verfehlt. Bei Betrachtung der einzelnen Fließgewässerregionen wird jedoch sichtbar, dass dies vor allem auf eine übermäßige Beeinträchtigung der Barbenregion zurückgeht. Diese ist bei einer Gesamtlänge von 138,04 km zu 33,5 % durch Stau und Ausleitung beeinträchtigt. Äschen- und Forellenregion erfüllen demgegenüber bereits im Ist-Zustand die Vorgaben nach TLUG (2009) mit einer beeinträchtigten Strecke von 19,2 % (Äschenregion) bzw. 4,1 und 2,3 % (untere und obere Forellenregion, Abb. 36).

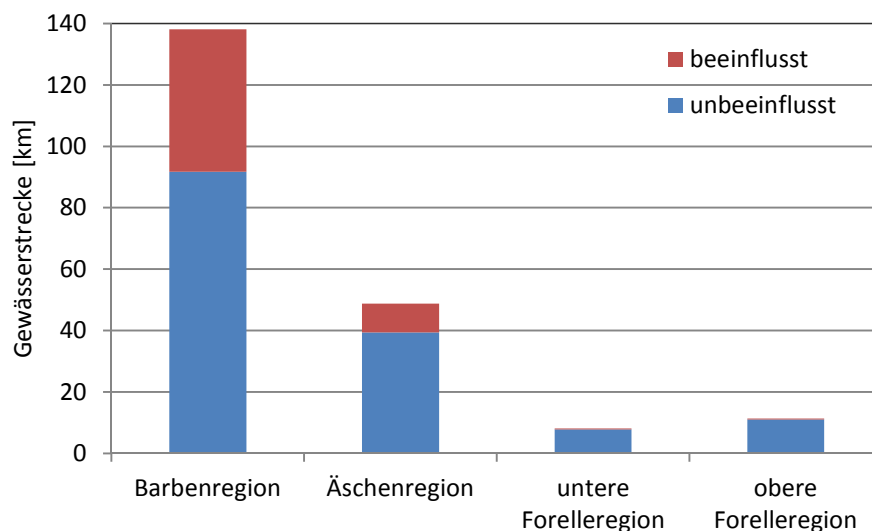


Abb. 36: Länge der beeinflussten und unbeeinflussten Gewässerstrecken der Werra getrennt nach Fischregionen im Ist-Zustand

Abb. 37 zeigt die jeweiligen Gewässerstrecken einmal als tatsächliche Strecken und als Anteil beeinträchtigter Strecke. Dabei gibt der Balken, der z. B. über der Standortbezeichnung W06 steht, die Strecke oberhalb des jeweiligen Querbauwerkes, also hier die Strecke zwischen W06 und W07 an usw.

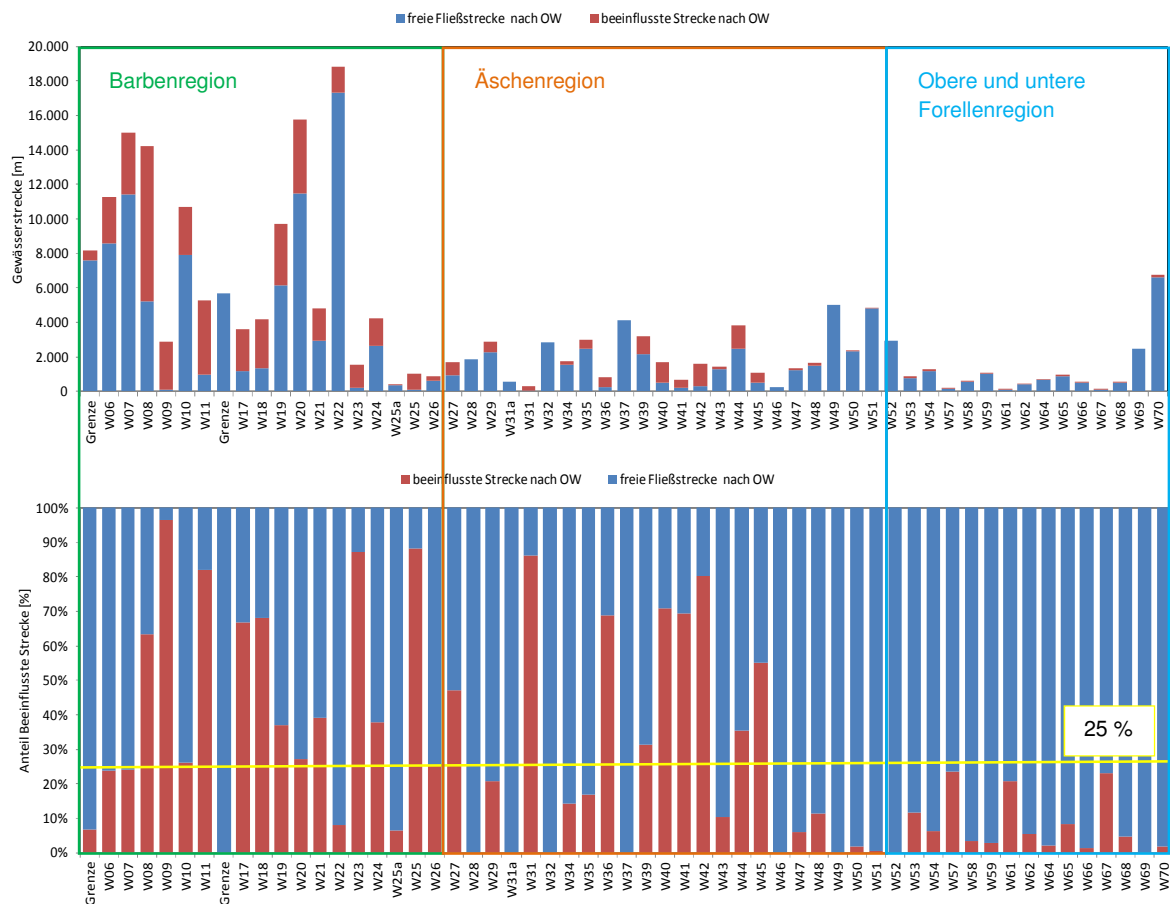


Abb. 37: Länge bzw. Anteil der beeinflussten und unbeeinflussten Gewässerstrecken oberhalb der jeweiligen Standorte an der Werra im Ist-Zustand

Es wird deutlich, dass es an der Werra kaum regelrechte Stauketten gibt. Als kritisch werden in diesem Zusammenhang nur die Bereiche zwischen W08 und W10, W17 bis W19 und W40 bis W43 angesehen.

Ersichtlich ist weiterhin, dass in der Barbenregion die Abstände zwischen den einzelnen Querbauwerken deutlich größer sind ($\varnothing$ 7,3 km) als in der Äschenregion ($\varnothing$ 2,1 km) und Forellenregion ($\varnothing$ 1,3 km). Vor allem in der Barbenregion befinden sich jedoch viele Teilstrecken, die nicht den Vorgaben entsprechen. Von 19 Teilstrecken sind hier zwölf stärker als 25 % durch Stau und Ausleitung beeinflusst. Dabei reichen die Schwankungsbreiten von 0 % (oberhalb W25a Bogenbrücke Obermaßfeld) bis zu 97 % (oberhalb W09 Steinmühle Wommen). Dies ist auf das geringere Gefälle und die dadurch längeren Staustrecken aber auch auf die hier meist größere Höhe der Stauanlagen zurückzuführen. Allerdings befinden sich oberhalb W22 (Wehr Schwallungen) auch mehr als 17 km unbeeinflusste Gewässerstrecke.

In der Äschenregion wurden durch die Entfernung mehrerer Querbauwerke im Rahmen des Modellprojektes Werra (TLUG 2008) bereits größere Fließstrecken wieder hergestellt.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass sich in der Barbenregion zwar die längsten unbeeinflussten Fließstrecken befinden, der Anteil der beeinflussten Strecken jedoch die Vorgaben deutlich überschreitet.

5.4.3 Möglichkeiten der Reduktion der Beeinträchtigung – Plan-Zustand

In der Forellenregion wären keine weiteren Maßnahmen mehr notwendig, um die Vorgaben einzuhalten. Sowohl die Gesamtstrecke als auch die Einzelstrecken zwischen zwei Standorten entsprechen den Vorgaben. Da im Rahmen der Wiederherstellung der Durchgängigkeit jedoch neun Maßnahmen mit Rückbau bzw. Stauabsenkung verbunden sind, verbessert sich die Situation hier weiter. Im Planzustand ergibt sich eine Beeinträchtigung von 2,5 % für die untere und von 2,0 % für die obere Forellenregion.

In der Äschenregion sind die Vorgaben hinsichtlich der Gesamtgewässerstrecke zwar bereits im Ist-Zustand eingehalten, aber die beeinträchtigten Anteile zwischen den einzelnen Standorten sind häufig noch zu hoch. Durch vier Maßnahmen zur Stauabsenkung bzw. zum Rückbau lässt sich die Zahl dieser Strecken von zehn auf sieben senken. Die Gesamtbeeinträchtigung der Äschenregion geht dabei auf 15,1 % zurück.

In der Barbenregion gibt es bis auf einen Standort keine Möglichkeit, die Situation zu verbessern, da es sich entweder um genutzte WKA handelt, bei denen ein Rückbau derzeit nicht möglich erscheint, oder um Querbauwerke, bei denen aufgrund anderer Restriktionen (Grundwasserhaltung, Bausubstanz etc.) kein Rückbau in Frage kommt. Nur am Standort W18 (Sohlgleite Merkers) wäre ein Rückbau bzw. eine Stauabsenkung möglich. Mit dieser Maßnahme lässt sich lediglich eine Verringerung des beeinträchtigten Anteils auf 32,6 % der Gesamtbarbenregion erreichen.

Abb. 38 zeigt die Situation bezogen auf die Einzelstandorte im Plan-Zustand.

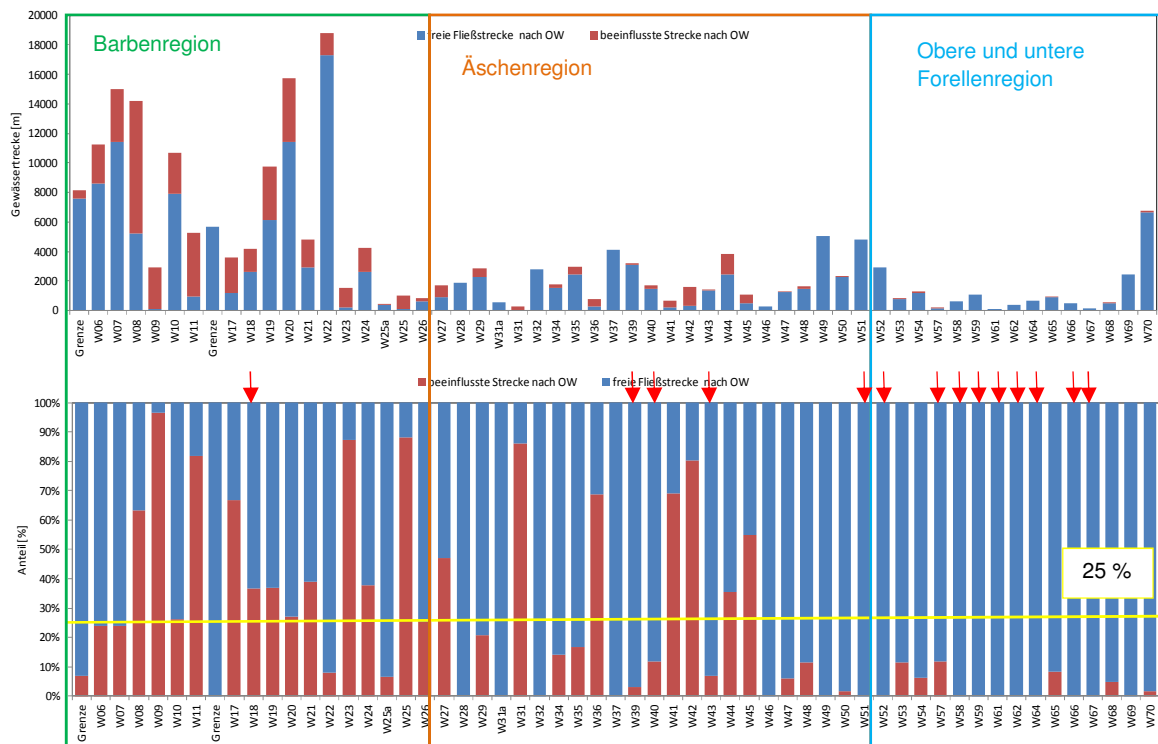


Abb. 38: Länge bzw. Anteil der beeinflussten und unbeeinflussten Gewässerstrecken oberhalb der jeweiligen Standorte an der Werra im Plan-Zustand, Standorte mit Verbesserung sind mit Pfeil gekennzeichnet

Als eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung der Situation sollten die Ausleitungsstrecken überprüft werden. Ist die Mindestwassermenge für die Habitatfunktion und die Durchwanderbarkeit ausreichend, ist es möglich, die Ausleitungsstrecke als nicht beeinträchtigt zu werten. Hierfür müssen

die Mindestwassermengen standörtlich geprüft und ggfs. angepasst werden. Dies betrifft in der Barbenregion fünf Standorte (W06, W19, W21, W22, W24). Da diese Ausleitungsstrecken jedoch alle relativ kurz sind, verbessert sich die Gesamtsituation der Barbenregion nur gering auf 30,6 % beeinträchtigte Gesamtstrecke. Die Situation bezüglich der Teilstrecken verbessert sich dadurch ebenfalls nur geringfügig. Keine der betrachteten Teilstrecken unterschreitet durch die Herausnahme der Ausleitungsstrecke die Grenze von 25 % Beeinträchtigung.

Es muss festgestellt werden, dass sich mittelfristig für die Barbenregion keine Einhaltung der Vorgaben nach TLUG (2009) erreichen lässt. Perspektivisch sind der Aufkauf von Wasserrechten, die darauffolgende Stilllegung von WKA und der Rückbau von Querbauwerken die einzige Möglichkeit, die Vorgaben einzuhalten. Dabei könnten die am wenigsten wirtschaftlichen WKA abgelöst und aufgekauft werden. Kleinere, unwirtschaftliche Anlagen befinden sich aber überwiegend im Oberlauf, wo die Beeinträchtigung nicht so stark ist. Im Unterlauf arbeiten die meisten WKA aufgrund der höheren zur Verfügung stehenden Wassermenge wirtschaftlich.

Festzuhalten ist allerdings, dass es insbesondere in der Barbenregion der Werra keinerlei neue Aufstauungen oder Ausleitungen geben darf. Weder sollten neue Querbauwerke angelegt werden, noch sollte für bestehende Querbauwerke eine Stauerhöhung zugelassen werden.

Alternativ sollte evtl. eine Vorgehensweise nach dem Strahlwirkungskonzept (DRL 2008) diskutiert werden. Dieses Konzept besagt, dass ausgehend von besonders naturnahen und faunistisch gut ausgestatteten Gewässerbereichen (Strahlursprung) eine positive Wirkung auf naturfernere Abschnitte (Strahlwirkung) erreicht werden kann. Dies wurde für Makrozoobenthos und Fische postuliert. Bei Fischen ist die Wirkung bei ungehinderter Durchgängigkeit aufgrund ihrer hohen Mobilität über größere Bereiche denkbar. Allerdings wird davon ausgegangen, dass die Strecke der möglichen Beeinflussung nur ca. halb so lang ist, wie die Gesamtlänge des Strahlursprungs. Allgemein lässt sich eine positive Wirkung naturnaher Gewässerabschnitte auf die Fischfauna degradierter Bereiche am ehesten ableiten wenn:

- *Der intakte Abschnitt möglichst lang ist, der zu beeinflussende Wasserkörper möglichst kurz ist,*
- *Der intakte Abschnitt in demselben Gewässer liegt wie der degradierte Abschnitt,*
- *Der intakte Abschnitt oberhalb des degradierten Abschnittes liegt (Summe aus Drift und Wanderung)*
- *Die Referenzfischfauna der beiden Abschnitte sich stark ähnelt oder identisch ist,*
- *Die Durchgängigkeit zwischen den beiden Abschnitten gegeben ist,*
- *Und die „erwünschten“ Arten (im Sinne der WRRL v. a. wesentliche Arten der Referenzfischfauna) eher mobil und anspruchslos sind. (Zitat Ende. SCHÜTZ et al. 2008, S. 34)*

Angewendet auf die Barbenregion der Werra würde dies bedeuten, dass bereits naturnahe und ausgedehnte frei fließende Abschnitte besonderen Schutz und besondere Maßnahmen zur Aufwertung (z. B. Schaffung von Altarmen und Verzweigungen, Aue entwickeln) erfahren sollten. Sie müssen als Reproduktionshabitate für möglichst viele Fischarten des fischfaunistischen Leitbildes entwickelt werden. Diese Bereiche können dann als Strahlursprung für die naturferneren, eher degradierten Bereiche wirken. Grundvoraussetzung ist, dass die Durchgängigkeit vor allem im Bereich des Strahlursprungs optimal in beide Richtungen gegeben ist, um eine möglichst ungehinderte Ausbreitung und Auswirkung des Bereiches zu ermöglichen.

In der Barbenregion sind dies vor allem die langen frei fließenden Strecken zwischen Mihla (W07) und Spichra (W08) mit einer unbeeinflussten Länge von 11,4 km, die Strecke zwischen Allendorf (W19) und Wernshausen (W20) (Länge 11,4 km) und zwischen Schwallungen (W22) und Meiningen (W23) (Länge 17,3 km).

6 Prüfung der Nutzbarkeit 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.“

6.2 Prüfkriterien

Um der Prüfpflicht nachzukommen, wurde in der Ilm-Studie TLUG (2011) ein überblicksartiges Verfahren entwickelt. Berücksichtigt wurden dabei nur bestehende Querbauwerke, an denen bisher keine Wasserkraftnutzung betrieben wurde. Folgende Kriterien müssen für eine Prüfung berücksichtigt werden:

- Eigentumsverhältnisse
- Hydrologische und hydraulische Verhältnisse
- ökonomische Bedingungen
- ökologische einzuhaltende Vorgaben
- wasserrechtliche Aspekte

Im Rahmen der hier angewandten vereinfachten Prüfung konnten insbesondere die Eigentumsverhältnisse und die ökonomischen Verhältnisse sowie die geologischen Gegebenheiten nicht näher beleuchtet werden. Ebenso war keine Prüfung umweltrechtlicher Belange möglich. Die Werra gehört nahezu auf gesamter Länge in Thüringen zum FFH-Gebiet Nr. 111 „Werra bis Treffurt mit Zuflüssen“. FFH-Vorprüfung, FFH-Verträglichkeitsprüfung, Prüfung auf Verträglichkeit mit der WRRL sowie ggfs. Umweltverträglichkeitsprüfung sind immer Gegenstand des ausführlichen Planungsprozesses.

Letztendlich wurden für Standorte mit einer potenziellen Wasserkraftnutzung folgende Rahmenkriterien festgelegt.

- Es dürfen keine neuen Querbauwerke errichtet werden. Nur an bereits bestehenden Querbauwerken kann potenziell Wasserkraft genutzt werden.
- Es darf insbesondere in der Barbenregion keine Stauerhöhung mit einer Verlängerung der Stauräume erfolgen, da die Anteile an beeinträchtigten Strecken bereits über den Vorgaben der TLUG liegen (siehe 5.4.3).
- Ausleitungen sind zu vermeiden. An bestehenden Ausleitungen soll keine Erhöhung der Wassermenge erfolgen.
- Der Ausbaugrad der neuen WKA (Q_A/MQ) wird mit maximal 1,0 festgelegt.
- Eine Nutzung von Fallhöhen unter 0,7 m wird nicht weiter verfolgt
- Eine Nutzung von Wassermengen weniger als 1 m³/s wird nicht weiter verfolgt.
- Die Auf- und Abstiegsraten für die Zielarten Lachs und Aal dürfen sich nicht erheblich verschlechtern.
- Die Möglichkeit einer wirtschaftlichen Nutzung muss gegeben sein.

6.3 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Um die Wirtschaftlichkeit neuer WKA abzuschätzen, wurden verschiedene Parameter überschlägig ermittelt, z. B. potenzielles Wasserangebot, die mögliche Ausbauleistung und Jahresarbeit, die Investitionskosten und der mögliche Jahresertrag.

6.3.1 Potenzielles Wasserangebot

Für die Ermittlung der potenziell nutzbaren Wassermenge wurden die am Standort notwendigen ökologischen Abflüsse (Fischaufstieg, Fischabstieg und ggfs. Mindestwasser) vom MQ (bzw. dem Wasserangebot) abgezogen. Die ökologischen Abflüsse wurden vorher anhand der überschläglichen Formeln nach Kap. 4.5 berechnet. Dabei ist es möglich, dass die für diesen Zweck ermittelten Abflüsse sich von denen unterscheiden, die für eine Fischauf- oder -abstiegsanlage ohne WKA-Nutzung am Standort geplant worden waren. An einigen Querbauwerken sind bereits Fischaufstiegsanlagen vorhanden. Deren Durchfluss wurde, wenn ausreichend, direkt in die Berechnung einbezogen. Der mögliche Ausbaugrad der WKA bezieht sich dann auf die bereits durch ökologische Abflüsse verminderte, potenziell nutzbare Wassermenge.

Das Wasserangebot kann sich dabei auf einen völlig neuen, bisher noch nicht genutzten Standort oder auf noch vorhandene, bisher nicht genutzte Wassermengen an einem bereits bestehenden Ausleitungsstandort beziehen. Typischerweise wäre an einem solchen Standort die Nutzung des Wassers in Form einer Restwasserturbine möglich.

6.3.2 Abschätzung Ausbauleistung und Jahresarbeit

Die mögliche Ausbauleistung wurde mit der Formel 13 abgeschätzt.

Formel 13: potenzielle Ausbauleistung einer WKA

$$P = 8 \cdot Q_A \cdot h_A$$

P	Leistung	[kW]
Q_A	Ausbauwassermenge bzw. nutzbare Wassermenge	[m ³ /s]
h_A	Ausbaufallhöhe	[h]
8	Faktor zur Berücksichtigung des Maschinenwirkungsgrades. Bei Neubau einer WKA wird davon ausgegangen, dass diese auf einem technisch modernen Stand errichtet wird. Der Faktor 8 ist für neue und modernisierte Anlagen ein typischer Wert.	

Die Ausbaufallhöhe wurde aus der bei MQ gegebenen oder gemessenen Wasserspiegeldifferenz abzüglich der potenziellen Rechenverluste bestimmt. Dabei wurden in der Barbenregion bei aktueller Forderung eines Rechenstababstandes von 15 mm 0,02 m abgezogen. In den Gewässerabschnitten mit geforderten Rechenstababständen von 10 mm wurden pauschal 0,05 m von der Fallhöhe subtrahiert.

Die Jahresarbeit wurde mit folgender Formel bestimmt (Formel 14)

Formel 14: Ermittlung der Jahresarbeit einer WKA

$$E_a = t_{VL} \cdot P$$

E_a	Jahresarbeit	[kWh]
t_{VL}	Volllaststunden	[h]
P	Leistung	[W]

Als Volllaststunden wurden dabei geringere Werte als in Kap. 4.7.6 angesetzt. Durch den Klimawandel ist allgemein mit einem ungleichmäßigeren Abflussverhalten der Gewässer zu rechnen (TLUG 2004). Während in den Wintermonaten mit einer Zunahme der Niederschläge zu rechnen ist (also zu einem Zeitpunkt, wo auch derzeit meist ein Überangebot an Wasser herrscht), werden sich die trockenen Perioden im Sommer und Herbst verstärken. Allgemein wird mit einer Mindererzeugung bei der Wasserkraft gerechnet (UBA 2012). Deshalb wurden die jährlichen Volllaststunden wie folgt festgesetzt:

4500 h jährliche Volllaststunden unterhalb der Einmündung der Hasel

4000 h jährliche Volllaststunden oberhalb der Einmündung der Hasel

6.3.3 Abschätzung der Investitionskosten

Für eine Beurteilung einer möglichen Wirtschaftlichkeit werden den möglichen Jahreserträgen die Investitionskosten für den Neubau gegenübergestellt.

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

Formel 15: empirischer Formelansatz für die Ermittlung der Kosten einer WKA

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

K	Kosten des jeweiligen Posten	[€]
C	Kostenkonstante des jeweiligen Postens	[€]
y	Konstante des jeweiligen Postens	
P_{pot}	technisch nutzbares Potenzial	[kW]
h_f	nutzbare Fallhöhe	[m]

Mit diesem Kostenansatz kann jedoch nur eine geringe, empirisch begründete Genauigkeit erreicht werden. Der Vorteil liegt darin, dass verschiedene Standorte untereinander verglichen werden können. Grunderwerbskosten, Kosten für einen aufwändigen Planungs- und Genehmigungsprozess, Entsorgungskosten, etc. können darin nicht berücksichtigt werden. Allgemein gibt es eine Vielzahl an möglichen Einflussfaktoren auf die Kosten einer WKA.

Für die verschiedenen Investitionsbereiche mit den entsprechenden Konstanten wurden je nach Kostenart folgende Formeln verwendet (TLUG 2011, Formel 16 - Formel 19):

Formel 16: reine Baukosten

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

Formel 17: Kosten der maschinentechnischen Ausrüstung:

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

Formel 18: Kosten der elektrotechnischen Ausrüstung:

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

Formel 19: Kosten des Stahlwasserbaus:

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

Investitionskosten für ökologische Maßnahmen werden nicht gesondert angesetzt. Es wird davon ausgegangen, dass diese im Neubau integriert sind.

Die gesamten Investitionskosten ergeben sich aus der Summe der einzelnen Investitionskosten, wobei nochmals 15 % zusätzliche Kosten als Projektnebenkosten berücksichtigt werden (Formel 20).

Formel 20: Gesamtinvestitionskosten für den Bau einer WKA

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

6.3.4 Ermittlung des Jahresertrag

Der mögliche Jahresertrag einer WKA ergibt sich aus der berechneten Jahresarbeit und der erhältlichen Vergütung. Die Vergütung nach EEG wurde in Kap. 4.7.2 bereits ausführlich erläutert. Es wird davon ausgegangen, dass für den Bau einer WKA ca. 5 Jahre veranschlagt werden, so dass sich der höchstmögliche Satz der Vergütung gemäß § 23 EEG 2012 beginnend mit dem Jahr 2013 um jährlich 1 % verringert. Für das Jahr 2018 (bei Start des Projektes mit der Planung im Jahr 2014) ergeben sich damit Vergütungssätze von 0,1195 €/kWh.

6.3.5 Bewertung Wirtschaftlichkeit

Für eine Bewertung der Wirtschaftlichkeit wurde der Quotient $f_{I/E}$ zwischen den überschläglichen Investitionskosten und dem potenziellen Jahresertrag errechnet. Dies ergibt nach TLUG (2011) einen Anhaltspunkt für die Wahrscheinlichkeit einer wirtschaftlichen Nutzung der Wasserkraft.

Der Quotient $f_{I/E}$ gibt an, nach wie vielen Jahren die getätigten Investitionskosten an einer Anlage über den Jahresertrag gedeckt werden. Würde die tatsächliche Amortisation betrachtet werden, müssten zusätzlich noch Zinstilgung und gegebenenfalls weitere Nebenkosten berücksichtigt werden. Diese Betrachtungen werden an dieser Stelle nicht durchgeführt.

Die Wahrscheinlichkeit der wirtschaftlichen Wasserkraftnutzung an einem Standort kann wie folgt eingeteilt werden TLUG (2011):

- | | |
|-----------------------|--|
| $f_{I/E} \leq 20$: | Nach langjährigen Erfahrungen besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine wirtschaftliche Nutzung durch einen Investor. |
| $20 < f_{I/E} < 30$: | Die Wahrscheinlichkeit einer wirtschaftlich möglichen Nutzung ist eher von sonstigen Randbedingungen und Zusatznutzen (touristischer Wert, Eigennutzungen o. ä.) abhängig. |
| $f_{I/E} \geq 30$: | Die Wahrscheinlichkeit einer wirtschaftlichen Nutzung des Standortes ist sehr gering. |

Je länger es dauert, bis die Investitionen durch den Jahresrohertrag beglichen werden können, umso unwirtschaftlicher gestaltet sich die Nutzung der potentiellen Standorte. Im Einzelfall bedarf es natürlich einer detaillierten Untersuchung, auch der Amortisationszeiten

6.3.6 Einzelbetrachtungen zu potenziellen Standorten

Insgesamt 10 Standorte wurden in eine nähere Betrachtung für zusätzliche Wasserkraftanlagen einbezogen. Dabei werden an dieser Stelle nur Standorte betrachtet, an denen der Neubau einer kompletten WKA notwendig wäre. Standorte, die über eine Nutzung von noch vorhandenem Wasserangebot durch den technischen Ausbau einer bereits bestehenden WKA ihr Potenzial erhöhen könnten, werden hier nicht betrachtet.

Prinzipiell wird vorausgesetzt, dass alle potenziellen neuen Standorte mit optimal platzierten und ausgeführten sowie ausreichend dotierten Fischwanderwegen auf dem neuesten Stand des Wissens und der Technik ausgestattet werden.

In Anhang 18 sind alle Standorte aufgeführt, für die diese Prüfung durchgeführt wurde.

6.3.6.1 W06 Wehr Falken

Am Ausleitungsstandort Falken wird bei einem MQ von 42,31 m³/s eine Wassermenge von 7,21 m³/s über das Wehr abgegeben. Bei niedrigeren Durchflüssen ist eine Mindestwasserabgabe von 5 m³/s festgelegt. Es existieren bereits Planungen des Betreibers für die Nutzung dieser Wassermenge (5 m³/s) durch ein Restwasserkraftwerk. Bisher wurden die Planungen noch nicht genehmigt. Da hier bereits ausführliche Unterlagen existieren, wurde keine gesonderte Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt. Es wird jedoch angenommen, dass an dieser Stelle eine wirtschaftliche Nutzung der Wasserkraft möglich ist. Gleichzeitig wird die hier notwendige flussaufwärts gerichtete Durchgängigkeit wieder hergestellt.

6.3.6.2 W10 Wehr Sallmannshausen

Am Standort Sallmannshausen wurde bereits durch das Land Thüringen eine Fischwanderhilfe in Form eines großzügigen Umgehungsgerinnes am linken Ufer errichtet. Der bis vor wenigen Jahren noch existierende Aalfang am rechten Ufer wird derzeit nicht mehr betrieben und verfällt. Die Installation einer neuen WKA ist mit einem Faktor $f_{I/E} = 21,57$ in einem kritischen Bereich der Wirtschaftlichkeit. Der Standort wird je nach Durchfluss zum Teil recht massiv durch den unterhalb liegenden Standort W09 Steinmühle Wommen eingestaut. Daher wurde für die Wirtschaftlichkeitsberechnung die Fallhöhe als verringert angenommen. Die verringerte Fallhöhe schränkt zudem die Auswahl der zu verwendenden Technologie ein.

Wie eingangs festgelegt, käme nur die Nutzung als Flusskraftwerk in Frage. Die WKA müsste jedoch aufgrund der Lage des Umgehungsgerinnes an der linken Uferseite liegen. Dies bedeutet jedoch im Verhältnis zum Streichwehr eine ungünstige Anströmsituation der WKA. Falls das Potenzial genutzt werden sollte, sind Maßnahmen zum Fischschutz und Fischabstieg vorzusehen. Es wird mit einer ökologisch notwendigen Wassermenge von 6 m³/s gerechnet (3 m³/s für das Umgehungsgerinne, 1 m³/s für den Fischabstieg, 2 m³/s für die Überströmung des Wehres aus landschaftsästhetischen Gründen). Insgesamt stellt sich die Nutzung des Standortes als eher unwahrscheinlich dar.

6.3.6.3 W18 Sohlrampe Merkers

Die Sohlrampe Merkers wurde als Ersatz für ein nicht mehr genutztes Wehr errichtet. Sie kann jedoch die Funktion für den Fischaufstieg nicht oder nur unbefriedigend erfüllen und soll daher umgebaut werden. Dabei soll eine Reduzierung der Stauhöhe (um ca. 0,5 m) erfolgen, auch weil der Bereich bis zum nächsten Standort hier besonders stark durch den derzeitigen Stau beeinträchtigt ist.

Für die verbleibende Fallhöhe ergäbe sich ein Quotient $f_{I/E}$ von 22,62, was im kritischen Bereich liegt. Auch hier ist die Auswahl der Technologien durch die geringe Fallhöhe eingeschränkt. Die Nutzung wäre nur in Form eines Flusskraftwerkes möglich. Da der Standort zudem im Überschwemmungsgebiet liegt und nur über Wiesenwege erreichbar ist, die sehr häufig kaum befahrbar sind, sind auch die standörtlichen Rahmenbedingungen für den Bau einer WKA sehr schlecht.

6.3.6.4 W19 Wehr Tiefenort

Am Ausleitungsstandort Tiefenort werden aufgrund des geringen Ausbaugrades bei einem MQ von 21,86 m³/s noch 5,86 m³/s über das Wehr abgegeben. Diese Wassermenge könnte (abzüglich des ökologischen Durchflusses für Fischaufstieg und -abstieg) mit einer Restwasser-WKA genutzt werden. Die Wirtschaftlichkeit wäre mit einem Faktor $f_{I/E} = 16,26$ gegeben. Gleichzeitig könnte die notwendige Durchgängigkeit am Wehr durch die Errichtung einer Fischwanderhilfe im Zuge des Baus

einer WKA hergestellt werden. Vermutlich müsste die Anlage auf der Insel zwischen Mutterbett und Turbinenkanal auf der rechten Seite des Wehres errichtet werden. Ob der vorhandene Platz hierfür ausreichen würde, ist auch von der Art der Restwasserturbine abhängig. Am Standort existieren zudem Unsicherheiten bei den anzusetzenden Baukosten, da das Grundwasser im fraglichen Bereich salzbelastet ist. Hier wären erhebliche Mehraufwendungen durch Spezialbaustoffe notwendig. Bereits bei der bestehenden WKA waren hierzu aufwändige Schutzmaßnahmen notwendig.

6.3.6.5 W20 Wehr Allendorf

Der Standort Allendorf ist ein Ausleitungsstandort, an dem keine Wasserkraftnutzung mehr erfolgt, die Ausleitung jedoch noch besteht. Derzeit wird der ehemalige Mühlgraben bei MQ mit ca. 1/3 des Durchflusses beaufschlagt (7,13 m³/s), 2/3 des mittleren Durchflusses werden in das Mutterbett geleitet (14,27 m³/s). Am ehemaligen WKA-Standort befindet sich eine Fischschleuse und am Wehr ein Umgehungsgerinne, welche durch das Land Thüringen errichtet wurden.

Bei Errichtung einer WKA am ehemaligen Mühlenstandort könnte aufgrund der Dimensionen des Kanals nur maximal eine Wassermenge von ca. 6,5 m³/s genutzt werden, da bei höherem Wasserdurchsatz durch den Mühlgraben die Anströmgeschwindigkeit am Rechen zu groß würde. Diese Wassermenge entspricht ca. 1/3 MQ abzüglich der ökologischen Abflüsse. Dennoch wäre die Wahrscheinlichkeit einer WKA-Nutzung an diesem Standort mit einem Faktor $f_{I/E}$ von ca. 17,39 hoch.

Auch am Wehr wäre die Errichtung einer WKA denkbar, welche die größere Wassermenge an diesem Standort nutzen könnte. Auch hier zeigt der Faktor $f_{I/E}$ mit 14,36 eine mögliche wirtschaftliche Nutzung an. Eine WKA müsste aufgrund des bereits vorhandenen Umgehungsgerinnes am linken Ufer errichtet werden, um keine Einschränkungen der Auffindbarkeit der FAA zu verursachen. Hier besteht jedoch nur noch wenig nutzbarer Platz. Diese Uferseite ist nur über vernässte Wiesenwege erreichbar. Sie befindet sich im Überschwemmungsgebiet. Der bauliche Aufwand allein für die Errichtung und Befahrbarkeit der möglichen WKA wäre groß.

6.3.6.6 W23 Henneberger Wehr Meiningen

Am Henneberger Wehr wird eine bestimmte Wassermenge in das Grabensystem der Stadt Meiningen geleitet. Historisch bestand an diesem Grabensystem (Mittelmühlgraben) eine Wasserkraftnutzung. Diese Variante wird aufgrund der Geringfügigkeit der Dotation der Gräben nicht weiter betrachtet. Eine Wirtschaftlichkeitsprüfung wurde für den Standort des Wehres durchgeführt, an dem ein Flusskraftwerk an der linken Uferseite errichtet werden könnte. Bei einem MQ von 14,05 m³/s wären abzüglich der in das Grabensystem abzugebenden Wassermenge (geschätzt 2,5 m³/s) und der ökologischen Abflüsse noch ca. 10,5 m³/s für die Wasserkrafterzeugung nutzbar. Mit einem Faktor $f_{I/E}$ von 19,51 ist eine wirtschaftliche Nutzung denkbar. Derzeit wird eine Überprüfung der Hochwassersituation der Stadt Meiningen durchgeführt (Görlach mdl.). Das Henneberger Wehr spielt für die Steuerung des Hochwassergeschehens eine große Rolle. Bis die Ergebnisse des Hochwasserkonzeptes vorliegen, werden Bestrebungen zur Wasserkraftnutzung an diesem Standort zurückgestellt.

6.3.6.7 W28 Sohlgleite Belrieth

Eine Wasserkraftnutzung direkt an der Sohlgleite Belrieth wird ausgeschlossen, da eine Abflachung der Anlage mit Absenkung des Stauzieles vorgesehen ist. Zudem stellt die Sohlgleite bereits eine Einengung des Abflussprofils dar. Eine weitere Einengung durch eine WKA ist nicht möglich. An

diesem Standort wird zur Erhaltung des Durchflusses durch den ehemaligen Mühlgraben derzeit eine Wassermenge von 1,4 m³/s (bei MQ) ausgeleitet. Mit einer herkömmlichen WKA ist eine Nutzung dieser Wassermenge jedoch bei einem Faktor $f_{I/E}$ von 42,54 sehr unwirtschaftlich. Bei weiterer Absenkung des Stauziels würde sich zudem der nutzbare Durchfluss durch den Mühlgraben verringern.

6.3.6.8 W31 Wehr Brückenmühle Vachdorf

An diesem Ausleitungsstandort existiert bereits eine kleine WKA, die jedoch nur 0,75 m³/s (bei einem MQ von 7,47 m³/s) nutzt. Daher würde am Wehr eine Wassermenge (abzüglich ökologischer Abflüsse) von ca. 6,22 m³/s zur Verfügung stehen. Aufgrund des Vorhandenseins einer durch das Land Thüringen erbauten Fischaufstiegsanlage müsste der WKA-Standort am linken Ufer angesiedelt werden. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung führte zu einem kritischen Quotienten von 27,9. Daher und auch aufgrund der fehlenden Zufahrtsmöglichkeiten zu einer Baustelle (die Überwindung eines ehemaligen Mühlgrabens und der FAA wären notwendig), wird von einer weiteren Nutzung der Wasserkraft an dieser Stelle abgeraten.

6.3.6.9 W35 Wehr Henfstädt

Das Wehr Henfstädt ist ein ehemaliger Ausleitungsstandort, dessen Mühlgraben nur noch sehr gering beaufschlagt wird. Aufgrund der Lage der bereits vorhandenen Fischaufstiegsanlage müsste eine WKA am rechten Ufer und damit strömungstechnisch ungünstig am oberen Ende des Streichwehres errichtet werden. Zudem ist in diesem Bereich kaum Platz für den Bau einer FAA vorhanden. Es existieren bauliche Probleme aufgrund der eingesetzten Spundwand, die der Sicherung gegen Umläufigkeit dient. Die Zustimmung der TLUG zu einer Baumaßnahme würde an dieser Stelle verweigert. Die Berechnung ergab einen Faktor $f_{I/E}$ von 22,54. Dies lässt eine wirtschaftliche Nutzung eher kritisch erscheinen.

6.3.6.10 Wehr Themar

Auch am derzeit ungenutzten Wehr Themar wäre die Errichtung eines Flusskraftwerkes möglich. Am rechten Ufer der Werra existiert bereits eine Fischwanderhilfe und daher müsste auch eine WKA an dieser Stelle errichtet werden. Allerdings ist dies eine eher ungünstige strömungstechnische Anordnung. Der Faktor $f_{I/E}$ von 24,43 lässt eine wirtschaftliche Nutzung kritisch erscheinen. Zudem ist auch an diesem Standort eine Einengung des Abflussprofils bei Hochwasser nicht weiter zulässig.

6.3.6.11 Zusammenfassung

Eine wirtschaftliche Nutzung der Wasserkraft wäre nur am Standort Tiefenort als Restwasser-WKA, am Standort Allendorf und evtl. am Standort Meiningen, Henneberger Wehr, denkbar. Alle anderen Standorte sind abhängig von den Rahmenbedingungen vermutlich nicht wirtschaftlich, bzw. hätten eine sehr hohe Amortisationszeit. Für die Betrachtung der Einflüsse auf die Durchgängigkeit für Wanderfische wurden jedoch alle geprüften WKA einbezogen. Es zeigte sich, dass der Einfluss relativ gering ist. Da die Erreichbarkeitsraten aufgrund der hohen Zahl an Querbauwerken häufig selbst im Planzustand sehr niedrig sind, ist die von der zusätzlichen Wasserkraftnutzung ausgehende Beeinträchtigung für die betrachteten Zielarten eher marginal. Für potamodrome oder besonders geschützte Arten müssen jeweiligen die Auswirkungen auf die Populationen im Rahmen des Planungs- und Genehmigungsprozesses geprüft werden.

6.3.7 Weitere Optionen zur Nutzung von Wasserkraftpotenzial

An einigen Standorten wäre es rein rechnerisch auf Basis der Wassermengen bei MQ möglich, den Ausbaugrad der bestehenden WKA zu erhöhen, um eine Nutzung eines noch in geringem Maße vorhandenen Wasserpotenzials zu ermöglichen. Dies wäre möglich an den Standorten W17, W22, W41, W42 und W44. Bei Ausleitungskraftwerken darf es dabei jedoch keine Veränderung der Mindestwassermenge geben. Es wurde nicht überprüft, ob die erhöhte Wassermenge eine veränderte Anströmgeschwindigkeit zur Folge hätte, welche am Einlaufrechen problematisch wäre. In den meisten Fällen ist die zur Verfügung stehende Wassermenge jedoch so gering, dass die Erhöhung des Ausbaugrades, welche in erster Linie durch eine größere oder eine zusätzliche Turbine realisiert werden müsste, nicht wirtschaftlich wäre.

7 Zusammenfassende Betrachtungen

7.1 Erreichen des guten ökologischen Zustandes durch Wiederherstellung der Durchgängigkeit

Der gute ökologische Zustand nach WRRL bezüglich der Fischfauna ist überwiegend durch die Zusammensetzung der Fischartengemeinschaft und durch die Reproduktionsfähigkeit der Fischarten bestimmt. Dabei müssen insbesondere die typspezifischen Arten möglichst vollständig vorhanden sein. Alle Leitarten müssen sich in ausreichendem Maße fortpflanzen können. Da einige Leitarten auch weit wandernde potamodrome Arten sind (z. B. Barbe), ist die Durchgängigkeit ein wichtiges Kriterium zur Wiederherstellung des guten ökologischen Zustandes.

In der Werra deutet sich an, dass die alleinige Wiederherstellung der Durchgängigkeit nicht oder nur an wenigen Stellen direkt zur Zielerreichung nach WRRL führt. Erste Ergebnisse aus der Umsetzung des Modellvorhabens "Verbesserung und Vernetzung aquatischer Lebensräume 2004 - 2007" belegen, dass die Fischfauna in einigen Fällen bereits positiv auf die Wiederherstellung der Durchgängigkeit reagiert hat. Allerdings konnte der gute ökologische Zustand noch nicht erreicht werden. So wurde bei Elektrobefischungen in der Werra bei Leutersdorf, an der Stelle eines rückgebauten Wehres eine deutlich arten- und individuenreichere Fischartengemeinschaft angetroffen als vor dem Rückbau (SCHMALZ 2013 unveröff. Daten). Es wurde der „mäßige“ Zustand für die Fischfauna erreicht. Die bei Fischaufstiegskontrollen erfassten, häufig rel. hohen Aufstiegszahlen mit großem Artenspektrum belegen, dass die Durchgängigkeit ein wichtiger Faktor für die Zielerreichung ist und bleibt.

Hinzu kommen jedoch weitere Faktoren innerhalb des Gewässers, die ebenfalls einen großen Einfluss auf die Fischfauna haben. In der Barbenregion ist die Beeinträchtigung durch Stau und Ausleitung hoch. Weitere Belastungen wie diffuse Einträge aus der Landwirtschaft, Feinsedimenteinträge, Kormoranprädaion, Ausübung der Angelfischerei und die Salzbelastung der Werra beeinflussen die Fischfauna ebenfalls in unterschiedlich hohem Maß.

Die untere und mittlere Werra ist derzeit laut Gewässerrahmenplan kein Schwerpunktgewässer für die Struktur. Diese hat jedoch einen großen Einfluss auf die Zusammensetzung und Reproduktionsfähigkeit der Fischfauna. Es ist davon auszugehen, dass z. B. Gewässerabschnitte in der Barbenregion, die als rel. naturnah eingeschätzt werden, dennoch nicht das volle Spektrum an struktureller Ausstattung aufweisen, die für alle Arten notwendig wäre. Wie bereits in Kap. 5.4.3

dargelegt, sollten naturnahe Abschnitte unbedingt als Trittstein- und „Source“-Habitats weiterentwickelt werden, um einen positiven Einfluss auf umliegende Bereiche entfalten zu können.

Letztendlich wird nur die Kombination aus verschiedenen Maßnahmen zu einer Zielerreichung führen. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Zeit. Durchgängigkeits- und Renaturierungsmaßnahmen entfalten oft erst nach Jahren oder Jahrzehnten den gewünschten Effekt.

7.2 Ansiedlung anadromer Wanderfischarten

Bereits gegen Ende des vergangenen Jahrhunderts wurde darüber nachgedacht, in Thüringen im Werragebiet wieder anadrome Wanderfische, namentlich den Atlantischen Lachs anzusiedeln. Im Rahmen der ARGE Weser wurden hierfür Untersuchungen der potenziellen Laichhabitate (ARGE Weser 2001) und einiger Fischaufstiegsanlagen (ARGE Weser 1998) durchgeführt. 2009 wurde eine „Gesamtstrategie Wanderfische in der Flussgebietseinheit Weser“ vorgelegt. Darin ist die Werra als überregional bedeutsame Wanderroute ausgewiesen.

In UBA (2011) wird die Werra als „prioritäres Zielgebiet“ bezeichnet. In diesem Werk wird die Eignung des Wesergebietes für eine Wiederansiedlung mit dem Atlantischen Lachs abgeschätzt. Allerdings erfolgt eine genauere Betrachtung nur für die Mittelweser bis zur Einmündung der Diemel. Dieses Nebengewässer befindet sich noch unterhalb des Zusammenflusses von Werra und Fulda. Die Autoren kommen unter Berücksichtigung von populationsdynamischen Parametern zum Schluss, dass im Ist-Zustand keine sich selbst erhaltende Population in der Mittelweser bzw. Diemel möglich wäre. Im Plan-Zustand wäre diese Möglichkeit mit einem Gesamtverlust von nur ca. 4 % der Laichfische jedoch annähernd gegeben. Voraussetzung wäre jedoch eine massive Verbesserung von Durchgängigkeit und Lebensraumqualität.

Die bei diesen Untersuchungen angegebenen Populationsparameter wurden auch auf die Ergebnisse der Werra für Fischaufstieg und Fischabstieg übertragen. Dabei wurde nach folgendem Berechnungsschema vorgegangen (Abb. 39).

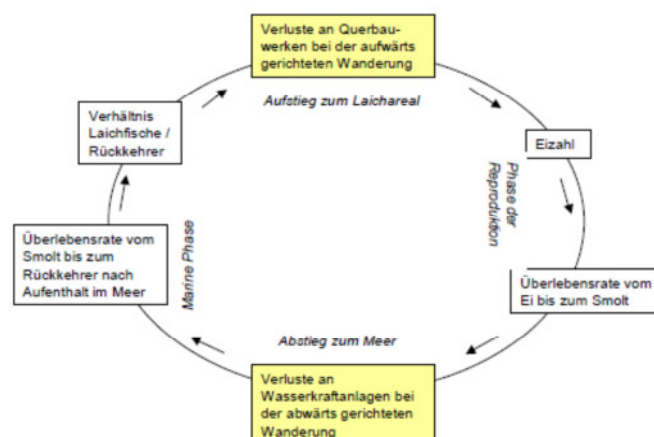


Abb. 39: Parameter des Berechnungsmodells zur Abbildung des Lebenszyklus des Atlantischen Lachses (weiß populationsdynamische Parameter, gelb. Verluste an Querbauwerken und WKA) aus UBA (2011)

Die Ergebnisse sind in Tab. 29 und Tab. 30 und in Abb. 40 grafisch dargestellt. Die Berechnungen sind in Anhang 19 zu finden.

Tab. 29: Darstellung der Möglichkeit einer selbsterhaltenden Population des Lachses in der Werra und Nebengewässern für den Plan-Zustand (Auf- und Abstieg) und realistischen populationsbiologischen Parametern.

	Populations- biologische Annahmen	Wert- angabe	Hörsel	Ulster	Felda	Werra oh W19	Werra oh W21	Werra oh W22	Hasel	Werra oh W27	Schleuse
Anzahl Laichtiere			100	100	100	100	100	100	100	100	100
Anzahl Eier	nach Thiel & Magath (2010) 5030 (1. Quartil)	Anzahl Eier	503000	503000	503000	503000	503000	503000	503000	503000	503000
Überlebensrate Ei bis Smolt	nach Thiel u. Magath (2010) 1,6 % (3. Quartil)	Anzahl Tiere	8048	8048	8048	8048	8048	8048	8048	8048	8048
Überlebensrate Abstieg Smolt bis Meer	Ergebnisse Konzept [Anteil]	Anteil (100 % =1)	0,37	0,22	0,20	0,19	0,17	0,16	0,12	0,12	0,09
Anzahl Tiere nach Abstieg		Anzahl Tiere	2978	1771	1610	1529	1368	1288	966	966	724
Überlebensrate marine Phase	nach Thiel u. Magath (2010) : 2,75 % (Median)	Anzahl Tiere	82	49	44	42	38	35	27	27	20
Verhältnis Laicher/Rückkehrer	nach Thiel u. Magath (2010) : 0,9 (Maximum)	Anzahl Tiere	74	44	40	38	34	32	24	24	18
Erreichbarkeitsrate Aufstieg im Gewässer	Ergebnisse Konzept [Anteil]	Anteil (100 % =1)	0,34	0,15	0,15	0,19	0,16	0,13	0,06	0,07	0,02
Anzahl Tiere am Laichareal		Anzahl Tiere	25	7	6	7	5	4	1	2	0
Gesamtverlust		Anteil [%]	75	93	94	93	95	96	99	98	100

Tab. 30: Darstellung der Möglichkeit einer selbsterhaltenden Population des Lachses in der Werra und Nebengewässern für den Plan-Zustand (Auf- und Abstieg) und optimalen populationsbiologischen Parametern

	Populations- biologische Annahmen	Wert- angabe	Hörsel	Ulster	Felda	Werra oh W19	Werra oh W21	Werra oh W22	Hasel	Werra oh W27	Schleuse
Anzahl Laichtiere			100	100	100	100	100	100	100	100	100
Anzahl Eier	nach Thiel & Magath (2010) 5030 (1. Quartil)	Anzahl Eier	1053000	1053000	1053000	1053000	1053000	1053000	1053000	1053000	1053000
Überlebensrate Ei bis Smolt	nach Thiel u. Magath (2010) 1,6 % (3. Quartil)	Anzahl Tiere	16848	16848	16848	16848	16848	16848	16848	16848	16848
Überlebensrate Abstieg Smolt bis Meer	Ergebnisse Konzept [%]	Anteil (100 % =1)	0,37	0,22	0,20	0,19	0,17	0,16	0,12	0,12	0,09
Anzahl Tiere nach Abstieg		Anzahl Tiere	6234	3703	3370	3201	2864	2696	2022	2022	1516
Überlebensrate marine Phase	nach Thiel u. Magath (2010) : 2,75 % (median)	Anzahl Tiere	362	215	195	186	166	156	117	117	88
Verhältnis Laicher/Rückkehrer	nach Thiel u. Magath (2010) : 0,9 (Maximum)	Anzahl Tiere	325	193	176	167	150	141	106	106	79
Erreichbarkeitsrate Aufstieg im Gewässer	Ergebnisse Konzept [Anteil]	Anteil (100 % =1)	0,34	0,15	0,15	0,19	0,16	0,13	0,06	0,07	0,02
Anzahl Tiere am Laichareal		Anzahl Tiere	111	29	26	32	24	18	6	7	2
Gesamtverlust		Anteil [%]	-11	71	74	68	76	82	94	93	98

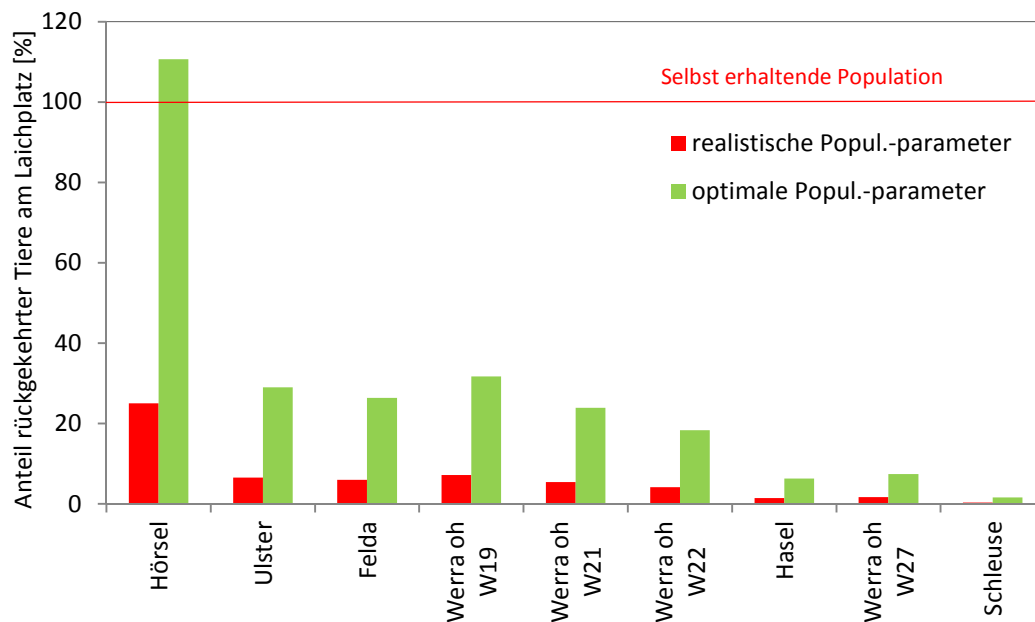


Abb. 40: Darstellung des Anteiles der am Laichplatz wieder ankommenden Tiere bei unterschiedlichen Annahmen zur Populationsbiologie

Demnach kann selbst bei optimalen populationsbiologischen Parametern und OHNE Berücksichtigung weiterer Mortalitätsrisiken ausschließlich für die Hörsel eine selbsterhaltende Population angenommen werden (Tab. 30). Dies gilt aber NUR für optimale Bedingungen hinsichtlich Durchgängigkeit, Ausstattung des Laichgebietes und Fitness der Tiere. Unter Berücksichtigung weiterer Mortalitätsfaktoren und der Werraversalzung ist auch in der Hörsel keine selbsterhaltende Population mehr anzunehmen. Bei Annahme realistischer populationsbiologischer Parameter ist an keiner Stelle des Werrasystems in Thüringen eine selbsterhaltende Population möglich (Tab. 29). Dabei ist es unerheblich, ob eine zusätzliche Wasserkraftnutzung erfolgt. Diese Einschätzung gilt auch, wenn man alle WKA in der Werra mit 10 mm Rechen ausstattet. Dadurch erhöhen sich die Rückkehrerraten geringfügig, aber ohne eine durchgreifende Änderung in den Ergebnissen. Eine grafische Darstellung wird an dieser Stelle nicht ausgeführt, alle Ergebnisse sind in Anhang 19 zu finden.

Für die Werra ist auch bei optimalen Planzuständen für Aufstieg und Abstieg und optimalem Habitat die Wiederansiedlung des Lachses kurz- bis mittelfristig unrealistisch.

Der Lachs wurde jedoch im Vorfeld als zu berücksichtigende Bemessungsart für die Dimensionierung von FAA festgesetzt. Dabei sind vor allem die Beckengrößen und –längen sowie die Schlitzgrößen von Bedeutung. Obwohl eine Wiederansiedlung der Art mittelfristig nicht sinnvoll erscheint, sollten die gewählten und in der vorliegenden Arbeit angesetzten Dimensionierungen nicht verworfen werden, da mit dem Hecht eine weitere sehr großwüchsige Art im Gewässer vorkommt. Diese Art ist an überflutete Auebereiche für die Laichablage angepasst und muss daher in den stark strukturveränderten Gewässern größere Strecken zurücklegen, um geeignete Laichplätze zu finden.

Für weitere, für Thüringen in Frage kommende anadrome Wanderfischarten wie das Flussneunauge liegen zu wenige Datengrundlagen und Kenntnisse vor, als dass eine rechnerische Abschätzung des Wiederbesiedlungspotenzials erfolgen könnte.

Für den katadromen Aal ist die Abschätzung, ob eine sich selbst erhaltende Population etabliert werden kann, ebenfalls nicht möglich. Es liegen keine Daten für die außerhalb Thüringens anzusetzenden populationsbiologischen Parameter vor. Der Aal zählt natürlich derzeit auch im Werrasystem zu den hoch bedrohten Arten. Um ein Aussterben zu verhindern, kann derzeit bis mittelfristig nur der Besatz mit Jungfischen weitergeführt werden.

8 Denkmalgeschützte Wehranlagen

Zu den Aufgaben bei der Erstellung des Durchgängigkeitskonzeptes gehörte auch die Anfrage bei den jeweiligen Denkmalbehörden, um abzuklären ob Wehranlagen ggfs. unter Denkmalschutz stehen. Dies stellt bei der Herstellung der Durchgängigkeit besondere Anforderungen.

Zur Klärung dieser Fragen wurden die untere Denkmalschutzbehörden der Landkreise Wartburgkreis, Schmalkalden-Meiningen und Hildburghausen angeschrieben.

Bis zum jetzigen Zeitpunkt erfolgte vom LRA Wartburgkreis keine Antwort.

Das Landratsamt Schmalkalden-Meiningen gab die Anfrage an das Thüringische Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie (TLDA) weiter. Das TLDA konnte für zwei Objekte eine denkmalschutzrechtliche Relevanz ermitteln, die in untenstehender Tabelle aufgeführt sind (Tab. 31). Es ist unklar, ob der Schutzstatus jeweils auch das Wehr betrifft. Im Fall Belrieth ist dies gegenstandslos, da das Wehr bereits umgebaut wurde.

Das Schreiben des TLDA befindet sich in Anhang 20.

Tab. 31: Denkmalgeschützte Objekte im Bereich von Wehranlagen an der Werra, Landkreis Schmalkalden-Meiningen

Kürzel	Name	Adresse	Lage	Bemerkungen
W29	Sohlgleite Belrieth	Ehem. Mühle mit Wehr Hauptstr. 44	Gemarkung Belrieth, Flurstück 366/2	1995 in Denkmalbuch eingetragen
W31	Brückenmühle Vachdorf	Ehem. Mühle mit Wehr, Bahnhofstr. 61	Gemarkung Vachdorf, Flurstück 92/5	Noch keine abschließende Beurteilung der Denkmaleigenschaft vorgenommen

Vom Landratsamt Hildburghausen wurde in Beantwortung der Anfrage eine Liste an denkmalgeschützten Objekten zugeschickt. In keinem der Dokumente wird die Wehranlage als Teil des denkmalgeschützten Ensembles erwähnt. In allen Fällen sind nur die Gebäude als geschützt beschrieben. Nur bei W43 Holzmühle Reurieth ist der Mühlgraben benannt. Dieser ist jedoch bereits schon längere Zeit trockengefallen. Folgende Objekte wurden als denkmalgeschützt angegeben (Tab. 32).

Tab. 32: Denkmalgeschützte Objekte im Bereich von Wehranlagen an der Werra, Landkreis Hildburghausen

Kürzel	Name	Adresse	Lage	Bemerkungen
W35	Mühle Henfstädt	Henfstädt, Hintere Dorfstr. 56	Gemarkung Henfstädt, Flurstück 79/3	
W36	Brückenmühle Themar	Themar, Römhilder Str. 5, 9, 18	Gemarkung Themar, Flurstück 605/8, 605/10, 605/11, 613/2	Wehr umgebaut
W37	Obere Mühle Themar	Themar, Iltenbergstr.	Gemarkung Themar, Flurstück 2064/4	Kein Wehr, Sohlgleite
W40	Eheml. Klostermühle Troststadt	Reurieth, OT Troststadt Dorfstr. 2	Gemarkung Reurieth, Flurstück 1482	Wasserrad nicht in Betrieb
W42	Schlossmühle Reurieth	Reurieth, Zückgasse 81	Gemarkung Reurieth, Flurstück 452/6, 452/7	WKA in Betrieb
W43	Holzmühle Reurieth	Reurieth, Holzmühle 102	Gemarkung Reurieth, Flurstück 694/3, 694/4	Mühlgraben erwähnt, Wehr durchgebrochen
W52	Mühle Bockstadt	Bockstadt, Mühlweg 10	Gemarkung Bockstadt, Flurstück 82/3	Vom Wehr weit entfernt, Wehr durchgebrochen
W53	Herrenmühle Eisfeld	Eisfeld, Herrenmühlenweg 16	Gemarkung Eisfeld, Flurstück 689/2	
?	Märbelmühle	Eisfeld, Traubenwirtsgasse 2	Gemarkung Eisfeld, Flurstück 502	Wehr nicht mehr vorhanden
?	Kastners Mühle	Eisfeld, Obereind 29	Gemarkung Eisfeld, Flurstück 472	Wehr nicht mehr vorhanden?
?	Alte Mechenmühle	Sachsenbrunn, Hauptstr. 157	Gemarkung Sachsenbrunn, Flurstück ?	Wehr nicht mehr vorhanden?

Das entsprechende Schreiben befindet sich im Anhang 20. Die untere Denkmalbehörde Hildburghausen bittet um Vorabstimmung bei geplanten Maßnahmen. Nach der Sichtung der zur Verfügung gestellten Unterlagen ist jedoch vorerst nicht davon auszugehen, dass die Querbauwerke bzw. Wehre direkt unter Denkmalschutz stehen.

9 Zusammenfassung

Die Werra ist eines der Schwerpunktgewässer Durchgängigkeit, welche in Thüringen ausgewiesen wurden. Für die Zielerreichung des guten ökologischen Zustandes nach WRRL ist die Durchgängigkeit eines der wichtigsten Kriterien. Die Werra war bereits Modellgewässer im Rahmen des „Modellvorhabens zur Verbesserung und Vernetzung aquatischer Lebensräume“ (TLUG 2008). Im Abschnitt von der Landesgrenze zu Hessen bis zum RHB Grimmelshausen wurden in diesem Rahmen bereits zahlreiche Maßnahmen zur Herstellung der Durchgängigkeit umgesetzt.

Ziel des vorliegenden Konzeptes war es, eine Gesamtbetrachtung der Durchgängigkeit der Werra durchzuführen. Anhand festgestellter Defizite war die Entwicklung von Maßnahmenvorschlägen vorgesehen und die dadurch erzielte Verbesserung der Durchgängigkeit darzustellen. Es wurde sowohl die flussauf- als auch die flussab gerichtete Durchgängigkeit betrachtet. Als Modellorganismen für weit wandernde Fischarten wurden dabei Lachs und Aal ausgewählt.

9.1 Grundlagen und Erfassung des Ist-Zustandes

Für die Erfassung des Ist-Zustandes wurden verschiedene Unterlagen vom Auftraggeber auf einer hierfür eingerichteten Internetplattform zur Verfügung gestellt. Alle Querbauwerke wurden einer Vor-Ort-Besichtigung unterzogen. Dazu wurden alle Eigentümer angeschrieben und um Betretungserlaubnis gebeten. Bis auf einen Fall wurde diese überall erteilt. Alle gewonnenen Daten wurden in die Datenerfassungsbögen eingetragen.

Die hydrologischen Grundlagen wurden zum Teil aus den zur Verfügung gestellten Unterlagen entnommen, zum Teil aus den Daten der benachbarten Pegel errechnet.

Für die Zielart Lachs wurde in Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber und der oberen Fischereibehörde die Laichareale festgelegt. Demnach sind die Werra bis zum RHB Grimmelshausen sowie die Nebengewässer Hörsel, Ulster, Felda, Hasel und Schleuse als potenzielle Laichareale anzusehen. Als Aalaufwuchsareal wurde die Werra in der gesamten Barbenregion (unterhalb der Haselmündung) festgesetzt.

Im Ergebnis der Ist-Zustandserfassung wurden Defizite hinsichtlich der flussauf- und flussab gerichteten Durchgängigkeit festgestellt. Vorhandene Fischaufstiegsanlagen wurden hinsichtlich ihrer Übereinstimmung mit den Grenz- und Bemessungswerten nach DWA M509 abgeprüft, vorhandene Fischabstiegswege wurden hinsichtlich der Anforderungen nach TLUG (2009) bewertet.

9.2 Ableitung notwendiger Maßnahmen

9.2.1 Konzeption von Fischauf- und -abstiegsanlagen

Anhand der vorgefundenen Defizite wurden für alle Querbauwerke Lösungsvorschläge für den möglichst optimalen Fischaufstieg und Fischabstieg erarbeitet. Diese wurden sowohl tabellarisch als auch für jeden Standort zeichnerisch dargestellt. Dabei handelt es sich um Vorbemessungen, die eine detaillierte Planung nicht ersetzen. An einigen Standorten ergaben sich mehrere Varianten.

Für Fischaufstiegsanlagen wurden anhand des DWA-Merkblattes M509 Dimensionierungswerte für vier verschiedene Typen von FAA, angepasst auf die aktuelle und potenzielle Fischfauna der Werra, zusammengestellt. Hinsichtlich des Fischaufstieges sind an 19 Standorten keine Maßnahmen mehr nötig. Für 24 Standorte wurde der Neubau von Fischaufstiegsanlagen vorgeschlagen. An 13 Standorten sind Anpassungen oder Umbauten nötig. Die Umwandlung von Querbauwerken in eine

Sohlengleite wurde neunmal vorgeschlagen. Dreizehnmal kommt ein Rückbau des Querbauwerkes in Frage.

Hinsichtlich des Fischschutzes ist bis auf zwei Ausnahmen überall eine Verringerung des Stababstandes auf 15 mm nötig. Oberhalb der Haseleinmündung und in den Nebengewässern sind nach Vorgaben der TLUG (2009) Stababstände von 10 mm umzusetzen. In vielen Fällen ist ein Neubau des Rechens notwendig. Dreizehnmal wurde ein Horizontalrechen und achtmal ein Vertikalrechen vorgeschlagen. Zur Ableitung der Fische wird in Kombination mit Horizontalrechen zehnmal ein Abstiegssystem nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001) empfohlen. Weitere empfohlene Abstiegssysteme sind Aalrohre nach Hassinger sowie überströmte Rechen mit Spülrinnen. Angaben zur Dimensionierung erfolgten hier (im Gegensatz zur den FAA) nicht, da es für Abstiegssysteme noch keine anerkannten Regelwerke für Bemessung und Konzeption gibt.

9.2.2 Ökologische Abflüsse

Die für die ökologischen Maßnahmen notwendigen Wassermengen unterteilen sich in Abflüsse für Fischaufstiegsanlagen, für Fischabstiegsanlagen und (bei Ausleitungsstandorten) für die Mindestwassermenge im Mutterbett. Die Abflüsse für die beiden erstgenannten Maßnahmen ergaben sich aus den Forderungen nach TLUG (2009), wonach eine bestimmte Dotation abhängig vom konkurrierenden Abfluss ist. Dies soll die Auffindbarkeit gewährleisten. Häufig konnten die Abflüsse für Fischaufstiegsanlagen mit bereits bestehenden Anlagen verrechnet werden oder deren Abflüsse entsprachen bereits den Vorgaben. Für Fischabstiegsanlagen wurde in den meisten Fällen eine zusätzliche Wassermenge eingeplant, da derartige Anlagen entweder noch nicht existieren oder derzeit zu wenig Wasser bereitstellt wird.

Die Mindestwassermenge ist bei den meisten Ausleitungsstandorten behördlich festgesetzt und entspricht meist auch den Vorgaben nach TLUG (2011). In den Fällen, wo es keine behördliche Festlegung gab, wurde die Wassermenge für den Mindestwasserabfluss überschlägisch nach TLUG (2011) angegeben. In einigen Fällen sind die Ausbaugrade der Ausleitung auch so gering, dass immer genügend Wasser im Mutterbett vorhanden ist. Häufig konnte die Mindestwassermenge mit einer Fischaufstiegsanlage am Wehr verrechnet werden. In zwei Fällen wird die Mindestwassermenge durch ein Restwasserkraftwerk genutzt.

9.2.3 Kostengrobschätzung

Nach den Vorgaben von TLUG (2011) wurden für die verschiedenen Typen von Fischaufstiegsanlagen Kostengrobschätzungen vorgenommen. Da an einigen Standorten mehrere Varianten mit unterschiedlichen Maßnahmen vorgeschlagen wurden, ergeben sich Minimal- und Maximalkosten. Für alle Maßnahmen des Fischaufstieges sind minimal 4.892.000 € und maximal 6.851.000 € notwendig.

Beim Fischabstieg waren die Kostenschätzungen schwieriger. Der in der Ilmstudie (TLUG 2011) vorgeschlagene Ansatz berücksichtigte immer den kompletten Neubau von Fischschutz und Fischabstiegssystemen. Da an der Werra jedoch in mehreren Fällen nur einzelne Komponenten neu errichtet werden müssen, wurde auch eine modulare Kostenschätzung vorgenommen. Aufgrund dieser Vorgehensweise und auch durch die Betrachtung verschiedener Varianten sind die Minimal- und Maximalkosten bei der Herstellung der flussab gerichteten Durchgängigkeit sehr unterschiedlich. Minimal wird mit 3.084.000 € und maximal mit 7.867.000 € gerechnet.

9.2.4 Mindererzeugung durch ökologische Abflüsse an WKA

An bestehenden Wasserkraftanlagen kann die Bereitstellung von zusätzlichen, ökologisch notwendigen Abflüssen eine Mindererzeugung bewirken. Durch ökologische (UND technische) Verbesserungen nach EEG 2012 kann jedoch im Gegenzug eine höhere Vergütung erzielt werden. Die ökologischen Wassermengen sind also nicht immer mit einem Verlust an finanziellem Ertrag verbunden. Es wurde daher geprüft, inwieweit die ökologisch notwendigen Abflüsse für Fischaufstieg, Fischabstieg und Mindestwasser eine Mindererzeugung bzw. finanzielle Einbuße zur Folge haben. In einem ersten Schritt wurde nach Angaben des Netzbetreibers 50Hertz die derzeit gewährte Vergütung für die WKA ermittelt. Die installierte Leistung wurde aus Unterlagen, nach Angaben des Betreibers oder aus den Daten von 50Hertz ermittelt. Die potenzielle Vergütung wurde dann nach den Vorgaben des EEG 2012 (unter Berücksichtigung der sich reduzierenden Förderung) angesetzt. Dabei wurde davon ausgegangen, dass auch technische Verbesserungen durchgeführt werden, um so den jeweils maximal möglichen Vergütungssatz zu erhalten.

Insgesamt wurden 20 Standorte betrachtet. In neun Fällen ist der Ausbaugrad der WKA so gering, dass für die ökologischen Abflüsse kein zusätzliches Wasser bereitgestellt werden muss. In diesen Fällen aber auch an den meisten anderen Standorten ergaben sich höhere Erträge, da mit einer höheren Vergütung nach EEG 2012 gerechnet wurde. Besonders hohe Steigerungen des jährlichen Ertrages konnten bei Standorten angenommen werden, die derzeit nur den geringsten Vergütungssatz von 0,767 ct/kWh bekommen. Nur drei Anlagen müssen unter diesen Annahmen mit einem geringen Verlust an finanziellem Ertrag rechnen.

9.3 Bewertung des ökologischen Zustandes

9.3.1 Fischaufstieg

Sowohl der Ist-Zustand als auch der Planzustand mit optimierten Fischaufstiegsanlagen wurde einer Bewertung hinsichtlich der Parameter großräumige und kleinräumige Auffindbarkeit sowie Passierbarkeit unterzogen. Dabei ergab sich für jeden Standort eine spezifische Aufstiegsrate, die auf die gesamte potenzielle Fischfauna (nicht nur auf den Lachs) bezogen wurde. Für den Lachs wurden zusätzlich kumulierte Aufstiegsraten berechnet, die die Erreichbarkeit der ausgewiesenen Laichplätze, auch in den Nebengewässern darstellen. Dabei wurde die Erreichbarkeit aus dem Meer berechnet, in dem für die unterhalb der Grenze Thüringens liegenden Querbauwerke in Werra und Weser optimale Aufstiegsraten angenommen wurden.

Im Ist-Zustand befindet sich das erste undurchgängige Querbauwerk in Wernshausen (W21). Die unterhalb liegenden Querbauwerke sind bereits alle mit Fischaufstiegsanlagen ausgestattet (für die außerhalb Thüringens liegenden Querbauwerke W12 bis W16 wurde laut Leistungsbeschreibung eine optimale Durchgängigkeit angenommen). Die vorhandenen FAA erfüllen ihre Aufgabe jedoch in sehr unterschiedlichem Maß, so dass auch unterhalb W21 bereits eine sehr starke Ausdünnung der Aufsteiger erfolgt. Eine Erreichbarkeit der Laichplätze ist im Ist-Zustand nicht möglich.

Für den Plan-Zustand konnte an den meisten Standorten eine optimierte Aufstiegsrate ausgewiesen werden. Nur Standorte, die bspw. eine leicht beeinträchtigte Auffindbarkeit aufweisen, eine Optimierung aber nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich ist, erreichen nicht den optimalen Zustand. Es stellte sich heraus, dass allein aufgrund der Vielzahl der Querbauwerke auch im Planzustand eine starke Verminderung der Aufsteiger bereits kurz nach Erreichen der Thüringer Grenze zu verzeichnen ist. Die Laichplätze unterhalb der Schleusemündung werden nur

noch von 6 % der ursprünglich aus dem Meer gestarteten Aufsteiger erreicht. Auch die weiter unterhalb liegenden Laichplätze in den Nebengewässern und direkt in der Werra können nicht von einer ausreichenden Zahl an Aufsteigern erreicht werden. Lediglich in die Hörsel können rein rechnerisch ca. 34 % der im Meer gestarteten Lachse einwandern. Eine Verbesserung dieses Zustandes kann nur durch Rückbau von Querbauwerken erreicht werden. Besonders im Unterlauf befinden sich jedoch viele in Nutzung befindliche Wasserkraftanlagen. Ein Rückbau erscheint hier mittelfristig kaum möglich.

Gute Aufstiegsraten an den einzelnen Standorten können für den Bereich oberhalb Grimmelshausen erreicht werden, da hier eine Vielzahl an Rückbaumaßnahmen geplant wurde.

9.3.2 Fischabstieg

Der Fischabstieg wurde getrennt für die Zielarten Lachssmolts und Blankaale betrachtet, da diese beiden Arten sehr unterschiedliche Ansprüche beim Abstieg haben. Für beiden Arten wurden kumulierte Erreichbarkeitsraten bis zur Grenze Thüringens errechnet. Für den Aal wird eine Gesamtüberlebensrate angegeben, die davon ausgeht, dass gleichmäßig verteilt im gesamten Aalareal Aale aufwachsen und abwandern. Für den Lachs erfolgte auch die Betrachtung des Abstieges aus den Laicharealen der Nebengewässer.

Auch für die Bewertung des Fischabstieges wurden verschiedenen Parameter bewertet. Neben der großräumigen Auffindbarkeit wurde für vorhandene Abstiegswege eine Ableitrate dargestellt. Nicht abgeleitete Tiere passieren den Rechen und die Turbine mit einer bestimmten Überlebensrate. Auch eine potenzielle Schädigung am Wehr wurde berücksichtigt. Im Ergebnis ergibt sich eine spezifische Überlebensrate pro Standort.

Für den Fischabstieg wurden vier Plan-Szenarien betrachtet. Als realistischstes Szenario wurde für die Barbenregion der Werra mit einem Rechenstababstand von 15 mm gerechnet. Oberhalb der Barbenregion und in den Nebenflüssen wurden hier bereits 10 mm angesetzt. Alternativ können auch überall 10 mm Rechen eingesetzt werden. Zudem wurden beide Szenarien auch noch mit potenziell zusätzlichen Wasserkraftstandorten betrachtet.

Im Istzustand können nur 6 % der Lachse, die am obersten Lachsareal (uh Grimmelshausen) starten, die Grenze Thüringens erreichen. Das Meer wird nur noch von 3 % der Absteiger erreicht. Für den Planzustand mit 15 mm-Rechen erhöht sich die kumulierte Überlebensrate auf 20 % für die Grenze Thüringens und 10 % für das Meer. Die Abwanderung den Nebengewässern erbringt Erreichbarkeiten ins Meer zwischen 37 % aus der Hörsel und 9 % aus der Schleuse.

Bei Berechnung mit einer erhöhten Schutzwirkung durch 10 mm-Rechen kann die kumulierte Erreichbarkeitsrate der Grenze Thüringens bzw. des Meeres (bei Start am oberen Artareal) auf 32 % bzw. 16 % gesteigert werden. Die Etablierung weiterer WKA verursacht an diesen Raten nur eine geringfügige Verschlechterung.

Der Aal erreicht im Ist-Zustand bei Start am obersten Ende des Areals (=kumulierte Abstiegsrate) die Grenze Thüringens nicht. Die Gesamtüberlebensrate bei Berücksichtigung der Abwanderung aus allen Aufwuchsgebieten beträgt hier nur 11 %. Im Planzustand mit 15 mm-Rechen kann die Gesamtüberlebensrate bis zur Grenze Thüringens auf 55 % gesteigert werden. Durch den Einsatz von 10 mm-Rechen kann eine signifikante Steigerung der Gesamtüberlebensrate auf 82 % erreicht

werden. Auch hier ist durch die Etablierung weiterer WKA rein rechnerisch nur ein leichter Rückgang der Raten zu verzeichnen.

9.3.3 Stau und Ausleitung

Die Beeinträchtigung des Gewässers durch Stauräume und Ausleitungsstrecken ist unabhängig von der Durchgängigkeit ein starker Faktor, der die Nutzbarkeit des Gewässers für Fische stark einschränken kann. Nach TLUG (2009) dürfen nicht mehr als 25 % der Gewässerstrecke durch Stau und Ausleitung beeinträchtigt werden. Dies gilt sowohl für die gesamte Gewässerstrecke (innerhalb einer Fischregion) als auch für die Strecke zwischen zwei Querbauwerken.

Im Ist-Zustand sind 27,3 % der gesamten betrachteten Werra beeinträchtigt. Während jedoch in der Äschen- und Forellenregion bereits im Ist-Zustand der beeinflusste Anteil unterhalb von 25 % liegt, ist die Barbenregion mit einem Anteil von 33,6 % stark beeinträchtigt. In allen Fischregionen gibt es mehrere Streckenabschnitte zwischen zwei Querbauwerken, die deutlich höhere Beeinträchtigungsanteile als 25 % zeigen. Regelrechte Stauketten sind aber nicht vorhanden.

Im Planzustand sind deutliche Verbesserungen nur für die Äschen- und Forellenregion zu erzielen, da hier häufig ein Rückbau von Querbauwerken durchgeführt werden kann. Dadurch lässt sich die Gesamtbeeinträchtigung der Werra auf 25,6 % senken. Allerdings sind in der Barbenregion fast keine Maßnahmen möglich, da bis auf einen Standort (W18 Merkers) mittelfristig kein Rückbau praktikabel erscheint. Demzufolge wird auch im Planzustand mit einer Rate von 32,6 % die Vorgabe verfehlt.

9.4 Prüfung der Wasserkraftnutzung nach § 35 WHG

Laut Leistungsbeschreibung erfolgte eine Prüfung von derzeit ungenutzten Querbauwerken, die nicht zurückgebaut werden können, hinsichtlich einer Eignung zur Nutzung der Wasserkraft. Von vornherein nicht betrachtet wurden Standorte mit einer Fallhöhe unter 0,7 m und einem Durchfluss bei MQ unter 1 m³/s. Weiterhin darf keine Stauerhöhung erfolgen, es darf kein neues Querbauwerk errichtet werden und es sollte eine Nutzung als Flusskraftwerk erfolgen. Zudem müssen die Anlagen eine ausreichende Wirtschaftlichkeit aufweisen. Hierfür wurden die überschläglich ermittelten Baukosten mit dem jährlich rechnerisch möglichen finanziellen Ertrag ins Verhältnis gesetzt.

Geprüft wurden zehn Standorte. Von diesen ist bei einem die wirtschaftliche Nutzung sehr unwahrscheinlich. Bei weiteren fünf Standorten befindet sich die Wirtschaftlichkeit in einem kritischen Bereich (W10, W18, W31, W35, W36). An drei Standorten ist die Wirtschaftlichkeit gegeben. Dies betrifft die Nutzung des Restwassers am Wehr W19 (Tiefenort), die Nutzung des Standortes W22 (Allendorf, theoretisch zwei WKA-Standorte) unter Beibehaltung der derzeitigen Ausleitsituation und (vorbehaltlich der Ergebnisse des Hochwasserschutzkonzeptes für die Stadt Meiningen) den Standort W23 (Henneberger Wehr in Meiningen) bei Nutzung des Abflusses in der Werra am Hauptwehr mit einem Flusskraftwerk.

9.5 Erreichen des guten ökologischen Zustandes nach WRRL

Obwohl die Durchgängigkeit einer der wichtigsten strukturellen Parameter zum Erreichen des guten ökologischen Zustandes ist, ist fraglich, ob sich in der Werra dieser Zustand ALLEIN durch die Wiederherstellung der longitudinalen Konnektivität erreichen lässt. Fischpopulationen sind derzeit sehr vielen weiteren Restriktion unterworfen. Eine wichtige Rolle spielen dabei strukturelle und ggfs. auch chemische Einschränkungen, die eine ausreichende Reproduktion behindern. Der ökologische

Zustand der Fischfauna in der Werra ist derzeit noch mehr oder weniger weit entfernt vom guten Zustand. Auch in Bereichen, in denen die Durchgängigkeit bereits vorhanden oder wieder hergestellt ist, ist meist noch ein mäßiger oder gar unbefriedigender Zustand vorhanden. Es ist zu beachten, dass die Fischfauna auch eine gewisse Zeitspanne benötigt, um positiv auf Veränderungen zu reagieren.

Außer der Schaffung der Durchgängigkeit wären für die Erhöhung des Reproduktionspotenzials und des Fischartenreichtums strukturell gut geeignete Bereiche weiter aufzuwerten und dabei die Erkenntnisse des Strahlwirkungskonzeptes (DRL 2008) einzubeziehen. Weitere Maßnahmen wie die Verringerung des Nährstoffeintrages und der Salzbelastung sowie eine Entlastung von Kormaronpräda­tion sollten ebenfalls in die Betrachtungen einbezogen werden. Durch den Erwerb von Uferrandstreifen bereits im 1. Bewirtschaftungszyklus kann der Einfluss der diffusen Nährstoffeinträge in einigen Abschnitten schon abgemildert werden.

9.6 Wiederansiedlung von anadromen Wanderfischen

Bereits seit den 1990er Jahren wird über eine Wiederansiedlung von Wanderfischen im Wesergebiet und darunter auch in der Werra nachgedacht. Die Werra wird dabei als „überregional bedeutsame Wanderroute“ (ARGE Weser 2009) bzw. als „prioritäres Zielgebiet“ UBA (2011) bezeichnet.

In UBA (2011) wurden als Teilprojekt mittels einer Literaturrecherche die populationsbiologischen Parameter für den Lebenszyklus des Lachses im Mitteleuropa zusammengestellt. Dies betrifft die Parameter Fruchtbarkeit (Anzahl Eier), Überlebensrate vom Ei bis zum Smolt, Abstieg der Smolts bis ins Meer, Überlebensrate der marinen Phase sowie Erreichbarkeitsrate der Laichplätze. Dabei wurden jeweils realistische und optimale Raten angegeben. Das Populationsmodell wurde für die Berechnung der Rückkehrerraten für die Werra benutzt. Für die Parameter Abstieg und Aufstieg konnten jeweils die im Durchgängigkeitskonzept errechneten Raten eingesetzt werden. Dabei ist zu beachten, dass letztgenannte Raten keine natürliche oder anderweitige Mortalität berücksichtigen. Berechnet wurde jeweils, ob eine sich selbst erhaltende Population möglich wäre, dies bedeutet, dass ca. die gleiche Anzahl Tiere zurückkehren müssen wie ursprünglich am Laichplatz vorhanden. Unter Berücksichtigung realistischer Populationsparameter und bei Einsatz von 15 mm-Rechen beim Fischschutz ist rein rechnerisch keine selbsterhaltende Population in der Werra oder Nebengewässern möglich! Die maximale Rückkehrerrate wird mit 25 % in der Hörsel erreicht. An allen anderen ausgewiesenen Laicharealen kämen nur noch maximal 7 % der notwendigen Tiere an. Bei Annahme optimaler Populationsparameter wäre ausschließlich in der Hörsel eine sich selbsterhaltende Population denkbar. Werden für den Fischschutz ausschließlich 10 mm-Rechen eingesetzt erhöhen sich diese Raten leicht, das Endergebnis ist jedoch gleich: es können sich ohne unterstützende Maßnahmen keine Populationen etablieren.

10 Literatur

- ARGE WESER [Hrsg.] (1998): Wiederansiedlung von Wanderfischen im Wesereinzugsgebiet. Überprüfung der Fischpässe an der Weser.
- ARGE WESER [Hrsg.] (2001): Wiederansiedlung von Wanderfischen im Wesereinzugsgebiet. Überprüfung der Laichhabitate im Wesereinzugsgebiet. Teil 2
- DEUTSCHER RAT FÜR LANDESPFLEGE (Hrsg.) (2008): Kompensation von Strukturdefiziten in Fließgewässern durch Strahlwirkung, Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege Nr. 81, 134 S.
- DWA [Hrsg.] (noch nicht veröff.): Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. Merkblatt DWA-M 509; Weißdruck noch nicht erschienen.
- EBEL, G. (2013): Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen – Handbuch Rechen- und Bypasssysteme. Ingenieurblogische Grundlagen, Modellierung und Prognose, Bemessung und Gestaltung. - Mitteilungen aus dem Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie Dr. Ebel, Band 4, 483 S., Halle (Saale)
- HASSINGER, R.; HÜBNER, D. (2009): *Entwicklung eines neuartigen Aal-Abstiegssystems mithilfe von Laborversuchen*. - Korresp. Wasserwirtsch. Jg. 2, Nr. 5 (DWA)
- LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) [HRSG.] (2001): Empfehlung zur Ermittlung von Mindestwasserabflüssen in Ausleitungsstrecken von Wasserkraftanlagen und zur Festsetzung im wasserrechtlichen Vollzug. - Schwerin.
- 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.
- Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt [Hrsg.] (2004); Fische in Thüringen. Die Verbreitung der Fische, Neunaugen, Krebse und Muscheln.
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz [Hrsg.](2013): Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Weser- und Emsgebiet 2011
- 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, M. (2012): Funktionskontrolle der Fischaufstiegsanlagen an den Wasserkraftanlagen Spichra, Mihla und Falken an der Werra. Unveröff. Gutachten im Auftrag der e.on Thüringer Energie AG
- 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. (2013): Entwurf für das Durchgängigkeitskonzept für die mittlere Saale in Thüringen
- 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.
- SCHÜTZ, C; NEITZKE, A; BUNZEL-DRÜCKE, M (2008): Anmerkungen zur Fernwirkung strukturell intakter Fließgewässerabschnitte auf die Fischfauna . In: Deutscher Rat für Landespflege (Hrsg.) (2008): Kompensation von Strukturdefiziten in Fließgewässern durch Strahlwirkung, Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege Nr. 81
- SUA (Staatliches Umweltamt) Suhl [Hrsg.] (2008): Handbuch zum Projekt „Verbesserung und Vernetzung aquatischer Lebensräume“
- Thiel, R.; Magath, V. (2011): Populationsdynamik der diadromen Fischarten. Atlantischer Lachs, Meerforelle, Meerneunauge, Flussneunauge und Europäischer Aal. UBA Texte 76/2011
- Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt [Hrsg.] (2004?);Thüringer Klima- und Anpassungsprogramm.
- 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. Texte 72/2011
- UBA (Umweltbundesamt) [Hrsg.] (2012): Klimafolgen für die Wasserkraftnutzung in Deutschland und Aufstellung von Anpassungsstrategien. Texte 23/2012
- WAGNER, F. (2008): Erarbeitung von fischfaunistischen Referenzen für alle Thüringer Fließgewässer 2008. Dokumentation und Katalog

Gesetztestexte

- 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.
- FFH-RL (1992): Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen
- 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.

11 Glossar

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.

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

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

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

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

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

Fließgewässerzonierung: Einteilung der Fließgewässer in verschiedene Gewässerregionen bzw. -zonen aufgrund unterschiedlicher Gefälle bzw. Talstruktur. Die verschiedenen Regionen werden von typischen variierenden Fischartengemeinschaften besiedelt durch Leitfischarten charakterisiert. 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

Floßgassenschütz: Für die Flößerei ist ein entsprechender Durchlass am Wehr vorhanden, der mit einem Schütz verschlossen ist und für die Floßpassage geöffnet wird

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 und des Ziel- bzw. Folgegewässers. *Gesamtüberlebensrate = 100 % abzüglich Gesamtmortalitätsrate*

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

kumulierte Abwanderrate: Abwanderrate über mehrere Wanderhindernisse bzw. Fischwanderhilfen hinweg

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. In Europa nur Aal

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. Im vorliegenden Werk wird die Mortalität während anderer Phasen des Entwicklungszyklus 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

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.

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

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

potenziell natürliche Fischfauna: Fischarteninventar, welches 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".

Population: Fortpflanzungsgemeinschaft einer Art.

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

Reproduktion: Fortpflanzung

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

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

Smolts: Ins Meer abwandernde Junglachse mit typisch silbriger Färbung.

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: *Überlebensrate = 100 % abzüglich Mortalitätsrate*

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

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 Fischeaufstiegsanlage 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.

12 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis und Formelzeichen (zum Teil in Anlehnung an TLUG (2011))

Abkürzung/ Formelzeichen	Bedeutung
A_E	Einzugsgebietsgröße [km ²]
A_R	Rechenfläche [m ²]
$A_{E_{OWPegel}}$	Einzugsgebietsgröße am oberwasserseitigen Pegel [km ²]
$A_{E_{UWPegel}}$	Einzugsgebietsgröße am unterwasserseitigen Pegel [km ²]
$A_{E_{Wehr}}$	Einzugsgebietsgröße des Standorts [km ²]
$A_{E_{Pegel}}$	Einzugsgebietsgröße des Pegels [km ²]
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
E_A	Jahresarbeit [kWh]
E	Ertrag [€]
WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
EEG 2009	Die novellierte Fassung des EEG von 2008
EEG 2012	Die novellierte Fassung des EEG von 2011
FAA	Fischaufstiegsanlage
FAB	Fischabstiegsanlage
FFH	Fauna-Flora-Habitat
$f_{i/E}$	Quotient Investitionskosten/Ertrag einer WKA
h_a / h_f	Ausbaufallhöhe [m]
K	Kosten [€]
K_{FAA}	Investitionskosten für Fischaufstiegsanlage [€]
MNQ	mittlerer niedrigster Abfluss [m ³ /s]
MQ	Mittlerer jährlicher Abfluss [m ³ /s]
OW	Oberwasser eines Standortes
p	Erreichbarkeitsrate
P_A / P	Ausbauleistung [kW]
$q_{Affb,gr}$	Großräumige Auffindbarkeitsrate eines Wanderwegs (Querbauwerk, Wasserkraftanlage oder sonstiger Gewässerarm)
$q_{Affb,kl}$	Kleinräumige Auffindbarkeitsrate eines Wanderwegs
q_{Auf}	Aufwanderrate eines Wanderwegs bzw. eines Querbauwerkstandorts
q_{Ab}	Abwanderrate eines Wanderwegs bzw. eines Querbauwerkstandorts

Abkürzung/ Formelzeichen	Bedeutung
q_{Pass}	Passierbarkeitsrate
q	Überlebensrate
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	Ausbaudurchfluss einer WKA [m^3/s]
Q_{FAA}	Betriebsabfluss einer Fischaufstiegsanlage [m^3/s] bzw. [l/s]
Q_{FAB}	Betriebsabfluss einer Fischabstiegsanlage bzw. eines Bypasses [m^3/s] bzw. [l/s]
Q_{konkurr}	Abfluss konkurrierender Strömungen über das Wehr bzw. durch die WKA [m^3/s]
Q_{min}	Mindestwasserabgabe über das Mutterbett [m^3/s]
Q_{Pegel}	jeweiliger Abfluss am Pegel [m^3/s]
Q_{OWPegel}	jeweiliger Abfluss am oberwasserseitigen Pegel [m^3/s]
Q_{UWPegel}	jeweiliger Abfluss am unterwasserseitigen Pegel [m^3/s]
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]
TLUG	Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie Jena
UW	Unterwasser eines Standortes
v_A	Anströmgeschwindigkeit vor einer mechanischen Barriere (Rechen) [m/s]
v_T	Tangentialströmung an einer schräg geneigten Barriere [m/s]
VS	Vergütungssatz nach EEG [ct/kWh]
W	Arbeit [kWh]
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WKA	Wasserkraftanlage (n)

13 Formelverzeichnis

Formel 1: Berechnung des Durchflusses am Standort mit Hilfe eines Bezugspegels	3
Formel 2: Berechnung des Durchflusses am Standort mit Hilfe eines Bezugspegels.....	4
Formel 3: Kosten einer Fischaufstiegsanlage	20
Formel 4: Kosten einer Einschwimmsperre	20
Formel 5: Materialkosten für einen Rechen	21
Formel 6: Ermittlung der Montagekosten.....	22
Formel 7: Gesamtkosten für Fischschutz und Fischabstieg	22
Formel 8: Berechnung der jährlichen Volllaststunden einer WKA.....	24
Formel 9: Berechnung des aktuellen Vergütungssatzes nach EEG	27
Formel 10: Berechnung der Jahresarbeit einer WKA.....	30
Formel 11: Ermittlung der möglichen Leistung einer WKA.....	30
Formel 12: Ermittlung des Verlusts an Jahresarbeit durch ökologische Abflüsse	30
Formel 13: potenzielle Ausbauleistung einer WKA.....	79
Formel 14: Ermittlung der Jahresarbeit einer WKA	79
Formel 15: empirischer Formelansatz für die Ermittlung der Kosten einer WKA.....	80
Formel 16: reine Baukosten	80
Formel 17: Kosten der maschinentechnischen Ausrüstung:.....	80
Formel 18: Kosten der elektrotechnischen Ausrüstung:.....	80
Formel 19: Kosten des Stahlwasserbaus:.....	80
Formel 20: Gesamtinvestitionskosten für den Bau einer WKA.....	80

14 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: potenzielles Lachslaichareal in der Werra und Nebenflüssen unterlegt mit der Gewässerstrukturgüte (TLUG 2001).....	6
Abb. 2: Aalaufwuchsareal in der Werra	7
Abb. 3: Beispiel für die Einschätzung der hydraulischen Funktionsfähigkeit einer bestehenden Fischaufstiegsanlage im Abgleich mit Grenz- und Bemessungswerten nach DWA M509.....	9
Abb. 4: Beispiel für die Einschätzung der Funktionsfähigkeit von Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen im Abgleich mit Vorgaben nach TLUG (2009)	10
Abb. 5: fischfaunistische Typen aus Wagner (2008) mit Änderung des Typs zwischen Hasel- und Schleusemündung	11
Abb. 6: Definition der Anströmgeschwindigkeit im Bereich eines Rechens (aus TLUG 2009).....	13
Abb. 7: Verteilung der Maßnahmen zum Fischaufstieg.....	15
Abb. 8: Verteilung der Maßnahmen zur Fischableitung	15
Abb. 9: Darstellung der Kosten pro Anlage, Maximale Kosten (oben) und minimale Kosten (unten) .	23
Abb. 10: prozentuale Gewinne bzw. Verluste im Planzustand bezogen auf den aktuellen Jahresertrag. Bei doppelt aufgeführten Anlagen gibt es zwei Varianten	32
Abb. 11: mögliche Komponenten eines Standortes mit Querbauwerk (aus TLUG 2011).....	34
Abb. 12: Querbauwerk mit Ausleitung und Aufteilung des Durchflusses sowie der aufstiegswilligen Fische.....	36
Abb. 13: Arbeitsannahme für die großräumige Auffindbarkeit bei unterschiedlichen Entnahmemengen (aus TLUG 2011).....	36
Abb. 14: Darstellung der einzelnen Parameter für Auffindbarkeit und Passierbarkeit an einem Ausleitungsstandort unter Berücksichtigung der einzelnen möglichen Wanderwege.....	40
Abb. 15: Erreichbarkeitsraten des Lachsareals in der Werra im Ist-Zustand (Blaue Balken: Annahmen für hessische Standorte).....	42
Abb. 16: Flussauf gerichtete Durchgängigkeit der Standorte an der Werra und Nebengewässern im Ist-Zustand.....	43
Abb. 17 Aufstiegsraten und Erreichbarkeitsraten des Lachsareals in der Werra im Planzustand (Blaue Balken: Annahmen für hessische Standorte)	44
Abb. 18: Erreichbarkeit der Laichplätze in den Nebengewässern (Ist-Zustand aus Meer ist überall 0, daher keine Balken dargestellt)	45
Abb. 19: Durchgängigkeit der Standorte an der Werra und Nebengewässern im Plan-Zustand mit Darstellung der Lachs-Laichareale.....	46
Abb. 20: Aufstiegsraten und Erreichbarkeitsraten des Lachsareals in der Werra im Planzustand mit zusätzlichen WKA-Standorten (blaue Balken: Annahmen für hessische Standorte, rosa Balken: potenzielle neue WKA-Standorte an bestehenden Querbauwerken)	47
Abb. 21: Komponenten der Fischabwanderung an einem Ausleitungskraftwerk	56
Abb. 22: kumulierte Abstiegsrate Erreichbarkeitsrate und standortbezogene Überlebensraten für den Lachs in der Werra im Ist-Zustand (W12-W16: angenommene, bereits optimale Überlebensraten)..	59
Abb. 23: Erreichbarkeit der Grenze Thüringens bzw. des Meeres für die Lachsabwanderung aus den ausgewiesenen Laicharealen im Ist-Zustand.....	60
Abb. 24: Flussab gerichtete Durchgängigkeit für den Lachs an der Werra und Nebengewässern im Ist-Zustand.....	61

Abb. 25: kumulierte Abstiegsrate, Erreichbarkeitsrate und standortbezogene Überlebensraten für den Aal in der Werra im Ist-Zustand (W12-W16: angenommene, bereits optimale Überlebensraten)	62
Abb. 26: Flussab gerichtete Durchgängigkeit für den Aal an der Werra und Nebengewässern im Ist-Zustand	63
Abb. 27: kumulierte Abstiegsrate, Erreichbarkeitsrate und standortbezogene Überlebensraten für den Lachs in der Werra im Plan-Zustand 1 (W12-W16: angenommene Überlebensraten)	65
Abb. 28: Abstiegsraten kumuliert für Lachsabstieg Werra für Plan-Szenarien 1-4 und Ist-Zustand	65
Abb. 29 Erreichbarkeit der Grenze Thüringens bzw. des Meers für die Lachsabwanderung aus den ausgewiesenen Laicharealen im Plan-Zustand 1	66
Abb. 30: Flussab gerichtete Durchgängigkeit für den Lachs an der Werra und Nebengewässern im Plan-Zustand 1 mit Darstellung der Laichareale	67
Abb. 31: kumulierte Abstiegsrate, Erreichbarkeitsrate und standortbezogene Überlebensraten für den Aal in der Werra im Plan-Zustand 1	68
Abb. 32: Abstiegsraten kumuliert für Aalabstieg Werra für die Plan-Szenarien 1-4 und den Ist-Zustand	68
Abb. 33: Abstiegsrate und Gesamtüberlebensrate beim Aalabstieg aus der Werra für verschiedene Szenarien (bis zur Grenze Thüringens)	69
Abb. 34: Flussab gerichtete Durchgängigkeit für den Aal an der Werra und Nebengewässern im Plan-Zustand 1	70
Abb. 35: Aufstau und Ausleitung an einem Wehrstandort (aus TLUG 2011)	72
Abb. 36: Länge der beeinflussten und unbeeinflussten Gewässertrecken der Werra getrennt nach Fischregionen im Ist-Zustand	73
Abb. 37: Länge bzw. Anteil der beeinflussten und unbeeinflussten Gewässerstrecken oberhalb der jeweiligen Standorte an der Werra im Ist-Zustand	74
Abb. 38: Länge bzw. Anteil der beeinflussten und unbeeinflussten Gewässerstrecken oberhalb der jeweiligen Standorte an der Werra im Plan-Zustand, Standorte mit Verbesserung sind mit Pfeil gekennzeichnet	75
Abb. 39: Parameter des Berechnungsmodelles zur Abbildung des Lebenszyklus des Atlantischen Lachses (weiß populationsdynamische Parameter, gelb. Verluste an Querbauwerken und WKA) aus UBA (2011)	86
Abb. 40: Darstellung des Anteiles der am Laichplatz wieder ankommenden Tiere bei unterschiedlichen Annahmen zur Populationsbiologie	88

15 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Stammdaten der Pegel im Untersuchungsgebiet.....	3
Tab. 2: potenzielle Laichgebiete des Lachses in den Nebengewässern der Werra.....	5
Tab. 3: Bemessungsfischarten für die jeweilige Fischregion.....	12
Tab. 4: Mindestwassermengen an Ausleitungsstandorten.....	17
Tab. 5: Mindestdurchflüsse von Bypässen für den Fischabstieg je Fischregion (aus TLUG 2011)	19
Tab. 6: Kostenansatz für Fischaufstiegsanlagen, verändert nach TLUG (2011)	20
Tab. 7: Kostenansatz für Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen, verändert nach TLUG (2011).....	21
Tab. 8: Materialkosten des Rechenreinigers $K_{M,RR}$ und der Rechenspülschütze $K_{M,RSS}$ in Abhängigkeit des Ausbaudurchflusses	21
Tab. 9: Kosten für Aalrohr und Bypass	22
Tab. 10: Basisdaten der bestehenden WKA an der Werra (grün: Volllaststunden gerundet nach 50Hertz, gelb: EEG-Vergütung Annahme, da keine Daten bei 50Hertz oder keine Einspeisung ins öffentliche Netz).....	25
Tab. 11: jährlich verringerte Vergütungssätze nach EEG 2012	27
Tab. 12: Vergütungssätze (VS), Jahreserträge sowie Differenz Ist-Planzustand	31
Tab. 13: Einstufung der verschiedenen Bewertungsmerkmale für Auffindbarkeit, Passierbarkeit und Durchgängigkeit eines Standortes (nach TLUG 2011)	33
Tab. 14: Einstufung der verschiedenen Bewertungsmerkmale für die Schädigungen an einem Standort (z. B. bei Turbinen- oder Wehrpassage) (nach TLUG 2011)	34
Tab. 15: Bewertung der kleinräumigen Auffindbarkeit eines Wanderweges für die flussauf gerichtete Wanderung (verändert nach TLUG 2011)	38
Tab. 16: Bewertung der Passierbarkeit eines Querbauwerkes ohne gesonderte Fischaufstiegsanlage (verändert nach TLUG 2011)	39
Tab. 17: Bewertung der Passierbarkeit eines Querbauwerkes mit gesonderter Fischaufstiegsanlage (verändert nach TLUG 2011)	39
Tab. 18: Aufstiegsrate am Standort W20 im Ist-Zustand (X Multiplikation; + Addition)	41
Tab. 19: Bewertung der Kleinräumigen Auffindbarkeit von Wanderwegen für die flussabwärts gerichtete Wanderung (aus TLUG 2011).....	50
Tab. 20: Ableitvermögen der mechanischen Barriere	51
Tab. 21: Systemableitrate bei geringfügig beeinträchtigtem Abwanderweg	51
Tab. 22: Systemableitrate bei mäßig beeinträchtigtem Abwanderweg	52
Tab. 23: Systemableitrate bei erheblich beeinträchtigtem Abwanderweg	52
Tab. 24: Systemableitrate bei unwirksamem Abwanderweg	52
Tab. 25: Rechenpassageraten in Abhängigkeit von der lichten Stabweite	53
Tab. 26: Theoretische Überlebensraten von Aal und Lachs bei der Turbinenpassage in Abhängigkeit vom Ausbaudurchfluss mit jeweiliger Quellenangabe.....	53
Tab. 27: Überlebensrate bei Passage des Wehres	55
Tab. 28: Bewertung der flussab gerichteten Passierbarkeit des Standortes für Lachssmolts (Ist-Zustand W06)	57
Tab. 29: Darstellung der Möglichkeit einer selbsterhaltenden Population des Lachses in der Werra und Nebengewässern für den Plan-Zustand (Auf- und Abstieg) und realistischen populationsbiologischen Parametern	87

Tab. 30: Darstellung der Möglichkeit einer selbsterhaltenden Population des Lachses in der Werra und Nebengewässern für den Plan-Zustand (Auf- und Abstieg) und optimalen populationsbiologischen Parametern	87
Tab. 31: Denkmalgeschützte Objekte im Bereich von Wehranlagen an der Werra, Landkreis Schmalkalden-Meiningen.....	89
Tab. 32: Denkmalgeschützte Objekte im Bereich von Wehranlagen an der Werra, Landkreis Hildburghausen	90

16 Anhangsverzeichnis

Anhang 1	Hydrologie
Anhang 2	Datenblätter und Fotodokumentation (CD)
Anhang 3	Steckbriefe
Anhang 4	Grenz- und Bemessungswerte nach DWA M509 für die Werra Dimensionierung der geplanten Fischaufstiegsanlagen
Anhang 5	Skizzen Maßnahmenvorschläge Fischaufstieg
Anhang 6	Skizzen Maßnahmenvorschläge Fischabstieg
Anhang 7	notwendiger Betriebsdurchfluss von Fischaufstiegsanlagen
Anhang 8	notwendiger Betriebsdurchfluss von Fischabstiegsanlagen
Anhang 9	Kostenschätzung für Fischaufstiegsanlagen
Anhang 10	Kostenschätzung für Fischabstiegsanlagen
Anhang 11	Kostenschätzung gesamt
Anhang 12	Ökologische Mindererzeugung Festlegung Mindestwasser
Anhang 13	Fischaufstieg Ist-Zustand und Plan-Zustand
Anhang 14	Fischaufstieg Lachs in die Nebengewässer
Anhang 15	Fischabstieg Ist-Zustand und Plan-Zustand
Anhang 16	Fischabstieg aus den Nebengewässern
Anhang 17	Stau- und Ausleitung
Anhang 18	Prüfung Wirtschaftlichkeit WKA-Nutzung
Anhang 19	Prüfung Denkmalschutz, Schreiben der zuständigen Behörden
Anhang 20	Darstellung der Rückkehrerraten