

Ausbaupotenzial der Wasserkraft bis 1.000 kW im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains unter Berücksichtigung ökologischer Bewirtschaftungsziele

Auftraggeber: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft
Baden-Württemberg

Bearbeitung: Fichtner Water & Transportation GmbH & Co. KG
Dr. Stephan Heimerl

Hydra Institut für angewandte Hydrobiologie
Andreas Becker

Büro am Fluss e.V.
Johannes Reiss

Stand: 06.10.2015



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

1	EINLEITUNG UND ANLASS	9
2	AUFGABENSTELLUNG	10
3	GRUNDLAGEN UND WASSERWIRTSCHAFTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN	12
3.1	Übersicht über das Untersuchungsgebiet.....	12
3.2	Vorzüge der Erzeugung von Strom aus Wasserkraft	13
3.3	Von der Wasserkraft ausgehende Beeinträchtigungen	14
3.4	EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)	17
3.4.1	Bisherige Ergebnisse der Gewässerüberwachung	18
3.4.2	Umwelt- und Bewirtschaftungsziele.....	18
3.4.3	Maßnahmenprogramme	19
3.5	Vorgaben des Wasserrechts	20
3.5.1	Wasserhaushaltsgesetz (WHG).....	20
3.5.2	Wassergesetz für Baden-Württemberg (WG)	20
3.5.3	Wasserkrafterlass Baden-Württemberg.....	21
3.6	Durch den Natur- und Artenschutz sowie den Fischseuchenschutz vorgegebene Rahmenbedingungen.....	23
3.6.1	FFH-Richtlinie	23
3.6.2	EG-Aquakulturrichtlinie	26
3.7	Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG).....	28
3.8	Status der Wasserkraft in Baden-Württemberg	29
4	DATENGRUNDLAGEN	31
4.1	Wasserwirtschaftliche Daten	31
4.1.1	Daten des Anlagenkatasters Wasserbau (AKWB).....	31
4.1.2	Wasserrechtliche Informationen.....	34
4.1.3	Technische Daten bestehender Wasserkraftanlagen.....	36
4.1.4	Hydrologische Daten	37
4.2	Gewässerökologische und fischereiliche Datengrundlagen	37
4.3	Daten über die Stromeinspeisung aus Wasserkraftanlagen nach EEG.....	38
4.4	Unschärfen bei den verwendeten Datengrundlagen.....	38
4.4.1	Hydrologische Daten	38
4.4.2	Daten über die Stromeinspeisung aus Wasserkraftanlagen nach EEG	39
5	ÖKOLOGISCHE ARBEITSWERTE FÜR DIE POTENZIALERMITTLUNG	40
5.1	Szenario 1 – Orientierungswerte nach Wasserkrafterlass.....	43
5.1.1	Szenario 2 – Spezifische ökologische Abflüsse nach Wasserkrafterlass.....	44
5.1.2	Erfordernisse aus hydraulischer Sicht.....	46
5.1.3	Spezifische ökologische Abflüsse an Ausleitungskraftwerken	48

5.1.4	Spezifische ökologische Abflüsse an Flusskraftwerken	52
5.2	Übersicht der zur Potenzialberechnung berücksichtigten ökologischen Abflüsse	54
5.3	Von den standardisierten Arbeitswerten abweichende ökologische Abflüsse	56
6	ERMITTLUNG VON WASSERKRAFTPOTENZIALEN	57
6.1	Erster Bewertungsschritt	57
6.2	Betriebsstatus und Kraftwerkstyp.....	59
6.2.1	Flusskraftwerke.....	60
6.2.2	Ausleitungskraftwerke.....	62
6.2.3	Fischaufstiegsanlagen.....	64
6.2.4	Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen	66
6.3	Zweiter Bewertungsschritt.....	66
6.3.1	Theoretisches Gesamtpotenzial	66
6.3.2	Technisch-ökonomisches Kurzgutachten unter Beachtung ökologischer Belange	68
6.3.3	Technisch-ökonomisch-ökologisches Potenzial.....	71
6.3.4	Das Mindestwasserpotenzial.....	73
7	ERGEBNISSE.....	75
7.1	Bestehende Nutzung der Wasserkraft.....	76
7.1.1	Überblick.....	76
7.1.2	Auswertung der EEG-Daten	82
7.1.3	Status der Durchgängigkeit an Wasserkraftanlagen	86
7.1.4	Status der Mindestwasserregelungen an Wasserkraftanlagen.....	88
7.1.5	Energetisch nicht genutzte Sohlenbauwerke	89
7.2	Ausbaupotenzial der Wasserkraft.....	92
7.2.1	Theoretisches Gesamtpotenzial	92
7.2.2	Technisch-ökonomisch-ökologisches Potenzial – Szenario 1	94
7.2.3	Technisch-ökonomisch-ökologisches Potenzial – Szenario 2	95
7.2.4	Vergleich der Szenarien 1 und 2	96
7.2.5	Mindestwasserpotenzial.....	97
8	ZUSAMMENFASSUNG.....	100
8.1	Datengrundlagen	100
8.2	Methoden	101
8.2.1	Festlegungen und Szenarien.....	101
8.2.2	Ermittlung der Wasserkraftpotenziale	101
8.3	Ergebnisse	102
9	LITERATUR UND DATENQUELLEN.....	104

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<i>Abbildung 3-1: Übersichtskarte des baden-württembergischen Einzugsgebiets des Mains mit Gewässernetz WRRL.....</i>	<i>13</i>
<i>Abbildung 5-1: Gewässer mit hohem (gelb), erhöhtem (grün) und normalem (blau) Migrationsbedarf der Fischfauna im WRRL-Bearbeitungsgebiet Main (Dußling 2005). Für grau hinterlegte Gewässer wurde kein Migrationsbedarf abgeleitet. Sie werden wie Gewässer mit normalem Migrationsbedarf behandelt.</i>	<i>50</i>
<i>Abbildung 6-1: Potenzialermittlung</i>	<i>58</i>
<i>Abbildung 6-2: Entscheidungsbaum bei Flusskraftwerken.....</i>	<i>60</i>
<i>Abbildung 6-3: Entscheidungsbaum bei Ausleitungskraftwerken.....</i>	<i>63</i>
<i>Abbildung 6-4: Spezifische Kosten von Fischaufstiegsanlagen</i>	<i>65</i>
<i>Abbildung 6-5: Jahresarbeit und Jahresertrag</i>	<i>68</i>
<i>Abbildung 6-6: Berechnung des Investitionsvolumens.....</i>	<i>70</i>
<i>Abbildung 6-7: Beurteilung der vereinfachten Amortisationszeit</i>	<i>71</i>
<i>Abbildung 6-8: Jahresarbeit und Jahresertrag unter Berücksichtigung der ökologischen Abflüsse nach Szenario 1 und 2.....</i>	<i>71</i>
<i>Abbildung 6-9: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung</i>	<i>72</i>
<i>Abbildung 6-10: Mindestwasserpotenzial.....</i>	<i>74</i>
<i>Abbildung 6-11: Mindestdotationsansatz für Fischaufstiegsanlagen basierend auf Erfahrungswerten für funktionsfähige Fischaufstiegsanlagen in Abhängigkeit vom Mittelwasserabfluss MQ.....</i>	<i>74</i>
<i>Abbildung 7-1: Landkreise mit Flächenanteil am baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains</i>	<i>75</i>
<i>Abbildung 7-2: Verteilung der bestehenden Wasserkraftstandorte auf die Landkreise</i>	<i>77</i>
<i>Abbildung 7-3: Verteilung der installierten Leistung auf die Landkreise.....</i>	<i>78</i>
<i>Abbildung 7-4: Verteilung bestehender Anlagen auf Leistungsklassen</i>	<i>79</i>
<i>Abbildung 7-5: Installierte Leistung differenziert nach Leistungsklassen.....</i>	<i>79</i>
<i>Abbildung 7-6: Differenzierung der bestehenden Anlagen nach genutztem Gefälle</i>	<i>80</i>
<i>Abbildung 7-7: Differenzierung der bestehenden Anlagen nach Schluckvermögen.....</i>	<i>81</i>
<i>Abbildung 7-8: Differenzierung der bestehenden Anlagen nach dem Ausbaugrad</i>	<i>82</i>
<i>Abbildung 7-9: Prozentualer Anteil der Leistungsklassen am nach EEG eingespeisten Strom aus Wasserkraft zwischen 2007 und 2012.....</i>	<i>84</i>
<i>Abbildung 7-10: mittlere jährliche EEG-Einspeisung 2007 bis 2012 in den Landkreisen des baden- württembergischen Einzugsgebiet des Mains (TBB = Main-Tauber-Kreis, MOS = Neckar-Odenwald- Kreis)</i>	<i>84</i>
<i>Abbildung 7-11: Vergütungssätze der EEG-Anlagen bis 500 kW zwischen 2007 und 2012</i>	<i>85</i>
<i>Abbildung 7-12: Vergütungssätze der EEG-Anlagen bis 500 kW differenziert nach Leistungsklassen2012.....</i>	<i>86</i>

<i>Abbildung 7-13: Darstellung der für die Wasserkraft genutzten und nicht für die Wasserkraft genutzten Regelungsbauwerke (TBB =Main-Tauber-Kreis, MOS =Neckar-Odenwald-Kreis; ein Regelungsbauwerk einer WKA in Baden-Württemberg liegt außerhalb des Landes im Landkreis Ansbach (BY))</i>	87
<i>Abbildung 7-14: Relative Höhe der Mindestabflussregelungen an Ausleitungskraftwerken, die den Wasserrechtsakten entnommen werden konnten</i>	88
<i>Abbildung 7-15: Verteilung der untersuchten Sohlenbauwerke auf die Landkreise (TBB =Main-Tauber-Kreis, MOS = Neckar-Odenwald-Kreis)</i>	90
<i>Abbildung 7-16: Wasserspiegeldifferenz der untersuchten Sohlenbauwerke</i>	91
<i>Abbildung 7-17: Anzahl der Standorte im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains (Bauwerke ohne Potenzial gemäß Erläuterungen in Kapitel 6.1)</i>	92
<i>Abbildung 7-18: Gesamtpotenzial [kW] im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains</i>	93
<i>Abbildung 7-19: Zusätzliches technisches Potenzial [kW] im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains</i>	93
<i>Abbildung 7-20: Zusätzliches technisch-ökonomisch-ökologisches Potenzial [kW] nach Szenario 1 im baden- württembergischen Einzugsgebiet des Mains</i>	94
<i>Abbildung 7-21: Resultierende Jahresarbeit [MWh/a] auf der Basis des zusätzlichen technisch-ökonomisch- ökologischen Potenzials nach Szenario 1 im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains</i>	94
<i>Abbildung 7-22: Zusätzliches technisch-ökonomisch-ökologisches Potenzial [kW] nach Szenario 2 im baden- württembergischen Einzugsgebiet des Mains</i>	95
<i>Abbildung 7-23: Resultierende Jahresarbeit [MWh/a] auf der Basis des zusätzlichen technisch-ökonomisch- ökologischen Potenzials nach Szenario 2 im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains</i>	95
<i>Abbildung 7-24: Mindestwasserpoteziale der Szenarien 1 und 2</i>	98

TABELLENVERZEICHNIS

<i>Tabelle 3-1: Überblick über die wichtigsten Flüsse im Untersuchungsgebiet</i>	<i>12</i>
<i>Tabelle 3-2: Dem Aal-Einzugsgebiet zugeordnete Gewässer im baden-württembergischen Main-Einzugsgebiet gemäß Aalbewirtschaftungsplan – Flussgebietseinheit Rhein (LANUV NRW (Hrsg.) 2008) . 25</i>	
<i>Tabelle 3-3: Regelungsbauwerke im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains, welche die stromabwärts gelegene Grenze eines Schutzgebiets nach Fischseuchenverordnung markieren; Stand Juni 2009.</i>	<i>27</i>
<i>Tabelle 3-4: Vergütungssätze für Strom aus Wasserkraft nach EEG 2009 (Auszug).....</i>	<i>28</i>
<i>Tabelle 3-5: Ausbaupotenzial der Wasserkraft in Baden-Württemberg nach Schmidt et al. (2008)</i>	<i>29</i>
<i>Tabelle 4-1: Ergänzungen und Korrekturen an Daten aus dem AKWB</i>	<i>34</i>
<i>Tabelle 4-2: Wasserrechtliche Informationen, die durch Akteneinsicht bei den unteren Verwaltungsbehörden erhoben wurden.</i>	<i>35</i>
<i>Tabelle 4-3: Zusätzlich erhobene technische Informationen zu vorhandenen und geplanten Wasserkraftanlagen.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabelle 5-1: Fischartabhängige Orientierungswerte für die zur funktionalen Gestaltung erforderliche Mindestdotations von Fischaufstiegsanlagen aus hydraulischer Rechnung ohne Berücksichtigung der Leitwirkung (Dumont 2005, AG-FAH 2011, DWA 2014).....</i>	<i>47</i>
<i>Tabelle 5-2: Im Szenario 2 verwendete Abweichungen vom Orientierungswert (1/3 MNQ; Szenario 1) zur standardisierten Berechnung von ökologischen Abflüssen für Ausleitungskraftwerke.</i>	<i>52</i>
<i>Tabelle 5-3: Im Szenario 2 verwendete Abweichungen von 1/6 MNQ (Szenario 1) zur standardisierten Berechnung von ökologischen Abflüssen für Flusskraftwerke.</i>	<i>53</i>
<i>Tabelle 5-4: Ökologische Abflüsse in den Szenarien zur Berechnung der Wasserkraftpotenziale im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabelle 6-1: Klassifizierung der Baumaßnahmen von Fischaufstiegsanlagen (FAA)</i>	<i>66</i>
<i>Tabelle 6-2: Berechnung von Wasserkraftpotenzialen im baden-württembergischen Main-Einzugsgebiet – Auswertung der Ergebnisse.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabelle 6-3: Volllaststunden, Dauerlinientyp Ia (MNQ/MQ > 0,27)</i>	<i>68</i>
<i>Tabelle 6-4: Volllaststunden, Dauerlinientyp Ib (MNQ/MQ > 0,18 & MNQ/MQ ≤ 0,27).....</i>	<i>69</i>
<i>Tabelle 6-5: Volllaststunden, Dauerlinientyp IIa (MNQ/MQ > 0.09 & MNQ/MQ ≤ 0.18).....</i>	<i>69</i>
<i>Tabelle 6-6: Volllaststunden, Dauerlinientyp IIb (MNQ/MQ > 0.00 & MNQ/MQ ≤ 0.09).....</i>	<i>69</i>
<i>Tabelle 6-7: Wirtschaftlichkeitsstufen basierend auf den dynamischen Gesteigungskosten</i>	<i>73</i>
<i>Tabelle 7-1: Einspeisung von Strom nach EEG in den Jahren 2007 bis 2012 im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabelle 7-2: Vergleich der Szenarien 1 und 2 hinsichtlich der Standortgruppierung im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabelle 7-3: Verteilung des Verlustes beim Potenzial zwischen den Szenarien 1 und 2 geordnet nach Anlagengrößenklassen.....</i>	<i>96</i>

<i>Tabelle 7-4: Verteilung des Verlustes bei der Jahresarbeit zwischen den Szenarien 1 und 2 geordnet nach Anlagengrößenklassen.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabelle 7-5: Änderung des Potenzials von Ausleitungskraftwerken durch Ausbau (bestehendes Ausleitungskraftwerk und Mindestwasserkraftwerk (>8 kW) am Wehr).....</i>	<i>99</i>
<i>Tabelle 7-6: Änderung der Jahresarbeit von Ausleitungskraftwerken durch Ausbau (bestehendes Ausleitungskraftwerk und Mindestwasserkraftwerk (>8 kW) am Wehr).....</i>	<i>99</i>
<i>Tabelle 8-1: verwendete Datengrundlagen im Überblick.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabelle 8-2: Arbeitsschritte der Potenzialberechnung</i>	<i>102</i>

Die vorliegende Studie ersetzt ausdrücklich kein Zulassungsverfahren für den Bau und Betrieb von Wasserkraftanlagen und nimmt die hierfür erforderliche detaillierte Prüfung der standortbezogenen Rahmenbedingungen nicht vorweg.

Die im Rahmen dieser Studie ermittelten Potenziale für einzelne Standorte wurden mittels eines standardisierten Verfahrens auf der Basis von sorgfältig erhobenen Daten errechnet. Hierzu waren notwendigerweise und auftragsgemäß vereinfachende Annahmen zu treffen. Eine Einzelfallbetrachtung unter Berücksichtigung aller standortspezifischen Gegebenheiten kann im Ergebnis daher zu deutlichen Abweichungen von den im Rahmen der vorliegenden Studie für den einzelnen Standort ermittelten Ergebnissen zum Potenzial und zur Wirtschaftlichkeit führen. Für die Genauigkeit der betreffenden Werte wird daher in Bezug auf den Einzelstandort keine Gewähr übernommen. Auf der Ebene des gesamten Untersuchungsgebiets oder von Teilbearbeitungsgebieten kann aber davon ausgegangen werden, dass sich die methodisch bedingten Ungenauigkeiten herausmitteln.

Der vorliegende Bericht beschreibt Datengrundlagen, methodisches Vorgehen und Ergebnisse für das baden-württembergische Einzugsgebiet des Mains. Methodische Details und Angaben zur regionalen Verteilung der ermittelten Potenziale sind im Anhang zu dieser Studie wiedergegeben.

1 Einleitung und Anlass

Im Zuge der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) verfolgt das Land Baden-Württemberg das Ziel, bis zum Jahr 2015, spätestens aber bis 2027 Bäche und Flüsse im Land in einen guten ökologischen Zustand zu versetzen, soweit nicht erheblich veränderte oder künstliche Wasserkörper betroffen sind. Nach den Ergebnissen der Bestandsaufnahme 2004 und bestätigt durch die fortlaufende Gewässerüberwachung stellt die Nutzung der Wasserkraft für viele Fließgewässersysteme im Land eine bedeutsame Beeinträchtigung dar. Insbesondere die Unterbrechung der Durchwanderbarkeit der Gewässer, eine zu geringe Mindestwasserführung in Ausleitungsstrecken und die Unterbindung der natürlichen Gewässerdynamik mit der Folge eines Verlustes an Fließgewässerlebensraum sind Faktoren, die das Erreichen eines guten ökologischen Zustands gefährden.

Zugleich ist die Wasserkraft die wichtigste regenerative Energiequelle in Baden-Württemberg und soll diese Rolle nach dem Willen der Landesregierung auch weiterhin spielen.

Es wurde in der Vergangenheit bereits eine Vielzahl einzelner Gewässer und Einzugsgebiete in Baden-Württemberg auf noch vorhandene Potenziale zum Ausbau der Wasserkraft untersucht. Parallel dazu wurden verschiedenste Studien als Grundlagen für die Maßnahmenplanung zur Umsetzung der WRRL erstellt. Insbesondere durch die Wasserwirtschaftsverwaltung des Landes wurden auch regionale Untersuchungen über das mit den Bewirtschaftungszielen vereinbare Ausbaupotenzial der Wasserkraft erstellt (Klepser 1998). Die Untersuchung des Ausbaupotenzials der Wasserkraft bis 1.000 kW im Einzugsgebiet des Neckars war aber die erste überregionale, systematische und standortspezifische Untersuchung in Baden-Württemberg, bei der gewässerökologische Ziele und das energiewirtschaftliche Ziel, Wasserkraft verstärkt zu nutzen, zusammen betrachtet wurden. In dieser wurden ca. 1.500 Standorte im Einzugsgebiet des Neckars ohne Bundeswasserstraße Neckar untersucht, an rund 600 Standorten konnte ein zusätzliches Potenzial von mindestens 8 kW ermittelt werden. Bezogen auf das gesamte Einzugsgebiet des Neckars ergab sich ein zusätzliches Regelarbeitsvermögen von 3 bis 10 GWh/a.

Um für das ganze Land Baden-Württemberg zu vergleichbaren Aussagen über die vorhandenen Potenziale zum Ausbau der Wasserkraft zu gelangen, beauftragte das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg im Herbst 2013 den Büro am Fluss e. V. in Zusammenarbeit mit dem Hydra Institut für angewandte Hydrobiologie sowie der Fichtner Water & Transportation GmbH mit der vorliegenden Studie zur Erhebung von Wasserkraftpotenzialen im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains mit Ausnahme des Mains selbst.

2 Aufgabenstellung

Die Studie hat die Aufgabe, an den Fließgewässern des baden-württembergischen Einzugsgebiets des Mains mit Ausnahme des Mains selbst energetisch genutzte und ungenutzte Querbauwerke im Hinblick auf das mögliche Potenzial zur Erzeugung von Strom aus Wasserkraft zu beurteilen und dieses mit den ökologischen Bewirtschaftungszielen der WRRL, verankert im Wasserhaushaltsgesetz (WHG)¹ und im Landeswassergesetz (WG)², abzustimmen.

Hierzu werden für das Untersuchungsgebiet

- die Potenziale zur Optimierung bereits genutzter Standorte sowohl im Hinblick auf die Gewinnung von Strom aus Wasserkraft als auch auf die Minimierung der hiermit verbundenen Beeinträchtigungen der Längsdurchgängigkeit im Gewässersystem ermittelt;
- die Potenziale zur Nutzung der Wasserkraft an derzeit nicht energetisch genutzten Querverbauungen erhoben;
- die repräsentativen fischökologischen Anforderungen bei der energetischen Nutzung in Bezug auf das einzelne Bauwerk, vor allem aber im Hinblick auf zusammenhängende Funktionsräume in den Gewässern zugrunde gelegt;
- Standorte mit guter Eignung für die Nutzung der Wasserkraft identifiziert, die sich durch ein hohes Stromgewinnungspotenzial bei vertretbaren ökologischen Beeinträchtigungen auszeichnen;
- eine Abschätzung des am Standort vorhandenen, gewässerökologisch vertretbaren Ausbaupotenzials der Wasserkraft gegeben und damit
- eine mögliche Grundlage für wasserwirtschaftliches Handeln im Hinblick auf das Bewirtschaftungsziel Herstellung der Durchgängigkeit und das gesellschaftliche Ziel der Förderung erneuerbarer Energien geschaffen.

Die Erhebung und Weiterverarbeitung der Daten erfolgte in einer systematischen und standardisierten Weise. Dies ermöglicht eine einheitliche Handhabung der enormen Datenmenge. Darüber hinaus wird eine grundsätzliche Vergleichbarkeit gewährleistet, indem die potenziellen Wasserkraftstandor-

1 Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), zuletzt geändert durch Artikel 6 des Gesetzes vom 21. Januar 2013 (BGBl. I S. 95)

2 Wassergesetz für Baden-Württemberg (WG) vom 3. Dezember 2013 (GBl. Nr. 17, S. 389), in Kraft getreten am 22.12.2013 bzw. 01.01.2014

te durch eine festgelegte Methodik mit einem stufenweisen Vorgehen auf der Basis von fixierten Kriterien für verschiedene Szenarien dargestellt werden. Im Ergebnis werden insbesondere Umwelteinflüsse, Technik und Wirtschaftlichkeit beurteilt.

Sämtliche in dieser Studie erhobenen, zwischen den Projektpartnern ausgetauschten und berechneten Daten zum Standort sind stets über die jeweilige Identifikationsnummer im Umweltinformationssystem (UIS) den wasserbaulichen Anlagen getrennt nach Regelungsbauwerken, Wasserkraftanlagen und Sohlenbauwerken, Stauanlagen und Anlagen zur Herstellung der Durchgängigkeit eindeutig zugeordnet.

Gegenstand der Untersuchung ist das baden-württembergische Einzugsgebiet des Mains mit Ausnahme des Mains selbst. Gegenstand sind ferner nur bestehende Querbauwerke. Die Ermittlung eines theoretischen Linienpotenzials der Gewässer ist dagegen nicht Gegenstand der Arbeit.

3 Grundlagen und wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen

3.1 Übersicht über das Untersuchungsgebiet

Gegenstand der vorliegenden Studie ist das baden-württembergische Einzugsgebiet des Mains mit Ausnahme des Mains selbst. Es hat eine Fläche von 1.633 km² und umfasst ein Gewässernetz von ca. 1.410 km Länge gemäß dem amtlichen wasserwirtschaftlichen Gewässernetz Baden-Württemberg (AWGN). Die Länge der Gewässer mit einem Einzugsgebiet von mindestens 10 km² im Untersuchungsgebiet, die Bestandteil des Teilnetzes "Wasserrahmenrichtlinie" sind, beträgt rund 635 km.

Tabelle 3-1 gibt einen Überblick über die wichtigsten Fließgewässer im Untersuchungsgebiet.

Tabelle 3-1: Überblick über die wichtigsten Flüsse im Untersuchungsgebiet

Gewässername	Länge [km]**	Einzugsgebiet [km ²]*	Abfluss MQ [m ³ /s]*
Tauber	80	1.808	9,818
Vorbach	25	117	0,925
Umpfer	22	120	0,782
Grünbach	21	251	0,830
Brehmbach	18	90	0,489
Erfa (bis Landesgrenze BW/BY)	26	134	1,083
Marsbach (bis Landesgrenze BW/BY)	13	77	0,653
Morre	16	85	0,758

* nach LUBW (Hrsg.) (2007): Einzugsgebietsgröße und Abflusswerte an Mündung bzw. Landesgrenze; **nach AWGN: die Länge bezieht sich nur auf den in Baden-Württemberg liegenden Teil des Gewässers

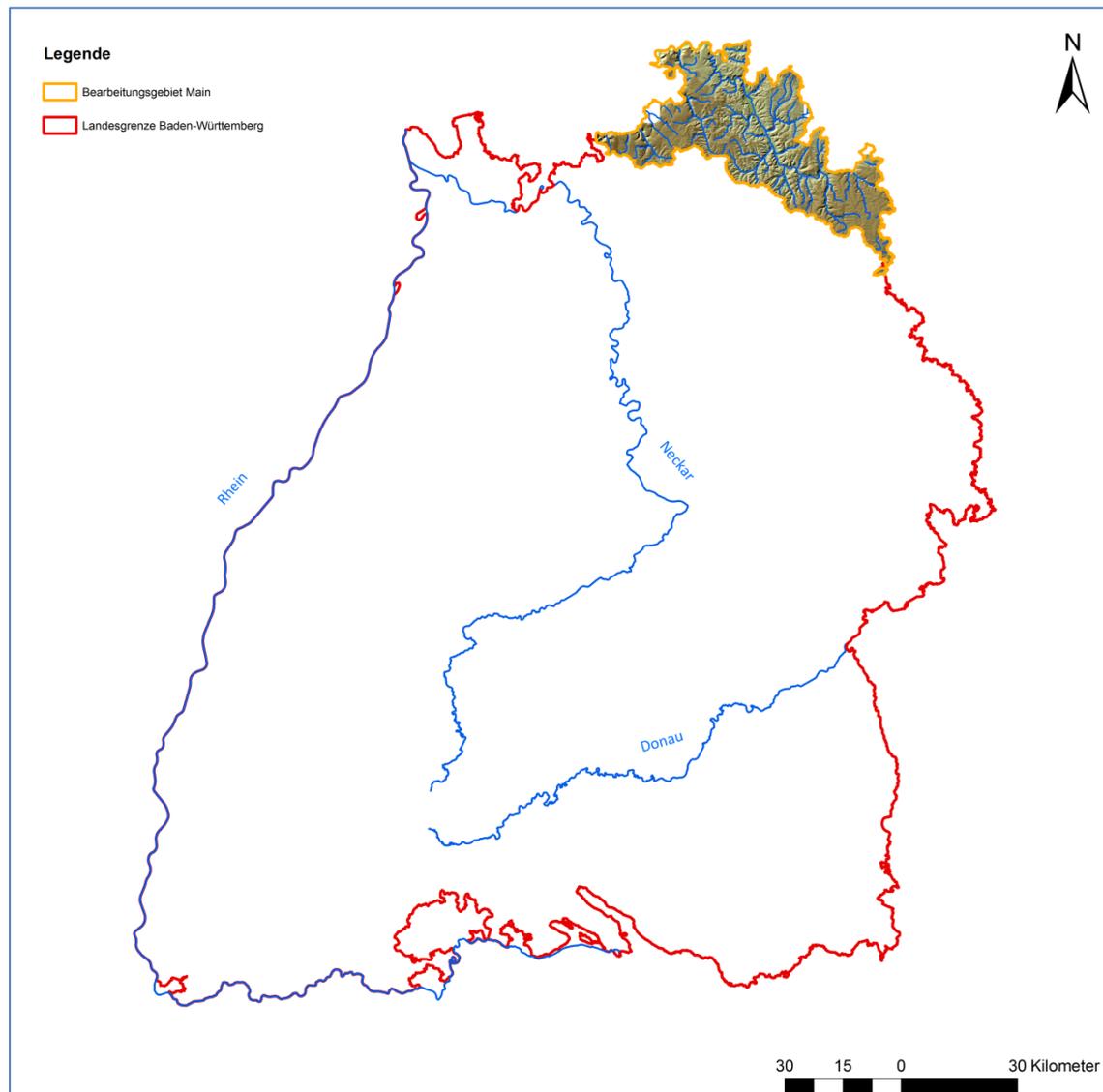


Abbildung 3-1: Übersichtskarte des baden-württembergischen Einzugsgebiets des Mains mit Gewässernetz WRRL

3.2 Vorzüge der Erzeugung von Strom aus Wasserkraft

Die Nutzung der Wasserkraft zur Erzeugung elektrischen Stroms zeichnet sich unter den erneuerbaren Energieträgern vor allem durch folgende Vorteile aus (Heimerl 2009):

- Wasserkraftanlagen sind als Grund-, Mittel- und Spitzenlastkraftwerke einsetzbar.
- Laufwasserkraftwerke haben mit bis zu 6.000 Betriebsstunden pro Jahr eine hohe durchschnittliche Ausnutzungsdauer.

- Im Vergleich zu anderen Energie-Erzeugungsformen verursacht die Wasserkraft in vergleichbaren Zeiträumen sehr geringe Emissionen (Kohlendioxid, Stickoxide, Schwefeldioxid, etc.).
- Aufgrund ihrer langen Lebensdauer können Wasserkraftanlagen trotz hoher Anfangsinvestitionen sehr günstig Energie erzeugen.
- Die Technik ist weitgehend ausgereift, wobei v. a. bei älteren Anlagen durch bauliche und technische Optimierung sowie innovative Entwicklung von Teilkomponenten noch Potenziale gehoben werden können.
- Wasserkraftanlagen können für Schifffahrt, Hochwasserschutz oder die Anlage von Freizeiteinrichtungen einen Zusatznutzen entfalten.

Aufgrund dieser bedeutenden Vorteile soll die Wasserkraft in Baden-Württemberg auch weiterhin eine wichtige Rolle zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien spielen.

3.3 Von der Wasserkraft ausgehende Beeinträchtigungen

Die Vielzahl der in heutiger Zeit zu unterschiedlichen Zwecken in Fließgewässern installierten Querbauwerke führt generell zu einer starken Störung des Fließgewässerlebensraums und des natürlichen Fließgewässerkontinuums. Querverbauungen stellen nicht nur eine Veränderung des Lebensraums und der Längsdurchgängigkeit der Fließgewässer dar, sondern beeinflussen darüber hinaus die natürliche Dynamik des Abflussgeschehens und des Geschiebehauhalts. Die resultierenden Beeinträchtigungen für Fließgewässer und ihre Lebewelt sind vielfältig. Die wichtigsten Aspekte sind

- die Behinderung oder Unterbindung der Wanderbewegungen von Wassertieren, insbesondere von Fischarten, die in ihrem Fortbestand auf die Existenz und Erreichbarkeit von Laichgründen und anderen Habitaten angewiesen sind;
- die Behinderung oder Unterbindung des Transports und der regelmäßigen Umlagerung von Sohlsubstraten, die grundlegende Voraussetzungen für den Fortbestand bzw. das Entstehen funktionsfähiger Laichbiotope für eine Reihe von Fischarten sind;
- Veränderungen des natürlichen Temperaturregimes durch eine stärkere Erwärmung (Sommer) und stärkere Abkühlung (Winter) infolge längerer Verweilzeiten des Wassers (Staubereiche) und reduzierter Wassertiefen (Restwasserstrecken);

- ein allgemeiner Verlust natürlich vorhandener Fließgewässerstrukturen und -habitate durch Wasserentnahme, Einstau von Gewässern und damit einhergehenden gewässerbaulichen Eingriffen (Begradigungen, Ufersicherungsmaßnahmen usw.).

Weitere Beeinträchtigungen der Fließgewässerlebewelt ergeben sich durch die Wasserkraftanlagen selbst. Diesbezüglich von besonderer Bedeutung sind vor allem Schädigungen von Wasserorganismen durch Turbinen, mechanische Barrieren und in einigen Fällen auch große Absturzhöhen. Diese Schädigungen widersprechen Grundsätzen des Fischerei- und des Tierschutzgesetzes und sind daher bei Modernisierungen und Neubauten so gut als möglich zu reduzieren.

In Folge der Eingriffe in den Fließgewässerlebensraum zählen in Baden-Württemberg jene Fischarten zu den am stärksten gefährdeten Tiergruppen, die auf diesen Lebensraum angewiesen sind (rheophile Fischarten) (Baer et al. 2014).

Die vorliegende Studie wurde unter der Prämisse erstellt, insbesondere die negativen Auswirkungen der Wasserkraftnutzung auf den Aspekt der Fischwanderbewegungen in der standardisierten Betrachtung durch gestufte Szenarien zu berücksichtigen und in den Potenzialberechnungen möglichst ausreichend auszugleichen. Es ist zu betonen, dass die übrigen Beeinträchtigungen der Wasserkraftnutzung, insbesondere die negativen Auswirkungen auf den Fließgewässerlebensraum, hierbei noch nicht oder nur sehr eingeschränkt berücksichtigt sind. Mit der Betrachtung von Fischwanderbewegungen in ausreichendem Umfang wird nur einer der wesentlichen Faktoren für die fischökologische Funktionalität von Fließgewässern berücksichtigt.

Eine ausreichende Durchgängigkeit ist von besonderer Bedeutung, da viele Fischarten im Laufe ihrer Individualentwicklung auf die Nutzung unterschiedlicher Teillebensräume und Habitate angewiesen sind. Das von ihnen genutzte Habitatspektrum ist dabei nicht immer lokal konzentriert verfügbar und kann dementsprechend nur durch Wanderbewegungen über entsprechende Distanzen erschlossen werden. Diese finden generell nicht nur stromaufwärts, sondern auch in Fließrichtung statt, und ihre Behinderung oder Unterbindung kann für Fischarten fatale Folgen haben. In diesem Kontext ist zu beachten, dass nicht nur Querbauwerke selbst als Wanderhindernisse wirken, sondern auch Staubecken die Gewässerdurchgängigkeit beeinträchtigen: Die Strömung hat eine zentrale Bedeutung für die Orientierung in Fließgewässern wandernder Fische. Wird diese durch Staubecken deutlich reduziert bzw. aufgehoben, führt dies nicht nur zu einem Verlust an Fließgewässerlebensraum, sondern auch zur Bildung eines weiteren Wanderhindernisses.

Dies gilt in besonderem Maße für anadrome Langdistanz-Wanderfische, die einen Teil ihres Lebens im Meer verbringen, sich jedoch nur in Fließgewässern fortpflanzen können. Ihre ausgedehnten

Laichwanderungen führen Lachs und Meerforelle beispielsweise vom Meer bis in die Oberlaufregionen der Fließgewässer. Infolge der nicht durchgängigen Gestaltung der meisten ihrer Wanderrouten sind anadrome Fischarten daher seit Jahrzehnten in besonderem Maße gefährdet. Ihre Bestände gingen ausnahmslos stark zurück und erloschen zum Teil ganz (Baer et al. 2014).

Ähnliches gilt für potamodrome Fischarten, die Laichwanderungen oder Laichzüge über längere Distanzen innerhalb der Fließgewässersysteme durchführen. Ein Beispiel ist die Nase, welche ursprünglich in allen größeren Fließgewässern Baden-Württembergs ein prägendes Faunenelement war, bis in unsere Zeit jedoch starke Bestandsrückgänge erfuhr und heute im baden-württembergischen Neckar-/Mainsystem zu den stark gefährdeten Arten zählt (Baer et al. 2014).

Ein großer Anteil der heimischen Flussfischarten weist zwar eine Fortpflanzungsbiologie auf, die nicht durch ausgedehnte Laichwanderungen gekennzeichnet ist, doch auch diese Arten sind auf ausreichende Wechsellmöglichkeiten zwischen unterschiedlichen Teillebensräumen angewiesen. Neben der Fortpflanzung dienen die Habitatwechsel hier insbesondere

- der Nahrungssuche,
- der Verringerung von Konkurrenz,
- der Kompensation von Abdrift,
- dem Aufsuchen geeigneter Habitate entsprechend der altersbedingten Entwicklung,
- dem zeitweiligen Aufsuchen von Winterlagern und Ruheplätzen und
- der Erschließung neuer Lebensräume.

Ferner ermöglichen längsdurchgängige Fließgewässer eine Rückkehr in vorübergehend als Lebensraum unbrauchbar gewordene Gewässerabschnitte und gewährleisten den ungehinderten Austausch zwischen verschiedenen Populationsteilen, was wichtig für die genetische Stabilität von Populationen ist.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten: Für die meisten Flussfischarten ist die Durchgängigkeit des Gewässersystems von herausragender Bedeutung. Sie ist oftmals ausschlaggebend für die Ausprägung gewässeradäquater Bestände und das Fortbestehen einzelner Arten.

3.4 EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)³

Seit dem Jahr 2000 ist die im Jahr 2003 durch die Novelle von WHG und WG auch in deutsches sowie baden-württembergisches Recht umgesetzte EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) die wichtigste Grundlage wasserwirtschaftlichen Handelns. Zweck der WRRL ist die nachhaltige Nutzung der Ressource Wasser. Diese ist unter anderem mit dem verpflichtenden Ziel verbunden, Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet größer 10 km² und Seen mit einer Fläche über 50 ha in einem guten ökologischen Zustand zu erhalten bzw. diesen gegebenenfalls bis zum Jahr 2015 durch geeignete Maßnahmen zu erreichen. Für künstliche und erheblich veränderte Gewässer gilt das gute ökologische Potenzial als Bewirtschaftungsziel.

Als Indikatoren für die Bewertung des ökologischen Gewässerzustands dienen biologische Qualitätskomponenten, die durch hydromorphologische und physikalisch-chemische unterstützt und im Rahmen von Monitoringprogrammen fortlaufend überwacht werden. Vor dem Hintergrund der vorliegenden Untersuchung kommt der Fischfauna unter den biologischen Qualitätskomponenten eine herausragende Bedeutung zu, da sie von den mit der Nutzung der Wasserkraft einhergehenden Auswirkungen auf Fließgewässerlebensräume in besonderem Maße betroffen ist. Im guten ökologischen Gewässerzustand darf die Fischfauna in Zusammensetzung, Abundanz und Altersstruktur nur geringfügig von den unter weitgehend unbeeinflussten Bedingungen zu erwartenden Verhältnissen abweichen.

Im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains wurde im Zuge der Aufstellung des zweiten Bewirtschaftungsplans nur der Flusswasserkörper „Main (BW) zwischen Landesgrenzen“, Wasserkörper 5-01, als erheblich veränderter Flusswasserkörper ausgewiesen (Regierungspräsidium Stuttgart (Hrsg.) 2014).

Unter den baden-württembergischen Main-Zuflüssen zeichnet sich vor allem die Tauber durch einen hohen Anteil erheblich veränderter Gewässerabschnitte aus. Dagegen fallen in der Regel nur kurze Abschnitte der Tauberzuflüsse unter diese Bewertung.

Die Umsetzung der WRRL erfolgt mit Hilfe einzugsgebietsbezogener Bewirtschaftungspläne. Der Landtag von Baden-Württemberg hat den Bewirtschaftungsplänen und Maßnahmenprogrammen (gemäß § 3c Wassergesetz Baden-Württemberg in der Fassung der Bekanntmachung vom 20. Januar

³ Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes 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: 1-72)

2005) am 26.11.2009 zugestimmt. Damit ist auch der Bewirtschaftungsplan des Bearbeitungsgebiets Mains inklusive des betreffenden Maßnahmenprogramms wirksam geworden.

3.4.1 Bisherige Ergebnisse der Gewässerüberwachung

Seit 2006 werden die Fließgewässer im Einzugsgebiet des Mains dem Monitoring nach WRRL mit den teilweise neu entwickelten Verfahren zur Gewässerzustandsüberwachung unterzogen. Aktuelle Ergebnisse der Zustandsbewertung sind im Entwurf zum zweiten Bewirtschaftungsplan für das Bearbeitungsgebiet Main enthalten.

Bei der Aufstellung des Entwurfs zum zweiten Bewirtschaftungsplan für das baden-württembergische Bearbeitungsgebiet Main konnte u.a. auf Untersuchungen zur Fischfauna mit dem fischbasierten Bewertungssystem (fiBS) aus den Jahren 2007 bis 2013 zurück gegriffen werden (Regierungspräsidium Stuttgart (Hrsg.) 2014). Diese dienen zur Ermittlung des ökologischen Zustands der Wasserkörper und geben Hinweise auf Ursachen möglicher Zielverfehlungen vor allem auch im Zusammenhang mit der Nutzung der Wasserkraft.

Demnach erreicht kein Flusswasserkörper im Bearbeitungsgebiet Main (BW) den guten Zustand im Hinblick auf die Fischfauna. Bis auf Wasserkörper 50-03, der den unbefriedigenden Zustand erreicht, und Wasserkörper 51-02, für den noch keine belastbare Bewertung vorliegt, werden alle Wasserkörper im Hinblick auf die Fischfauna dem mäßigen Zustand zugeordnet. Auch die biologische Qualitätskomponente Makrozoobenthos zeigt für alle sechs betroffenen Wasserkörper den mäßigen Zustand an. Im Einzelnen zeigen die Ergebnisse weitverbreitete Defizite durch hydromorphologische Veränderungen (Habitatqualität und Durchgängigkeit) an (Regierungspräsidium Stuttgart (Hrsg.) 2014).

Auch im Hinblick auf die ergänzend zur Bewertung herangezogenen hydromorphologischen Qualitätskomponenten (u.a. Gewässerstruktur, Durchgängigkeit) verfehlen alle Wasserkörper das Bewirtschaftungsziel

3.4.2 Umwelt- und Bewirtschaftungsziele

Die in Kapitel 3.3 erläuterten Beeinträchtigungen der Fließgewässer wurden auch im Bewirtschaftungsplan für das Bearbeitungsgebiet Main (Regierungspräsidium Stuttgart (Hrsg.) 2009) als mit der Existenz von Querbauwerken und der Nutzung der Wasserkraft zusammenhängende, signifikante Belastungen identifiziert. Diese sind mit ursächlich für das Verfehlen des guten ökologischen Zustands.

Der Entwurf zum zweiten Bewirtschaftungsplan benennt die Verbesserung der Hydromorphologie als allgemeines Ziel. Diese beinhaltet folgende Komponenten mit direkter Relevanz für die Nutzung der Wasserkraft:

- Durchgängigkeit (Sicherstellung und Erreichbarkeit von Laichplätzen, Jungfischlebensräumen, Nahrungsgründen, Unterständen, usw.)
- Gewässerstruktur (Herstellung von Funktionsräumen für Gewässerorganismen)
- Gewährleistung ausreichender Mindestabflüsse
- Verringerung Rückstau.

Für 6 Wasserkörper im Bearbeitungsgebiet Main wird im Entwurf zum zweiten Bewirtschaftungsplan eine Fristverlängerung nach § 29 Abs. 2 WHG bis 2021 in Anspruch genommen. Für den Wasserkörper 5-01 wird eine Fristverlängerung bis 2027 in Anspruch genommen. In den Wasserkörpern 50-01, 50-02 und 51-01 werden die von Wasserkraftanlagen mit alten Rechten ausgehenden und nur langfristig zu vermindernden Beeinträchtigungen der Gewässersysteme u.a. als Gründe für die Fristverlängerung angegeben.

3.4.3 Maßnahmenprogramme

Die Maßnahmenplanung erfolgt in Baden-Württemberg ausgehend von den durch den Menschen verursachten Belastungen der Gewässer und den hieraus resultierenden Defiziten des Zustands, also pfadspezifisch. Während die grundlegenden Maßnahmen nach Artikel 11 Abs. 3 WRRL flächendeckend umgesetzt werden, werden die ergänzenden hydromorphologischen Maßnahmen nach Artikel 11 Abs. 4 WRRL in Baden-Württemberg auf die so genannten Programmstrecken konzentriert. Die Programmstrecken Morphologie/Durchgängigkeit/Mindestabfluss werden auf Basis fachlicher Kriterien zur Herstellung der ökologischen Funktionsfähigkeit definiert. Es wird davon ausgegangen, dass in den betreffenden Wasserkörpern der gute ökologische Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial durch die konsequente Umsetzung der Maßnahmenprogramme erreicht werden kann.

Programmstrecken finden sich im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains in allen Wasserkörpern (Landesanstalt für Umwelt Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Hrsg.) 2014). Dazu zählen vor allem der Main selbst sowie die gesamte Tauber im baden-württembergischen Main Einzugsgebiet. Mit Hilfe des Daten- und Kartendienstes der LUBW

(Landesanstalt für Umwelt Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Hrsg.) 2014) können die einzelnen Programmstrecken in einer Karte⁴ eingesehen werden.

3.5 Vorgaben des Wasserrechts

Im Folgenden sind die für die Nutzung der Wasserkraft relevanten wasserrechtlichen Vorschriften genannt.

3.5.1 Wasserhaushaltsgesetz (WHG)⁵

Das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) trifft in § 35 wesentliche Regelungen zur Nutzung der Wasserkraft.

Nach § 35 Absatz 1 ist die Zulässigkeit der Wasserkraftnutzung an geeignete Maßnahmen zum Schutz der Fischpopulationen gebunden. Für die Vielzahl der Bestandsanlagen, für die diese Voraussetzungen bislang nicht zutreffen, sind die erforderlichen Maßnahmen nach Absatz 2 in angemessener Frist durchzuführen.

Nach § 35 Absatz 3 prüft die zuständige Behörde, ob an Querbauwerken, die am 1. März 2010 bestehen und deren Rückbau zur Erreichung der Bewirtschaftungsziele auch langfristig nicht vorgesehen ist, eine Wasserkraftnutzung möglich ist. Die vorliegende Studie erfüllt die Anforderungen des § 35 Absatz 3 WHG für das baden-württembergische Einzugsgebiet des Mains.

3.5.2 Wassergesetz für Baden-Württemberg (WG)⁶

Für die vorliegende Studie relevante Regelungen im Wassergesetz von Baden-Württemberg finden sich in den §§ 23 und 24 WG.

In Absatz 1 des **§ 23 WG Mindestwasserführung, Durchgängigkeit, Wasserkraftnutzung** wird die oberste Wasserbehörde ermächtigt, per Rechtsverordnung die Kriterien zur Bemessung der Mindestwasserführung, für die Durchgängigkeit und in Bezug auf die ökologische Funktionsfähigkeit fest-

⁴ <http://udoprojekte.lubw.baden-wuerttemberg.de/udoprojekte/alias.xhtml?alias=wrrl> (Themen → Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramm → 7.3 Übersicht Programmstrecken)

⁵ Wasserhaushaltsgesetz (WHG) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), zuletzt geändert durch Artikel 6 des Gesetzes vom 21. Januar 2013 (BGBl. I S. 95)

⁶ Wassergesetz für Baden-Württemberg (WG) vom 3. Dezember 2013 (GBl. Nr. 17, S. 389), in Kraft getreten am 22.12.2013 bzw. 01.01.2014

zulegen (siehe Kapitel 3.5.2 Wasserkrafterlass Baden-Württemberg). Nach § 23 Absatz 2 WG sind Schwall und Sunk zu vermeiden; die Wasserbehörde kann auf Antrag Ausnahmen zulassen.

Nach **§ 24 WG Wasserkraftnutzung** Absatz 1 ist die Wasserkraftnutzung im Rahmen des Bewirtschaftungsermessens nach § 12 Absatz 2 WHG zuzulassen, wenn kein Versagungsgrund nach § 12 Absatz 1 WHG vorliegt. Absatz 3 verlangt, Vorhaben zur Wasserkraftnutzung und Maßnahmen, die sich auf den ökologischen Zustand auswirken können (auch positiv), vor der Durchführung der Wasserbehörde anzuzeigen. Absatz 4 verpflichtet die Betreiber von Wasserkraftanlagen, die unter ökologischen Gesichtspunkten verfügbare Wassermenge effizient entsprechend dem Stand der Technik zu nutzen.

3.5.3 Wasserkrafterlass Baden-Württemberg⁷

Die "Gemeinsame Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums, des Ministeriums für Ernährung und Ländlichen Raum und des Wirtschaftsministeriums zur gesamtökologischen Beurteilung der Wasserkraftnutzung; Kriterien für die Zulassung von Wasserkraftanlagen bis 1.000 kW" in der Fassung vom 30. Dezember 2006 richtet sich an die für die Zulassung von Wasserkraftanlagen mit einer Leistung bis 1.000 kW zuständigen Behörden und enthält in der Umsetzung der §§ 33 bis 35 WHG umfangreiche Hinweise und Regelungen für die wasserrechtlichen Verfahren.

Für die Untersuchung der Wasserkraftpotenziale im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains sind vor allem die in Teil III des Wasserkrafterlasses genannten fachlichen Kriterien für die Gesamtbeurteilung einer Wasserkraftnutzung sowie die in Teil IV getroffenen Regelungen zur Gestaltung der Durchgängigkeit und Ermittlung der Mindestabflüsse von Bedeutung.

Nach Teil III sind für die Gesamtbeurteilung der Wasserkraftnutzung besonders zu berücksichtigen:

- Wasserwirtschaftliche Auswirkungen, insbesondere auf Abflussregime, Fließgeschwindigkeit, Stabilität des Gewässerbetts, Feststoffhaushalt, Grundwasser und Wasserbeschaffenheit;
- Auswirkungen auf den Lebensraum Fließgewässer, insbesondere Erhalt und Entwicklung einer fließgewässertypischen Fauna und Flora;
- Auswirkungen auf sonstige Gewässerfunktionen, z. B. Erholungswert, Gewässerlandschaft und fischereiliche Nutzung;

⁷ Gemeinsame Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums, des Ministeriums für Ernährung und Ländlichen Raum und des Wirtschaftsministeriums zur gesamtökologischen Beurteilung der Wasserkraftnutzung; Kriterien für die Zulassung von Wasserkraftanlagen bis 1000 kW, GABl. Vom 28. Februar 2007, S. 105

- CO₂- und Schadstoffreduzierung im Vergleich zu einer Stromerzeugung auf fossiler Basis.

Im ersten Abschnitt von Teil IV schreibt der Wasserkrafterlass die grundsätzliche Gewährleistung der Durchgängigkeit bei Nutzung der Wasserkraft vor. In bestimmten Fällen umfasst dies auch Anforderungen an die flussabwärts gerichtete Durchgängigkeit. Im Hinblick auf fachliche Details verweist der Wasserkrafterlass explizit auf die Leitfäden "Durchgängigkeit für Tiere in Fließgewässern" der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LfU (Hrsg.) 2005a, LfU (Hrsg.) 2005b, LUBW 2006a, LUBW 2006b).

Abschnitt 2 von Teil IV des Wasserkrafterlasses befasst sich mit der Ermittlung und Sicherstellung der Mindestabflüsse im konkreten wasserrechtlichen Verfahren. Demnach sind notwendige Mindestabflüsse grundsätzlich in einem zweistufigen Verfahren zu ermitteln. Im ersten Schritt werden aus den hydrologischen Daten des Standortes Orientierungswerte ermittelt, diese Werte sind im zweiten Schritt anhand der örtlichen Gegebenheiten zu überprüfen. Im Hinblick auf fachliche Details verweist der Wasserkrafterlass auf den Leitfaden "Mindestabflüsse in Ausleitungstrecken" der Landesanstalt für Umweltschutz (LfU (Hrsg.) 2005b). Für Ausleitungskraftwerke nennt der Wasserkrafterlass einen Orientierungswert für den Mindestabfluss von $\frac{1}{3}$ MNQ. Dieser kann u. a. anhand folgender standortbezogener Kriterien angepasst werden:

- Durchgängigkeit der Ausleitungstrecke und Gewährleistung einer Leitströmung, Funktionsfähigkeit der Fischaufstiegsanlage,
- Erhaltung eines zusammenhängenden und funktionsfähigen Lebensraums.

Ein Abfluss von $\frac{1}{6}$ MNQ darf in den Ausleitungstrecken nicht unterschritten werden.

Für Flusskraftwerke bemisst sich der Mindestabfluss nach den Anforderungen einer funktionsfähigen Fischaufstiegsanlage inklusive ausreichender Leitströmung. Darüber hinaus kann nach Wasserkrafterlass zum Erhalt von hochwertigen Lebensräumen unterhalb von Wehranlagen eine zusätzliche Dotation notwendig sein.

Im LfU-Leitfaden (LfU (Hrsg.) 2005b) ist die Methodik zur Ermittlung des Mindestabflusses an konkreten Standorten im Einzelnen beschrieben. Unter anderem sind die Anforderungen wichtiger gewässertypischer Fischarten (Indikatorfischarten) an Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit in der Ausleitungstrecke heranzuziehen.

3.6 Durch den Natur- und Artenschutz sowie den Fischseuchenschutz vorgegebene Rahmenbedingungen

Vorgaben und Rechtsvorschriften des Natur- und Artenschutzes sowie zum Schutz vor Fischseuchen haben die Wasserkraft nicht unmittelbar zum Gegenstand. Sie enthalten jedoch Regelungen, die in der Praxis zu Konsequenzen für die Nutzung der Wasserkraft führen können. Diese werden im Nachfolgenden in zusammenfassender Form erläutert.

3.6.1 Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie)⁸

Die FFH-Richtlinie (1992, 1997) der EU dient dem Schutz und dem Erhalt bestimmter Lebensräume sowie bestimmter wildlebender Tier- und Pflanzenarten, die in Europa stark zurückgedrängt wurden und in besonderem Maße gefährdet sind. Die Umsetzung in nationales Recht erfolgte durch das Bundesnaturschutzgesetz⁹. Schutzziele sind unter anderem auch gewässergebundene Arten, darunter sämtliche in Baden-Württemberg heimischen Neunaugenarten und verschiedene Fischarten, aber auch Wirbellose, wie z. B. der Steinkrebs, die Bachmuschel oder diverse Libellen, deren teilweise mehrjährige Larven ebenfalls in Fließgewässern leben. Zur Umsetzung der FFH-Richtlinie wurde ein Netzwerk von Schutzgebieten – die FFH-Gebiete – ausgewiesen, welches auch eine Reihe von Gewässerabschnitten des Untersuchungsgebiets umfasst, wie aus dem Verzeichnis der Schutzgebiete im Rahmen des Bewirtschaftungsplans für das Bearbeitungsgebiet Main¹⁰ ersichtlich ist. FFH-Gebiete unterliegen hierbei grundsätzlich dem Verschlechterungsverbot gemäß § 33 Abs. 1 Bundesnaturschutzgesetz. Eingriffe, die zu einer erheblichen Beeinträchtigung der geschützten Lebensraumtypen und Arten führen, sind demnach unzulässig.

Für die Populationen der Neunaugen- und Fischarten stellt der Ausbau der Wasserkraftnutzung a priori eine mögliche erhebliche Beeinträchtigung in diesem Sinne dar, wenn entsprechende Vorhaben mit Veränderungen der Lebensräume einhergehen. Die Zulässigkeit solcher Maßnahmen ist in FFH-Gebieten daher in jedem Einzelfall zu prüfen. Damit ist der Ausbau der Wasserkraftnutzung in den betreffenden Fließgewässerabschnitten zwar grundsätzlich möglich, jedoch gegebenenfalls mit strengeren ökologischen Restriktionen und Anforderungen verbunden. Weitere Restriktionen im

⁸ Richtlinie 97/62/EG des Rates vom 27. Oktober 1997 zur Anpassung der Richtlinie 92/43/EWG zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen an den technischen und wissenschaftlichen Fortschritt (Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie) (Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L 305: 42-65)

⁹ Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), zuletzt geändert durch Artikel 4 Absatz 100 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154)

¹⁰ <http://udoprojekte.lubw.baden-wuerttemberg.de/udoprojekte/alias.xhtml?alias=wrrl>

Einzelfall können sich in FFH-Gebieten ergeben, wenn andere, nicht zur Artengruppe Neunaugen und Fische gehörige, gewässergebundene Arten oder Fließgewässerlebensraumtypen der FFH-Richtlinie betroffen sind.

Ergänzend zu beachten sind die in den Managementplänen für jedes FFH-Gebiet spezifisch formulierten Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen. Diese dienen der nachhaltigen Sicherung sowie Förderung der geschützten Lebensraumtypen und Populationen. Für gewässerabhängige FFH-Gebiete ist in den bislang ausgearbeiteten Managementplänen oftmals der Rückbau nicht (mehr) zur Energiegewinnung genutzter Querbauwerke als Entwicklungsziel festgehalten. In diesen Fällen besteht ein Zielkonflikt mit dem Ausbau der Wasserkraftnutzung.

Von weiterer Relevanz für die Zulassung von Wasserkraftanlagen können schließlich die Festsetzungen in Naturschutz- und Landschaftsschutzgebietsverordnungen oder biotop- und artenschutzrechtliche Vorschriften sein.

3.6.2 Fischereigesetz¹¹

Das Fischereigesetz des Landes Baden-Württemberg regelt in erster Linie das Fischereirecht und die Ausübung der Fischerei. Daneben werden aber auch Vorgaben für den Schutz der Fischbestände formuliert. Die Paragraphen 39 (Maßnahmen an Anlagen zur Wasserentnahme und an Triebwerken), 40 (Fischwege) und 41 (Fischwege bei bestehenden Anlagen) haben dabei Auswirkungen auf die Wasserkraftnutzung. So ist der „Fischwechsel mit Fischwegen oder sonstigen für den Wechsel der Fische geeigneten Einrichtungen von ausreichender Größe und Wasserbeschickung anzulegen, zu betreiben und zu unterhalten“. Weiterhin sind Vorrichtungen anzubringen und zu unterhalten, die das Eindringen von Fischen in Anlagen zur Wasserentnahme oder Triebwerke verhindern.

3.6.3 Tierschutzgesetz¹²

Das Tierschutzgesetz der Bundesrepublik Deutschland ist zu dem Zweck erlassen worden, "aus der Verantwortung des Menschen für das Tier als Mitgeschöpf dessen Leben und Wohlbefinden zu schützen." In der Hauptsache werden mit diesem Gesetz Vorgaben für die Tierhaltung und -schlachtung sowie für die Durchführung von Tierversuchen festgehalten. Der Grundsatz, dass nie-

¹¹ Fischereigesetz für Baden-Württemberg (FischG) vom 14. November 1979. Stand: letzte berücksichtigte Änderung: § 8 geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 3. Dezember 2013 (GBl. S. 389, 440)

¹² Tierschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Mai 2006 (BGBl. I S. 1206, 1313), das durch Artikel 3 des Gesetzes vom 28. Juli 2014 (BGBl. I S. 1308) geändert worden ist

mand einem Tier ohne vernünftigen Grund Schmerzen, Leiden oder Schäden zufügen darf, hat jedoch auch Auswirkungen auf die Wasserkraftnutzung. Insbesondere durch Turbinenpassagen und an unzureichend konzipierte Fischschutzeinrichtungen wird Wirbeltieren in großer Zahl Schaden zugefügt. Da diese Schädigungen durch geeignete Fischschutzeinrichtungen drastisch reduziert werden können – die Erforderlichkeit der Tiertötung und -schädigung also nicht gegeben ist –, ist die Errichtung derartiger Anlagen an Wasserkraftwerken aus tierschutzrechtlicher Sicht unter dem Vorbehalt einer Verhältnismäßigkeitsprüfung erforderlich.

3.6.4 EG-Aalverordnung¹³

Der Aal ist eine katadrome Fischart, die als juveniler Fisch (Glas- und Steigaaal) aus dem Meer kommend, mitunter weit in die atlantischen Stromsysteme aufsteigt und dort den größten Teil des Lebens bis zum Eintritt der Geschlechtsreife verbringt. Die Fortpflanzung erfolgt jedoch ausschließlich in der im Westatlantik gelegenen Sargassosee. Geschlechtsreife Aale (Blankaale) führen daher stromabwärts gerichtete Laichwanderungen innerhalb der atlantischen Stromsysteme durch, um ins Meer zu gelangen und sich fortzupflanzen.

Die EG-AALVERORDNUNG (2007) wurde verabschiedet, nachdem die jährlich aus den Laichgebieten an die europäischen Küstengewässer gelangenden Glasaalbestände in jüngerer Vergangenheit auf eine höchst kritische, den europäischen Gesamtbestand gefährdende Größe zusammengeschrumpft sind. Dieser Befund geht auf verschiedene Faktoren zurück. Eine Ursache sind die im Rahmen der Abwanderung aus dem Binnenbereich eintretenden Mortalitätsverluste durch Turbinenpassagen an Wasserkraftanlagen.

Tabelle 3-2: Dem Aal-Einzugsgebiet zugeordnete Gewässer im baden-württembergischen Main-Einzugsgebiet gemäß Aalbewirtschaftungsplan – Flussgebietseinheit Rhein (LANUV NRW (Hrsg.) 2008)

Gewässername	von (Stadt, ggf. E = Einmündung)	bis (M = Mündung)	Fläche [ha]
Main (Teil BW)	Bettingen	Kirschfurt	428
Tauber	Weikersheim E Vorbach	M Main	134

Zur Umsetzung der EG-Aalverordnung wurden der EU-Kommission vorzulegende einzugsgebietsbezogene Aalbewirtschaftungspläne erstellt, in denen unterschiedliche Maßnahmen zum Schutz, zur Schonung und zur Förderung der verbliebenen Aalbestände formuliert sind. Ferner ist darin definiert,

¹³ EG-AALVERORDNUNG (2007): Verordnung (EG) Nr. 1100/2007 des Rates vom 18. September 2007 mit Maßnahmen zur Wiederauffüllung des Bestands des Europäischen Aals. Amtsblatt der Europäischen Union, L 248: 17-23.

welche Gewässer aufgrund der Datenlage als Aal-Einzugsgebiete im Kontext der EG-Aalverordnung zu berücksichtigen sind (Tabelle 3-2). Der Main und seine Zuflüsse sind in dem im Dezember 2008 vorgelegten und durch Beschluss der Kommission vom 08.04.2010 genehmigten Aalbewirtschaftungsplan – Flussgebietseinheit Rhein (LANUV NRW (Hrsg.) 2008) behandelt. Dieser enthält in Bezug auf den Gefährdungsfaktor Wasserkraft folgende für die vorliegende Studie relevanten Festlegungen:

- Errichtung neuer Wasserkraftanlagen im Aal-Einzugsgebiet nur mit funktionsfähigen Auf- und Abstiegsanlagen auch für Aale;
- die langfristige Ausstattung bestehender Kraftwerke mit geeigneten Schutzeinrichtungen und funktionierendem Bypass, wo dies technisch möglich ist;
- die kurz- bis mittelfristige zeitweilige Abschaltung/Drosselung der Kraftwerke in den Hauptwanderzeiten, soweit die Aalabwanderungszeiten hinreichend genau feststellbar sind;
- die Initialisierung so genannter "Fang & Transport"-Maßnahmen an Flüssen mit hoher Kraftwerksmortalität, solange die Installation geeigneter Schutzeinrichtungen sowie die zeitweilige Abschaltung/Drosselung nicht realisiert werden.

Damit wird deutlich, dass Maßnahmen zur Verbesserung der Abwanderungsraten für geschlechtsreife Aale dringend geboten sind. Im Aal-Einzugsgebiet des baden-württembergischen Main-Einzugsgebiets (Tabelle 3-2) können diesbezüglich – mit Ausnahme der Schifffahrtsstraße Main – Rechen-Bypass-Systeme als technisch realisierbare und wirksame Lösungen zur Verbesserung der Aalabwanderung angesehen werden.

3.6.5 EG-Aquakulturrichtlinie¹⁴

Maßnahmen zum Schutz vor und zur Eindämmung von Fischseuchen berühren ebenfalls den Themenkomplex Gewässerdurchgängigkeit. In diesem Zusammenhang ist die EG-Aquakulturrichtlinie bzw. die auf nationaler Ebene gültige Fischseuchenverordnung¹⁵ von Bedeutung. Demnach können Fischzuchtbetriebe und Anlagen, aber auch ganze Gewässerabschnitte oder Teileinzugsgebiete, die nachweislich frei von meldepflichtigen Fischseuchen sind, den Status eines Schutzgebiets nach Fischseuchenverordnung (ehemals als "zugelassener Betrieb" bzw. "zugelassenes Gebiet" bezeichnet)

¹⁴ Richtlinie 2006/88/EG des Rates vom 24. Oktober 2006 mit Gesundheits- und Hygienevorschriften für Tiere in Aquakultur und Aquakulturerzeugnisse und zur Verhütung und Bekämpfung bestimmter Wassertierkrankheiten (Amtsblatt der Europäischen Union, L 328: 14 und L 140: 59)

¹⁵ Fischseuchenverordnung vom 24. November 2008 (BGBl. I S. 2315), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 14. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2697)

zuerkannt bekommen. Dieser Status ist unter anderem mit restriktiven Regelungen zur Verbringung von Fischen oder zum Fischbesatz in das Schutzgebiet verbunden.

In Baden-Württemberg gelangte die Fischseuchenverordnung vergleichsweise umfangreich zur Anwendung, darunter auch in untersuchungsrelevanten Gewässern der vorliegenden Studie. Die stromabwärts gelegene Grenze seuchenfreier Schutzgebiete ist dabei in aller Regel an ein nicht durchgängiges Querbauwerk gebunden, welches die fischseuchenfreien Gewässerbereiche vor der Einschleppung von Fischkrankheiten durch einwandernde wildlebende Fische schützt. Die betreffenden Querbauwerke sind in Tabelle 3-3 zusammengestellt.

Naturgemäß kollidieren die getroffenen fischseuchenrechtlichen Vorkehrungen bei den in Tabelle 3-3 gelisteten Querbauwerken mit dem Ziel einer möglichst umfassenden Gewässerdurchgängigkeit. Ihre durchgängige Umgestaltung darf daher nur nach einvernehmlicher Abstimmung mit den zuständigen Fachbehörden (Fischereibehörde und Fischgesundheitsdienst) erfolgen. Das Erfordernis angemessener Mindestabflussregelungen bleibt hiervon unberührt.

Aus fischökologischer Sicht wird der Verzicht auf die durchgängige Gestaltung fischseuchenrechtlich relevanter Querbauwerke als weitgehend unproblematisch eingeschätzt. Aufgrund der geringen Anzahl dieser Bauwerke werden die durch die EG-WRRL¹⁶ vorgegebenen Bewirtschaftungsziele hierdurch nicht zwangsläufig gefährdet. Eine detaillierte Prüfung muss dem Einzelfall vorbehalten bleiben.

Tabelle 3-3: *Regelungsbauwerke im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains, welche die stromabwärts gelegene Grenze eines Schutzgebiets nach Fischseuchenverordnung¹⁷ markieren; Stand Juni 2009¹⁸.*

UIS-ID	Wasserkörper Nr.	Gewässer	Bezeichnung und Vet. Nr. des Schutzgebiets
660.000.000.136	50-03	Grünbach	Grünbach und Wittigbach bis Wehr (34); beantragt
1280.000.000.295	50-02	Aschbach	Wassereinzugsgebiet des Aschbach (36); D-BW-G-03

¹⁶ Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes 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: 1-72)

¹⁷ Fischseuchenverordnung vom 24. November 2008 (BGBl. I S. 2315), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 14. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2697)

¹⁸ vgl. http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/menu/1296749_11/index.html

3.7 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)¹⁹

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz des Bundes hat den Gesetzeszweck,

"... eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen [...] und die Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien zu fördern".

Das Gesetz verfolgt das Ziel, den Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Bruttoendenergieverbrauch in Deutschland bis zum Jahr 2025 auf mindestens 40 Prozent zu erhöhen.

Um dieses Ziel zu erreichen, schafft das EEG ökonomische Anreize in Form festgelegter Vergütungssätze für Strom aus erneuerbaren Energien, die für Wasserkraftanlagen mit einer Leistung bis 5 MW und damit potenziell für alle im Rahmen dieser Studie betrachteten Standorte über einen Zeitraum von 20 Jahren gewährt werden. Die entsprechenden Vergütungsvorschriften sind eine wesentliche Grundlage zur Ermittlung eines technisch-ökonomisch-ökologischen Wasserkraftpotenzials. Die dieser Studie zugrunde liegenden Vergütungssätze aus § 23 EEG 2009²⁰ sind, soweit für die vorliegende Studie relevant, in Tabelle 3-4 zusammengefasst.

Tabelle 3-4: Vergütungssätze für Strom aus Wasserkraft nach EEG 2009 (Auszug)

Leistungsklasse	Neubau	Modernisierung
Bis einschließlich 500 kW	12,67 ct/kWh	11,67 ct/kWh
Bis einschließlich einer Leistung von 2 MW	8,65 ct/kWh	8,65 ct/kWh

Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass ein Anspruch auf die Vergütung nach EEG nur besteht, wenn die Wasserkraftanlage den Anforderungen der §§ 33 bis 35 und § 6 Absatz 1, Satz 1 Nummer 1 und 2 des Wasserhaushaltsgesetzes entspricht, also an Ausleitungskraftwerken ein ökologisch ausreichender Mindestabfluss gewährleistet, die Durchgängigkeit des Gewässers gesichert und Maßnahmen zum Schutz der Fischpopulationen ergriffen sind.

¹⁹Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014, zuletzt geändert durch Artikel 4 des Gesetzes vom 22. Juli 2014 (BGBl. I S. 1218)

²⁰ Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 25. Oktober 2008 (BGBl. I S. 2074), zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 20. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2730) geändert (Zur Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen der Studie für das Neckar-Einzugsgebiet wurden die Vergütungssätze aus § 23 EEG 2009 anstelle der aktuell gültigen Vergütungssätze des am 1. August 2014 in Kraft getretenen, novellierten EEG verwendet.)

3.8 Status der Wasserkraft in Baden-Württemberg

Innerhalb der Bundesrepublik Deutschland verfügt das Land Baden-Württemberg nach Bayern über die zweitgrößten Potenziale zur Nutzung der Wasserkraft (Anderer et al. 2010).

Die Wasserkraft ist in Baden-Württemberg der wichtigste erneuerbare Energieträger. Im Jahr 2012 wurden in Baden-Württemberg durch Wasserkraftanlagen insgesamt 4,7 TWh Strom erzeugt. Das sind 36 % der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen und entspricht einem Anteil von 6,0 % am Stromverbrauch des Landes (Umweltministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) 2013). Die Erzeugung von Strom aus Wasserkraft vermied damit im Jahr 2012 knapp 4 Millionen Tonnen CO₂-Emissionen im Vergleich zur Energieerzeugung aus fossilen Energieträgern. Insgesamt ist im Land an ca. 1.700 Wasserkraftanlagen (ohne Pumpspeicherkraftwerke) eine Leistung von knapp 850 MW installiert.

Politisches Ziel der Landesregierung ist es, den Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung in Baden-Württemberg von 13,6 % im Jahr 2008 auf über 38 % im Jahr 2020 zu steigern. Im Energiekonzept Baden-Württemberg 2020 (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) 2009) wird für die Wasserkraft ein Ausbau des im Land installierten Regelarbeitsvermögens von 4,9 TWh/a auf 5,5 TWh/a pro Jahr angestrebt. Das zusätzliche Regelarbeitsvermögen von ca. 600 GWh/a soll dabei aus den in Tabelle 3-5 aufgeführten Teilen zusammengesetzt sein (Schmidt et al. 2008).

Die zusätzlichen Potenziale sollen in erster Linie durch Sanierung und energetische Optimierung bestehender Anlagen erschlossen werden. Der Neubau von Anlagen ist nur an bestehenden Querbauwerken, wie z. B. Sohlenschwellen und Kulturwehren, vorgesehen und strebt parallel eine Verbesserung des ökologischen Zustands an diesen Querbauwerken an.

Tabelle 3-5: Ausbaupotenzial der Wasserkraft in Baden-Württemberg nach **Schmidt et al. (2008)**

Standort/Anlagengröße	Ausbaupotenzial GWh/a
Rheinfelden ^{1,2}	ca. 300
Albbruck-Dogern ^{1,3}	ca. 62
Iffezheim ^{1,4}	ca. 62
Ausbau weiterer Hochrheinkraftwerke (erst nach 2020)	ca. 160
Sonstige Wasserkraftanlagen > 5 MW	65
Wasserkraftanlagen zwischen 1 MW und 5 MW	75

Standort/Anlagengröße	Ausbaupotenzial GWh/a
Wasserkraftanlagen < 1 MW	150
SUMME (ohne Hochrheinkraftwerke nach 2020)	ca. 715
¹ nur deutscher Anteil bei Grenzkraftwerken, ² Inbetriebnahme 2011, ³ Inbetriebnahme 2009, ⁴ Inbetriebnahme 2013	

Um auch Modernisierungspotenziale an kleineren Anlagen zu erschließen, an denen die Vergütungssätze des EEG keinen ausreichenden ökonomischen Anreiz darstellen, empfehlen Schmidt et al. (2008) dem Land, insbesondere Wasserkraftbetreiber und Wasserbehörden bei der Suche nach einvernehmlichen Lösungen für die Anlagenmodernisierung zu unterstützen. Darüber hinaus hat das Land Baden-Württemberg im Jahr 2013 ein Förderprogramm „kleine Wasserkraft“ aufgelegt, dessen Ziel es ist, die technische und ökologische Modernisierung der kleinen Wasserkraft zu fördern und die vorhandenen Potenziale effizient zu nutzen.²¹

Im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains mit Ausnahme des Mains selbst wurden im Sommer 2013 insgesamt 93 Wasserkraftstandorte im Umweltinformationssystem Baden-Württemberg geführt. Die Fließgewässer im Bearbeitungsgebiet des Mains werden also bereits intensiv zur Gewinnung von Energie genutzt. Nur drei Anlagen an der Tauber erreichen eine Leistung von mehr als 250 kW. Die leistungsstärkste Anlage überhaupt abseits des Mains wird mit 415 kW geführt.

Die Ergebnisse der im Rahmen dieser Studie durchgeführten Erhebungen zur Wasserkraftnutzung im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains mit Ausnahme des Mains selbst sind in Kapitel 7.1 dargestellt.

²¹ <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/energie/erneuerbare-energien/wasserkraft/foerdergrundsaeetze-kleine-wasserkraft/>

4 Datengrundlagen

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden verschiedene Datengrundlagen aus den Bereichen Wasserwirtschaft, Gewässerökologie und Energiewirtschaft erhoben und zum Zwecke der Potenzialermittlung aufbereitet. Diese Daten werden nach Projektende an die Wasserwirtschaftsverwaltung des Landes übergeben.

4.1 Wasserwirtschaftliche Daten

Folgende Daten der Wasserwirtschaftsverwaltung des Landes Baden-Württemberg fanden Eingang in die Ermittlung der Ausbaupotenziale der Wasserkraft im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains mit Ausnahme des Mains selbst:

- Auszüge aus dem Anlagenkataster Wasserbau (AKWB) ²²;
- Amtliches digitales wasserwirtschaftliches Gewässernetz (AWGN);
- Daten zum wasserrechtlichen Status bestehender Wasserkraftanlagen;
- Daten über laufende wasserrechtliche Verfahren zur Modernisierung oder zum Neubau von Wasserkraftanlagen;
- Technische Daten aus den Triebwerksakten bestehender Wasserkraftanlagen sowie aus Plan- bzw. Genehmigungsunterlagen geplanter Anlagen;
- Hydrologische Daten;
- Wasserkraftstatistik des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Verkehr.

4.1.1 Daten des Anlagenkatasters Wasserbau (AKWB)

Durch die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) wurden dem Büro am Fluss im Sommer 2013 Daten zu folgenden wasserwirtschaftlichen Objekten im Bereich des baden-württembergischen Einzugsgebiets des Mains in Form von Shape-Dateien zur Verfügung gestellt:

- Wasserkraftanlagen,

²² Alle in dieser Studie behandelten Standorte sind mit einer Identifikationsnummer im Umweltinformationssystem Baden-Württemberg (UIS BW) verbunden. Wasserbauliche Anlagen werden im Rahmen des AKWB im Informationssystem Wasser, Immissionsschutz, Boden, Abfall, Arbeitsschutz (WIBAS) als Teil des UIS geführt.

- Regelungsbauwerke,
- Sohlenbauwerke inklusive Abstürze,
nach DIN 4047/Teil 5 bzw. DIN 19661/Teil2: Sohlenstufen: Absturz, Absturztreppe, Sohlenrampe, Sohlengleite und Schwellen: Stützwehr, Grundschwelle, Sohlenschwelle
- Anlagen zur Herstellung der Durchgängigkeit,
- Stauanlagen.

Die in den Shape-Dateien enthaltenen Sachdaten wurden zur weiteren Bearbeitung in eine Access-Datenbank importiert. Dort wurden sie in nach Bauwerkstyp getrennten Tabellen geführt und ggf. um notwendige weitere Datenfelder erweitert. Auf diese Weise war gewährleistet, dass alle neu erhobenen Daten immer über die UIS-Nummer mit dem im AKWB geführten Bauwerk verknüpft waren. Auch die Berechnung von Wasserkraftpotenzialen erfolgte stets getrennt nach den Objektarten des AKWB.

Insgesamt umfassten die übermittelten Daten:

- 156 Regelungsbauwerke²³,
- 95 Wasserkraftanlagen²³,
- 360 Sohlenbauwerke,
- 41 Anlagen zur Herstellung der Durchgängigkeit²³ sowie
- 23 Stauanlagen.

Bei diesem historisch gewachsenen Bestand ist zu beachten, dass die allermeisten wasserbaulichen Anlagen bzw. Querbauwerke enthalten sind und der Name Wehr (Regelungsbauwerk) manchmal irreführend sein kann. Auch ist beim beschriebenen Datensatz der Ersatz von Querbauwerken durch raue Rampen unberücksichtigt. Die vorliegenden Angaben enthalten keine Informationen zum faktischen Erscheinungsbild vor Ort, d.h. es enthält keine Informationen wie,

- Verlust – ganz oder teilweise – der Funktion eines Bauwerks (z. B. Sicherung der Gewässersohle, Aufstau),
- (noch) Abdeckung einer maßgeblichen Gewässerbreite,
- bereits eingetretener Verfall des Querbauwerks.

²³ Inklusive der nicht weiter betrachteten Anlagen im Main selbst

Je weiter das faktische Erscheinungsbild sich aufgrund solcher Aspekte einer frei fließenden Strecke angenähert hat, umso eher können fischökologische Belange – z. B. die Zerstörung von Laichplätzen bei einem zusätzlichen Aufstau oder Ausbau – gegeben sein, die einer Wasserkraftnutzung entgegenstehen.

Die Informationen über die Wasserkraftanlagen <1 MW Leistung im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains mit Ausnahme des Mains selbst waren bislang von heterogener Qualität. Aufgrund der Regelungen des EEG stehen für die Jahre ab 2006 zumindest für die in das Stromnetz einspeisenden Anlagen meist jährliche Angaben über die erzeugte Strommenge und die erhaltene Vergütung zur Verfügung. Diese Daten wurden für diese Untersuchung mit den wasserwirtschaftlichen Daten der öffentlichen Verwaltung so weit als möglich verknüpft und abgeglichen.

Um für die Ermittlung der Wasserkraftpotenziale im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains auf eine einheitliche und mit der entsprechenden Untersuchung im Neckar-Einzugsgebiet vergleichbare Datengrundlage zurückgreifen zu können, wurden die Informationen zu den vorhandenen wasserbaulichen Anlagen im Jahr 2014 im Zuge von Geländearbeiten überprüft und ergänzt. Hierbei wurden im Jahr 2014 nur solche wasserbaulichen Anlagen im Gelände untersucht, die während der Arbeiten im Jahr 2007 nicht bereits erhoben wurden, bzw. bei denen Anlass zu der Annahme bestand, dass ein wesentlicher Umbau stattgefunden hat. Die Arbeiten erfolgten im Wesentlichen auf die gleiche Weise wie im Neckar-Einzugsgebiet und sind in Dußling und Reiss (2007) beschrieben. Die im Zuge der Geländearbeiten erhobenen Daten sind im Anhang zu dieser Studie im Einzelnen dokumentiert.

Während der Geländearbeiten nicht behebbare, im AKWB ggf. vorhandene Datenlücken und Datenunschärfen wurden bei den relevanten Objekten auf die in Tabelle 4-1 beschriebene Weise ergänzt bzw. korrigiert, um eine möglichst vollständige und umfassende Datengrundlage für die spätere Potenzialberechnung zu erhalten.

Prüfung und Übernahme der geänderten Daten zu wasserbaulichen Anlagen in das UIS BW stehen in der Verantwortung der zuständigen datenführenden Stellen.

Eine Dokumentation neu aufgenommener und im Rahmen dieser Studie ermittelter bzw. berechneter Daten findet sich im Anhang dieser Studie.

Tabelle 4-1: Ergänzungen und Korrekturen an Daten aus dem AKWB

Datenfeld	Vorgenommene Ergänzungen und Korrekturen
Objekt Wasserkraftanlagen	
Nettofallhöhe	Bei der Mehrzahl der Wasserkraftanlagen wurde die Nettofallhöhe aus den Triebwerksakten der Landratsämter ergänzt. In der Regel wurden die Werte für die Nettofallhöhe aus den Wasserrechtsakten übernommen. Hieran wurden in Einzelfällen Korrekturen vorgenommen, wenn die Leistungsangaben zu den Anlagen aus den EEG-Daten Hinweise auf andere Werte ergaben.
Status	Angaben zum Status der Wasserkraftanlagen wurden auf folgenden Grundlagen geändert: <ul style="list-style-type: none"> • Ergebnisse der Geländearbeiten • Aktuelle Informationen der unteren Wasserbehörden • Daten zur Einspeisung von Strom nach EEG • Informationen von Betreibern der Anlagen
Objekt Regelungsbauwerke	
Wasserspiegeldifferenz	Angaben zur Wasserspiegeldifferenz wurden auf folgender Basis korrigiert: <ul style="list-style-type: none"> • Messungen im Gelände • Planunterlagen bei den unteren Wasserbehörden
Auswirkungsstrecke	Für alle Ausleitungskraftwerke wurde unabhängig von Vorhandensein und Qualität einer Mindestwasserregelung die Länge der Ausleitungsstrecke aus Geodaten ermittelt.
Objekt Sohlenbauwerke	
Wasserspiegeldifferenz	Angaben zur Wasserspiegeldifferenz wurden auf der Basis von Messungen im Gelände korrigiert.

Insbesondere im Zuge der Geländearbeiten wurden auch wasserbauliche Anlagen identifiziert, die nicht in den Daten des AKWB geführt wurden. Diese wurden neu in die Projektdatenbank aufgenommen. Hierzu wurde eine eindeutige vorläufige Identifikationsnummer (UIS-Nummer) vergeben, die nach folgendem System gebildet wurde:

In der zwölfstelligen Nummer geben die ersten vier Ziffern den Oberflächenwasserkörper wieder, in dem sich das Bauwerk befindet, z. B. liegt das Bauwerk mit der vorläufigen UIS-Nummer 51020000001 im Wasserkörper 51-02. Entsprechend dem Aufbau des AKWB wurden neue Bauwerke getrennt nach Wasserkraftanlagen, Regelungsbauwerken, Sohlenbauwerken, Anlagen zur Herstellung der Durchgängigkeit oder Stauanlagen erhoben.

Soweit möglich wurden für neu in die Bearbeitung aufgenommene Bauwerke alle verfügbaren Informationen erhoben und in der Datenbank dokumentiert. Alle Daten werden dem Auftraggeber am Ende der Arbeiten in digitaler Form als File-Geodatabase für geografische Informationssysteme bzw. Shapes zur Verfügung gestellt.

4.1.2 Wasserrechtliche Informationen

Die Erhebung von wasserrechtlichen Informationen wurde durch Einsichtnahme in die Triebwerksakten bei den unteren Wasserbehörden mit Zuständigkeit im baden-württembergischen Main-Einzugsgebiet im Mai 2014 ermöglicht. Soweit entsprechende Akten vorlagen, wurden die in Tabelle 4-2 dargestellten Informationen zu wasserrechtlichen Tatbeständen im Zusammenhang mit der Nutzung der Wasserkraft erhoben.

Darüber hinaus wurden bei den unteren Wasserbehörden Informationen zu im Jahr 2014 laufenden Verfahren zur Modernisierung oder zum Neubau von Wasserkraftanlagen erhoben.

Tabelle 4-2: Wasserrechtliche Informationen, die durch Akteneinsicht bei den unteren Verwaltungsbehörden erhoben wurden.

Bestehendes Wasserrecht:	Besteht am betrachteten Standort eine geltende wasserrechtliche Zulassung der Wasserkraftnutzung
Datum Erteilung:	Datum der Erteilung des Wasserrechts
Befristung:	Ja/Nein
Befristung bis:	Datum
Angabe Altrecht:	Sofern es sich um ein altes Recht handelt.
Mindestwasserregelung:	<p>Vorliegen und Qualität einer Mindestwasserregelung mit folgenden Einzelparametern:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mindestabfluss bei Ausleitungskraftwerken • Dotation einer ggf. vorhandenen Fischaufstiegshilfe am Wehr • Dotation einer ggf. vorhandenen 2. Fischaufstiegshilfe am Krafthaus von Ausleitungskraftwerken • Dotation einer ggf. vorhandenen Fischabstiegshilfe (Bypass)

4.1.3 Technische Daten bestehender Wasserkraftanlagen

Durch Auswertung der Triebwerksakten bei den zuständigen unteren Wasserbehörden wurden wichtige technische Daten zu den bestehenden oder geplanten²⁴ Wasserkraftanlagen ermittelt. In Einzelfällen wurden diese durch Informationen der Betreiber der Wasserkraftanlagen und sonstige Quellen (z. B. Informationen aus anderen Studien, Internet) ergänzt.

Die erhobenen technischen Daten sind im Einzelnen in Tabelle 4-3 zusammengestellt. Sie wurden jeweils über die UIS-ID mit der im AKWB geführten Anlage verknüpft.

Tabelle 4-3: Zusätzlich erhobene technische Informationen zu vorhandenen und geplanten Wasserkraftanlagen

Anzahl und Typ, Schluckvermögen und Nennleistung der Turbinen²⁵	Unterschieden in: Wasserrad, Francis, Kaplan, Durchström, Pelton, Schnecke
Einbaujahr der Turbinen	Jahr
Informationen zur Rechenanlage:	<ul style="list-style-type: none"> • Vorhandensein einer Rechenanlage • Stababstand • Rechenbreite • Anstellwinkel zur Gewässersohle • Wassertiefe im Kanal vor dem Rechen
Elektrische Leistung der Anlage ab Generatorklemme:	In kW Die Ermittlung des Wertes erfolgte entweder durch Übernahme des in den EEG-Daten für die Anlage angegebenen Wertes oder, falls keine Informationen zur Einspeisung vorliegen oder die Leistungsangabe nach EEG unplausibel war, durch Berechnung aus Nutzgefälle und Schluckvermögen der Anlage bzw. Wasserkraftmaschinen unter Annahme eines typischen Wirkungsgrades von 70 - 80 % in Abhängigkeit von Turbinentyp und -alter. Liegen für eine Anlage keine Angaben zu Nutzgefälle oder Schluckvermögen vor, wird ggf. eine bereits im AKWB eingetragene Leistung angenommen.
Fischabstiegsanlage:	Vorhandensein einer Fischabstiegsanlage Ggf. technische Informationen zur Ausgestaltung der Fischabstiegsanlage

Um ein möglichst vollständiges und korrektes Bild der aktuellen Nutzung der Wasserkraft im Untersuchungsgebiet erstellen zu können, wurden die bei den Wasserbehörden erhobenen technischen

²⁴ Technische Daten zu geplanten Anlagen wurden in die Datenbank übernommen, soweit laut Aussage der zuständigen Wasserbehörde der Planungsstand bzw. das Genehmigungsverfahren ausreichend fortgeschritten war, so dass keine wesentlichen Abweichungen aufgrund des Genehmigungsverfahrens mehr zu erwarten waren.

²⁵ Soweit an einer Anlage mehrere Wasserkraftmaschinen mit unterschiedlichen Fallhöhen betrieben werden, wurden auch diese Informationen erhoben.

Daten für nach EEG vergütete Anlagen mit den Leistungsangaben in den Daten zur Einspeisung dieser Anlagen abgeglichen. Traten hierbei unter Annahme mittlerer Gesamtwirkungsgrade von 65-80 % Widersprüche auf, wurde in Abstimmung mit der zuständigen Wasserbehörde versucht, deren Ursache zu klären.

Anhand der bei den unteren Wasserbehörden verfügbaren Informationen konnten diese Widersprüche in den meisten Fällen aufgeklärt werden. Unter anderem treten derartige Widersprüche immer dann auf, wenn eine Wasserkraftanlage aus dem AKWB durch mehrere Datensätze in den EEG-Daten repräsentiert ist oder mehrere Wasserkraftanlagen des AKWB als nur eine Anlage nach EEG vergütet werden.

In einigen Fällen sind jedoch aus den EEG-Daten entnommene Werte für Leistung und Jahresarbeit keinesfalls mit der in den Triebwerksakten dokumentierten Anlagentechnik zu erklären.

4.1.4 Hydrologische Daten

Die in der vorliegenden Studie verwendeten hydrologischen Daten wurden mittels der DVD BW_Abfluss 2007 (LUBW 2007) ermittelt.

In einem ersten Schritt wurden die Werte für den mittleren Abfluss (MQ) und den mittleren jährlichen Niedrigwasserabfluss (MNQ) mittels des in LUBW (2007) enthaltenen Berechnungsmoduls ermittelt, wobei als maßgeblicher Wert der Abflusswert am unteren Knoten des jeweiligen Basiseinzugsgebiets verwendet wurde. Bei allen Bauwerken, an denen aufgrund des MQ und der Fallhöhe ein theoretisches Potenzial von mindestens 8 kW ermittelt wurde, wurde anschließend überprüft, ob der Unterschied der Werte des MQ von oberem und unterem Knoten des Basiseinzugsgebiets mehr als 5 % beträgt. In diesen Fällen wurde mittels der in LUBW (2007) möglichen Interpolation ein standortscharfer Wert für den MQ bestimmt und für die weitere Betrachtung verwendet.

4.2 Gewässerökologische und fischereiliche Datengrundlagen

Um die im Rahmen des Projekts geforderten fischökologischen Fragestellungen sachgerecht bearbeiten zu können, war in erster Linie ein Abgleich der geografischen Lage der für die Studie relevanten Querbauwerksstandorte mit dem Status des jeweiligen Gewässers zum Arten- und Fischseuchenschutz sowie zum Migrationsbedarf der Referenz-Fischzönosen vorzunehmen. Hierfür konnte zurückgegriffen werden auf:

- GIS-Shapes der in Baden-Württemberg ausgewiesenen FFH-Gebiete, Naturschutzgebiete und der geschützten Biotop nach Naturschutzgesetz mit Bearbeitungsstand Juli 2012;
- einen GIS-Shape zum Migrationsbedarf der Fischfauna in den Fließgewässern Baden-Württembergs gemäß Dußling (2005);
- eine Liste der baden-württembergischen Schutzgebiete gemäß Fischseuchenverordnung (2008) mit Bearbeitungsstand Juni 2012.

Zudem wurde das historische Verbreitungsgebiet des atlantischen Lachses nach den Angaben in Dußling (2006) berücksichtigt.

4.3 Daten über die Stromeinspeisung aus Wasserkraftanlagen nach EEG

Um einen Überblick über die aktuell im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains in das Netz einspeisenden Wasserkraftanlagen zu gewinnen, und zur Plausibilisierung der errechneten Potenziale wurden Daten zur Einspeisung von Wasserkraftanlagen nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) erhoben.

Zu diesem Zweck wurden die öffentlich zugänglichen Daten über Wasserkraftanlagen ausgewertet, die nach dem EEG vergütet werden. Hierzu dienten insbesondere die Daten, die die EnBW Transportnetze AG im Internet²⁶ zur Verfügung stellt, sowie Daten weiterer Netzbetreiber, die öffentlich zugänglich sind. Mittels dieser Daten wurden in der Datenbank die Anlagenschlüssel nach EEG mit den UIS-Nummern der Wasserkraftanlagen verknüpft, um die weitere Auswertung zu erleichtern. Aus den öffentlich zugänglichen Daten wurden Daten zur Einspeisung aus den Jahren 2007 bis 2012 sowie der für die Anlagen zuständige Netzbetreiber erhoben.

4.4 Unschärfen bei den verwendeten Datengrundlagen

4.4.1 Hydrologische Daten

Gemäß (LUBW 2007) ist bei den mit Hilfe des Informationssystems BW_Abfluss errechneten Abflusswerten für den MQ mit einem Fehlerbereich von $\pm 10\%$ und für den MNQ mit einem Fehlerbereich von $\pm 15\%$ zu rechnen. In kleinen Einzugsgebieten, insbesondere $< 5 \text{ km}^2$, sind die Unsicherheiten deutlich größer.

²⁶ <http://www.transnetbw.de/eeg-and-kwk-g/eeg-anlagendaten/>

Eine weitere mögliche Fehlerquelle stellt die manuell durchgeführte Abgrenzung der Teileinzugsgebiete zur Ermittlung der standortgenauen Abflusswerte dar (siehe Methode in (LUBW 2007)) Diese Fehler spielen aber nur bei sehr kleinen Einzugsgebieten und damit geringen Potenzialen eine Rolle. Für das Wasserkraftpotenzial im gesamten Untersuchungsgebiet sind sie zu vernachlässigen.

4.4.2 Daten über die Stromeinspeisung aus Wasserkraftanlagen nach EEG

Im Internet sind die Daten zu den nach EEG vergüteten Wasserkraftanlagen nur mit unvollständigen Angaben zur Lage der Anlage verknüpft. In der Folge ist die Zuordnung der EEG-Daten zu Wasserkraftanlagen immer dort mit Unsicherheiten verbunden, wo auf engem Raum viele Wasserkraftanlagen installiert sind.

Trotz der Verwendung ergänzender Informationen, wie der Angaben zur Anlagenleistung oder Informationen der Wasserbehörden über wasserrechtliche Verfahren im Zusammenhang mit Modernisierungen, konnte nicht immer eine zweifelsfreie Zuordnung erfolgen. Darüber hinaus enthalten die EEG-Daten auch Informationen über Wasserkraftanlagen, die im Kataster wasserbaulicher Anlagen nicht geführt werden. Neben Laufwasserkraftanlagen, die aus unterschiedlichen Gründen nicht im AKWB geführt werden, fallen unter diese Kategorie auch Wasserkraftanlagen, die im Verbund mit Kläranlagen und Trinkwasserversorgungsanlagen betrieben werden und nicht Gegenstand dieser Studie sind. Durch die Unterstützung der zuständigen Wasserbehörden konnten aber die meisten derartigen Anlagen identifiziert und aus der weiteren Betrachtung ausgeschlossen werden.

4.5 Plausibilisierung der ermittelte Potenziale durch die Wasserbehörden

Im Herbst 2014 erhielten die im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains räumlich zuständigen Wasserbehörden die ermittelten Aus- und Neubaupotenziale zur Verfügung gestellt. Auf diese Weise sollten die fachlichen Kenntnisse vor Ort Berücksichtigung finden und auch Entwicklungen erfasst werden, die nach Erfassung der wasserrechtlichen Unterlagen auf den jeweiligen Landratsämtern stattgefunden hatten. Alle Rückmeldungen mit Auswirkungen auf die ermittelten Potenziale wurden in die Datenbank eingearbeitet.

5 Ökologische Arbeitswerte für die Potenzialermittlung

Nach dem Wasserkrafterlass Baden-Württemberg werden ökologische Abflüsse in einem zweistufigen Verfahren ermittelt. In einem ersten Schritt wird dabei ein Orientierungswert auf Basis von Abflusscharakteristiken festgelegt. In Abhängigkeit der Rahmenbedingungen eines Standorts werden dann die spezifischen fischökologischen Anforderungen mit berücksichtigt, um ausgehend vom Orientierungswert ökologisch erforderliche Abflüsse herzuleiten. Diese ökologischen Abflüsse müssen die Durchwanderbarkeit des von der Wasserkraftnutzung beeinflussten Gewässerabschnitts sowie die ökologische Funktionsfähigkeit von Ausleitungsstrecken sicherstellen. Um hierfür belastbare Abflüsse ermitteln zu können, ist eine ausgiebige Einzelfallbetrachtung notwendig, in der Regel anhand der Durchführung einer Detailstudie. Im Rahmen vorliegender Studie war dies jedoch weder möglich noch beabsichtigt. Stattdessen wurde das Ziel verfolgt, Arbeitswerte für ökologische Abflüsse zu ermitteln, die standardisiert in die Potenzialberechnung der Standorte einfließen können.

Entsprechend der zweistufigen Herangehensweise nach dem Wasserkrafterlass wurden in vorliegender Studie zwei unterschiedliche Ansätze ausgearbeitet, die parallel verfolgt wurden:

- Szenario 1:** Annahme ökologischer Abflüsse ausschließlich vor dem Hintergrund des im Wasserkrafterlass Baden-Württemberg genannten Orientierungswertes²⁷.
- Szenario 2:** Annahme spezifischer ökologischer Abflüsse in standardisierter Weise nach fischökologischen Anforderungen, die von Rahmenbedingungen des Standorts abhängig sind, orientiert am Wasserkrafterlass Baden-Württemberg.

Die grundsätzliche Vorgehensweise wurde bereits in der Studie für das Neckargebiet festgelegt (Heimerl et al. 2011), für die Bearbeitungsgebiete Donau, Bodensee/Alpenrhein, Hochrhein und Oberrhein (in Arbeit) verwendet und in Rücksprache mit der begleitenden Arbeitsgruppe aus Gründen der Vergleichbarkeit für vorliegende Studien auch für das Maingebiet übernommen. Auch grundlegende Arbeitswerte für beide Szenarien wurden so entsprechend der Studie für das Neckargebiet weiter verwendet. Zusätzlich wurden aufgrund fischökologischer Besonderheiten des Maingebietes für einige Fälle Anpassungen für das Szenario 2 vorgenommen, die ebenfalls von der begleitenden Arbeitsgruppe mitgetragen wurden. In den folgenden Kapiteln 5.1 bis 5.4 sind alle der vorliegenden Studie zugrundeliegenden standardisierten Berechnungsverfahren für ökologische Abflüsse aufgeführt.

²⁷ 1/3 MNQ für Ausleitungskraftwerke. Bei Flusskraftwerken wurde pauschal eine Dotation der notwendigen Fischaufstiegsanlage von 1/6 MNQ angenommen.

Zur Verwendung der Studie ergeben sich aus den vorgängigen Erläuterungen folgende Einschränkungen:

- (1) Aufgrund der standardisierten Herangehensweise ist die erarbeitete Information ausschließlich dazu geeignet, flussgebietsbezogene Bilanzierungen und erste, grobe Abschätzungen für einzelne Standorte durchzuführen.
- (2) Die festgelegten Arbeitswerte sind ausschließlich für das betrachtete Bearbeitungsgebiet gültig. Eine direkte Übertragbarkeit zur standardisierten Betrachtungsweise von Standorten außerhalb des Maingebietes ist aufgrund abweichender fischökologischer Anforderungen nicht gegeben.
- (3) Die festgelegten Arbeitswerte lassen keine allgemein gültigen Rückschlüsse auf die Abflussmenge zu, die zur Sicherstellung der fischökologischen Funktionsfähigkeit am jeweiligen Standort bzw. dessen Ausleitungsstrecke tatsächlich benötigt wird. Die abschließende Ermittlung von ökologischen Abflüssen für konkrete Einzelfälle bleibt umfangreichen, fachlichen Prüfungen vorbehalten. Die im Rahmen vorliegender Studie durchgeführten standardisierten Berechnungen können das Ergebnis einer Detailstudie auch nicht abschätzend vorwegnehmen. Ebenso kann auch die Notwendigkeit einer zweiten Fischaufstiegsanlage am Krafthaus und eines Rechen-Bypasses erst im Rahmen einer Detailstudie abschließend geklärt werden.

Aus diesen Gründen können die Berechnungen auch bei standardisierter Berücksichtigung spezifischer ökologischer Abflüsse (Szenario 2) für den konkreten Einzelfall nicht ohne Überprüfung übernommen werden. Bei der Durchführung eines zweistufigen Verfahrens zur Ermittlung des ökologischen Abflusses sind zusätzliche ökologische Fragestellungen zu berücksichtigen, die im Rahmen eines standardisierten Verfahrens nicht berücksichtigt werden können. Zu diesen weitergehenden Fragestellungen gehören insbesondere die folgenden Überlegungen:

Herstellung der Durchgängigkeit an Wasserkraftanlagen

Die Wasserkraftpotenzialberechnungen berücksichtigen jene fischökologischen Erfordernisse, die die Herstellung der Durchgängigkeit an einer üblichen Wasserkraftanlage betreffen. Für die hierfür veranschlagten Dotationsmengen wurden in der Regel Mindestwerte aus der Fachliteratur für den Fall einer Schlitzpassanlage herangezogen, wie sie nach dem aktuellen Stand der Technik errichtet werden kann. Je nach Typ und Bauweise der Fischaufstiegsanlage wird eine zusätzliche Beaufschlagung mit Dotierwasser erforderlich sein, um die Funktionsfähigkeit der Anlage sicherzustellen. Ebenso

können zur Sicherung des Aufstiegs lokal relevanter Arten und Größenklassen ein zweiter Einstieg, eine weitere Fischaufstiegsanlage und/oder eine höhere Wassermenge erforderlich sein.

Diese Einschränkungen gelten in gleicher Weise auch für die Berücksichtigung von Fischabstiegs-/Fischschutzeinrichtungen.

Die Wasserkraftpotenzialberechnungen berücksichtigen nicht die erforderliche Auffindbarkeit der Fischaufstiegsanlage für die Fische, da diese wesentlich abhängig ist von Gestaltung und baulicher Einbindung der Anlage, konkurrierenden Strömungen, Anordnung der Turbinenausläufe, der Gewässermorphologie des Unterwassers und den betrachteten Fischarten.

Die Potenzialberechnungen berücksichtigen mit Ausnahme der Standorte in Abschnitten mit hohem Migrationsbedarf nur die Anlage einer Fischaufstiegsanlage. Je nach Typ und Bauweise der Wasserkraftanlage kann der Bau mehrerer Fischaufstiegsanlagen erforderlich sein – auch in Gewässern, für die kein hoher Migrationsbedarf ausgewiesen ist (z.B. am Wehr und am Krafthaus).

Durchwanderbarkeit von Ausleitungsstrecken

Die Potenzialberechnungen mit den standardisiert veranschlagten ökologischen Abflüssen berücksichtigen nicht die für die Durchwanderbarkeit von Ausleitungsstrecken spezifisch erforderlichen Abflüsse und Wasserstände in der Ausleitungsstrecke, da diese in starkem Maße abhängig sind von der Gewässermorphologie des Unterwassers und den betroffenen Fischarten.

Fischökologische Funktionsfähigkeit von Ausleitungsstrecken

Spezielle Erfordernisse zum Erhalt bestehender bzw. zur Wiederherstellung durch Wasserkraftnutzung zerstörter Fischlebensräume (Kieslaichflächen, Deckungsstrukturen, Altarmbindung, Überschwemmungsflächen etc.) sind in den Wasserkraftpotenzialberechnungen noch nicht berücksichtigt. Hierzu zählen auch Aspekte der Gewässerdynamik in Ausleitungsstrecken und ihr Zusammenhang mit dem Ausbaugrad der Wasserkraftanlagen. Wird bspw. das Schluckvermögen einer Wasserkraftanlage erhöht, um die energetische Nutzung eines Wasserkraftpotenzials zu optimieren, führt dies meist zu einer ökologischen Verschlechterung in der Ausleitungsstrecke.

Weitere ökologische Belange

Die Potenzialberechnungen berücksichtigen ausschließlich fischökologische Erfordernisse. Die ökologischen Belange weiterer Tiere oder Pflanzen des aquatischen Lebensraumes, der Auen oder der gewässerbegleitenden terrestrischen Strukturen sowie landschaftsökologische Belange sind noch nicht berücksichtigt.

Zwar kann sich im konkreten Einzelfall nach eingehender Detailuntersuchung der wichtigsten ökologischen Fragestellungen herausstellen, dass der in vorliegender Studie angenommene ökologische Abfluss nach Szenario 2 für den ordnungsgemäßen Betrieb der entsprechenden Wasserkraftanlage ausreichend ist. Andererseits können nach standortspezifischer Berücksichtigung der wesentlichen ökologischen Belange auch beträchtliche zusätzliche Wasserabgaben erforderlich sein.

5.1 Szenario 1 – Orientierungswerte nach Wasserkrafterlass

Die angenommenen Arbeitswerte zu ökologischen Abflüssen in Szenario 1 orientieren sich ausschließlich an den hierzu im Wasserkrafterlass Baden-Württemberg enthaltenen quantitativen Vorgaben. Bei dieser Betrachtungsweise werden weder ökologische Rahmenbedingungen der Standorte noch spezifische Erfordernisse zur Sicherstellung der Gewässerdurchgängigkeit berücksichtigt.

Für **Ausleitungskraftwerke** wird im Wasserkrafterlass ein Orientierungswert von 1/3 MNQ zur Mindestdotations von Ausleitungsstrecken vorgegeben. Dieser Wert wurde auch für die Potenzialberechnung nach Szenario 1 herangezogen. Mit diesem Mindestabfluss muss gemäß Wasserkrafterlass theoretisch auch die Gewässerdurchgängigkeit hergestellt werden. Daher ist aus fischökologischer Sicht anzustreben, dass der für Szenario 1 angenommene ökologische Abfluss von 1/3 MNQ auch vollständig für die Dotation der Fischaufstiegsanlage zur Verfügung steht. Unter dieser Vorgabe entfällt eine energetische Mindestwassernutzung.

Demgegenüber gibt der Wasserkrafterlass keinen Orientierungswert für **Flusskraftwerke** vor. Bei Flusskraftwerken entsteht keine Ausleitungsstrecke von bedeutendem Ausmaß, da das zur Energiegewinnung entnommene Wasser in der Regel direkt unterhalb des Regelbauwerks wieder rückgeleitet wird. Demnach ist an diesen Anlagen aus fischökologischer Sicht lediglich die Durchgängigkeit herzustellen. In der Praxis wird derzeit unter normalen Bedingungen häufig etwa 1/6 MNQ zur Dotation der Fischaufstiegsanlage angesetzt. Dieser Wert wurde daher auch zur Berechnung der Wasserkraftpotenziale in Szenario 1 verwendet.

Im Rahmen vorliegender Studie sind als Flusskraftwerke Anlagen definiert, bei denen der zur Energieerzeugung genutzte Abfluss unmittelbar unterhalb des Querbauwerks wieder in das Gewässerbett zurückgeführt wird und bei denen keine fischökologisch relevante Gewässerstrecke mit verringerter Restwasserführung entsteht. Sofern in den Datenbeständen als Flusskraftwerk geführte Anlagen diese Bedingungen aufgrund ihrer derzeitigen baulichen Konstruktion nicht erfüllen, wurden sie in Bezug auf die Berechnung der Wasserkraftpotenziale im Rahmen vorliegender Studie wie Ausleitungskraftwerke (d. h. unter Berücksichtigung einer Mindestdotations von 1/3 MNQ für den Fischauf-

stieg) behandelt. Regelungsbauwerke, die aktuell kein Wasser zur Wasserkraftnutzung ausleiten, und Sohlenbauwerke fließen in die Potenzialberechnung wie Flusskraftwerke ein.

Sämtliche in Kapitel 5.3 aufgeführten Werte und Annahmen entsprechen vollständig den entsprechenden Vorgaben, unter denen die Studie für das Neckargebiet (Heimerl et al. 2011) erstellt wurde. Bezüglich des Szenarios 1 besteht daher eine direkte Vergleichbarkeit zwischen vorliegendem Bericht und der Neckarstudie.

5.2 Szenario 2 – Spezifische ökologische Abflüsse nach Wasserkrafterlass

Im Szenario 2 werden zusätzlich ökologische Rahmenbedingungen der Standorte und spezifische Anforderungen an die Herstellung der Gewässerdurchgängigkeit betrachtet. Im Einzelnen werden dabei für die Berechnung ökologischer Gesamtabflüsse ($Q_{ök}$) berücksichtigt

- Mindestabflüsse für Ausleitungsstrecken (Q_{min});
- Abflüsse zur Dotation von Fischaufstiegsanlagen an Regelungsbauwerken (Q_{FAA1}) und, sofern aus fischökologischer Sicht erforderlich, im Bereich von Krafthäusern (Q_{FAA2});
- Abflüsse zur Dotation von Rechen-Bypass-Systemen für den Fischabstieg (Q_{Bypass}).

Abgesehen von Sonderfällen leiten die meisten Fischabstiegsanlagen (Bypass) und sämtliche Fischaufstiegsanlagen am Krafthaus (FAA2) in den Unterwasserkanal ein. Die Dotation dieser Anlagen trägt demnach nicht zur Mindestwasserführung in der Ausleitungsstrecke bei und ist daher vom energetisch nutzbaren Wasserdargebot zusätzlich abzuziehen.

Zur Herleitung von Arbeitswerten wurden fischökologische Besonderheiten im Mainsystem Baden-Württembergs berücksichtigt. Wie in den baden-württembergischen Flusssystemen des Rheins und des Neckars haben auch im Mainsystem anadrome Fischarten als klassische Langdistanzwanderer eine besondere Bedeutung. Dabei gilt der Maifisch hier als verschollen, der Lachs, die Meerforelle und das Meerneunauge als vom Aussterben bedroht (Baer et al. 2014). Als weiterer klassischer Langdistanzwanderfisch kommt der katadrome Aal im Mainsystem vor. Er gilt derzeit als stark gefährdet (Baer et al. 2014). Auch innerhalb des Flusssystems wandernde Mitteldistanzwanderer sind für das Mainsystem in der Roten Liste Baden-Württembergs mit Bedrohungsstatus aufgeführt (Baer et al. 2014): Die Quappe als vom Aussterben bedroht, die Nase als stark gefährdet und die Barbe als gefährdet.

In Rücksprache mit der begleitenden Arbeitsgruppe wurde vereinbart, dass aus fischökologischen Gründen die beiden Arten Lachs und Aal in besonderer Weise berücksichtigt werden. Der Lachs weist

erhöhte ökologische Anforderungen insbesondere an die Durchwanderbarkeit und die Mindestwasserführung in Ausleitungsstrecken auf. Weiterhin beinhaltet sein historisches Verbreitungsgebiet im Mainsystem auch die entsprechenden Verbreitungsgebiete von Maifisch, Meerforelle und Meerneunauge. Aus diesen Gründen und um die Vergleichbarkeit mit den Studien für das baden-württembergische Rheinsystem beizubehalten, wurden in vorliegender Studie besondere Anforderungen auf das historische Verbreitungsgebiet des Lachses angewendet.

Der Aal stellt für Wasserkraftwerke insbesondere in Bezug auf den Fischschutz und den Fischabstieg erhöhte und artspezifisch besondere Anforderungen. Daher wurden auch für das Aaleinzugsgebiet im Mainsystem (vgl. Kap. EG-Aalverordnung) – gemäß dem Aalbewirtschaftungsplan für die Flussgebietseinheit Rhein (LANUV NRW 2008) – erhöhte Anforderungen in das standardisierte Berechnungsverfahren übernommen.

Insgesamt wurde mit dem Szenario 2 versucht, den ökologischen Anforderungen differenzierter gerecht zu werden als bei der Betrachtung des Szenarios 1 (vgl. Tabelle 5-2 und Tabelle 5-3). Damit kann auch dem Wasserkrafterlass Baden-Württemberg besser entsprochen werden, indem auf folgende dort genannte Vorgaben in stärkerem Maß eingegangen wird:

- Die Fließgewässerdurchgängigkeit für Fische ist grundsätzlich zu gewährleisten, in bestimmten Fällen auch in Bezug auf Anforderungen an stromabwärts gerichtete Fischwanderung (Teil IV Abschnitt 1, Wasserkrafterlass).
- Der Orientierungswert für Mindestabflüsse in Ausleitungsstrecken kann örtlich angepasst werden, insbesondere auch in Hinblick auf die Erhaltung eines zusammenhängenden und funktionsfähigen Lebensraums (Teil IV Abschnitt 2.2, Wasserkrafterlass).

Dennoch ist auch die Bearbeitung auf Basis des Szenarios 2, wie bereits angeführt, ein standardisiertes Verfahren, welches eine einzelstandortbezogene Detailbetrachtung nicht ersetzen kann. Zu dieser standardisierten Herleitung ökologischer Abflüsse wurden in Absprache mit der begleitenden Arbeitsgruppe – und dabei insbesondere mit Vertretern der Fischereiverwaltung Baden-Württembergs – Arbeitswerte zur Dotation von Ausleitungsstrecken, Fischaufstiegsanlagen und Fischabstiegsanlagen (Rechen-Bypass-Anlagen) angenommen, die einen aus ökologischer Sicht vertretbaren Kompromiss zwischen den fischökologischen Erfordernissen zur Herstellung der Durchgängigkeit nach aktuellem Wissensstand und den Interessen der Wasserkraftnutzung darstellen. Dies wird im Einzelnen nachfolgend erläutert.

5.2.1 Erfordernisse aus hydraulischer Sicht

Um die Gewässerdurchgängigkeit im Bereich von Querbauwerken herzustellen, müssen entsprechende hydraulische Voraussetzungen erfüllt sein. Diese beziehen sich auf die Dotation und Bemessung der Fischaufstiegsanlage, Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen sowie für Ausleitungskraftwerke auch auf die Wasserführung in der Ausleitungsstrecke.

Während für Fischaufstiegsanlagen – orientiert an den jeweiligen Zielfischarten – allgemein gültige Mindest-Vorgaben gemacht werden können, ist dies für Ausleitungsstrecken ohne Untersuchung des Gewässermutterbetts allenfalls grob abschätzend möglich. Herrschen dort Strömungs- und Tiefenverhältnisse vor, die von den betreffenden Zielfischarten gemieden werden, ist die Durchgängigkeit der Ausleitungsstrecke unter Mindestwasserführung nicht gegeben. Dies gilt auch, wenn die Ausleitungsstrecke im Bereich der Rückleitung durch fehlende oder zu geringe Lockströmung für aufwärts wandernde Fische kaum auffindbar ist. Unter diesen Voraussetzungen erreichen die Zielfischarten die Fischaufstiegsanlage am Wehr nicht, wodurch diese die ihr zuge dachte Funktion nicht erfüllen kann.

Für die angesprochenen Strömungs- und Tiefenverhältnisse in Ausleitungsstrecken existieren wissenschaftliche Erkenntnisse (Dumont 2005, LfU (Hrsg.) 2005b, DWA 2014). Ab welchem Mindestabfluss sich diese Verhältnisse in der jeweils betrachteten Ausleitungsstrecke einstellen, ist ohne entsprechende Untersuchung jedoch nicht vorhersagbar. Hinzu kommt, dass in zahlreichen Ausleitungsstrecken weitere Wanderhindernisse wie natürliche Abstürze vorhanden sind, die in Abhängigkeit von der Mindestwasserdotation für Zielarten überwindbar sein können. Auch dieser Aspekt muss im Rahmen einer Detailstudie abgeklärt werden, um einen Mindestabfluss zu ermitteln, ab dem die Durchwanderbarkeit der Ausleitungsstrecke möglich ist.

Die funktionale Gestaltung von Fischaufstiegsanlagen an Wasserkraftstandorten hängt entscheidend davon ab, ob deren Konstruktion und Dotation an den Körpergrößen, Verhaltensweisen und Schwimmleistungen der entsprechenden Zielfischarten ausgerichtet ist. Auf Basis von aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen zu diesen Aspekten lassen sich fischartenspezifische Werte für die erforderliche Mindestdotations von Fischaufstiegsanlagen formulieren. Diese sind in Tabelle 5-1 für einige wichtige Zielfischarten des Mainsystems zusammengestellt. Eine Unterschreitung dieser Werte führt zwangsläufig dazu, dass für die betreffenden Fischarten ein Aufstieg in ökologisch ausreichendem Umfang aus hydraulischen Gründen nicht mehr gewährleistet ist. Da es sich bei diesen Werten um Grenzwerte handelt, ist in der Praxis sicherzustellen, dass diese auch bei wechselnden Abflussbedingungen im Oberwasser eingehalten werden. Daher sollte bei der Bemessung von Fischaufstiegsanlagen grundsätzlich ein Sicherheitszuschlag eingerechnet werden.

Tabelle 5-1: Fischartabhängige Orientierungswerte für die zur funktionalen Gestaltung erforderliche Mindestdotations von Fischaufstiegsanlagen aus hydraulischer Rechnung ohne Berücksichtigung der Leitwirkung (Dumont 2005, AG-FAH 2011, DWA 2014)

Fischart	Beckenartige Bauweise; $Q_{FAA \min}$	Umgehungsgerinne; $Q_{FAA \min}$
Bachforelle	0,1 m ³ /s	0,2 m ³ /s
Äsche, Döbel, Rotauge, Hasel	0,15 - 0,25 m ³ /s	0,35 m ³ /s
Barbe, Brachse, Hecht, Lachs, Meerforelle	0,4 – 0,5 m ³ /s	0,5 - 0,55 m ³ /s

Die in Tabelle 5-1 zusammengefassten Werte basieren allerdings ausschließlich auf hydraulischen Erwägungen zur funktionalen Gestaltung der Fischaufstiegsanlage selbst. Sie lassen insbesondere noch keine detaillierten Rückschlüsse darüber zu, inwieweit andere für die durchgängige Gestaltung von Wasserkraftstandorten wichtige Rahmenbedingungen erfüllt sind.

In diesem Zusammenhang ist die Erzeugung einer ausreichend hohen Leitströmung am Einstieg der Fischaufstiegsanlage von grundsätzlicher Bedeutung. Dies setzt voraus, dass neben einer angemessenen Dotation vor allem auch eine günstige geometrische Dimensionierung und kleinräumige Anordnung der Fischaufstiegsanlage (insbesondere die Lage des Einstiegs betreffend) im Gewässer erfolgt. Hier ist auch zu beachten, dass einige Arten (bspw. Barben und Nasen) mit der Hauptströmung in Flussmitte wandern, während andere Zielarten, wie bspw. die Bachforelle vor allem uferorientiert wandern (AG-FAH 2011). Um eine selektive Funktion einer Fischaufstiegsanlage zu verhindern, ist daher in einigen Fällen der Bau von zwei Anlagen bzw. einer Anlage mit mehreren Einstiegen notwendig. Aus diesen Gründen hat eine standardisierte Betrachtungsweise auch für die Bemessung von Dotationen für Fischaufstiegsanlagen der einzelnen Standorte allenfalls grob abschätzenden Charakter.

Stromabwärts gerichtete Fischwanderbewegungen stellen die Betreiber von Wasserkraftanlagen in erster Linie vor die Herausforderung, Schädigungen von Fischen durch Turbinen, mechanische Barrieren und große Absturzhöhen weitestgehend zu vermeiden. In der Regel sind dazu nach aktuellem Wissensstand Rechen-Bypass-Systeme die geeignetsten Fischschutz- und Abstiegsanlagen. Mit der funktionalen Gestaltung dieser Anlagen zusammenhängende hydraulische Fragestellungen betreffen in erster Linie die Anströmgeschwindigkeit sowie die Neigung und Stabweite der Rechen (Dumont 2005). Weiterhin ist entscheidend, dass Zielfischarten nach ihrem Wanderverhalten entsprechend positionierte Einstiegsöffnungen vorfinden. Die eigentliche Dotation der Fischabstiegsanlage ist weit weniger bedeutend als für Fischaufstiegsanlagen. Insgesamt gehen diese Aspekte jedoch deutlich über die Aufgabenstellung vorliegender Studie hinaus und werden an dieser Stelle deshalb nicht näher behandelt. Weil die Notwendigkeit von Fischschutz- und Abstiegsanlagen durch das Fischerei-

und das Tierschutzgesetz vorgegeben ist, sind bei der Errichtung neuer Wasserkraftanlagen sowie bei der Modernisierung bestehender Anlagen in der Regel entsprechende Systeme umzusetzen.

5.2.2 Spezifische ökologische Abflüsse an Ausleitungskraftwerken

Mindestabfluss in Ausleitungsstrecken

Wie bereits erläutert, gibt der Wasserkrafterlass Baden-Württemberg in Bezug auf den erforderlichen Mindestabfluss in Ausleitungsstrecken einen Orientierungswert von $1/3$ MNQ vor. In vielen Fällen kann sich dieser Abfluss aus fischökologischer Sicht als ausreichend herausstellen, um die Durchgängigkeit von Ausleitungsstrecken und der Fischaufstiegsanlage zu gewährleisten. Damit mit dem verfügbaren Abfluss eine möglichst optimale Durchgängigkeit erzielt werden kann, ist aus fischökologischer Sicht auch in Szenario 2 anzustreben, $1/3$ MNQ vollständig über die Fischaufstiegsanlage abzuführen. Damit entfällt eine energetische Mindestwassernutzung am Ausleitungswehr.

Zu ungünstigen Bedingungen führt ein Abfluss von $1/3$ MNQ dagegen, wenn er nicht mehr ausreichend ist, um die bereits erwähnten Erfordernisse aus hydraulischer Sicht zu erfüllen. Nach den hierzu vorliegenden Abflussdaten tritt dieses Problem in erster Linie in den natürlicherweise bereits mit geringen Abflüssen ausgestatteten Gewässerabschnitten der Forellen- und Äschenregion bzw. der Übergangsbereiche beider Fischregionen auf. Die in Fischaufstiegsanlagen erforderlichen Dotationen für die betreffenden Leitfischarten betragen gemäß Tabelle 5-1 mindestens $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (Bachforelle) bzw. $0,15\text{-}0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ (Äsche). Es ist allerdings in den meisten Fällen zu bezweifeln, ob diese für die Abmessungen eines Beckenpasses – insbesondere in der Forellenregion – gerade noch ausreichenden Abflusswerte in den größeren Querschnitten der Ausleitungsstrecken zu ausreichenden Tiefen- und Strömungsverhältnissen führen. Aus fischökologischer Sicht sind deshalb bereits Abflüsse von $< 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ in Ausleitungsstrecken problematisch bzw. für deren durchgängige Gestaltung als unzureichend einzuschätzen.

Dementsprechend sollte für die standardisierte Betrachtung ein Wert von $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ bei der Bemessung von Mindestabflüssen für Ausleitungsstrecken generell nicht unterschritten werden. Der Arbeitswert für den ökologischen Mindestabfluss beträgt in Szenario 2 dementsprechend $1/3$ MNQ, mindestens jedoch $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Dieser Sockelwert wurde auch in der Neckarstudie (Heimerl et al. 2011) sowie in den Arbeiten zu den Gebieten Donau-Einzugsgebiet (BW), Bodensee-Einzugsgebiet (BW), Hochrhein-Einzugsgebiet (BW) und Oberrhein-Einzugsgebiet (BW) verwendet, was die Vergleichbarkeit mit diesem Bericht verbessert. Der Lachs weist deutlich höhere Ansprüche auf, zum einen an die hydraulischen Erfordernisse einer Fischaufstiegsanlage, zum anderen aber auch an die Mindestwas-

serdotation von Ausleitungsstrecken. Aus diesen Gründen wurde im Einvernehmen mit Vertretern der Fischereiverwaltung für das standardisierte Berechnungsverfahren als Arbeitswert für den ökologischen Mindestabfluss $3/4 \text{ MNQ}$, mindestens jedoch $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ veranschlagt (vgl. Tabelle 5-1).

Entsprechend den Vorgängerstudien (Heimerl et al. 2011) wurde für Standorte von Ausleitungskraftwerken in Gewässern bzw. Gewässerabschnitten mit hohem Migrationsbedarf (Dußling 2005) kein höherer Sockelwert für die Dotation von Fischaufstiegsanlagen am Wehr angenommen. Dies obwohl hier Fischarten zu berücksichtigen sind, die höhere Anforderungen an die Bemessung von Fischpässen stellen, und zudem eine besonders gute Funktionsfähigkeit der Fischaufstiegsanlagen sicherzustellen ist. Für Flusskraftwerke wurde in der Neckarstudie dagegen an Standorten mit hohem Migrationsbedarf eine höhere Dotation für die Fischaufstiegsanlage angenommen (vgl. Kapitel 5.2.3). Diese Vorgehensweise wurde aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit der Studien auch für das Maingebiet beibehalten.

Nach dem Wasserkrafterlass Baden-Württemberg hat eine Mindestdotation von Ausleitungsstrecken auch die ökologische Funktionsfähigkeit im hydrologisch beeinflussten Gewässerabschnitt zu gewährleisten. Dabei sind insbesondere die Anforderungen der Zielarten an die Parameter Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe zu erfüllen. Um den hierfür tatsächlich jeweils benötigten Mindestabfluss zu ermitteln, sind – wie bereits mehrfach aufgeführt – Detailstudien notwendig.

Mindestabfluss für einen zweiten Fischaufstieg im Bereich des Krafthauses

Fließgewässerfischarten orientieren sich im Rahmen ihrer stromaufwärts gerichteten Wanderbewegungen in erster Linie an der Strömung. Ausleitungskraftwerke sind dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungen der Ausleitungsstrecke (im Mutterbett) und des Unterwasserkanals miteinander konkurrieren. Fast immer geht die deutlich stärkere Leitströmung hierbei von dem mit signifikant höheren Abflüssen dotierten Unterwasserkanal aus, in den aufstiegswillige Fische in der Folge vermehrt geleitet werden. Sofern am Krafthaus keine weitere funktionstüchtige Fischaufstiegsanlage installiert ist, entsteht für die betreffenden Fische ein Sackasseneffekt.

Letzterer hat vor allem in den von Dußling (2005) festgelegten Flussabschnitten mit hohem Migrationsbedarf der Fischfauna (Abbildung 5-1) besonders nachteilige fischökologische Folgen: Diese Flussabschnitte stellen natürlicherweise die klassischen Lebensräume der innerhalb der Fließgewässer über vergleichsweise weite Distanzen wandernden Migranten (Nase, Barbe, Quappe). Gleichzeitig ist die Möglichkeit, ungehinderte Längswanderungen durchführen zu können, für die Biologie und gewässeradäquate Bestandsentwicklung dieser Arten von erheblicher Relevanz.

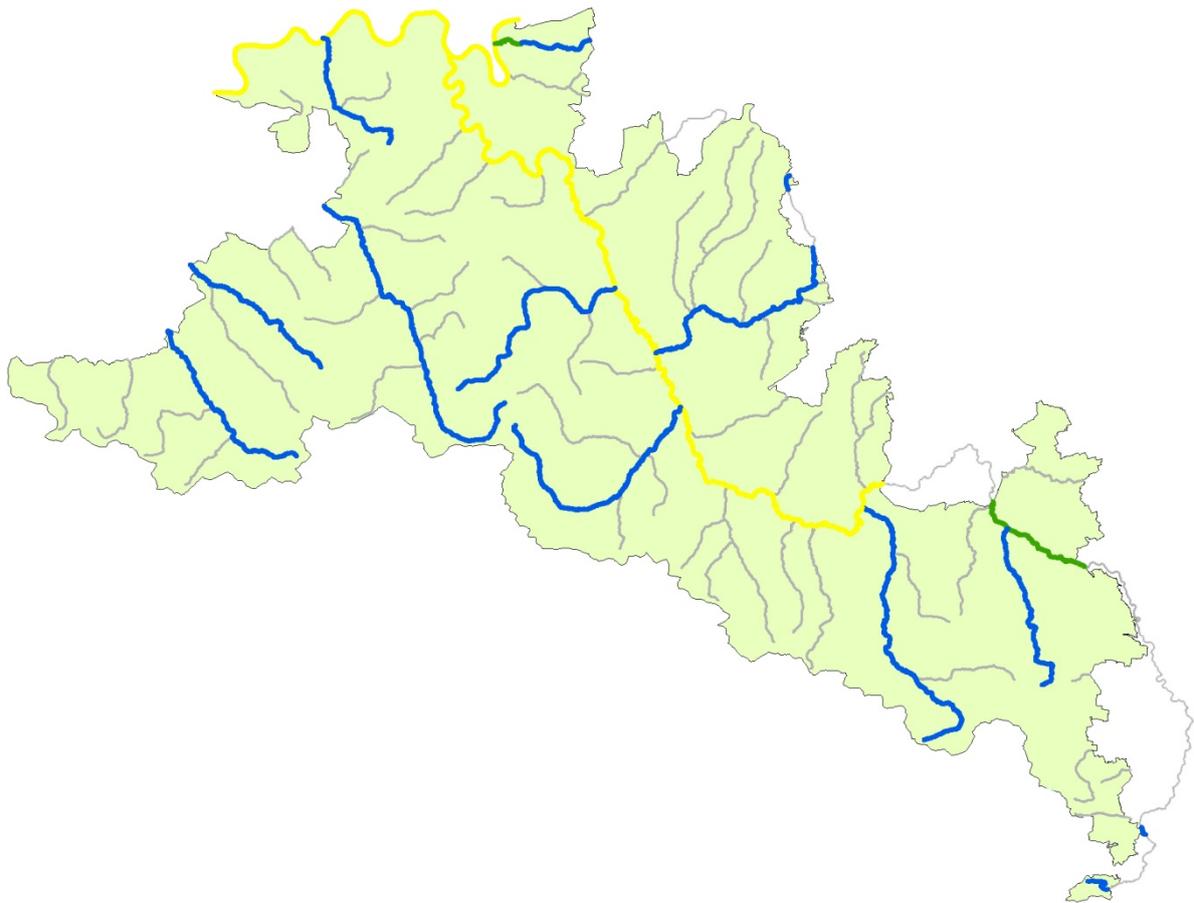


Abbildung 5-1: Gewässer mit hohem (gelb), erhöhtem (grün) und normalem (blau) Migrationsbedarf der Fischfauna im WRRL-Bearbeitungsgebiet Main (Dußling 2005). Für grau hinterlegte Gewässer wurde kein Migrationsbedarf abgeleitet. Sie werden wie Gewässer mit normalem Migrationsbedarf behandelt.

Aus diesem Grund und um die Vergleichbarkeit mit den entsprechenden Studien der anderen Bearbeitungsgebiete an diesem Punkt beizubehalten, wurde in der standardisierten Berechnung für Flussabschnitte mit hohem Migrationsbedarf der Fischfauna eine weitere Fischaufstiegsanlage im Bereich des Krafthauses angenommen.

Für Barben, die zusammen mit den Nasen die typischen über größere Distanzen wandernden Vertreter dieser Gewässerabschnitte sind, wird hierbei eine Mindestdotations von $0,4-0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ in beckenartigen Fischaufstiegsanlagen benötigt (Tabelle 5-1). Der standardisierte Arbeitswert für das Szenario 2 in Gewässern mit hohem Migrationsbedarf der Fischfauna beträgt demgegenüber lediglich $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Diese Annahme entspricht der Vorgabe aus der Neckarstudie (Heimerl et al. 2011) und ist als im Rahmen der Potenzialberechnungen anzurechnender ganzjähriger Durchschnittswert zu verstehen. Die Heranziehung dieses Durchschnittswertes zur standardisierten Potenzialberechnung wurde aufgrund der Möglichkeit einer im Einzelfall angepassten dynamischen Abflussregelung als zulässig eingeschätzt. Es muss jedoch klargestellt werden, dass mit diesem Arbeitswert ein Sackasseneffekt im

Unterwasserkraftwerkskanal nicht für alle aufstiegswilligen Fische aufgehoben werden kann. Nicht nur aus diesem Grund ersetzt der Arbeitswert damit keineswegs die im Rahmen der Bewertung konkreter Vorhaben erforderlichen standortspezifischen Betrachtungen. Letztere sollten auch generell die Gewährleistung der Auffindbarkeit der Ausleitungsstrecke im Bereich der Rückleitung berücksichtigen, da zusätzlich zur Gewässerdurchgängigkeit auch die Erreichbarkeit von Lebensraumfunktionen in der Ausleitungsstrecke selbst fischökologisch von großer Bedeutung ist.

Mindestabfluss für den Fischabstieg (Bypass)

In Bezug auf die Dotation von funktionalen Rechen-Bypass-Systemen wird für Szenario 2 ein Standardwert von $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ angenommen (Bypass1). Dieser Arbeitswert wurde bereits in der Neckarstudie verwendet (Heimerl et al. 2011), dort jedoch lediglich für Standorte in Gewässerabschnitten mit hohem Migrationsbedarf veranschlagt. In vorliegender Studie wurde dieser Arbeitswert für sämtliche Standorte berücksichtigt, da nach Vorgaben des Fischereigesetzes (vgl. Kapitel 3.6.2) bei Modernisierungen bzw. Neubauten die Durchwanderbarkeit stromauf- sowie stromabwärts zu gewährleisten ist. Um den besonderen Anforderungen anadromer Arten an den Fischabstieg gerecht zu werden, wurde im historischen Verbreitungsgebiet des Lachses ein Arbeitswert von $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ für die Dotation des Rechen-Bypass-Systems (Bypass1) veranschlagt.

Da Aale im Unterschied zu vielen anderen Arten grundnah wandern, wird davon ausgegangen, dass in Aal-Bewirtschaftungsgewässern ein zusätzlicher Bypass (Bypass2) benötigt wird, für den ebenfalls ein Arbeitswert von $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ angenommen wird.

Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass in Studien anderer Bundesländer zumindest zeitweise deutlich höhere Bypass-Dotationen zur Gewährleistung einer ausreichenden Abwanderungsrate für notwendig erachtet werden. Für das im Rahmen der Potenzialstudie im baden-württembergischen Main-Einzugsgebiet betrachtete Gewässernetz der vornehmlich kleineren bis mittelgroßen Fließgewässer wird jedoch eine Dotation von $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ als für viele Anlagen plausibler Arbeitswert angesetzt, der in der detaillierten Einzelfallbetrachtung dann – auch saisonal – den tatsächlichen Gegebenheiten angepasst werden muss.

Sämtliche im Text genauer erläuterten Abweichungen vom Szenario 1 für Ausleitungskraftwerke sind in Tabelle 5-2 zusammengefasst.

Tabelle 5-2: Im Szenario 2 verwendete Abweichungen vom Orientierungswert (1/3 MNQ; Szenario 1) zur standardisierten Berechnung von ökologischen Abflüssen für Ausleitungskraftwerke.

Abweichung	Bedingungen betroffener Standorte	Herleitung
$Q_{\min} = Q_{FAA1}^* = \frac{3}{4} \text{ MNQ}$	<ul style="list-style-type: none"> • Innerhalb des historischen Lachs-Verbreitungsgebiets^{&} 	<ul style="list-style-type: none"> • Höhere Mindestwassermengen in Ausleitungsstrecken aus fischökologischer Sicht notwendig • Vergleichbarkeit mit Studien zum Ober- und Hochrheingebiet
$Q_{\min} = Q_{FAA1}^* = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$	<ul style="list-style-type: none"> • $1/3 \text{ MNQ} < 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ • Außerhalb des historischen Lachs-Verbreitungsgebiets^{&} 	<ul style="list-style-type: none"> • Abflüsse $< 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ sind aus fischökologischer Sicht unzureichend • Vergleichbarkeit mit Vorgängerstudien[§]
$Q_{\min} = Q_{FAA1}^* = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$	<ul style="list-style-type: none"> • $\frac{3}{4} \text{ MNQ} < 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ • Innerhalb des historischen Lachs-Verbreitungsgebiets^{&} 	<ul style="list-style-type: none"> • Erhöhte ökologische Anforderungen des Lachses
$Q_{FAA2} = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$	<ul style="list-style-type: none"> • hoher Migrationsbedarf[#] 	<ul style="list-style-type: none"> • ungehinderte Längswanderung hat besonders hohen Stellenwert • Vergleichbarkeit mit Vorgängerstudien[§]
$Q_{\text{Bypass}1} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$	<ul style="list-style-type: none"> • Außerhalb des historischen Lachs-Verbreitungsgebiets^{&} 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorgabe im Fischereigesetz • Vergleichbarkeit mit Neckarstudie[§]
$Q_{\text{Bypass}1} = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$	<ul style="list-style-type: none"> • Innerhalb des historischen Lachs-Verbreitungsgebiets^{&} 	<ul style="list-style-type: none"> • Erhöhte ökologische Anforderungen anadromer Arten
$Q_{\text{Bypass}2} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$	<ul style="list-style-type: none"> • In Aal-Bewirtschaftungsgewässern 	<ul style="list-style-type: none"> • Artspezifische Besonderheiten im Wanderverhalten
<p>* aus fischökologischer Sicht ist anzustreben, Q_{\min} vollständig über eine geeignete Fischaufstiegsanlage abzuführen. [#] gemäß Dußling (2005) ^{&} gemäß Dußling (2006) [§] Vorgängerstudie für das Neckargebiet (Heimerl et al. 2011)</p>		

5.2.3 Spezifische ökologische Abflüsse an Flusskraftwerken

Die für ökologische Abflüsse an Flusskraftwerken getroffenen Annahmen basieren auf analogen Überlegungen wie in Kapitel 5.2.2 erläutert. Ein entscheidender Unterschied besteht jedoch darin, dass an Flusskraftwerken definitionsgemäß kein Wasser aus dem Gewässerbett ausgeleitet wird und somit keine Ausleitungsstrecke mit verringerter Wasserführung entsteht. Eine Regelung für einen entsprechenden ökologischen Mindestabfluss kann damit entfallen. Für in den Datenbeständen als Flusskraftwerke geführte Anlagen, an denen aufgrund der baulichen Konstruktion eine fischökologisch relevante Strecke mit Restwasserführung vorhanden ist, gelten dagegen die für Ausleitungskraftwerke festgelegten Arbeitswerte (vgl. Kapitel 5.2.2).

Mindestabfluss für den Fischaufstieg

Zur funktionalen Gestaltung von Fischaufstiegsanlagen an Flusskraftwerken wird aus fischökologischer Sicht eine Dotation von 1/6 MNQ als in der Regel angemessener Arbeitswert für die Potenzialermittlung eingeschätzt. Dies gilt jedoch nur, sofern im Rahmen dieser Vorgabe bestimmte, vom Migrationsbedarf der Fischfauna abhängige Minimalabflüsse eingehalten werden können. In Anlehnung an Tabelle 5-1 und entsprechend den Annahmen aus der Neckarstudie (Heimerl et al. 2011) betragen diese 0,2 m³/s in Gewässerabschnitten mit normalem oder erhöhtem Migrationsbedarf der Fischfauna und 0,4 m³/s in Gewässerabschnitten mit hohem Migrationsbedarf. Beide Abflusswerte werden für Szenario 2 daher als vom Migrationsbedarf der Fischfauna abhängige Mindestwerte zur Dotation von Fischaufstiegsanlagen berücksichtigt (d. h. wenn 1/6 MNQ die genannten Werte unterschreitet). Zusätzlich wurde im historischen Verbreitungsgebiet des Lachses eine Mindestdotation von 0,5 m³/s veranschlagt.

Darüber hinaus ist anzumerken, dass in Fließgewässerabschnitten mit hohem Migrationsbedarf der Fischfauna grundsätzlich auch quantitative Aufstiegsziele für Fische verfolgt werden, d.h. es dürfen nur wenige Individuen an Migrationsbarrieren zurückgehalten werden. Daher ist für entsprechende Anlagen eine besonders gute Funktionsfähigkeit sicherzustellen, was in vielen Fällen nur mit deutlich höheren Mindestdotationen zu erreichen ist.

Mindestabfluss für den Fischabstieg (Bypass)

Die in Kapitel 5.2.2 gemachten Anmerkungen gelten auch hier.

Sämtliche im Text genauer erläuterten Abweichungen vom Szenario 1 für Flusskraftwerke sind in Tabelle 5-3 zusammengefasst.

Tabelle 5-3: Im Szenario 2 verwendete Abweichungen von 1/6 MNQ (Szenario 1) zur standardisierten Berechnung von ökologischen Abflüssen für Flusskraftwerke.

Abweichung	Bedingungen betroffener Standorte	Herleitung
$Q_{FAA} = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$	<ul style="list-style-type: none"> • 1/6 MNQ < 0,2 m³/s • außerhalb des Lachs-Verbreitungsgebiets^{&} • kein hoher Migrationsbedarf[#] 	<ul style="list-style-type: none"> • Dotationen von < 0,2 m³/s sind problematisch für die Funktionsfähigkeit von Fischaufstiegsanlagen • Vergleichbarkeit mit Neckarstudie[§]
$Q_{FAA} = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$	<ul style="list-style-type: none"> • 1/6 MNQ < 0,5 m³/s • innerhalb des historischen Lachs-Verbreitungsgebiets^{&} 	<ul style="list-style-type: none"> • erhöhte Anforderung des Lachses an Bemessung der Fischaufstiegsanlage

Abweichung	Bedingungen betroffener Standorte	Herleitung
$Q_{FAA} = 0,4 \text{ m}^3/\text{s}$	<ul style="list-style-type: none"> • $1/6 \text{ MNQ} < 0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ • hoher Migrationsbedarf[#] 	<ul style="list-style-type: none"> • ungehinderte Längswanderung hat besonders hohen Stellenwert • Vergleichbarkeit mit Neckarstudie[§]
$Q_{Bypass1} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$	<ul style="list-style-type: none"> • außerhalb des historischen Lachs-Verbreitungsgebiets^{&} 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorgabe im Fischereigesetz • Vergleichbarkeit mit Neckarstudie[§]
$Q_{Bypass1} = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$	<ul style="list-style-type: none"> • innerhalb des historischen Lachs-Verbreitungsgebiets^{&} 	<ul style="list-style-type: none"> • erhöhte ökologische Anforderungen anadromer Arten
$Q_{Bypass2} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$	<ul style="list-style-type: none"> • in Aal-Bewirtschaftungsgewässern 	<ul style="list-style-type: none"> • artspezifische Besonderheiten im Wanderverhalten
[#] gemäß Dußling (2005) ^{&} gemäß Dußling (2006) [§] Vorgängerstudie für das Neckargebiet (Heimerl et al. 2011)		

5.3 Übersicht der zur Potenzialberechnung berücksichtigten ökologischen Abflüsse

Die in den vorangegangenen Kapiteln erläuterten Arbeitswerte zu ökologischen Abflüssen, die im Rahmen der Szenarien 1 und 2 berücksichtigt werden, sind zur Übersicht zusammen nochmals in Tabelle 5-4 zusammengestellt.

Tabelle 5-4: Ökologische Abflüsse in den Szenarien zur Berechnung der Wasserkraftpotenziale im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains

Ökologische Funktion	<u>Szenario 1:</u> Orientierungswerte nach Wasserkrafterlass	<u>Szenario 2:</u> Spezifische ökologische Abflüsse nach Wasserkrafterlass
Ausleitungskraftwerke		
A) Mindestabfluss (Ausleitungsstrecke): $Q_{\min} = Q_{FAA1}^*$	$Q_{\min} = Q_{FAA}^* = 1/3 \text{ MNQ}$; ohne Mindestwert	Im historischen Verbreitungsgebiet des Lachses $Q_{\min} = Q_{FAA1}^* = 3/4 \text{ MNQ}$; <u>jedoch mindestens: $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$</u> <u>In den restlichen Gewässern:</u> $Q_{\min} = Q_{FAA1}^* = 1/3 \text{ MNQ}$; <u>jedoch mindestens: $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$</u>
B) Dotation 2. Fischaufstieg am Krafthaus: Q_{FAA2}	Keine	$Q_{FAA2} = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (nur bei hohem Migrationsbedarf [#])

Ökologische Funktion	Szenario 1: Orientierungswerte nach Wasserkrafterlass	Szenario 2: Spezifische ökologische Abflüsse nach Wasserkrafterlass
C) Dotation Fischabstieg (Bypass): Q_{Bypass1}	Keine	Im Verbreitungsgebiet des Lachses^{&}: $Q_{\text{Bypass1}} = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ In den restlichen Gewässern: $Q_{\text{Bypass}} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$
D) Dotation 2. Fischabstieg (Bypass2): Q_{Bypass2}	keine	$Q_{\text{Bypass2}} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (nur in Aal-Bewirtschaftungsgewässern [§])
Ausleitungskraftwerke - ökologischer Gesamtabfluss: $Q_{\text{ök (ALK)}}$	$Q_{\text{ök (ALK)}} = Q_{\text{min}} = 1/3 \text{ MNQ}$	$Q_{\text{ök (ALK)}} = Q_{\text{min}} + Q_{\text{FAA2}} + Q_{\text{Bypass1}} + Q_{\text{Bypass2}}$
Flusskraftwerke		
A) Dotation Fischaufstieg: Q_{FAA}	$Q_{\text{FAA}} = 1/6 \text{ MNQ}$; ohne Mindestwert	$Q_{\text{FAA}} = 1/6 \text{ MNQ}$; <u>jedoch mindestens:</u> - $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ im Verbreitungsgebiet des Lachses ^{&} - $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ bei hohem Migrationsbedarf [#] ; - $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ für die übrigen Standorte
B) Dotation Fischabstieg (Bypass): Q_{Bypass1}	Keine	Im Verbreitungsgebiet des Lachses^{&}: $Q_{\text{Bypass1}} = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ In den restlichen Gewässern: $Q_{\text{Bypass1}} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$
C) Dotation 2. Fischabstieg (Bypass2): Q_{Bypass2}	keine	$Q_{\text{Bypass2}} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (nur in Aal-Bewirtschaftungsgewässern [§])
Flusskraftwerke - ökologischer Gesamtabfluss: $Q_{\text{ök (FKW)}}$	$Q_{\text{ök (FKW)}} = Q_{\text{FAA}} = 1/6 \text{ MNQ}$	$Q_{\text{ök (FKW)}} = Q_{\text{FAA}} + Q_{\text{Bypass1}} + Q_{\text{Bypass2}}$
* aus fischökologischer Sicht ist anzustreben, Q_{min} vollständig über eine geeignete Fischaufstiegsanlage abzuführen. # gemäß Dußling (2005) & gemäß Dußling (2006) § gemäß LANUV NRW (2008)		

Für die Potenzialberechnung wurden die in Tabelle 5-4 enthaltenen Abflusswerte in Abhängigkeit von den jeweiligen Rahmenbedingungen für alle im Untersuchungsgebiet dokumentierten Regelungsbawerke standortbezogen ermittelt.

Sämtliche ökologischen Abflusswerte wurden in einer Tabelle unter Berücksichtigung der im nachfolgenden Kapitel 5.4 erläuterten Sonderfälle zusammengestellt. Diese wurde den Projektpartnern zusammen mit einem inhaltsgleichen Datenbankmodul übergeben.

5.4 Von den standardisierten Arbeitswerten abweichende ökologische Abflüsse

Für einige in der vorliegenden Untersuchung behandelten Querbauwerksstandorte wurden aufgrund besonderer Rahmenbedingungen von den in Tabelle 5-4 dargestellten Werten abweichende ökologische Abflüsse zugrunde gelegt:

Ein genereller Verzicht auf die stromauf gerichtete Durchgängigkeit für Fische und damit auf die entsprechenden ökologischen Abflusswerte für Fischaufstiegsanlagen erfolgte für Querbauwerke, welche die stromabwärts gelegene Grenze eines Schutzgebietes nach Fischseuchenverordnung (2008) bilden. Dies erfolgte in insgesamt 2 Fällen.

An allen bestehenden Wasserkraftstandorten, an denen geltende wasserrechtliche Bestimmungen zu Mindestabfluss und Anlagen zu Fischaufstieg bzw. Fischschutz und –abstieg über die nach dem standardisierten Vorgehen des Szenario 2 ermittelten Werte für die ökologischen Abflüsse hinaus gehen, wurden die geltenden wasserrechtlichen Regelungen der Potenzialberechnung nach Szenario 2 zugrunde gelegt.

6 Ermittlung von Wasserkraftpotenzialen

Zur Ermittlung des Wasserkraftpotenzials an bestehenden Wasserkraftanlagen im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains sowie an Standorten mit existierenden Regelungs- und Sohlenbauwerken wurde eine EDV-basierte systematische und standardisierte Methodik verwendet, die nachfolgend im Detail erläutert wird.

6.1 Erster Bewertungsschritt

Aufbauend auf den zur Verfügung stehenden wasserwirtschaftlichen Daten (siehe Kapitel 4.1) wurden die Standorte einer ersten Sichtung unterzogen.

Hierbei wurden einige Standorte bei den weiteren Berechnungen gesondert behandelt:

- Standorte mit einer Nettofallhöhe an der WKA von $h < 0,3$ m wurden ausgeschlossen, da die Errichtung einer Wasserkraftanlage bei derartig geringen Fallhöhen als technisch und ökonomisch nicht machbar eingeschätzt wird.
- Für einige gewässerökologische Sonderfälle wurden von den Standardwerten abweichende ökologische Abflüsse berücksichtigt (siehe Kapitel 5)
- Standorte mit spezifischen Randbedingungen, wie beispielsweise mehrere parallel oder seriell geschaltete Wasserkraftanlagen oder mehrere Wehre pro Wasserkraftanlage, wurden als Grundlage der Potenzialberechnung jeweils zu einer ideellen Anlage, bestehend aus einem Regelungsbauwerk und einer Wasserkraftanlage, zusammengefasst (siehe Anhang A1). Für alle weiteren einer Wasserkraftanlage zugeordneten Regelungsbauwerke wurde das Potenzial zu Null gesetzt.
- Bei Bauwerken, die im AKWB doppelt geführt sind, wurde das Potenzial eines Datensatzes ebenfalls zu Null gesetzt.

Für die nicht ausgeschlossenen Standorte wurde dann vereinfachend das theoretische Potenzial P errechnet (siehe Abbildung 6-1).

Im nächsten Schritt wurden die vorhandenen Daten des Querbauwerks und der gegebenenfalls vorhandenen, zugehörigen Wasserkraftanlage gesichtet, um anhand des Betriebsstatus festzulegen, ob an dem Standort eine Wasserkraftanlage vorhanden ist und jeweils ein Ausbau der bestehenden Anlage oder ein Neubau zu betrachten ist.

Die Entscheidung, ob eine Wasserkraftanlage als Neubau oder Ausbau eingordnet wird, bestimmt in erster Linie die Vergütung nach EEG für die von der Anlage erzeugte Energie.

In zweiter Linie basiert hierauf die Kostenermittlung für die baulichen Maßnahmen des Kraftwerks inklusive Krafthaus, Einlaufbauwerk, Kanälen usw. und der maschinen- und elektrotechnischen Ausrüstung. Durch die Festlegung der Bauweise ergeben sich des Weiteren die Randbedingungen für die Ausgestaltung von Fischaufstiegsanlagen (FAA) sowie Fischschutz- und -abstiegsanlagen (FAB) und die bautechnische Bewertung bezüglich deren Umsetzung.

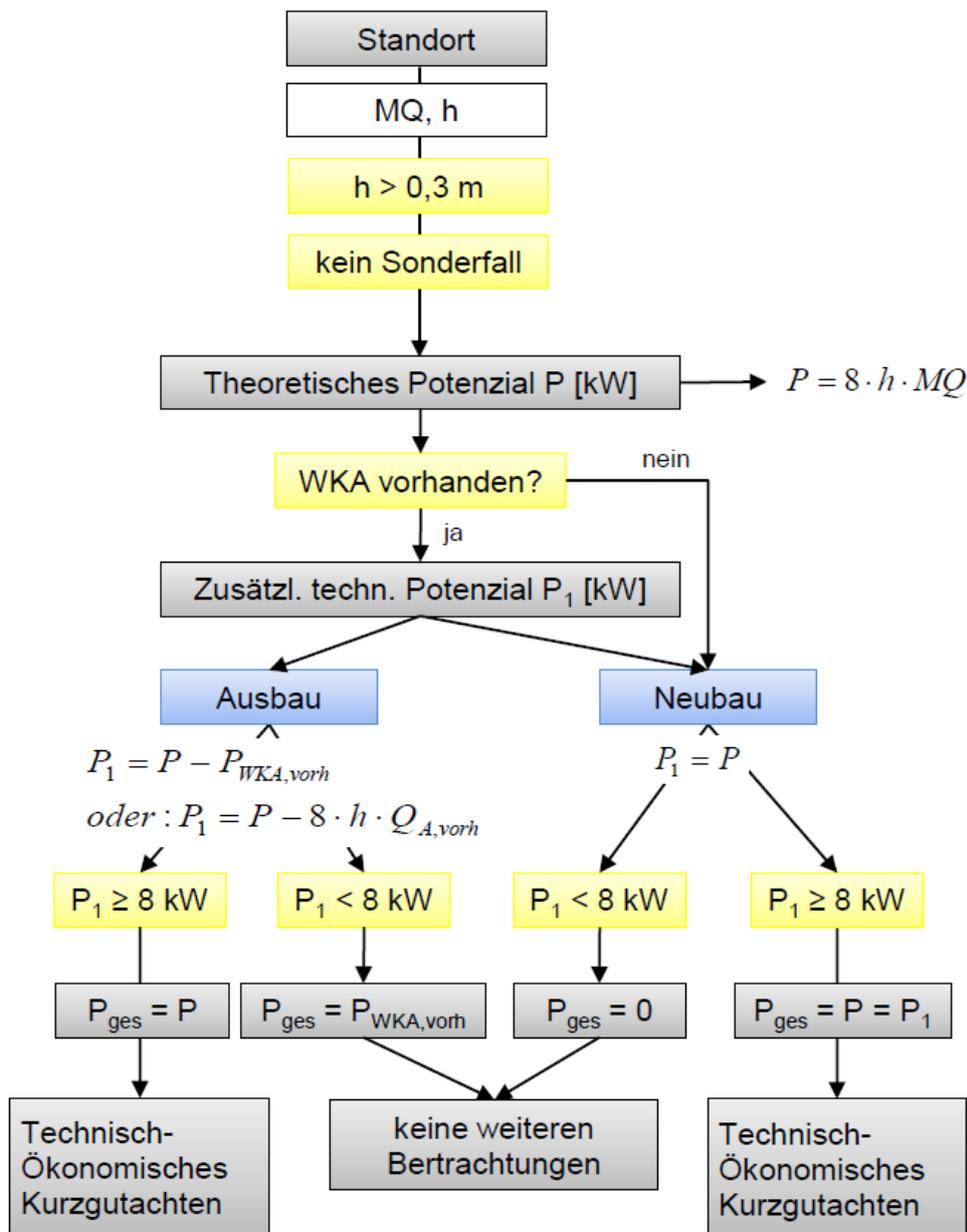


Abbildung 6-1: Potenzialermittlung

Dabei muss hervorgehoben werden, dass es sich bei dieser Entscheidung nicht zwingend um die Maßnahme handelt, die durchgeführt würde, wenn das Bauvorhaben tatsächlich realisiert würde. Soll die Baumaßnahme durchgeführt werden, um das eventuell zusätzlich vorhandene Potenzial zu nutzen, würden weitere Faktoren, wie etwa die örtlichen Gegebenheiten und spezielle Restriktionen, eine große Rolle bei der Wahl des Kraftwerkstyps spielen. Vor allem infolge limitierter, zur Verfügung stehender Informationen musste hier eine vereinfachte Betrachtungsweise gewählt werden.

Hierauf aufbauend kann im Rahmen dieser ersten Bewertung das zusätzliche technische Potenzial P_1 der einzelnen Standorte ermittelt werden (siehe Abbildung 6-1). Ist dieses Potenzial $P_1 \geq 8 \text{ kW}$ – dies entspricht rein rechnerisch einem Standort mit einem Abfluss von etwa $1 \text{ m}^3/\text{s}$ bei 1 m Fallhöhe –, wird eine weitere Betrachtung des Standortes vorgenommen.

6.2 Betriebsstatus und Kraftwerkstyp

Alle Entscheidungen und Berechnungen gehen vom Standort des Querbauwerks (QBW) – d. h. des Wehres oder des Sohlenbauwerks – aus (Anderer et al. 2010).

Ist dem QBW **keine Wasserkraftanlage zugeordnet**, werden alle weiteren Berechnungen unter der Annahme geführt, dass ein **Neubau als Flusskraftwerk** ausgeführt wird. Die Herangehensweise stützt die ökologische Sichtweise. Das theoretische Potenzial ist gleich dem zusätzlichen technischen Potenzial und wird, wie in Abbildung 6-1 dargestellt, berechnet. Es werden die vollen Kosten sowohl für den Bau der Wasserkraftanlage inklusive Krafthaus, Einlaufbauwerk usw. als auch für die maschinen- und elektrotechnische Ausrüstung angesetzt. Die Errichtung einer FAA sowie einer Fischschutz und -abstiegseinrichtung wird mit einkalkuliert.

Ist dem QBW **eine Wasserkraftanlage zugeordnet**, wird entsprechend des Kraftwerkstyps eine Unterscheidung zwischen Ausleitungs- und Flusskraftwerken vorgenommen.

In Abbildung 6-1 ist dargestellt, dass bei neu zu errichtenden Anlagen das theoretische Potenzial P gleich dem zusätzlichen Potenzial P_1 ist. Nun gibt es aber Standorte in den Datensätzen, die den Betriebsstatus "Außer Betrieb, betriebsfähig" aufweisen und für die gleichzeitig eine eingespeiste Leistung aus den Jahren 2007-2012 vorliegt. In diesen Fällen ist das zusätzliche Potenzial nicht äquivalent zum theoretischen Potenzial und es wird ein Neubau mit den Kosten in Abhängigkeit vom zusätzlichen Potenzial berechnet. Bei stillgelegten Anlagen wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass kein Potenzial genutzt wird ($P_{\text{vorh}} = 0$) und somit der Standort als Neubau berechnet wird.

Umgekehrt gibt es auch Standorte, die aufgrund ihres Status als Ausbau berechnet werden, bei denen aber in den Datensätzen keine Leistungsangabe vorliegt und somit das zusätzliche Potenzial gleich dem theoretischen Potenzial ist.

6.2.1 Flusskraftwerke

In Abbildung 6-2 ist die weitere Vorgehensweise für Flusskraftwerke dargestellt.

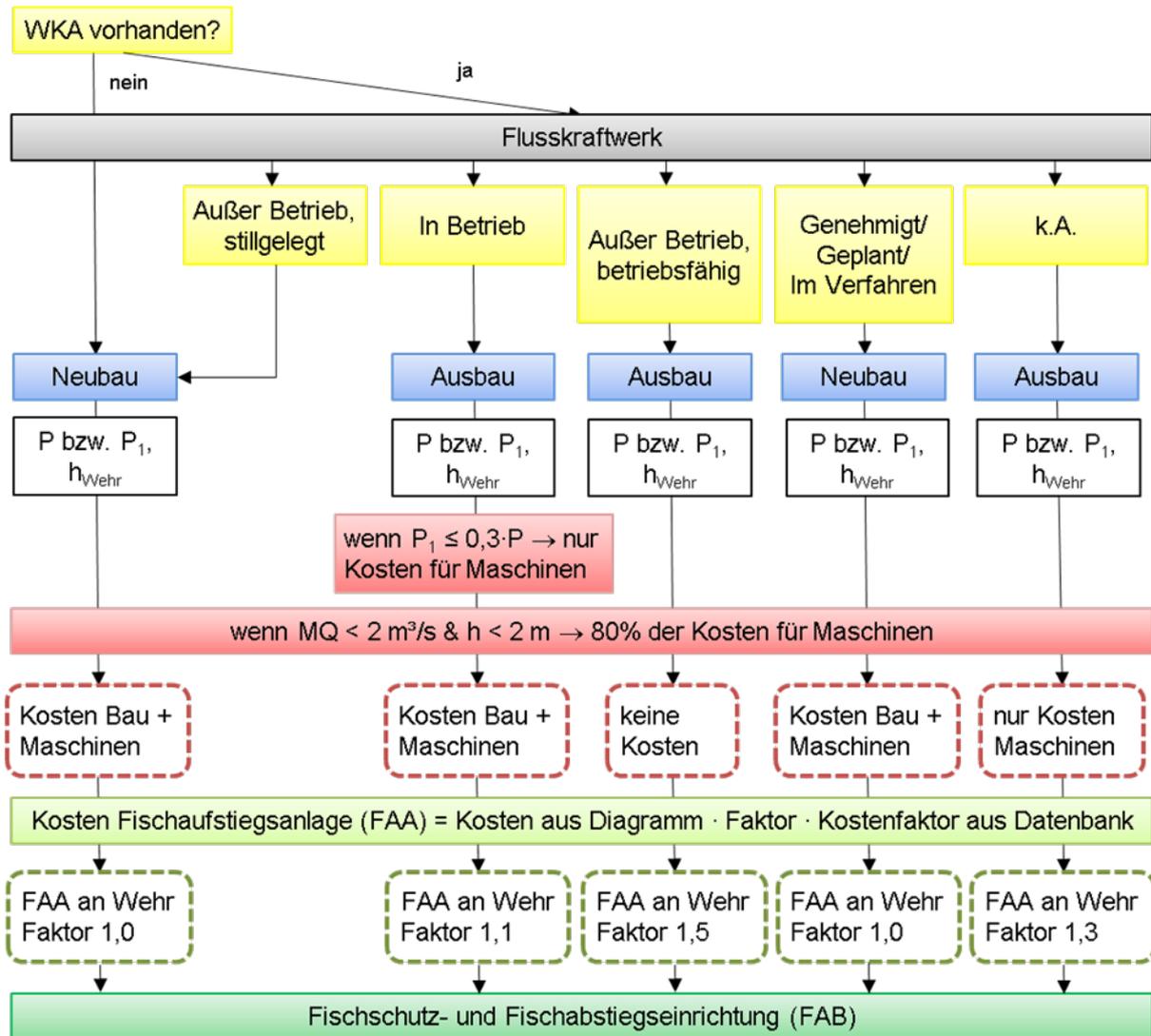


Abbildung 6-2: Entscheidungsbaum bei Flusskraftwerken

Ausgehend vom Betriebsstatus wird über die Ausbaumöglichkeiten der Anlage entschieden. In der Datenbank sind 7 verschiedene Einträge möglich, die den Betriebsstatus einer bestehenden Anlage charakterisieren. Diese werden in die folgenden 5 Gruppen eingeteilt:

- "Außer Betrieb, stillgelegt"

- "In Betrieb"
- "Außer Betrieb, betriebsfähig"
- "Genehmigt", "Geplant", "Im Verfahren",
- und "k.A."

Ist ein bestehendes Flusskraftwerk "**Außer Betrieb, stillgelegt**" wird die Anlage, wie bereits oben erwähnt, aus ökologischen Gründen als Neubau eines Flusskraftwerkes berechnet. Die Unterscheidung über Neubau oder Erweiterung spielt eine Rolle bei der Vergütung nach EEG 2009. Das theoretische Potenzial P ist gleich dem zusätzlichen technischen Potenzial P_1 . Mit dieser Größe werden alle weiteren Berechnungen, wie die Kostenberechnung der Wasserkraftanlage und des Fischaufstieges (siehe Kapitel 6.3.2), fortgeführt.

Wird der Betriebsstatus eines bestehenden Flusskraftwerkes als "**In Betrieb**" angegeben, wird eine Erweiterung der bestehenden Anlage um das zusätzliche technische Potenzial, welches sich aus der Differenz aus theoretischem Potenzial P und der vorhandenen Ausbauleistung $P_{WKA, \text{vorh}}$ ergibt, geprüft. Es müssen Kosten für den Bau und die maschinen- und elektrotechnische Ausrüstung (Abbildung 6-2) entsprechend des zusätzlichen technischen Potenzials P_1 kalkuliert werden. Bei zu erweiternden Wasserkraftanlagen wird weiterhin geprüft, ob die zusätzliche Leistung P_1 , um die die Wasserkraftanlage ausgebaut wird, $\leq 30\%$ des theoretischen Potenzials ist:

$$P_1 \leq 0,3 \cdot P$$

In diesem Fall wird aufgrund von Erfahrungswerten vereinfachend davon ausgegangen, dass die Baukosten entfallen und nur Kosten für die maschinen- und elektrotechnische Ausrüstung angesetzt werden. Diese Besonderheit stammt aus der Überlegung, dass durch das Installieren einer zusätzlichen kleinen Turbine kein weiterer maßgeblicher Ausbau des Krafthauses oder der Kanäle von Nöten ist.

Ferner wird für Standorte, in denen die Forderungen:

$$MQ < 2 \text{ m}^3/\text{s} \text{ UND } h < 2 \text{ m}$$

erfüllt sind, die Installation einer einfachen Technik, wie z. B. einer Wasserkraftschnecke bzw. eines Wasserrades, für die Energiegewinnung in Betracht gezogen. Sind die genannten Kriterien erfüllt, werden die Kosten für maschinen- und elektrotechnische Ausrüstung auf 80 % reduziert.

Anlagen, deren Betriebsstatus als "**Außer Betrieb, betriebsfähig**" angegeben ist, werden wie eine Erweiterung des bestehenden Kraftwerkes behandelt. Es werden das theoretische sowie das zusätzli-

che technische Potenzial berechnet. Kosten für den Bau des Krafthauses oder die maschinen- und elektrotechnische Ausrüstung werden nicht berücksichtigt, da sie als vorhanden und funktionsfähig eingeschätzt wurden. Die Kosten für eine Fischaufstiegsanlage (FAA) werden allerdings mit dem höchsten Faktor beaufschlagt.

Sind Anlagen "**Genehmigt**", "**Geplant**" oder "**Im Verfahren**", werden die weiteren Berechnungen wie für Neubauten durchgeführt. Bezüglich der Vergütung muss laut EEG eine Differenzierung zwischen Neubauten und Modernisierungen vorgenommen werden. Vereinfachend wird hier mit der Vergütung für Neubauten gerechnet, da die in den Daten enthaltenen Informationen keine Unterscheidung zulassen. Es werden Kosten für den Bau und die maschinen- und elektrotechnische Ausrüstung sowie für die Errichtung einer FAA berücksichtigt.

Bestehende Flusskraftwerke, deren Betriebsstatus "**k. A.**" angegeben ist, werden wie Erweiterungen behandelt und mit dem theoretischen sowie dem zusätzlich technischen Potenzial berechnet. Es werden nur Kosten für die maschinen- und elektrotechnische Ausrüstung berechnet. Für die Baukosten der FAA wird ein erhöhter Faktor angesetzt.

In allen Fällen werden zusätzliche Kosten für eine Fischschutz- und Fischabstiegsanlage (FAB) berücksichtigt. (s.a. Kapitel 6.2.4).

6.2.2 Ausleitungskraftwerke

In Abbildung 6-3 ist der Entscheidungsbaum für bestehende Ausleitungskraftwerke dargestellt.

Im Falle eines bestehenden Ausleitungskraftwerkes verhält sich die Entscheidungsroutine ähnlich wie bei Flusskraftwerken. Bei bezüglich des Betriebsstatus als "**Außer Betrieb, stillgelegt**" eingestuft Kraftwerken werden zwei Fälle unterschieden:

- Stillgelegte Anlagen mit einem bestehenden Recht werden als zu reaktivierende Ausleitungskraftwerke betrachtet und
- Stillgelegte Anlagen, für die kein Wasserrecht mehr besteht, werden als neugebaute Flusskraftwerke berechnet (siehe Kapitel 6.2.1).

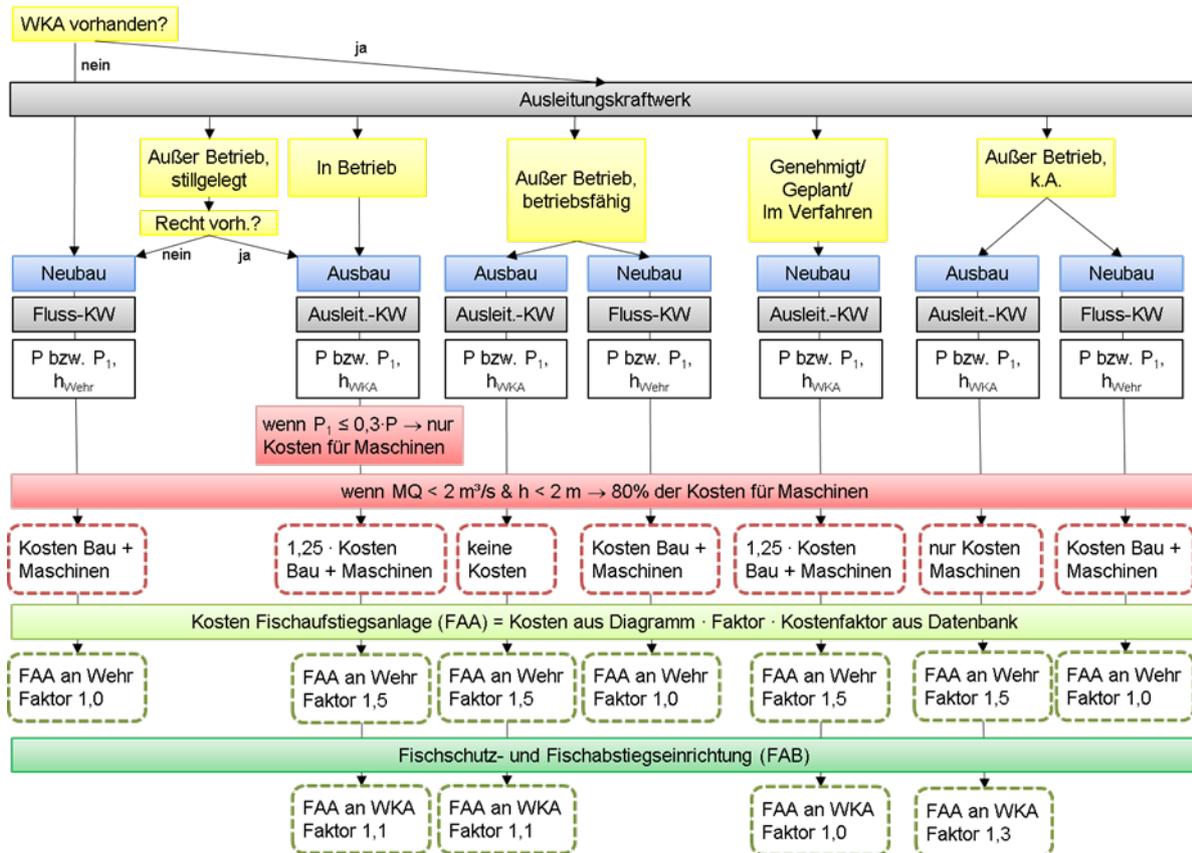


Abbildung 6-3: Entscheidungsbaum bei Ausleitungskraftwerken

Bei bestehenden Ausleitungskraftwerken, über deren Betriebsstatus nichts bekannt ist ("k. A."), werden zwei alternative Szenarien betrachtet und das günstigste weiterverfolgt. Zum einen werden das zusätzliche technische Potenzial und das theoretische Potenzial an einem neu zu errichtenden Flusskraftwerk inklusive aller Kosten für den Bau des Kraftwerkes und der Kosten für die maschinen- und elektrotechnische Ausrüstung berechnet. Zum zweiten wird die Erweiterung als Ausleitungskraftwerk betrachtet, wobei nur Kosten für die maschinen- und elektrotechnische Ausrüstung anfallen. In diesem Fall sind allerdings die Kosten für eine FAA mit einem hohen Faktor zu bewerten und im Falle eines Standortes in einem Gewässerabschnitt mit hohem Migrationsbedarf ist eine zweite FAA am Krafthaus sowie immer eine Fischschutz- und -abstiegsanlage (FAB) an der WKA vorzusehen.

"Genehmigte", "Geplante" oder "Im Verfahren" befindliche Anlagen werden wie der Neubau eines Ausleitungskraftwerkes berechnet. Auch hier wird vereinfachend (i. d. R. aufgrund fehlender Daten) mit der Vergütung für Neubauten gerechnet; diese Vorgehensweise wurde bei den nachvollziehbaren Fällen im Rahmen der Datenerhebung bestätigt. Die Baukosten und die Kosten für maschinen- und elektrotechnische Ausrüstung werden, da es sich um ein Ausleitungskraftwerk handelt, um 25 %

erhöht. Auch die Kosten für die Installation einer FAA am Wehr werden mit berücksichtigt. Im Falle des hohen Migrationsbedarfs sind auch hier eine zweite FAA am Krafthaus mit dem höchsten Kostenfaktor sowie an allen Standorten eine FAB einzuplanen.

Ist der Betriebsstatus eines bestehenden Ausleitungskraftwerkes "**Außer Betrieb, betriebsfähig**", müssen wiederum zwei alternative Szenarien berechnet werden, da nicht eindeutig festgelegt werden kann, welche Maßnahme die günstigste ist. Wird der Neubau als Flusskraftwerk berechnet, müssen alle Kosten für Bau und für maschinen- und elektrotechnische Ausrüstung kalkuliert werden inklusive einer FAA am Wehr. Im Falle der Erweiterung als Ausleitungskraftwerk um das zusätzliche technische Potenzial fallen weder Baukosten noch die Kosten für maschinen- und elektrotechnische Ausrüstung an. Allerdings stellt sich hier die Frage, warum die bestehende Anlage keine Energie gewinnt und außer Betrieb gesetzt wurde, obwohl sie funktionstüchtig ist. In diesem Fall müssen entweder wenigstens Kosten für eine Sanierung oder Anpassung an heutige Standards anfallen oder aber die Nutzung als Ausleitungskraftwerk wurde z. B. aus ökologischen Gründen untersagt, infolgedessen die Berechnung dieses Szenarios hinfällig wird. Hier sind des Weiteren die Kosten für eine bzw. zwei FAA sowie einer FAB zu berechnen.

"**In Betrieb**" befindliche Anlagen werden um das zusätzliche technische Potenzial erweitert und die Kosten entsprechend der Zubauleistung berechnet. Da es sich um ein Ausleitungskraftwerk handelt, müssen die Baukosten um 25 % erhöht werden. Allerdings ist zu prüfen, ob das zusätzliche technische Potenzial weniger als 30 % des theoretischen Potenzials beträgt. In diesem Fall müssen nur die Kosten für die maschinen- und elektrotechnische Ausrüstung mit berechnet werden. Weiterhin ist eine FAA am Wehr einzuplanen und evtl. eine zusätzliche FAA am Krafthaus mit dem höchsten Kostenfaktor.

In allen Fällen werden zusätzlich Kosten für eine Fischschutz- und -abstiegseinrichtung (FAB) berücksichtigt (s.a. Kapitel 6.2.4).

6.2.3 Fischaufstiegsanlagen

Da aus fischökologischer Sicht eine Fischaufstiegsanlage (FAA) unabkömmlich ist, werden für alle Standorte, an denen der Fischaufstieg nicht gewährleistet ist, die Kosten für Fischaufstiegsanlagen berechnet.

Die Kosten von Fischaufstiegsanlagen werden nach den im Merkblatt DWA-M 509 (DWA 2014) angegebenen Erfahrungswerten von bereits errichteten Fischaufstiegsanlagen berechnet. Das hierauf

aufbauende Diagramm in Abbildung 6-4 gibt die Kostenberechnung von Fischaufstiegsanlagen inklusive der Berechnungsformeln wieder.

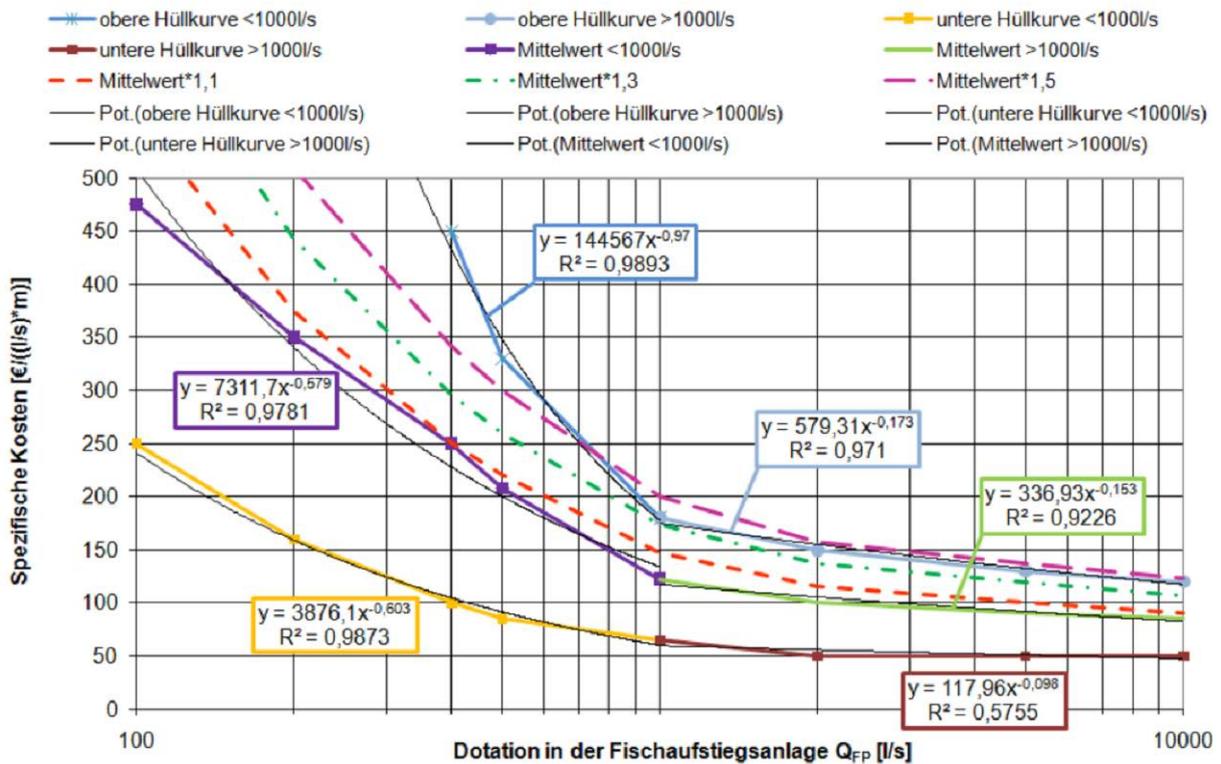


Abbildung 6-4: Spezifische Kosten von Fischaufstiegsanlagen

Die Kosten für FAA liegen im Bereich zwischen der oberen sowie der unteren Hüllkurve. Im Allgemeinen werden Beckenpässe teurer eingestuft als Umgehungsgerinne. Für Umgehungsgerinne liegen die Kosten im unteren Drittel, für Beckenpässe im oberen Drittel. Da die Meinungen über den bevorzugten Anwendungsbereich der einzelnen Konstruktionstypen von Fischaufstiegsanlagen weit auseinander gehen und dies auch von speziellen Gegebenheiten am Standort abhängt, wurden die Kosten im Rahmen dieser Studie vereinfacht mit einer mittleren Kurve wie folgt berechnet:

$$K_{FAA} = K_{spez.} \cdot Q_{FAA} \cdot h_f$$

Aus dem Diagramm in Abbildung 6-4 ersieht man, dass die spezifischen Kosten für FAA von deren Dotation Q_{FAA} abhängig sind.

Die so ermittelten Kosten werden mit einem Faktor gemäß Tabelle 6-1 multipliziert, der die Schwierigkeit bzw. den Aufwand der Baumaßnahme am jeweiligen Standort berücksichtigt.

Tabelle 6-1: Klassifizierung der Baumaßnahmen von Fischaufstiegsanlagen (FAA)

Faktor	Maßnahme	Begründung
0	Bau einer FAA nicht notwendig	Z. B. die Durchgängigkeit einer bestehenden FAA wurde als "gut" eingestuft oder die Herstellung der Durchgängigkeit war aus ökologischen Gründen nicht erforderlich.
0,5	Ertüchtigung einer bestehenden FAA	Verbesserungsmaßnahmen zur Gewährleistung der Durchgängigkeit.
1,0	Bau einer FAA im Zuge eines Neubaus einer WKA	Es sind keine zusätzlichen Aufwendungen und Kosten für Baustelleneinrichtung, Bodenuntersuchungen u. a. zu erwarten.
1,1	Bau einer FAA an einer zu erweiternden WKA	Es werden geringfügig höhere Kosten für zusätzliche Baustelleneinrichtung usw. eingeplant.
1,3	Bau einer FAA an einer nur geringfügig zu erweiternden WKA	Falls zum Beispiel nur die Turbinen modernisiert werden, erfordert der Bau der FAA weitere Aushubarbeiten und evtl. Umbauten.
1,5	Bau einer FAA ohne Baumaßnahmen an der WKA oder am Wehr	Ausleitungskraftwerke benötigen eine FAA am Wehr. Das bedeutet zusätzliche Baustelleneinrichtung, weitere Infrastruktur, Aushubarbeiten und Bodenuntersuchungen etc.

6.2.4 Fischschutz- und Fischabstiegseinrichtungen

Grundsätzlich werden zusätzlich Kosten für eine Fischschutz- und Fischabstiegseinrichtung (FAB) nach Abbildung 6-6 berechnet.

6.3 Zweiter Bewertungsschritt

6.3.1 Theoretisches Gesamtpotenzial

Zu Beginn der Potenzialberechnung erfolgt die Abschätzung des theoretischen Potenzials P und zusätzlichen technischen Potenzials P_1 nach Abbildung 6-1.

Für das theoretische Potenzial P eines Standortes wird der Gesamtwirkungsgrad der Anlage vereinfachend pauschal mit $\eta = 0,815$ angenommen, was einen mittleren Erfahrungswert darstellt. Dieser Mittelwert wird von neu errichteten Anlagen oft überschritten, von bestehenden Anlagen wird er aber ebenso häufig unterschritten. Weiterhin wird, aufgrund fehlender weiterer Informationen, ein Ausbaugrad $f_a = Q_a/MQ = 1,0$, d. h. ein Ausbaudurchfluss Q_a in Höhe des mittleren Abflusses MQ angenommen (Giesecke et al. 2014):

$$P = \rho_w \cdot g \cdot \eta \cdot h_f \cdot Q_a = 1 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,815 \cdot h_f \cdot MQ \approx 8 \cdot h_f \cdot MQ$$

Darauf aufbauend ergibt sich das zusätzliche technische Potenzial P_1 , das entsprechend Tabelle 6-2 bei Erfüllung der Bedingung $P_1 \geq 8 \text{ kW}$ in die weitere Betrachtung des Gesamtpotenzials wie folgt eingeht:

- Ausbau-Standort: $P_{\text{ges}} = P_{\text{WKA,vorh}} + P_1$
- Neubau-Standort: $P_{\text{ges}} = P_1$

Tabelle 6-2: Berechnung von Wasserkraftpotenzialen im baden-württembergischen Main-Einzugsgebiet – Auswertung der Ergebnisse

Standorte Ausbau ¹	Standorte Neubau
<u>Wenn Ausbaupotenzial < 8 kW:</u> Standort geht mit Status quo in das Gesamtpotenzial ein	<u>Wenn Rohpotenzial < 8 kW:</u> Keine Potenzialberechnung für den Standort; Standort geht nicht in das Gesamtpotenzial ein
<u>Wenn Ausbaupotenzial \geq 8 kW:</u> Standort geht mit Status quo + Ausbaupotenzial in das Gesamtpotenzial ein	<u>Wenn Rohpotenzial \geq 8 kW:</u> Potenzialberechnung für den Standort, Standort geht in das Gesamtpotenzial ein
¹ Standorte Ausbau entsprechend Entscheidungsbäumen in <i>Abbildung 6-2</i> und <i>Abbildung 6-3</i>	

6.3.2 Technisch-ökonomisches Kurzgutachten unter Beachtung ökologischer Belange

Das technisch-ökonomische Kurzgutachten bewertet näherungsweise die Wirtschaftlichkeit eines potenziellen Standortes mithilfe des Verhältnisses von Investitionen und Jahresertrag, hier als "vereinfachte Amortisationszeit" bezeichnet. Dazu werden die zusätzlich erzeugbare Jahresarbeit und der Jahresertrag entsprechend Abbildung 6-5 errechnet. Hierbei fließen die Volllaststunden pro Jahr in Abhängigkeit der unterschiedlichen Abflusstypen, die über das Verhältnis von MNQ/MQ klassifiziert sind, und unter Berücksichtigung der energetisch nicht nutzbaren ökologischen Abflüsse ein. Tabelle 6-3 bis Tabelle 6-6 zeigen hierzu die Datengrundlage. Tritt der Fall auf, dass das MNQ gleich null wird, wurde eine Volllaststundenzahl von 4.380 h/a angesetzt.

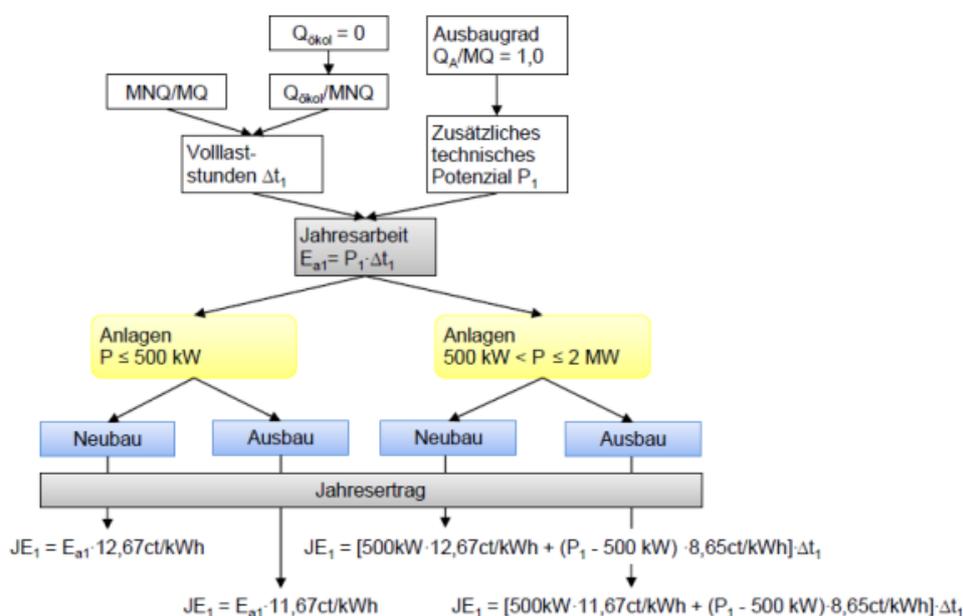


Abbildung 6-5: Jahresarbeit und Jahresertrag

Tabelle 6-3: Volllaststunden, Dauerlinientyp Ia ($MNQ/MQ > 0,27$)

Q _{ökol} /MNQ	0	0,33	0,5	0,75	1	2	3
Q _{Ausbau} /MQ							
0,25	8275	7720	6903	5761	4832	2024	947
0,50	7696	6505	5786	4782	3926	1730	710
0,75	6600	5431	4800	3944	3244	1475	637
1,00	5456	4358	3832	3105	2562	1220	563
1,20	4706	3741	3278	2683	2217	1081	534
1,60	3432	2517	2377	1958	1608	734	386
2,00	2641	2066	1820	1484	1214	592	347
2,50	1946	1517	1332	1101	913	485	322

Tabelle 6-4: Volllaststunden, Dauerlinientyp Ib ($MNQ/MQ > 0,18$ & $MNQ/MQ \leq 0,27$)

Qökol/MNQ	0	0,33	0,5	0,75	1	2	3
Q _{Ausbau} /MQ							
0,25	8308	8031	7589	7067	6317	3913	2594
0,50	7402	6635	6243	5648	5019	3182	2269
0,75	6180	5450	5180	4665	4150	2700	1995
1,00	4901	4321	4048	3632	3273	2253	1612
1,20	4186	3713	3479	3128	2840	1969	1452
1,60	3038	2680	2508	2280	2076	1466	1034
2,00	2345	2068	1936	1761	1612	1126	813
2,50	1736	1532	1435	1310	1202	864	637

Tabelle 6-5: Volllaststunden, Dauerlinientyp IIa ($MNQ/MQ > 0.09$ & $MNQ/MQ \leq 0.18$)

Qökol/MNQ	0	0,33	0,5	0,75	1	2	3
Q _{Ausbau} /MQ							
0,25	7932	7444	7084	6708	6203	4766	3607
0,50	6496	5999	5745	5378	5051	3991	3215
0,75	5420	5000	4810	4505	4260	3450	2800
1,00	4338	4015	3872	3668	3481	2881	2420
1,20	3805	3550	3428	3251	3088	2585	2187
1,60	2841	2673	2590	2487	2379	2022	1746
2,00	2303	2173	2110	2020	1940	1666	1451
2,50	1815	1713	1666	1603	1541	1319	1131

Tabelle 6-6: Volllaststunden, Dauerlinientyp IIb ($MNQ/MQ > 0.00$ & $MNQ/MQ \leq 0.09$)

Qökol/MNQ	0	0,33	0,5	0,75	1	2	3
Q _{Ausbau} /MQ							
0,25	6317	6138	6039	5908	5761	5387	4995
0,50	5272	5133	5077	4954	4880	4530	4268
0,75	4460	4390	4367	4320	4180	3900	3620
1,00	3644	3579	3510	3469	3420	3223	2999
1,20	3213	3128	3098	3057	3016	2819	2670
1,60	2387	2340	2317	2282	2248	2119	2001
2,00	1916	1882	1865	1838	1813	1710	1613
2,50	1476	1447	1432	1412	1393	1310	1235

Für die Ermittlung des Jahresertrages wurden auch in dieser Studie wieder die Vergütungssätze des EEG 2009 angesetzt, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse dieser Studie mit denjenigen für das Neckar-Einzugsgebiet zu gewährleisten. Hierbei ist auch zu berücksichtigen, dass die Änderungen des EEG 2012 sowie des EEG 2014 für den hier relevanten Teil unwesentlich sind.

Zusätzlich muss das Investitionsvolumen bestimmt werden. Es wird aus der Summe aus Baukosten am Wehr, Baukosten der Wasserkraftanlage, Kosten für maschinen- und elektrotechnische Ausrüstung, Kosten für eine Fischaufstiegsanlage (siehe Kapitel 6.2.3) und einer Fischabstiegsschutz- und Fischabstiegseinrichtung (siehe Kapitel 6.2.4) gebildet (siehe Abbildung 6-6).

Die Investitionen werden immer in Abhängigkeit des zusätzlichen technischen Potenzials P_1 , also für einen Ausbau des Standortes, berechnet, um bewerten zu können, ob die durch den Ausbau gewonnene Leistung in einem wirtschaftlichen Verhältnis zu den dafür aufzubringenden Investitionen steht.

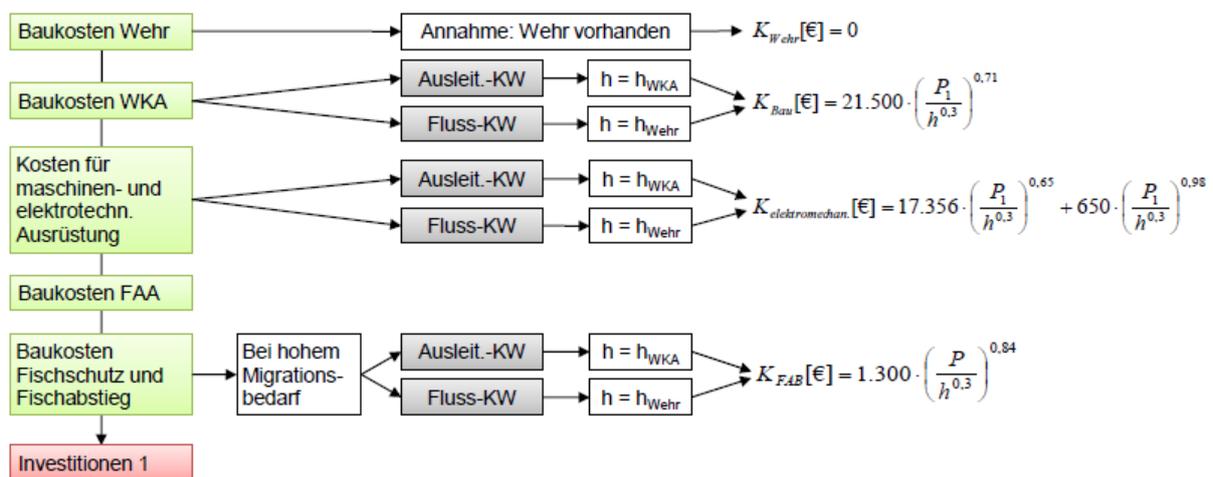


Abbildung 6-6: Berechnung des Investitionsvolumens

Anschließend wird auf Basis des Verhältnisses von Investitionen I_1 (Summe aus K_{Bau} , $K_{elektromech.}$, K_{FAA} , K_{FAB}) zu Jahresertrag JE_1 gemäß Abbildung 6-7 entschieden, ob weitere Berechnungen am Standort vorgenommen werden. Dabei wird mit einem bewusst hoch angesetzten Quotienten gearbeitet, um sicherzustellen, dass alle auch bei längeren Betrachtungsperioden möglicherweise wirtschaftlich nutzbaren Standorte für die weitere Betrachtung erhalten bleiben.

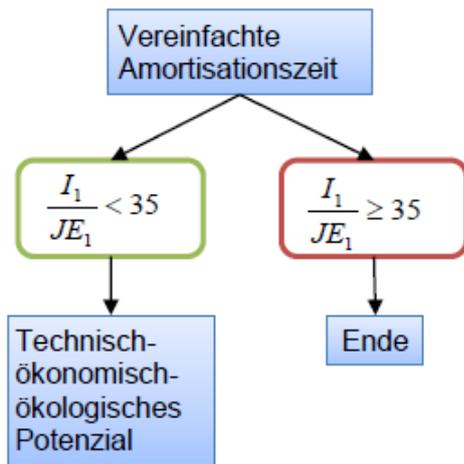


Abbildung 6-7: Beurteilung der vereinfachten Amortisationszeit

6.3.3 Technisch-ökonomisch-ökologisches Potenzial

Beträgt die vereinfachte Amortisationszeit weniger als 35 Jahre, wird als weitere Detaillierungsstufe das zusätzliche technisch-ökonomisch-ökologische Potenzial P_2 gemäß Abbildung 6-8 berechnet.

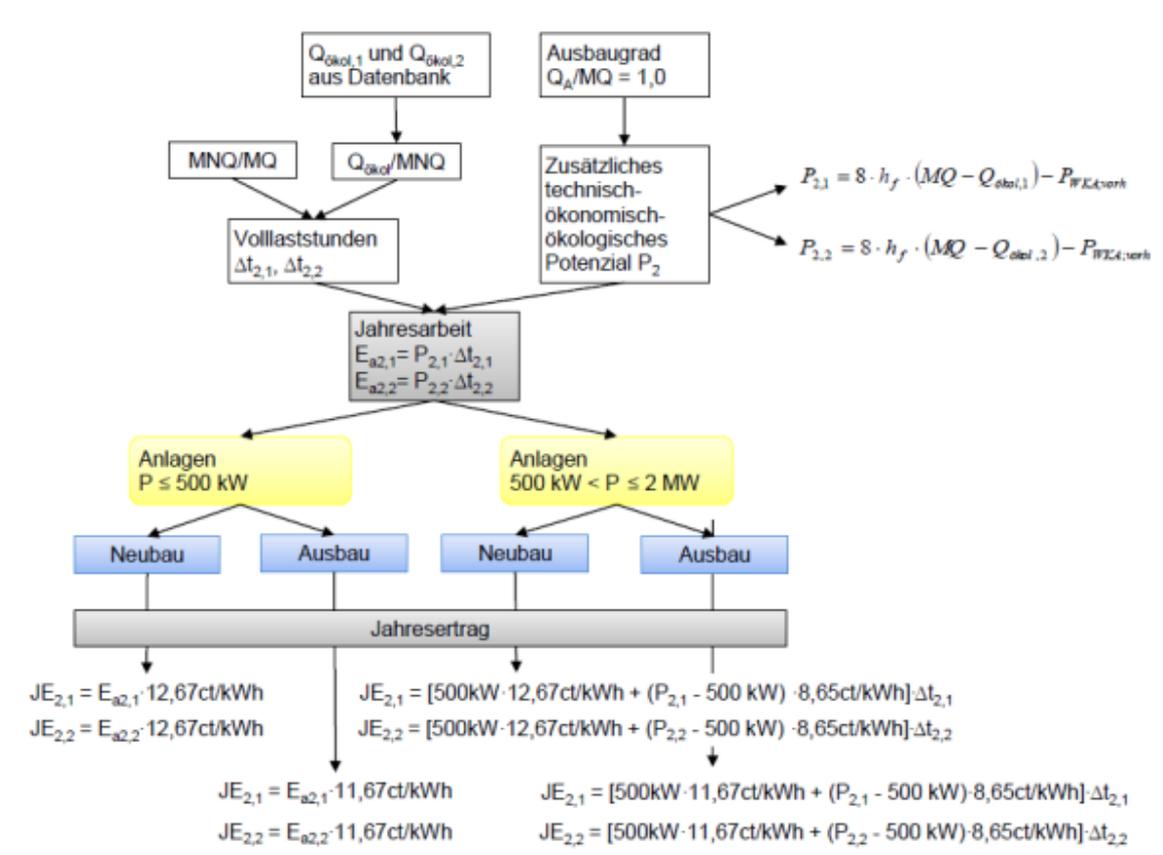


Abbildung 6-8: Jahresarbeit und Jahresertrag unter Berücksichtigung der ökologischen Abflüsse nach Szenario 1 und 2

Hierbei werden zwei Fälle betrachtet (siehe Kapitel 5 und Tabelle 5-3):

- Szenario 1: Potenzial $P_{2,1}$ mit den ökologischen Abflüssen unter pauschaler Berücksichtigung der Orientierungswerte nach Wasserkrafterlass BW;
- Szenario 2: Potenzial $P_{2,2}$ unter Berücksichtigung spezifischer ökologischer Anforderungen an ökologische Abflüsse nach Wasserkrafterlass BW.

Zur abschließenden Bewertung der untersuchten Standorte wird eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung anhand des in Abbildung 6-9 dargestellten Schemas vorgenommen. Dabei wird der Kapitalwiedergewinnungsfaktor gemäß der KVR-Leitlinien KVR-Leitlinien (1998) unter der Annahme eines langjährigen Kalkulationszinssatzes von 3 % und einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von 35 Jahren gewählt.

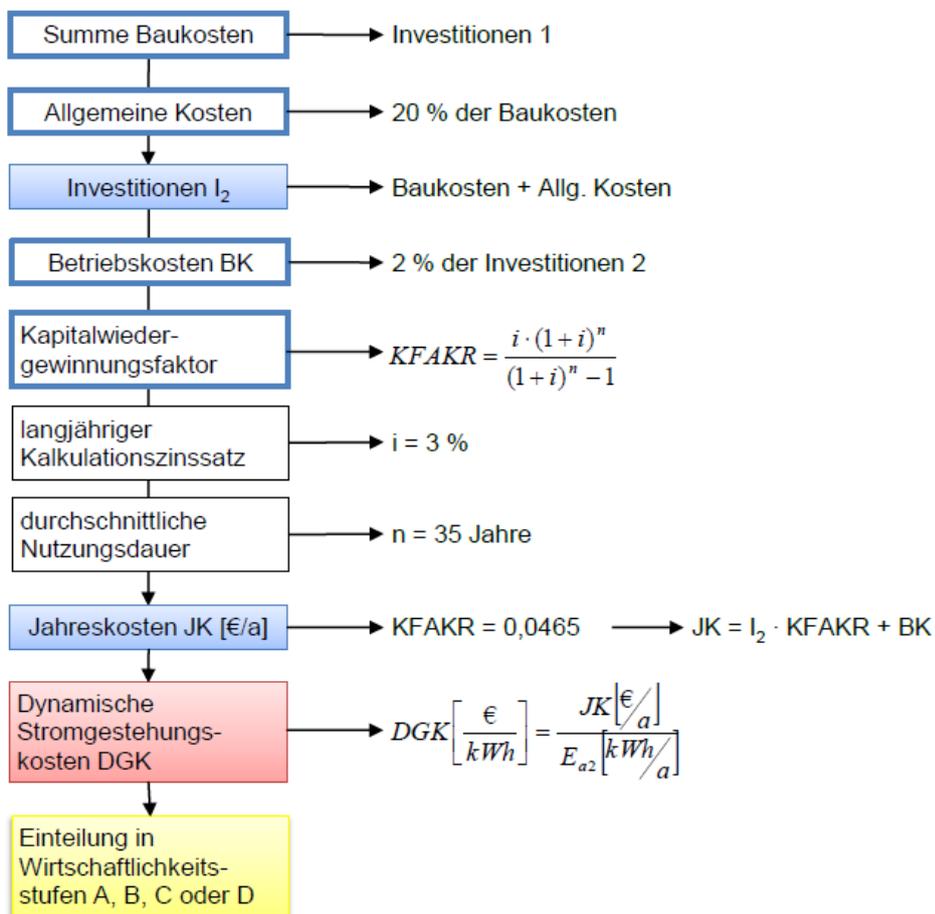


Abbildung 6-9: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Anschließend werden die dynamischen Gestehungskosten [€/kWh] des technisch-ökonomisch-ökologischen Potenzials $P_{2,i}$ ermittelt und der jeweilige Standort in eine Wirtschaftlichkeitsklasse

gemäß Tabelle 6-7 eingestuft. Diese Wirtschaftlichkeitsstufen lehnen sich dabei an EEG-Mischvergütungssätzen an.

Tabelle 6-7: Wirtschaftlichkeitsstufen basierend auf den dynamischen Gesteungskosten

Dynamische Gesteungskosten DGK [€/kWh]	Wirtschaftlichkeitsstufe
$0 \leq DGK \leq 0,085$	A
$0,085 < DGK \leq 0,11$	B
$0,11 < DGK \leq 0,175$	C
$DGK > 0,175$	D

Eine eventuelle Über- oder Unterschätzung an Einzelstandorten wird, wie bereits im Kapitel 4.4 dargestellt, durch die Zusammenfassung der Ergebnisse auf Ebene der Gewässer oder Teileinzugsgebiete ausgeglichen. Auch sei nochmals darauf hingewiesen, dass diese Studie die jeweils notwendige Einzelfallprüfung nicht vorwegnehmen kann.

6.3.4 Das Mindestwasserpotenzial

Des Weiteren wird an Standorten von Ausleitungskraftwerken für beide Szenarien geprüft, ob am jeweiligen Standort die zusätzliche Installation einer Mindestwasserturbine am Wehr sinnvoll ist (Abbildung 6-10).

Auch hier wurde der Ansatz gewählt, dass Anlagen erst ab einem Mindestpotenzial von 8 kW als technisch und ökonomisch realisierbar angesehen werden.

Das Mindestwasserpotenzial leitet sich aus der Überlegung her, dass eine Ausleitungsstrecke häufig mit mehr Wasser dotiert werden muss, als Wasser hydraulisch für die am Wehr installierte, funktionsfähige FAA notwendig wäre (vgl. Abbildung 6-11). Diese zusätzliche Teilmenge der Dotierung kann am Wehr durch eine Mindestwasserturbine energetisch genutzt werden.

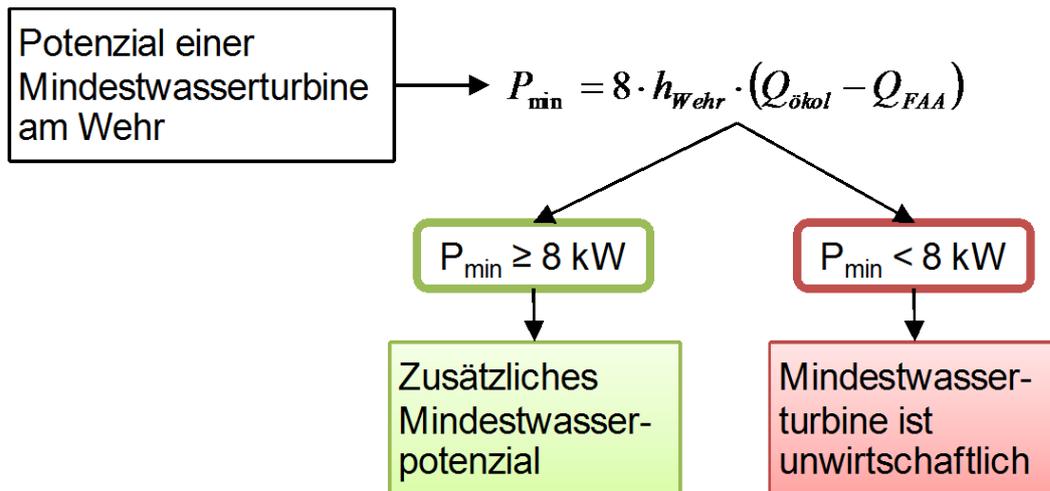


Abbildung 6-10: Mindestwasserpotenzial

Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeitsklassen wurden die gleichen Kostenansätze für Bautechnik und elektrotechnische Ausrüstung herangezogen, wie in Kapitel 6 für Neubauten erläutert. Die Energieerzeugung wurde mit 8.280 Volllaststunden pro Jahr berechnet.

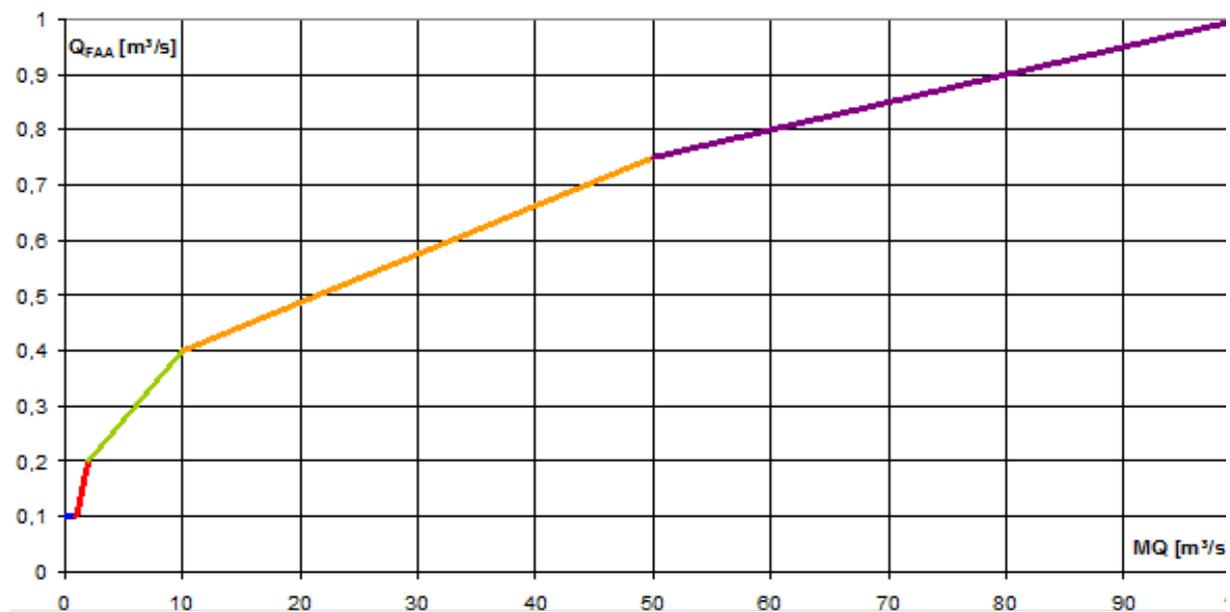


Abbildung 6-11: Mindestdotationsansatz für Fischaufstiegsanlagen basierend auf Erfahrungswerten für funktionsfähige Fischaufstiegsanlagen in Abhängigkeit vom Mittelwasserabfluss MQ

7 Ergebnisse

In Kapitel 7.1 sind zunächst die Ergebnisse der Erhebungen zur Nutzung der Wasserkraft im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains mit Ausnahme des Mains selbst zusammengefasst, die als Grundlage für die Berechnung des Ausbaupotenzials durchgeführt wurden. In Kapitel 7.2 folgt die Beschreibung der ermittelten Wasserkraftpotenziale.

Wie in Abbildung 7-1 dargestellt haben insgesamt 4 Landkreise einen Anteil am baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains. Allerdings liegen die Potenziale der Wasserkraft im Sinne der vorliegenden Studie nur im Main-Tauber-Kreis und im Neckar-Odenwald-Kreis.

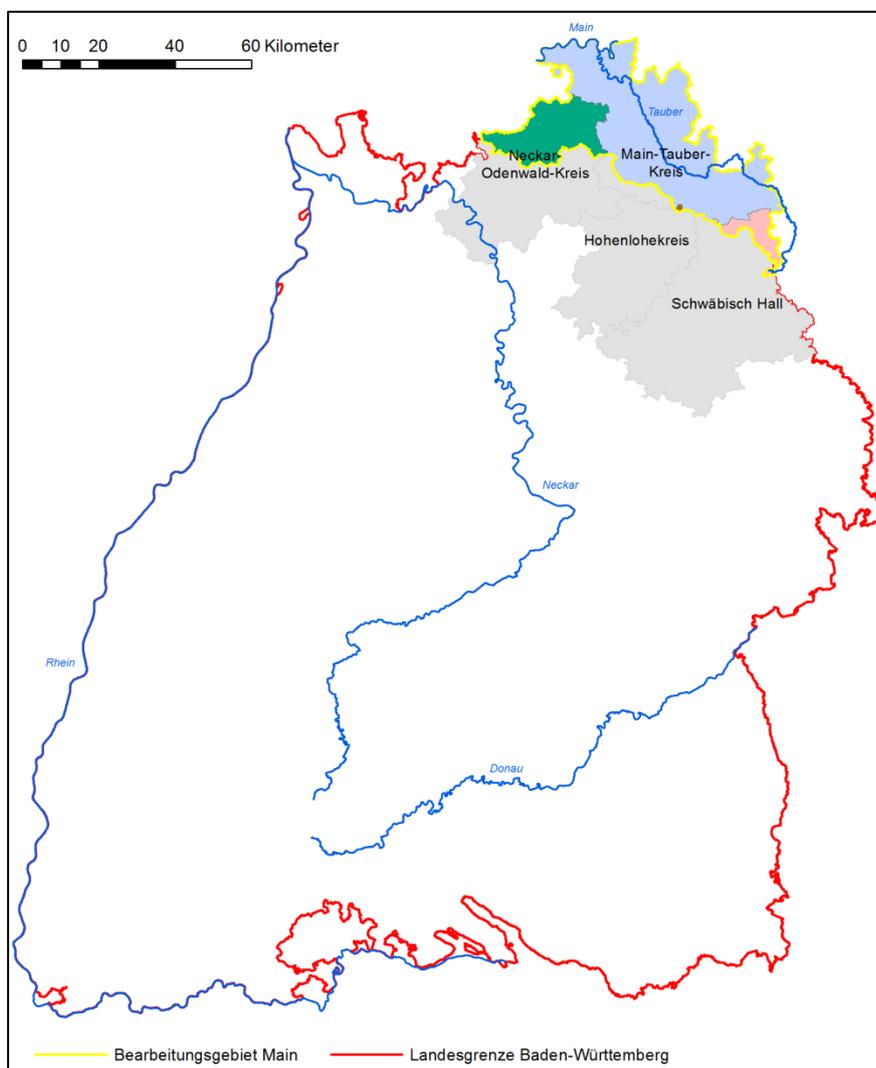


Abbildung 7-1: Landkreise mit Flächenanteil am baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains

7.1 Bestehende Nutzung der Wasserkraft

7.1.1 Überblick

Im Rahmen der Studie wurden Informationen zu 96 Wasserkraftstandorten im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains mit Ausnahme des Mains selbst erfasst. Zu den 92 Wasserkraftanlagen im Einzugsgebiet des Mains des Ausgangsdatensatzes (ohne Mainstauufen) kamen vier neue Standorte im Zuge entweder im Zuge der Geländearbeiten oder nach Rücksprache mit den Wasserbehörden hinzu. 56 Anlagen waren im Jahr 2014 in Betrieb, 40 Anlagen waren außer Betrieb, wobei zwei Anlagen als betriebsbereit galten. 8 Standorte wurden von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen, weil die betreffenden Wasserkraftanlagen stillgelegt, im Gelände nicht mehr auffindbar bzw. kein Regelbauwerk mehr vorhanden war. Da an zwei Standorten an der gleichen Gefällestufe installierte Anlagen zu je einem virtuellen Standort zusammengefasst wurden, erfolgte eine Potenzialbetrachtung nach Kapitel 6 an 86 Standorten.

Abbildung 7-2 zeigt die Verteilung der bestehenden Wasserkraftanlagen auf die Landkreise. In der Verteilung spiegeln sich die Flächenanteile der Landkreise ebenso wider wie das durch das Hauptgewässer Tauber bedingte größere natürliche Wasserkraftpotenzial im Main-Tauber-Kreis. Im Neckar-Odenwald-Kreis sind im Bearbeitungsgebiet Main nur abflussschwache kleinere Gewässer mit einem geringen natürlichen Potenzial betroffen.

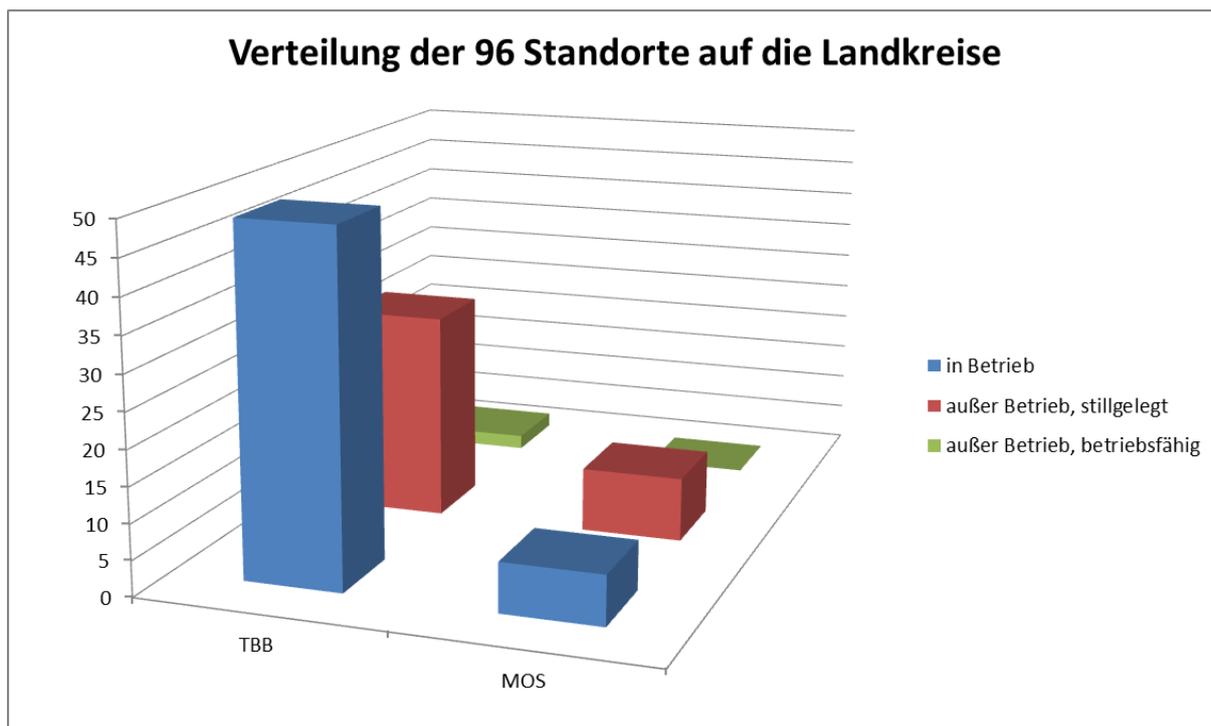


Abbildung 7-2: Verteilung der bestehenden Wasserkraftstandorte auf die Landkreise²⁸

Abbildung 7-3 gibt die Verteilung der im Jahr 2014 installierten Leistung der Wasserkraft im Bearbeitungsgebiet wieder. Insgesamt war eine Leistung von etwa 3,7 MW installiert. Anlagen mit einer Leistung von über 100 kW gab es nur im Main-Tauber-Kreis. Die leistungsstärksten Anlagen fanden sich naturgemäß an der Tauber²⁹. Die leistungsstärkste Anlage mit ca. 450 kW ist am Unterlauf der Tauber installiert.

²⁸ (TBB =Main-Tauber-Kreis, MOS =Neckar-Odenwald-Kreis)

²⁹ In der vorliegenden Studie wurden die Mainstaufen nicht berücksichtigt.

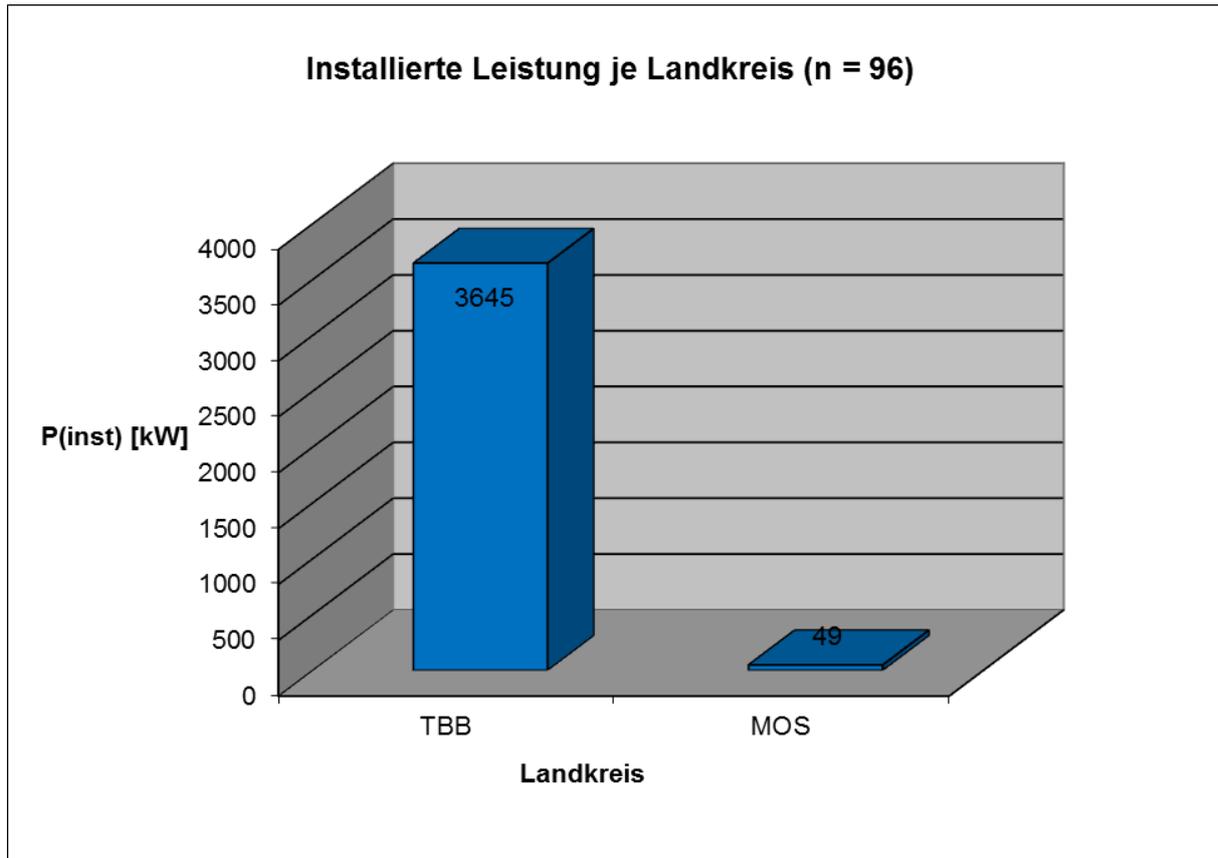


Abbildung 7-3: Verteilung der installierten Leistung auf die Landkreise³⁰

Abbildung 7-4 teilt die Anlagen nach Leistungsklassen auf. Abbildung 7-5 gibt die installierte Gesamtleistung aufgeschlüsselt nach den Leistungsklassen wieder. Unter der Klasse $P = 0$ kW bzw. k.A. sind hier Anlagen zusammen gefasst, für die keine Leistungsdaten ermittelt werden konnten, oder die außer Betrieb genommen sind und bei denen aktuell keine maschinellen Vorrichtungen mehr vorhanden sind. Hierbei fällt der vergleichsweise große Anteil stillgelegter Kleinanlagen im baden-württembergischen Main-Gebiet auf. Diese Standorte wurden aber bei der Potenzialberechnung gemäß dem in Kapitel 6 beschriebenen Vorgehen berücksichtigt.

³⁰ (MOS = Neckar-Odenwald-Kreis, TBB = Main-Tauber-Kreis)

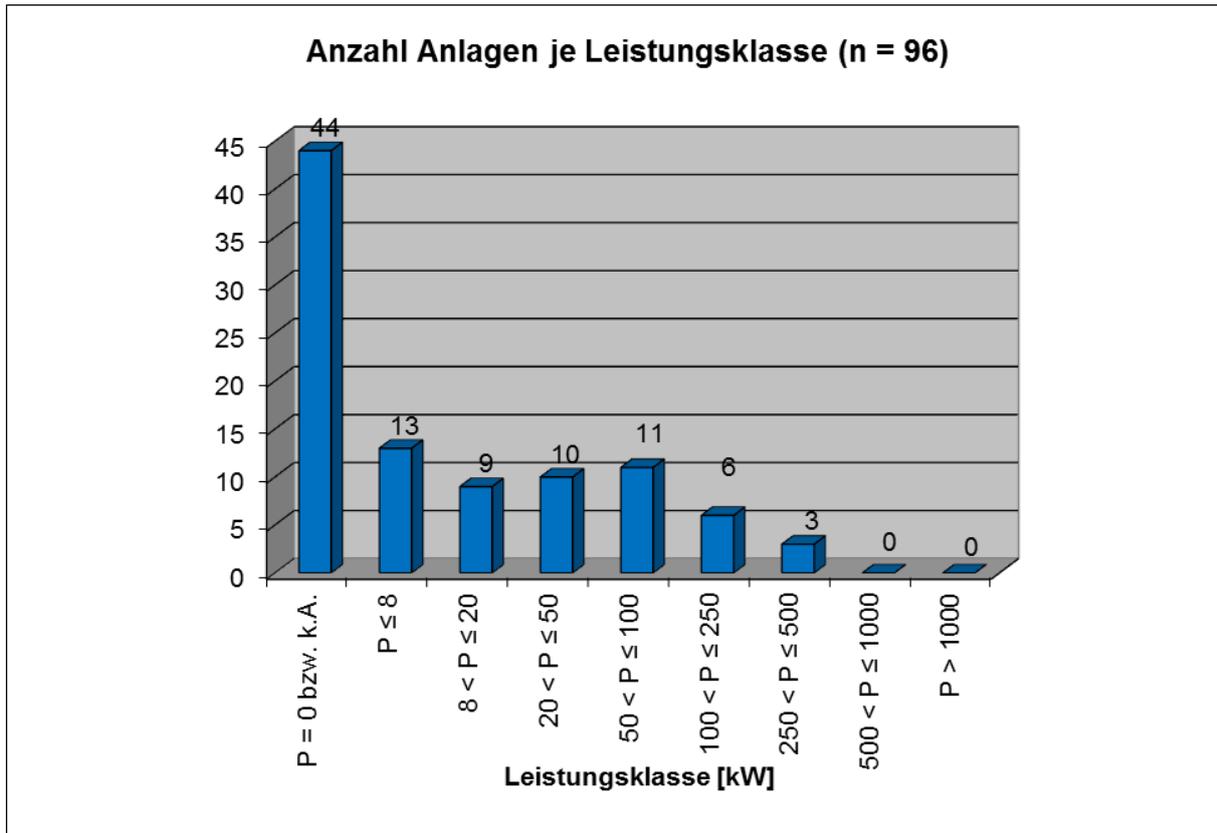


Abbildung 7-4: Verteilung bestehender Anlagen auf Leistungsklassen

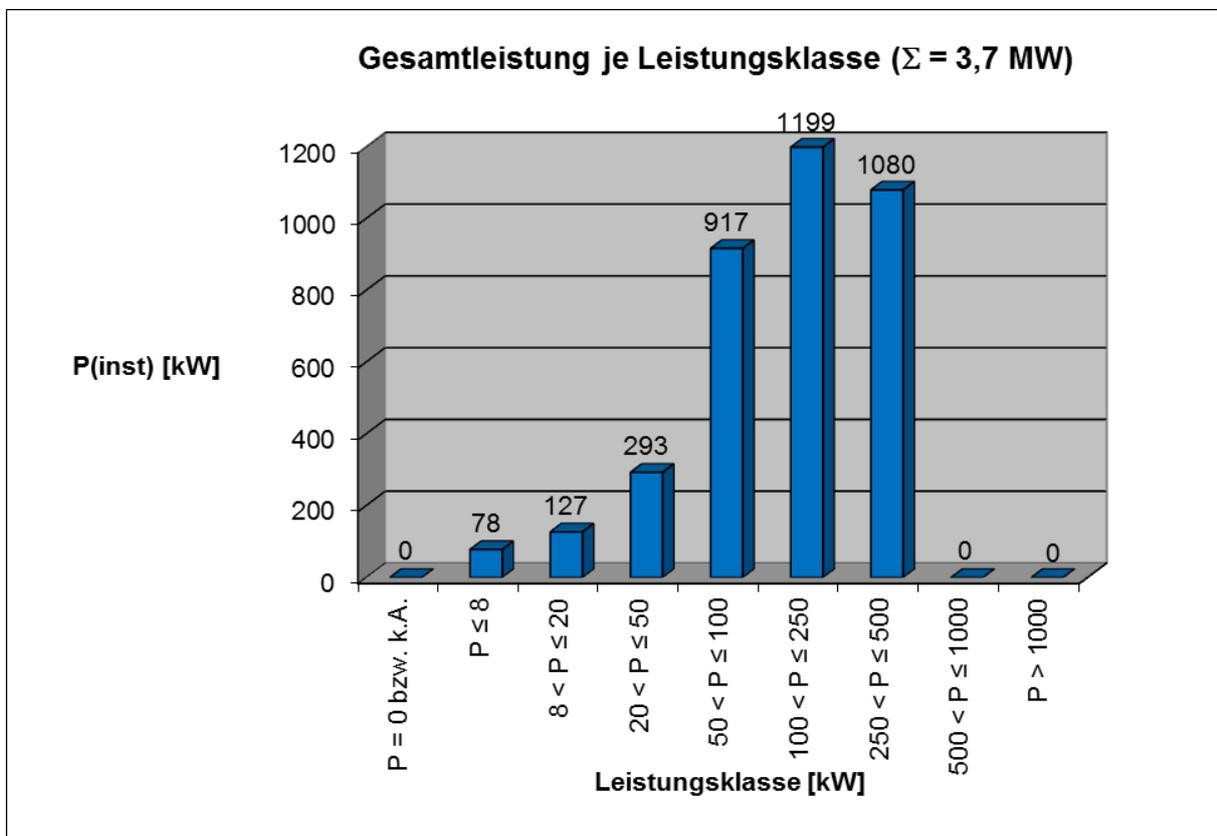


Abbildung 7-5: Installierte Leistung differenziert nach Leistungsklassen

Die 9 Anlagen mit einer Leistung von mehr als 100 kW, allesamt an der Tauber installiert, haben einen Anteil von mehr als 60 % der gesamten im baden-württembergischen Main-Einzugsgebiet installierten Leistung. An 70 % der Standorte ist entweder aufgrund Stilllegung gar keine oder aber eine Leistung von < 20 kW installiert.

In Abbildung 7-6 ist die Verteilung des genehmigten Nutzgefälles der Anlagen im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains ohne Bundeswasserstraße Main visualisiert. Bedingt durch die Topografie des Gebiets mit eher geringen vertikalen Höhenunterschieden dominieren kleinere Fallhöhen an den meisten Anlagen. Die größte genehmigte Fallhöhe beträgt 33 m bei einem – stillgelegten – Pumpwerk im Neckar-Odenwald-Kreis. Bei 5 Anlagen ließ sich aufgrund fehlender oder unvollständiger Triebwerksakten keine Fallhöhe ermitteln. In der Konsequenz kann bei diesen Anlagen auch kein Potenzial an der Anlage, wohl aber am zugehörigen Wehr, ermittelt werden.

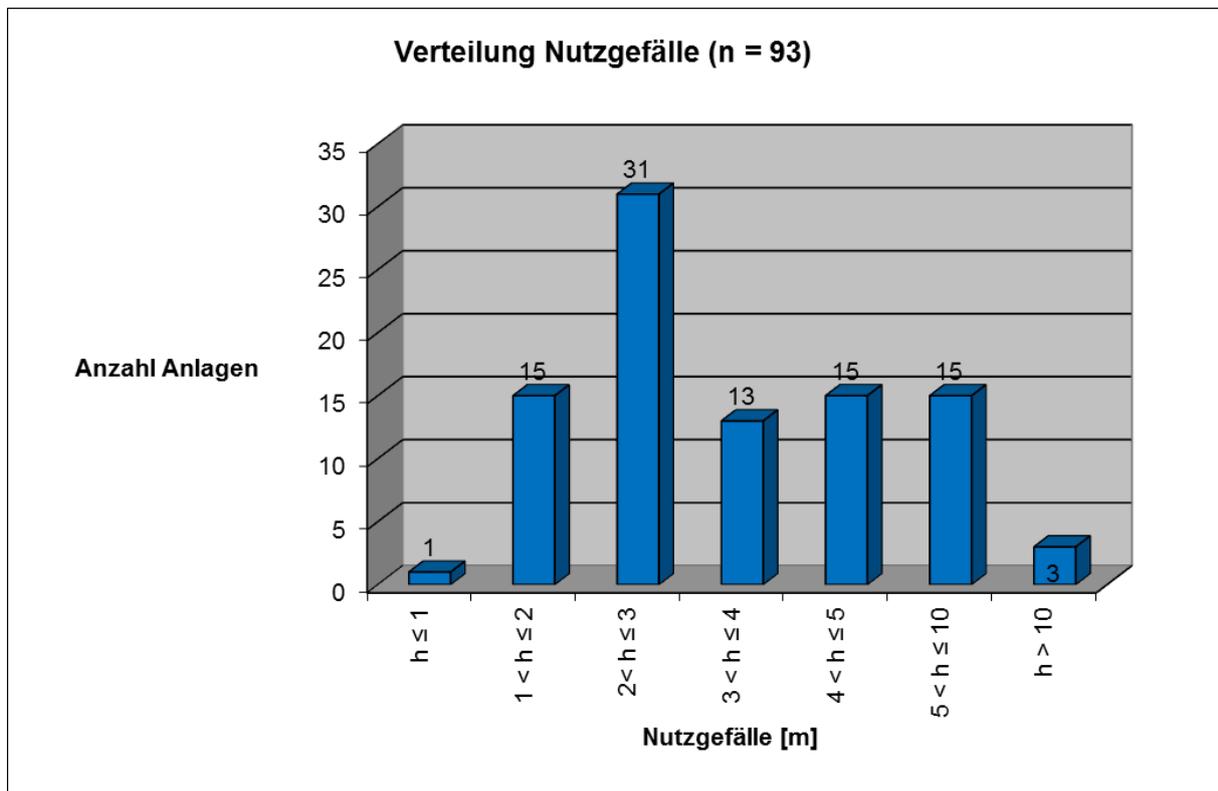


Abbildung 7-6: Differenzierung der bestehenden Anlagen nach genutztem Gefälle

Abbildung 7-7 zeigt die Verteilung des Schluckvermögens von 52 der 95 erfassten Wasserkraftanlagen. Bei 43 Anlagen konnte entweder kein Schluckvermögen ermittelt werden, oder aber die maschinelle Ausrüstung ist bei stillgelegten Anlagen zurückgebaut worden. Unter den übrigen Anlagen bilden Werke mit einem Schluckvermögen bis zu $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ die zahlenmäßig stärkste Gruppe (40 %),

rund 15 % der Anlagen haben ein Schluckvermögen von mehr als 7,5 m³/s. Das größte Schluckvermögen besitzt eine Anlage an der Tauber mit 11,5 m³/s.

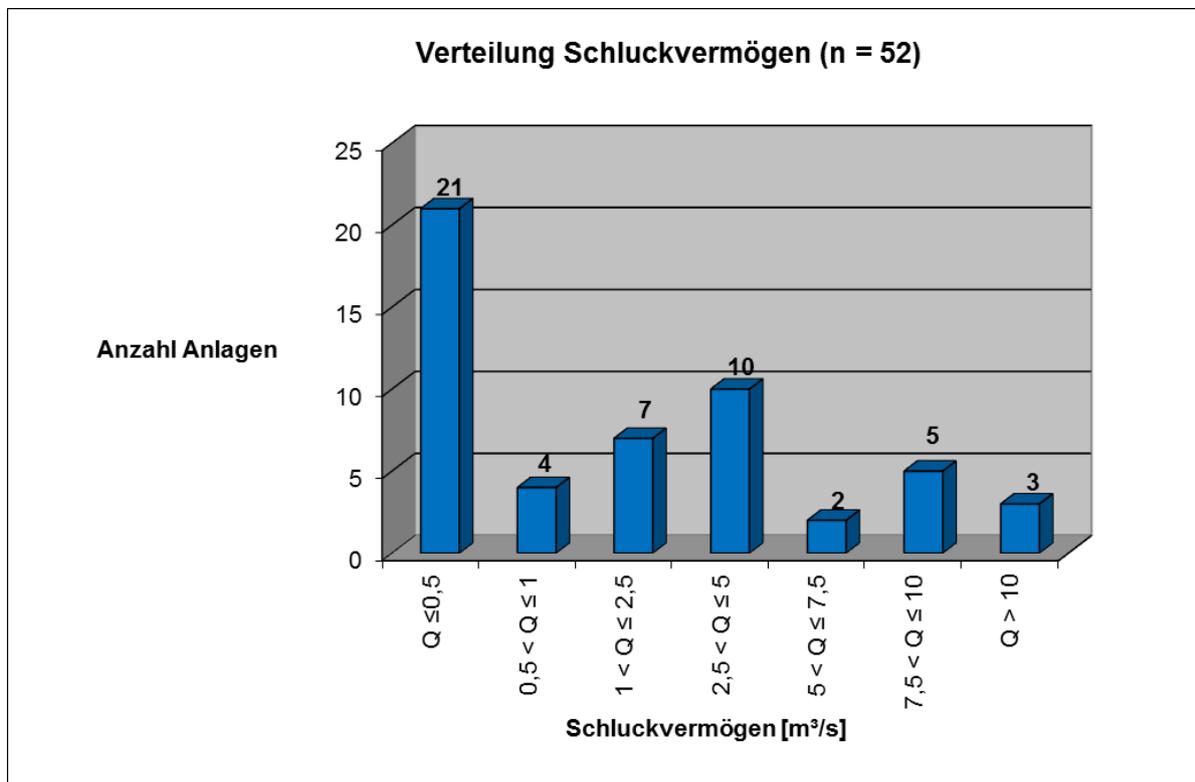


Abbildung 7-7: Differenzierung der bestehenden Anlagen nach Schluckvermögen

In Abbildung 7-8 ist der Ausbaugrad, das Verhältnis von mittlerem Abfluss am Standort zum Gesamtschluckvermögen der Anlage, von 48 der 95 untersuchten Anlagen dargestellt. Neben den 43 Anlagen, für die mangels Informationen zu den eingebauten Wasserkraftmaschinen kein Schluckvermögen ermittelt werden konnte, konnte der Ausbaugrad für weitere vier Anlagen nicht berechnet werden, für deren Gewässer durch die LUBW kein Basiseinzugsgebiet abgegrenzt wurde und daher keine Abflusswerte bekannt sind.

Ein relativ hoher Anteil der Anlagen weist ein im Vergleich zum mittleren Abfluss MQ geringes Schluckvermögen auf. Allerdings relativiert sich diese Aussage im Hinblick auf mögliche Ausbaupotenziale dadurch, dass es sich hier überwiegend um kleine Anlagen an Nebengewässern handelt.

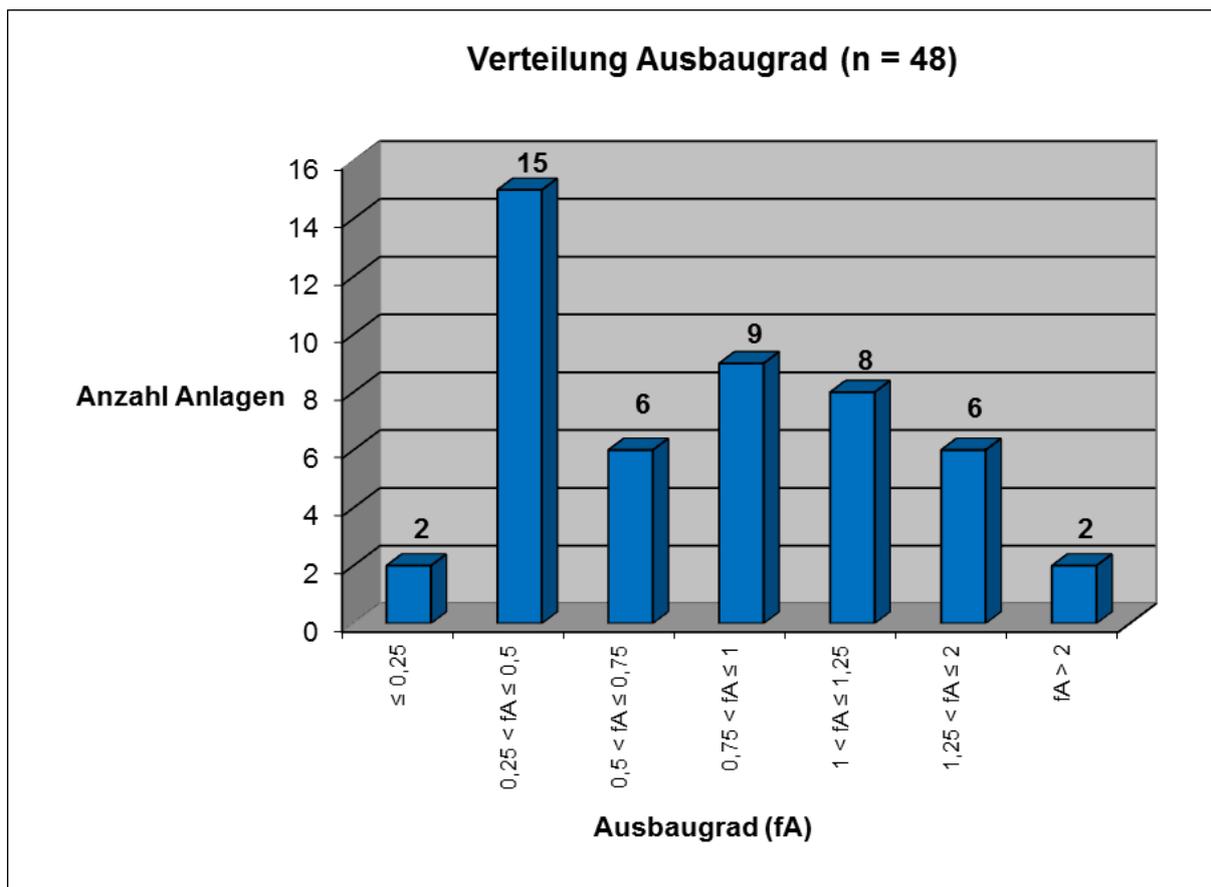


Abbildung 7-8: Differenzierung der bestehenden Anlagen nach dem Ausbaugrad

7.1.2 Auswertung der EEG-Daten

Zu 38 Wasserkraftanlagen im Einzugsgebiet des Mains liegen Daten zur Einspeisung von Strom nach EEG vor. Eine Anlage gilt 2014 als stillgelegt. Für die meisten Anlagen umfassen die Informationen die Jahre 2007 bis 2012. Zu 18 Wasserkraftanlagen mit der Statusangabe „in Betrieb“ liegen keine Daten nach EEG vor. Dies betrifft neben Anlagen, die erst nach 2012 in Betrieb gegangen sind, vor allem kleine Anlagen sowie Anlagen, deren Strom durch den Betreiber selbst genutzt oder anderweitig vermarktet wird. In den EEG-Daten wird eine Wasserkraftanlage mit 9 kW in Niederstetten geführt, die sich keiner bekannten Anlage aus dem UIS zuordnen lässt.

Die Anzahl der folgenden Auswertungen der EEG-Daten gibt nur näherungsweise die Anzahl der nach EEG einspeisenden Anlagen aus dem Umweltinformationssystem (UIS) wider. Dies liegt daran, dass zum einen in einigen Fällen eine Anlage des UIS Baden-Württemberg mit mehreren Datensätzen in den EEG-Daten vertreten ist, z.B. wenn sie über mehrere Generatoren mit unterschiedlichen Stromzählern verfügt bzw. eine UIS-Anlage aufgrund einer Modernisierung mit mehreren Anlagenschlüsseln in den EEG-Daten vertreten ist. Zum anderen repräsentieren aber auch einige EEG-Datensätze

mehr als eine Wasserkraftanlage des UIS, z.B. wenn ein Betreiber zwei WKA am gleichen Kanal betreibt.

Tabelle 7-1 stellt den in den Jahren 2007 bis 2012 nach EEG eingespeisten Strom aus Wasserkraft dar.

Tabelle 7-1: Einspeisung von Strom nach EEG in den Jahren 2007 bis 2012 im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains³¹

P [kW]	Jahr	2007	2008	2009	2010	2011	2012
P ≤ 8	Anzahl	5	5	5	4	4	4
	MWh	92	91	45	64	38	35
8 < P ≤ 20	Anzahl	4	4	4	4	3	4
	MWh	87	85	67	86	40	45
20 < P ≤ 50	Anzahl	11	10	9	9	9	9
	MWh	986	861	753	936	687	606
50 < P ≤ 100	Anzahl	11	8	10	10	9	10
	MWh	3.509	2.903	2.813	4.687	3.190	3.039
100 < P ≤ 250	Anzahl	4	4	5	5	4	4
	MWh	2.981	3.653	4.069	5.240	2.967	2.522
250 < P ≤ 500	Anzahl	1	3	3	3	3	3
	MWh	1.305	5.326	5.127	6.276	4.624	4.192
500 < P ≤ 1000	Anzahl	0	0	0	0	0	0
	MWh	0	0	0	0	0	0
P > 1000	Anzahl	0	0	0	0	0	0
	MWh	0	0	0	0	0	0
Summe	Anzahl	36	34	36	35	32	35
	MWh	8.960	12.912	12.875	17.288	11.546	11.244

Der auffällige Rückgang der nach EEG eingespeisten Strommenge im Jahr 2011 in allen Leistungsklassen findet sich auch in den EEG-Einspeisungsdaten aus Wasserkraft in den anderen Teilen von Baden-Württemberg wieder.

Tabelle 7-1 und Abbildung 7-9 zeigen, dass die Anlagen mit einer Leistung von >100 kW rund zwei Drittel des Stroms aus Wasserkraft im Bearbeitungsgebiet erzeugen, obgleich sie nur rund 10 % aller Standorte repräsentieren. Wasserkraftanlagen bis zu einer Leistung von 50 kW erbringen nicht einmal 10 % des eingespeisten Stroms.

³¹ Ohne Staustufen am Main

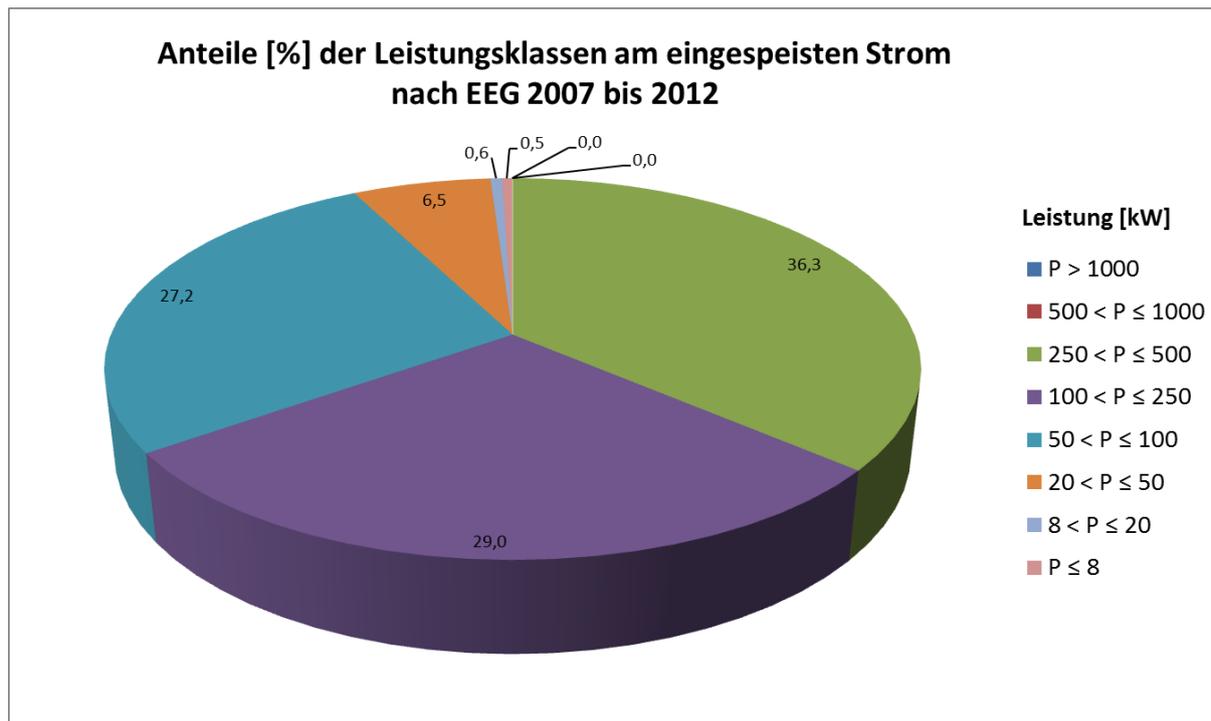


Abbildung 7-9: Prozentualer Anteil der Leistungsklassen am nach EEG eingespeisten Strom aus Wasserkraft zwischen 2007 und 2012

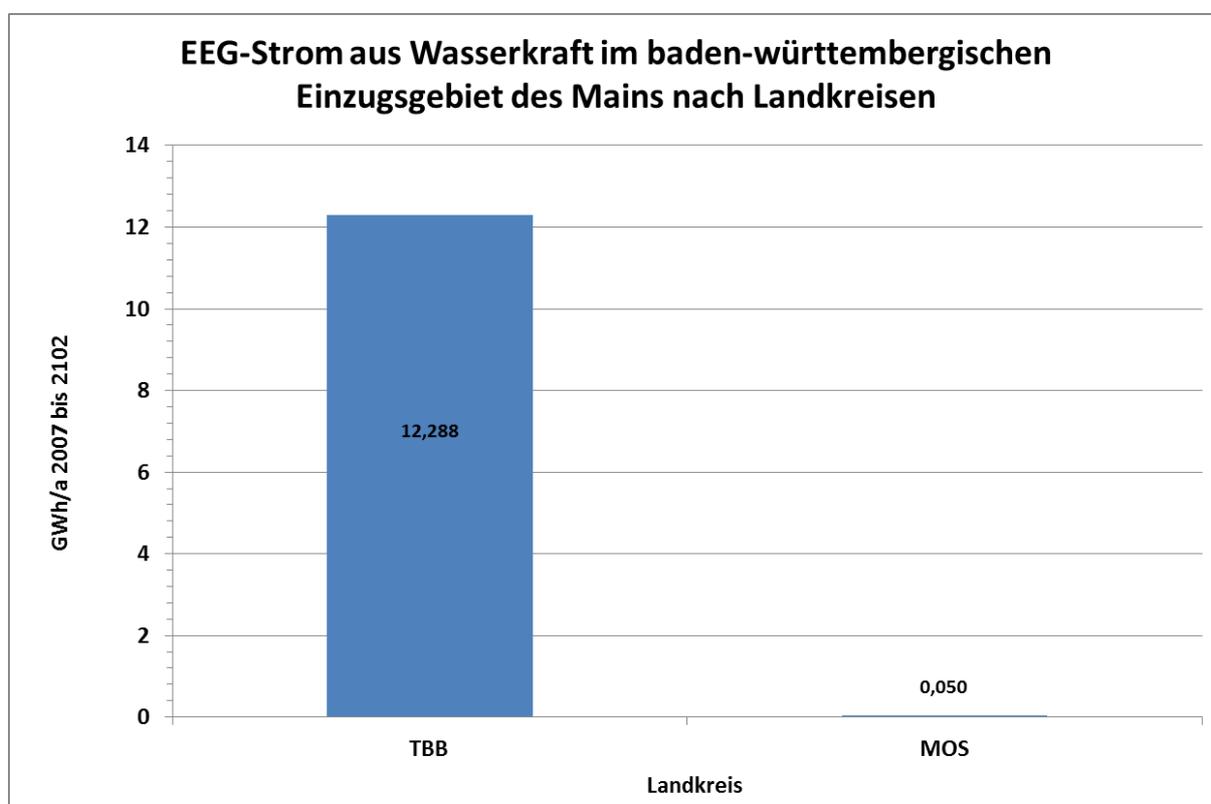


Abbildung 7-10: mittlere jährliche EEG-Einspeisung 2007 bis 2012 in den Landkreisen des baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains (TBB = Main-Tauber-Kreis, MOS = Neckar-Odenwald-Kreis)

Abbildung 7-10 zeigt die im Zeitraum 2007 bis 2012 im Mittel in den Landkreisen eingespeiste Strommenge aus Wasserkraft nach EEG. Praktisch der gesamte eingespeiste Strom geht auf Wasserkraftanlagen im Main-Tauber-Kreis zurück.

Abbildung 7-11 zeigt die Entwicklung der Vergütungssätze der Wasserkraftanlagen bis 500 kW im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains in den Jahren 2007 bis 2012. Dargestellt sind nur Anlagen, die in den genannten Jahren auch tatsächlich Strom in das Netz eingespeist haben. Deutlich wird, dass zwischenzeitlich knapp zwei Drittel der Anlagen die erhöhten Vergütungssätze in Anspruch nehmen und der kleinere Anteil der Anlagen weiterhin mit 7,67 ct/kWh vergütet wird. Dahinter verbirgt sich, dass in den Jahren 2004 bis 2012 die Mehrzahl der Anlagen nacheinander die steigenden erhöhten Vergütungssätze in Anspruch nehmen konnte, während andere Anlagen im gesamten Zeitraum keine technische oder ökologische Modernisierung im Sinne des EEG erfahren haben.

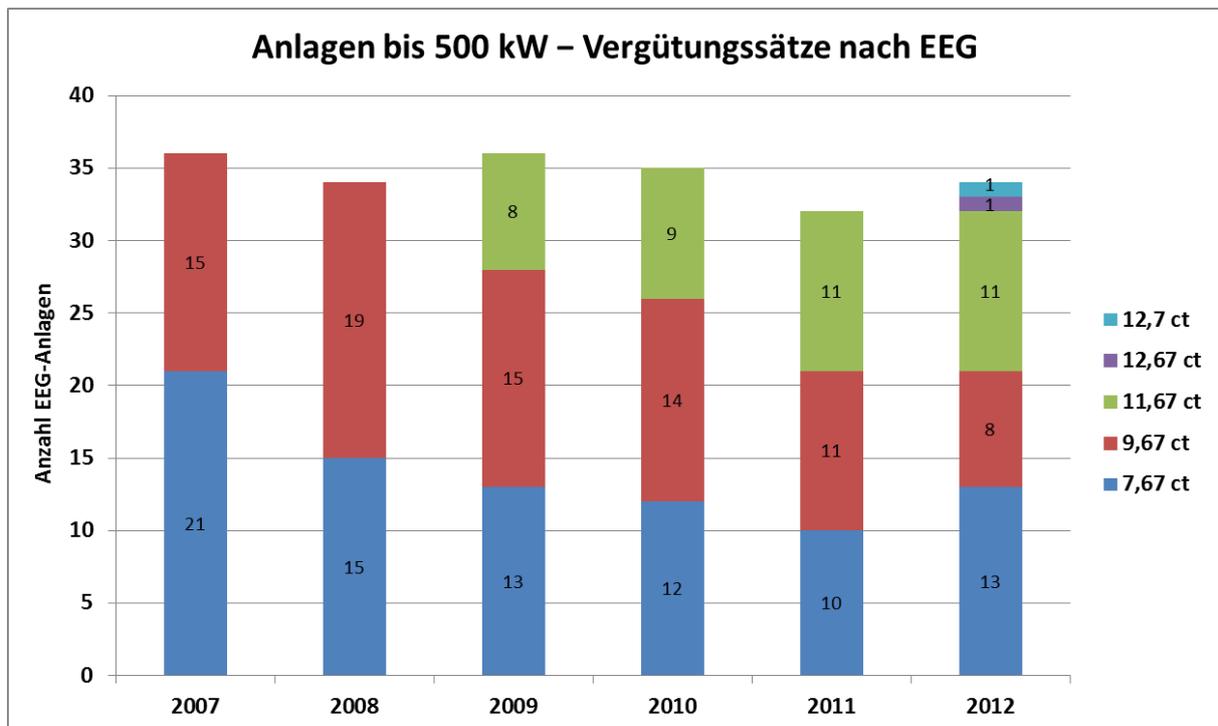


Abbildung 7-11: Vergütungssätze der EEG-Anlagen bis 500 kW zwischen 2007 und 2012

In Abbildung 7-12 ist die Vergütung der Wasserkraftanlagen bis 500 kW im Jahr 2012 nach den Leistungsklassen aufgeschlüsselt. Es wird deutlich, dass bei den Anlagen < 20 kW Leistung bislang nur eine Minderheit der Bestandsanlagen in den Genuss der erhöhten Vergütung nach EEG kommt. Die meisten Anlagen mit einer Leistung >50 kW haben bereits die Chancen des EEG zur Modernisierung der Anlage genutzt.

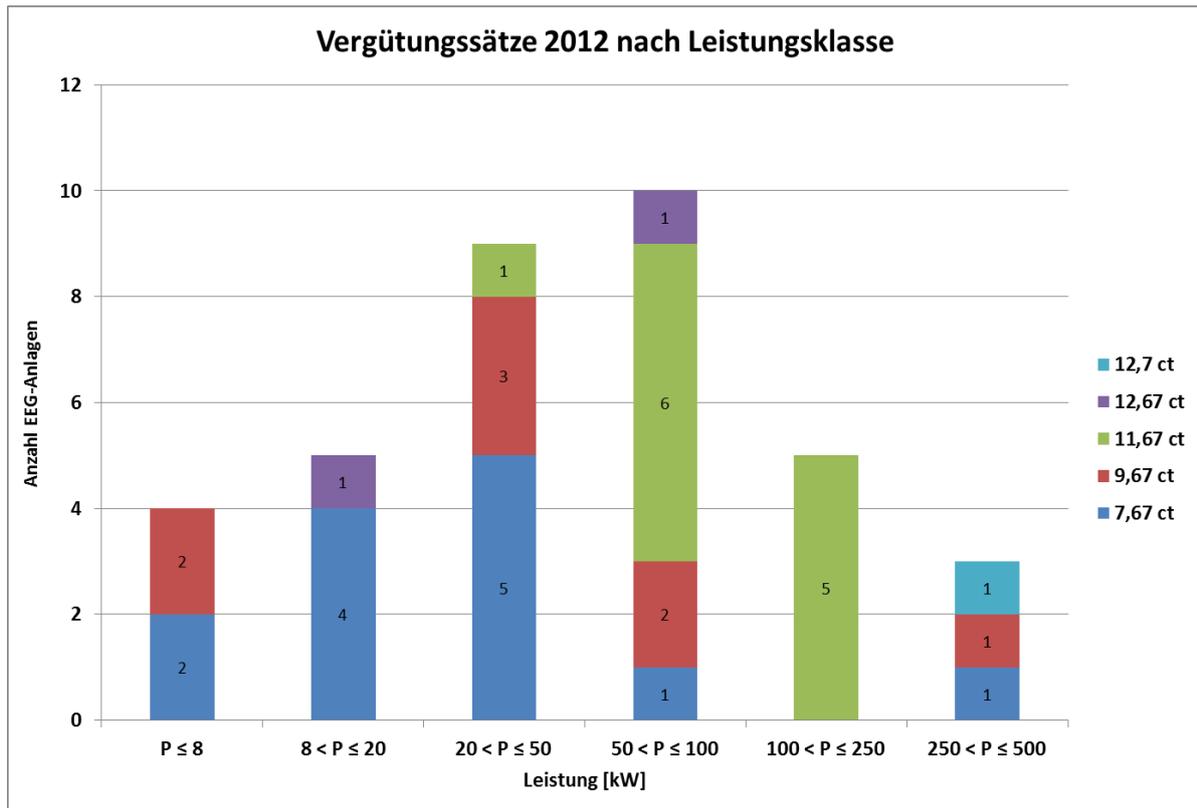


Abbildung 7-12: Vergütungssätze der EEG-Anlagen bis 500 kW differenziert nach Leistungsklassen 2012

7.1.3 Status der Durchgängigkeit an Wasserkraftanlagen

Insgesamt wurden im Rahmen der Untersuchung 155 Regelungsbauwerke im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains mit Ausnahme des Mains selbst betrachtet. 3 Bauwerke wurden nicht in die Auswertung miteinbezogen, da im Rahmen der Geländearbeiten festgestellt wurde, dass diese Bauwerke mit einem doppelten Datensatz im AKWB geführt werden. 82 dieser wasserbaulichen Anlagen sind mit einer Wasserkraftanlage verbunden, 73 Wehre dienen aktuell nicht oder nicht mehr der Nutzung der Wasserkraft.

Ein erheblicher Teil der nicht genutzten Regelungsbauwerke diene allerdings nie der Nutzung der Wasserkraft sondern anderen Zwecken, z. B. der Wiesenwässerung, der Speisung von Fischteichen oder dem Hochwasserschutz.

Abbildung 7-13 zeigt die Verteilung der aktuell für die Wasserkraft genutzten und nicht genutzten Regelungsbauwerke auf die Landkreise.

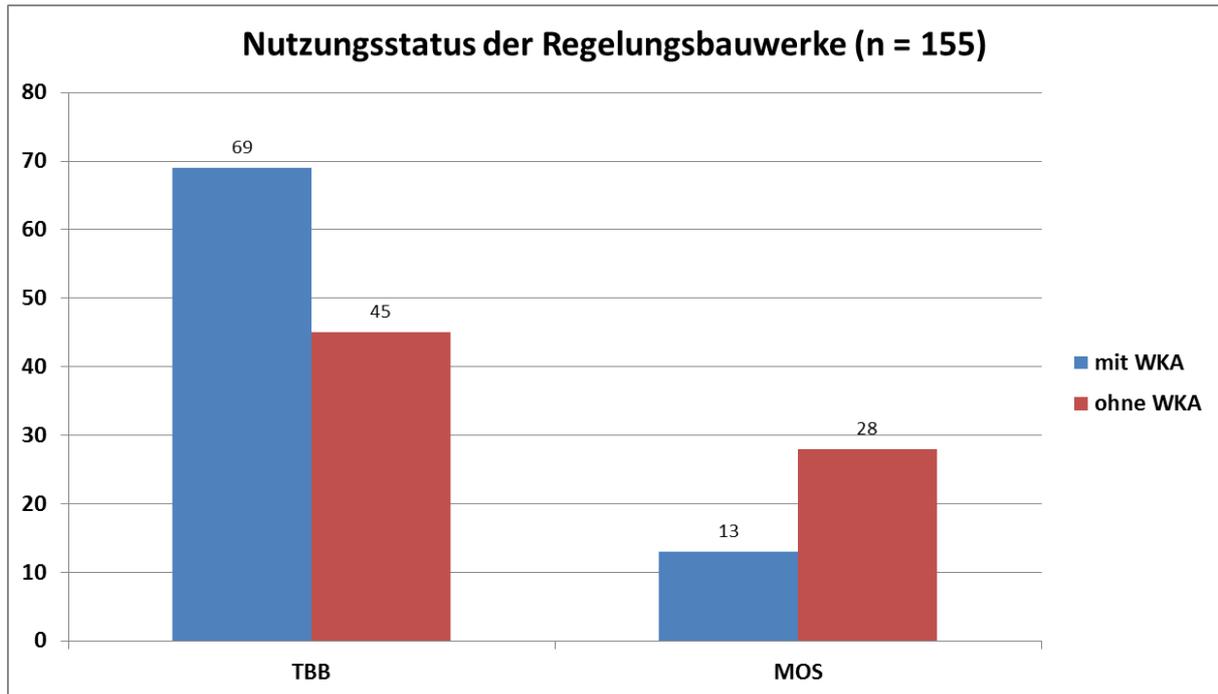


Abbildung 7-13: Darstellung der für die Wasserkraft genutzten und nicht für die Wasserkraft genutzten Regelbauwerke (TBB =Main-Tauber-Kreis, MOS =Neckar-Odenwald-Kreis; ein Regelbauwerk einer WKA in Baden-Württemberg liegt außerhalb des Landes im Landkreis Ansbach (BY))

Die Mehrzahl der nicht für die Wasserkraft genutzten Wehre weist nur eine geringe Wasserspiegeldifferenz auf und besitzt daher kein im Rahmen dieser Studie ausgewiesenes Rohpotenzial zur Gewinnung von Strom aus Wasserkraft von mindestens 8 kW.

An nur 2 der mit Wasserkraftanlagen verbundenen Wehre wurde die stromaufwärts gerichtete Durchgängigkeit bei den Geländebegehungen des Jahres 2014, aus Informationen der unteren Wasserbehörden oder aus dem AKWB als "gut" eingestuft. 15 % der Anlagen erreichten die Beurteilung "mit Einschränkungen", und an 80 % der Standorte musste der Fischaufstieg mit "nein" bewertet werden, bzw. es lagen keine Erkenntnisse über die Durchgängigkeit der Bauwerke für die Fauna vor. Zahlreiche der in den letzten Jahren errichteten Fischaufstiegsanlagen (an 31 Regelbauwerken wurde eine Fischaufstiegsanlage registriert) verfehlen nach den aktuellen Erhebungen im Gelände die Anforderungen nach dem Stand der Technik (DWA 2014). Neben einer aufgrund zu geringer Wassertiefen häufig eingeschränkten Passierbarkeit der eigentlichen Fischaufstiegsanlage musste in vielen Fällen die großräumige Auffindbarkeit der Fischaufstiegsanlagen negativ bewertet werden.

Bei den nicht mit einer Wasserkraftanlage verbundenen Wehren erreichten rund 8 % die Beurteilung "Fischaufstieg = gut".

7.1.4 Status der Mindestwasserregelungen an Wasserkraftanlagen

An 23 Ausleitungskraftwerken des baden-württembergischen Einzugsgebiets des Mains konnte eine Regelung zum Mindestabfluss in der Ausleitungsstrecke bei den Recherchen zum Wasserrecht der jeweiligen Anlage ermittelt werden. In Abbildung 7-14 ist die Höhe dieser Regelungen im Verhältnis zum MNQ am jeweiligen Standort dargestellt.

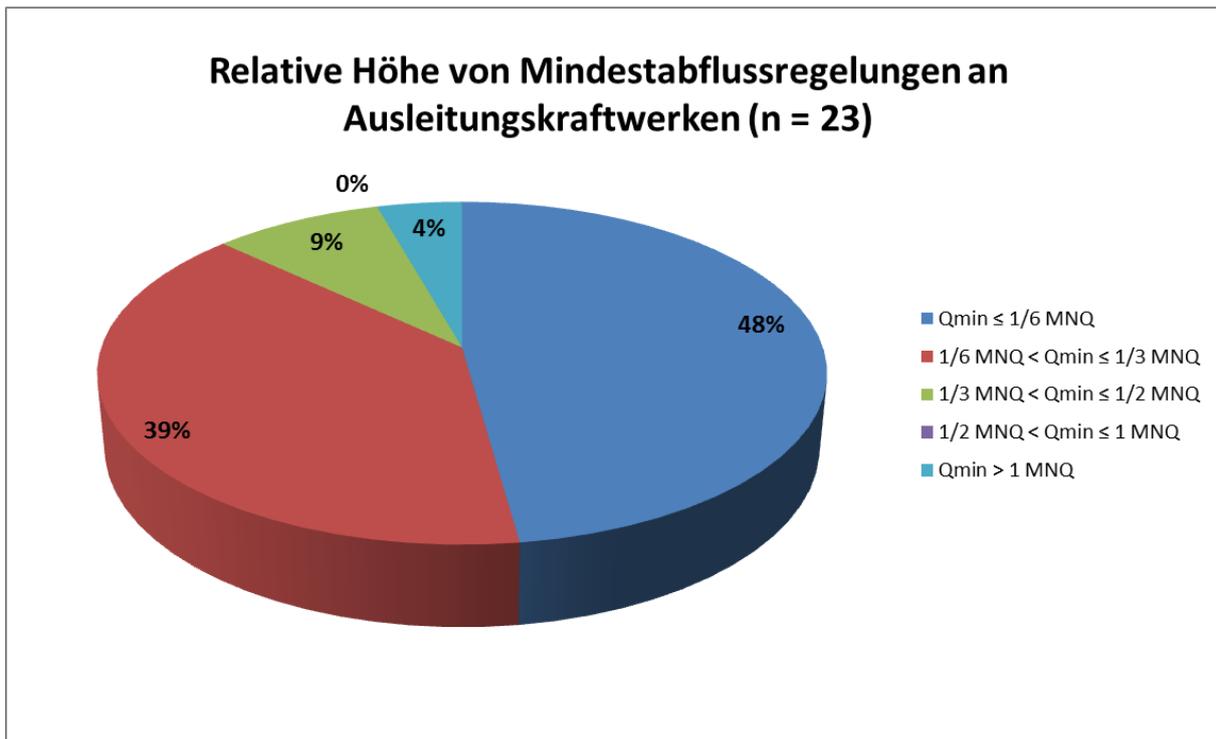


Abbildung 7-14: Relative Höhe der Mindestabflussregelungen an Ausleitungskraftwerken, die den Wasserrechtsakten entnommen werden konnten.

48 % der Regelungen, meist älteren Datums, betragen weniger als den Orientierungswert nach dem im Jahr 2014 geltenden Wasserkrafterlass Baden-Württemberg. Demgegenüber liegen ca. 40 % der dokumentierten Mindestabflussregelungen zwischen 1/6 und 1/3 MNQ. Allerdings sind an drei Standorten Mindestwasserkraftwerke installiert, weshalb die Abflusssituation in der Ausleitungsstrecke günstiger beurteilt werden kann. An einem Standort wurde ein Mindestabfluss >MNQ festgelegt³².

³² Die hier wieder gegebene Darstellung zu den Mindestabflussregelungen im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains ist nicht vergleichbar mit der Darstellung zu Mindestabflüssen in der Studie des Büro am Fluss e.V. im Auftrag der LUBW aus dem Jahr 2013, da sie sich auf eine andere Datengrundlage stützt. In der Studie im Auftrag der LUBW sind nur solche Standorte ausgewertet, zu denen ein durch die Wasserbehörde ausgefüllter Fragebogen vorlag und an denen der Mindestabfluss als ausreichend angesehen wird.

7.1.5 Energetisch nicht genutzte Sohlenbauwerke

Ausgehend von den Daten des AKWB wurden die Sohlenbauwerke betrachtet, für die im AKWB entweder eine Wasserspiegeldifferenz $\geq 0,30$ m oder „0“ bzw. k.A. angegeben waren. Die Arbeiten zur Erfassung der Sohlenbauwerke im Gelände fanden bereits im Jahr 2007 statt. Daher wurden 2014 nur solche Sohlenbauwerke im Gelände erfasst, welche im AKWB seit 2007 neu angelegt wurden, bzw. bei denen eine Änderung der Durchgängigkeit dokumentiert war.

Von den 360 Sohlenbauwerken des Eingangsdatensatzes der LUBW wiesen 191 Bauwerke eine Wasserspiegeldifferenz $\geq 0,30$ m bzw. „k.A.“ auf und wurden weiter betrachtet. Die übrigen Bauwerke des AKWB mit einer Wasserspiegeldifferenz > 0 und $< 0,30$ m wurden nicht weiter betrachtet, da sie für die Nutzung der Wasserkraft nicht interessant und nicht signifikant im Sinne der WRRL sind. Drei weitere Bauwerke wurden ausgeschieden, da sich im Zuge der Arbeiten herausstellte, dass sie im AKWB doppelt geführt werden. Im Zuge der Geländearbeiten wurden fünf Bauwerke neu erfasst. Damit verbleiben 193 Bauwerke in der weiteren Betrachtung.

Abbildung 7-15 zeigt die Verteilung der 193 betrachteten Sohlenbauwerke auf die Landkreise des baden-württembergischen Einzugsgebiets des Mains. Bezogen auf die betrachtete Gewässerlänge weist der Neckar-Odenwald-Kreis eine deutlich höhere Anzahl an Sohlenbauwerken auf. Dies geht auf das größere Gewässergefälle in den östlichen Ausläufern des Odenwalds aber auch auf ein unterschiedliches Vorgehen der Wasserwirtschaftsverwaltung während der Erfassung der Bauwerke im Zuge der Bestandsaufnahme der WRRL zurück. Die betrachteten Sohlenbauwerke im Main-Tauber-Kreis haben eine durchschnittliche Wasserspiegeldifferenz von 0,35 m, die Bauwerke im Neckar-Odenwald-Kreis dagegen von 0,60 m.

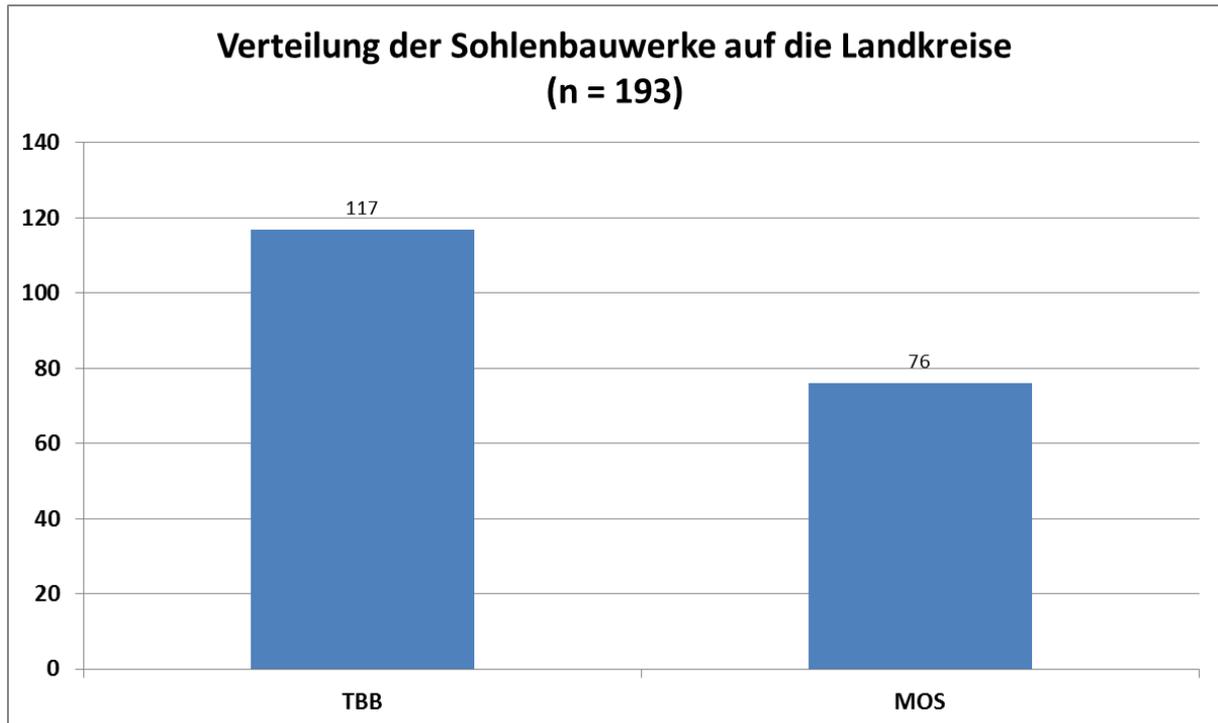


Abbildung 7-15: Verteilung der untersuchten Sohlenbauwerke auf die Landkreise (TBB =Main-Tauber-Kreis, MOS = Neckar-Odenwald-Kreis).

Abbildung 7-16 zeigt die Verteilung der an den Sohlenbauwerken zur Verfügung stehenden Wasserspiegeldifferenzen.

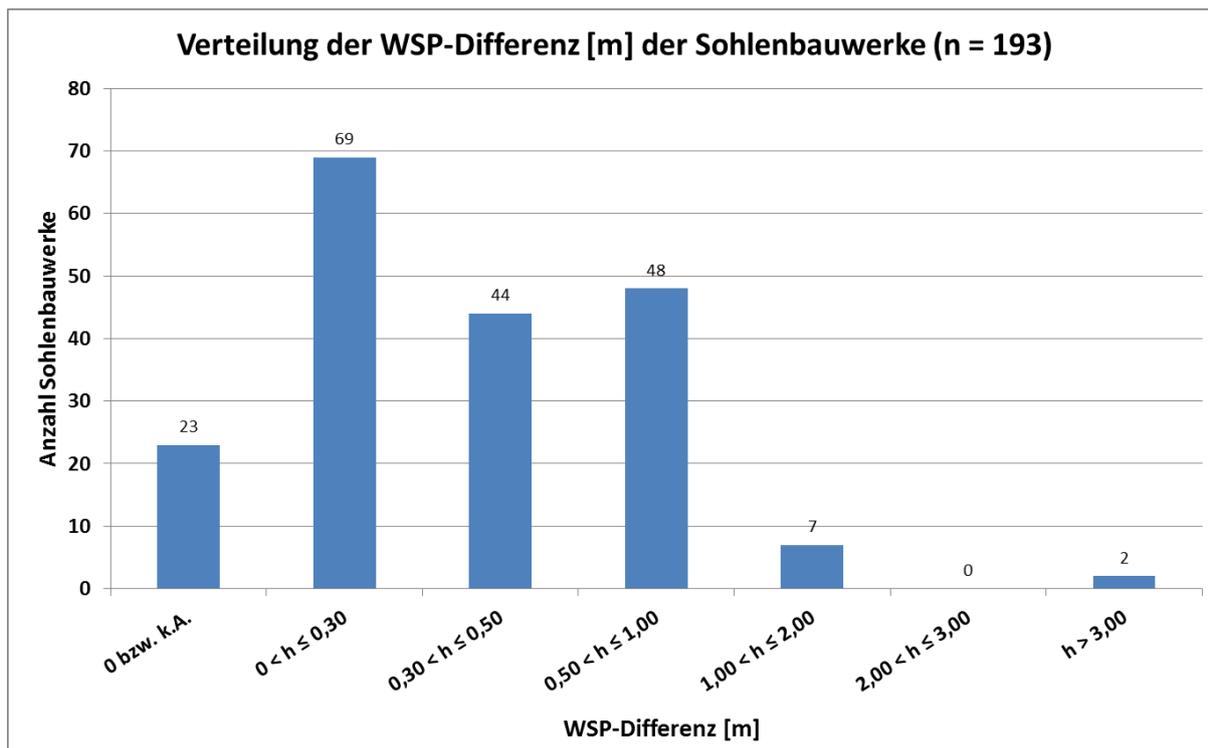


Abbildung 7-16: Wasserspiegeldifferenz der untersuchten Sohlenbauwerke.

Mehr als 70 % aller untersuchten Bauwerke weist eine Wasserspiegeldifferenz von maximal 50 cm auf. Die große Anzahl an Sohlenbauwerken mit einer Wasserspiegeldifferenz >0 und $\leq 0,3$ m geht auf die Bauwerke zurück, für die im Eingangsdatensatz keine Angabe zur Wasserspiegeldifferenz gemacht war. Nur knapp 1 % der Bauwerke sind höher als 1 m.

Unter Berücksichtigung des mittleren Abflusses an den Standorten ergibt sich, dass es im baden-württembergischen Main-Einzugsgebiet keine Sohlenbauwerke gibt, an denen ein theoretisches Potenzial von mindestens 8 kW besteht. Damit entfällt an den Sohlenbauwerken die Potenzialbetrachtung nach Kapitel 6.

An 25 der 193 Sohlenbauwerke war der Fischaufstieg uneingeschränkt möglich, 53 Bauwerke waren mit Einschränkungen gewässeraufwärts passierbar, und 115 Sohlenbauwerke sind nicht passierbar.

7.2 Ausbaupotenzial der Wasserkraft

Für die Betrachtung des Ausbaupotenziales wurden insgesamt 159 Standorte im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains betrachtet, die entsprechend der erläuterten Vorgaben gemäß Abbildung 7-17 aufgeteilt werden können³³.

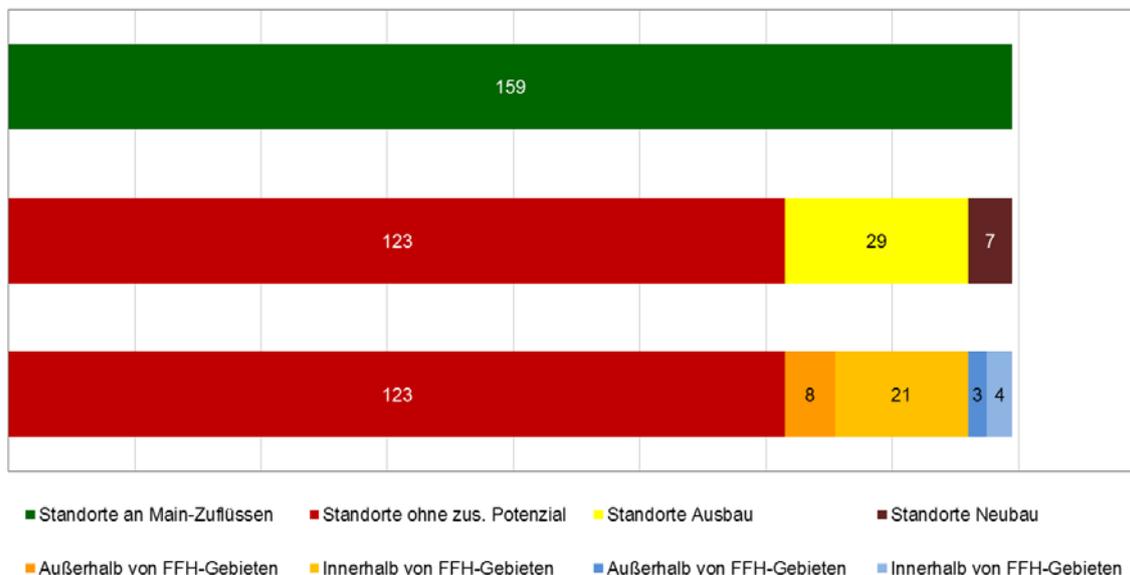


Abbildung 7-17: Anzahl der Standorte im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains (Bauwerke ohne Potenzial gemäß Erläuterungen in Kapitel 6.1)

7.2.1 Theoretisches Gesamtpotenzial

Auf der Basis der im Kapitel 6.3.1 beschriebenen Vorgehensweise ergibt sich das Gesamtpotenzial im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains gemäß Abbildung 7-18 und darin enthalten das zusätzliche technische Potenzial gemäß Abbildung 7-19.

³³ Die Standorte umfassen bekannte Wasserkraftstandorte und energetisch nicht genutzte Regelbauwerke. Kein Sohlenbauwerk im Untersuchungsgebiet hat ein theoretisches Potenzial von ≥ 8 kW.

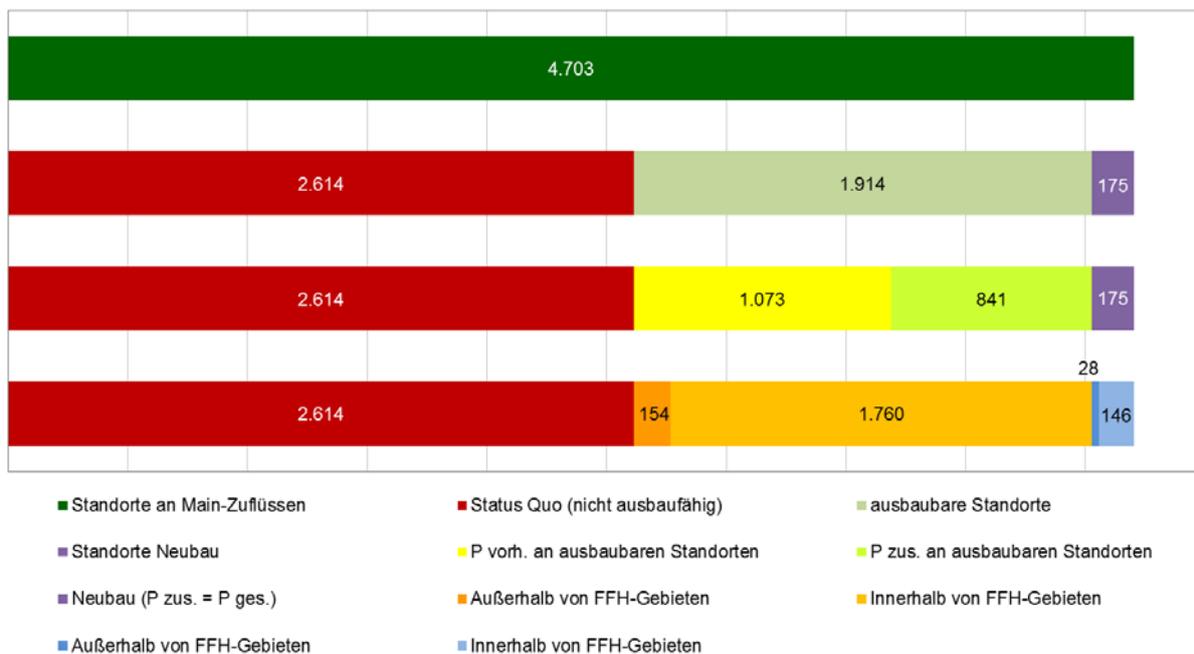


Abbildung 7-18: Gesamtpotenzial [kW] im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains

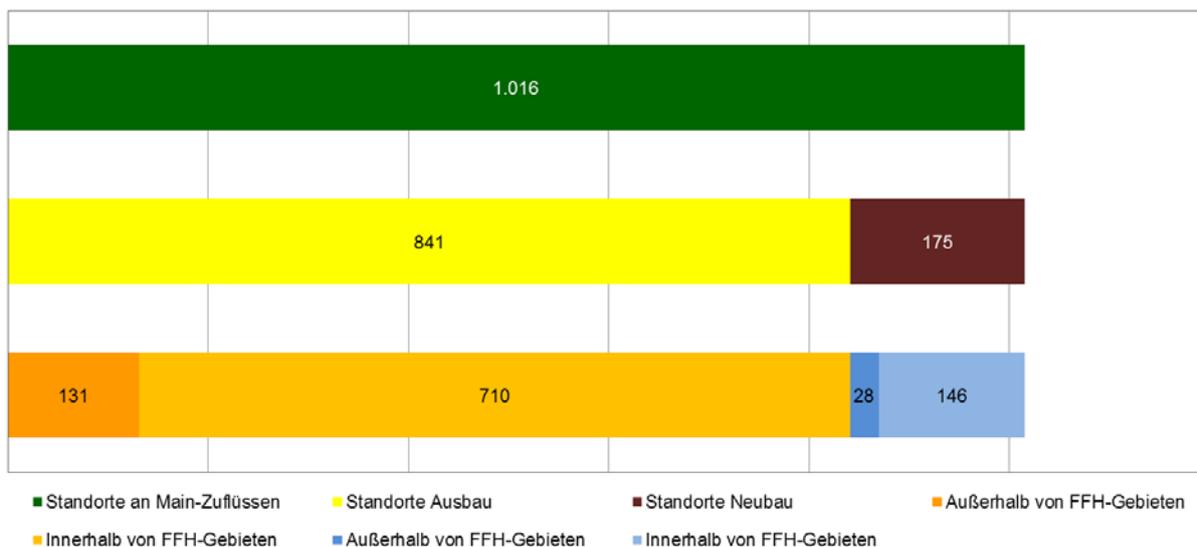


Abbildung 7-19: Zusätzliches technisches Potenzial [kW] im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains

7.2.2 Technisch-ökonomisch-ökologisches Potenzial – Szenario 1

Mittels der in Kapitel 6.3.3 erläuterten Methodik ergibt sich nach einer aufwendigen Beurteilung aller Standorte das technisch-ökonomisch-ökologische Potenzial mit der zugehörigen Jahresarbeit für das Szenario 1 (Abbildung 7-20, Abbildung 7-21) unter pauschaler Berücksichtigung der Orientierungswerte ökologischer Abflüsse nach Wasserkrafterlass Baden-Württemberg (Stand 2014).

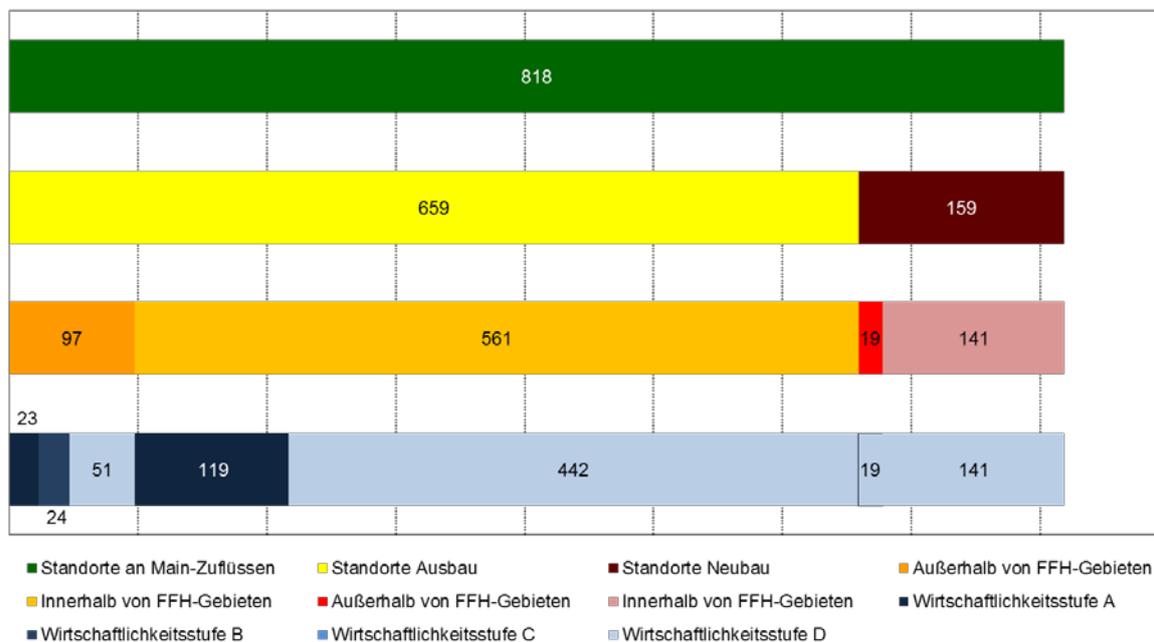


Abbildung 7-20: Zusätzliches technisch-ökonomisch-ökologisches Potenzial [kW] nach Szenario 1 im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains

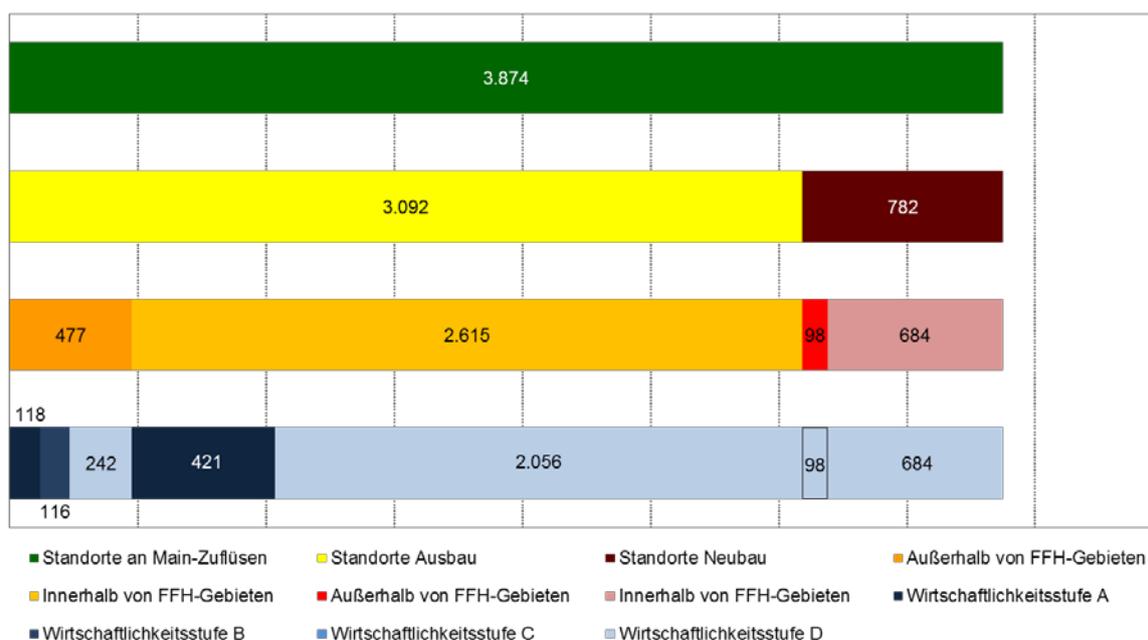


Abbildung 7-21: Resultierende Jahresarbeit [MWh/a] auf der Basis des zusätzlichen technisch-ökonomisch-ökologischen Potenzials nach Szenario 1 im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains

7.2.3 Technisch-ökonomisch-ökologisches Potenzial – Szenario 2

Basierend auf der in Kapitel 6.3.3 erläuterten Methodik ergibt sich nach einer aufwendigen Beurteilung aller Standorte das technisch-ökonomisch-ökologische Potenzial gemäß Abbildung 7-22 einschließlich der zugehörigen Jahresarbeit für das Szenario 2 (Abbildung 7-23), das spezifische ökologische Anforderungen nach Wasserkrafterlass Baden-Württemberg (Stand 2014) berücksichtigt.

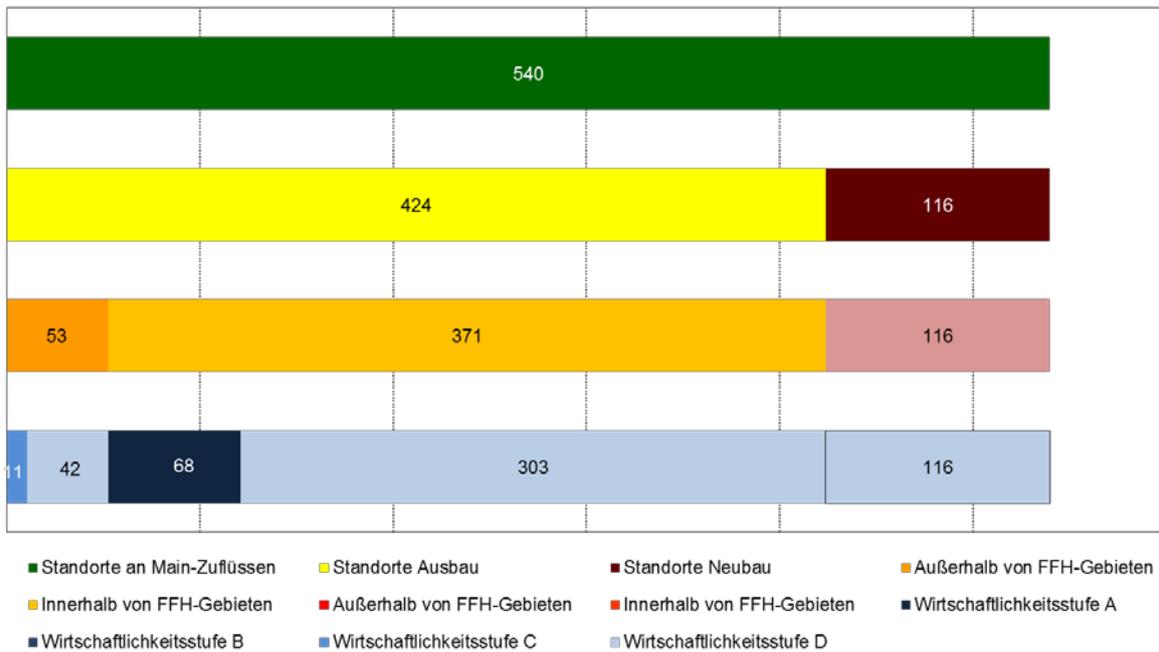


Abbildung 7-22: Zusätzliches technisch-ökonomisch-ökologisches Potenzial [kW] nach Szenario 2 im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains

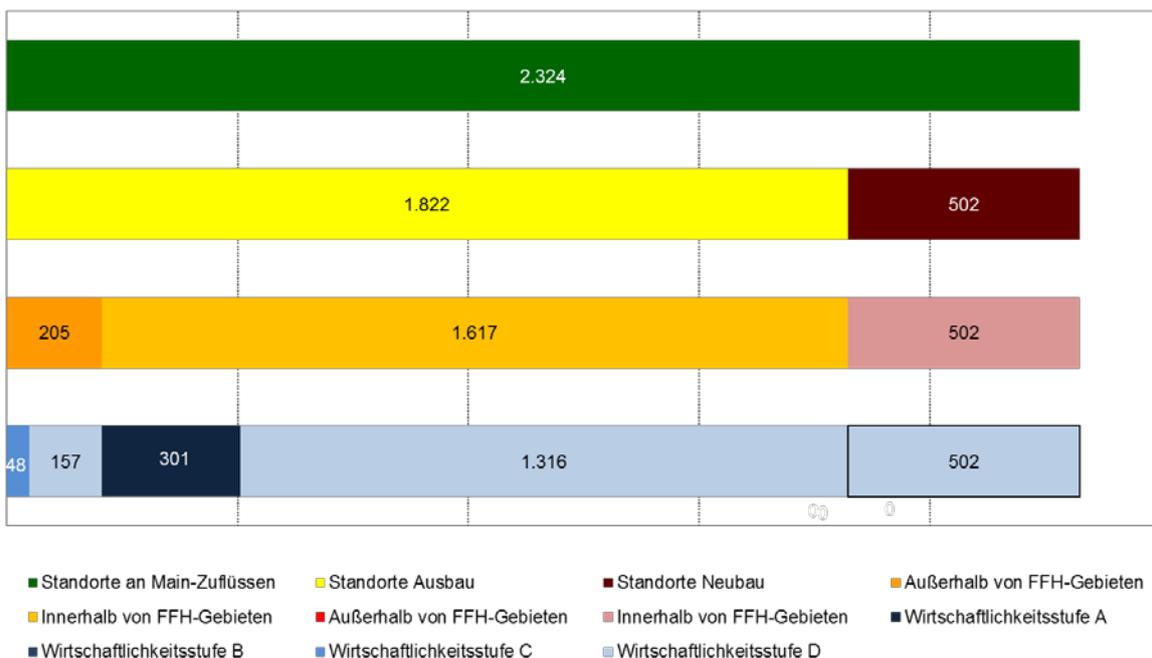


Abbildung 7-23: Resultierende Jahresarbeit [MWh/a] auf der Basis des zusätzlichen technisch-ökonomisch-ökologischen Potenzials nach Szenario 2 im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains

7.2.4 Vergleich der Szenarien 1 und 2

Schließlich lässt sich auf der Basis der in Kapitel 7.2.2 und 7.2.3 vorgestellten Ergebnisse ein Vergleich dieser beiden Szenarien gemäß der Tabelle 7-2 bis Tabelle 7-4 anstellen.

Tabelle 7-2: Vergleich der Szenarien 1 und 2 hinsichtlich der Standortgruppierung im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains

Standorte im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains								
159								
Bauwerke ohne Potenzial	Neubau				Ausbau			
123	7				29			
	in FFH-Gebieten		außerhalb von FFH-Gebieten		in FFH-Gebieten		außerhalb von FFH-Gebieten	
	4		3		21		8	
Nach Wirtschaftlichkeitsstufen								
	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 1	Szenario 2
A	0	0	0	0	2	1	2	0
B	0	0	0	0	0	0	1	0
C	0	0	0	0	0	0	0	1
D	4	4	3	3	19	20	5	7

Tabelle 7-3: Verteilung des Verlustes beim Potenzial zwischen den Szenarien 1 und 2 geordnet nach Anlagengrößeklassen

Anlagengrößeklasse P_{ges} [kW]	Anzahl der Standorte	zus. t.-ö.-ö. Pot. [kW]		Potenzialverlust	
		Szenario 1	Szenario 2	absolut	prozentual
≤ 20	10	113	11	103	90,6%
>20 ≤ 50	6	140	99	40	29,0%
>50 ≤ 100	8	336	246	85	26,7%
>100 ≤ 250	4	229	184	46	19,9%
>250 ≤ 500	0	0	0	0	-
>500 ≤ 1.000	0	0	0	0	-
>1.000	0	0	0	0	-
Zwischensumme	28	818	540	279	34%
Kein Potenzialverlust	8	0	0	-	-
Bauwerke ohne Potenzial	123	0	0	-	-
Gesamt	159	818	540	-	-

Tabelle 7-4: Verteilung des Verlustes bei der Jahresarbeit zwischen den Szenarien 1 und 2 geordnet nach Anlagengrößenklassen

Anlagengrößenklasse P_{ges} [kW]	Anzahl der Standorte	Jahresarbeit [MWh/a]		Verlust an Jahresarbeit	
		Szenario 1	Szenario 2	absolut	prozentual
≤20	10	557	48	508	91,3%
>20 ≤50	6	668	392	276	41,4%
>50 ≤100	8	1.580	1.089	491	31,1%
>100 ≤250	4	1.069	795	274	25,7%
>250 ≤500	0	0	0	0	-
>500 ≤1.000	0	0	0	0	-
>1.000	0	0	0	0	-
Zwischensumme	28	3.874	2.324	1.549	40%
Kein Potenzialverlust	8	0	0	-	-
Bauwerke ohne Potenzial	123	0	0	-	-
Gesamt	159	3.874	2.324	-	-

So ergibt sich aus Tabelle 7-2, dass nach Szenario 1 5 Standorte und nach Szenario 2 ein Standort der Wirtschaftlichkeitsstufen A und B zuzuordnen sind und damit voraussichtlich mit einer entsprechenden EEG-Vergütung realisierbar sein dürften. Auch ein weiterer Standort der Wirtschaftlichkeitsstufe C sollte einer näheren standortspezifischen Betrachtung unterzogen werden, um seine tatsächliche Realisierbarkeit zu prüfen.

Aus Tabelle 7-3 und Tabelle 7-4 ist zu erkennen, dass die erhöhten ökologischen Anforderungen des Szenario 2 vor allem bei den Anlagen mit sehr geringer Leistung den nur schwer auflösbaren Konflikt zwischen der Nutzung der Wasserkraft und den im WHG verankerten Bewirtschaftungsgrundsätzen aufzeigen. Mit steigender Leistung nehmen die Energieverluste zwischen Szenario 1 und Szenario 2 ab. An Wasserkraftanlagen mit einer bestehenden Leistung > 250 kW, an denen in anderen Bearbeitungsgebieten Baden-Württembergs vergleichsweise geringe Unterschiede zwischen den beiden Szenarien abgeschätzt wurden, konnten im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains keine zusätzlichen Potenziale ermittelt werden.

7.2.5 Mindestwasserpotenzial

Die Ergebnisse der ergänzenden Betrachtung zur Stromerzeugung in Mindestwasserkraftwerken sowie die daraus resultierende Jahresarbeit sind in der nachfolgenden Abbildung 7-24 wiedergegeben. Bei Anpassung des Mindestabflusses an Szenario 1 und 2 haben im baden-württembergischen

Einzugsgebiet des Mains 4 (Szenario 1) bzw. 7 (Szenario 2) Ausleitungskraftwerke mehr als 8 kW nutzbares Potenzial am Wehr.

Anzahl Standorte Mindestwasserkraftwerke an baden-württembergischen Main-Zuflüssen nach Szenario 1				
4				
	Neubau (Hauptkraftwerk)		Ausbau (Hauptkraftwerk)	
	0		4	
155	innerhalb von FFH-Gebieten	außerhalb von FFH-Gebieten	innerhalb von FFH-Gebieten	außerhalb von FFH-Gebieten
	0	0	4	0
nach Wirtschaftlichkeitsstufen				
A	0	0	0	0
B	0	0	1	0
C	0	0	3	0
D	0	0	0	0

Anzahl Standorte Mindestwasserkraftwerke an baden-württembergischen Main-Zuflüssen nach Szenario 2				
7				
	Neubau (Hauptkraftwerk)		Ausbau (Hauptkraftwerk)	
	0		7	
152	innerhalb von FFH-Gebieten	außerhalb von FFH-Gebieten	innerhalb von FFH-Gebieten	außerhalb von FFH-Gebieten
	0	0	5	2
nach Wirtschaftlichkeitsstufen				
A	0	0	2	0
B	0	0	2	0
C	0	0	1	2
D	0	0	0	0

Potenzial Mindestwasserkraftwerke [kW] an baden-württembergischen Main-Zuflüssen nach Szenario 1				
66				
	Neubau (Hauptkraftwerk)		Ausbau (Hauptkraftwerk)	
	0		66	
	innerhalb von FFH-Gebieten	außerhalb von FFH-Gebieten	innerhalb von FFH-Gebieten	außerhalb von FFH-Gebieten
	0	0	66	0
nach Wirtschaftlichkeitsstufen				
A	0	0	0	0
B	0	0	22	0
C	0	0	44	0
D	0	0	0	0

Potenzial Mindestwasserkraftwerke [kW] an baden-württembergischen Main-Zuflüssen nach Szenario 2				
262				
	Neubau (Hauptkraftwerk)		Ausbau (Hauptkraftwerk)	
	0		262	
	innerhalb von FFH-Gebieten	außerhalb von FFH-Gebieten	innerhalb von FFH-Gebieten	außerhalb von FFH-Gebieten
	0	0	221	41
nach Wirtschaftlichkeitsstufen				
A	0	0	120	0
B	0	0	82	0
C	0	0	19	41
D	0	0	0	0

Jahresarbeit Mindestwasserkraftwerke [MWh/a] an baden-württembergischen Main-Zuflüssen nach Szenario 1				
548				
	Neubau (Hauptkraftwerk)		Ausbau (Hauptkraftwerk)	
	0		548	
	innerhalb von FFH-Gebieten	außerhalb von FFH-Gebieten	innerhalb von FFH-Gebieten	außerhalb von FFH-Gebieten
	0	0	548	0
nach Wirtschaftlichkeitsstufen				
A	0	0	0	0
B	0	0	180	0
C	0	0	367	0
D	0	0	0	0

Jahresarbeit Mindestwasserkraftwerke [MWh/a] an baden-württembergischen Main-Zuflüssen nach Szenario 2				
2.171				
	Neubau (Hauptkraftwerk)		Ausbau (Hauptkraftwerk)	
	0		2.171	
	innerhalb von FFH-Gebieten	außerhalb von FFH-Gebieten	innerhalb von FFH-Gebieten	außerhalb von FFH-Gebieten
	0	0	1.832	339
nach Wirtschaftlichkeitsstufen				
A	0	0	996	0
B	0	0	682	0
C	0	0	154	339
D	0	0	0	0

Abbildung 7-24: Mindestwasserpotenziale der Szenarien 1 und 2

Nachdem bei den betroffenen Standorten im Szenario 2 gegenüber dem Szenario 1 ein relativ gesehen höherer spezifischer ökologischer Abfluss angesetzt wird, ergibt sich in der Folge für Szenario 2 ein etwas erhöhtes Potenzial. Gleichzeitig zeigt sich auch, dass bei diesen unterschiedlichen Betrachtungen verschiedene Standorte betroffen sind und in beiden Szenarien ein hinsichtlich der Größenordnung nur begrenztes zusätzliches Potenzial wirtschaftlich erschließbar scheint.

Dennoch ist der Aspekt eines neu zu errichtenden Mindestwasserkraftwerks keineswegs rein aus ökonomischer Sicht vorteilhaft. Durch die Installation einer Turbine am Wehr erhöht sich in der Regel die Dotierung der Ausleitungsstrecke, was wiederum der Ökologie zu Gute kommt. Unter Berücksichtigung

tigung dieses Aspekts gibt es durchaus bestehende Ausleitungskraftwerke, für die kein zusätzliches Potenzial im Zuge dieser Studie errechnet werden konnte. Durch die Installation einer Mindestwasserturbine am Wehr kann aber in etlichen Fällen die gleiche Menge oder sogar mehr Energie erzeugt werden. Die folgenden zwei Tabellen versuchen diesen Sachverhalt zu verdeutlichen.

Tabelle 7-5: Änderung des Potenzials von Ausleitungskraftwerken durch Ausbau (bestehendes Ausleitungskraftwerk und Mindestwasserkraftwerk (>8 kW) am Wehr)

Leistung Ausleitungs-KW + Mindestwasser-KW P_{ges} [kW]		Anzahl Standorte	Potenzial Status Quo $P_{Ausl.-KW}$ [kW]	Potenzial nach Ausbau Ausl.-KW + MinWas-KW [kW]		Potenzialänderung von Status Quo zu „Ausbau“ [kW]	
				Szenario 1	Szenario 2	Szenario 1	Szenario 2
	≤20	0	0	0	0	0	0
>20	≤50	0	0	0	0	0	0
>50	≤100	0	0	0	0	0	0
>100	≤250	3	301	241	412	-60	111
>250	≤500	4	1.140	965	1.343	-175	203
>500	≤1.000	0	0	0	0	0	0
>1.000		0	0	0	0	0	0
Summe		7	1.441	1.206	1.755	-235	314
Kein Mindestwasserpot.		152	-	-	-	-	-
Gesamt		159	-	-	-	-	-

Tabelle 7-6: Änderung der Jahresarbeit von Ausleitungskraftwerken durch Ausbau (bestehendes Ausleitungskraftwerk und Mindestwasserkraftwerk (>8 kW) am Wehr)

Leistung Ausleitungs-KW + Mindestwasser-KW P_{ges} [kW]		Anzahl Standorte	Jahresarbeit Status Quo $P_{Ausl.-KW}$ [MWh/a]	Jahresarbeit nach Ausbau Ausl.-KW + MinWas-KW [MWh/a]		Änderung Jahresarbeit von Status Quo zu „Ausbau“ [MWh/a]	
				Szenario 1	Szenario 2	Szenario 1	Szenario 2
	≤20	0	0	0	0	0	0
>20	≤50	0	0	0	0	0	0
>50	≤100	0	0	0	0	0	0
>100	≤250	3	1.628	1.200	1.555	-428	-73
>250	≤500	4	5.366	4.040	4.652	-1.326	-714
>500	≤1.000	0	0	0	0	0	0
>1.000		0	0	0	0	0	0
Summe		7	6.994	5.241	5.207	-1.753	-787
Prozentuale Änderung		-	100%	74,9%	88,7%	-25,1%	-11,3%
Kein Mindestwasserpot.		152	-	-	-	-	-
Gesamt		159	-	-	-	-	-

8 Zusammenfassung

Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg ermittelten das Hydra Institut für angewandte Hydrobiologie und die Fichtner Water & Transportation GmbH in Zusammenarbeit mit dem Büro am Fluss im Zeitraum Herbst 2013 bis Frühjahr 2015 das Ausbaupotenzial der Wasserkraft an Standorten bis 1.000 kW (kleine Wasserkraft) für das baden-württembergische Einzugsgebiet des Mains.

Ziel der Arbeit war

- Die Ermittlung des zusätzlichen technischen Wasserkraftpotenzials an bereits genutzten Standorten;
- Die Ermittlung des technischen Wasserkraftpotenzials an bislang nicht für die Erzeugung von Strom aus Wasserkraft genutzten Querverbauungen im Gewässernetz;
- Die Berücksichtigung der im Bewirtschaftungsplan Main verankerten Bewirtschaftungsziele zu Durchgängigkeit und Wasserhaushalt und hieraus ableitbaren fischökologischen Erfordernisse;
- Die Ermittlung eines technisch-ökologisch-ökonomischen Ausbaupotenzials der Wasserkraft für das baden-württembergische Einzugsgebiet des Mains.

Die Untersuchungen beschränkten sich auf bestehende Querbauwerke bzw. Wasserkraftanlagen am Gewässernetz. Theoretische Linienpotenziale wurden nicht ermittelt. In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurden ferner nur solche Standorte näher untersucht, an denen das zusätzliche technische Potenzial mindestens 8 kW beträgt.

8.1 Datengrundlagen

Im Zuge der Untersuchungen wurden umfangreiche Daten erhoben, überprüft und aufbereitet. Tabelle 8-1 zeigt die Datengrundlagen im Überblick.

Eine detaillierte Beschreibung der erhobenen und verarbeiteten Daten findet sich in Kapitel 4.

Tabelle 8-1: verwendete Datengrundlagen im Überblick

Datentypus	Herkunft	Bemerkungen
Wasserbauliche Anlagen	Umweltinformationssystem Baden-Württemberg (UIS BW) Triebwerksakten der Wasserrechtsbehörden	Grundlegende technische Daten Technische Ausrüstung bestehender Wasserkraftanlagen Wasserrechte
Hydrologische Daten	Regionalisierung Baden-Württemberg	Standortbezogene Werte für MQ und MNQ
Gewässerökologische und fischereiliche Datengrundlagen	Arbeiten zur Umsetzung der WRRL und der FFH-Richtlinie in Baden-Württemberg	Migrationsbedarf der Fischfauna, FFH-Gebiete im bad.-württ. Einzugsgebiet des Mains
Energiewirtschaftliche Daten	Öffentlich zugängliche Daten nach EEG/Internet	Daten zur Einspeisung von Strom aus Wasserkraft nach EEG

8.2 Methoden

8.2.1 Festlegungen und Szenarien

Als Grundlage für die Ermittlung der Wasserkraftpotenziale wurden in Abstimmung mit dem Auftraggeber an den fischökologischen Erfordernissen orientierte standardisierte Festlegungen zu ökologischen Abflüssen getroffen, welche nicht zur Energiegewinnung zur Verfügung stehen. Wichtigste Grundlage dieser Festlegungen ist der Wasserkrafterlass Baden-Württemberg (Stand 2014).

Auf der Basis der Festlegungen wurden drei Szenarien zum Ausbaupotenzial der Wasserkraft im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains berechnet:

- Theoretisches Potenzial: Wasserkraftpotenzial ohne Abzüge für ökologische Abflüsse
- Szenario 1: Berücksichtigung der Orientierungswerte nach Wasserkrafterlass Baden-Württemberg
- Szenario 2: Berücksichtigung spezifischer ökologischer Abflüsse nach Wasserkrafterlass Baden-Württemberg

Eine detaillierte Beschreibung der Vorgehensweise und der Festlegungen findet sich in Kapitel 5.

8.2.2 Ermittlung der Wasserkraftpotenziale

Auf der Basis der getroffenen Festlegungen wurden die Ausbaupotenziale in einem mehrstufigen Verfahren auf der Basis einer einheitlichen Methodik berechnet. Die Arbeitsschritte sind in Tabelle 8-2 übersichtsweise zusammengestellt.

Tabelle 8-2: Arbeitsschritte der Potenzialberechnung

Bewertungsschritt 1:	<ul style="list-style-type: none"> • Ausschluss von Bauwerken ohne Potenzialberechnung • Berechnung des theoretischen Potenzials (Ausbau/Neubau) • Ausschluss aller Standorte mit einem theoretischen Potenzial < 8 kW
Bewertungsschritt 2:	<ul style="list-style-type: none"> • Abschätzung der für den Ausbau notwendigen Kosten • Abschätzung der Mehrerlöse aus zusätzlicher Jahresarbeit • Ausschluss aller Standorte mit einer vereinfachten Amortisationszeit > 35 Jahre
Bewertungsschritt 3:	<ul style="list-style-type: none"> • Berechnung des technisch-ökonomisch-ökologischen Potenzials für die Szenarien 1 und 2 • Wirtschaftlichkeitsbetrachtung anhand abgeschätzter Stromgestehungskosten und Einteilung in vier Wirtschaftlichkeitsklassen

Eine detaillierte Beschreibung der Vorgehensweise findet sich in Kapitel 6.

8.3 Ergebnisse

Für die Ermittlung des Ausbaupotenzials wurden insgesamt 159 Standorte betrachtet. Dabei handelt es sich um 86³⁴ bereits zur Wasserkrafterzeugung genutzte Standorte und 73 Regelungsbauwerke ohne zugeordnete Wasserkraftanlagen. Keines der im AKWB geführten, bzw. während der Geländearbeiten neu identifizierten Sohlenbauwerke ohne ausschließende Restriktionen erreichte ein theoretisches Potenzial von ≥ 8 kW.

Hierbei wurde an 7 Standorten der Neubau einer Wasserkraftanlage erwogen, an 29 Standorten der Ausbau einer vorhandenen Nutzung. An insgesamt 123 Standorten wurde aus in Kapitel 6.1 erläuterten Gründen kein Potenzial ermittelt.

Unter Anwendung der beschriebenen Arbeitsschritte ergibt sich für das baden-württembergische Einzugsgebiet des Mains ein theoretisches Gesamtpotenzial von 4,7 MW, worin ein zusätzliches technisches Potenzial von ca. 1 MW enthalten ist. Hiervon unterliegen aufgrund ihrer Lage in FFH-Gebieten rund 0,8 MW ggf. besonderen ökologischen Restriktionen.

Unter Anwendung der Festlegungen des **Szenario 1** (Orientierungswerte nach Wasserkrafterlass Baden-Württemberg) ergibt sich ein technisch-ökonomisch-ökologisches Ausbaupotenzial von ca. 0,8 MW bzw. ein zusätzliches Regelarbeitsvermögen von rund 3,9 GWh. Hiervon sind ca. 3,3 GWh Standorten zugeordnet, die aufgrund ihrer Lage in FFH-Gebieten ggf. mit strengeren ökologischen Auflagen verbunden sind. Ein Potenzial von rund 655 MWh ist auf Grundlage der derzeitigen EEG-Vergütungssätze aus ökonomischer Sicht attraktiv und umsetzbar (Wirtschaftlichkeitsstufen A und B). Es verteilt sich auf 5 Standorte.

³⁴ Die Zahl der bisher genutzten Standorte ist nicht vergleichbar mit der Anzahl der im UIS bekannten Wasserkraftanlagen, siehe Sonderfallbetrachtung in Anhang A1.

Unter Anwendung der Festlegungen des **Szenario 2** (Berücksichtigung spezifischer ökologischer Abflüsse nach Wasserkrafterlass Baden-Württemberg) ergibt sich ein technisch-ökonomisch-ökologisches Ausbaupotenzial von ca. 0,5 MW bzw. ein zusätzliches Regelarbeitsvermögen von rund 2,3 GWh. Hiervon sind rund 2,1 GWh Standorten zugeordnet, die aufgrund ihrer Lage in FFH-Gebieten ggf. mit strengeren ökologischen Auflagen verbunden sind. Es ergibt sich an einem Standort ein zusätzliches Potenzial von rund 300 MWh, das auf Grundlage der derzeitigen EEG-Vergütungssätze aus ökonomischer Sicht attraktiv und bei ökologisch vertretbaren Folgen umsetzbar erscheint.

Die detaillierte Darstellung der Ergebnisse findet sich in Kapitel 7.2.

Im Anhang zu dieser Studie findet sich eine detaillierte Beschreibung von Sonderfällen bei der Berechnung der Potenziale, beispielhafte Potenziale im Untersuchungsgebiet, eine Darstellung zur regionalen Verteilung der Potenziale auf die Landkreise mit Anteil am baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains sowie eine Beschreibung von Datenmanagement und Berechnungsverfahren.

Eine umfassende Bewertung der Genehmigungsfähigkeit der ermittelten Standorte für Wasserkraftanlagen vermag diese Studie nicht zu leisten. Dies bleibt der Prüfung im Einzelfall vorbehalten.

9 Literatur und Datenquellen

AG-FAH (2011): Grundlagen für einen österreichischen Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen (FAHs). Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien: 87 Seiten.

Anderer, P., U. Dumont, S. Heinmerl, A. Ruprecht und U. Wolf-Schuhmann (2010): "Das Wasserkraftpotenzial in Deutschland." WasserWirtschaft 9: 12-16.

Baer, J., S. Blank, C. Chucholl, U. Dußling und A. Brinker (2014): Die Rote Liste für Baden-Württembergs Fische, Neunaugen und Flusskrebse. Stuttgart, Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg.

Dumont, U. (2005): Handbuch Querbauwerke. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf, : 212 Seiten + Kartenanhang.

Dußling, U. (2005): Erarbeitung und Pflege von GIS-Grundlagen für fischfaunistisch relevante Fließgewässer in Baden-Württemberg – Erstellung digitaler Fließgewässerkarten "Migrationsbedarf der Fischfauna" und "fischzönotische Grundaussprägungen" (Gutachten im Auftrag der LfU Baden-Württemberg), Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg: 36 Seiten + Anhang.

Dußling, U. (2006): Fischfaunistische Referenzen für die Fließgewässerbewertung in Baden-Württemberg gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie (FischRef BW 1.1), Excel-Datei.

Dußling, U. und J. Reiss (2007): Studie über die ökologisch sinnvolle und kosteneffiziente Schaffung zusammenhängender aquatischer Lebensräume im Neckar-Einzugsgebiet, Teil 2 - 2007: Südliches Neckar-Einzugsgebiet, Einzugsgebiet der Donau, soweit im Zuständigkeitsbereich des RP Stuttgart und baden-württembergisches Main-Einzugsgebiet (Gutachten im Auftrag des Regierungspräsidiums Stuttgart). Stuttgart, Regierungspräsidium Stuttgart.

DWA (2014): Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. Hennef, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.

Giesecke, J., E. Mosonyi und S. Heimerl (2014): Wasserkraftanlagen – Planung, Bau und Betrieb. Berlin, Heidelberg, New York: 940 S.

Heimerl, S. (2009): Wasserkraft – Der Klassiker der Erneuerbaren Energien. in Erneuerbare Energien - Perspektiven für die Stromerzeugung. T. Böhmer and C. Weißenborn. Frankfurt am Main, EW Medien und Kongresse GmbH. in **Energie im Dialog Band 3**: S. 71-102.

Heimerl, S., U. Dußling und J. Reiss (2011): Ausbaupotenzial der Wasserkraft bis 1000 kW im Einzugsgebiet des Neckars unter Berücksichtigung ökologischer Bewirtschaftungsziele. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden- Württemberg.

Klepser, H. (1998): Gewässerentwicklung Echaz, Positivkartierung Wasserkraft (unveröffentlicht), Regierungspräsidium Tübingen (Hrsg.): 28 Seiten.

KVR-Leitlinien (1998): Leitfaden zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien). Arbeitskreis der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA Nutzen-Kosten-Untersuchungen in der Wasserwirtschaft. Berlin, Kulturbuchverlag Berlin GmbH.

Landesanstalt für Umwelt Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Hrsg.) (2014): "Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) in Baden-Württemberg." Daten- und Kartendienst der LUBW, Umwelt-Daten und -Karten Online (UDO). from <http://udoprojekte.lubw.baden-wuerttemberg.de/udoprojekte/pages/home/welcome.xhtml;jsessionid=E796C77F77E4B59088524707019ED259>.

LANUV NRW (Hrsg.) (2008): "Aalbewirtschaftungsplan - Flussgebietseinheit Rhein." 29 S.

LfU (Hrsg.) (2005a): Durchgängigkeit für Tiere in Fließgewässern, Leitfaden Teil 1 – Grundlagen. O. G. Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LfU), Gewässerökologie Band 95: 60 Seiten.

LfU (Hrsg.) (2005b): Mindestabflüsse in Ausleitungsstrecken, Grundlagen, Ermittlung und Beispiele. O. G. Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, Gewässerökologie Band 97 187 Seiten.

LUBW (2006a): Durchgängigkeit für Tiere in Fließgewässern, Leitfaden Teil 2 – Umgehungsgewässer und fischpassierbare Querbauwerke. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, : 249 Seiten.

LUBW (2006b): Durchgängigkeit für Tiere in Fließgewässern, Leitfaden Teil 3 – Hochwasserrückhaltebecken und Talsperren. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, : 82 Seiten.

LUBW (2007): Abfluss-Kennwerte in Baden-Württemberg, DVD + Erläuterungstext, Landesanstalt für Umwelt,, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg,.

Regierungspräsidium Stuttgart (Hrsg.) (2009): Bewirtschaftungsplan Bearbeitungsgebiet Main gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) - Stand: 26. November 2009 -. Stuttgart.

Regierungspräsidium Stuttgart (Hrsg.) (2014): "Entwurf Aktualisierung 2015 Bewirtschaftungsplan Main (Baden-Württemberg) gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG)." 293 S.

Schmidt, M., A. Vogel-Sperl und F. Staiß (2008): Ausbau Erneuerbarer Energien und der Kraft-Wärme-Kopplung bis zum Jahr 2020, Kurzgutachten im Auftrag des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg zum "Energiekonzept Baden-Württemberg 2020". Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) Fachgebiet Systemanalyse: 62 Seiten.

Umweltministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) (2013): Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg 2012 – erste Abschätzung – Stand April 2013. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg: 9 Seiten.

Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) (2009): Energiekonzept Baden-Württemberg 2020: 82 Seiten.