

# **Ausbaupotenzial der Wasserkraft bis 1.000 kW im Einzugsgebiet des Neckars unter Berücksichtigung ökologischer Bewirtschaftungsziele ohne Bundeswasserstraße Neckar**

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

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

Büro Gewässer & Fisch  
Uwe Dußling

Büro am Fluss  
Johannes Reiss

Stand: Mai 2011



**Baden-Württemberg**

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

|          |                                                                                                     |           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>EINLEITUNG UND ANLASS</b> .....                                                                  | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>AUFGABENSTELLUNG</b> .....                                                                       | <b>6</b>  |
| <b>3</b> | <b>GRUNDLAGEN UND WASSERWIRTSCHAFTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN</b> .....                                 | <b>8</b>  |
| 3.1      | Übersicht über das Untersuchungsgebiet .....                                                        | 8         |
| 3.2      | Vorzüge der Erzeugung von Strom aus Wasserkraft .....                                               | 9         |
| 3.3      | Von der Wasserkraft ausgehende Beeinträchtigungen .....                                             | 10        |
| 3.4      | EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL).....                                                               | 12        |
| 3.4.1    | Bisherige Ergebnisse der Gewässerüberwachung .....                                                  | 13        |
| 3.4.2    | Umwelt- und Bewirtschaftungsziele.....                                                              | 14        |
| 3.4.3    | Maßnahmenprogramme .....                                                                            | 14        |
| 3.5      | Vorgaben des Wasserrechts .....                                                                     | 15        |
| 3.5.1    | Wasserhaushaltsgesetz (WHG) .....                                                                   | 15        |
| 3.5.2    | Wassergesetz für Baden-Württemberg (WG).....                                                        | 15        |
| 3.5.3    | Wasserkrafterlass Baden-Württemberg .....                                                           | 16        |
| 3.6      | Durch den Natur- und Artenschutz sowie den Fischseuchenschutz vorgegebene<br>Rahmenbedingungen..... | 17        |
| 3.6.1    | EG-Aalverordnung .....                                                                              | 17        |
| 3.6.2    | FFH-Richtlinie .....                                                                                | 19        |
| 3.6.3    | EG-Aquakulturrichtlinie .....                                                                       | 20        |
| 3.7      | Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG).....                                                              | 21        |
| 3.8      | Status der Wasserkraft in Baden-Württemberg.....                                                    | 21        |
| 3.9      | Sonstige fachliche Vorarbeiten im Neckar-Einzugsgebiet .....                                        | 23        |
| <b>4</b> | <b>DATENGRUNDLAGEN</b> .....                                                                        | <b>24</b> |
| 4.1      | Wasserwirtschaftliche Daten.....                                                                    | 24        |
| 4.1.1    | Daten des Anlagenkatasters Wasserbau (AKWB) .....                                                   | 24        |
| 4.1.2    | Wasserrechtliche Informationen .....                                                                | 27        |
| 4.1.3    | Technische Daten bestehender Wasserkraftanlagen .....                                               | 28        |
| 4.1.4    | Vermessungsdaten aus der Erstellung von Hochwassergefahrenkarten .....                              | 29        |
| 4.1.5    | Hydrologische Daten.....                                                                            | 30        |
| 4.2      | Gewässerökologische und fischereiliche Datengrundlagen .....                                        | 31        |
| 4.3      | Daten über die Stromeinspeisung aus Wasserkraftanlagen nach EEG .....                               | 31        |
| 4.4      | Unschärfen bei den verwendeten Datengrundlagen.....                                                 | 32        |
| 4.4.1    | Hydrologische Daten.....                                                                            | 32        |
| 4.4.2    | Daten über die Stromeinspeisung aus Wasserkraftanlagen nach EEG .....                               | 32        |
| <b>5</b> | <b>ÖKOLOGISCHE FESTLEGUNGEN FÜR DIE POTENZIALERMITTLUNG</b> .....                                   | <b>34</b> |
| 5.1      | Szenario 1 - Orientierungswerte nach Wasserkrafterlass .....                                        | 35        |
| 5.2      | Szenario 2 - Spezifische ökologische Abflüsse nach Wasserkrafterlass .....                          | 36        |
| 5.2.1    | Erfordernisse aus hydraulischer Sicht .....                                                         | 37        |
| 5.2.2    | Spezifische ökologische Abflüsse an Ausleitungskraftwerken .....                                    | 39        |

|          |                                                                                    |           |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.2.3    | Spezifische ökologische Abflüsse an Flusskraftwerken .....                         | 41        |
| 5.3      | Übersicht der zur Potenzialberechnung berücksichtigten ökologischen Abflüsse ..... | 42        |
| 5.4      | Von den standardisierten Arbeitswerten abweichende ökologische Abflüsse .....      | 44        |
| <b>6</b> | <b>ERMITTLUNG VON WASSERKRAFTPOTENZIALEN .....</b>                                 | <b>45</b> |
| 6.1      | Erster Bewertungsschritt .....                                                     | 45        |
| 6.2      | Betriebsstatus und Kraftwerkstyp .....                                             | 47        |
| 6.2.1    | Flusskraftwerke .....                                                              | 47        |
| 6.2.2    | Ausleitungskraftwerke .....                                                        | 49        |
| 6.2.3    | Fischaufstiegsanlagen .....                                                        | 51        |
| 6.2.4    | Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen .....                                        | 53        |
| 6.3      | Zweiter Bewertungsschritt .....                                                    | 53        |
| 6.3.1    | Theoretisches Gesamtpotenzial .....                                                | 53        |
| 6.3.2    | Technisch-ökonomisches Kurzgutachten unter Beachtung ökologischer Belange .....    | 54        |
| 6.3.3    | Technisch-ökonomisch-ökologisches Potenzial .....                                  | 56        |
| 6.3.4    | Das Mindestwasserpotenzial .....                                                   | 58        |
| <b>7</b> | <b>ERGEBNISSE .....</b>                                                            | <b>60</b> |
| 7.1      | Bestehende Nutzung der Wasserkraft .....                                           | 61        |
| 7.1.1    | Überblick .....                                                                    | 61        |
| 7.1.2    | Auswertung der EEG-Daten .....                                                     | 66        |
| 7.1.3    | Status der Durchgängigkeit an Wasserkraftanlagen .....                             | 68        |
| 7.1.4    | Status der Mindestwasserregelungen an Wasserkraftanlagen .....                     | 69        |
| 7.1.5    | Energetisch nicht genutzte Sohlenbauwerke .....                                    | 71        |
| 7.2      | Ausbaupotenzial der Wasserkraft .....                                              | 72        |
| 7.2.1    | Theoretisches Gesamtpotenzial .....                                                | 73        |
| 7.2.2    | Technisch-ökonomisch-ökologisches Potenzial - Szenario 1 .....                     | 73        |
| 7.2.3    | Technisch-ökonomisch-ökologisches Potenzial - Szenario 2 .....                     | 74        |
| 7.2.4    | Vergleich der Szenarien 1 und 2 .....                                              | 75        |
| 7.2.5    | Mindestwasserpotenzial .....                                                       | 77        |
| <b>8</b> | <b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>                                                       | <b>79</b> |
| 8.1      | Datengrundlagen .....                                                              | 79        |
| 8.2      | Methoden .....                                                                     | 80        |
| 8.2.1    | Festlegungen und Szenarien .....                                                   | 80        |
| 8.2.2    | Ermittlung der Wasserkraftpotenziale .....                                         | 80        |
| 8.3      | Ergebnisse .....                                                                   | 81        |
| <b>9</b> | <b>LITERATUR UND DATENQUELLEN .....</b>                                            | <b>82</b> |

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 Einzugsgebiet des Neckars. 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 bedeutende 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 können.

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 (z. B. KLEPSE 1998). Jedoch gibt es in Baden-Württemberg bislang noch keine überregionale, systematische und standortspezifische Untersuchung, bei der gewässerökologische Ziele und das energiewirtschaftliche Ziel, Wasserkraft verstärkt zu nutzen, zusammen betrachtet werden.

Aus diesem Grund beauftragte das Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg im Herbst 2008 den Büro am Fluss e. V. in Zusammenarbeit mit dem Büro Gewässer & Fisch sowie der Fichtner GmbH & Co. KG mit der vorliegenden Studie zur Erhebung von Wasserkraftpotenzialen im Neckar-Einzugsgebiet, wobei die Bundeswasserstraße Neckar ausgeklammert wurde.

## 2 Aufgabenstellung

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

Hierzu werden für das Neckar-Einzugsgebiet:

- 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 Wasserkraftstandorte 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 eindeutig zugeordnet.

Gegenstand der Untersuchung ist das Neckar-Einzugsgebiet ohne Bundeswasserstraße Neckar. 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 Neckars mit Ausnahme des schiffbaren Neckars zwischen Plochingen und Mannheim<sup>1</sup>. Es hat eine Fläche von knapp 14.000 km<sup>2</sup> und umfasst ein Gewässernetz von knapp 15.000 km Länge gemäß dem amtlichen wasserwirtschaftlichen Gewässernetz Baden-Württemberg (AWGN). Die Länge der Gewässer mit einem Einzugsgebiet von mindestens 10 km<sup>2</sup>, die Bestandteil des Teilnetzes "Wasserrahmenrichtlinie" sind, im Untersuchungsgebiet beträgt 5.355 km.

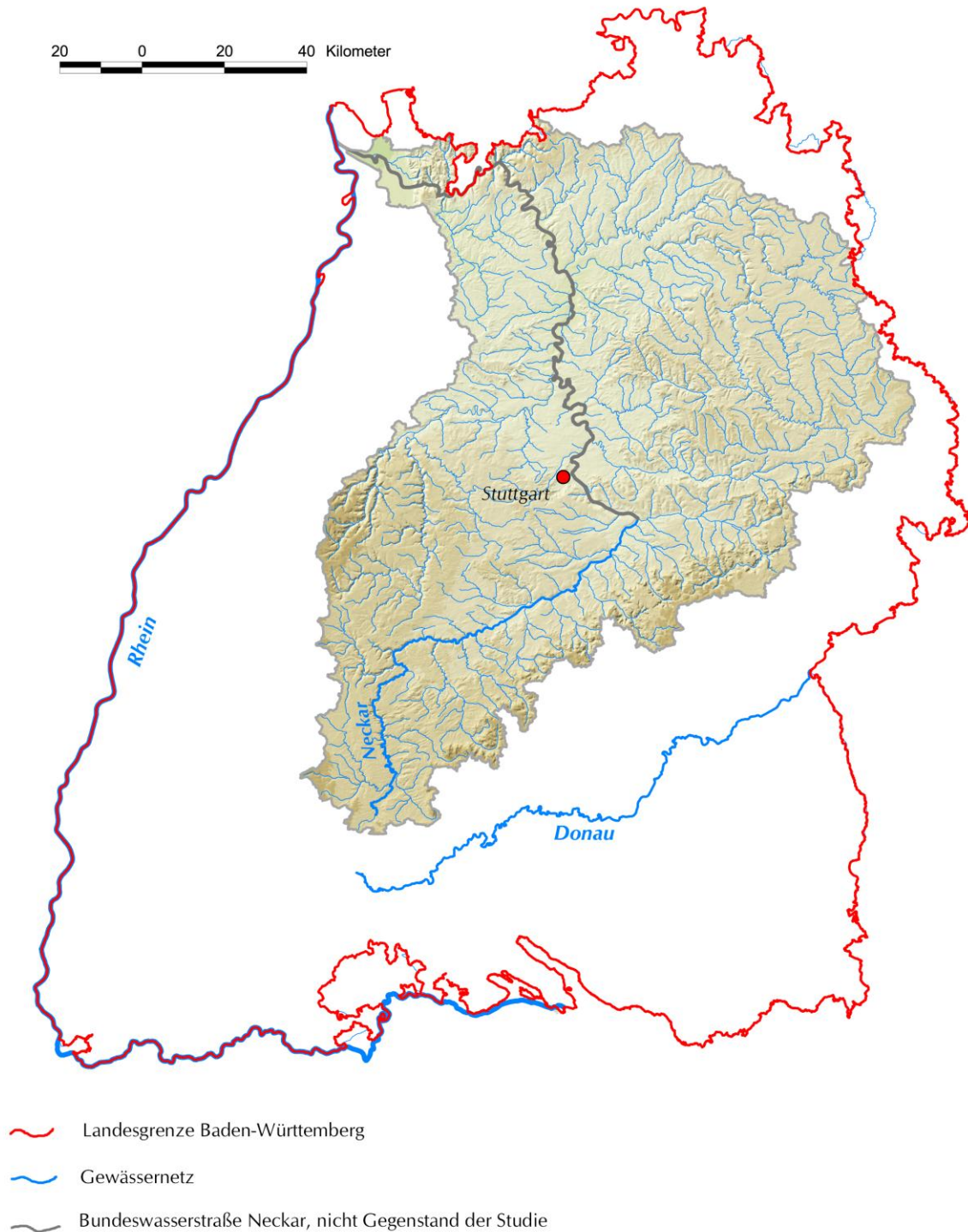
Der Neckar selbst ist auf einer Länge von 159 km oberhalb von Plochingen Gegenstand der Untersuchung. Tabelle 3-1 gibt einen Überblick über die wichtigsten Fließgewässer im Untersuchungsgebiet.

**Tabelle 3-1:** Die wichtigsten Flüsse im Untersuchungsgebiet

| Gewässername           | Länge [km] | Einzugsgebiet [km <sup>2</sup> ] | Abfluss MQ [m <sup>3</sup> /s]* |
|------------------------|------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Neckar**               | 159        | 3.256                            | 38,9                            |
| Eschach                | 38,1       | 218,4                            | 2,640                           |
| Glatt                  | 34,2       | 229,3                            | 4,521                           |
| Eyach                  | 50,4       | 349,2                            | 3,230                           |
| Starzel                | 42,8       | 178,1                            | 1,865                           |
| Erms                   | 32,7       | 178,9                            | 3,253                           |
| Aich                   | 30,4       | 178,8                            | 1,331                           |
| Lauter                 | 25,7       | 191,2                            | 2,901                           |
| Fils                   | 62,8       | 706,9                            | 9,848                           |
| Rems                   | 78,4       | 581,5                            | 7,014                           |
| Murr                   | 51,4       | 507,5                            | 6,018                           |
| Enz                    | 105,5      | 2228                             | 23,08                           |
| Nagold                 | 90,7       | 1144                             | 11,60                           |
| Würm                   | 53,9       | 418,8                            | 3,202                           |
| Kocher                 | 168,7      | 1960                             | 22,53                           |
| Lein                   | 57,1       | 249,6                            | 3,916                           |
| Jagst                  | 190,2      | 1836                             | 16,36                           |
| Elz                    | 39,8       | 159,3                            | 2,074                           |
| Elsenz                 | 53,4       | 543,2                            | 4,606                           |
| * nach LUBW 2007       |            |                                  |                                 |
| ** oberhalb Plochingen |            |                                  |                                 |

<sup>1</sup> Die Wasserkraftanlagen am schiffbaren Neckar haben durchweg eine Leistung >1.000 kW und sind nicht Gegenstand dieser Studie. Angaben zu Ausbaupotenzialen am schiffbaren Neckar finden sich in BAUER et al. 2010.





**Abbildung 3-1:** Übersichtskarte des Neckar-Einzugsgebiets 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.
- 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 Fließgewässerlebensraums und des natürlichen Fließgewässerkontinuums. Querverbauungen stellen nicht nur einen Eingriff in den Lebensraum und die Längsdurchgängigkeit der Fließgewässer dar, sondern beeinflussen darüber hinaus die natürliche Dynamik des Abflussgeschehens. Dies gilt insbesondere auch für die bei Wasserkraftanlagen notwendigen Querbauwerke. Die resultierenden Beeinträchtigungen für Fließgewässer und ihre Lebewelt sind vielfältig. Die wichtigsten Aspekte sind:

- die Behinderung oder Unterbindung der Wanderungen und Migrationen von Wassertieren, insbesondere von Fischarten, die als natürliche Verhaltensweisen für deren Fortbestand teilweise essenziell 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 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 große Absturzhöhen.

In Folge der Eingriffe in den Fließgewässerlebensraum zählen in Baden-Württemberg die Fließgewässerarten unter den Fischen zu den am stärksten gefährdeten Tiergruppen.

Die vorliegende Studie wurde unter der Prämisse erstellt, insbesondere die negativen Auswirkungen der Wasserkraftnutzung auf den Aspekt der Fischwanderungen und -migrationen durch ökologisch verträgliche Abflüsse in gestuften Szenarien ausreichend auszugleichen. Es ist zu betonen, dass die übrigen Beeinträchtigungen der Wasserkraftnutzung, insbesondere die negativen Auswirkungen auf den Fließgewässerlebensraum, hierdurch nicht oder nur sehr eingeschränkt ausgeglichen werden können. Die gestaltenden Kräfte des fließenden Wassers sind eine Grundlage für die Lebensraumfunktionen, die ein Fließgewässer natürlicherweise erfüllt. Der Erhalt ökologisch wertvoller Funktionsräume (Laichplätze, Jungfischlebensräume u.a.) durch eine ausreichende Mindestdynamik des Fließgewässers und ihre ausreichende Vernetzung sind Voraussetzungen, um das Ziel "guter ökologischer Zustand" erreichen zu können. Fischwanderungen und -migrationen in ausreichendem Umfang sind somit für die fischökologische Funktionalität von Fließgewässern besonders wichtig.

Fließgewässerfischarten sind im Laufe ihrer Individualentwicklung auf die obligatorische Nutzung unterschiedlicher Teillebensräume und Habitats angewiesen. Das von ihnen genutzte Habitatspektrum ist dabei nicht immer lokal konzentriert verfügbar und kann dementsprechend nur durch Migrationen über entsprechende Distanzen erschlossen werden. Diese finden generell nicht nur stromaufwärts, sondern auch in Fließrichtung statt, und ihre Behinderung oder Unterbindung kann für Fischarten weitreichende Folgen haben.

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, so auch im Einzugsgebiet des Neckars (DUßLING & BERG 2001).

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 Neckarsystem zu den stark gefährdeten Arten zählt (DUBLING & BERG 2001).

Die Mehrzahl der heimischen Flussfischarten weist allerdings eine Fortpflanzungsbiologie auf, die nicht durch ausgedehnte Laichwanderungen gekennzeichnet ist. Auch diese Arten sind jedoch 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.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten: Die Möglichkeit, ihr natürliches Migrationsverhalten möglichst ungehindert durchführen zu können, ist für Fische von herausragender Bedeutung. Es kann ausschlaggebend für die Ausprägung gewässeradäquater Bestände und das Fortbestehen einzelner Arten sein.

### **3.4 EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)**

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 km<sup>2</sup> 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 hydromorphologische, physikalisch-chemische und biologische Qualitätskomponenten, die 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.

Innerhalb des Neckar-Einzugsgebiets sind nur die Flusswasserkörper 4-02 bis 4-05, welche den Neckar zwischen der Mündung der Starzel im Landkreis Tübingen und der Neckarmündung in Mannheim umfassen, als erheblich veränderte Wasserkörper ausgewiesen. Die Flusswasserkörper 4-03 bis 4-05 umfassen den zur Wasserstraße ausgebauten Neckar und sind nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung. Wenngleich also im Untersuchungsgebiet die bewertungsrelevante Ebene der Wasserkörper mehrheitlich nicht als erheblich verändert gilt, wurde auf Gewässerebene eine Vielzahl von Fließgewässerabschnitten - teilweise über längere Strecken hinweg - als erheblich verändert eingestuft. Dies geht aus der Karte 5.1 des zentralen Kartenservice der LUBW hervor<sup>2</sup>. Der gute ökologische Zustand ist für die Gewässer des Neckar-Einzugsgebiets somit ein anspruchsvolles Umweltziel.

Die Umsetzung der WRRL erfolgt mit Hilfe einzugsgebietsbezogener Bewirtschaftungspläne. Der Landtag von Baden-Württemberg hat den Bewirtschaftungsplänen und Maßnahmenprogrammen (gemäß § 3c Wassergesetz Baden-Württemberg) am 26.11.2009 zugestimmt. Damit ist auch der Bewirtschaftungsplan des Bearbeitungsgebiets Neckar inklusive des betreffenden Maßnahmenprogramms wirksam geworden.

### **3.4.1 Bisherige Ergebnisse der Gewässerüberwachung**

Seit 2006 werden die Fließgewässer im Neckar-Einzugsgebiet dem Monitoring nach WRRL mit den teilweise neu entwickelten Verfahren zur Gewässerzustandsüberwachung unterzogen. Die ersten Ergebnisse der Zustandsbewertung fanden Eingang in den Bewirtschaftungsplan für das Bearbeitungsgebiet Neckar.

Mit dem fischbasierten Bewertungssystem (fiBS) im Neckar-Einzugsgebiet vorgenommene Bewertungen des ökologischen Gewässerzustands haben bislang nur vorläufigen Charakter. Allerdings weisen bereits diese Ergebnisse darauf hin, dass praktisch keine Wasserkörper des Neckar-Einzugsgebiets den guten ökologischen Zustand erreichen. Dieser Befund korreliert weitgehend mit den Ergebnissen der ökologischen Fließgewässerbewertung auf Grundlage der übrigen biologischen Qualitätskomponenten.

Bei der Bewertung der hydromorphologischen Qualitätskomponente Durchgängigkeit erreichen nur vier von 55 Wasserkörpern des Neckar-Einzugsgebiets das Bewirtschaftungsziel. Nur zwölf von 55 Wasserkörpern erreichen das Bewirtschaftungsziel im Hinblick auf die Qualitätskomponente Wasserhaushalt, in deren Bewertung auch die Mindestwasserführung in Ausleitungsstrecken eingeht.

---

<sup>2</sup> [http://rips-uis.lubw.baden-wuerttemberg.de/rips/wrrl/viewer\\_wrrl\\_k\\_bwp\\_5\\_1.htm](http://rips-uis.lubw.baden-wuerttemberg.de/rips/wrrl/viewer_wrrl_k_bwp_5_1.htm)

### 3.4.2 Umwelt- und Bewirtschaftungsziele

Die in Kapitel 3.3 erläuterten Beeinträchtigungen der Fließgewässer wurden auch im Bewirtschaftungsplan für das Bearbeitungsgebiet Neckar (REGIERUNGSPRÄSIDIUM STUTTGART 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. Dementsprechend benennt der Bewirtschaftungsplan als übergeordnete Ziele:

- Die Vermeidung einer weiteren Verschlechterung sowie den Schutz und die Verbesserung des Zustands aquatischer Ökosysteme und der direkt von ihnen abhängigen Landökosysteme und Feuchtgebiete im Hinblick auf deren Wasserhaushalt.
- Das Erreichen eines guten ökologischen Zustands bzw. eines guten ökologischen Potenzials bis 2015.

Für nahezu alle Wasserkörper wird eine Beeinträchtigung durch fehlende oder mangelhafte Durchgängigkeit festgestellt. Der Neckar und seine größeren Zuflüsse sind auf weiten Strecken durch Rückstaubereiche oberhalb der Querbauwerke bzw. Wehre gekennzeichnet, die u. a. zur Nutzung der Wasserkraft errichtet wurden. Fließgewässerabschnitte mit vollständig funktionsfähigen Lebensräumen sind in den betreffenden Wasserkörpern selten geworden und zum Teil nicht miteinander vernetzt. Hieraus ergeben sich folgende Bewirtschaftungsziele mit Rückwirkungen auf die Nutzung der Wasserkraft:

- Verbesserung der Durchgängigkeit zur Herstellung der ökologischen Funktionsfähigkeit (Sicherstellung der Erreichbarkeit von Laichplätzen, Aufwuchshabitaten etc.);
- Gewährleistung ausreichender Mindestwasserregelungen in Restwasserstrecken (Ausleitungsstrecken bei der Wasserkraftnutzung);
- Reduktion von Rückstau.

### 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.

Die Programmstrecken umfassen im Neckar-Einzugsgebiet neben dem Neckar selbst praktisch alle Unter- und Mittelläufe der größeren Zuflüsse. Sie können auf dem zentralen Kartenservice der LUBW als Karte 7.3<sup>3</sup> im Einzelnen eingesehen werden.

Eine Beseitigung der großen Rückstaubereiche im Neckar und seinen wichtigen Zuflüssen ist nicht vorgesehen, da die Nutzung der Wasserkraft nicht in Frage gestellt wird.

## 3.5 Vorgaben des Wasserrechts

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

### 3.5.1 Wasserhaushaltsgesetz (WHG)

Das Wasserhaushaltsgesetz in der Fassung vom 31. Juli 2009 und in Kraft getreten am 1. März 2010 trifft in § 35 wesentliche Regelungen zur Nutzung der Wasserkraft.

Nach 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 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 WHG für das Neckar-Einzugsgebiet.

### 3.5.2 Wassergesetz für Baden-Württemberg (WG)

Für die vorliegende Studie relevante Regelungen im Wassergesetz von Baden-Württemberg (Fassung der Bekanntmachung vom 20. Januar 2005, zuletzt geändert am 29. Juli 2010) finden sich in den §§ 35a und 35b WG.

**§ 35a WG Mindestwasserführung** bindet in Absatz 1 die Zulassung der Wasserkraftnutzung daran, dass (bei Ausleitungskraftwerken) eine für die ökologische Funktionsfähigkeit des Gewässers erforderliche Mindestwasserführung erhalten bleibt. In Absatz 2 wird die oberste Wasserbehörde ermächtigt, per Rechtsverordnung die Kriterien zur Bemessung der Mindestwasserführung festzulegen (siehe Kapitel 3.5.3 zum Wasserkrafterlass Baden-Württemberg).

---

<sup>3</sup> [http://rips-uis.lubw.baden-wuerttemberg.de/rips/wrrl/viewer\\_wrrl\\_k\\_bwp\\_7\\_3.htm](http://rips-uis.lubw.baden-wuerttemberg.de/rips/wrrl/viewer_wrrl_k_bwp_7_3.htm)

Nach **§ 35b WG Wasserkraftnutzung** ist die Wasserkraftnutzung zu ermöglichen, wenn nicht Belange des Wohls der Allgemeinheit überwiegen (Absatz 1). Nach Absatz 3 ist beim Bau und Betrieb der Anlage auf die Belange der Fischerei, des Naturschutzes, der Landschaftspflege und der Erholungsvorsorge besonders Rücksicht zu nehmen.

### 3.5.3 Wasserkrafterlass Baden-Württemberg

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 umfangreiche Hinweise und Regelungen für die wasserrechtlichen Verfahren.

Für die Untersuchung der Wasserkraftpotenziale im Neckar-Einzugsgebiet 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;
- CO<sub>2</sub>- 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 2005a, LUBW 2006a, LUBW 2006b<sup>4</sup>).

Abschnitt 2 von Teil IV des Wasserkrafterlasses befasst sich mit der Ermittlung und Sicherstellung der Mindestabflüsse im konkreten wasserrechtlichen Verfahren. Demnach sind notwendige Mindestabflüsse

---

<sup>4</sup> Die Reihe wurde ergänzt um LUBW 2008



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 Ausleitungsstrecken" der LFU (2005b). Für Ausleitungskraftwerke nennt der Wasserkrafterlass einen Orientierungswert für den Mindestabfluss von 1/3 MNQ. Dieser kann u. a. anhand folgender standortbezogener Kriterien angepasst werden:

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

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 (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 Ausleitungsstrecke 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 EG-Aalverordnung**

Der Aal ist eine katadrome Fischart, die als juveniler Fisch (Glas- und Steigaal) 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 zusammenschmolzen 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 Aaleinzugsgebiet zugeordnete Gewässer im baden-württembergischen Neckar-Einzugsgebiet gemäß Aalbewirtschaftungsplan – Flussgebietseinheit Rhein (LANUV NRW 2008)

| Gewässername | von (Stadt, ggf. E = Einmündung) | bis (M = Mündung) | Fläche [ha] |
|--------------|----------------------------------|-------------------|-------------|
| Neckar       | Rottenburg, E Starzel            | M Rhein           | 2.090       |
| Elsenz       | Zuzenhausen, E Schwarzbach       | M Neckar          | 15          |
| Enz          | Pforzheim, E Nagold              | M Neckar          | 182         |
| Jagst        | Ellwangen, E Rotenbach           | M Neckar          | 325         |
| Kocher       | Aalen, E Aal                     | M Neckar          | 371         |
| Rems         | Schorndorf, E Wieslauf           | M Neckar          | 34          |

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, welche Gewässer aufgrund der Datenlage als Aal-Einzugsgebiete im Kontext der EG-Aalverordnung zu berücksichtigen sind (Tabelle 3-2). Der Neckar 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 2008) behandelt. Dieser enthält in Bezug auf den Gefährdungsfaktor Wasserkraft folgende für die vorliegende Studie relevanten Festlegungen (gesamter Wortlaut der betreffenden Textpassage: Anhang A4):

- 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 Neckarsystems (Tabelle 3-2) können diesbezüglich

– mit Ausnahme der Schifffahrtsstraße Neckar – Rechen-Bypass-Systeme als technisch realisierbare und wirksame Lösungen zur Verbesserung der Aalabwanderung angesehen werden.

### 3.6.2 FFH-Richtlinie

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 BUNDESNATURSCHUTZGESETZ (BNatSchG) (2009). 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 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 Karte 3.2<sup>5</sup> des zentralen Kartenservice der LUBW 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 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 Landschaftsschutzgebieten oder biotop- und artenschutzrechtliche Vorschriften sein.

---

<sup>5</sup> [http://rips-uis.lubw.baden-wuerttemberg.de/rips/wrrl/viewer\\_wrrl\\_k\\_bwp\\_3\\_22.htm](http://rips-uis.lubw.baden-wuerttemberg.de/rips/wrrl/viewer_wrrl_k_bwp_3_22.htm)

### 3.6.3 EG-Aquakulturrichtlinie

Maßnahmen zum Schutz vor und zur Eindämmung von Fischseuchen berühren ebenfalls den Themenkomplex Gewässerdurchgängigkeit. In diesem Zusammenhang ist die EG-AQUAKULTURRICHTLINIE (2006) bzw. die auf nationaler Ebene gültige FISCHSEUCHENVERORDNUNG (2008) 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) 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 den 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. Die Erfordernis angemessener Mindestwasserregelungen 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-WRRRL vorgegebenen Bewirtschaftungsziele hierdurch nicht zwangsläufig gefährdet. Eine detaillierte Prüfung muss dem Einzelfall vorbehalten bleiben.

**Tabelle 3-3:** Regelungsbauwerke, welche die stromabwärts gelegene Grenze eines Schutzgebiets nach FISCHSEUCHENVERORDNUNG (2008) markieren; Stand Juni 2009<sup>6</sup>.

| UIS-ID          | Wasserkörper Nr. | Gewässer | Bezeichnung und Vet. Nr. des Schutzgebiets |
|-----------------|------------------|----------|--------------------------------------------|
| 560.000.000.042 | 44-01            | Nagold   | Obere Nagold; D-BW-G-09                    |
| 560.000.000.043 | 44-01            | Nagold   | Obere Nagold; D-BW-G-09                    |
| 560.000.000.134 | 43-01            | Enz      | Enz; D-BW-G-07                             |
| 590.000.000.091 | 40-06            | Eyach    | Eyach und Nebenflüsse; D-BW-G-02           |
| 610.000.000.137 | 41-06            | Erms     | Erms; D-BW-G-08                            |

<sup>6</sup> vgl. [http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/menu/1296749\\_11/index.html](http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/menu/1296749_11/index.html)

### 3.7 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz des Bundes vom 25. Oktober 2008, in Kraft getreten zum 1. Januar 2009, hat den Gesetzeszweck,

*"eine nachhaltige 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 an der Stromversorgung in Deutschland bis zum Jahr 2020 auf mindestens 30 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 gemäß § 23 EEG 2009 sind eine wesentliche Grundlage zur Ermittlung eines technisch-ökonomisch-ökologischen Wasserkraftpotenzials. Sie 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 die Vergütung nach EEG 2009 bestimmten Bedingungen unterliegt: Die genannten Vergütungssätze gelten gemäß § 23 (5) EEG 2009 nur,

*"wenn nach der Errichtung oder Modernisierung der Anlage nachweislich ein guter ökologischer Zustand erreicht oder der ökologische Zustand gegenüber dem vorherigen Zustand wesentlich verbessert worden ist".*

Dies ist in der Regel dann der Fall, wenn die Stauraumbewirtschaftung, die biologische Durchgängigkeit, der Mindestwasserabfluss, die Feststoffbewirtschaftung oder die Uferstruktur wesentlich verbessert werden. Auch die Anlage von Flachwasserzonen oder die Anbindung von Altarmen und Seitenstrukturen können wesentliche ökologische Verbesserungen sein.

### 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 2008 wurden in Baden-Württemberg durch Wasserkraftanlagen insgesamt 5,2 TWh Strom erzeugt. Das sind 53 % der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen und entspricht einem Anteil von 6,4 % am Stromverbrauch des Landes (UMWELTMINISTERIUM UND WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTEMBERG 2009). Die Erzeugung von Strom aus Wasserkraft vermied damit im Jahr 2008 knapp 4,5 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich zur Energieerzeugung aus fossilen Energieträgern. Insgesamt ist im Land an ca. 1.700 Wasserkraftanlagen (ohne Pumpspeicherkraftwerke) eine Leistung von rund 800 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 20 % im Jahr 2020 zu steigern. Im Energiekonzept Baden-Württemberg 2020 (WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTEMBERG 2009) wird für die Wasserkraft ein Ausbau des im Land installierten Regelarbeitsvermögens von 4,9 TWh auf 5,5 TWh pro Jahr angestrebt. Das zusätzliche Regelarbeitsvermögen von 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*                                                                                 | Ca. 300               |
| Albbruck-Dogern und Iffezheim*                                                               | Ca. 125               |
| Ausbau weiterer Hochrheinkraftwerke (erst nach 2020)                                         | Ca. 160               |
| Sonstige Wasserkraftanlagen > 5 MW                                                           | 65                    |
| Wasserkraftanlagen zwischen 1 MW und 5 MW                                                    | 75                    |
| Wasserkraftanlagen < 1 MW                                                                    | 150                   |
| SUMME (ohne Hochrheinkraftwerke nach 2020)                                                   | 715                   |
| *nur deutscher Anteil bei Grenzkraftwerken                                                   |                       |

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.

Im Neckar-Einzugsgebiet sind rund 800 Laufwasserkraftwerke bekannt (Quelle Umweltinformationssystem Baden-Württemberg). Der Neckar und seine Zuflüsse werden also bereits intensiv zur Gewinnung von Energie genutzt. Die größten Wasserkraftanlagen finden sich entlang der Bundeswasserstraße Neckar zwischen Plochingen und Mannheim. Hier besitzen 26 Wasserkraftanlagen ein Regelarbeitsvermögen von 569 GWh/a (LAUBACH & WÜLBECK 2003). An der Staustufe Esslingen wurde im Winter 2010/2011 eine 27. Anlage mit einer Leistung von rund 1,2 MW und einem Regelarbeitsvermögen von ca. 7 GWh/a in Betrieb genommen.

Die Ergebnisse der im Rahmen dieser Studie durchgeführten Erhebungen zur Wasserkraftnutzung im Neckar-Einzugsgebiet sind in Kapitel 7.1 dargestellt.

Bisherige Studien zum Ausbaupotential der Wasserkraft sind in Anhang A6 zusammen gefasst.

### **3.9 Sonstige fachliche Vorarbeiten im Neckar-Einzugsgebiet**

Vor dem Hintergrund der hohen Bedeutung, die der Querverbau in Fließgewässern für das Erreichen der Bewirtschaftungsziele nach WRRL hat, wurden im Einzugsgebiet des Neckars vertiefte Untersuchungen zum Bestand und zur ökologischen Bedeutung der Querbauwerke durchgeführt.

Im Rahmen vorbereitender Arbeiten zur Aufstellung von Bewirtschaftungsplänen und Maßnahmenprogrammen nach § 3c WG Baden-Württemberg hat das Büro am Fluss in Zusammenarbeit mit dem Büro Gewässer & Fisch in den Jahren 2006 und 2007 die Wanderungshindernisse an den fischökologisch relevanten WRRL-Gewässern im Neckar-Einzugsgebiet im Hinblick auf

- ihre Durchwanderbarkeit für Fische (Aktualisierung der Bestandsaufnahme);
- den wasserrechtlichen Status von Regelungsbauwerken und Wasserkraftanlagen;
- den voraussichtlichen technischen Aufwand im Falle einer ökologischen Umgestaltung und
- den zu erwartenden fischökologischen Nutzen im Falle einer durchgängigen Gestaltung von nicht oder nur eingeschränkt durchgängigen Bauwerken

untersucht und hinsichtlich ihrer Relevanz zur durchgängigen Umgestaltung priorisiert (DUBLING & REISS 2006, 2007).

Als Ergebnis dieser Arbeiten standen für das gesamte Neckar-Einzugsgebiet aktuelle Erkenntnisse über den Zustand, ihre Bedeutung für die Fischökologie und ggf. bereits laufende Planungen zur Umgestaltung oder kommenden Nutzung der Querbauwerke zur Verfügung.

## 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 Neckar-Einzugsgebiet:

- Auszüge aus dem Anlagenkataster Wasserbau (AKWB);
- Amtliches digitales wasserwirtschaftliches Gewässernetz (AWGN)<sup>7</sup>;
- 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;
- Vermessungsdaten aus der Gewässervermessung zum Zwecke der Erstellung von Hochwassergefahrenkarten (HWGK) in Baden-Württemberg;
- 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 am 13. Januar 2009 Daten zu folgenden wasserwirtschaftlichen Objekten im Bereich des Einzugsgebiets des Neckars in Form von Shape-Dateien zur Verfügung gestellt:

- Wasserkraftanlagen,

---

<sup>7</sup> 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,  
Sohlgleite und Schwellen: Stützwehr, Grundschwelle, Sohlenschwelle
- Absperrbauwerke.

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:

- 1.091 Regelungsbauwerke,
- 798 Wasserkraftanlagen,
- 2.913 Sohlenbauwerke sowie
- 326 Absperrbauwerke.

Bei diesem historisch gewachsenen Bestand ist zu beachten, dass die allermeisten wasserbaulichen Anlagen bzw. Querbauwerke enthalten sind und der Name Wehr manchmal irreführend sein kann. Auch ist beim beschriebenen Datensatz der Ersatz von Querbauwerken durch raue Rampen unberücksichtigt. Die vorliegenden Angaben erhalten 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.

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

36 Regelungsbauwerke und 28 Wasserkraftanlagen der übergebenen Daten befinden sich am schiffbaren Neckar zwischen Plochingen und Mannheim und sind daher nicht Gegenstand der Untersuchung.

Die Informationen über die knapp 800 Wasserkraftanlagen < 1 MW Leistung im Neckar-Einzugsgebiet waren bislang von heterogener Qualität. Aufgrund der Regelungen des EEG 2004 stehen für die Jahre ab 2006 zumindest für die in das Stromnetz einspeisenden Anlagen 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 verknüpft.

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.

| <b>Tabelle 4-1: Ergänzungen und Korrekturen an Daten aus dem AKWB</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Datenfeld:</b>                                                     | <b>Vorgenommene Ergänzungen und Korrekturen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Objekt Wasserkraftanlagen</b>                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 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 Korrekturen vorgenommen, wenn die Leistungsangaben zu den Anlagen aus den EEG-Daten sowie die Vermessungsdaten der HWGK Hinweise auf andere Werte ergaben. |
| Status                                                                | Bei einigen Wasserkraftanlagen wurde der Status von "außer Betrieb, stillgelegt" in "in Betrieb" geändert, da die Anlagen laut EEG-Daten (siehe Kapitel 4.3) Strom einspeisen, bzw. aufgrund der Aussagen der technischen Fachbehörden bei den Landratsämtern von "in Betrieb" in "außer Betrieb, stillgelegt" geändert.                                                              |
| <b>Objekt Regelungsbauwerke</b>                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Wasserspiegeldifferenz                                                | Angaben zur Wasserspiegeldifferenz wurden korrigiert oder nachgetragen, soweit Informationen aus den Kartierarbeiten in 2006/2007, den Vermessungsdaten HWGK oder anderen Datenquellen (z. B. GEK, GEP) vorlagen.                                                                                                                                                                     |
| Auswirkungsstrecke                                                    | Für alle Ausleitungskraftwerke wurde unabhängig von Vorhandensein und Qualität einer Mindestwasserregelung die Länge der Ausleitungsstrecke aus Geodaten ermittelt.                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Objekt Sohlenbauwerke</b>                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Wasserspiegeldifferenz                                                | Angaben zur Wasserspiegeldifferenz wurden korrigiert oder nachgetragen, soweit Informationen aus den Kartierarbeiten in 2006/2007, den Vermessungsdaten HWGK oder anderen Datenquellen (z. B. GEK, GEP) vorlagen.                                                                                                                                                                     |

Prüfung und Übernahme der geänderten Daten zu wasserbaulichen Anlagen in das UIS BW stehen in aller Regel in der Verantwortung der zuständigen unteren Wasserbehörden.

Im Zuge der Arbeiten 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 41090000101 im Wasserkörper 49-01. Entsprechend dem Aufbau des AKWB wurden neue Bauwerke getrennt nach Wasserkraftanlagen und Regelungsbauwerken erhoben. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden keine neuen Sohlenbauwerke oder Absperrbauwerke 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 zur Verfügung gestellt.

Eine Dokumentation neu aufgenommener und im Rahmen dieser Studie ermittelter bzw. berechneter Daten findet sich in Anhang A5 dieser Studie.

#### **4.1.2 Wasserrechtliche Informationen**

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

Die Daten wurden auch mit den wasserrechtlichen Daten abgeglichen, die innerhalb der Untersuchungen im Auftrag des Regierungspräsidiums Stuttgart 2006 und 2007 erhoben wurden.

Darüber hinaus wurden bei den unteren Wasserbehörden Informationen zu im Jahr 2009 laufenden Verfahren zur Modernisierung oder zum Neubau von Wasserkraftanlagen erhoben.

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

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kontaktdaten Betreiber:  | Soweit aus den Triebwerksakten aktuelle Kontaktdaten des Betreibers einer Anlage zu entnehmen waren, wurden diese in der Datenbank dokumentiert.                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 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"> <li>• Mindestabfluss bei Ausleitungskraftwerken</li> <li>• Dotation einer ggf. vorhandenen Fischaufstiegshilfe am Wehr</li> <li>• Dotation einer ggf. vorhandenen 2. Fischaufstiegshilfe am Krafthaus von Ausleitungskraftwerken</li> <li>• Dotation einer ggf. vorhandenen Fischabstiegshilfe (Bypass)</li> </ul> |

### 4.1.3 Technische Daten bestehender Wasserkraftanlagen

Technische Daten, die bislang nicht im UIS-Objekt Wasserkraftanlage geführt wurden, wurden zu bestehenden oder geplanten<sup>8</sup> Wasserkraftanlagen durch Auswertung der Triebwerksakten bei den zuständigen unteren Wasserbehörden, Informationen durch die Betreiber der Wasserkraftanlagen und sonstigen Quellen (z. B. Informationen aus anderen Studien, Internet) erhoben.

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

Um ein möglichst vollständiges und korrektes Bild der aktuellen Nutzung der Wasserkraft im Neckar-Einzugsgebiet erstellen zu können, wurden die bei den Wasserbehörden erhobenen technischen Daten für nach EEG vergütete Anlagen mit den Leistungsangaben in den Daten zur Einspeisung dieser Anlagen abgeglichen. In zahlreichen Fällen ergaben sich unter Annahme mittlerer Gesamtwirkungsgrade von 65 -

<sup>8</sup> 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 standen.

80 % Widersprüche. Oft liegt die Leistung der Anlagen laut EEG-Daten deutlich über der Leistung, die in den Triebwerksakten der Wasserbehörden dokumentiert ist.

| <b>Tabelle 4-3:</b> Neu erhobene technische Informationen zu vorhandenen und geplanten Wasserkraftanlagen |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anzahl und Typ, Schluckvermögen und Nennleistung der Turbinen                                             | Unterschieden in: Wasserrad, Francis, Kaplan, Durchström, Pelton, Schnecke                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Einbaujahr der Turbinen                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Informationen zur Rechenanlage:                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorhandensein einer Rechenanlage</li> <li>• Stababstand</li> <li>• Rechenbreite</li> <li>• Anstellwinkel zur Gewässersohle</li> <li>• Wassertiefe im Kanal vor dem Rechen</li> </ul>                                                                                                                      |
| Elektrische Leistung der Anlage ab Generatorklemme:                                                       | In kW<br>Die Ermittlung des Wertes erfolgte entweder durch Übernahme des in den EEG-Daten für die Anlage angegebenen Wertes oder, falls keine Einspeisung dokumentiert ist, durch Berechnung aus Nutzgefälle und Schluckvermögen der Anlage unter Annahme eines typischen Wirkungsgrades von 70 - 80 % in Abhängigkeit von Turbinentyp und -alter. |
| Fischabstiegsanlage:                                                                                      | Vorhandensein einer Fischabstiegsanlage<br>Ggf. technische Informationen zur Ausgestaltung der Fischabstiegsanlage                                                                                                                                                                                                                                 |

Anhand der bei den unteren Wasserbehörden verfügbaren Informationen konnten diese Widersprüche in den meisten Fällen aufgeklärt werden. Dies geschah durch Korrekturen des Nutzgefälles an der Anlage, soweit dies durch die Vermessungsdaten HWGK belegt war, oder durch die Annahme eines geänderten Schluckvermögens für die Gesamtanlage, wenn kein Hinweis auf eine geänderte Nutzfallhöhe vorlag. Das gesamte Schluckvermögen der Anlage ist eine wesentliche Grundlage für die Abschätzung eines Ausbaupotenzials am Standort.

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 Vermessungsdaten aus der Erstellung von Hochwassergefahrenkarten**

Durch ein im Auftrag des Regierungspräsidiums Stuttgart tätiges Ingenieurbüro wurden – soweit vorhanden – mit Genehmigung des Auftraggebers, Regierungspräsidium Stuttgart, Abteilung 5 Umwelt, Daten

aus der Gewässervermessung zur Erstellung von Hochwassergefahrenkarten im Neckar-Einzugsgebiet zur Verfügung gestellt. Die in diesen Daten enthaltenen Informationen über die Wasserspiegellage von Vermessungspunkten dienten dazu, fehlende oder ungenaue Informationen über Wasserspiegeldifferenzen insbesondere für solche wasserbauliche Anlagen zu korrigieren, die während der Geländearbeiten im Auftrag des Regierungspräsidiums Stuttgart in den Jahren 2006 und 2007 (DUBLING & REISS 2006, 2007) nicht erfasst worden waren. Darüber hinaus dienten die Vermessungsdaten zur Prüfung der Plausibilität von Informationen über Wasserspiegeldifferenzen an Wehren und Fallhöhen an Wasserkraftanlagen.

#### 4.1.5 Hydrologische Daten

Die in der vorliegenden Studie verwendeten hydrologischen Daten wurden mittels der DVD BW\_Abfluss 2007 (LUBW 2007) ermittelt. Hierbei unterschied sich die Vorgehensweise bei Regelungsbauwerken bzw. Wasserkraftanlagen und Sohlenbauwerken.

Für alle Regelungsbauwerke wurden die Werte für den mittleren Abfluss (MQ) und den mittleren jährlichen Niedrigwasserabfluss (MNQ) mittels des in LUBW (2007) enthaltenen Berechnungsmoduls standortscharf ermittelt, sofern sich die Bauwerke nicht in unmittelbarer Umgebung eines Gewässerknotens oder Pegels befinden. In letzteren Fällen wurden die hydrologischen Daten des Gewässerknotens als Abschätzung direkt übernommen. Für Wasserkraftanlagen wurden keine getrennten hydrologischen Kennwerte ermittelt, da jede Wasserkraftanlage eindeutig einem Regelungsbauwerk mit hydrologischen Kennwerten zugeordnet wurde.

Für die Sohlenbauwerke wurde aufgrund ihrer großen Anzahl und der Tatsache, dass sie ganz überwiegend aufgrund geringer Abflüsse oder Fallhöhen sicher ein theoretisches Potenzial  $< 8$  kW aufweisen, ein abweichendes Vorgehen gewählt. Für Sohlenbauwerke, die sich kurz ober- oder unterhalb von Gewässerknoten oder Pegeln befinden, wurden deren hydrologische Kenngrößen direkt übernommen. Für alle anderen Sohlenbauwerke wurden sowohl die hydrologischen Kenngrößen des nächsten oberhalb gelegenen Knotens als auch die Kenngrößen des nächsten unterhalb gelegenen Knotens übernommen, um für die große Zahl der Bauwerke den zeitlichen Aufwand zur Ermittlung der hydrologischen Daten zu begrenzen.

Mittels der hydrologischen Werte des unterhalb der Bauwerke gelegenen Knotens wurde die theoretische Wasserkraft des Standortes ohne Berücksichtigung von Wirkungsgradverlusten mittels der Formel

$$P_{\text{theo}} = 9,81 * Q * h$$

ermittelt. Nur für Standorte, an denen  $P_{\text{theo}}$  mindestens 8 kW beträgt, wurde eine weitere Betrachtung durchgeführt (siehe Kapitel 6).

## 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:

- einen GIS-Shape der in Baden-Württemberg ausgewiesenen FFH-Gebiete mit Bearbeitungsstand März 2008;
- einen GIS-Shape zum Migrationsbedarf der Fischfauna in den Fließgewässern Baden-Württembergs gemäß DUBLING (2005);
- eine Liste der baden-württembergischen Schutzgebiete gemäß FISCHSEUCHENVERORDNUNG (2008) mit Bearbeitungsstand Juni 2009 sowie
- eine Liste der zum Aaleinzugsgebiet des Neckarsystems gehörenden Fließgewässerstrecken gemäß LANUV NRW (2008).

Darüber hinausgehend wurden die im Anlagenkataster Wasserbau (AKWB) enthaltenen Daten zum Durchgängigkeitsstatus von Regelungs- und Sohlbauwerken für Fische mit den diesbezüglich bei DUBLING & REISS (2006, 2007) dokumentierten Informationen abgeglichen. Letztere beruhen ausnahmslos auf Experteneinschätzungen durch Inaugenscheinnahme der betreffenden Querbauwerkstandorte im Rahmen von Kartierungsarbeiten. Eine ähnlich belastbare Basis ist bei den AKWB-Daten nicht in vollem Umfang gegeben. Die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung zu leistende fischökologische und fischereifachliche Arbeit erfolgte daher unter Vorzug der Daten aus DUBLING & REISS (2006, 2007), sofern diesen ein aktuellerer Bearbeitungsstand als den AKWB-Daten zugrunde lag.

## 4.3 Daten über die Stromeinspeisung aus Wasserkraftanlagen nach EEG

Um einen Überblick über die aktuell im Neckar-Einzugsgebiet (exklusive Bundeswasserstraße Neckar) 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 zunächst die öffentlich zugänglichen Daten über Wasserkraftanlagen ausgewertet, die nach dem EEG vergütet werden. Hierzu dienten insbesondere die Daten, die die EnBW Transportnetze AG im Internet<sup>9</sup> 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-

---

<sup>9</sup> [http://www.enbw.com/content/de/netznutzer/strom/erneuerbare\\_energien/anlagendaten\\_tng/anlagendaten\\_suche/index.jsp](http://www.enbw.com/content/de/netznutzer/strom/erneuerbare_energien/anlagendaten_tng/anlagendaten_suche/index.jsp)

Nummern der Wasserkraftanlagen verknüpft, um die weitere Auswertung zu erleichtern. Aus den öffentlich zugänglichen Daten wurden Daten zur Einspeisung aus den Jahren 2007 und 2008<sup>10</sup> sowie der für die Anlagen zuständige Netzbetreiber erhoben.

Auf der Basis dieser Erfassung erfolgte eine Abfrage der im Neckar-Einzugsgebiet tätigen Netzbetreiber. Die Liste der Netzbetreiber wurde durch das Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg zur Verfügung gestellt und ist im Anhang A7 wieder gegeben. Die Abfrage wurde durch das Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg mit einem empfehlenden Anschreiben unterstützt.

Die Netzbetreiber wurden gebeten, möglichst umfassende Informationen zur Einspeisung von Wasserkraftanlagen in den Jahren 2000 bis 2008 zu übermitteln. Erfragt wurden Informationen zur eingespeisten Strommenge, zur Einspeiseleistung sowie zur Vergütung des Stroms.

Soweit im Internet nach § 52 EEG 2009 veröffentlicht, wurden auch Daten aus dem Jahr 2009 in die Datenbank aufgenommen.

## 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.

An Gewässern, deren Abfluss wesentlich durch Rückhaltebecken im Dauerstau beeinflusst ist, z. B. obere Jagst und Lein, geben die verwendeten Abflussdaten nur den Abfluss ohne Einfluss des Beckens wieder.

Eine weitere mögliche Fehlerquelle stellt die manuell durchgeführte Abgrenzung der Teileinzugsgebiete zur Ermittlung der standortgenauen Abflusswerte für Regelungsbauwerke 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 Einzugsgebiet des Neckars 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 mit einer Angabe zur Adresse der Anlage verknüpft. Oftmals fehlt hierbei die Angabe der Hausnummer. In der Folge ist die Zuordnung der EEG-Daten zu Wasserkraftanlagen immer dort mit Unsicherheiten verbunden, wo auf engem Raum viele Wasserkraftanlagen installiert sind. Beispiele sind die Erms in Bad Urach, die Echaz in Pfullingen oder die obere Fils.

---

<sup>10</sup> Daten zur Einspeisung im Jahr 2009 liegen bis Fertigstellung der Studie nur teilweise vor.



Trotz der Verwendung ergänzender Informationen, wie der Angaben zur Anlagenleistung, 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.

## 5 Ökologische Festlegungen für die Potenzialermittlung

Die im Folgenden beschriebenen Festlegungen zu ökologischen Abflüssen als Grundlage für die Potenzialermittlung folgen in Inhalt und Logik dem zweistufigen Vorgehen gemäß Wasserkrafterlass Baden-Württemberg. Im Rahmen der vorliegenden Studie war es hierbei weder möglich noch vorgesehen, eine detaillierte Analyse der einzelnen Standorte vorzunehmen. Stattdessen wurde das Ziel verfolgt, Arbeitswerte für ökologische Abflüsse festzusetzen, die auf standardisierte Weise in die Potenzialberechnung der Standorte einfließen können. In diesem Rahmen wurden berücksichtigt:

- Mindestabflüsse für Ausleitungstrecken ( $Q_{\min}$ );
- Abflüsse zur Dotation von Fischaufstiegsanlagen an Regelungsbauwerken und, sofern dies aus fischökologischer Sicht erforderlich ist, im Bereich von Krafthäusern ( $Q_{\text{FAA}}$ );
- Abflüsse zur Dotation von Rechen-Bypass-Systemen für den Fischabstieg, sofern dies aus fischökologischer Sicht erforderlich ist ( $Q_{\text{Bypass}}$ ).

In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurden hierbei zwei unterschiedliche Ansätze ausgearbeitet, die parallel verfolgt wurden:

**Szenario 1:** Festlegung ökologischer Abflüsse ausschließlich vor dem Hintergrund der im Wasserkrafterlass Baden-Württemberg genannten Orientierungswerte

**Szenario 2:** Festlegung spezifischer ökologischer Abflüsse vor dem Hintergrund der von den Rahmenbedingungen des Standortes abhängigen fischökologischen Anforderungen nach Wasserkrafterlass Baden-Württemberg.

Diesbezüglich ist folgendes zu beachten:

1. Aus den festgelegten Arbeitswerten lassen sich generell noch keine allgemein gültigen Rückschlüsse zur Sicherstellung fischökologischer Belange ableiten. Im konkreten Einzelfall kann der fischökologisch erforderliche Abfluss von den ausgearbeiteten Standardwerten beider Szenarien durchaus nach oben oder nach unten abweichen.

Dies wird beispielsweise auch durch die Ergebnisse der Querbauwerkskartierungen deutlich, die im Rahmen der "Studie über die ökologisch sinnvolle und kosteneffiziente Schaffung zusammenhängender aquatischer Lebensräume im Neckarsystem" (DUBLING & REISS 2006, 2007) durchgeführt wurden: So wurde eine Reihe von Wasserkraftanlagen mit konstruktionsbedingt prinzipiell funktionsfähiger Fischaufstiegsanlage und einer Mindestwasserregelung entsprechend dem im Wasserkrafterlass Baden-Württemberg genannten Orientierungswert aufgrund eines vor Ort festgestellten Mindestwasserproblems als für Fische nicht durchgängig eingeschätzt. Andererseits wurden Was-

serkrafthanlagen als für Fische durchgängig eingeschätzt, deren Mindestabfluss gemäß geltender wasserrechtlicher Genehmigung unter dem Orientierungswert des Wasserkrafterlasses liegt.

2. Die festgelegten Arbeitswerte sind ausschließlich für das Bearbeitungsgebiet der vorliegenden Untersuchung gültig. Dieses umfasst das gesamte Einzugsgebiet des Neckars mit Ausnahme der Schifffahrtsstraße Neckar. Auf außerhalb des Bearbeitungsgebiets gelegene Fließgewässer sind die Arbeitswerte nicht pauschal übertragbar. Hier bestehen in Bezug auf Mindestabflussregelungen teilweise deutlich weitergehende Erfordernisse – so z. B. in den Lachsprogrammgewässern des Rheineinzugsgebiets oder in großen Flüssen des Aal-Einzugsgebiets – denen in ausreichendem Umfang Rechnung zu tragen ist.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass – wie auch durch den Wasserkrafterlass Baden-Württemberg vorgegeben – die abschließende Festlegung zur Bemessung eines Mindestabflusses immer einer auf den konkreten Einzelfall bezogenen fachlichen Prüfung aller Erfordernisse vorbehalten bleiben muss. Dabei sind zum Teil auch weitere Vorgaben, wie etwa artenschutzrechtliche Aspekte, zu betrachten.

## 5.1 Szenario 1 - Orientierungswerte nach Wasserkrafterlass

Die festgelegten Arbeitswerte zu ökologischen Abflüssen in Szenario 1 orientieren sich ausschließlich an den hierzu im Wasserkrafterlass Baden-Württemberg enthaltenen quantitativen Vorgaben. Die spezifischen ökologischen Rahmenbedingungen des Standorts sowie etwaige hydraulische Erfordernisse in Bezug auf die Mindestdotierung von Fischaufstiegsanlagen (siehe Kapitel 5.2.1) werden nicht berücksichtigt. Auch Abflüsse zur Dotierung von Fischaufstiegsanlagen am Krafthaus von Ausleitungskraftwerken oder Rechen-Bypass-Systemen entfallen für Szenario 1.

- Für **Ausleitungskraftwerke** gibt der Wasserkrafterlass einen Orientierungswert von 1/3 MNQ zur Mindestdotierung von Ausleitungsstrecken vor. Dieser Wert wurde auch für die Potenzialberechnung auf Basis des Szenarios 1 herangezogen. Mit dem Abfluss von 1/3 MNQ muss darüber hinaus auch die gemäß Wasserkrafterlass grundsätzlich zu gewährleistende Gewässerdurchgängigkeit sichergestellt werden. Aus fischökologischer Sicht ist daher anzustreben, den in Szenario 1 berücksichtigten ökologischen Abfluss von 1/3 MNQ auch vollständig zur Dotierung einer geeigneten Fischaufstiegsanlage zur Verfügung zu stellen. Für den Betrieb von Wasserkrafthanlagen ergibt sich daraus die Konsequenz, dass eine energetische Mindestwassernutzung entfällt.
- Bei **Flusskraftwerken** wird das entnommene Wasser in der Regel unmittelbar unterhalb des Regelungsbauwerks wieder eingeleitet, so dass keine Ausleitungsstrecke entsteht. Somit ist an Flusskraftwerken lediglich für die Anlage zur Herstellung der Durchgängigkeit ein ausreichender Abfluss mit der notwendigen Leitströmung zu gewährleisten. Zur Bemessung dieses Abflusses sind keine quantitativen Orientierungswerte im Wasserkrafterlass genannt. In der aktuellen Praxis wird zur Dotierung von Fischaufstiegsanlagen an Flusskraftwerken unter normalen Bedingungen allerdings häufig

ein Abflusswert von etwa 1/6 MNQ angesetzt. Dieser Wert wurde daher auch zur Berechnung der Wasserkraftpotenziale in Szenario 1 verwendet.

In Bezug auf den Kraftwerkstyp ist folgendes zu ergänzen: Als Flusskraftwerke sind im Rahmen der vorliegenden Studie ausschließlich Wasserkraftanlagen 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 Flusskraftwerke geführte Anlagen diese Bedingungen aufgrund ihrer derzeitigen baulichen Konstruktion nicht erfüllen, wurden sie in Bezug auf die Berechnung der Wasserkraftpotenziale im Rahmen dieser Studie wie Ausleitungskraftwerke (d. h. unter Berücksichtigung einer Mindestdotierung von 1/3 MNQ für den Fischaufstieg) behandelt.

Für Fischaufstiegsanlagen an Ausleitungskraftwerken wie Flusskraftwerken gilt ferner, dass eine Ausgestaltung als Teilrampe oder Umgehungsgerinne aus fischökologischer Sicht zu favorisieren ist, sofern der zur Verfügung stehende Abfluss für deren funktionsfähige Gestaltung ausreicht. Beide Anlagentypen können Zusatzfunktionen im Gewässer übernehmen. Insbesondere Teilrampen besitzen Vorteile, was die stromabwärts gerichtete Passierbarkeit für Fische und den Transport von Sohlsubstraten angeht. Darüber hinaus können Teilrampen und Umgehungsgerinne als Ersatzhabitat für verloren gegangene Gewässerstrukturen fungieren. Ihre ökologische Funktion geht damit deutlich über die bloße Herstellung der Gewässerdurchgängigkeit für Fische hinaus.

## 5.2 Szenario 2 - Spezifische ökologische Abflüsse nach Wasserkraft-erlass

Die Erfordernis einer stärker differenzierenden und mehr an den jeweiligen ökologischen Rahmenbedingungen ausgerichteten Betrachtung besteht sowohl aus fischereilicher Sicht als auch aufgrund der im Wasserkrafterlass Baden-Württemberg enthaltenen Vorgaben. Aus fischökologischer Sicht gilt:

- Stromaufwärts gerichtete Fischwanderungen und -migrationen sollten in allen Fließgewässern möglichst umfassend und bestmöglich gewährleistet sein.
- Stromabwärts gerichtete Fischwanderungen und -migrationen sollten zumindest in den hinsichtlich dieses Aspekts fischökologisch besonders bedeutsamen Fließgewässerabschnitten (Vorkommen anadromer Wanderfischarten, hoher Migrationsbedarf der Fischfauna, Aal-Einzugsgebiet gemäß EG-Aalverordnung) möglichst umfassend und bestmöglich sowie weitestgehend ohne Schädigung der Fische möglich sein.

Im Wasserkrafterlass Baden-Württemberg werden diese fischökologisch bedeutenden Prämissen wie folgt aufgegriffen:

- Die Fließgewässerdurchgängigkeit für Fische ist grundsätzlich zu gewährleisten, in bestimmten Fällen auch in Bezug auf Anforderungen an stromabwärts gerichtete Fischwanderungen (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).

Die in Szenario 2 berücksichtigten ökologischen Abflüsse wurden auf diesen Grundlagen ausgearbeitet. Wie bereits eingangs des Kapitels 5 erwähnt, wurde hierbei das Ziel verfolgt, Standardwerte für eine weitestgehend automatisierte Berechnung der betreffenden Potenziale festzusetzen, ohne eine einzelstandortbezogene Detailbetrachtung vorzunehmen. Hierzu wurde eine Diskussion mit Vertretern der Fischereiverwaltung Baden-Württembergs geführt, deren Ergebnisse mit dem Auftraggeber der vorliegenden Studie abgestimmt wurden.

Im Ergebnis wurden Arbeitswerte zur Dotation von Ausleitungsstrecken, Fischaufstiegsanlagen und Fischabstiegsanlagen (Rechen-Bypass-Anlagen) festgelegt, die den fischökologischen Erfordernissen zur Herstellung der Durchgängigkeit in ausreichendem Umfang Rechnung tragen. Dies wird nachfolgend erläutert.

### 5.2.1 Erfordernisse aus hydraulischer Sicht

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 modernen wissenschaftlichen Erkenntnissen zu diesen Aspekten lassen sich fischartspezifische Werte für die erforderliche Mindestdotation von Fischaufstiegsanlagen formulieren. Diese sind in Tabelle 5-1 für einige wichtige Zielfischarten zusammengestellt. Eine Unterschreitung dieser Werte führt dazu, dass für die betreffenden Fischarten ein Aufstieg in ökologisch ausreichendem Umfang aus hydraulischen Gründen nicht mehr gewährleistet ist.

| <b>Tabelle 5-1:</b> Fischartabhängige Orientierungswerte für die zur funktionalen Gestaltung erforderliche Mindestdotation von Fischaufstiegsanlagen aus hydraulischer Rechnung ohne Berücksichtigung der Leitwirkung (DUMONT 2005, DWA 2010) |                                                         |                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| <b>Fischart</b>                                                                                                                                                                                                                               | <b>Beckenartige Bauweise; <math>Q_{FAA \min}</math></b> | <b>Umgehungsgerinne; <math>Q_{FAA \min}</math></b> |
| Bachforelle                                                                                                                                                                                                                                   | 0,1 m <sup>3</sup> /s                                   | 0,2 m <sup>3</sup> /s                              |
| Äsche, Döbel, Rotaugen, Hasel                                                                                                                                                                                                                 | 0,15 - 0,25 m <sup>3</sup> /s                           | 0,35 m <sup>3</sup> /s                             |
| Barbe, Brachse, Hecht, Zander, Lachs, Meerforelle                                                                                                                                                                                             | 0,4 - 1,0 m <sup>3</sup> /s                             | 0,5 - 0,55 m <sup>3</sup> /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.

Bei Ausleitungskraftwerken ist darüber hinaus die Durchgängigkeit der stromabwärts an eine Fischaufstiegsanlage anschließenden Ausleitungsstrecke im Gewässermutterbett entscheidend. Herrschen dort Strömungs- und Tiefenverhältnisse vor, die von den betreffenden Zielfischarten gemieden werden, gelangen diese nicht zur Fischaufstiegsanlage, wodurch letztere die ihr zuge dachte Funktion nicht erfüllen kann. Auch über die zur durchgängigen Gestaltung von Ausleitungsstrecken erforderlichen Mindestwassertiefen und Mindestfließgeschwindigkeiten existieren wissenschaftliche Erkenntnisse (LFU 2005b, DUMONT 2005). Hieraus lassen sich die in Tabelle 5-2 zusammengestellten Vorgaben ableiten.

| <b>Tabelle 5-2:</b> Orientierungswerte für die zur durchgängigen Gestaltung von Ausleitungsstrecken erforderliche Mindestwassertiefe und Mindestfließgeschwindigkeit in Schnellen (Riffelstrukturen) in Abhängigkeit von der Fließgewässerregion (DUMONT 2005, DWA 2010, LFU 2005b) |                    |                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------|
| Fließgewässerregion                                                                                                                                                                                                                                                                 | Mindestwassertiefe | Mindestfließgeschwindigkeit               |
| Forellenregion (Epi- und Metarhithral)                                                                                                                                                                                                                                              | ≥0,10 - 0,15 m     | ≥0,3 m/s                                  |
| Äschenregion (Hyporhithral)                                                                                                                                                                                                                                                         | ≥0,15 - 0,20 m     | ≥0,3 m/s                                  |
| Barbenregion (Epiptamal)                                                                                                                                                                                                                                                            | ≥0,3 m             | Anzupassen an die natürlichen Bedingungen |

Stromabwärts gerichtete Fischwanderungen und -migrationen stellen die Betreiber von Wasserkraftanlagen in erster Linie vor die Herausforderung, Schädigungen von Fischen durch Turbinen, mechanische Barrieren und große Absturzhöhen weitestgehend zu vermeiden. Für alle für die Untersuchung relevanten Gewässer des Neckar-Einzugsgebiets kann davon ausgegangen werden, dass die Passierbarkeit von Wasserkraftanlagen für Fische mit Hilfe geeigneter Rechen-Bypass-Systeme bestmöglich zu bewerkstelligen ist. Mit der funktionalen Gestaltung dieser Anlagen zusammenhängende hydraulische Fragestellungen betreffen in erster Linie die Anströmgeschwindigkeit sowie die Neigung und die Stabweite der Rechen (DUMONT 2005). Diese Aspekte gehen deutlich über die Aufgabenstellung der vorliegenden Studie hinaus und werden an dieser Stelle deshalb nicht näher behandelt.

## 5.2.2 Spezifische ökologische Abflüsse an Ausleitungskraftwerken

### Mindestabfluss in Ausleitungsstrecken

Wie bereits in Kapitel 3.5.3 erläutert, gibt der Wasserkrafterlass Baden-Württemberg in Bezug auf den erforderlichen Mindestabfluss in Ausleitungsstrecken einen Orientierungswert von 1/3 MNQ vor. Dieser Abfluss kann aus fischökologischer Sicht in vielen Fällen als ausreichend angesehen werden, um die Durchgängigkeit der Ausleitungsstrecke und der Fischaufstiegsanlage zu gewährleisten. Um mit dem verfügbaren Abfluss eine möglichst optimale Durchgängigkeit zu erzielen, ist aus fischökologischer Sicht auch in Szenario 2 anzustreben, 1/3 MNQ vollständig über die Fischaufstiegsanlage abzuführen. Damit entfällt eine energetische Mindestwassernutzung am Ausleitungswehr. Darüber hinaus gelten die in Kapitel 5.1 gemachten Anmerkungen zur Bevorzugung von Teilrampen und Umgehungsgerinnen beim Bau von Fischaufstiegsanlagen.

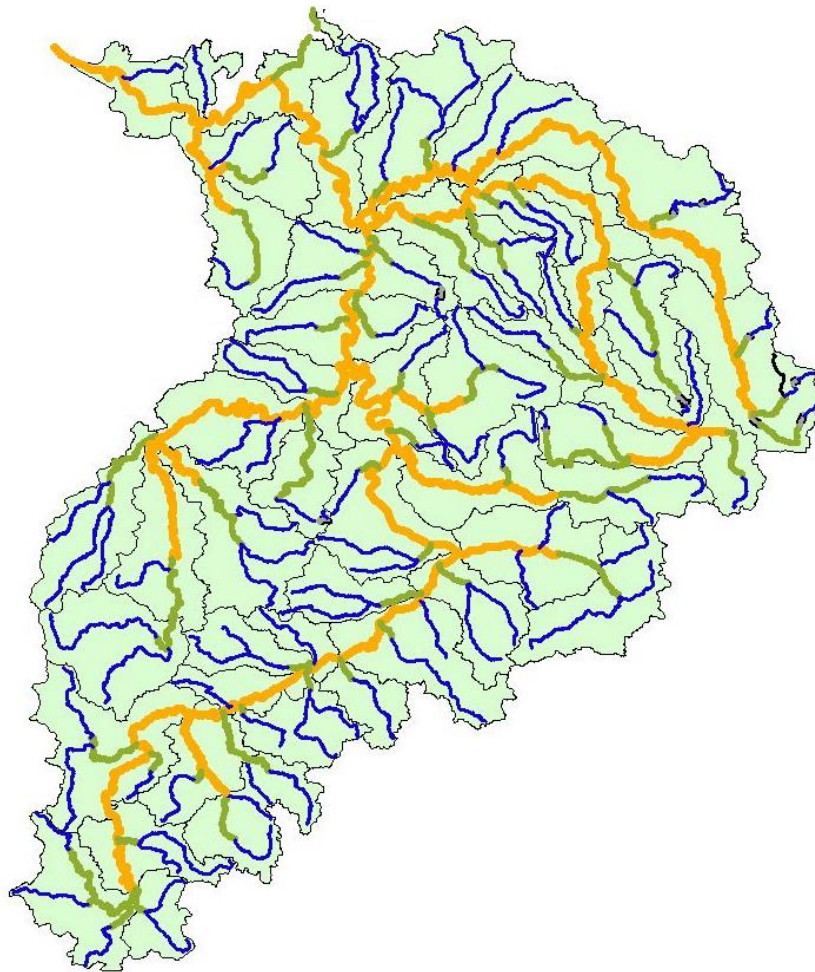
Zu ungünstigen Bedingungen führt ein Abfluss von 1/3 MNQ dagegen, wenn er nicht mehr ausreichend ist, um die in den Tabellen 5-1 und 5-2 genannten Orientierungswerte zu erreichen. Nach den hierzu vorliegenden Abflussdaten tritt dieses Problem in erster Linie in den natürlicherweise bereits mit geringen 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 m<sup>3</sup>/s (Bachforelle) bzw. 0,15 - 0,25 m<sup>3</sup>/s (Äsche). Es ist allerdings in den meisten Fällen zu bezweifeln, ob diese für die Abmessungen eines Beckenpasses gerade noch ausreichenden Abflusswerte in den größeren Querschnitten der Ausleitungsstrecken zu ausreichenden Tiefen- und Strömungsverhältnissen führen (Tabelle 5-2). Aus fischökologischer Sicht sind deshalb bereits Abflüsse von <0,2 m<sup>3</sup>/s in Ausleitungsstrecken problematisch bzw. für deren durchgängige Gestaltung als unzureichend einzuschätzen.

Dementsprechend sollte ein Wert von 0,2 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/s (sofern 1/3 MNQ einen Wert von 0,2 m<sup>3</sup>/s unterschreitet).

### Mindestabfluss für einen zweiten Fischaufstieg im Bereich des Krafthauses

Fließgewässerfischarten orientieren sich im Rahmen ihrer stromaufwärts gerichteten Wanderungen und Migrationen 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 Sackgasseneffekt.

Letzterer hat vor allem in den von DUBLING (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 wandernden Mittel- und Langdistanz-Migranten (im Neckarsystem insbesondere Barbe und Nase) dar, die dort zu den prägenden Leitfischarten gehören. Gleichzeitig ist die Möglichkeit, möglichst ungehinderte Längswanderungen durchführen zu können, für die Biologie und gewässeradäquate Bestandsentwicklung dieser Arten von erheblicher Relevanz. Dementsprechend ist zumindest in Flussabschnitten mit hohem Migrationsbedarf der Fischfauna aus fischökologischer Sicht eine weitere Fischaufstiegsanlage im Bereich des Krafthauses erforderlich.



**Abbildung 5-1:** Gewässer mit hohem (gelb), erhöhtem (grün) und normalem (blau) Migrationsbedarf der Fischfauna in den Wasserkörpern (dünne schwarze Linien) des Neckarsystems (DUBLING 2005).

Für die Barbe als typischem Vertreter dieser Gewässerabschnitte wird hierbei eine Mindestdotierung von 0,4 - 1,0 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/s. Dieser Wert ist jedoch als im Rahmen der Potenzialberechnungen anzurechnender ganzjähriger Durchschnittswert zu verstehen, der vor dem Hintergrund, angepasste dynamische Abfluss-



regelungen treffen zu können, als hinnehmbar eingeschätzt wird. Der Arbeitswert ersetzt damit keineswegs die im Rahmen der Bewertung konkreter Vorhaben erforderlichen standortspezifischen Betrachtungen.

### **Mindestabfluss für den Fischabstieg (Bypass)**

Die fischökologische Notwendigkeit, Rechen-Bypass-Systeme in den im Neckarsystem befindlichen Gewässern des Aal-Einzugsgebiets zu installieren, ergibt sich bereits aus den in Kapitel 3.6.1 erläuterten Vorgaben der EG-Aalverordnung. Bypass-Anlagen müssen hierbei baulich getrennt von Fischaufstiegsanlagen installiert werden, da beiden Anlagen unterschiedliche Funktionen zukommen, die sich im Allgemeinen bautechnisch nicht miteinander vereinbaren lassen.

Darüber hinaus sind Rechen-Bypass-Systeme auch in Flussabschnitten mit hohem Migrationsbedarf der Fischfauna fischökologisch sehr bedeutsam. Sie ermöglichen das stromabwärts gerichtete Migrationsverhalten, welches für die betreffenden Mitteldistanz-Migranten aufgrund ihrer Biologie in erhöhtem Maße relevant ist.

In Bezug auf die Dotation von funktionalen Rechen-Bypass-Systemen wird für Szenario 2 ein Standardwert von 0,1 m<sup>3</sup>/s als erforderlich angesehen. Dieser Arbeitswert gilt für alle untersuchungsrelevanten Gewässerabschnitte, die dem Aal-Einzugsgebiet des Neckarsystems angehören oder für deren Fischfauna ein hoher Migrationsbedarf festgestellt wurde. Die Gewässer des Aal-Einzugsgebiets umfassen im Neckarsystem bereits den Großteil der Flussabschnitte mit hohem Migrationsbedarf der Fischfauna. Lediglich am Oberlauf des Kochers liegt ein Gewässerabschnitt, der zum Aal-Einzugsgebiet zählt, ohne den hohen Migrationsbedarf aufzuweisen.

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 Neckareinzugsgebiet betrachtete Gewässernetz der kleineren bis mittelgroßen Fließgewässer (ohne die Bundeswasserstraße Neckar mit ihren deutlich größer dimensionierten Standorten) wird jedoch eine Dotation von 0,1 m<sup>3</sup>/s als für viele Anlagen plausibler Arbeitswert angesetzt.

### **5.2.3 Spezifische ökologische Abflüsse an Flusskraftwerken**

Die für ökologische Abflüsse an Flusskraftwerken getroffenen Festlegungen 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 Restwasser-

führung vorhanden ist, gelten dagegen die für Ausleitungskraftwerke festgelegten Arbeitswerte. (vgl. Kapitel 5.1)

### **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 betragen diese 0,2 m<sup>3</sup>/s in Gewässerabschnitten mit normalem oder erhöhtem Migrationsbedarf der Fischfauna (Forellen- und Äschenregion) und 0,4 m<sup>3</sup>/s in Gewässerabschnitten mit hohem Migrationsbedarf der Fischfauna (Barbenregion). 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). Dies gewährleistet in der Regel eine genügende Auffindbarkeit der Fischaufstiegsanlage durch Erzeugung einer ausreichend starken Leitströmung sowie hydraulisch ausreichende Rahmenbedingungen für den Aufstieg der Zielfischarten selbst.

Sofern eine Dotation von 1/6 MNQ ausreichend ist, um unter Berücksichtigung des Migrationsbedarfs Fischaufstiegsanlagen als Teilrampen oder Umgehungsgerinne funktionsfähig zu gestalten, kommt beiden Anlagentypen aus fischökologischer Sicht auch bei Flusskraftwerken Priorität gegenüber beckenartigen Konstruktionen zu. Die Gründe hierfür wurden bereits in Kapitel 5.1 aufgeführt.

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. In diesem Zusammenhang wurde beispielsweise für den schiffbaren Neckar ein fachlicher Standard definiert, welcher für Fischaufstiegsanlagen Mindestabflüsse von 0,8 - 1,0 m<sup>3</sup>/s vorsieht. Aufgrund der generellen Anforderungen der maßgeblichen Leitarten an den Fischaufstieg ist auch in den flussaufwärts von Plochingen anschließenden Neckarabschnitten mit hohem Migrationsbedarf der Fischfauna von ähnlichen Abflusswerten auszugehen.

### **Mindestabfluss für den Fischabstieg (Bypass)**

Die in Kapitel 5.2.2 gemachten Anmerkungen gelten ebenfalls.

## **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 nochmals in Tabelle 5-3 zusammengestellt.

| <b>Tabelle 5-3:</b> Ökologische Abflüsse in den Szenarien zur Berechnung der Wasserkraftpotenziale im Neckar-Einzugsgebiet (ohne Bundeswasserstraße Neckar).                                                                          |                                                                      |                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ökologische Funktion</b>                                                                                                                                                                                                           | <b>Szenario 1:<br/>Orientierungswerte<br/>nach Wasserkrafterlass</b> | <b>Szenario 2:<br/>Spezifische ökologische Abflüsse<br/>nach Wasserkrafterlass</b>                                                                                                                                           |
| <b>Ausleitungskraftwerke</b>                                                                                                                                                                                                          |                                                                      |                                                                                                                                                                                                                              |
| A) Mindestabfluss (Ausleitungsstrecke):<br>$Q_{\min} = Q_{FAA1}^*$                                                                                                                                                                    | $Q_{\min} = Q_{FAA}^* = 1/3 \text{ MNQ}$ ;<br>ohne Mindestwert       | $Q_{\min} = Q_{FAA1}^* = 1/3 \text{ MNQ}$ ;<br><u>jedoch mindestens: <math>0,2 \text{ m}^3/\text{s}</math></u>                                                                                                               |
| B) Dotation 2. Fischaufstieg am Krafthaus: $Q_{FAA2}$                                                                                                                                                                                 | keine                                                                | $Q_{FAA2} = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$<br>(nur bei hohem Migrationsbedarf <sup>#</sup> )                                                                                                                                      |
| C) Dotation Fischabstieg (Bypass): $Q_{Bypass}$                                                                                                                                                                                       | keine                                                                | $Q_{Bypass} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$<br>(nur im Aal-EZG <sup>∇</sup> oder bei hohem Migrationsbedarf <sup>#</sup> )                                                                                                       |
| <b>Ausleitungskraftwerke</b> - ökologischer Gesamtabfluss: $Q_{ök} \text{ (ALK)}$                                                                                                                                                     | $Q_{ök} \text{ (ALK)} = Q_{\min} = 1/3 \text{ MNQ}$                  | $Q_{ök} \text{ (ALK)} = Q_{\min} + Q_{FAA2} + Q_{Bypass}$                                                                                                                                                                    |
| <b>Flusskraftwerke</b>                                                                                                                                                                                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                                                              |
| A) Dotation Fischaufstieg:<br>$Q_{FAA}$                                                                                                                                                                                               | $Q_{FAA} = 1/6 \text{ MNQ}$ ;<br>ohne Mindestwert                    | $Q_{FAA} = 1/6 \text{ MNQ}$ ;<br><u>jedoch mindestens:</u><br>- $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ bei hohem Migrationsbedarf <sup>#</sup> ;<br>- $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ bei normalem und erhöhtem Migrationsbedarf <sup>#</sup> |
| B) Dotation Fischabstieg (Bypass): $Q_{Bypass}$                                                                                                                                                                                       | keine                                                                | $Q_{Bypass} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$<br>(nur im Aal-EZG <sup>∇</sup> oder bei hohem Migrationsbedarf <sup>#</sup> )                                                                                                       |
| <b>Flusskraftwerke</b> - ökologischer Gesamtabfluss: $Q_{ök} \text{ (FKW)}$                                                                                                                                                           | $Q_{ök} \text{ (FKW)} = Q_{FAA} = 1/6 \text{ MNQ}$                   | $Q_{ök} \text{ (FKW)} = Q_{FAA} + Q_{Bypass}$                                                                                                                                                                                |
| * aus fischökologischer Sicht ist anzustreben, $Q_{\min}$ vollständig über eine geeignete Fischaufstiegsanlage abzuführen.<br># gemäß DUBSLING (2005)<br>∇ gemäß Aalbewirtschaftungsplan – Flussgebietseinheit Rhein (LANUV NRW 2008) |                                                                      |                                                                                                                                                                                                                              |

Für die Potenzialberechnung wurden die in Tabelle 5-3 enthaltenen Abflusswerte in Abhängigkeit von den jeweiligen Rahmenbedingungen für alle im Untersuchungsgebiet dokumentierten Regelungsbauwerke standortbezogen ermittelt. Um den entsprechenden Aufwand für die weitaus größere Zahl betreffender Sohlenbauwerke in angemessenem Rahmen zu halten, erfolgte der gleiche Arbeitsschritt hier nur für solche Sohlenbauwerke, die gemäß der in Kapitel 6 beschriebenen Berechnungsformel ein theoretisches Rohpotenzial von  $\geq 8 \text{ kW}$  zur Verfügung stellen.

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 inhaltsreichen 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 5-3 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 in insgesamt 30 Fällen. Diese betreffen:
  - Talsperren, bei denen eine Herstellung der Durchgängigkeit nicht sinnvoll ist;
  - Querbauwerke, die quellnah gelegen sind und bei denen infolge einer durchgängigen Gestaltung keine fischökologisch relevanten Fließgewässerabschnitte angebunden werden können;
  - Querbauwerke, in deren unmittelbarer Nachbarschaft gemäß DUBLING & REISS (2006, 2007) natürliche nicht durchgängige Abstürze vorhanden sind;
  - Querbauwerke, welche die stromabwärts gelegene Grenze eines Schutzgebiets nach FISCHSEUCHENVERORDNUNG (2008) bilden (vgl. Kapitel 3.6.3).

Ein Mindestabfluss von  $1/3$  MNQ wurde dennoch in allen Fällen berücksichtigt, sofern es sich um Ausleitungskraftwerke handelt.

- An insgesamt 7 Standorten kann oder muss aufgrund baulicher Besonderheiten auf die im Rahmen von Szenario 2 vorgesehene zweite Fischaufstiegsanlage am Krafthaus verzichtet werden. In diesen Fällen entfällt der betreffende Abflusswert von  $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$  für  $Q_{\text{FAA2}}$  (Tabelle 5-3).
- An insgesamt 15 Standorten ist aufgrund von aktuellen Kartierungsergebnissen (DUBLING & REISS, 2006, 2007) davon auszugehen, dass die Durchgängigkeit der Ausleitungsstrecke trotz einer dem Szenario 2 mindestens entsprechenden Mindestwasserregelung nicht gegeben ist (vgl. Kapitel 5.1). In diesen Fällen wurde für die Potenzialberechnung mit Szenario 2 ein Mindestabfluss von  $1/2$  MNQ oder  $2/3$  MNQ - abhängig vom Ausmaß der betreffenden Mindestwasserproblematik - berücksichtigt.

## 6 Ermittlung von Wasserkraftpotenzialen

Zur Ermittlung des Wasserkraftpotenzials im Neckareinzugsgebiet an bestehenden Wasserkraftanlagen 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 5.4)
- 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 eingeordnet 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.

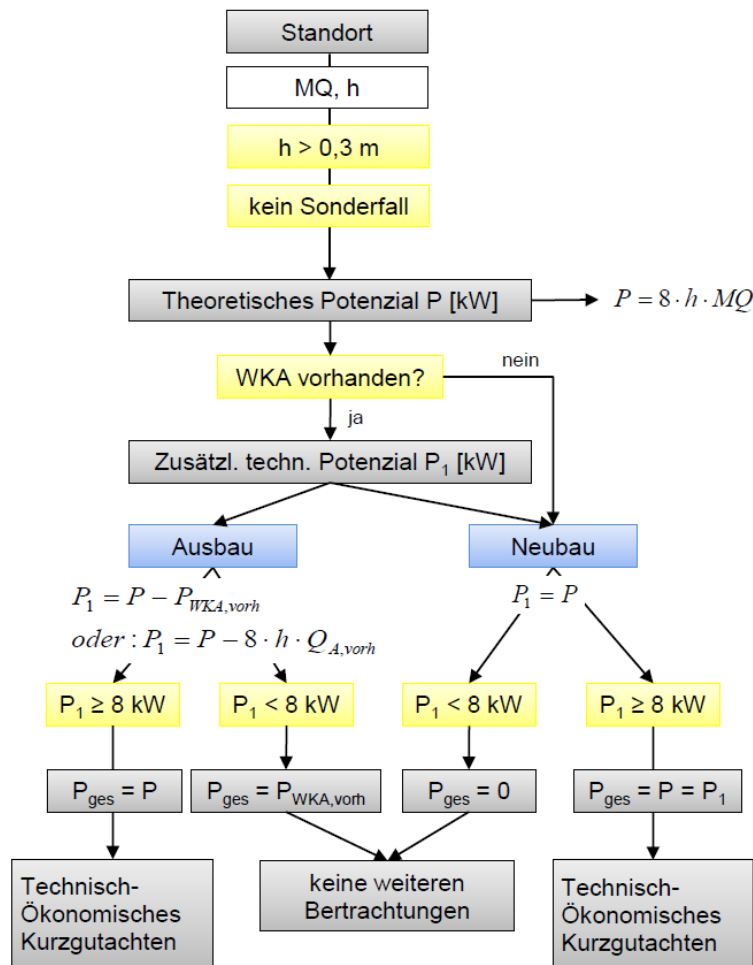


Abbildung 6-1: Potenzialermittlung

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 Kraftwerktyps 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  $1 \text{ m}$  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.

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 wird mit einkalkuliert.

Ist dem QBW **eine Wasserkraftanlage zugeordnet**, wird entsprechend des Kraftwerktyps 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. Diese Überlegung resultiert daraus, dass neu zu errichtende Anlagen noch nicht ins Netz einspeisen. Nun gibt es aber Standorte in den Datensätzen, die den Betriebsstatus "Außer Betrieb, aber betriebsfähig" oder "Außer Betrieb, stillgelegt" aufweisen und für die gleichzeitig jedoch eine eingespeiste Leistung aus dem Jahr 2007 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.

Umgekehrt gibt es auch Standorte, die aufgrund ihres Status als Ausbau berechnet werden, bei denen aber in den Datensätze 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. Ausgehend vom Betriebsstatus wird über die Ausbaumöglichkeiten der Anlage entschieden. In der Datenbank sind 10 verschiedene Einträge, die den Betriebsstatus einer bestehenden Anlage charakterisieren, zu finden. Diese werden in die folgenden 5 Gruppen eingeteilt:

- "Außer Betrieb, stillgelegt"
- "In Betrieb"
- "Außer Betrieb, aber betriebsfähig" und "Außer Betrieb, aber betriebsbereit"
- "Genehmigt", "Geplant", "Im Verfahren", "In Planung"
- und "Außer Betrieb" 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.

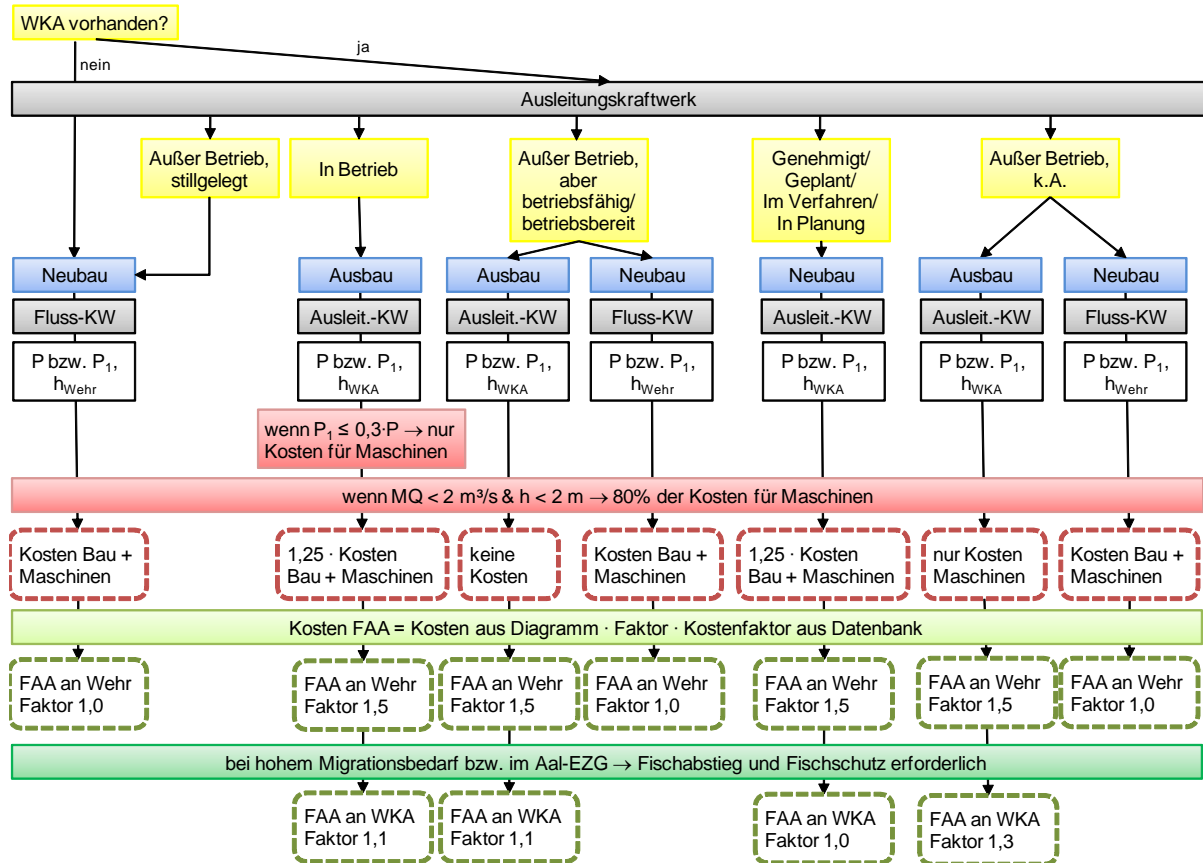


Abbildung 6-2: Entscheidungsbaum bei Flusskraftwerken

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  $P_{WKA, vorh}$  ergibt, geprüft. Es müssen Kosten für den Bau und die maschinen- und elektrotechnische Ausrüstung (Abbildung 6-7) 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, aber betriebsfähig**" oder "**Außer Betrieb, aber betriebsbereit**" angegeben ist, werden wie eine Erweiterung des bestehenden Kraftwerkes behandelt. Es werden das theoretische sowie das zusätzliche 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**", "**Im Verfahren**" oder "**In Planung**" werden die weiteren Berechnungen wie für Neubauten durchgeführt. Bezüglich der Vergütung muss laut EEG 2009 eine Differenzierung zwischen Neubauten und Modernisierungen vorgenommen werden. Vereinfachend wird hier mit der Vergütung für Neubauten gerechnet, da die in den Daten enthaltene Information 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 mit "**Außer Betrieb**" oder "**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.

## 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. Bezüglich des Betriebsstatus als "**Außer Betrieb, stillgelegt**" eingestufte Kraftwerke werden als neugebaute Flusskraftwerke berechnet (siehe Kapitel 6.2.1).

Bei bestehenden Ausleitungskraftwerken, die sich "**Außer Betrieb**" befinden bzw. über deren Betriebsstatus "**k. A.**" zu finden ist, werden 2 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 ma-

schinen- 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 im Aal-Einzugsgebiet oder in einem Gewässerabschnitt mit hohem Migrationsbedarf ist eine zweite FAA am Krafthaus sowie ggf. ein Rechen-Bypass-System an der WKA vorzusehen.

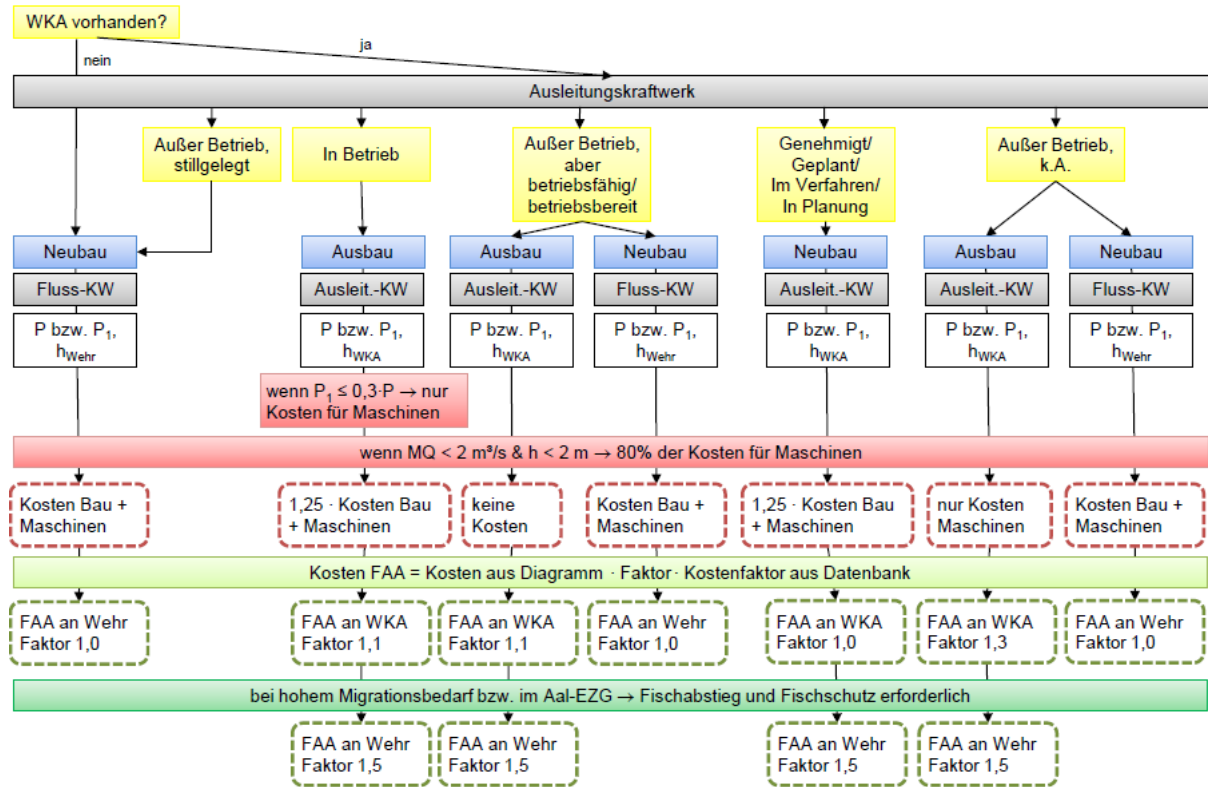


Abbildung 6-3: Entscheidungsbaum bei Ausleitungskraftwerken

"Genehmigte", "Geplante", "Im Verfahren" oder "In Planung" 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 berücksichtigt. Im Falle des Aal-Einzugsgebiets oder des hohen Migrationsbedarfs sind auch hier eine zweite FAA am Krafthaus mit dem höchsten Kostenfaktor sowie eine FAB einzuplanen.

Ist der Betriebsstatus eines bestehenden Ausleitungskraftwerkes "Außer Betrieb, aber betriebsfähig" oder "Außer Betrieb, aber betriebsbereit" 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 ein bzw. zwei FAA sowie ggf. 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.

### 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 2010) angegebenen Erfahrungswerten von bereits errichteten Fischaufstiegsanlagen berechnet. Das hierauf aufbauende Diagramm in *Abbildung 6-4* gibt die Kostenberechnung von Fischaufstiegsanlagen inklusive der Berechnungsformeln wieder.

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 Meinung 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.

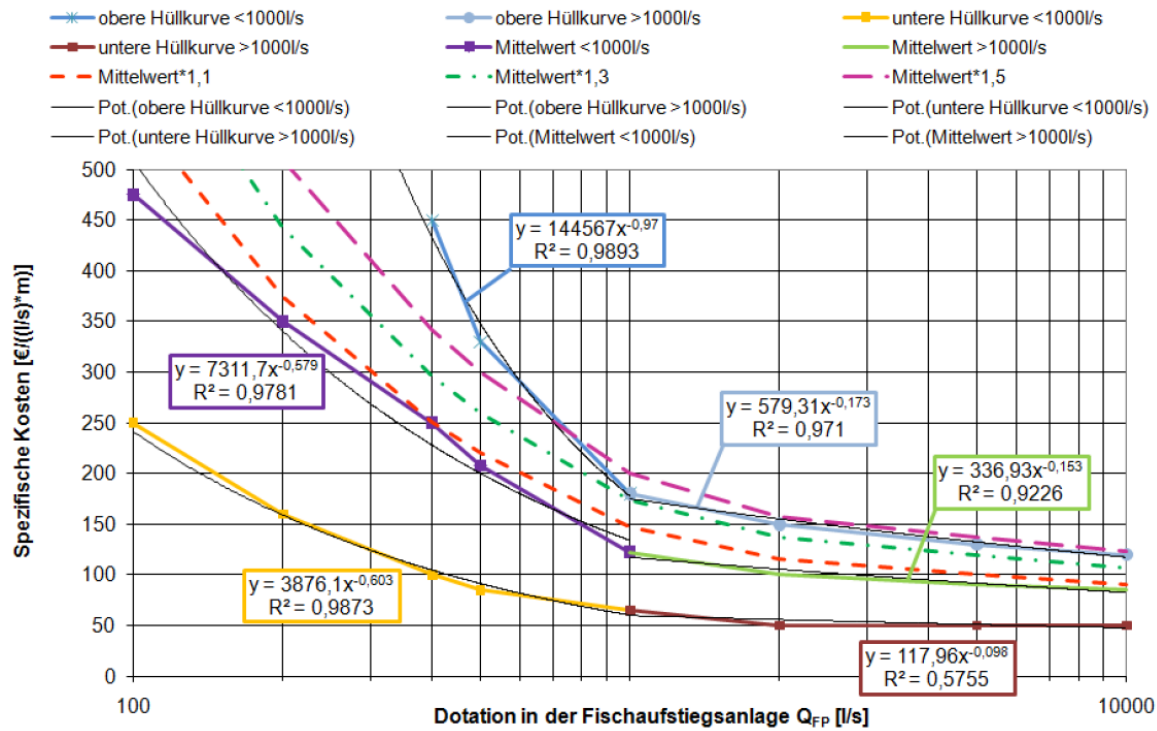


Abbildung 6-4: Spezifische Kosten von Fischaufstiegsanlagen

Die so ermittelten Kosten werden mit einem Faktor gemäß Tabelle 6-1 multipliziert, der die Schwierigkeit bzw. Aufwendigkeit 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 Fischabstiegsanlagen

Ist der Migrationsbedarf an einem Standort als "hoch" eingestuft oder befindet sich dieser in einem Aal-Einzugsgebiet, werden zusätzlich Kosten für eine Fischabstiegsanlage (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. 2009):

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

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:

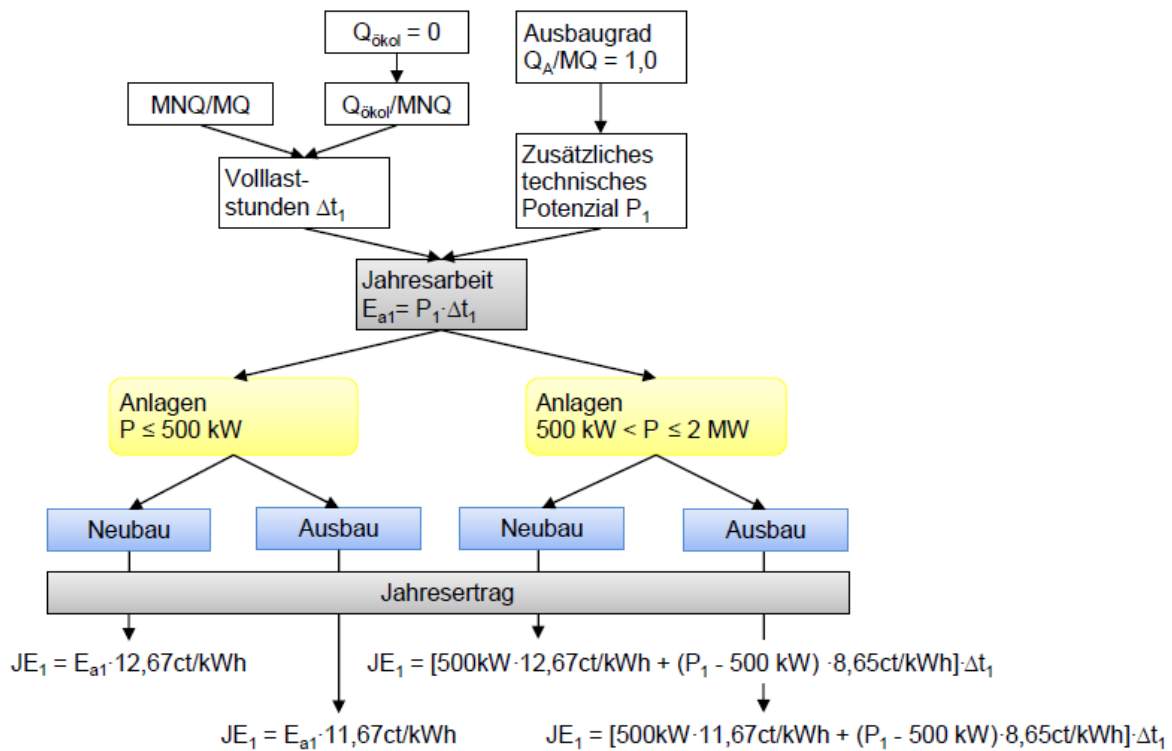
- Ausbau-Standort:  $P_{\text{ges}} = P_{\text{WKA,vorh}} + P_1$
- Neubau-Standort:  $P_{\text{ges}} = P_1$

| Tabelle 6-2: Berechnung von Wasserkraftpotenzialen im Neckar-Einzugsgebiet<br>Auswertung der Ergebnisse                 |                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standorte Ausbau                                                                                                        | Standorte Neubau                                                                                                                            |
| <b><u>Wenn Ausbaupotenzial &lt; 8 kW:</u></b><br>Standort geht mit Status quo in das Gesamtpotenzial ein                | <b><u>Wenn Rohpotenzial &lt; 8 kW:</u></b><br>Keine Potenzialberechnung für den Standort;<br>Standort geht nicht in das Gesamtpotenzial ein |
| <b><u>Wenn Ausbaupotenzial ≥ 8 kW:</u></b><br>Standort geht mit Status quo + Ausbaupotenzial in das Gesamtpotenzial ein | <b><u>Wenn Rohpotenzial ≥ 8 kW:</u></b><br>Potenzialberechnung für den Standort, Standort geht in das Gesamtpotenzial ein                   |

### 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.

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 evtl. einer Fischabstiegsanlage inklusive Fischschutz (siehe Kapitel 6.2.4), gebildet (siehe *Abbildung 6-6*).



**Abbildung 6-5:** Jahresarbeit und Jahresertrag

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.

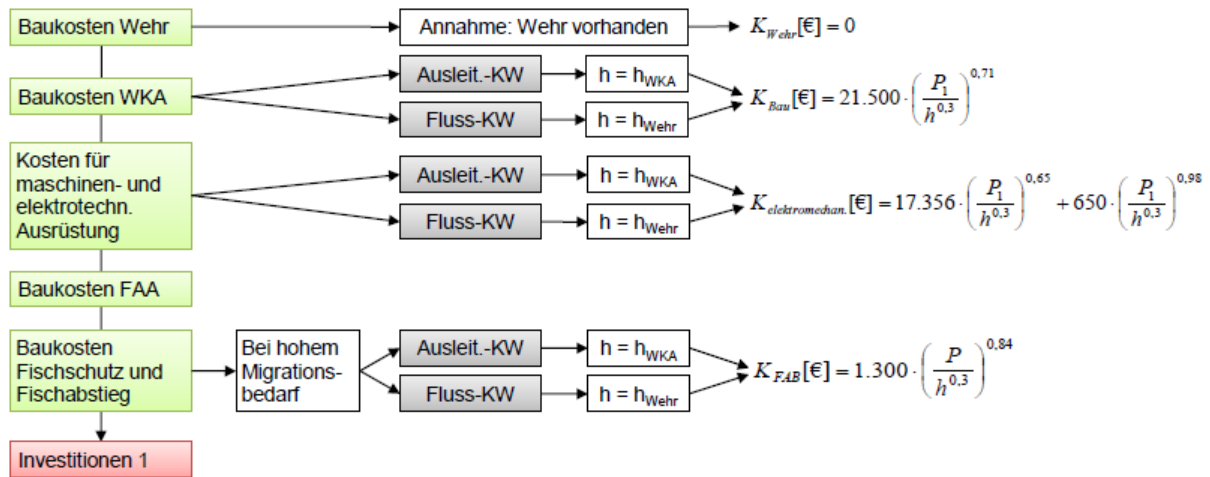


Abbildung 6-6: Berechnung des Investitionsvolumens

Anschließend wird auf der Basis des Verhältnisses von Investitionen zu Jahresertrag 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.

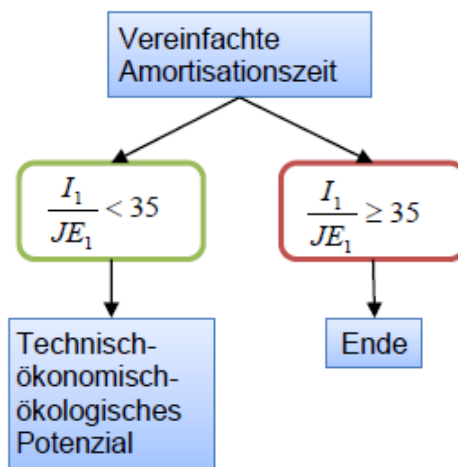
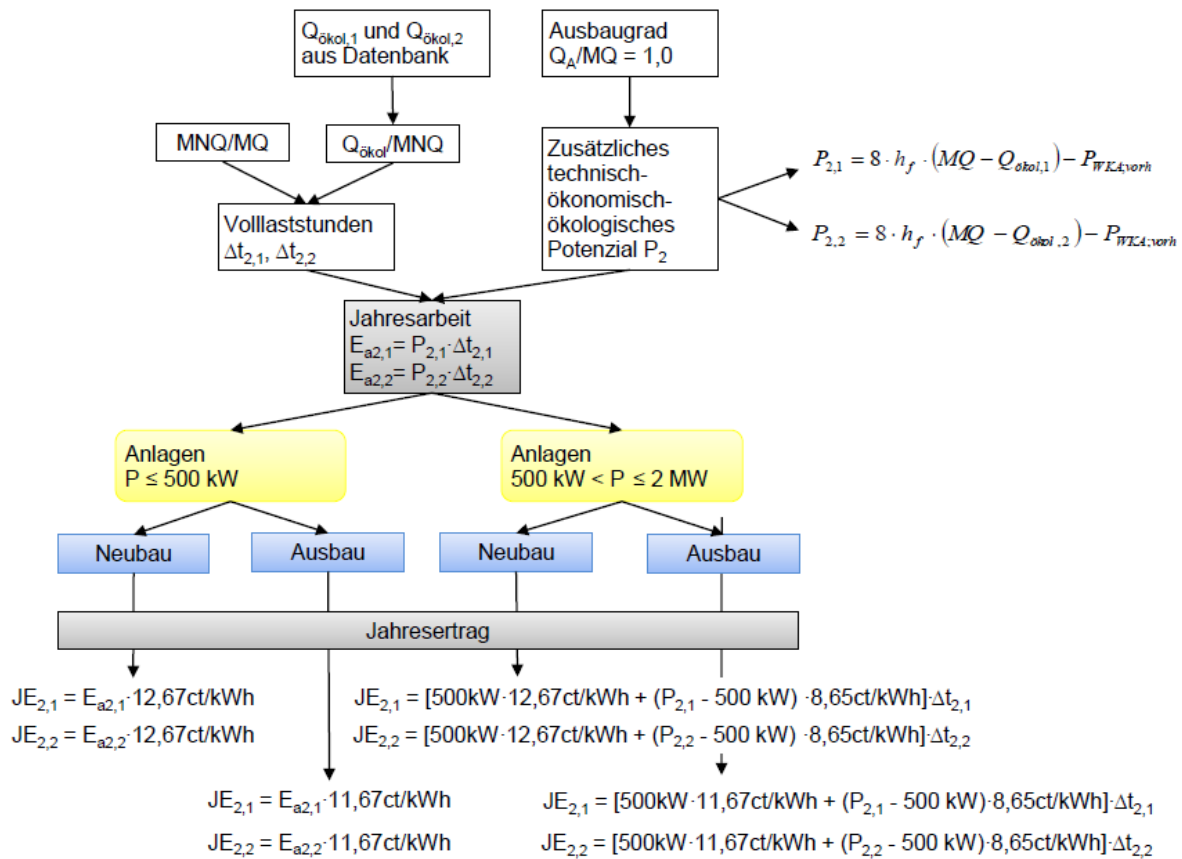


Abbildung 6-7: Beurteilung der vereinfachten Amortisationszeit

### 6.3.3 Technisch-ökonomisch-ökologisches Potenzial



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

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. 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 (1998) unter der Annahme eines langjährigen Kalkulationszinssatzes von 3 % und einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von 35 Jahren gewählt.



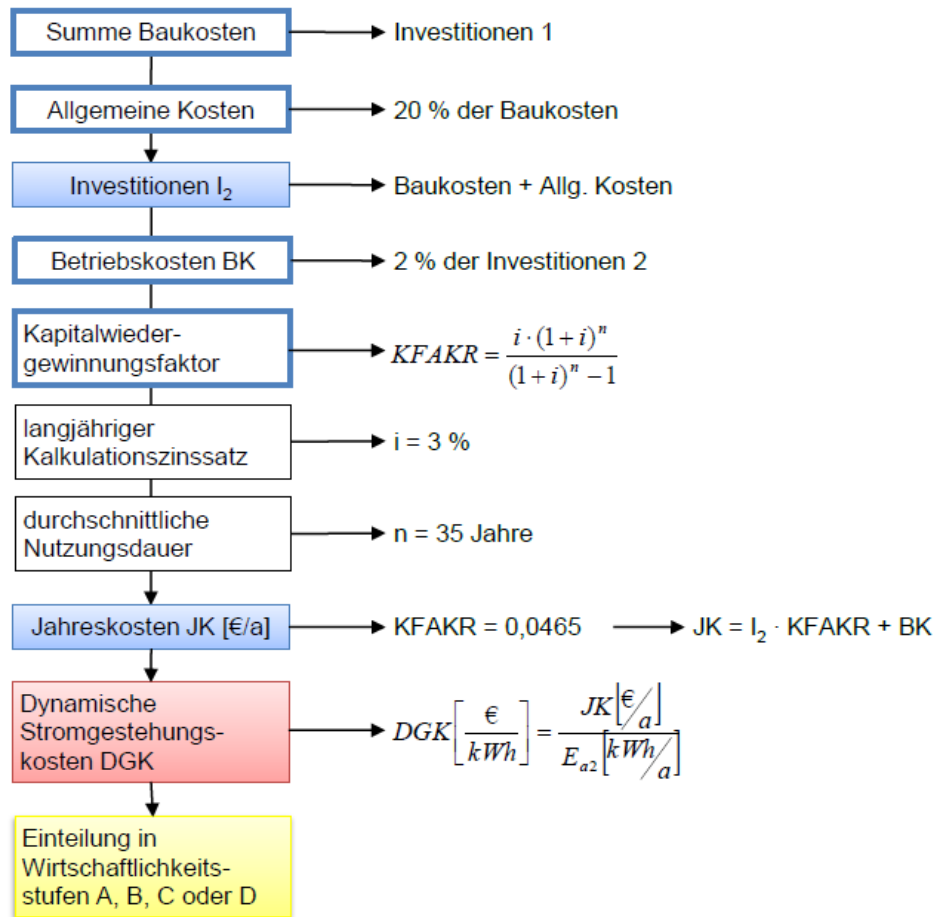


Abbildung 6-9: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Anschließend werden die dynamischen Gestehungskosten [€/kWh] des technisch-ökonomisch-ökologischen Potenzials  $P_{2,i}$  ermittelt und der jeweilige Standort in eine Wirtschaftlichkeitsklasse gemäß Tabelle 6-3 eingestuft. Diese Wirtschaftlichkeitsstufen lehnen sich dabei an EEG-Mischvergütungssätzen an.

**Tabelle 6-3:** Wirtschaftlichkeitsstufen basierend auf den dynamischen Gestehungskosten

| Dynamische Gestehungskosten 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 Gewässerebene 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).

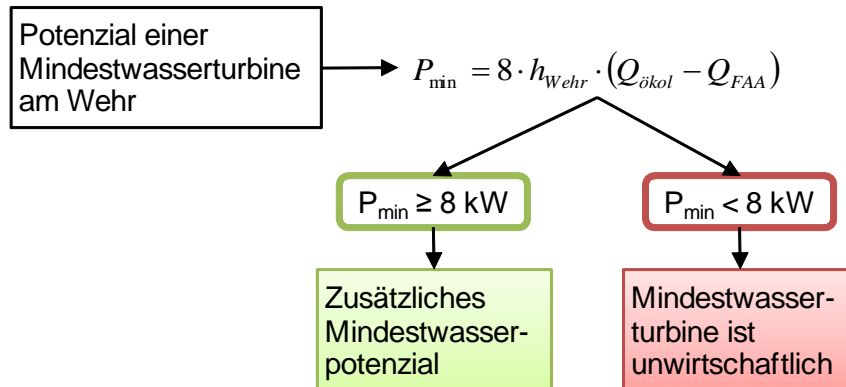
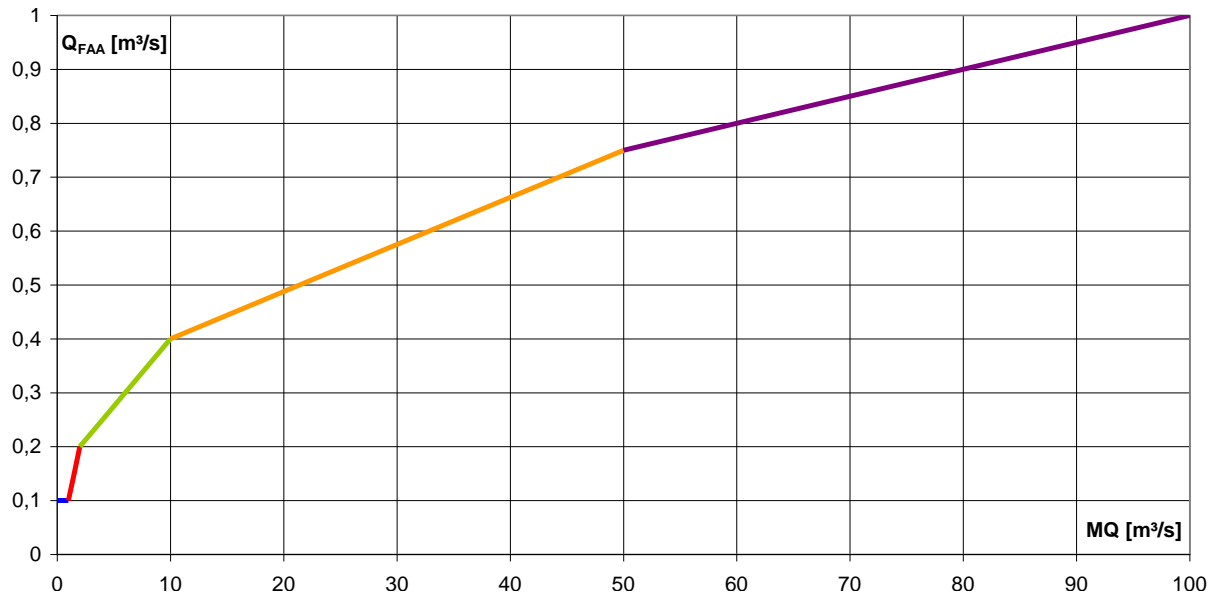


Abbildung 6-10: Mindestwasserpotenzial

Hierbei lassen sich prinzipiell zwei Mindestwasserfälle unterscheiden:

- Mindestwasserfall 1: Auf der Basis der aus fischökologischer Sicht vorgegebenen Werte des Mindestwasserabflusses  $Q_{\min}$  sowie der Dotationswerte für FAA sowie für Rechen-Bypasssysteme gemäß Tabelle 5-3. Da hierbei die Werte des Mindestwasserabflusses  $Q_{\min}$  denjenigen aus der Summe der Dotationswerte für FAA sowie für Rechen-Bypasssysteme entsprechen, wird somit der verbleibende, theoretisch nutzbare Mindestwasserabflusses  $Q_{\min} = 0$ , womit sich also kein zusätzliches Potenzial ergibt.
- Mindestwasserfall 2: Hierbei wird vom aus fischökologischer Sicht vorgegebenen Mindestwasserabfluss gemäß Tabelle 5-3 der für die FAA am Regelungsbauwerk aus hydraulischer Sicht mindestens erforderliche Abfluss  $Q_{\text{FAA\_FI}}$  zur Gewährleistung einer funktionsfähigen Fischaufstiegsanlage gemäß Abbildung 6-11 abgezogen. Dieser Mindestdotationsansatz in Abhängigkeit vom Mittelwasserabfluss  $MQ$  basiert auf Erfahrungswerten und geht in die in Kapitel 6.2.3 genannte Formel zur Kostenberechnung ein.

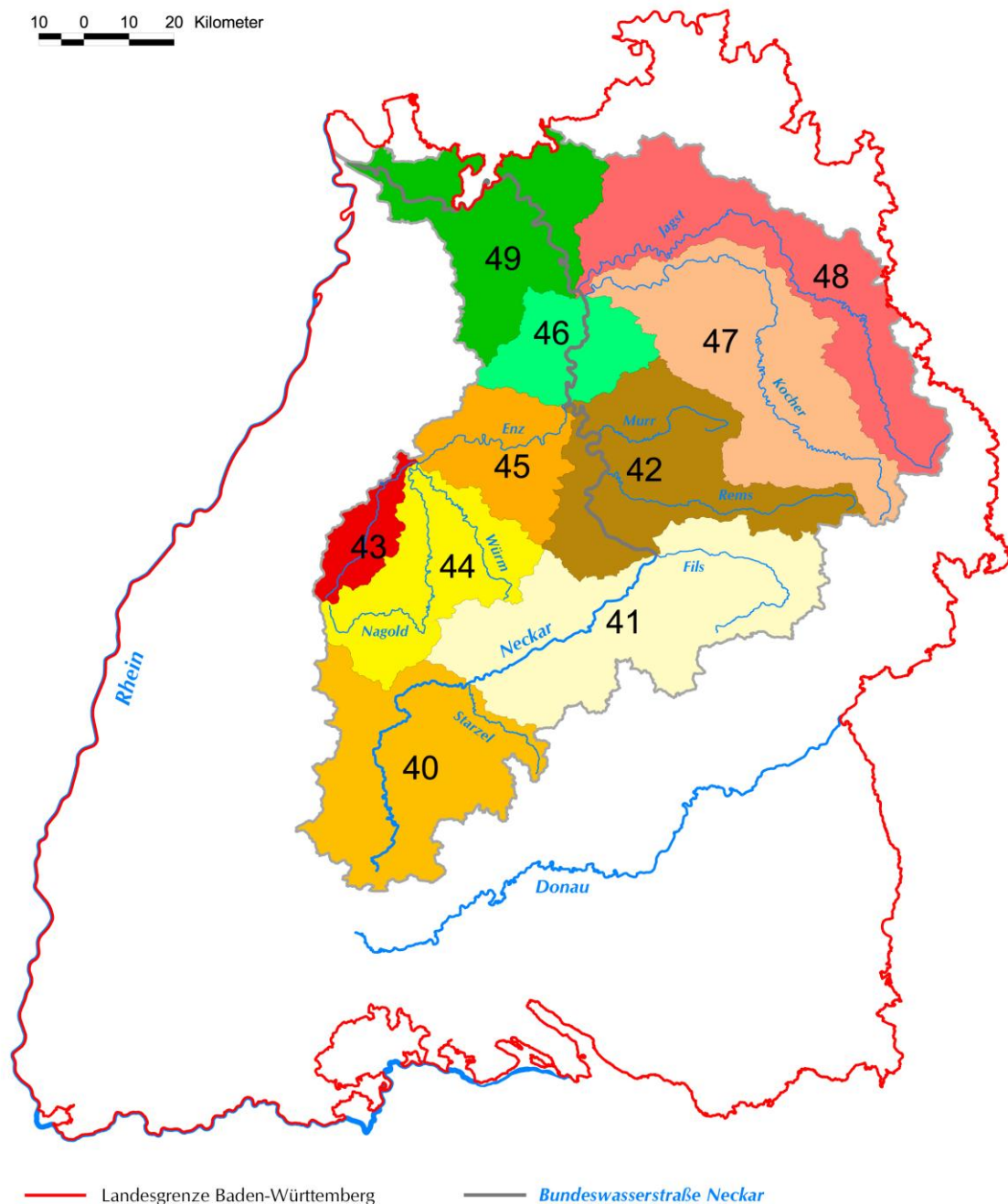


**Abbildung 6-11:** *Mindestdotationsansatz für Fischaufstiegsanlagen basierend auf Erfahrungswerten für funktionsfähige Fischaufstiegsanlagen in Abhängigkeit vom Mittelwasserabfluss MQ*

## 7 Ergebnisse

In Kapitel 7.1 sind zunächst die Ergebnisse der Erhebungen zur Nutzung der Wasserkraft im Einzugsgebiet des Neckars zusammengefasst, die als Grundlage für die Berechnung des Ausbaupotenzials durchgeführt wurden. In Kapitel 7.2 folgt die Beschreibung der ermittelten Wasserkraftpotenziale.

Das Bearbeitungsgebiet Neckar unterteilt sich in 10 hydrologisch abgegrenzte Teilbearbeitungsgebiete, die in *Abbildung 7-1* sowie Tabelle 7-1 dargestellt sind. Die Verteilung des installierten und Ausbaupotenzials der Wasserkraft auf die Teilbearbeitungsgebiete ist ebenfalls beschrieben.



**Abbildung 7-1:** Lage der zehn Teilbearbeitungsgebiete im Neckar-Einzugsgebiet

| Tabelle 7-1: Teilbearbeitungsgebiete im Neckar-Einzugsgebiet |                                                  |         |                                                             |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------|
| TBG Nr.                                                      | Name                                             | TBG Nr. | Name                                                        |
| 40                                                           | Neckar bis einschließlich Starzel                | 45      | Enz unterhalb Nagold bis Mündung Neckar                     |
| 41                                                           | Neckar unterhalb Starzel bis einschließlich Fils | 46      | Neckar unterhalb Enz bis oberhalb Kocher                    |
| 42                                                           | Neckar unterhalb Fils bis oberhalb Enz           | 47      | Kocher                                                      |
| 43                                                           | Große Enz                                        | 48      | Jagst                                                       |
| 44                                                           | Nagold                                           | 49      | Neckar (BW) unterhalb Kocher (ohne Jagst) bis Mündung Rhein |

## 7.1 Bestehende Nutzung der Wasserkraft

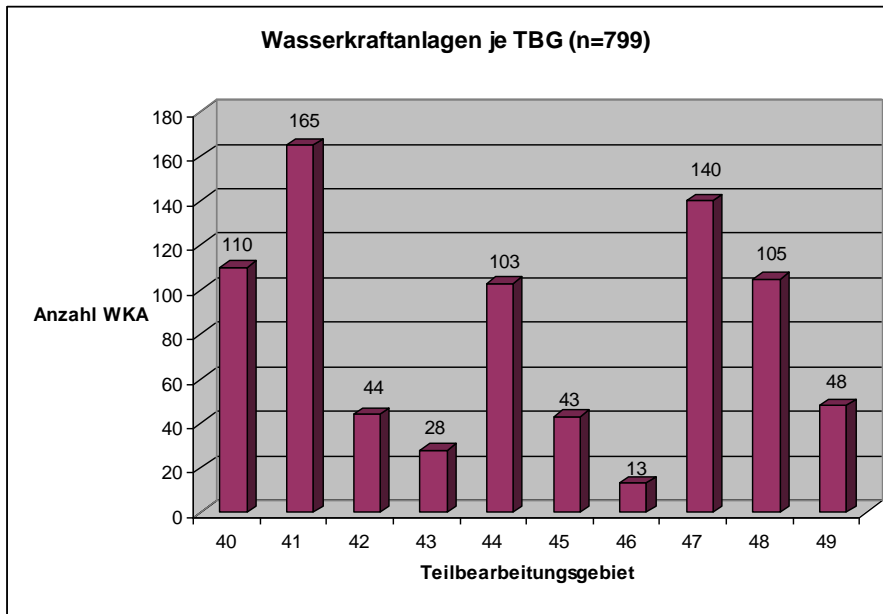
### 7.1.1 Überblick

Exklusive des schiffbaren Neckars zwischen Plochingen und Mannheim (Wasserkörper 4-03, 4-04 und 4-05) konnten im Rahmen der Studie 799 Wasserkraftstandorte im Einzugsgebiet des Neckars erfasst werden<sup>11</sup>. Hiervon waren 17 Neuanlagen (1 x genehmigt, 9 x Planungen, 7 x im Verfahren).

141 Anlagen waren nicht in Betrieb, davon galten den unteren Wasserbehörden 4 Anlagen als "betriebsbereit".

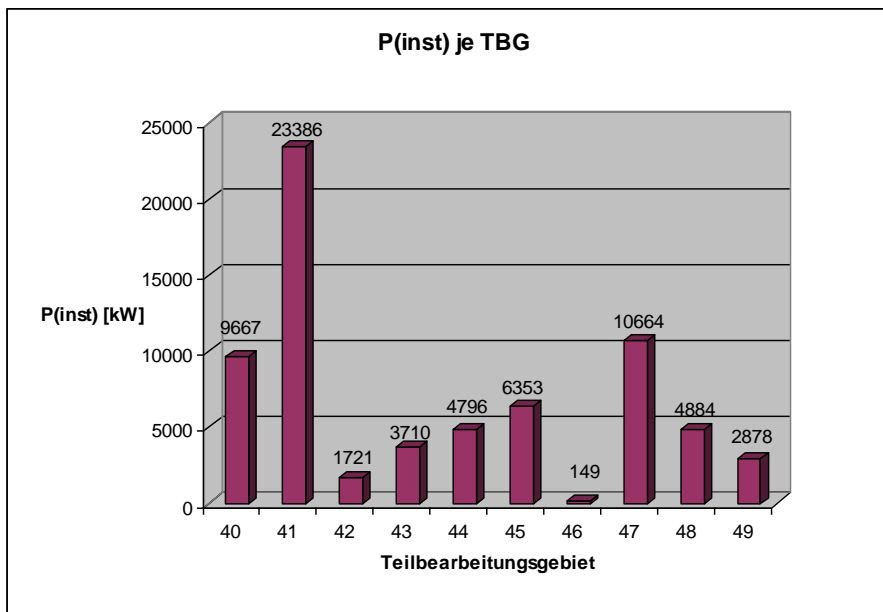
Abbildung 7-2 zeigt die Verteilung der bestehenden Wasserkraftanlagen auf die 10 Teilbearbeitungsgebiete des Neckar-Einzugsgebiets. In der Verteilung spiegelt sich die Größe der Teilbearbeitungsgebiete (enthaltenen Fließstrecke) ebenso wider wie das durch Abflusswerte und Topografie bedingte natürliche Wasserkraftpotenzial. Daher geht die hohe Zahl der Anlagen im TBG 41 (Neckar unterhalb Starzel bis Fils) auf die intensive Nutzung der Wasserkraft an den von der Schwäbischen Alb zufließenden rechten Neckarzuflüssen (Echaz, Erms, Lauter, Fils) zurück.

<sup>11</sup> Enthalten sind die durch den Auftraggeber aus dem UIS BW zur Verfügung gestellten Standorte sowie weitere, im Zuge dieser Studie bekannt gewordene Wasserkraftanlagen, die bislang nicht im UIS BW geführt werden. Für solche stillgelegten Anlagen, die nicht mehr über eine Wehranlage verfügen, wurde mangels Querbauwerk im Gewässer kein Potenzial ermittelt.



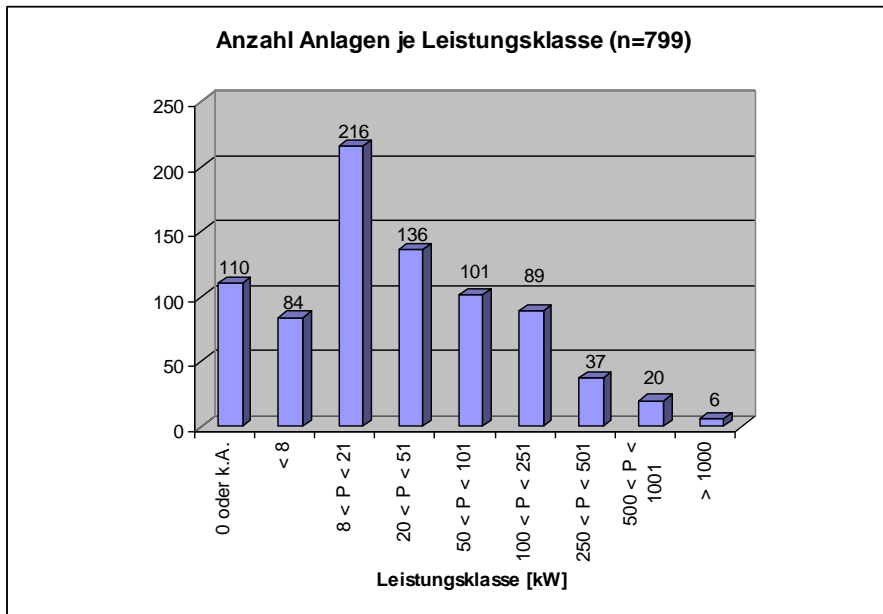
**Abbildung 7-2:** Verteilung der bestehenden Wasserkraftanlagen auf die 10 Teilbearbeitungsgebiete

Abbildung 7-3 gibt die Verteilung der im Jahr 2009 installierten Leistung der Wasserkraft im Neckar-Einzugsgebiet wieder. Der dominierende Anteil des TBG 41 an der installierten Leistung geht wiederum auf die intensive Nutzung der Wasserkraft in den von der Schwäbischen Alb kommenden Flüssen, aber auch auf die Wasserkraftanlagen am Neckar selbst zurück, welche zu den leistungsstärksten Anlagen im Untersuchungsgebiet zählen.



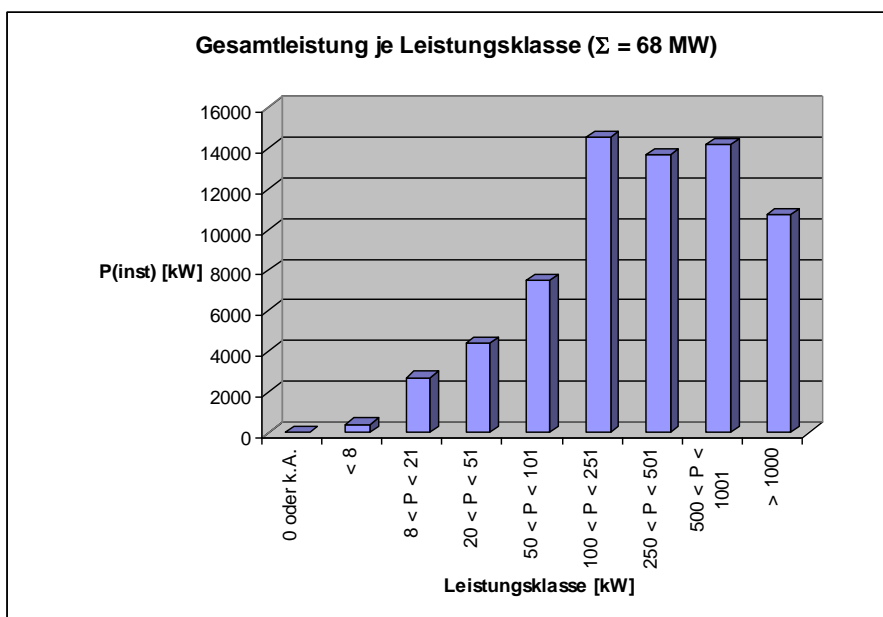
**Abbildung 7-3:** Verteilung der installierten Leistung auf die Teilbearbeitungsgebiete

Eine einzige Anlage mit 4,2 MW Leistung macht ca. die Hälfte der gesamten im TBG 40 installierten Leistung aus. Hohe installierte Leistungen finden sich auch noch in TBG 47, vor allem am unteren Kocher.



**Abbildung 7-4:** Verteilung bestehender Wasserkraftanlagen auf Leistungsklassen

Abbildung 7-4 schlüsselt die Anlagen nach Leistungsklassen auf, Abbildung 7-5 gibt die installierte Gesamtleistung aufgeschlüsselt nach den Leistungsklassen wieder. Unter der Klasse P = 0 kW 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.

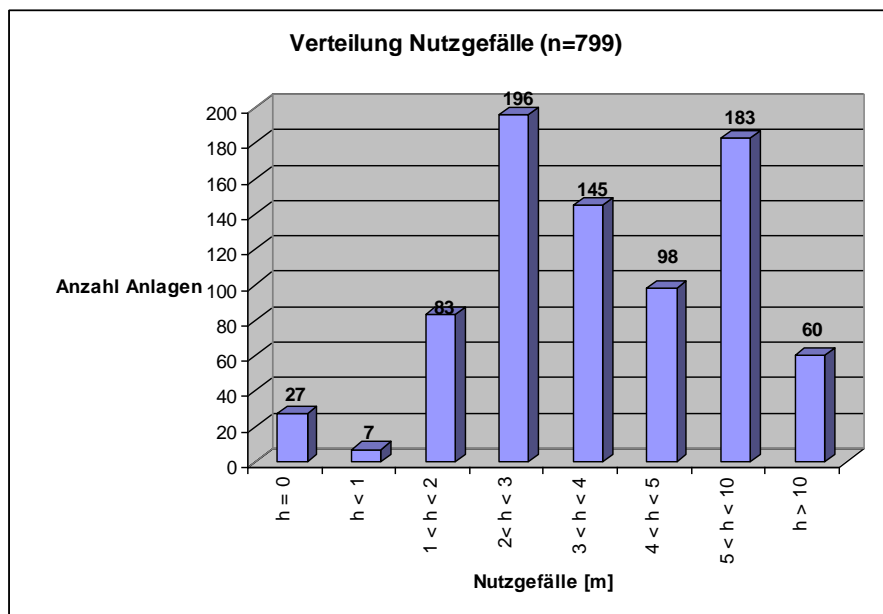


**Abbildung 7-5:** Installierte Leistung differenziert nach Leistungsklassen

Deutlich ist zu erkennen, dass auch im Neckar-Einzugsgebiet eine Vielzahl kleiner Anlagen vergleichsweise wenig zur gesamten installierten Leistung beiträgt, während ein Großteil der installierten Leistung von wenigen großen Anlagen beigesteuert wird. So stellen die knapp 450 Anlagen bis 50 kW Leistung mehr als die Hälfte des gesamten Anlagenbestands dar, tragen aber nur mit 11 % zur installierten Leistung bei. Dagegen umfassen die Anlagen mit mehr als 250 kW Leistung nur 8 % des Anlagenbestands, stellen aber alleine mehr als 50 % der installierten Leistung dar.

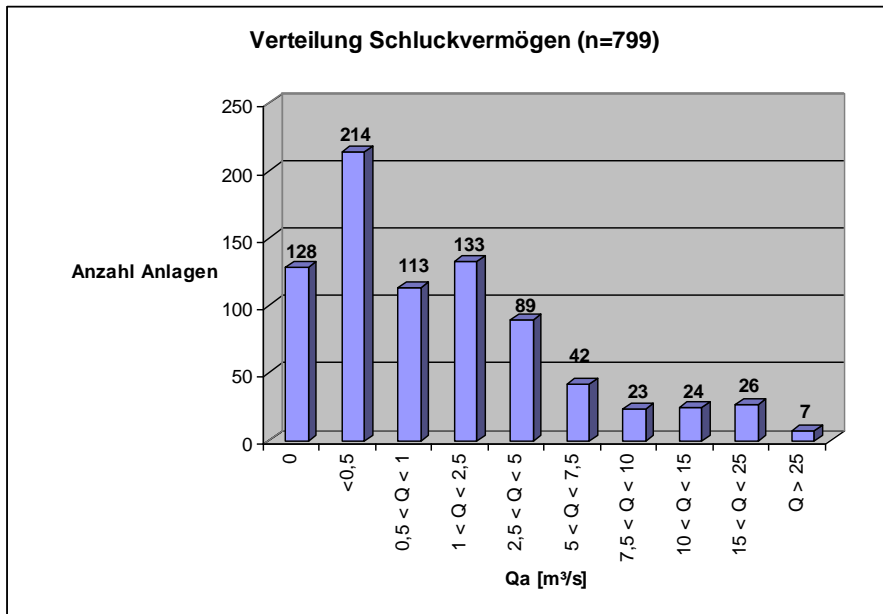
In *Abbildung 7-6* ist die Verteilung des Nutzgefälles der Anlagen im Neckar-Einzugsgebiet visualisiert. Die Mehrzahl der Anlagen hat ein Nutzgefälle zwischen 2 und 5 m. Die Anlagen über 5 m Nutzgefälle sind in der Mehrheit kleinere Anlagen im Schwarzwald oder an der Schwäbischen Alb. Bei 27 Anlagen ließ sich aufgrund fehlender 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 7-7* zeigt die Verteilung des Schluckvermögens der 799 erfassten Wasserkraftanlagen. Bei 128 Anlagen konnte entweder kein Schluckvermögen ermittelt werden, oder aber die maschinelle Ausrüstung ist bei stillgelegten Anlagen zurückgebaut worden. Rund die Hälfte aller übrigen Anlagen besitzt ein Schluckvermögen von maximal 1 m<sup>3</sup>/s, während weniger als 10 % der Anlagen eine Ausbaugröße von mehr als 10 m<sup>3</sup>/s aufweisen.



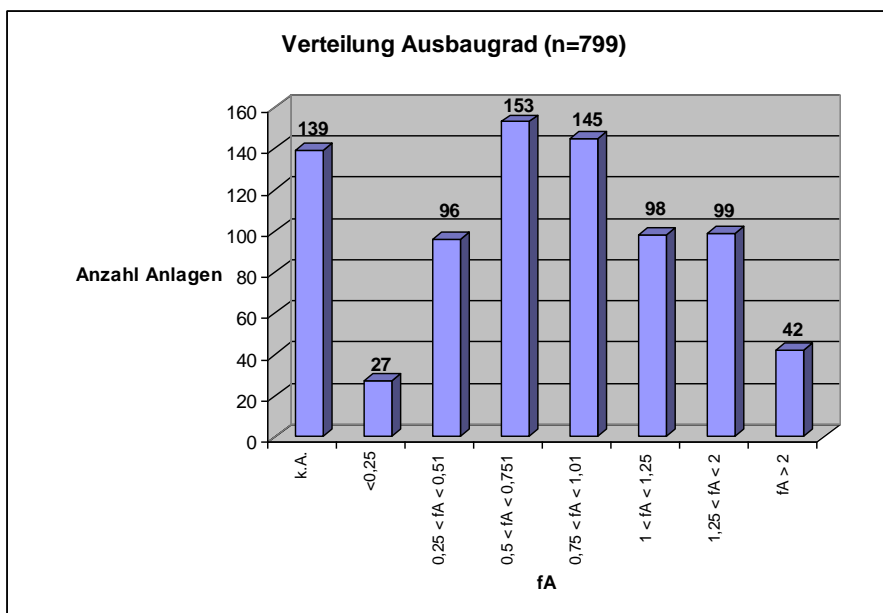
**Abbildung 7-6:** Differenzierung der bestehenden Anlagen nach genutztem Gefälle





**Abbildung 7-7:** Differenzierung der bestehenden Anlagen nach Schluckvermögen

In *Abbildung 7-8* ist der Ausbaugrad der Anlagen dargestellt. Neben den 128 Anlagen, für die kein Schluckvermögen ermittelt werden konnte, verbergen sich unter "k.A." weitere 11 Anlagen, für deren Gewässer durch die LUBW kein Basiseinzugsgebiet abgegrenzt wurde und daher keine Abflusswerte ermittelt wurden. Es handelt sich dabei durchweg um wasserwirtschaftlich unbedeutende Gewässer und Potenziale < 8 kW.



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

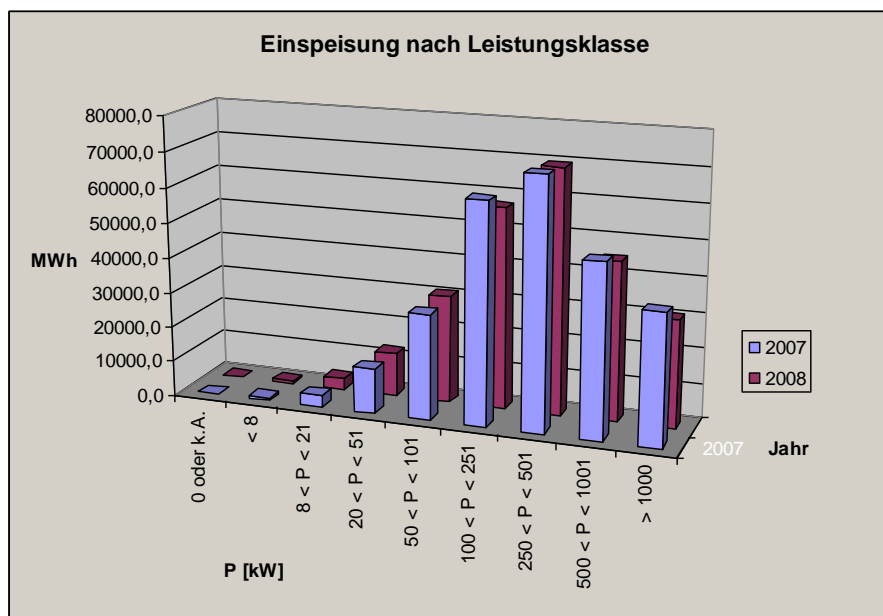
### 7.1.2 Auswertung der EEG-Daten

Von 309 der 799 Anlagen liegen keine Daten zur Einspeisung von Strom in das Netz vor. 490 Anlagen konnte anhand der EEG-Daten aus den Jahren 2000 bis 2008 ein EEG-Anlagenschlüssel zugeordnet werden. Nur für die Jahre 2007 und 2008 liegen weitgehend vollständige Meldungen zur Einspeisung vor. Daher beschränken sich die folgenden Aussagen auf diese beiden Jahre.

Im Jahr 2007 speisten 490 Wasserkraftanlagen insgesamt eine Energiemenge von 265,8 GWh ein. Das sind knapp 7 % der im Jahr 2007 im Land durch Laufwasserkraftwerke erzeugten 3,9 TWh (Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg). Im Jahr 2008 betrug die gesamte Stromeinspeisung aus Wasserkraft 248,9 GWh, ein Rückgang, der fast exakt dem landesweiten Trend (3,5 TWh) entspricht und auf dem offensichtlich niedrigeren Niederschlagsdargebot beruht. Im Neckar-Einzugsgebiet findet ca. 25 % der gesamten EEG-Einspeisung aus Wasserkraftanlagen des Landes Baden-Württemberg statt (UMWELTMINISTERIUM UND WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 2009).

Wie *Abbildung 7-9* zeigt, erzeugt die Anlagenklasse von 250 bis 500 kW Leistung mit über 70 GWh den größten Anteil an dieser Menge. Die Wasserkraftanlagen einer Leistung von maximal 50 kW erzielen 2007 zusammen knapp 17 GWh und damit rund 6 % der gesamten von der Wasserkraft unter 1 MW erzeugten Strommenge.

*Abbildung 7-10* zeigt die Verteilung der eingespeisten Energie auf die Teilbearbeitungsgebiete. Deutlich wird der sehr hohe Anteil, den TBG 41 am gesamten erzeugten Strom im Untersuchungsgebiet hat.



**Abbildung 7-9:** EEG-Einspeisung aus Wasserkraft 2007 und 2008 differenziert nach Leistungsklassen

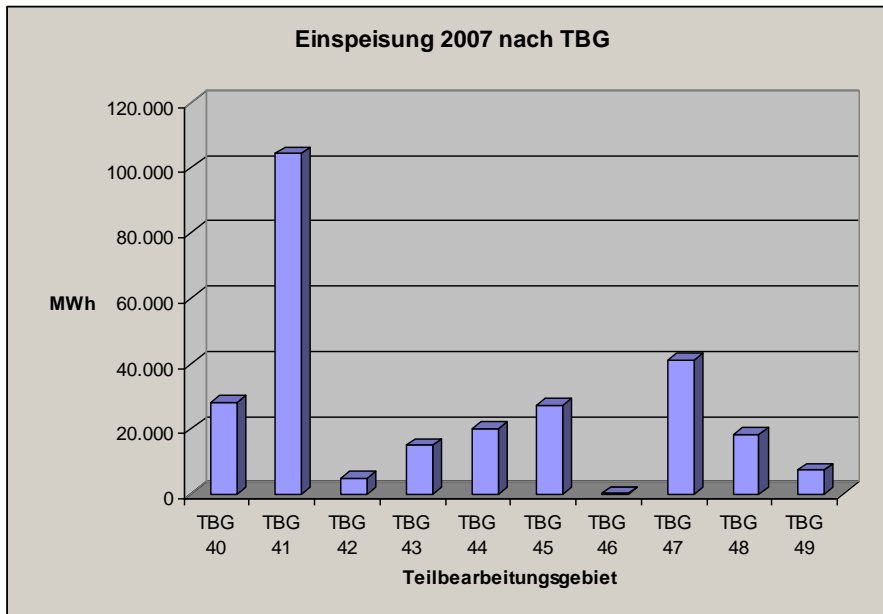


Abbildung 7-10: EEG-Einspeisung 2007 differenziert nach Teilbearbeitungsgebieten

Abbildung 7-11 und 7-12 zeigen die Verteilung der Vergütungssätze nach EEG 2000 und EEG 2004 aufgeschlüsselt nach Leistungsklassen der Anlagen. Dargestellt sind nur solche Anlagen, die tatsächlich vergütet wurden, also auch Strom in das Netz eingespeist haben.

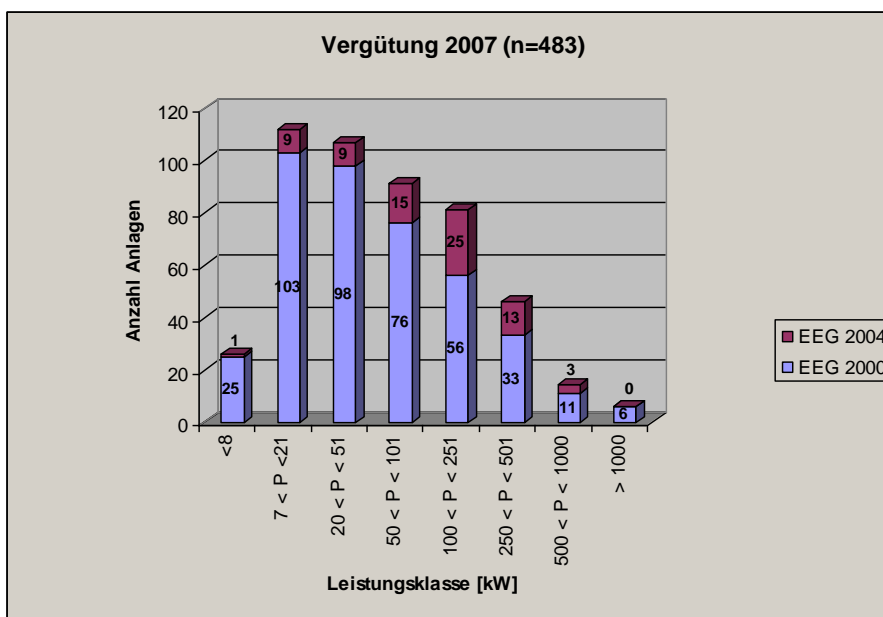


Abbildung 7-11: Vergütungssätze der EEG-Anlagen differenziert nach Leistungsklassen 2007

Rund 75 % aller Wasserkraftanlagen im Neckar-Einzugsgebiet wurden auch 2008 noch nach dem EEG 2000 vergütet (7,67 ct/kWh für Anlagen bis 500 kW). Unter den leistungsschwachen Anlagen unter 50 kW hat bis zum 31.12.2008 nur ein kleiner Teil eine Modernisierung durchgeführt, um in den Genuss der erhöhten Vergütung nach dem EEG 2004 zu gelangen. Auffällig ist aber, dass bis 2008 nur zwei Drittel

der Anlagen im Leistungsbereich 250 bis 500 kW eine Modernisierung zum Zwecke der erhöhten Vergütung durchgeführt hat, obwohl die Modernisierung für diese Anlagen in aller Regel eine betriebswirtschaftlich attraktive Möglichkeit darstellt. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, dass in dieser Leistungsklasse viele Anlagen an den größeren Gewässern (oft G.I.O.) liegen, an denen auf das Betreiben der Wasserwirtschaftsbehörden hin bereits vor 2004 Maßnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit und Gewährleistung ausreichender Mindestabflüsse ergriffen wurden.

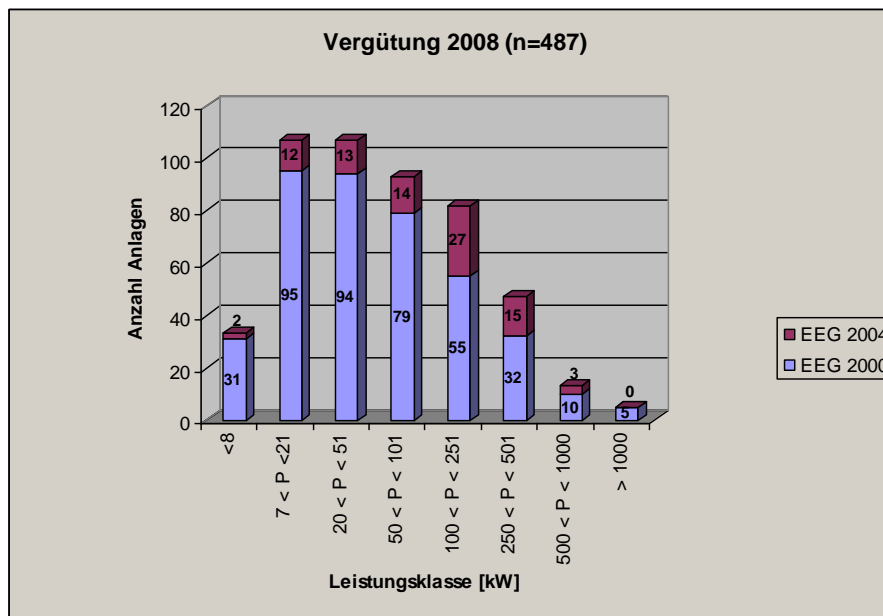


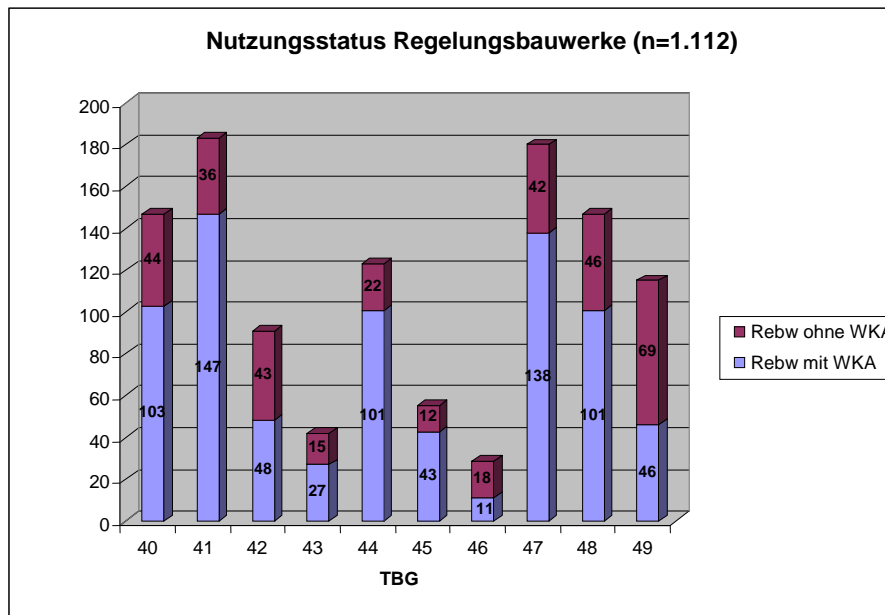
Abbildung 7-12: Vergütungssätze der EEG-Anlagen differenziert nach Leistungsklassen 2008

Die erste Auswertung der EEG-Daten aus 2009 zeigt, dass mindestens 20 Wasserkraftanlagen bereits nach den erhöhten Tarifen des EEG 2009 vergütet werden.

### 7.1.3 Status der Durchgängigkeit an Wasserkraftanlagen

Insgesamt wurden im Rahmen der Untersuchung 1112 Regelungsbauwerke im Einzugsgebiet des Neckars betrachtet. 765 dieser wasserbaulichen Anlagen sind mit einer Wasserkraftanlage verbunden, 347 Wehre dienen aktuell nicht oder nicht mehr der Nutzung der Wasserkraft. *Abbildung 7-13* zeigt die Verteilung der zur Gewinnung der Wasserkraft genutzten und nicht genutzten Wehre auf die Teilbearbeitungsgebiete.

Ein erheblicher Teil der nicht genutzten Regelungsbauwerke diente allerdings nie der Nutzung der Wasserkraft sondern anderen Zwecken, z. B. der Wiesenwässerung, der Speisung von Fischteichen oder dem Hochwasserschutz. So geht z. B. die sehr hohe Zahl nicht genutzter Wehre im TBG 49 auf zahlreiche ehemalige Wiesenwässerungswehre zurück.



**Abbildung 7-13:** Darstellung der für die Wasserkraft genutzten und nicht genutzten Regelbauwerke

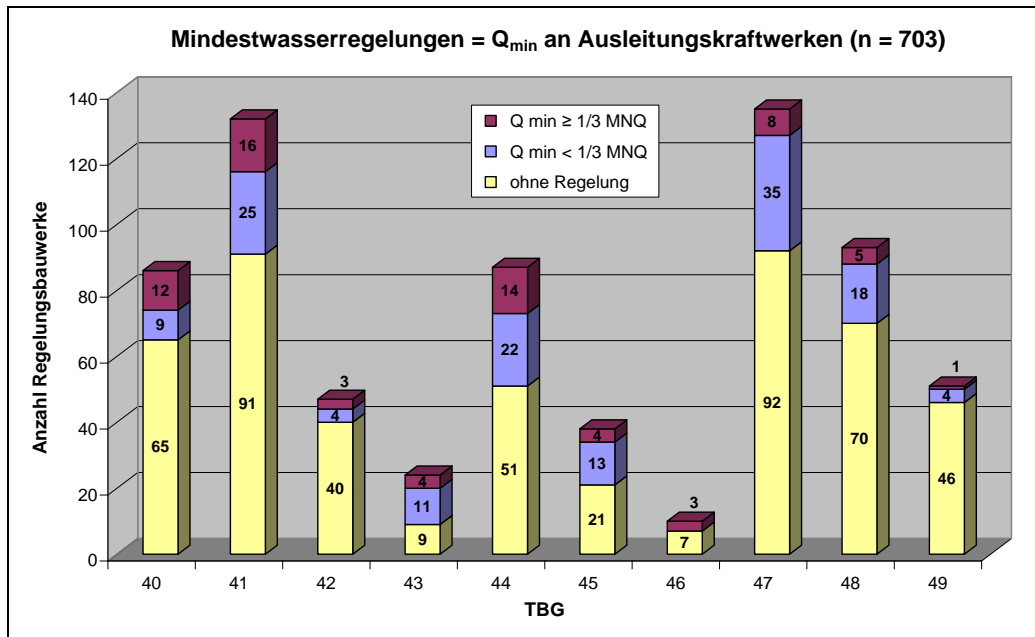
Viele der nicht genutzten Wehre weisen nur eine geringe Wasserspiegeldifferenz auf und besitzen daher kein im Rahmen dieser Studie ausgewiesenes Rohpotenzial zur Gewinnung von Strom aus Wasserkraft von mindestens 8 kW.

An 15 % der mit Wasserkraftanlagen verbundenen Wehre wurde die stromaufwärts gerichtete Durchgängigkeit unter Berücksichtigung der in den Wasserrechtsbehörden 2009 gesammelten Informationen und der Ergebnisse der Kartierungen 2006 und 2007 als "gut" eingestuft. 85 % der Anlagen erreichen nur die Beurteilung "mit Einschränkungen" oder "nein", bzw. es liegen keine Erkenntnisse über die Durchgängigkeit der Bauwerke für die Fauna vor.

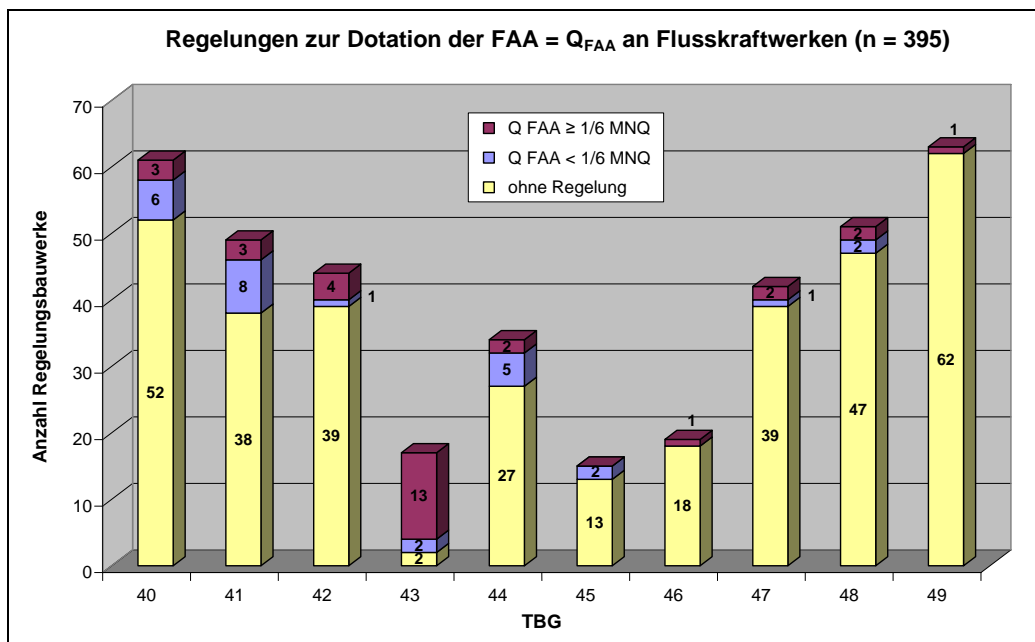
Bei den nicht mit einer Wasserkraftanlage verbundenen Wehren erreichen 18 % die Beurteilung "Fischaufstieg = gut".

#### 7.1.4 Status der Mindestwasserregelungen an Wasserkraftanlagen

Von den 1112 im Neckargebiet betrachteten Regelbauwerken können 1098 eindeutig einem vorhandenen oder ehemaligen Anlagentyp zugeordnet werden (703 Ausleitungskraftwerke, 395 Flusskraftwerke). Der Status dieser Standorte hinsichtlich getroffener Regelungen zur Mindestwasserdotierung von Ausleitungsstrecken (für Ausleitungskraftwerke) bzw. Fischaufstiegsanlagen (für Flusskraftwerke), ermittelt auf Grundlage der Wasserrechtsakten, geht aus den *Abbildungen 7-14* und *7-15* hervor.



**Abbildung 7-14:** Übersicht der für Ausleitungskraftwerke im Untersuchungsgebiet festgelegten Mindestwasserregelungen, ermittelt auf Grundlage der Wasserrechtsakten



**Abbildung 7-15:** Übersicht der für Flusskraftwerke im Untersuchungsgebiet festgelegten Regelungen zur Dotation einer Fischaufstiegsanlage, ermittelt auf Grundlage der Wasserrechtsakten

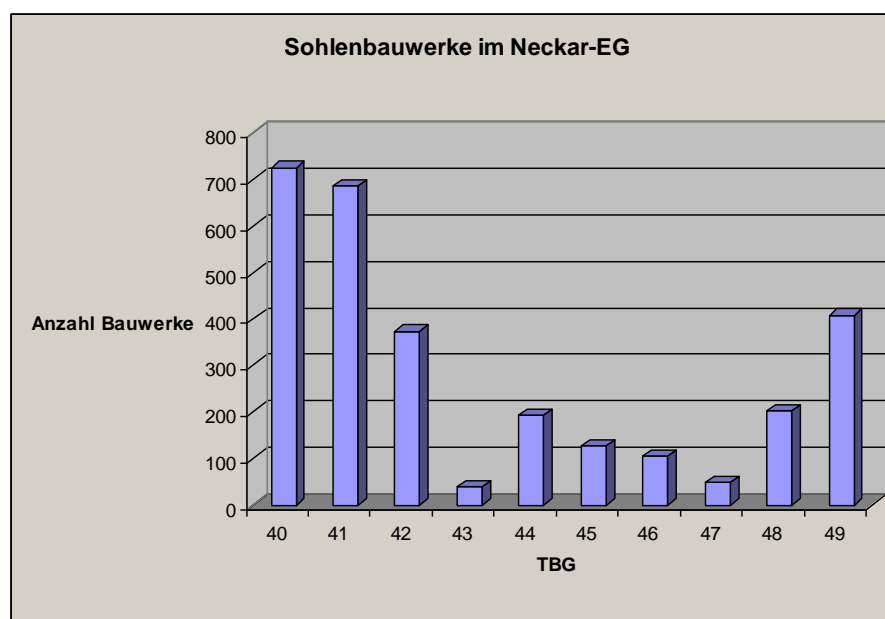
Wie die Abbildungen 7-14 und 7-15 verdeutlichen, konnten für die große Mehrzahl der Regelungsbauwerke keine aktenkundigen Festlegungen zur Dotierungen der Ausleitungsstrecke bzw. einer Fischaufstiegsanlage ermittelt werden. Bei Ausleitungskraftwerken mit aktenkundiger Mindestwasserregelung wurde zudem nur für Rund ein Drittel der betreffenden Standorte eine Dotierung von  $\geq 1/3 \text{ MNQ}$  – d.h. entsprechend dem Orientierungswert gemäß Wasserkrafterlass Baden-Württemberg – festgesetzt. Der Anteil

der Flusskraftwerke mit aktenkundiger Festlegung zur Dotierung einer Fischaufstiegsanlage ist im Verhältnis noch geringer als bei den Ausleitungskraftwerken. Hier halten sich Festlegungen auf Dotierungen  $< 1/6$  MNQ und  $\geq 1/6$  MNQ in etwa die Waage.

Es kann wohl davon ausgegangen werden, dass eine gewisse Dunkelziffer der Anlagen, für die keine aktenkundigen Regelungen ermittelt werden konnten, mit nicht energetisch genutzten ökologischen Abflüssen betrieben wird. Dennoch verdeutlichen die dargestellten Zahlen ein aktuell deutliches Defizit in Bezug auf die Berücksichtigung erforderlicher ökologischer Belange im Rahmen der Wasserkraftnutzung.

### 7.1.5 Energetisch nicht genutzte Sohlenbauwerke

Abbildung 7-16 zeigt die Verteilung der 2.904 betrachteten Sohlenbauwerke auf die Teilbearbeitungsgebiete. Die sehr unterschiedliche Anzahl in den einzelnen Teilbearbeitungsgebieten geht vor allem auf die Topografie zurück, erhebliche Höhenunterschiede begründen die hohe Zahl der Bauwerke in den TBG 40 und 41 (Schwarzwald und Schwäbische Alb). Daneben spielt aber auch ein unterschiedliches Vorgehen der Wasserwirtschaftsverwaltung während der Erfassung der Bauwerke im Zuge der Bestandsaufnahme der WRRL eine Rolle.



**Abbildung 7-16:** Verteilung der Sohlenbauwerke auf die Teilbearbeitungsgebiete

Abbildung 7-17 zeigt die Verteilung der an den Sohlenbauwerken zur Verfügung stehenden Wasserspiegeldifferenzen. Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass an den Sohlenbauwerken nur ein geringes Ausbaupotenzial für die Wasserkraft verbleibt. 2/3 aller Bauwerke weist eine Wasserspiegeldifferenz von maximal 50 cm auf. Nur 9 % der Bauwerke sind höher als 1 m.

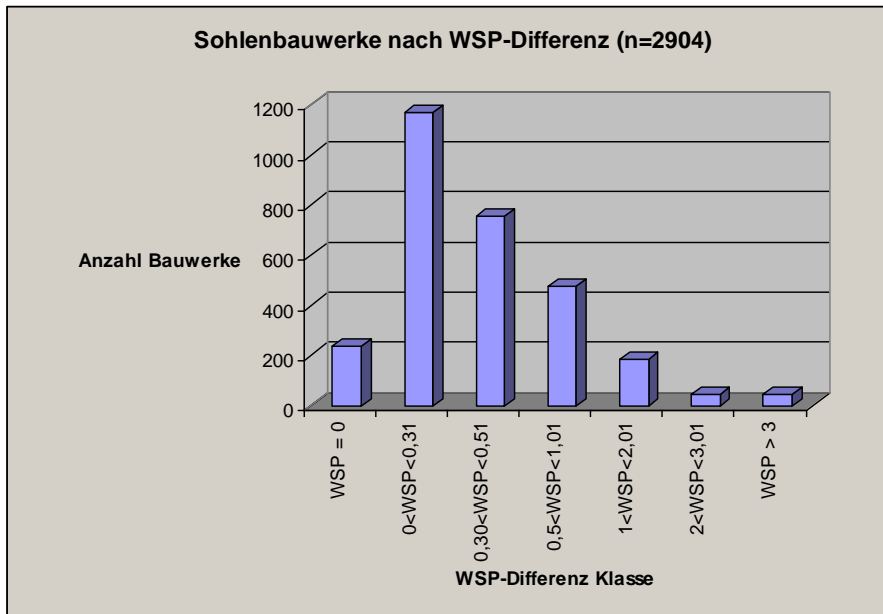


Abbildung 7-17: Wasserspiegeldifferenzen der Sohlenbauwerke

An 8 % der Sohlenbauwerke beträgt die Wasserspiegeldifferenz 0 oder konnte keine Wasserspiegeldifferenz ermittelt werden.

## 7.2 Ausbaupotenzial der Wasserkraft

Für die Betrachtung des Ausbaupotenziales wurden insgesamt 1.473 Standorte im Neckareinzugsgebiet betrachtet, die entsprechend der erläuterten Vorgaben gemäß *Abbildung 7-18* aufgeteilt werden können.

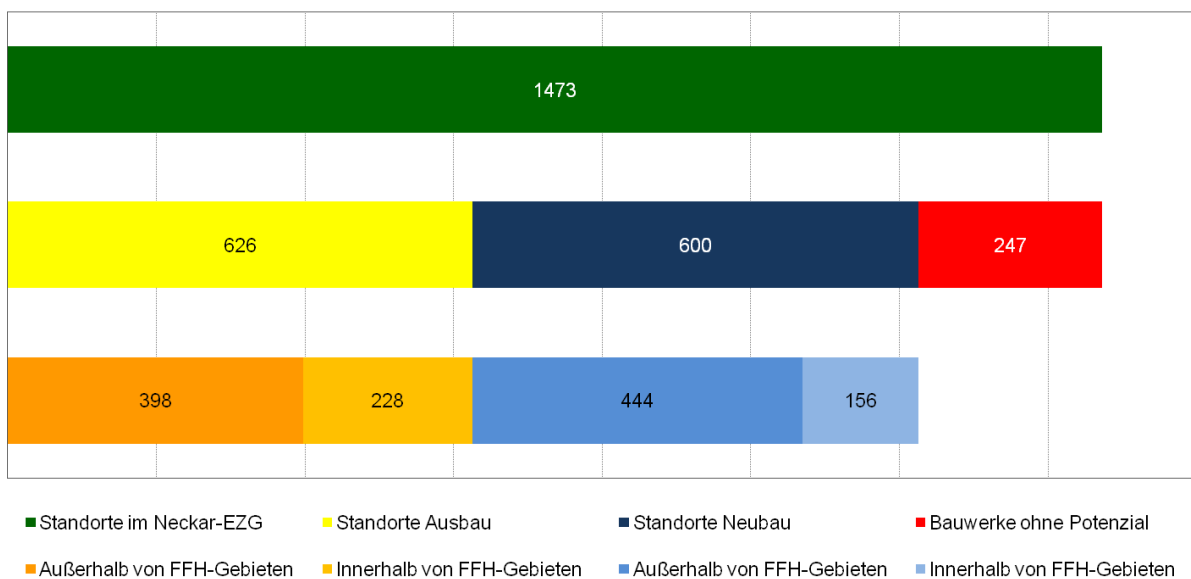
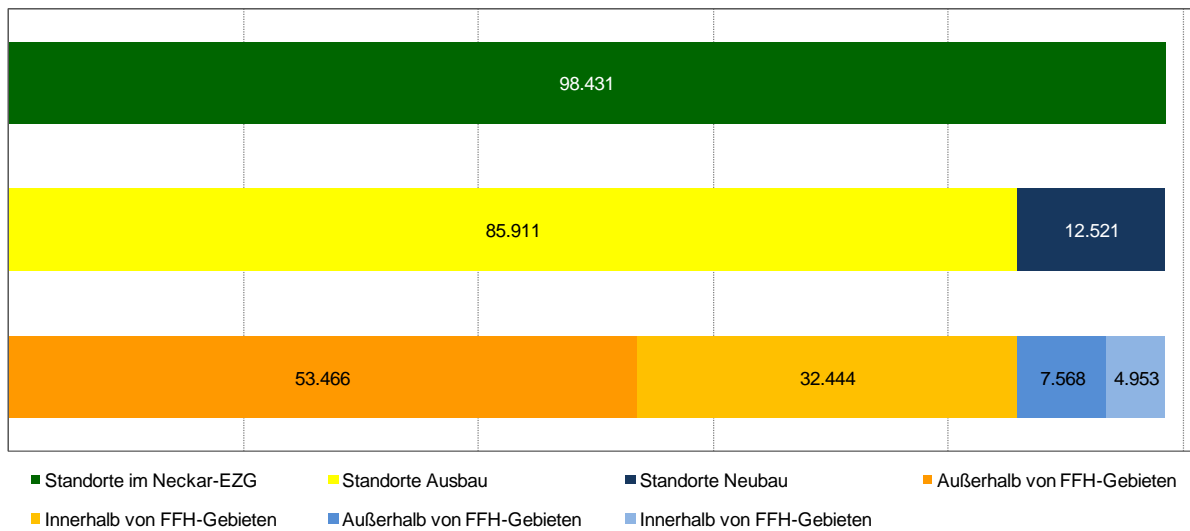


Abbildung 7-18: Anzahl der Standorte im Neckareinzugsgebiet (Bauwerke ohne Potenzial gemäß Erläuterungen in Kapitel 6.1)

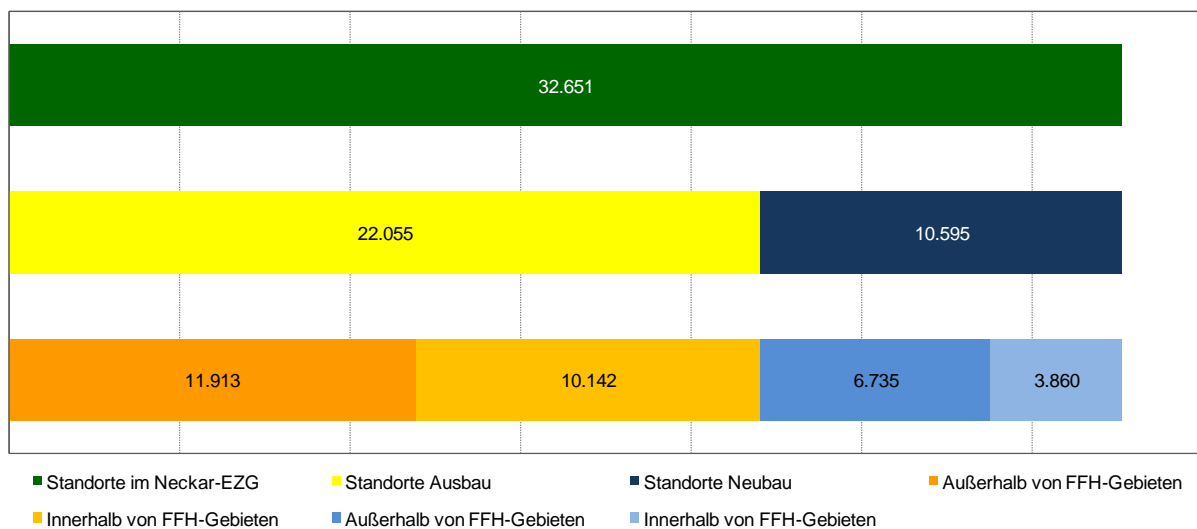


### 7.2.1 Theoretisches Gesamtpotenzial

Auf der Basis der im Kapitel 6.3.1 beschriebenen Vorgehensweise ergibt sich das Gesamtpotenzial im Neckareinzugsgebiet gemäß *Abbildung 7-19* und darin enthalten das zusätzliche technische Potenzial gemäß *Abbildung 7-20*.



**Abbildung 7-19:** Gesamtpotenzial [kW] im Neckar-Einzugsgebiet



**Abbildung 7-20:** Zusätzliches technisches Potenzial [kW] im Neckar-Einzugsgebiet

### 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 gemäß *Abbildung 7-21* einschließlich der zugehörigen Jahresarbeit für das Szenario 1 (*Abbildung 7-22*), das eine pauschale Berücksichtigung der Orientierungswerte ökologischer Abflüsse nach Wasserkrafterlass Baden-Württemberg beinhaltet.

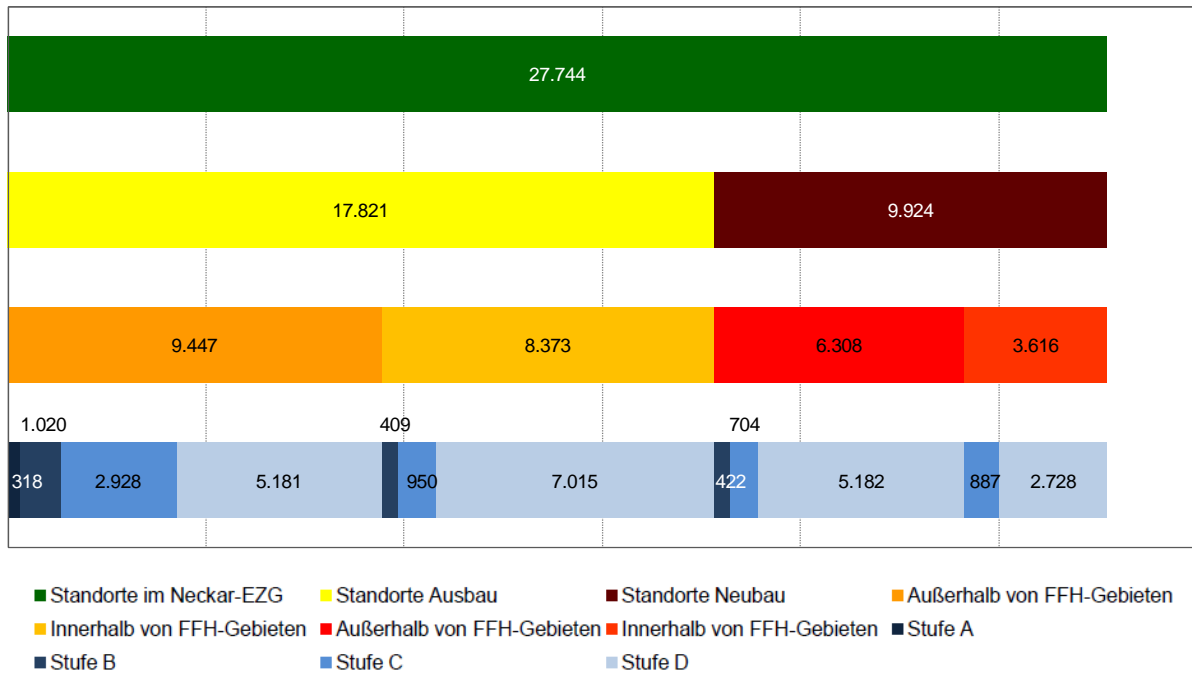


Abbildung 7-21: Zusätzliches technisch-ökonomisch-ökologisches Potenzial [kW] nach Szenario 1 im Neckar-Einzugsgebiet

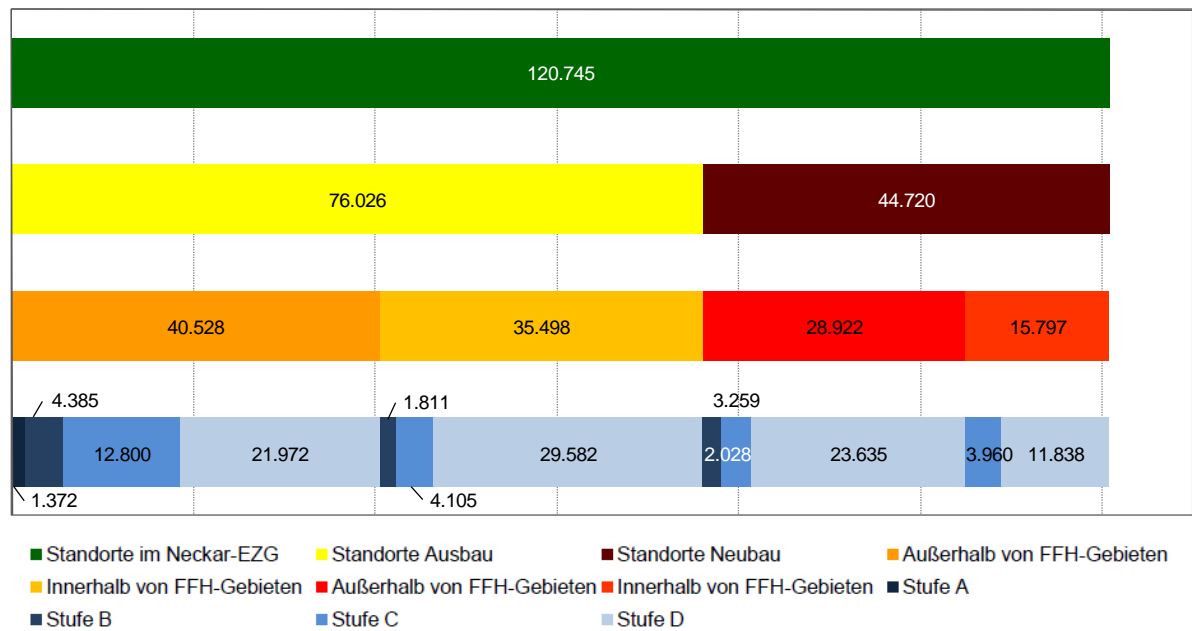


Abbildung 7-22: Resultierende Jahresarbeit [MWh/a] auf der Basis des zusätzlichen technisch-ökonomisch-ökologischen Potenzials nach Szenario 1 im Neckar-Einzugsgebiet

### 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 7-23* einschließlich der zugehörigen Jahresarbeit für das Szenario 2 (*Abbildung 7-24*), das spezifische ökologische Anforderungen nach Wasserkrafterlass Baden-Württemberg berücksichtigt.

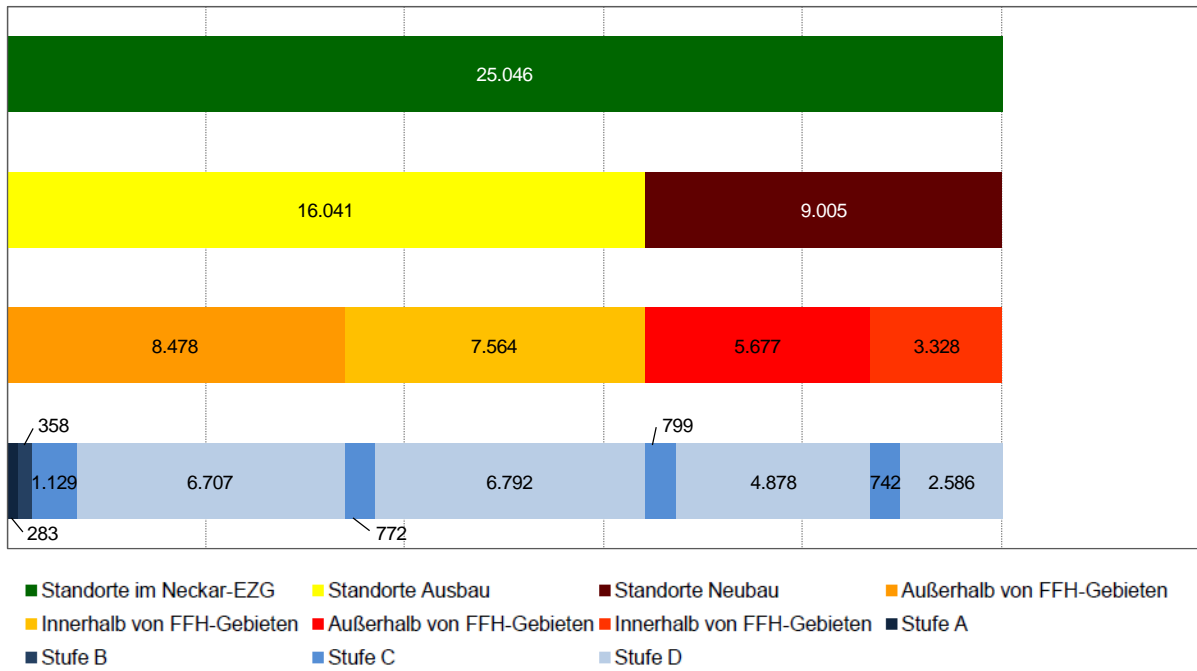


Abbildung 7-23: Zusätzliches technisch-ökonomisch-ökologische Potenzial [kW] nach Szenario 2 im Neckar-Einzugsgebiet

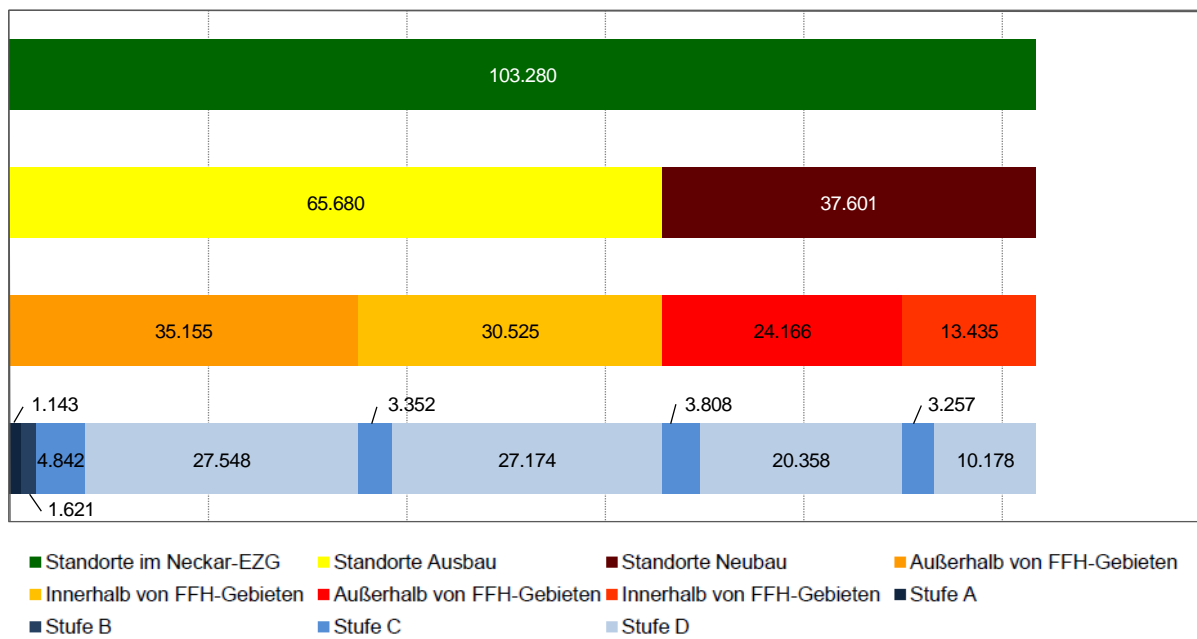


Abbildung 7-24: Resultierende Jahresarbeit [MWh/a] auf der Basis des zusätzlichen technisch-ökonomisch-ökologischen Potenzials nach Szenario 2 im Neckar-Einzugsgebiet

### 7.2.4 Vergleich der Szenarien 1 und 2

Schließlich lässt sich auf der Basis der Ergebnisse der beiden Szenarien 1 und 2 (siehe Kapitel 7.2.2 und 7.2.3) ein Vergleich dieser beiden Szenarien gemäß der Tabellen 7-2 bis 7-4 anstellen.

| <b>Tabelle 7-2:</b> Vergleich der Szenarien 1 und 2 hinsichtlich der Standortgruppierung im Neckar-Einzugsgebiet |                 |            |                            |            |                 |            |                            |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------|----------------------------|------------|-----------------|------------|----------------------------|------------|
| <b>Standorte im Neckar-Einzugsgebiet</b>                                                                         |                 |            |                            |            |                 |            |                            |            |
| 1473                                                                                                             |                 |            |                            |            |                 |            |                            |            |
| Bauwerke ohne Potenzial                                                                                          | Neubau          |            |                            |            | Ausbau          |            |                            |            |
| 247                                                                                                              | 600             |            |                            |            | 626             |            |                            |            |
|                                                                                                                  | in FFH-Gebieten |            | außerhalb von FFH-Gebieten |            | in FFH-Gebieten |            | außerhalb von FFH-Gebieten |            |
|                                                                                                                  | 156             |            | 444                        |            | 228             |            | 398                        |            |
| Nach Wirtschaftlichkeitsstufen                                                                                   |                 |            |                            |            |                 |            |                            |            |
|                                                                                                                  | Szenario 1      | Szenario 2 | Szenario 1                 | Szenario 2 | Szenario 1      | Szenario 2 | Szenario 1                 | Szenario 2 |
| A                                                                                                                | 0               | 0          | 0                          | 0          | 1               | 1          | 3                          | 3          |
| B                                                                                                                | 0               | 0          | 1                          | 1          | 3               | 0          | 4                          | 2          |
| C                                                                                                                | 6               | 5          | 7                          | 5          | 10              | 5          | 20                         | 5          |
| D                                                                                                                | 150             | 151        | 436                        | 438        | 214             | 222        | 371                        | 388        |

So ergibt sich aus Tabelle 7-2 dass nach Szenario 1 12 Standorte und nach Szenario 2 immerhin noch 7 Standorte in die Wirtschaftlichkeitsstufen A und B einzurechnen sind und damit voraussichtlich mit einer entsprechenden EEG-Vergütung realisierbar sein dürften. Auch die weiteren 43 bzw. 20 Standorte der Wirtschaftlichkeitsstufe C sollten einer näheren standortspezifischen Betrachtung unterzogen werden, um deren tatsächliche Realisierbarkeit zu prüfen.

| <b>Tabelle 7-3:</b> Verteilung des Verlustes beim Potenzial zwischen den Szenarien 1 und 2 geordnet nach Anlagengrößenklassen |                      |                         |            |                  |            |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------|------------|------------------|------------|--|
| Anlagengrößenklasse<br>$P_{ges}$ [kW]                                                                                         | Anzahl der Standorte | zus. t.-ö.-ö. Pot. [kW] |            | Potenzialverlust |            |  |
|                                                                                                                               |                      | Szenario 1              | Szenario 2 | absolut          | prozentual |  |
| ≤20                                                                                                                           | 169                  | 1.975                   | 1.288      | 687              | 34,8%      |  |
| > 20 ≤50                                                                                                                      | 158                  | 3.899                   | 3.303      | 596              | 15,3%      |  |
| > 50 ≤100                                                                                                                     | 71                   | 3.207                   | 2.797      | 410              | 12,8%      |  |
| > 100 ≤250                                                                                                                    | 85                   | 7.131                   | 6.580      | 551              | 7,7%       |  |
| > 250 ≤500                                                                                                                    | 30                   | 4.279                   | 4.085      | 193              | 4,5%       |  |
| > 500 ≤1.000                                                                                                                  | 20                   | 4.262                   | 4.074      | 188              | 4,4%       |  |
| > 1.000                                                                                                                       | 5                    | 1.223                   | 1.150      | 73               | 5,9%       |  |
| Potenzialverlust gesamt                                                                                                       | 538                  | 25.976                  | 23.278     | 2.698            | 10%        |  |
| Kein Potenzialverlust                                                                                                         | 688                  | 1.769                   | 1.769      | -                | -          |  |
| Bauwerke ohne Potenzial                                                                                                       | 247                  | 0                       | 0          | -                | -          |  |
| Gesamt                                                                                                                        | 1473                 | 27.744                  | 25.046     | -                | -          |  |

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

| Anlagengrößenklasse<br>$P_{\text{ges}}$ [kW] | Anzahl der Standorte | Jahresarbeit [MWh/a] |            | Verlust an Jahresarbeit |            |
|----------------------------------------------|----------------------|----------------------|------------|-------------------------|------------|
|                                              |                      | Szenario 1           | Szenario 2 | absolut                 | prozentual |
| $\leq 20$                                    | 169                  | 8.832                | 5.106      | 3.726                   | 42,2%      |
| > 20 $\leq 50$                               | 158                  | 17.217               | 12.912     | 4.305                   | 25,0%      |
| > 50 $\leq 100$                              | 71                   | 13.840               | 11.000     | 2.840                   | 20,5%      |
| > 100 $\leq 250$                             | 85                   | 30.658               | 26.981     | 3.677                   | 12,0%      |
| > 250 $\leq 500$                             | 30                   | 18.722               | 17.452     | 1.270                   | 6,8%       |
| > 500 $\leq 1.000$                           | 20                   | 18.410               | 17.174     | 1.236                   | 6,7%       |
| > 1.000                                      | 5                    | 5.281                | 4.870      | 411                     | 7,8%       |
| Potenzialverlust gesamt                      | 538                  | 112.959              | 95.494     | 17.465                  | 15,5%      |
| 0                                            | 688                  | 7.786                | 7.786      | -                       | -          |
| Bauwerke ohne Potenzial                      | 247                  | 0                    | 0          | -                       | -          |
| Gesamt                                       | 1473                 | 120.745              | 103.280    | -                       | -          |

Aus Tabelle 7-3 und 7-4 ist zu erkennen, dass die erhöhten ökologischen Anforderungen vor allem bei den Anlagen mit einer Leistung bis 100 kW spürbar zu Buche schlagen. In den darüber liegenden Anlagenklassen sind die durch diese Anforderungen bedingten Potenzial- bzw. Jahresarbeitsverluste aufgrund des in der Regel höheren natürlichen Gesamtabflusses deutlich geringer.

## 7.2.5 Mindestwasserpotenzial

Ergänzend wurde für beide Szenarien 1 und 2 noch das Potenzial betrachtet, das in Mindestwasserkraftwerken auf der Basis des jeweils zur Verfügung stehenden Mindestabflusses  $Q_{\text{min}}$  möglich wäre.

Hierbei lassen sich, wie in Kapitel 6.3.4 dargelegt, prinzipiell zwei Fälle unterscheiden:

- Mindestwasserfall 1: Auf der Basis der aus fischökologischer Sicht vorgegebenen Werte des Mindestwasserabflusses  $Q_{\text{min}}$  sowie ggf. der Dotationswerte für FAA sowie für Rechen-Bypasssysteme gemäß Tabelle 5-3. Da hierbei die Werte des Mindestwasserabflusses  $Q_{\text{min}}$  denjenigen aus der Summe der Dotationswerte für FAA sowie für Rechen-Bypasssysteme entsprechen, wird somit der verbleibende, theoretisch nutzbare Mindestwasserabflusses  $Q_{\text{min}} = 0$ , womit sich also kein zusätzliches Potenzial ergibt.
- Mindestwasserfall 2: Mit den Ergebnissen *Abbildung 7-25*, für vom aus fischökologischer Sicht vorgegebenen Mindestwasserabfluss der für die FAA am Regelungsbauwerk aus hydraulischer Sicht mindestens erforderliche Abfluss  $Q_{\text{FAA}}$  zur Gewährleistung einer funktionsfähigen Fischaufstiegsanlage gemäß *Abbildung 6-11* abgezogen wurde.

Die Ergebnisse dieser ergänzenden Betrachtung zur Stromerzeugung in Mindestwasserkraftwerken sowie die daraus resultierende Jahresarbeit sind in der nachfolgenden Abbildung wiedergegeben.

| <b>Standorte Potenzial Mindestwasserfall 2 im Neckar-EZG nach Szenario 1</b>                         |                            |                            |                            |                            | <b>Standorte Potenzial Mindestwasserfall 2 im Neckar-EZG nach Szenario 2</b>                         |                            |                            |                            |                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 61                                                                                                   |                            |                            |                            |                            | 62                                                                                                   |                            |                            |                            |                            |
| Bauwerke ohne Potenzial                                                                              | Neubau                     |                            | Ausbau                     |                            | Bauwerke ohne Potenzial                                                                              | Neubau                     |                            | Ausbau                     |                            |
|                                                                                                      | 2                          |                            | 59                         |                            |                                                                                                      | 4                          |                            | 58                         |                            |
| 0                                                                                                    | innerhalb von FFH-Gebieten | außerhalb von FFH-Gebieten | innerhalb von FFH-Gebieten | außerhalb von FFH-Gebieten | 0                                                                                                    | innerhalb von FFH-Gebieten | außerhalb von FFH-Gebieten | innerhalb von FFH-Gebieten | außerhalb von FFH-Gebieten |
|                                                                                                      | 0                          | 2                          | 25                         | 34                         |                                                                                                      | 1                          | 3                          | 26                         | 32                         |
| nach Wirtschaftlichkeitsstufen                                                                       |                            |                            |                            |                            | nach Wirtschaftlichkeitsstufen                                                                       |                            |                            |                            |                            |
| A                                                                                                    | 0                          | 0                          | 1                          | 2                          | A                                                                                                    | 0                          | 0                          | 0                          | 1                          |
| B                                                                                                    | 0                          | 1                          | 1                          | 1                          | B                                                                                                    | 0                          | 0                          | 0                          | 0                          |
| C                                                                                                    | 0                          | 1                          | 4                          | 11                         | C                                                                                                    | 0                          | 1                          | 3                          | 2                          |
| D                                                                                                    | 0                          | 0                          | 19                         | 20                         | D                                                                                                    | 1                          | 2                          | 23                         | 29                         |
| <b>Potenzial Mindestwasserfall 2 [kW] im Neckar-EZG nach Szenario 1</b>                              |                            |                            |                            |                            | <b>Potenzial Mindestwasserfall 2 [kW] im Neckar-EZG nach Szenario 2</b>                              |                            |                            |                            |                            |
| 1.435                                                                                                |                            |                            |                            |                            | 1.568                                                                                                |                            |                            |                            |                            |
| Bauwerke ohne Potenzial                                                                              | Neubau                     |                            | Ausbau                     |                            | Bauwerke ohne Potenzial                                                                              | Neubau                     |                            | Ausbau                     |                            |
|                                                                                                      | 29                         |                            | 1.406                      |                            |                                                                                                      | 99                         |                            | 1.469                      |                            |
| 0                                                                                                    | innerhalb von FFH-Gebieten | außerhalb von FFH-Gebieten | innerhalb von FFH-Gebieten | außerhalb von FFH-Gebieten | 0                                                                                                    | innerhalb von FFH-Gebieten | außerhalb von FFH-Gebieten | innerhalb von FFH-Gebieten | außerhalb von FFH-Gebieten |
|                                                                                                      | 0                          | 29                         | 486                        | 920                        |                                                                                                      | 11                         | 89                         | 515                        | 954                        |
| nach Wirtschaftlichkeitsstufen                                                                       |                            |                            |                            |                            | nach Wirtschaftlichkeitsstufen                                                                       |                            |                            |                            |                            |
| A                                                                                                    | 0                          | 0                          | 16                         | 32                         | A                                                                                                    | 0                          | 0                          | 0                          | 10                         |
| B                                                                                                    | 0                          | 12                         | 16                         | 33                         | B                                                                                                    | 0                          | 0                          | 0                          | 0                          |
| C                                                                                                    | 0                          | 17                         | 87                         | 282                        | C                                                                                                    | 0                          | 12                         | 49                         | 48                         |
| D                                                                                                    | 0                          | 0                          | 368                        | 574                        | D                                                                                                    | 11                         | 77                         | 466                        | 896                        |
| <b>Jahresarbeit [MWh/a] im Neckar-EZG errechnet aus dem Potenzial Mindestwasserfall 2 Szenario 1</b> |                            |                            |                            |                            | <b>Jahresarbeit [MWh/a] im Neckar-EZG errechnet aus dem Potenzial Mindestwasserfall 2 Szenario 2</b> |                            |                            |                            |                            |
| 12.568                                                                                               |                            |                            |                            |                            | 13.734                                                                                               |                            |                            |                            |                            |
| Bauwerke ohne Potenzial                                                                              | Neubau                     |                            | Ausbau                     |                            | Bauwerke ohne Potenzial                                                                              | Neubau                     |                            | Ausbau                     |                            |
|                                                                                                      | 251                        |                            | 12.317                     |                            |                                                                                                      | 869                        |                            | 12.865                     |                            |
| 0                                                                                                    | innerhalb von FFH-Gebieten | außerhalb von FFH-Gebieten | innerhalb von FFH-Gebieten | außerhalb von FFH-Gebieten | 0                                                                                                    | innerhalb von FFH-Gebieten | außerhalb von FFH-Gebieten | innerhalb von FFH-Gebieten | außerhalb von FFH-Gebieten |
|                                                                                                      | 0                          | 251                        | 4.256                      | 8.061                      |                                                                                                      | 92                         | 777                        | 4.508                      | 8.358                      |
| nach Wirtschaftlichkeitsstufen                                                                       |                            |                            |                            |                            | nach Wirtschaftlichkeitsstufen                                                                       |                            |                            |                            |                            |
| A                                                                                                    | 0                          | 0                          | 137                        | 278                        | A                                                                                                    | 0                          | 0                          | 0                          | 84                         |
| B                                                                                                    | 0                          | 105                        | 137                        | 286                        | B                                                                                                    | 0                          | 0                          | 0                          | 0                          |
| C                                                                                                    | 0                          | 146                        | 758                        | 2.471                      | C                                                                                                    | 0                          | 105                        | 429                        | 421                        |
| D                                                                                                    | 0                          | 0                          | 3.224                      | 5.025                      | D                                                                                                    | 92                         | 672                        | 4.079                      | 7.853                      |

Abbildung 7-25: Potenziale für den Mindestwasserfall 2 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.

## 8 Zusammenfassung

Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg ermittelten das Büro Gewässer & Fisch und die Fichtner GmbH & Co. KG in Zusammenarbeit mit dem Büro am Fluss im Zeitraum Herbst 2008 bis Herbst 2010 das Ausbaupotenzial der Wasserkraft an Standorten bis 1.000 kW (kleine Wasserkraft) für das Einzugsgebiet des Neckars. Die Standorte an der Bundeswasserstraße Neckar, allesamt > 1.000 kW, waren nicht Gegenstand der Studie.

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 Neckar verankerten Bewirtschaftungsziele zu Durchgängigkeit und Wasserhaushalt und hieraus ableitbaren fischökologischen Erfordernisse;
- Die Ermittlung eines technisch-ökologisch-ökonomischen Ausbaupotenzials der Wasserkraft für das Einzugsgebiet des Neckars.

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.

| <b>Tabelle 8-1: verwendete Datengrundlagen im Überblick</b> |                                                                                                   |                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Datentypus</b>                                           | <b>Herkunft</b>                                                                                   | <b>Bemerkungen</b>                                                                                    |
| Wasserbauliche Anlagen                                      | Umweltinformationssystem Baden-Württemberg (UIS BW)<br>Triebwerksakten der Wasserrechtsbehörden   | Grundlegende technische Daten<br>Technische Ausrüstung bestehender Wasserkraftanlagen<br>Wasserrechte |
| Hydrologische Daten                                         | Regionalisierung Baden-Württemberg                                                                | Standortbezogene Werte für MQ und MNQ                                                                 |
| Gewässerökologische und fische-reiliche Datengrundlagen     | Arbeiten zur Umsetzung der WRRL, der EG-Aalverordnung und der FFH-Richtlinie in Baden-Württemberg | Migrationsbedarf der Fischfauna, Aal-Einzugsgebiet des Neckars<br>FFH-Gebiete des Neckars             |
| Energiewirtschaftliche Daten                                | Öffentlich zugängliche Daten nach EEG/Internet<br>Zuständige Netzbetreiber                        | Daten zur Einspeisung von Strom aus Wasserkraft nach EEG                                              |

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

## 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.

Auf der Basis der Festlegungen wurden drei Szenarien zum Ausbaupotenzial der Wasserkraft im Einzugsgebiet des Neckars 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.

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

Eine detaillierte Beschreibung der Vorgehensweise findet sich in Kapitel 6



## 8.3 Ergebnisse

Für die Ermittlung des Ausbaupotenzials wurden insgesamt 1.473 Standorte betrachtet. Dabei handelt es sich um 787<sup>12</sup> bereits zur Wasserkrafterzeugung genutzte Standorte, 347 Regelungsbauwerke ohne zugeordnete Wasserkraftanlagen sowie 339 Sohlenbauwerke mit einem theoretischen Potenzial von mindestens 8 kW.

Hierbei wurde an 600 Standorten der Neubau einer Wasserkraftanlage erwogen, an 626 Standorten der Ausbau einer vorhandenen Nutzung. An insgesamt 247 Standorten wurde aus in Kapitel 6.1 erläuterten Gründen kein Potenzial ermittelt.

Unter Anwendung der beschriebenen Arbeitsschritte ergibt sich für das Einzugsgebiet des Neckars in Baden-Württemberg ohne Bundeswasserstraße Neckar ein theoretisches Gesamtpotenzial von 98,4 MW, worin ein zusätzliches technisches Potenzial von knapp 32,7 MW enthalten ist. Hiervon unterliegen aufgrund ihrer Lage in FFH-Gebieten rund 14 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 27,4 MW bzw. ein zusätzliches Regelarbeitsvermögen von 120,7 GWh. Hiervon sind 51,3 GWh Standorten zugeordnet, die aufgrund ihrer Lage in FFH-Gebieten ggf. mit strengeren ökologischen Auflagen verbunden sind. Ein Potenzial von rund 9,6 GWh ist auf Grundlage der derzeitigen EEG-Vergütungssätze aus ökonomischer Sicht attraktiv und umsetzbar (Wirtschaftlichkeitsstufen A und B). Es verteilt sich auf 12 Standorte.

Unter Anwendung der Festlegungen des **Szenario 2** (Berücksichtigung spezifischer ökologischer Abflüsse nach Wasserkrafterlass Baden-Württemberg) ergibt sich ein technisch-ökonomisch-ökologisches Ausbaupotenzial von 25,05 MW bzw. ein zusätzliches Regelarbeitsvermögen von 103,3 GWh. Hiervon sind rund 44 GWh Standorten zugeordnet, die aufgrund ihrer Lage in FFH-Gebieten ggf. mit strengeren ökologischen Auflagen verbunden sind. Wiederum ergibt sich ein Potenzial von rund 2,8 GWh, das auf Grundlage der derzeitigen EEG-Vergütungssätze aus ökonomischer Sicht attraktiv und bei ökologisch vertretbaren Folgen umsetzbar erscheint. Es verteilt sich auf 7 Standorte.

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 Teilbearbeitungsgebiete im Neckar-Einzugsgebiet, eine detaillierte Darstellung der Anforderungen des Aalbewirtschaftungsplans für die Flussgebietseinheit Rhein im Hinblick auf die Nutzung der Wasserkraft sowie eine Beschreibung von Datenmanagement und Berechnungsverfahren. Schließlich geht der Anhang auch kurz auf die bislang im Neckar-Einzugsgebiet durchgeführten Untersuchungen zu Potenzialen der Wasserkraft ein.

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

---

<sup>12</sup> Die Zahl der bisher genutzten Standorte ist nicht vergleichbar mit der Anzahl der im UIS bekannten Wasserkraftanlagen, siehe Sonderfallbetrachtung in Anhang A1.

## 9 Literatur und Datenquellen

AMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND BODENSCHUTZ BEIM LANDKREIS ESSLINGEN (Hrsg.) (2008): Wasserkraft im Landkreis Esslingen, Beschlussvorlage für den Kreistag im Auftrag der Fraktion der Grünen, 3 Seiten

ANDERER, P.; DUMONT, U.; HEIMERL, S.; RUPRECHT, A.; WOLF-SCHUMANN, U. (2010): Das Wasserkraftpotenzial in Deutschland. In: WasserWirtschaft 100 (2010), Heft 9, S. 12-16.

ARBEITSKREIS KLIMA UND ENERGIE METZINGEN (AKE) (Hrsg.) (undatiert): Erneuerbare Energien in Metzingen - Potenzialstudie, 11 Seiten

BAUER, N, RUPRECHT, A. & S. HEIMERL (2010): Ermittlung des Wasserkraftpotenzials an Wasserkraftanlagenstandorten mit einer Leistung über 1 MW in Deutschland, Wasserwirtschaft 2010-09

BUNDESNATURSCHUTZGESETZ (2009): Gesetz zur Neuregelung des Rechts des Naturschutzes und der Landschaftspflege vom 29. Juli 2009, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2009, Teil I, Nr. 51, S. 2542 ff.

DISPAN, J. (1992): Bestandsaufnahme über die Nutzung der Wasserkraft an der Echaz, unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Regionalverbands Neckar-Alb, 44 Seiten

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

DÜBLING, U. & R. BERG (2001): Fische in Baden-Württemberg, Ministerium für Ernährung und ländlichen Raum Baden-Württemberg, Stuttgart 176 S.

DÜBLING, U. (2005): Erarbeitung und Pflege von GIS-Grundlagen für fischfaunistisch relevante Fließgewässer in Baden-Württemberg - Erstellung digitaler Fließgewässerkarten "Migrationsbedarf der Fischfauna" und "fischzönotische Grundausprägungen". Gutachten im Auftrag der LfU Baden-Württemberg, Abschlussbericht; 36 S. + Anhang.

DÜBLING, U. & J. REISS (2006): Studie über die ökologisch sinnvolle und kosteneffiziente Schaffung zusammenhängender aquatischer Lebensräume im Neckar-Einzugsgebiet - Teil 1 - 2006: Nördliches Neckar-Einzugsgebiet bis einschließlich Enz, unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Regierungspräsidiums Stuttgart, 50 Seiten + Anhang

DÜBLING, U. & 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 badenwürttembergisches Main-Einzugsgebiet, unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Regierungspräsidiums Stuttgart, 51 Seiten + Anhang.

DWA (Hrsg.) (2010): Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. In: DWA-Merkblätter (2010), DWA-M 509 Entwurf, 285 S.

EG-WASSERRAHMENRICHTLINIE (2000): 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.

ENERGIE BADEN-WÜRTTEMBERG AG ENBW (Hrsg.)(2009): Wasser ist Energie - Wasserkraft bei der EnBW, 87 Seiten

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.

EG-AQUAKULTURRICHTLINIE (2006): 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.

ERNEURBARE-ENERGIEN-GESETZ EEG (2008): Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 25. Oktober 2008, zuletzt geändert durch das Gesetz vom 11. August 2010. BGBl. I: 2074 und 1170

FFH-RICHTLINIE (1992/1997): 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-Habitate-Richtlinie). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L 305: 42-65.

FISCHSEUCHENVERORDNUNG (2008): Fischseuchenverordnung vom 24. November 2008. BGBl. I: 2315 ff.

GIESECKE, J., MARX, W., SOYEAU, R., BELLEBNA, H. & S. BELLEBNA (1987): Energiegutachten Baden-Württemberg, "Möglichkeiten der Umstrukturierung der Energieversorgung Baden-Württembergs unter besonderer Berücksichtigung der Stromversorgung", Teilgutachten Erneuerbare Energiequellen für Baden-Württemberg, 260 Seiten

GIESECKE, J. & K. JORDE (1989): Regionale Energie- und Umweltanalyse für die Region Neckar-Alb, Teilgutachten Nutzung der Wasserkraft in der Region Neckar-Alb, 71 Seiten

GIESECKE, J. & K. JORDE (1992): Untersuchung über das Wasserkraft-Potenzial im Versorgungsgebiet der Neckarwerke Elektrizitätsversorgungs-AG, technischer Bericht 11/92 des Instituts für Wasserbau, Lehrstuhl für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Universität Stuttgart, 42 Seiten

GIESECKE, J. & G. FÖRSTER (1994): Projekt Klimaverträgliche Energieversorgung in Baden-Württemberg, Ausbau der Wasserkraft, Arbeitsbericht 13/1994, Herausgegeben von der Akademie für Technikfolgenabschätzung, 120 Seiten

GIESECKE, J., JORDE, K. & R. KIMMEL (2000): Studie über die Wasserkraftpotenziale in der Region Stuttgart, herausgegeben durch Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart, 46 Seiten

GIESECKE, J.; MOSONYI, E. & S. HEIMERL (2009): Wasserkraftanlagen - Planung, Bau und Betrieb. 5. Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2009, 924 Seiten

GRAF, H.-J. (1986): Überblick über Wasserkraftanlagen in Baden-Württemberg und Prognose zu Ausbaumöglichkeiten des verbleibenden theoretischen Arbeitsvermögens, unveröffentlichte Diplomarbeit an der Universität Stuttgart, Institut für Wasserbau, 87 Seiten

HARTMANN, G. & M. HESCH (2001): Machbarkeitsstudie zur Durchgängigkeit der Elsenz, Bereich Neckar- gemünd bis Meckesheim, Erläuterungsbericht, unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Gewässerdi- rektion Nördlicher Oberrhein, Bereich Heidelberg, 141 Seiten

HEIMERL, S. (2009): Wasserkraft - Der Klassiker der Erneuerbaren Energien. In: Böhmer, T.; Weißenborn, C.: Erneuerbare Energien - Perspektiven für die Stromerzeugung. In: Energie im Dialog Band 3. 2. Aufl. Frankfurt am Main: EW Medien und Kongresse GmbH, 2009, S. 71-102

HILDEBRAND, H. & K. KERN (1986): Ermittlung des Wasserkraftpotenzials von Baden-Württemberg, heraus- gegeben vom Institut für Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe, Studie im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie Baden-Württemberg, 93 Seiten

HUTAREW & PARTNER (1988): Nutzung der Laufwasserkraft im Versorgungsgebiet der Neckarwerke AG, unveröffentlichte Studie im Auftrag der Neckarwerke AG, 60 Seiten

KLEPSE, H. (1998) in: Regierungspräsidium Tübingen (Hrsg.): Gewässerentwicklung Echaz, Positivkartie- rung Wasserkraft, unveröffentlichte Studie, 28 Seiten

KRÄMER, C. & H. FRIESE (1995): Wasserkraftnutzung in der Region Neckar-Alb, herausgegeben durch Regi- onalverband Neckar-Alb, 115 Seiten + Anhänge

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,

LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN (LANUV NRW) Hrsg. (2008): Aalbewirtschaftungsplan - Flussgebietseinheit Rhein, 29 Seiten

LANDESANSTALT FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (LfU) Hrsg. (2005a): Durchgängigkeit für Tiere in Fließgewässern, Leitfaden Teil 1 - Grundlagen, Oberirdische Gewässer Gewässerökologie Band 95, 60 Seiten

LANDESANSTALT FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (LfU) Hrsg. (2005b): Mindestabflüsse in Ausleitungsstrecken, Grundlagen, Ermittlung und Beispiele, Oberirdische Gewässer Gewässerökologie Band 97, 187 Seiten

LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (LUBW) Hrsg. (2006a): Durchgängigkeit für Tiere in Fließgewässern, Leitfaden Teil 2 - Umgebungsgewässer und fischpassierbare Querbauwerke, Oberirdische Gewässer Gewässerökologie Band 101, 249 Seiten

LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (LUBW) Hrsg. (2006b): Durchgängigkeit für Tiere in Fließgewässern, Leitfaden Teil 3 – Hochwasserrückhaltebecken und Talsperren, Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie Band 104, 82 Seiten

LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (LUBW) Hrsg. (2007): Abfluss-Kennwerte in Baden-Württemberg, DVD + Erläuterungstext 180 Seiten

LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (LUBW) Hrsg. (2008): Durchgängigkeit für Tiere in Fließgewässern, Leitfaden Teil 4 – Durchlässe, Verrohrungen sowie Anschluss Seitengewässer und Aue, Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie Band 110, 116 Seiten

LAUBACH, J. & H.-F. WÜLBECK (2003): Die Wettbewerbsfähigkeit von großen Laufwasserkraftwerken im liberalisierten deutschen Strommarkt, Endbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit, Fichtner GmbH & Co. KG, 255 Seiten

LEMPART, D. (2009): Herstellung der Durchgängigkeit an einem Wehr der Fils, Gemeinde Süßen, unveröffentlichte Abschlussarbeit an der Hochschule Konstanz, 72 Seiten und Anhänge

MERTENS, C. (2009): Ausbaupotenzial der Wasserkraft an Enz und Nagold 2008/2009, unveröffentlichte Abschlussarbeit an der Fachhochschule Aachen, Fachbereich Bauingenieurwesen, Fachrichtung Wasserbau, 90 Seiten + Anhang

NECKAR-ODENWALD-KREIS (2009): Ermittlung des Wasserkraftpotenzials im NOK, unveröffentlichte Expertise der unteren Wasserbehörde beim Landratsamt Neckar-Odenwald-Kreis, 3 Seiten + Anhänge

REGIERUNGSPRÄSIDIUM STUTTGART (Hrsg.)(2009): Bewirtschaftungsplan Bearbeitungsgebiet Neckar gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) - Stand 26. November 2009, 294 Seiten + Anhänge

SCHMIDT, M., VOGEL-SPERL, A. & 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", herausgegeben von: Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) Fachgebiet Systemanalyse, 62 Seiten

SCHWARZER, C. (2009): Untersuchung der Wasserkraftnutzung an Eyach und Starzel, Vorabbewertung, unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Regionalverbands Neckar-Alb

UMWELTMINISTERIUM UND WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTEMBERG (Hrsg.) (2009): Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg 2008, 36 Seiten

WASSERGESETZ (WG) (2009): Wassergesetz für Baden-Württemberg (WG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 20. Januar 2005, zuletzt geändert am 17. Dezember 2009, GBl. 2005: 219

WASSERHAUSHALTSGESETZ (WHG) (2009): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009, zuletzt geändert durch Artikel 12 vom 11. August 2010, BundesgesetzblattBGBl. Teil I, Nr. 51: , Seite 2585 ff.und 1163

WASSERKRAFTERLASS BADEN-WÜRTEMBERG (2007): 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, GBl. 2007: 105

WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTEMBERG (Hrsg.) (2003): Wasserkraft - Technik, Planung und Genehmigung, 123 Seiten

WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTEMBERG (Hrsg.)(2009): Energiekonzept Baden-Württemberg 2020, 82 Seiten

ZÖLLER, A., LIPPOLD, F., SWIDER, D. J. & B. KOHLER (2004): Ertüchtigung der kleinen Wasserkraft für die Herausforderungen der Zukunft, technischer Bericht, herausgegeben von der Universität Stuttgart, Institut für Wasserbau zusammen mit dem Institut für Strömungsmechanik und Hydraulische Strömungsmaschinen und dem Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendungen, 58 Seiten + Anhang