

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

## Anhang

**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



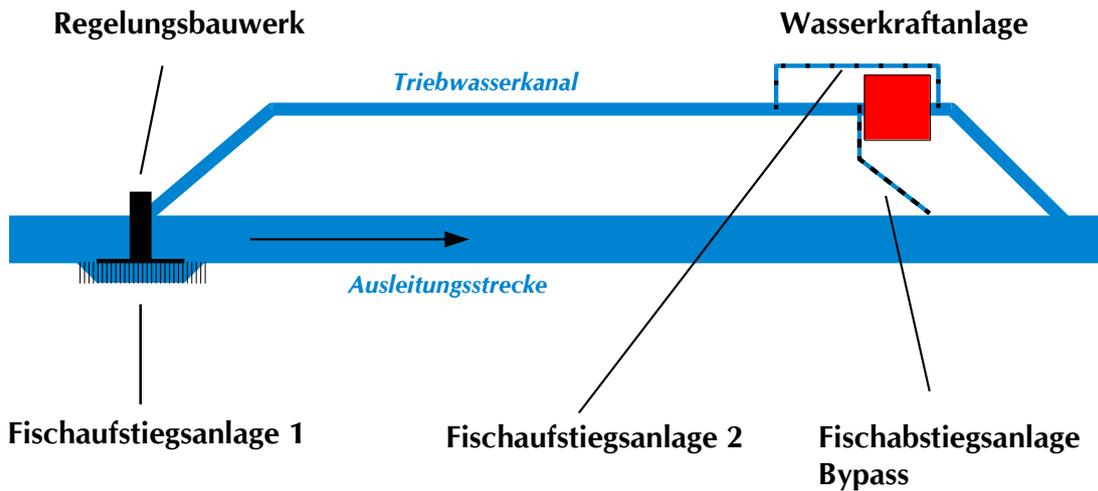
Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

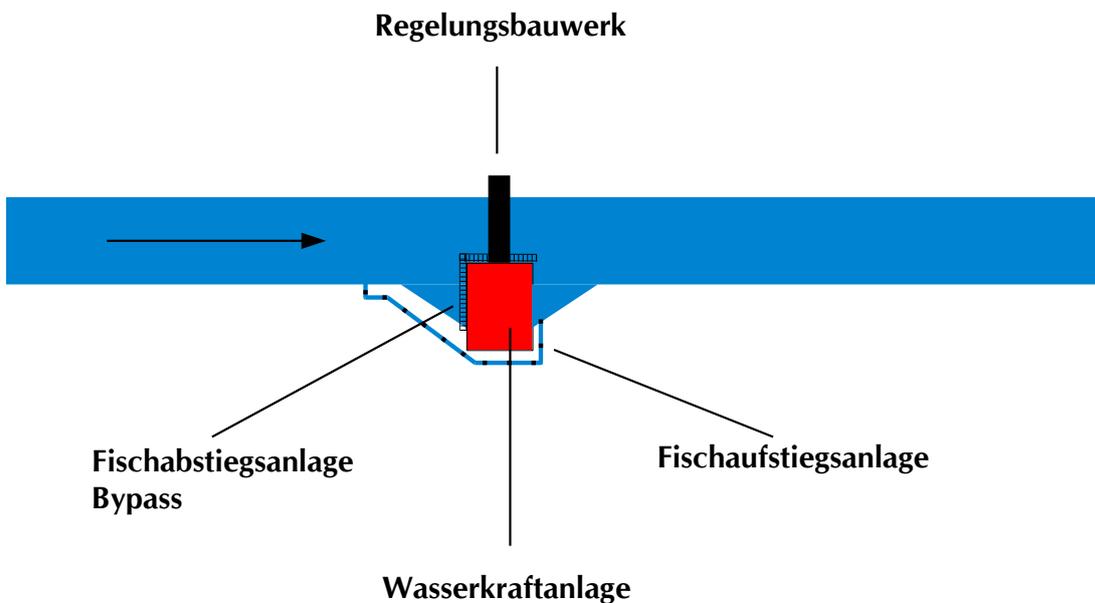
<b>A1</b>	<b>SONDERFÄLLE DER POTENZIALBERECHNUNG .....</b>	<b>3</b>
A1.1	Ein Regelungsbauwerk mit mehreren verknüpften Wasserkraftanlagen .....	4
A1.1.1	Serielle Anordnung der Wasserkraftanlagen .....	4
A1.1.2	Parallele Anordnung der Wasserkraftanlagen .....	5
A1.1.3	Mindestwasserkraftwerke .....	5
A1.2	Eine Wasserkraftanlage mit mehreren verknüpften Regelungsbauwerken .....	6
<b>A2</b>	<b>BEISPIELHAFTE POTENZIALE .....</b>	<b>8</b>
A2.1	Neubaupotenziale an Regelungsbauwerken ohne Wasserkraftanlage .....	8
A2.2	Neubaupotenziale an Sohlenbauwerken .....	9
A2.3	Ausbaupotenziale an bestehenden Wasserkraftanlagen .....	10
<b>A3</b>	<b>VERTEILUNG DER WASSERKRAFTPOTENZIALE AUF DIE 10 TEILBEARBEITUNGSGEBIETE.....</b>	<b>12</b>
<b>A4</b>	<b>REGELUNGEN AUS DEM AALBEWIRTSCHAFTUNGSPLAN – FLUSSGEBIETSEINHEIT RHEIN .....</b>	<b>17</b>
<b>A5</b>	<b>DATENMANAGEMENT UND -ERLÄUTERUNGEN.....</b>	<b>18</b>
A5.1	Ergänzung und Erweiterung von Daten des Umweltinformationssystems Baden-Württemberg. 18	
A5.2	Erläuterung der Ergebnistabellen .....	20
A5.3	Beispiel für die Wirtschaftlichkeitsberechnung .....	31
<b>A6</b>	<b>BIS ZUM JAHR 2009 PUBLIZIERTE STUDIEN ZUM AUSBAUPOTENZIAL DER WASSERKRAFT IM EINZUGSGEBIET DES NECKARS .....</b>	<b>36</b>
<b>A7</b>	<b>LISTE DER NETZBETREIBER .....</b>	<b>40</b>

## A1 Sonderfälle der Potenzialberechnung

Die gewählte Berechnungsroutine zur Errechnung der Wasserkraftpotenziale erfolgte getrennt nach den Objektarten im AKWB und erforderte für jeden betrachteten Standort die Kombination eines Regelungsbauwerkes und einer Wasserkraftanlage. In Abbildung A1-1 und A1-2 sind die Anordnung von Regelungsbauwerk, Wasserkraftanlage und den Anlagen zur Herstellung der Durchgängigkeit in Prinzipskizzen dargestellt. Die Definitionen orientieren sich dabei u. A. am Wasserkrafterlass Baden-Württemberg.



**Abbildung A1-1:**Prinzipische Anordnung von Regelungsbauwerk, Wasserkraftanlage und Anlagen zur Herstellung der Durchgängigkeit an Ausleitungskraftwerken



**Abbildung A1-2:**Prinzipische Anordnung von Regelungsbauwerk, Wasserkraftanlage und Anlagen zur Herstellung der Durchgängigkeit an Flusskraftwerken

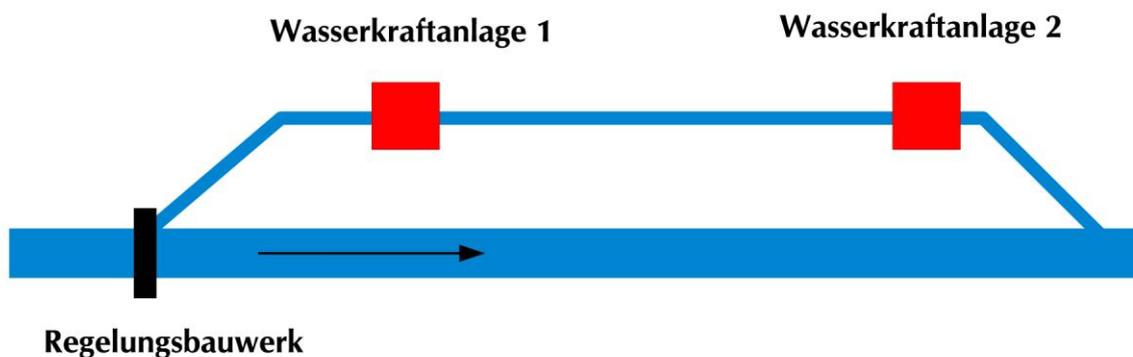
Die wichtigsten Daten zur Potenzialberechnung bei Regelungsbauwerken waren die Wasserspiegeldifferenz sowie das Wasserdargebot (MQ und MNQ). Für alle bestehenden Wasserkraftstandorte, an denen ein Regelungsbauwerk genau einer Wasserkraftanlage zugeordnet ist, konnte mit der erstellten Berechnungsroutine ohne weitere Vorbereitung ein Wasserkraftpotenzial nach der in Kapitel 6 beschriebenen Methodik errechnet werden, wobei die hydrologischen Werte, die dem Regelungsbauwerk zugeordnet wurden, für die Berechnung des Wasserkraftpotenzials der zugehörigen Wasserkraftanlage genutzt wurden.

In einer ganzen Reihe von Fällen liegt bei bestehenden Wasserkraftanlagen aber kein 1:1-Verhältnis Regelungsbauwerk zu Wasserkraftanlage vor. Diese Fälle und die Datenaufbereitung für die folgende Potenzialberechnung sind im Folgenden beschrieben.

## A1.1 Ein Regelungsbauwerk mit mehreren verknüpften Wasserkraftanlagen

### A1.1.1 Serielle Anordnung der Wasserkraftanlagen

Eine Prinzipskizze dieses im Neckar-Einzugsgebiet recht häufig vorkommenden Falles ist in *Abbildung A1-3* wiedergegeben.

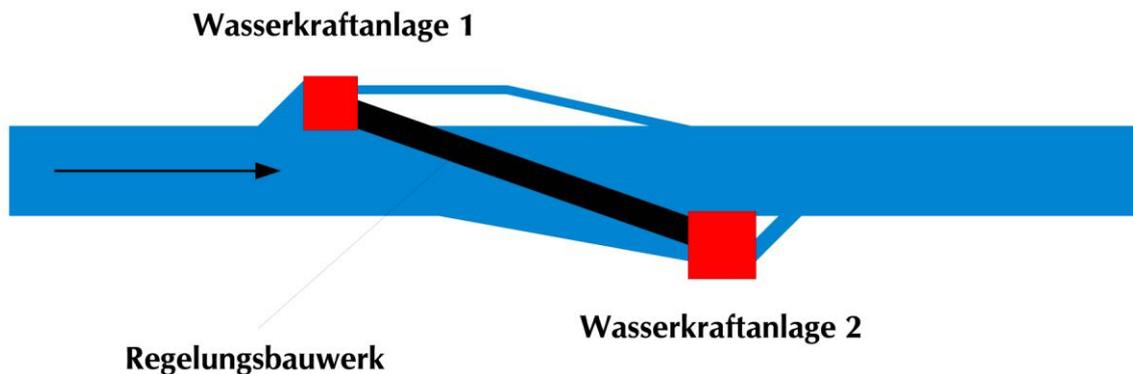


**Abbildung A1-3:** Serielle Anordnung von Wasserkraftanlagen an einem gemeinsamen Kanal

In diesem Fall wurde für beide bestehenden Wasserkraftstandorte grundsätzlich ein eigenes Potenzial berechnet. Zu diesem Zweck wurde in der Datenbank ein virtuelles Regelungsbauwerk eingeführt, das dieselben hydrologischen Kennwerte hat wie das reale Bauwerk. Die zweite Wasserkraftanlage wurde für die Berechnung mit dem virtuellen Regelungsbauwerk verknüpft. In Hinblick auf die Kostenberechnung musste beachtet werden, dass sich die Kosten für die Fischaufstiegsanlage am Regelungsbauwerk auf die beiden Wasserkraftanlagen aufteilen. Ggf. sind für jede Wasserkraftanlage getrennt der Bau einer zweiten Fischaufstiegsanlage am Krafthaus sowie eines Bypasses zu berechnen.

### A1.1.2 Parallele Anordnung der Wasserkraftanlagen

In mehreren Fällen waren an einem Regelungsbauwerk zwei Wasserkraftanlagen parallel angeordnet, wie in *Abbildung A1-4* schematisch dargestellt.



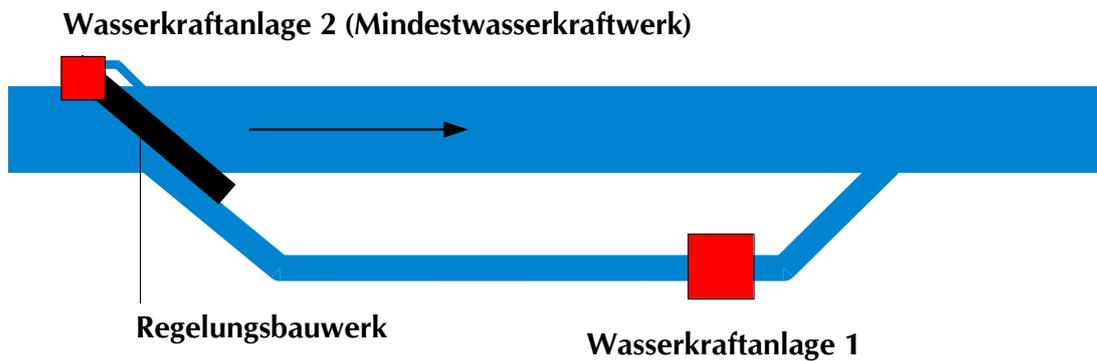
*Abbildung A1-4: Parallele Anordnung von Wasserkraftanlagen an einem Wehr*

Oftmals verfügen die Anlagen im Bestand über unterschiedliche Ausbaugrade und Nutzfallhöhen. Zur Potenzialberechnung wurde grundsätzlich nur die Anlage mit dem größeren Nutzgefälle herangezogen, an der das gesamte Ausbaupotenzial für den Standort berechnet wurde.

### A1.1.3 Mindestwasserkraftwerke

Einen Sonderfall stellen Mindestwasserkraftwerke dar, von denen im Jahr 2009 zwei im Einzugsgebiet des Neckars installiert waren und sich zwei weitere in Planung befanden. Mindestwasserkraftwerke nutzen die Fallhöhe am Wehr zur Gewinnung von Wasserkraft aus und dienen zugleich dazu, eine Ausleitungsstrecke mit einem ausreichenden Mindestabfluss zu dotieren. Der Bau von Mindestwasserkraftwerken bietet sich an Ausleitungskraftwerken an, bei denen der Mindestabfluss für die Ausleitungsstrecke höher als der hydraulisch notwendige Abfluss auf der Fischaufstiegsanlage am Regelungsbauwerk ist und diese Anlage nicht als Teilrampe ausgeführt werden kann oder muss.

Anders als bei den im selben Abschnitt beschriebenen parallel geschalteten Kraftwerken, wurden hier wiederum beide Kraftwerke einzeln betrachtet. Das heißt, es besteht jeweils ein Datensatz für das Mindestwasserkraftwerk und ein Datensatz für das „Hauptkraftwerk“, welche beide komplett getrennt durch die Berechnungsroutine gelaufen sind. In den Datensätzen ist jedoch für beide Kraftwerke (Mindestwasserkraftwerk und Ausleitungskraftwerk) das komplette MNQ als zur Verfügung stehender Abfluss gespeichert, was eine manuelle Nachbearbeitung nötig machte, da das Wasser freilich nur einmal zur Energieerzeugung genutzt werden kann.



**Abbildung A1-5:** Schematische Anordnung eines Mindestwasserkraftwerks

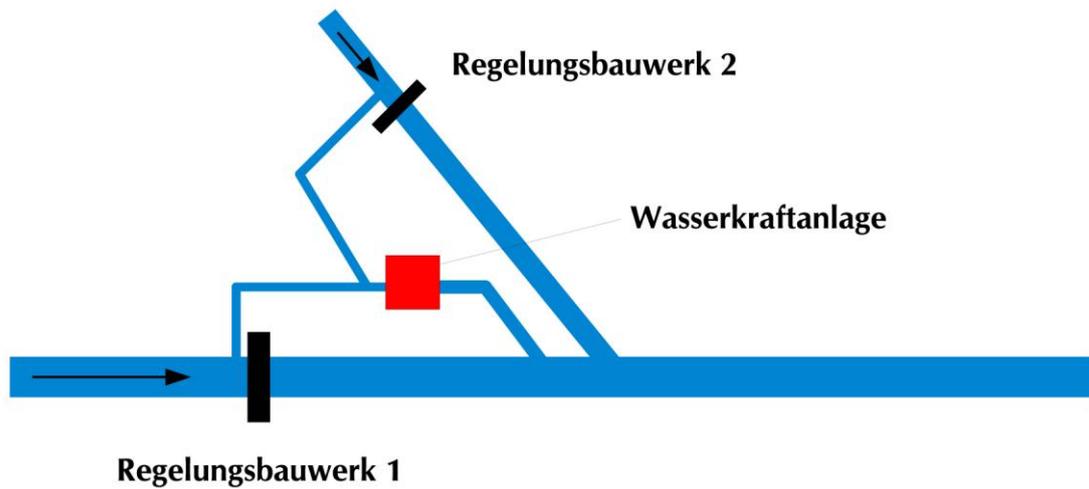
Da alle vier vorhandenen Mindestwasserkraftwerke am Neckar ein Schluckvermögen von mindestens  $1/3$  MNQ abzüglich der Dotation der zugeordneten Fischaufstiegsanlage besitzen, besteht an diesen Standorten kein zusätzliches Potenzial. Die Mindestwasserkraftwerke gingen daher nur mit ihrer Ausbaugröße und einer hohen Jahresvolllaststundenzahl von 8.280 h in die Potenzialermittlung als vorhandenes Potenzial ein, was einem jährlichen Stillstand infolge Hochwasser oder sonstigen Unregelmäßigkeiten von 20 Tagen entspricht.

Die zugehörigen Ausleitungskraftwerke („Wasserkraftanlage 1“ in Abb. A1-5) wurden selbstverständlich auf zusätzliche Potenziale überprüft. Das dabei wiederum berechnete Mindestwasserpotenzial wurde anschließend manuell gleich null gesetzt, da dieses bekannterweise schon genutzt wird.

## **A1.2 Eine Wasserkraftanlage mit mehreren verknüpften Regelungsbauwerken**

Ebenfalls nicht selten ist im Einzugsgebiet des Neckars der Fall, dass eine Wasserkraftanlage Wasser von zwei oder mehreren Regelungsbauwerken aus mehreren Gewässern erhält, der schematisch in *Abbildung A1-6* dargestellt ist.

Für die Potenzialberechnung wurden in diesen Fällen die hydrologischen Werte der einzelnen Regelungsbauwerke zu einem virtuellen Regelungsbauwerk addiert, um das gesamte der Wasserkraftanlage zu Gebote stehende Wasserdargebot zu erfassen. Die Anforderungen an ökologische Abflüsse haben in diesen Fällen aber auch zwei Mindestabflüsse zu berücksichtigen, ebenso wie die Kosten für zwei Fischaufstiegsanlagen als Grundlage der Wirtschaftlichkeitsberechnung.



**Abbildung A1-6:** Wasserkraftanlage mit 2 zugeordneten Wehren

Entsprechend wurde auch im einzigen Fall eines kombinierten Fluss-/Ausleitungskraftwerkes verfahren, das sich am Zusammenfluss von Enz und Nagold in Pforzheim befindet.

## A2 Beispielhafte Potenziale

Nachfolgend werden drei bedeutende individuelle Potenziale für den Neubau von Wasserkraftanlagen an Regelungsbauwerken und Sohlenbauwerken sowie den Ausbau bestehender Wasserkraftnutzung vorgestellt. Es konnten im Neckar-Einzugsgebiet nur wenige Potenziale dieser Größenordnungen identifiziert werden.

### A2.1 Neubaupotenziale an Regelungsbauwerken ohne Wasserkraftanlage

Das bedeutendste individuelle Wasserkraftpotenzial an einem bislang nicht für die Wasserkraft genutzten Regelungsbauwerk befindet sich am Neckar im Landkreis Esslingen. Das Regelungsbauwerk mit der UIS-Nummer 65000000022 dient zur Stützung des Grundwasserspiegels für eine benachbarte Trinkwassergewinnungsanlage. Bei einer Wasserspiegeldifferenz von 1,70 m und einem MQ von 32,5 m<sup>3</sup>/s (MNQ = 8,874 m<sup>3</sup>/s) ergibt sich ein theoretisches Wasserkraftpotenzial von 442 kW bzw. ein technisch-ökonomisch-ökologisches Potenzial von 420 kW nach Szenario 2. Unter diesen Rahmenbedingungen ergibt sich eine Jahresarbeit von ca. 2.000 MWh.



**Abbildung A2-1:**Regelungsbauwerk 65000000022, Neckar, Landkreis Esslingen

Die bestehende Fischaufstiegsanlage wäre im Falle des Baus einer Wasserkraftanlage ggf. anzupassen oder zu ersetzen, aufgrund der Lage des Bauwerks im Bereich des hohen Migrationsbedarfs sowie im Aal-Einzugsgebiet wäre der Bau einer Wasserkraftanlage mit dem Bau eines Fischabstiegs/Bypass verbunden. Aufgrund der Lage in einem Wasserschutzgebiet sind erhöhte Anforderungen an den Grundwasserschutz bei Bau und Betrieb einer Wasserkraftanlage zu erwarten.

## A2.2 Neubaupotenziale an Sohlenbauwerken

Das bedeutendste Neubaupotenzial an einem Sohlenbauwerk befindet sich ebenfalls im Landkreis Esslingen am Neckar. Das Bauwerk der UIS-Nummer 650000000042 weist eine Wasserspiegeldifferenz von 0,8 m auf und stellt bei einem MQ von 34,78 m<sup>3</sup>/s (MNQ = 9,661 m<sup>3</sup>/s) ein theoretisches Potenzial von 222 kW bzw. ein technisch-ökologisch-ökonomisches Potenzial von 211 kW dar. Unter den Bedingungen des Szenarios 2 ergibt sich eine Jahresarbeit von rund 1.000 MWh.



**Abbildung A2-2:** Sohlenbauwerk 650000000042

An dem Bauwerk wurde die Durchgängigkeit durch die Wasserwirtschaftsverwaltung über eine Teilrampe hergestellt. Im Falle einer Wasserkraftnutzung entfielen diese und müsste durch eine neue Fischaufstiegshilfe zzgl. –abstiegsanlage (hoher Migrationsbedarf und Aal-Einzugsgebiet) ersetzt werden. Aufgrund der

unmittelbaren Nachbarschaft einer weiteren Wasserkraftanlage oberstrom besteht am Standort keine Möglichkeit der Stauzielerhöhung.

### A2.3 Ausbaupotenziale an bestehenden Wasserkraftanlagen

Eines der bedeutendsten Ausbaupotenziale an genutzten Standorten befindet sich am Neckar im Landkreis Esslingen. Die Wasserkraftanlage 650000000017 (in Verbindung mit Regelungsbauwerk 650000000027) nutzt derzeit 7 m<sup>3</sup>/s des MQ von 32,45 m<sup>3</sup>/s und erzeugt damit eine elektrische Leistung von 200 kW. Unter Berücksichtigung des Wasserdargebots ergibt sich an diesem Standort ein theoretisches Ausbaupotenzial von 734 kW bzw. 640 kW als technisch-ökologisch-ökonomisches Potenzial nach Szenario 2. Unter Berücksichtigung der Anforderungen von Szenario 2 ergibt sich eine gesamte Jahresarbeit von 3.470 MWh/a.

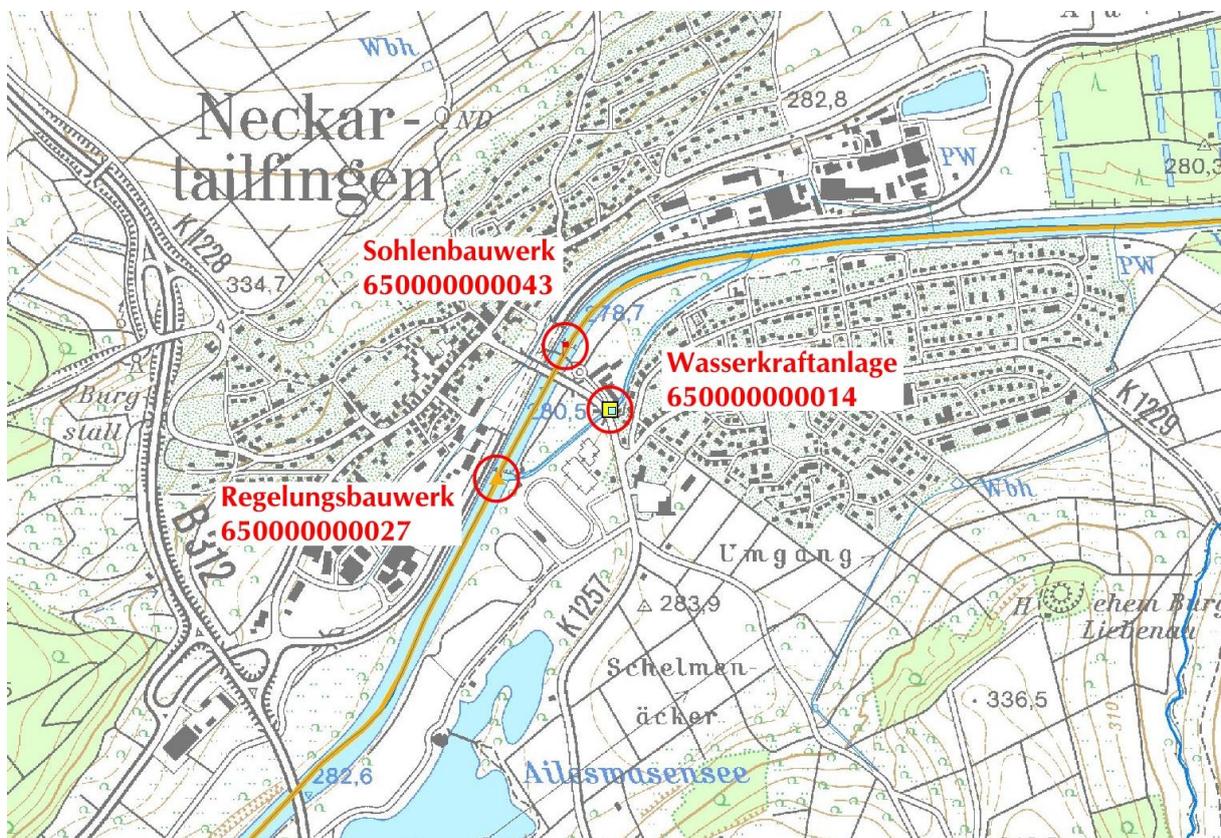


Abbildung A2-3: Ausbaustandort WKA 650000000014

In der Ausleitungsstrecke befindet sich ein Sohlenbauwerk (UIS-Nummer 650000000043). Mit einer Wasserspiegeldifferenz von 2,00 m stellt dieses bei der geringen Ausbaugröße der WKA im Status Quo selbst eines der bedeutendsten Neubaupotenziale an Sohlenbauwerken dar. Darüber hinaus zeichnet sich die theoretische Möglichkeit ab, an diesem Standort die gering ausgebaute Bestands-WKA durch ein Flusskraftwerk einer Gesamtleistung von ca. 900 kW zu ersetzen, wenn die Fallhöhen am Regelungsbauwerk und Sohlenbauwerk gemeinsam genutzt werden können. Damit wären zugleich die ökologischen Beein-

trüchtigungen der Ausleitungstrecke behoben. Unabhängig vom Kraftwerkstyp wären im Ausbaufall Vorrichtungen zum Fischabstieg zu treffen (hoher Migrationsbedarf, Aal-Einzugsgebiet).

## A3 Verteilung der Wasserkraftpotenziale auf die 10 Teilbearbeitungsgebiete

In diesem Kapitel ist die Verteilung der ermittelten Potenziale auf die Teilbearbeitungsgebiete im Einzelnen zusammengestellt. Tabelle A3-1 zeigt die Verteilung im Überblick.

<i>Tabelle A3-1: Verteilung der Potenziale auf die Teilbearbeitungsgebiete</i>										
<b>Ergebnisse für die 10 Teilbearbeitungsgebiete</b>										
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
TBG										
Anzahl der Standorte in TBG	168	296	86	52	131	51	19	179	148	96
Gesamtpotenzial [kW]	13.161	32.376	2.780	4.474	6.726	9.554	139	17.026	9.364	2.830
Jahresarbeit gesamt [MWh]	48.441	152.577	12.792	23.452	32.659	47.066	628	83.273	41.879	10.991
Potenzial nach Szenario 1 [kW]	12.709	30.822	2.640	4.216	6.376	8.893	129	16.018	8.928	2.738
Jahresarbeit Szenario 1 [MWh]	41.037	120.164	10.578	17.032	26.060	34.319	393	69.315	36.400	8.047
Potenzial nach Szenario 2 [kW]	12.106	30.331	2.485	4.115	6.139	8.805	126	15.449	8.512	2.615
Jahresarbeit Szenario 2 [MWh]	32.057	111.451	8.501	15.335	22.044	32.685	171	62.352	32.285	6.546
Zusätzl. Potenzial [kW]	4.001	9.520	1.119	1.043	2.063	2.552	8	6.755	5.017	572
Zusätzl. t.-ö.-ö. Potenzial Szenario 1 [kW]	3.556	7.976	994	801	1.713	1.891	0	5.752	4.581	480
Zusätzl. t.-ö.-ö. Potenzial Szenario 2 [kW]	3.011	7.485	844	707	1.476	1.803	0	5.192	4.165	364
Jahresarbeit aus dem zus. Potenzial [MWh]	18.762	49.632	5.476	5.691	10.517	13.923	44	32.812	22.354	2.777
Jahresarbeit aus dem zus. t.-ö.-ö. Pot. 1 [MWh]	15.270	35.716	4.343	3.599	7.646	8.173	0	25.038	18.932	2.028
Jahresarbeit aus dem zus. t.-ö.-ö. Pot. 2 [MWh]	12.060	32.163	3.306	3.129	6.162	7.551	0	21.197	16.340	1.373

Die folgenden Abbildungen A3-1 bis A3-8 dokumentieren die Verteilung des theoretischen Potenzials und der technisch-ökonomisch-ökologischen Potenziale nach den Szenarien 1 und 2 auf die Teilbearbeitungsgebiete des Neckar-Einzugsgebiets.

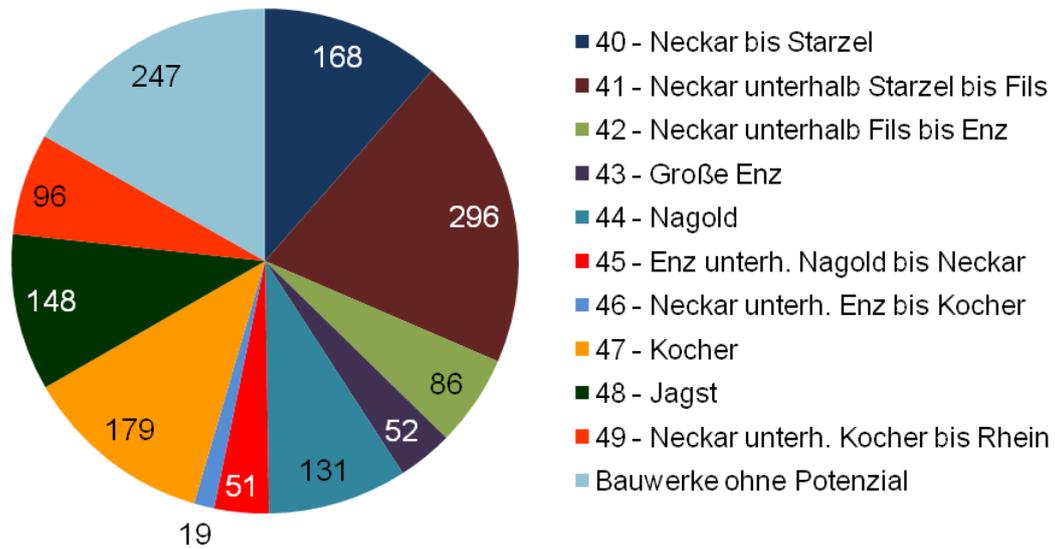


Abbildung A3-1: Verteilung der untersuchten Standorte auf die Teilbearbeitungsgebiete

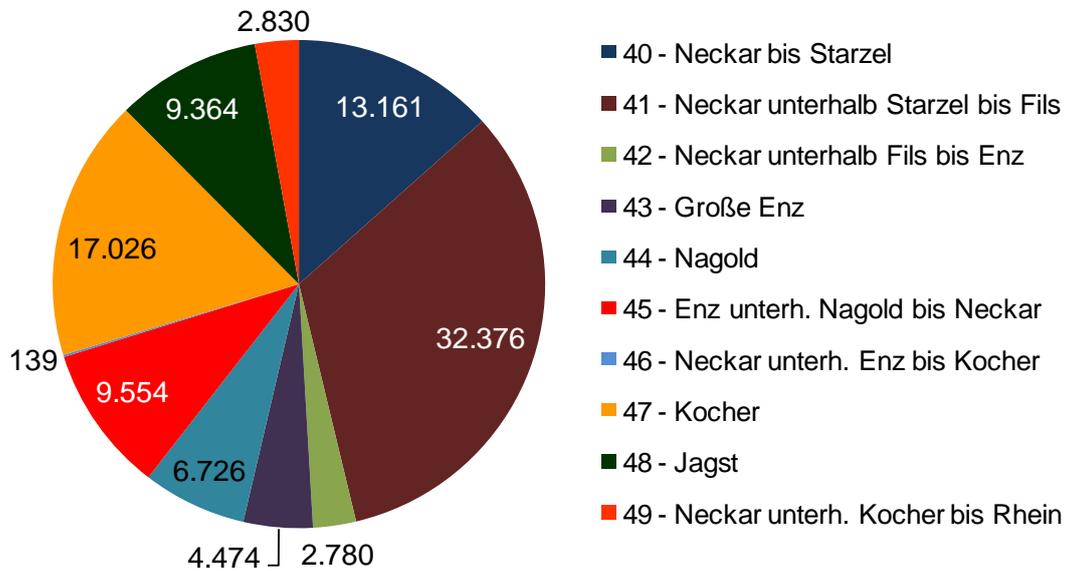
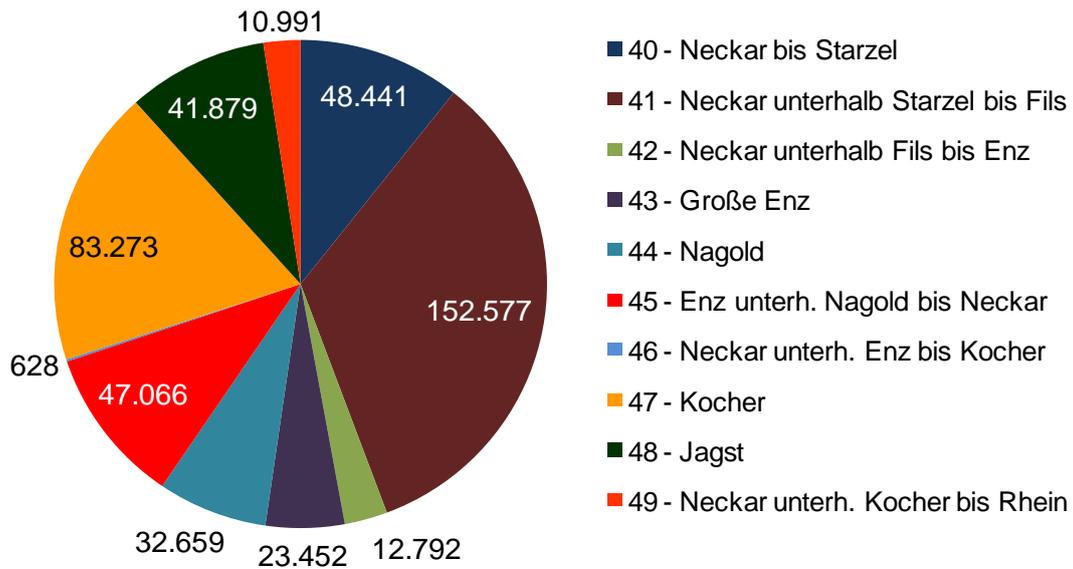
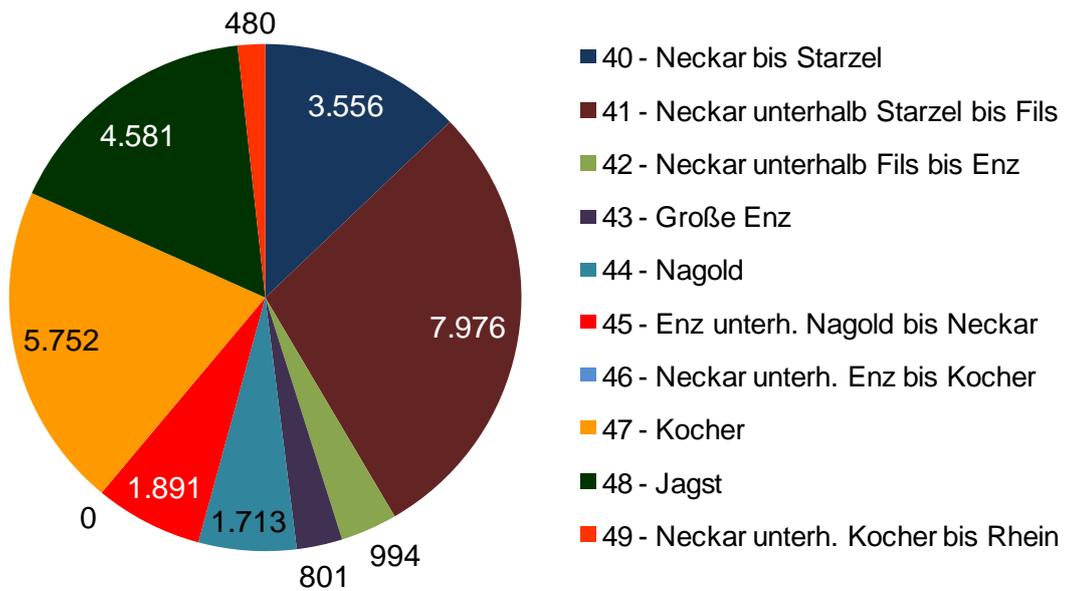


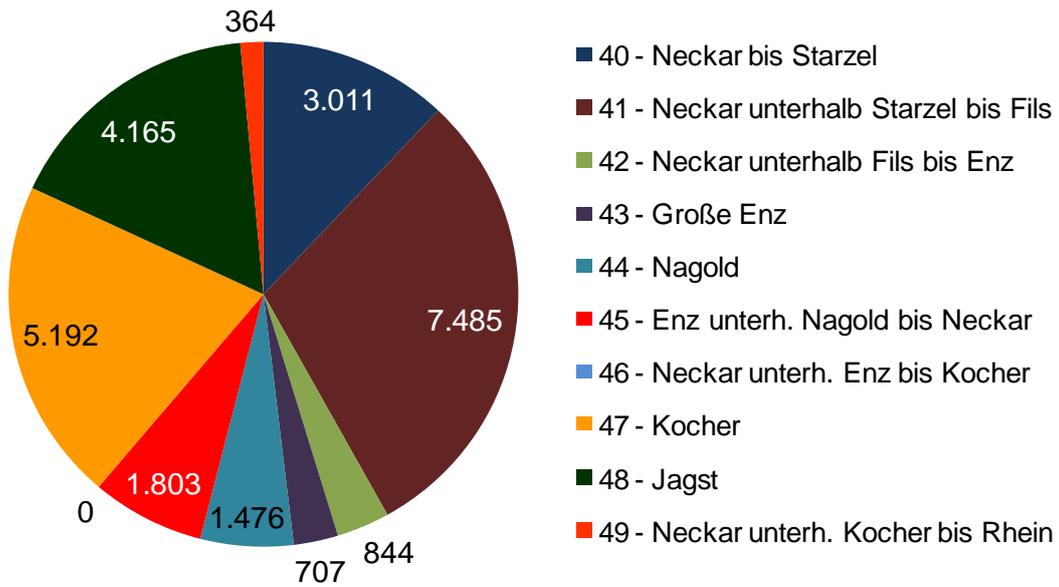
Abbildung A3-2: Verteilung des Gesamtpotenzials auf die Teilbearbeitungsgebiete [ $\Sigma = 98.431 \text{ kW}$ ]



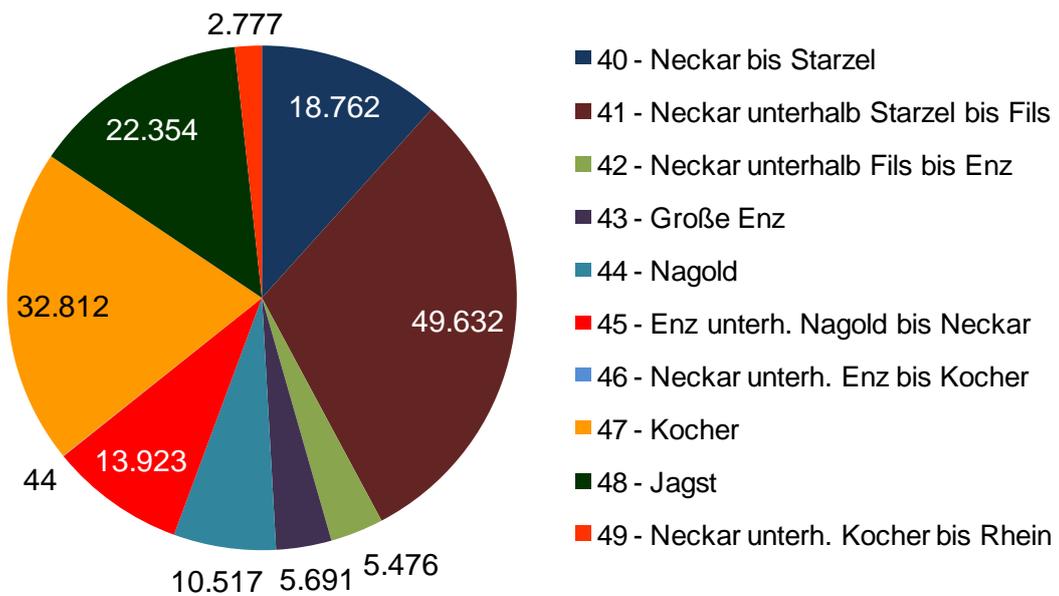
**Abbildung A3-3:** Verteilung der Jahresarbeit aus dem Gesamtpotenzial auf die Teilbearbeitungsgebiete  
 $[\Sigma = 453.758 \text{ MWh}]$



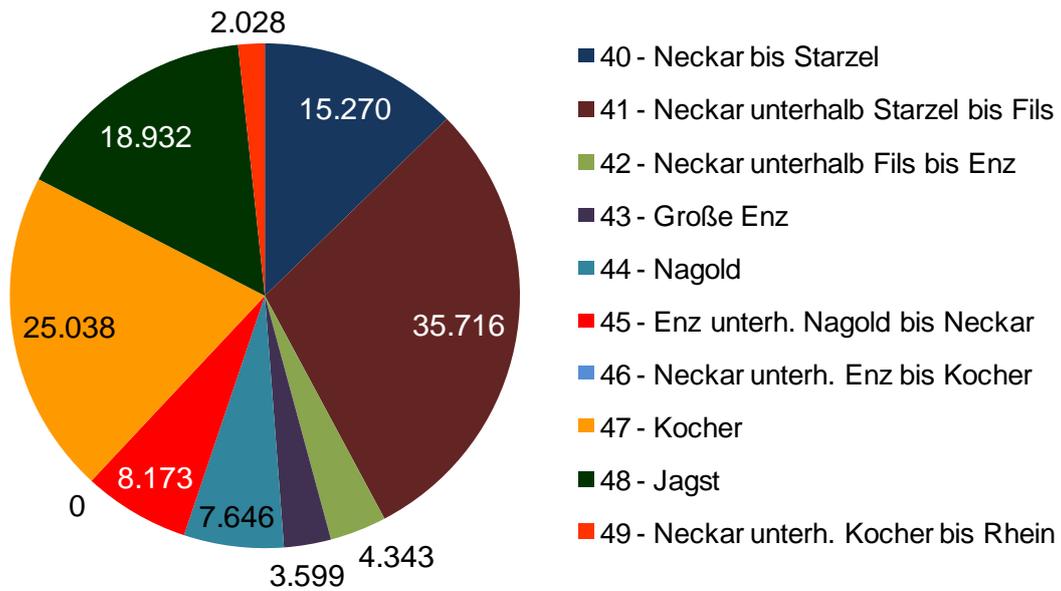
**Abbildung A3-4:** Verteilung des zusätzlichen technisch-ökonomisch-ökologischen Potenzials nach Szenario 1 auf die Teilbearbeitungsgebiete  
 $[\Sigma = 27.744 \text{ kW}]$



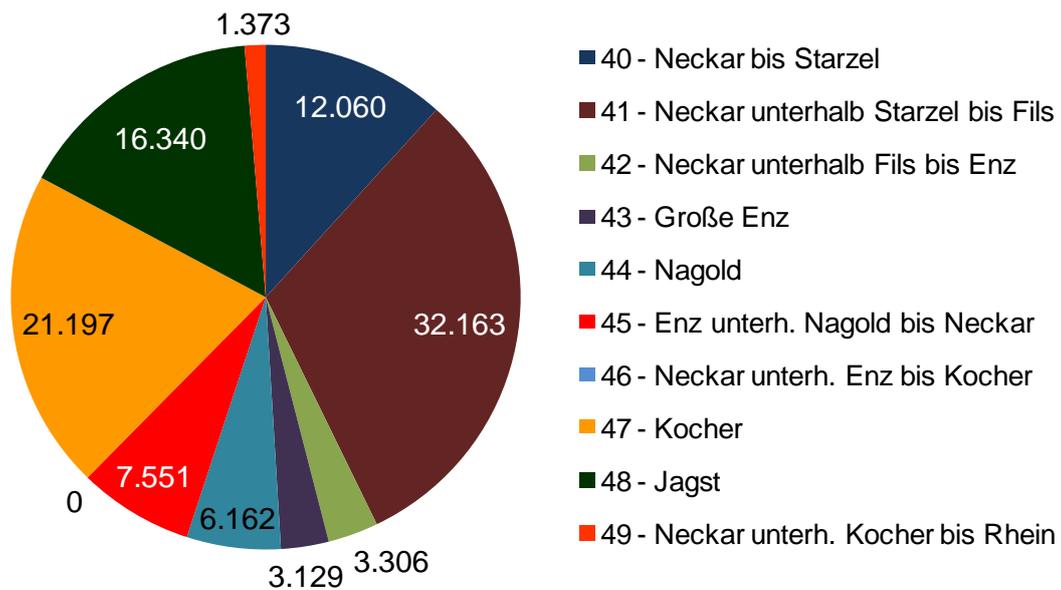
**Abbildung A3-5:** Verteilung des zusätzlichen technisch-ökonomisch-ökologischen Potenzials nach Szenario 2 auf die Teilbearbeitungsgebiete [ $\Sigma = 25.046 \text{ kW}$ ]



**Abbildung A3-6:** Verteilung der zusätzlichen Jahresarbeit aus dem theoretischen Potenzial auf die Teilbearbeitungsgebiete [ $\Sigma = 161.988 \text{ MWh/a}$ ]



**Abbildung A3-7:** Verteilung der zusätzlichen Jahresarbeit aus dem technisch-ökonomisch-ökologischen Potenzial nach Szenario 1 auf die Teilbearbeitungsgebiete [ $\Sigma = 120.745 \text{ MWh/a}$ ]



**Abbildung A3-8:** Verteilung der zusätzlichen Jahresarbeit aus dem technisch-ökonomisch-ökologischen Potenzial nach Szenario 2 auf die Teilbearbeitungsgebiete [ $\Sigma = 103.280 \text{ MWh/a}$ ]

## A4 Regelungen aus dem Aalbewirtschaftungsplan – Flussgebietseinheit Rhein

Im Folgenden sind Regelungen aus dem Aalbewirtschaftungsplan – Flussgebietseinheit Rhein mit Bezug zur Wasserkraft aufgeführt, – Textauszug aus LANUV NRW (2008).

Da die Wasserkraft maßgeblich an der Entnahme von abwanderungswilligen Aalen beteiligt bzw. für die geringe Abwanderungsrate an Blankaalen mit verantwortlich ist, ist eine Zusammenarbeit mit den Wasserkraft-Betreibern geboten. Erste Abstimmungsgespräche fanden statt, konkrete Managementvorhaben gibt es aber aktuell nur in wenigen Gebieten. Rheinland-Pfalz hat mit RWE 1995 einen Vertrag über Maßnahmen und Forschungen zur Verminderung der turbinenbedingten Aalschäden (Aalschutzinitiative Rheinland-Pfalz/RWE Power AG) geschlossen, wobei "Fang & Transport" mit den ansässigen Berufsfischern der Mosel als zunächst nur vorübergehend gedachte Maßnahme bis heute erfolgreich durchgeführt wird. Auch für den Main sind in Bayern erste Gespräche mit der Berufsfischerei über die Möglichkeiten von "Fang & Transport" geführt worden.

Es besteht allerdings das Problem, dass zur Zeit nur bedingt technische Lösungen für eine Reduzierung der Blankaalmortalität an großen Wasserkraftanlagen (z. B. für den Rheinhauptstrom) vorliegen. Um dennoch für einen gewissen Ausgleich zu sorgen, wird von der Wasserkraft erwartet, zur Realisierung folgender Maßnahmen beizutragen:

1. Errichtung neuer Wasserkraftanlagen im Aal-Einzugsgebiet nur mit funktionsfähigen Auf- und Abstiegsanlagen auch für Aale.
2. Für bereits bestehende Kraftwerke gelten folgende Optionen:
  - a. langfristig: Ausstattung bestehender Kraftwerke mit geeigneten Schutzeinrichtungen und funktionierendem Bypass (wo dies technisch möglich ist),
  - b. kurz- bis mittelfristig: Zeitweilige Abschaltung/Drosselung der Kraftwerke in den Hauptwanderzeiten, soweit die Aalabwanderungszeiten hinreichend genau feststellbar sind,
  - c. Solange a und b nicht zu realisieren sind, sollten weitere so genannte "Fang & Transport"-Maßnahmen (siehe Mosel, Main) an Flüssen mit hoher Kraftwerksmortalität initialisiert werden,
3. Weitere Erforschung zur Reduzierung der Blankaalmortalität an Kraftwerken; parallel an geeigneten Standorten (z. B. Kleinwasserkraftwerken) Einbau/Planung von Abwanderungshilfen; Erforschung von Meldesystemen für die Hauptwanderung (z. B. Echolotmethoden oder Meldungen der Berufsfischer),
4. Inspektion der in manchen Triebwerksanlagen installierten "Aalfänge",
5. Durchführung von Besatzmaßnahmen/Beteiligung an Besatzaktionen.

Besonders in Bezug auf die unter Punkt 2 angeführten Maßnahmen sollen bis Mitte 2009 mit den Wasserkraftwerksbetreibern freiwillige Vereinbarungen getroffen werden. Ist dies nicht möglich, bleibt es den einzelnen Bundesländern überlassen, die zur Gewährleistung des Aalschutzes bestehenden rechtlichen Möglichkeiten auszuschöpfen. Die Umsetzung der auf diese Weise erreichten zusätzlichen Maßnahmen erfolgt ggf. im Rahmen einer Fortschreibung des Aalbewirtschaftungsplans.

## A5 Datenmanagement und -erläuterungen

### A5.1 Ergänzung und Erweiterung von Daten des Umweltinformationssystems Baden-Württemberg

Wie in Kapitel 4 des Erläuterungsberichts beschrieben, stellen Daten des UIS BW eine wesentliche Grundlage für die Ermittlung der Wasserkraftpotenziale im Neckar-Einzugsgebiet dar. In Kapitel 4.1.1 ist dargestellt, welche Daten für bereits bestehende Datenfelder erhoben oder ergänzt wurden. Ihre Übernahme in das UIS BW liegt in der Verantwortung der unteren Wasserbehörden bei den zuständigen Landratsämtern, solange es sich nicht um wasserbauliche Anlagen im Besitz des Landes handelt.

In Tabelle A5-1 bis A5-4 sind die Datenfelder und Informationen beschrieben, die im Zuge des Projektes neu erhoben und dem Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden. In der Access-Datenbank, die zu Projektende dem Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurde, finden sich diese Daten in den Tabellen tbl\_rebw\_hydr, tbl\_sobw\_hydr, tbl\_wka\_2 und tbl\_wka\_W. Die Verknüpfung mit dem entsprechenden Bauwerk erfolgt getrennt nach Regelungsbauwerken, Sohlenbauwerken und Wasserkraftanlagen immer über die UIS-Nummer.

Tabelle A5-1: Neu erhobene Daten zur Übernahme in das UIS BW				
Feldname	Format	Einheit	Stellen	Erläuterung
Objekt Wasserkraftanlagen (WKA 41)				
Turbinen Nr.	Zahl	-	1,0	Zahl 1 bis 5
Typ	Schlüssel	-	-	Turbinentyp mit Wertliste: Schnecke, Kaplan, Francis, Durchström, Pelton, Wasserrad, sonstige, k.a.,
Q_m3/s	Zahl	m <sup>3</sup> /s	3,3	Schluckvermögen der Turbine
P_kW	Zahl	kW	5,1	Nennleistung der Turbine
Einbaujahr	Datum		jjjj	Einbaujahr der Turbine
Schluckvermögen_m3/s	Zahl	m <sup>3</sup> /s	4,1	Schluckvermögen der Wasserkraftanlage (= Summe des Schluckvermögens der Turbinen)
Einspeisung	Schlüssel	-	-	Einspeisung in das Stromnetz, „ja“, „nein“, „k.A.“
Anlagenschlüssel	Zeichenfolge	-	100	Schlüssel-ID der Anlage nach EEG zur Zuordnung der Anlage
Jahr	Datum		jjjj	Jahr der Einspeisung (Datenfelder für Angaben von 2000 bis 2010)
Einspeiseleistung_kW	Zahl	kW	6,1	Leistung der Anlage ab Generator-klemme
W_MWh	Zahl	kWh	9,2	Einspeise-Jahresarbeit der Anlage in MWh

Tabelle A5-1: Fortsetzung: Neu erhobene Daten zur Übernahme in das UIS BW				
Feldname	Format	Einheit	Stellen	Erläuterung
Objekt Wasserkraftanlagen (WKA 41)				
Vergütung_EUR	Zahl	Euro	8,2	Vergütung des Stroms
Rechenanlage	Schlüssel	-	-	Vorhandensein einer Rechenanlage, Wertliste „ja“, „nein“, „k.A.“
Rechentyp	Schlüssel	-	-	Wertliste „horizontal“, „vertikal“, „k.A.“
Stababstand Rechen_mm	Zahl	Mm	3	Stababstand der Rechenanlage
Wassertiefe_am_Rechen_m	Zahl	M	2,2	Wassertiefe am Rechen
Winkel_Grad	Zahl	°	2,0	Winkel des Rechens zur Kanalsohle
Rechenbreite_m	Zahl	m	3,2	Breite des Rechens
V_Rechen_m_s	Zahl	m/s	1,2	Anströmgeschwindigkeit am Rechen bei Nenndurchfluss durch die WKA
Bemerkungen	Zeichenfolge	-	200	Bemerkungsfeld, falls es sich bei der Rechenanlage um einen Spezialfall, z.B. Rundrechen, handelt.

Tabelle A5-2: Neu erhobene Daten zur Übernahme in das UIS BW				
Feldname	Format	Einheit	Stellen	Erläuterung
Objekt Anlagen zur Herstellung der Durchgängigkeit				
Fischabstieg				
FabA	Schlüssel	-	-	Angabe zum Vorhandensein einer Vorrichtung für den Fischabstieg, Wertliste: „ja“, „nein“, „k.A.“
Beschreibung_FabA	Zeichenfolge	-	200	Kurzbeschreibung der FabA: kann durch entsprechendes Wertfeld ersetzt werden, sobald der Leitfaden der LUBW zum Fischabstieg vorliegt.
Qbyp_m3_s	Zahl	m³/s	1,3	Abfluss über einen Bypass, eine Fischabstiegsanlage
Fischaufstieg				
Qfaa1_m3_s	Zahl	m³/s	2,3	Abfluss auf Fischaufstiegsanlage 1
Qfaa2_m3_s	Zahl	m³/s	1,3	Abfluss auf Fischaufstiegsanlage 2 soweit vorhanden
(gesamter) ökologischer Abfluss				
Qoek_m3/s	Zahl	m³/s	2,3	Gesamter ökologischer Abfluss an der Wasserkraftanlage

**Tabelle A5-3:** Neu erhobene Daten zur Übernahme in das UIS BW

Feldname	Format	Einheit	Stellen	Erläuterung
Objekt Regelungsbauwerk (RBW 194)				
Hydrologische Daten				
Aeo_km2	Zahl	km <sup>2</sup>	5,1	Einzugsgebiet am Standort des Objekts
MQ_m3_s	Zahl	m <sup>3</sup> /s	4,3	MQ am Standort des Objekts
MNQ_m3_s	Zahl	m <sup>3</sup> /s	4,3	MNQ am Standort des Objekts
Stand_Hydr._Erh.	Datum	mm.jjjj	-	Datum, an dem die hydrologischen Daten erhoben wurden

**Tabelle A5-4:** Neu erhobene Daten zur Übernahme in das UIS BW

Feldname	Format	Einheit	Stellen	Erläuterung
Objekt Sohlenbauwerk (SBW 193)				
Hydrologische Daten				
Aeo_km2	Zahl	km <sup>2</sup>	5,1	Einzugsgebiet am Standort des Objekts
MQ_m3_s	Zahl	m <sup>3</sup> /s	4,3	MQ am Standort des Objekts
MNQ_m3_s	Zahl	m <sup>3</sup> /s	4,3	MNQ am Standort des Objekts
Stand_Hydr._Erh.	Datum	mm.jjjj	-	Datum, an dem die hydrologischen Daten erhoben wurden

Im Zuge des Projekts stand das Objekt „Anlage zur Herstellung der Durchgängigkeit“ nicht zur Verfügung. Daher wurden die Daten zu Fischauf- und -abstiegsanlagen dem Auftraggeber in Verknüpfung mit der zugehörigen Wasserkraftanlage übermittelt.

## A5.2 Erläuterung der Ergebnistabellen

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie für die individuellen Standorte (=Querbauwerke im Neckar-Einzugsgebiet) wurden dem Auftraggeber in Form einer Access-Datenbank mit verschiedenen Tabellen übergeben, in denen die einzelnen Ergebnisse der Studie abgelegt sind. Folgende Tabellen zur Ermittlung der ökologischen Restriktionen und Ergebnis-Tabellen der Potenzialberechnung sind einzeln erläutert:

- Tabelle zur Ermittlung der ökologischen Abflüsse an Regelungsbauwerken mit und ohne zugeordnete Wasserkraftanlage (tbl\_ReBW\_Fischökologie)
- Tabelle zur Ermittlung der ökologischen Abflüsse an Sohlenbauwerken mit einem theoretischen hydraulischen Wasserkraftpotenzial von mindestens 8 kW ( $h * MQ * 9,81 \text{ m/s}^2 > 8 \text{ kW}$ ) (tbl\_SoBW\_Fischökologie)

- Tabelle der Wasserkraftpotenziale an Regelungsbauwerken mit und ohne zugeordnete Wasserkraftanlagen (tbl\_rebw\_potenzial)
- Tabelle der Wasserkraftpotenziale an Sohlenbauwerken (tbl\_sobw\_potenzial)

Die Parameter der Tabelle „tbl\_ReBW\_Fischökologie“ sind in Tabelle A5-5 erläutert.

Tabelle A5-5: Erläuterungen zur Tabelle tbl_ReBW_Fischökologie		
Spaltenbezeichnung	Erläuterung	Größe
TBG_ID	Nummer des Teilbearbeitungsgebiets	-
WK_ID	Nummer des Wasserkörpers	-
WIBAS_ID,N,19,0	UIS-ID des Regelungsbauwerkes	-
AE0_km2	Einzugsgebiet am Regelungsbauwerk	km <sup>2</sup>
MQ	Mittlerer Abfluss am Regelungsbauwerk	m <sup>3</sup> /s
MNQ	Mittlerer Niedrigabfluss am Regelungsbauwerk	m <sup>3</sup> /s
KW-Typ	3 = Ausleitungskraftwerk 6 = Flusskraftwerk	-
Fischaufstieg	Stromaufwärts gerichtete Durchgängigkeit des Regelungsbauwerkes Werte: gut mit Einschränkungen nein k.A.	-
Datenherkunft_FA	Informationsquelle für das Feld „Fischaufstieg“ Werte: Kartierung BaF (2006-2007) Information Wasserbehörde 2009 UIS (Umweltinformationssystem BW) k.A.	-
Jahr_WR	Jahr der wasserrechtlichen Genehmigung	-
Kartierung_Qmin-Problem	Einschätzung Mindestwasserproblem anlässlich Kartierung BaF (2006-2007)	-
Kartierung_Qmin-Maßnahme	Maßnahmenvorschlag Mindestwasser anlässlich Kartierung BaF (2006-2007)	-
FFH-Gebiet	Lage des Standortes in FFH-Gebieten: Werte: 0 = ReBW liegt nicht in FFH-Gebiet; 1 = ReBW liegt in einem FFH-Gebiet	-
FFH_OBJECTID	Objekt-ID des FFH-Gebiets Schlüssel gemäß Tabelle „stbl_FFH_BG4“ in der Datenbank	-
FFH-Fische	Vorkommen von Fischarten der Anhänge II und V der FFH-Richtlinie: Werte: 0 = FFH-Gebiet derzeit ohne gemeldete FFH-Fischarten; 1 = FFH-Gebiet mit gemeldeten FFH-Fischarten	-

Tabelle A5-5: Erläuterungen zur Tabelle tbl_ReBW_Fischökologie (Fortsetzung)		
Spaltenbezeichnung	Erläuterung	Größe
Q-min_WK-Erlass	Mindestabfluss gemäß Orientierungswert Wasserkrafterlass Baden-Württemberg	m <sup>3</sup> /s
Q-min_ist	Wasserrechtlich festgelegter Mindestabfluss	m <sup>3</sup> /s
Q-faa1_ist	Status quo: Dotation Fischaufstiegsanlage 1	m <sup>3</sup> /s
Q-faa2_ist	Status quo: Dotation Fischaufstiegsanlage 2	m <sup>3</sup> /s
Q-byp_ist	Status quo: Dotation Bypass	m <sup>3</sup> /s
Q-oek_ist	Status quo: Gesamtabfluss für fischökologische Belange (steht nicht für das WK-Potenzial zur Verfügung)	m <sup>3</sup> /s
Rule_Ausl-KW_Q-min	Regel zur Bemessung des fischökologisch angemessenen Mindestabflusses (bei Ausleitungs-KW) Werte: 0 = keine Abflussregelung 1 = Q-min_ist 11 = 1/1 MNQ 12 = 1/2 MNQ 13 = 1/3 MNQ 16 = 1/6 MNQ 20 = 0,2 m <sup>3</sup> /s 23 = 2/3 MNQ 40 = 0,4 m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Rule_Fluss-KW_Q-faa	Regel zur Bemessung der fischökologisch angemessenen Dotation der FAA (bei Fluss-KW) Werte: 0 = keine Abflussregelung 1 = Q-min_ist 11 = 1/1 MNQ 12 = 1/2 MNQ 13 = 1/3 MNQ 16 = 1/6 MNQ 20 = 0,2 m <sup>3</sup> /s 23 = 2/3 MNQ 40 = 0,4 m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Q-min_soll	Sollwert: Mindestabfluss Szenario 2	m <sup>3</sup> /s
Q-faa1_soll	Sollwert: Dotation Fischaufstiegsanlage 1 Szenario 2	m <sup>3</sup> /s
Q-faa2_soll	Sollwert: Dotation Fischaufstiegsanlage 2 Szenario 2	m <sup>3</sup> /s
Q-byp_soll	Sollwert: Dotation Bypass Szenario 2	m <sup>3</sup> /s
Q-oek_soll	Sollwert: Gesamtabfluss für fischökologische Belange (steht nicht für das WK-Potenzial zur Verfügung)	m <sup>3</sup> /s
WKA_UIS_ID	UIS-ID einer dem Regelungsbauwerk zugeordneten WKA	-

Tabelle A5-5: Erläuterungen zur Tabelle tbl_ReBW_Fischökologie (Fortsetzung)		
Spaltenbezeichnung	Erläuterung	Größe
Fall_WK-Potenzial	Fall zur Berechnung des WK-Potenzials Werte: 10 = keine Potenzialberechnung 11 = nicht genutzter Standort in FFH-Gebiet, Potenzialberechnung Standardroutine 20 = Potenzialberechnung Standardroutine 30 = Sonderfall Ökologie - individuelle Potenzialberechnung (abweichende ökol. Abflüsse) 40 = Sonderfall Technik - individuelle Potenzialberechnung	-
Kosten_FAA_%	Faktor zur Berechnung der Kosten von FAA	%
FKW_alternativ	Alternative Potenzialberechnung als Fluss-KW	-
Mig-Bedarf	Migrationsbedarf der Referenzfischfauna Werte: 1 = normaler Migrationsbedarf 2 = erhöhter Migrationsbedarf 3 = hoher Migrationsbedarf	-
Aal-EZG	Lage im Aal-Einzugsgebiet Werte: 0 = nein 1 = ja	-

Die Parameter der Tabelle „tbl\_SoBW\_Fischökologie“ sind in Tabelle A3-6 erläutert.

Tabelle A5-6: Erläuterungen zur Tabelle tbl_SoBW_Fischökologie		
Spaltenbezeichnung	Erläuterung	Größe
TBG_ID	Nummer des Teilbearbeitungsgebiets	-
WK_ID	Nummer des Wasserkörpers	-
WIBAS_ID,N,19,0	UIS-ID des Sohlenbauwerkes	-
AE0_km2	Einzugsgebiet am Sohlenbauwerk	km <sup>2</sup>
MQ	Mittlerer Abfluss am Sohlenbauwerk	m <sup>3</sup> /s
MNQ	Mittlerer Niedrigabfluss am Sohlenbauwerk	m <sup>3</sup> /s
P_theo	Theoretisches Wasserkraftpotenzial des Sohlenbauwerkes; berechnet mit $P = h * MQ * 9,81$	kW
Fischaufstieg	Stromaufwärts gerichtete Durchgängigkeit des Regelungsbauwerkes Werte: gut mit Einschränkungen nein k.A.	-

Tabelle A5-6: Erläuterungen zur Tabelle tbl_SoBW_Fischökologie (Fortsetzung)		
Spaltenbezeichnung	Erläuterung	Größe
Anlagentyp	6 = Flusskraftwerk	-
Fischabstieg	Stromabwärts gerichtete Durchgängigkeit des Sohlenbauwerkes Werte: gut mit Einschränkungen nein k.A.	-
FFH-Gebiet	Lage des Standortes in FFH-Gebieten: Werte: 0 = ReBW liegt nicht in FFH-Gebiet; 1 = ReBW liegt in einem FFH-Gebiet	-
FFH_OBJECTID	Objekt-ID des FFH-Gebiets Schlüssel gemäß Tabelle „stbl_FFH_BG4“ in der Datenbank	-
FFH-Fische	Vorkommen von Fischarten der Anhänge II und V der FFH-Richtlinie: Werte: 0 = FFH-Gebiet derzeit ohne gemeldete FFH-Fischarten; 1 = FFH-Gebiet mit gemeldeten FFH-Fischarten	-
MNQ/6	1/6 MNQ	m <sup>3</sup> /s
Rule_Fluss-KW_Q-faa	Regel zur Bemessung der fischökologisch angemessenen Dotation der FAA (bei Fluss-KW) Werte: 0 = keine Abflussregelung 1 = Q-min_ist 11 = 1/1 MNQ 12 = 1/2 MNQ 13 = 1/3 MNQ 16 = 1/6 MNQ 20 = 0,2 m <sup>3</sup> /s 23 = 2/3 MNQ 40 = 0,4 m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Q-faa1_soll	Sollwert: Dotation Fischaufstiegsanlage 1 Szenario 2	m <sup>3</sup> /s
Q-byp_soll	Sollwert: Dotation Bypass Szenario 2	m <sup>3</sup> /s
Q-oek_soll	Sollwert: Gesamtabfluss für fischökologische Belange (steht nicht für das WK-Potenzial zur Verfügung)	m <sup>3</sup> /s
WKA_UIS_ID	UIS-ID einer dem Regelungsbauwerk zugeordneten WKA	-

Tabelle A5-6: Erläuterungen zur Tabelle tbl_SoBW_Fischökologie (Fortsetzung)		
Spaltenbezeichnung	Erläuterung	Größe
Fall_WK-Potenzial	<p>Fall zur Berechnung des WK-Potenzials</p> <p>Werte: 10 = keine Potenzialberechnung</p> <p>11 = nicht genutzter Standort in FFH-Gebiet, Potenzialberechnung Standardroutine</p> <p>20 = Potenzialberechnung Standardroutine</p> <p>30 = Sonderfall Ökologie - individuelle Potenzialberechnung (abweichende ökol. Abflüsse)</p> <p>40 = Sonderfall Technik - individuelle Potenzialberechnung</p> <p>51 = Sohlenbauwerk in Ausleitungsstrecke - keine Potenzialberechnung</p> <p>52 = Sohlenbauwerk identisch mit Regelungsbauwerk - keine Potenzialberechnung</p> <p>53 = Sohlenbauwerk beseitigt - keine Potenzialberechnung</p> <p>54 = Sohlenbauwerk ist Pegelanlage - Potenzialberechnung Standardroutine</p>	-
Mig-Bedarf	<p>Migrationsbedarf der Referenzfischfauna</p> <p>Werte: 1 = normaler Migrationsbedarf</p> <p>2 = erhöhter Migrationsbedarf</p> <p>3 = hoher Migrationsbedarf</p>	-
Aal-EZG	<p>Lage im Aal-Einzugsgebiet</p> <p>Werte: 0 = nein</p> <p>1 = ja</p>	-

**Tabelle A5-7:** Fallunterscheidung und verwendete Daten in der Berechnungsroutine

Kraftwerk vorhanden	Ja										Nein
Typ vorh. Kraftwerk	Ausleitungskraftwerk					Flusskraftwerk					
Status	Außer Betrieb, stillgelegt	In Betrieb; Sonstige	Außer Betrieb, aber betriebsbereit	Genehmigt; geplant; im Verfahren; in Planung	Außer Betrieb, k. A.	Außer Betrieb, stillgelegt	In Betrieb; Sonstige	Außer Betrieb, aber betriebsbereit	Genehmigt; geplant; im Verfahren; in Planung	Außer Betrieb, k. A.	
Berechneter KW-Typ	FKW	AKW	AKW & FKW <sup>1</sup>	AKW	AKW & FKW <sup>1</sup>	FKW	FKW	FKW	FKW	FKW	FKW
Vorhandenes Potenzial	0	P_Priorität	AKW: P_Priorität FKW: 0	P_Priorität	AKW: P_Priorität FKW: 0	0	P_Priorität	P_Priorität	P_Priorität	0	0
Fallhöhe f. Potenzialber.	h_Wehr	h_WKA	AKW: h_WKA FKW: h_Wehr	h_WKA	AKW: h_WKA FKW: h_Wehr	h_Wehr	h_Wehr	h_Wehr	h_Wehr	h_Wehr	h_Wehr
Vergütung (bis 500 kW)	12,67	11,67	AKW: 11,67 FKW: 12,67	12,67	AKW: 11,67 FKW: 12,67	12,67	11,67	11,67	12,67	11,67	12,67
Kostenfaktor Bau	1	1,25	AKW: 0 FKW: 1	1,25	AKW: 0 FKW: 1	1	1	0	1	0	1
Kostenfaktor EM	1	1	AKW: 0 FKW: 1	1	AKW: 1 FKW: 1	1	1	0	1	1	1
Kostenfaktor FAA an Wehr	1	1,5	AKW: 1,5 FKW: 1	1,5	AKW: 1,5 FKW: 1	1	1,1	1,5	1	1,3	1
Kostenfaktor FAA an WKA	0	1,1	AKW: 1,1 FKW: 0	1	AKW: 1,3 FKW: 0	0	0	0	0	0	0
Kleine Erweiterung möglich	0	1	AKW: 0 FKW: 0	0	AKW: 0 FKW: 0	0	1	0	0	0	0
Fall	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>

<sup>1</sup> Alternative Berechnung beider Varianter. Diejenige Variante mit den geringeren dynamischen Gestehekungskosten ging in die Auswertung ein.

**Vorausgehende Erläuterungen:**

Szenario 1: Alle Berechnungen mit ökologischen Abflüssen gemäß Orientierungswerten Wasserkrafterlass. Im Quelltext der Berechnungsroutine zur eindeutigeren Beschriftung mit „WKE“ gekennzeichnet, was für Wasserkrafterlass steht.

Szenario 2: Alle Berechnungen mit spezifischen ökologischen Abflüssen gemäß Wasserkrafterlass. Im Quelltext der Berechnungsroutine zur eindeutigeren Beschriftung mit „FV“.

<b>TABELLE A5-8: SPALTEN IN DER AUSGABETABELLE NACH BERECHNUNG DER DATENSÄTZE (TBL_REBW_POTENZIAL)</b>		
<b>Spaltenbezeichnung<sup>2</sup></b>	<b>Erläuterung</b>	<b>Größe</b>
WIBAS_ID_Wehr (UIS-ID_rbw)	UIS-ID des Regelungsbauwerks (REBW)	-
Teilgebiet (TBG)	Nummer des Teilbearbeitungsgebiets	-
h_Wehr (h_rbw)	Wasserspiegeldifferenz am REBW	m
MQ (MQ_m3_s)	Mittelwasserabfluss am REBW	m <sup>3</sup> /s
MNQ (MNQ_m3_s)	Mittlerer Niedrigwasserabfluss am REBW	m <sup>3</sup> /s
Kostenansatz1_FAA (KA1_FAA)	Faktor für Kostenberechnung für Fischaufstiegsanlage (FAA) an WKA	%
WIBAS_ID_WKA (UIS-ID_wka)	UIS-ID einer dem REBW zugeordneten Wasserkraftanlage (WKA)	-
h_WKA (h_wka)	Wasserspiegeldifferenz an WKA	m
Q_WKA_aktuell (Q_wka_akt)	Ausbauwassermenge der WKA („Schluckvermögen“)	m <sup>3</sup> /s
P_WKA_aktuell (P_wka_akt)	Ausbauleistung der WKA laut technischer Unterlagen Wasserbehörde	kW
P_EEG_07 (P_EEG_2007)	Leistung der WKA laut Einspeisedaten 2007 nach EEG	kW
P_WKA_Priorität (P_wka_prio)	Für weitere Berechnung herangezogene Ausbauleistung Prioritätenfolge, sofern Feld ausgefüllt und ungleich null:  1. P_EEG_07 2. P_WKA_aktuell 3. Q_WKA_aktuell (multipliziert mit: h_WKA · 8)	kW
KW_Typ	Berechneter Kraftwerkstyp (3: Ausleitungs-KW, 6: Fluss-KW)	-

<sup>2</sup> In Klammer () stehen die Feldnamen, wie sie in der übergebenen Access-Datei benutzt werden.

<b>TABELLE A5-8: SPALTEN IN DER AUSGABETABELLE NACH BERECHNUNG DER DATENSÄTZE (TBL_REBW_POTENZIAL) (FORTSETZUNG)</b>		
<b>Spaltenbezeichnung<sup>3</sup></b>	<b>Erläuterung</b>	<b>Größe</b>
Q_min_WKE (Qmin_WKE)	Mindestabfluss im Szenario 1 (Richtwert Wasserkrafterlass (WKE)), der nicht zur Energieerzeugung zur Verfügung steht	m <sup>3</sup> /s
Q_FAA1_soll (QFAA1_so)	Dotation FAA an WKA nach Szenario 2, unter Berücksichtigung spezifischer ökologischer Anforderungen	m <sup>3</sup> /s
Q_FAA2_soll (QFAA2_so)	Dotation FAA am REBW nach Szenario 2	m <sup>3</sup> /s
Q_Bypass (QByp_so)	Dotation Bypass (Fischabstieg) nach Szenario 2	m <sup>3</sup> /s
Q_min_FV (Qoek_Sz2)	Summe der Abflüsse für fischökologische Belange, die im Szenario 2 nicht zur Energieerzeugung zur Verfügung steht: Qmin_Sz2 = QFAA1_so + QFAA2_so + Q_Byp_so	m <sup>3</sup> /s
Aal_EZG (Aal_EZG)	Lage in einem Aal-Einzugsgebiet (siehe Tabelle A3-5 und A3-6)	-
Migrationsbedarf (Mig_Bed)	Einstufung des Migrationsbedarfs der Fischfauna (siehe Tabelle A3-5 und A3-6)	-
Groesser_8kW groes_8kW	= 1; wenn Zusätzliches Potenzial (ohne ökol. Abflüsse) größer 8 kW	-
Q_WKE (Q_WKE)	Nach Szenario 1 für Energieerzeugung zur Verfügung stehender Abfluss: Q_WKE = MQ – Q_min_WKE	m <sup>3</sup> /s
Q_FV (Q_Sz2)	Nach Szenario 2 für Energieerzeugung zur Verfügung stehender Abfluss: Q_Sz2 = MQ – Qoek_Sz2	m <sup>3</sup> /s
P_vorhanden (P_vorh)	Vorhandenes Potenzial, das vom Gesamtpotenzial abgezogen wird. Siehe Tabelle „Fallunterscheidung“	kW
P_g (P_g)	Gesamtpotenzial: P_g = MQ * h * 8 (für Fallhöhe h siehe Tabelle „Fallunterscheidung“)	kW
P_g_WKE (P_g_WKE)	Gesamtpotenzial abzüglich Qmin_WKE: P_g_WKE = (MQ – Qmin_WKE) * 8 * h	kW
P_g_FV (P_g_Sz2)	Gesamtpotenzial abzüglich Qoek_Sz2: P_g_FV = (MQ – Qoek_Sz2) * 8 * h	kW
P_z (P_z)	Zusätzliches Potenzial: P_z = P_g – P_vorh	kW
P_z_WKE (P_z_WKE)	P_z_WKE = P_g_WKE – P_vorh	kW
P_z_FV (P_z_Sz2)	P_z_Sz2 = P_g_Sz2 – P_vorh	kW
Volllaststunden (Voll_h)	Volllaststundenzahl mit Q_ökol = 0 (siehe Kapitel 6.3)	h
Volllaststunden_WKE (Voll_h_WKE)	Volllaststundenzahl mit Q_ökol = Qmin_WKE (siehe Kapitel 6.3)	h

<sup>3</sup> In Klammer () stehen die Feldnamen, wie sie in der übergebenen Access-Datei benutzt werden.

<b>TABELLE A5-8: SPALTEN IN DER AUSGABETABELLE NACH BERECHNUNG DER DATENSÄTZE (TBL_REBW_POTENZIAL) (FORTSETZUNG)</b>		
<b>Spaltenbezeichnung<sup>4</sup></b>	<b>Erläuterung</b>	<b>Größe</b>
Volllaststunden_FV (Voll_h_Sz2)	Volllaststundenzahl mit $Q_{\text{ökol}} = Q_{\text{oek\_Sz2}}$ (siehe Kapitel 6.3)	h
Ea_g (Ea_g)	Gesamte Jahresarbeit $Ea_g = P_g * \text{Voll}_h$	kWh
Ea_g_WKE (Ea_g_WKE)	Jahresarbeit im Szenario 1 $Ea_g\_WKE = P_g\_WKE * \text{Voll}_h\_WKE$	kWh
Ea_g_FV (Ea_g_Sz2)	Jahresarbeit im Szenario 2 $Ea_g\_FV = P_g\_Sz2 * \text{Voll}_h\_Sz2$	kWh
Ea_z (Ea_z)	Zusätzliche Jahresarbeit $Ea_z = P_z * \text{Voll}_h$	kWh
Ea_z_WKE (Ea_z_WKE)	Zusätzliche Jahresarbeit im Szenario 1 $Ea_z\_WKE = P_z\_WKE * \text{Voll}_h\_WKE$	kWh
Ea_z_FV (Ea_z_Sz2)	Zusätzliche Jahresarbeit im Szenario 2 $Ea_z\_Sz2 = P_z\_Sz2 * \text{Voll}_h\_Sz2$	kWh
kleine_Erweiterung2 (kl_Erw)	Baukosten können bei Fall 2 und Fall 7 entfallen, wenn: $P_z \leq 0,3 * P_g$	-
K_Bau (K_bau)	Kosten für Bau	€
Wasserrad_Schnecke (WR_Schn)	= 1, wenn Möglichkeit zur Installation eines Wasserrades oder einer Schnecke falls $MQ < 2 \text{ m}^3/\text{s}$ und $h < 2 \text{ m}$ . Kosten für EM verringern sich dann um 20 %	-
K_EM (K_EM)	Kosten für elektromechanische Ausrüstung	€
Q_FAA_FI (QFAA_FI)	Hydraulisch notwendiger Mindestabfluss für eine funktionsfähige Fischaufstiegsanlage	$\text{m}^3/\text{s}$
K_FAA_FV (K_FAA_Sz2)	Kosten für FAA mit Abfluss $Q_{\text{FAA1\_so}}$ und Fallhöhe $h_{\text{rbw}}$	€
K_FAA_WKE (K_FAA_WKE)	Kosten für FAA mit Abfluss $Q_{\text{min\_WKE}}$ und Fallhöhe $h_{\text{rbw}}$	€
K_FAA2_FV (K_FAA2_Sz2)	Kosten für zweite FAA mit Abfluss $Q_{\text{FAA2\_so}}$ und Fallhöhe $h_{\text{wka}}$	€
K_Fischschutz (K_FAB)	Kosten für Fischschutz	€
Investitionen_1_WKE (Inv1_WKE)	Investitionen nach Szenario 1	€
Investitionen_1_FV (Inv1_Sz2)	Investitionen nach Szenario 2	€
Vergütung (Verg_EUR_kWh)	Vergütung (abhängig von Anlagengröße, Neubau, Erweiterung)	€/kWh

<sup>4</sup> In Klammer () stehen die Feldnamen, wie sie in der übergebenen Access-Datei benutzt werden.

<b>TABELLE A5-8: SPALTEN IN DER AUSGABETABELLE NACH BERECHNUNG DER DATENSÄTZE (TBL_REBW_POTENZIAL) (FORTSETZUNG)</b>		
<b>Spaltenbezeichnung<sup>5</sup></b>	<b>Erläuterung</b>	<b>Größe</b>
JE_z (JE_z)	Zusätzlicher Jahresertrag $JE_z = Ea_z * Verg\_EUR\_kWh$	€
JE_z_WKE (JE_z_WKE)	Zusätzlicher Jahresertrag nach Szenario 1 $JE_z\_WKE = Ea\_z\_WKE * Verg\_EUR\_kWh$	€
JE_z_FV (JE_z_Sz2)	Zusätzlicher Jahresertrag nach Szenario 2 $JE_z\_Sz2 = Ea\_z\_Sz2 * Verg\_EUR\_kWh$	€
Amortisationszeit_WKE (Amz_WKE)	Amortisationszeit nach Szenario 1 $Amz\_WKE = Inv1\_WKE / JE\_z\_WKE$	Jahre
Amortisationszeit_FV (Amz_Sz2)	Amortisationszeit nach Szenario 2 $Amz\_Sz2 = Inv1\_Sz2 / JE\_z\_Sz2$	Jahre
P_min_FI (Pmin_FI)	Potenzial für Mindestwasserfall 1 im Szenario 1 & 2 $Pmin\_FI = 8 * h\_rbw * (QFAA\_FI - QFAA\_FI) = 0$	kW
P_min_WKE (Pmin_WKE)	Potenzial für Mindestwasserfall 2 im Szenario 1 $Pmin\_WKE = 8 * h\_rbw * (Qmin\_WKE - QFAA\_FI)$	kW
P_min_FV (Pmin_Sz2)	Potenzial für Mindestwasserfall 2 im Szenario 2 $Pmin\_Sz2 = 8 * h\_rbw * (Qmin\_Sz2 - QFAA\_FI - QFAA\_2\_so - Q\_Byp\_so)$	kW
E_min_WKE (Emin_WKE)	Jahresarbeit aus Mindestwasserpotenzial im Szenario 1 $Emin\_WKE = Pmin\_WKE * 8760$	kWh
E_min_FV (Emin_Sz2)	Jahresarbeit aus Mindestwasserpotenzial im Szenario 2 $Emin\_Sz2 = Pmin\_Sz2 * 8760$	kWh
KFAKR (KFAKR)	Kapitalwiedergewinnungsfaktor $KFAKR = 0,0465$	-
Investitionen_2_WKE (Inv2_WKE)	$Inv2\_WKE = 1,2 * Inv1\_WKE$ (siehe Kapitel 6)	€
Investitionen_2_FV (Inv2_Sz2)	$Inv2\_Sz2 = 1,2 * Inv1\_Sz2$ (siehe Kapitel 6)	€
LK_WKE (LK_WKE)	Laufende Kosten in Szenario 1 $LK\_WKE = 0,02 * Inv2\_WKE$	€
LK_FV (LK_Sz2)	Laufende Kosten im Szenario 2 $LK\_Sz2 = 0,02 * Inv2\_Sz2$	€
JK_WKE (JK_WKE)	Jahreskosten im Szenario 1 $JK\_WKE = Inv2\_WKE * 0,02 + LK\_WKE$	€
JK_FV (JK_Sz2)	Jahreskosten im Szenario 2 $JK\_Sz2 = Inv2\_Sz2 * 0,02 + LK\_Sz2$	€
DGK_WKE (DGK_WKE)	Dynamische Gestehungskosten im Szenario 1 $DGK\_WKE = JK\_WKE / Ea\_z\_WKE$	€/kWh
DGK_FV (DGK_Sz2)	Dynamische Gestehungskosten im Szenario 2 $DGK\_Sz2 = JK\_Sz2 / Ea\_z\_Sz2$	€/kWh

<sup>5</sup> In Klammer () stehen die Feldnamen, wie sie in der übergebenen Access-Datei benutzt werden.

<b>TABELLE A5-8: SPALTEN IN DER AUSGABETABELLE NACH BERECHNUNG DER DATENSÄTZE (TBL_REBW_POTENZIAL) (FORTSETZUNG)</b>		
<b>Spaltenbezeichnung<sup>6</sup></b>	<b>Erläuterung</b>	<b>Größe</b>
Wirtschaftlichkeitsstufe_WKE (WS_WKE)	Wirtschaftlichkeitsstufe Szenario 1 (siehe Kapitel 6)	-
Wirtschaftlichkeitsstufe_FV (WS_Sz2)	Wirtschaftlichkeitsstufe Szenario 2 (siehe Kapitel)	-
P_0_alternativ (P_0_alt)	Bei alternativer Berechnung von Fluss- und Ausleitungskraftwerk, gibt P_0_alternativ die Leistung der unwirtschaftlicheren Variante an	kW
Fall_WK_Potenzial (Fall_WK_Pot)	Inputwert, keine Anwendung in der Berechnungsroutine. Wichtig für Auswertung. Erklärung siehe Tabelle A3-5 und A3-6.	-
FFH_Gebiet (FFH-Gebiet)	Inputwert, keine Anwendung in der Berechnungsroutine. Wichtig für Auswertung. Erklärung siehe Tabelle A3-5 und A3-6.	-
Virtuelles_Wehr (virt_Wehr)	Inputwert, keine Anwendung in der Berechnungsroutine. Wichtig für Auswertung. Erklärung siehe tbl_rebw_hydr.	-
Mindestwasser_KW (Miwa_KW)	Inputwert, keine Anwendung in der Berechnungsroutine. Wichtig für Auswertung. Erklärung siehe tbl_rebw_hydr	-
h < 30cm	0 = nein 1 = ja (keine Potenzialberechnung)	

In der Tabelle tbl\_SOBW\_Potenzial finden sich die entsprechenden Spalten, allerdings entfallen naturgemäß die Angaben zu einer bestehenden Wasserkraftnutzung.

### A5.3 Beispiel für die Wirtschaftlichkeitsberechnung

In der folgenden Tabelle A5-9 ist an dem in Kapitel A2.3 beschriebenen Beispiel das Vorgehen zur Bewertung und Potenzialermittlung beispielhaft in allen Einzelschritten nachvollzogen.

<b>Tabelle A5-9: Beispielhafte Berechnung eines Wasserkraftpotenzials</b>	
<b>Gegebene Daten</b>	
REBW 650000000027	
TBG	41
Fallhöhe am Wehr h <sub>Wehr</sub>	1,73 m
MQ	32,45 m <sup>3</sup> /s
MNQ	8,87 m <sup>3</sup> /s
Kostenansatz FAA 1	0 (da Neubau FAA in 2009)
WKA 650000000014	
Fallhöhe an der Wasserkraftanlage h <sub>WKA</sub>	3,6 m
Schluckvermögen	7 m <sup>3</sup> /s

<sup>6</sup> In Klammer () stehen die Feldnamen, wie sie in der übergebenen Access-Datei benutzt werden.

<b>Tabelle A5-9: Beispielhafte Berechnung eines Wasserkraftpotenzials (Fortsetzung)</b>	
Leistung laut Triebwerksakten	198 kW
Netzeinspeisung EEG 2007	200 kW
Kraftwerkstyp	Ausleitungskraftwerk
Aal-Einzugsgebiet	1 = ja
Migrationsbedarf	3 = hoher Migrationsbedarf
Mindestwasserabgabe nach Szenario 1 • $Q_{\min\_WKE}$	$1/3 \text{ MNQ} = 2,957 \text{ m}^3/\text{s}$
Ökologische Abflüsse nach Szenario 2 • $Q_{\text{FAA1}}$ • $Q_{\text{FAA2}}$ • $Q_{\text{Byp}}$ • $Q_{\min\_FV}$	$2,957 \text{ m}^3/\text{s}$ $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ $3,257 \text{ m}^3/\text{s}$
<b>Potenzialberechnung</b>	
Wassermenge, die nach Szenario 1 zur Stromerzeugung zur Verfügung steht	$Q_{\text{WKE}} = \text{MQ} - Q_{\min\_WKE} = 29,493 \text{ m}^3/\text{s}$
Wassermenge, die nach Szenario 2 zur Stromerzeugung zur Verfügung steht	$Q_{\text{FV}} = \text{MQ} - Q_{\min\_Sz2} = 29,193 \text{ m}^3/\text{s}$
Vorhandene Leistung	$P_{\text{vorh}} = 200 \text{ kW}$
Gesamtpotenzial	$P_g = 8 * h_{\text{WKA}} * \text{MQ}$ $= 8 * 3,6\text{m} * 32,45\text{m}^3/\text{s} = 934,56 \text{ kW}$
Technisch-ökonomisch-ökologisches Gesamtpotenzial nach Szenario 1	$P_{g\_WKE} = 8 * h_{\text{WKA}} * Q_{\text{WKE}}$ $= 8 * 3,6\text{m} * 29,493\text{m}^3/\text{s} = 849,4 \text{ kW}$
Technisch-ökonomisch-ökologisches Gesamtpotenzial nach Szenario 2	$P_{g\_Sz2} = 8 * h_{\text{WKA}} * Q_{\text{Sz2}}$ $= 8 * 3,6\text{m} * 29,193\text{m}^3/\text{s} = 840,8 \text{ kW}$
Zusätzliches Potential	$P_z = P_g - P_{\text{vorh}}$ $= 934,56 \text{ kW} - 200 \text{ kW} = 734,56 \text{ kW}$
Zusätzliches t.-ö.-ö. Potential nach Szenario 1	$P_{z\_WKE} = P_{g\_WKE} - P_{\text{vorh}}$ $= 849,4 \text{ kW} - 200 \text{ kW} = 649,4 \text{ kW}$
Zusätzliches t.-ö.-ö. Potential nach Szenario 2	$P_{z\_FV} = P_{g\_FV} - P_{\text{vorh}}$ $= 840,8 \text{ kW} - 200 \text{ kW} = 640,8 \text{ kW}$
<b>Jahresarbeit</b>	
Jahresarbeit ohne ökologische Abzüge	$E_a = \Delta t * P$
• aus dem Gesamtpotenzial	$E_{a\_g} = \Delta t * P_g$ $= 5456 \text{ h} * 934,56 \text{ kW} = 5.099 \text{ MWh/a}$
• aus dem zusätzl. Potential	$E_{a\_z} = \Delta t * P_z$ $= 5456 \text{ h} * 734,56 \text{ kW} = 4.008 \text{ MWh/a}$
Jahresarbeit nach Szenario 1	

<b>Tabelle A5-9: Beispielhafte Berechnung eines Wasserkraftpotenzials (Fortsetzung)</b>	
• aus dem t.-ö.-ö. Gesamtpotenzial	$Ea\_g\_WKE = \Delta t_1 \cdot P\_g\_WKE$ $= 4235 \text{ h} \cdot 849,4 \text{ kW} = 3.597 \text{ MWh/a}$
• aus dem zusätzl. t.-ö.-ö. Potenzial	$Ea\_z\_WKE = \Delta t_1 \cdot P\_z\_WKE$ $= 4235 \text{ h} \cdot 649,4 \text{ kW} = 2.750 \text{ MWh/a}$
Jahresarbeit nach Szenario 2	
• aus dem t.-ö.-ö. Gesamtpotenzial	$Ea\_g\_Sz2 = \Delta t_2 \cdot P\_g\_Sz2$ $= 4127 \text{ h} \cdot 840,8 \text{ kW} = 3.470 \text{ MWh/a}$
• aus dem zusätzl. t.-ö.-ö. Potenzial	$Ea\_z\_Sz2 = \Delta t_2 \cdot P\_z\_Sz2$ $= 4127 \text{ h} \cdot 640,8 \text{ kW} = 2.645 \text{ MWh/a}$
<b>Kostenermittlung</b>	
Betriebsstatus der WKA	In Betrieb
Kostenberechnung:	
• Baukosten	$K_{BAU} = 1,25 \cdot 21.500 \cdot \left( \frac{P_z}{h_{WKA}^{0,3}} \right)^{0,71}$ $= 2.216.845 \text{ €}$
• Kosten für elektro- und maschinen-technische Ausrüstung	$K_{EM} = 17.356 \cdot \left( \frac{P_z}{h_{WKA}^{0,3}} \right)^{0,65} + 650 \cdot \left( \frac{P_z}{h_{WKA}^{0,3}} \right)^{0,98}$ $= 1.273.148 \text{ €}$
• Kosten für den Bau einer FAA am Wehr	$K_{FAA1} = 0 \text{ €}$
• Kosten für den Bau einer 2. FAA mit $Q_{FAA2}$ an der WKA (nur Szenario 2)	$K_{FAA2} = 7311,7 \cdot (200 \text{ l/s})^{-0,579} \cdot 200 \text{ l/s} \cdot 3,6\text{m} \cdot 1,5$ $= 367.406 \text{ €}$
• Baukosten für Fischschutz und Fischabstieg (nur Szenario 2)	$K_{FAB} = 1.300 \cdot \left( \frac{P_g}{h_{WKA}^{0,3}} \right)^{0,84}$ $= 294.486 \text{ €}$
Investitionen 1 = Summe der Baukosten	
• Nach Szenario 1	$I_{1\_WKE} = K_{Bau} + K_{EM} + K_{FAA} = 3.489.993 \text{ €}$
• Nach Szenario 2	$I_{1\_Sz2} = K_{Bau} + K_{EM} + K_{FAA1} + K_{FAA2} + K_{FAB} = 4.151.885 \text{ €}$
<b>Jahresertrag</b>	
Vergütung	11,67 ct/kWh (Ausbau)
Jahresertrag	
• Aus Gesamtpotenzial	$JE\_z = Ea\_z \cdot \text{Vergütung}$ $= (500\text{kW} \cdot 11,67\text{ct/kWh} + (734,56 \text{ kW} - 500 \text{ kW}) \cdot 8,65 \text{ ct/kWh}) \cdot 5456 \text{ h}$ $= 429.057 \text{ €/a}$

<b>Tabelle A5-9: Beispielhafte Berechnung eines Wasserkraftpotenzials (Fortsetzung)</b>	
• Nach Szenario 1	$JE\_z\_WKE = (500kW * 11,67 \text{ ct/kWh} + (649,4 \text{ kW} - 500 \text{ kW}) * 8,65 \text{ ct/kWh}) * 4235 \text{ h}$ $= 301.842 \text{ €/a}$
• Nach Szenario 2	$JE\_z\_Sz2 = (500kW * 11,67 \text{ ct/kWh} + (640,8 \text{ kW} - 500 \text{ kW}) * 8,65 \text{ ct/kWh}) * 4127 \text{ h}$ $= 291.074 \text{ €/a}$
Vereinfachte Amortisationszeit	
• Nach Szenario 1	$Inv1\_WKE / JE\_z\_WKE = 8,134 \text{ a}$
• Nach Szenario 2	$Inv1\_Sz2 / JE\_z\_Sz2 = 9,122 \text{ a}$
<b>Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für das zusätzliche Potenzial bzw. Ausbau</b>	
• Investitionen 2 = Investitionen 1 + Allgemeine Kosten (20 % der I <sub>1</sub> )	
○ Szenario 1	$Inv2\_WKE = 1,2 * Inv1\_WKE = 4.187.992 \text{ €}$
○ Szenario 2	$Inv2\_Sz2 = 1,2 * Inv1\_Sz2 = 4.696.773 \text{ €}$
• Laufende Kosten (2 % der Investitionen 2)	
○ Szenario 1	$LK\_WKE = 0,02 * Inv2\_WKE = 83.760 \text{ €}$
○ Szenario 2	$LK\_FV = 0,02 * Inv2\_Sz2 = 93.935 \text{ €}$
• Langjähriger Kalkulationszinssatz	$i = 3 \%$
• Durchschnittliche Nutzungsdauer	$n = 35 \text{ Jahre}$
• Kapitalwiedergewinnungsfaktor KFAKR	$KFAKR = \frac{i \cdot (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} = 0,0465$
• Jahreskosten	
○ Szenario 1	$JK\_WKE = I\_2\_WKE * KFAKR + LK\_WKE = 278.501 \text{ €/a}$
○ Szenario 2	$JK\_Sz2 = I\_2\_Sz2 * KFAKR + LK\_Sz2 = 312.335 \text{ €/a}$
• Dynamische Stromgestehungskosten	
○ Szenario 1	$DGK\_WKE = JK\_WKE / Ea\_z\_WKE$ $= 278.501 \text{ €/a} / 2.750 \text{ MWh/a}$ $= 0,1013 \text{ €/kWh}$ <p>Wirtschaftlichkeitsstufe B</p>
○ Szenario 2	$DGK\_Sz2 = JK\_Sz2 / Ea\_z\_Sz2$ $= 312.335 \text{ €/a} / 2.645 \text{ MWh/a} = 0,118 \text{ €/kWh}$ <p>Wirtschaftlichkeitsstufe C</p>
<b>Mindestwasserpotenzial</b>	
Mindestens erforderliche Dotation in FAA lt. Abb. 6-11	$Q_{FAA} = 0,598 \text{ m}^3/\text{s}$
Mindestwasserpotenzial	

Tabelle A5-9: Beispielhafte Berechnung eines Wasserkraftpotenzials (Fortsetzung)	
• In Szenario 1	$P_{\min\_WKE} = 8 * 1,73m * (2,957 - 0,598)m^3/s$ $= 32,65 \text{ kW}$
• In Szenario 2	$P_{\min\_Sz2} = 8 * 1,73m * (3,257 - 0,598 - 0,2 - 0,1)m^3/s$ $= 32,65 \text{ kW}$
Jahresarbeit aus Mindestwasserpotenzial	
• In Szenario 1	$E_{\min\_WKE} = 32,65 \text{ kW} * 8760 \text{ h} = 286 \text{ MWh}$
• In Szenario 2	$E_{\min\_Sz2} = 32,65 \text{ kW} * 8760 \text{ h} = 286 \text{ MWh}$

## **A6 Bis zum Jahr 2009 publizierte Studien zum Ausbaupotenzial der Wasserkraft im Einzugsgebiet des Neckars**

Aus den letzten Jahren liegen verschiedene regionale Studien zur Erfassung der Wasserkraftpotenziale in Teilen des Neckar-Einzugsgebiets vor. Sie unterscheiden sich in Anlass, Vorgehensweise und Darstellung der Ergebnisse erheblich. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über die im Rahmen der vorliegenden Arbeit ausgewerteten Studien gegeben.

GRAF (1986) untersuchte im Rahmen einer Diplomarbeit das Ausbaupotenzial der Wasserkraftanlagen mit einem Regelarbeitsvermögen von mindestens 630 MWh/a in Baden-Württemberg. Im Einzugsgebiet des Neckars (ohne Bundeswasserstraße Neckar) erfasst die Arbeit 61 Anlagen mit einer Gesamtleistung von 23,5 MW, die zusammen ein Regelarbeitsvermögen von 95 GWh/a erreichen. An diesen Anlagen nennt der Autor ein Ausbaupotenzial von 32 GWh/a.

Im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie Baden-Württemberg erfolgte im Jahr 1986 eine Ermittlung des Wasserkraftpotenzials für das Land Baden-Württemberg (HILDEBRAND & KERN 1986). Im Rahmen dieser Studie wurde für das Neckar-Einzugsgebiet ohne Bundeswasserstraße Neckar ein Linienpotenzial von 2.251 GWh/a ermittelt.

GIESECKE et al. (1987) bezifferten das installierte Regelarbeitsvermögen der Wasserkraftanlagen mit einem Regelarbeitsvermögen von mindestens 600 MWh/a im Neckar-Einzugsgebiet auf rund 640 GWh/a. Rund zwei Drittel davon steuern die Anlagen an der Bundeswasserstraße Neckar bei. Die Studie beziffert das bis 2020 erschließbare technische Potenzial der Wasserkraft im Neckar-Einzugsgebiet auf knapp 940 GWh/a. 260 der 300 zusätzlichen GWh/a sind demnach im Einzugsgebiet des Neckars zu installieren, da am schiffbaren Neckar nur noch rund 40 GWh/a ungenutztes technisches Potenzial vorliegen.

HUTAREW & PARTNER (1988) untersuchten das Ausbaupotenzial der Wasserkraft an den großen Flüssen im Versorgungsgebiet der Neckarwerke AG. Untersucht wurden bestehende Wasserkraftanlagen sowie energetisch nicht genutzte Stauanlagen an den Gewässern. Die Studie stellt einen bereits weitgehenden Ausbau der Wasserkraft an den untersuchten Gewässerstrecken fest. Nur an 7 Standorten bestehen noch Potenziale für die Neuerrichtung oder den Ausbau von Wasserkraftanlagen.

GIESECKE & JORDE (1989) bezifferten das Linienpotenzial des Neckars und seiner Zuflüsse im Bereich der Region Neckar-Alb auf 306 GWh/a. Im Rahmen der Studie wurden auch detaillierte Informationen über Leistung und Arbeitsvermögen bestehender Wasserkraftanlagen in der Region Neckar-Alb erhoben. An 96 Anlagen wurde ein Gesamtarbeitsvermögen von 49,4 GWh/a festgestellt. An 36 zum Ende der 80er Jahre stillgelegten Wasserkraftanlagen ermittelten die Autoren ein Potenzial von 8 GWh/a bei Reaktivierung der Anlagen ohne technische Optimierung.

Bereits im Jahr 1992 erfolgte im Auftrag des Regionalverbands Neckar-Alb eine vertiefte Untersuchung der Wasserkraftnutzung an der Echaz (DISPAN 1992). In dieser Arbeit wird den in Betrieb befindlichen Was-

serkraftanlagen an der Echaz ein Regelarbeitsvermögen von 2,7 GWh/a zugeschrieben, hinzu kommt ein Reaktivierungspotenzial stillgelegter Anlagen von noch einmal 2,5 GWh/a. Untersucht wurden nur die bereits bestehenden Querverbauungen an der Echaz.

GIESECKE & JORDE (1992) untersuchen das Wasserkraftpotenzial aller Fließgewässer mit einem Mindesteinzugsgebiet von 50 km<sup>2</sup> im Versorgungsgebiet der Neckarwerke AG. Die Autoren erfassten in diesem Gebiet insgesamt 82 Wasserkraftanlagen mit einem Regelarbeitsvermögen von 113 GWh/a. Durch Ausbau bestehender Anlagen, Reaktivierung stillgelegter Anlagen sowie Neubau von Anlagen an nicht genutzten Querbauwerken wird ein zusätzliches Potenzial von ca. 26 GWh/a für realistisch gehalten.

In GIESECKE & FÖRSTER (1994) ist für den Neckar zwischen Rottweil und Mannheim ein technisches Ausbaupotenzial von 120 GWh/a genannt.

Eine detaillierte Erfassung aktuell genutzter und ehemaliger Standorte der Wasserkraft in der Region Neckar-Alb exklusive des Neckars selbst enthält KRÄMER & FRIESE (1995). Durch die Erhebung von Anlageninformationen vor Ort konnten 95 noch betriebene Wasserkraftanlagen ermittelt werden, von denen zum Zeitpunkt der Erhebungen 55 Anlagen tatsächlich Strom produzierten. Diese hatten zusammen eine Turbinennennleistung von 5,4 MW und ein Arbeitsvermögen von 35 GWh/a. In der Untersuchung wurden 48 stillgelegte Wasserkraftanlagen in der Region als revitalisierbar angesehen und 90 Standorte als nicht lohnenswert bezeichnet. Zusätzlich wurden 15 Standorte identifiziert, an denen aufgrund bestehender Gefällestopfen im Gewässer der Neubau einer Wasserkraftanlage als lohnend angesehen wurde. Unter den Zuflüssen des Neckars weisen Echaz und Erms mit 1 bzw. 2,5 MW installierter Leistung mit Abstand die intensivste Nutzung der Wasserkraft auf. Im Jahr 2009 begann der Regionalverband Neckar-Alb mit einer Aktualisierung der Studie aus dem Jahr 1995. Im Rahmen der Überarbeitung wurden für die möglichen Standorte neben den wichtigsten technischen Daten (Fallhöhe, Wasserdargebot, theoretische Leistung) auch mögliche Restriktionen aufgrund der Belange des Arten- und Biotopschutzes erfasst. Bis zum Jahr 2009 konnten auf diese Weise nur Eyach und Starzel bearbeitet werden (SCHWARZER 2009).

Die Positivkartierung Wasserkraft an der Echaz (KLEPSE 1998) untersucht die Möglichkeit der Nutzung der Wasserkraft an vorhandenen Gefällestopfen in der Echaz unter Berücksichtigung möglicher Konflikte mit Belangen von Wasserwirtschaft und Naturschutz. Die Studie identifiziert ein aus Sicht von Wasserwirtschaft und Naturschutz vertretbares Ausbaupotenzial von 562 kW mit einem Regelarbeitsvermögen von 4,7 GWh/a an bestehenden Querbauwerken der Echaz.

GIESECKE et al. (2000) ermittelten die Wasserkraftpotenziale in der Region Stuttgart. Standorte mit einer Leistung von unter 20 kW wurden nur behandelt, soweit bereits Wasserkraftanlagen installiert waren, nicht aber aus den ermittelten Linienpotenzialen neu abgeleitet, da diese Standorte als unwirtschaftlich angesehen wurden. Zur Berechnung des Regelarbeitsvermögens bestehender Anlagen wurde eine mittlere Vollaststundenzahl von 5.500 h/a angesetzt. Die Studie weist für die Region Stuttgart ein theoretisches Potenzial von 762,7 GWh/a aus. Zwei Drittel davon liegen am Neckar und hier wiederum der größte Teil

im Bereich der Wasserstraße Neckar. Mit einem genutzten Potenzial von 222 GWh/a weist der Neckar demnach bereits einen sehr hohen Nutzungsgrad aus. Die untersuchten bestehenden Anlagen verfügen noch über ein Ausbaupotenzial von 16,8 GWh/a oder 2,2 %, wobei ein Ausbaugrad von 1,2 als Ziel zugrunde gelegt wurde.

Die Studie "Erneuerbare Energien in Metzingen" (AKE undatiert) ermittelt an der Erms in Metzingen auf einer Fließlänge von 5 km ein theoretisches Linienpotenzial von 6.000 MWh/a. Hieraus wird unter den gegebenen Randbedingungen an der Erms selbst sowie an den von ihr abzweigenden Kanälen ein zusätzliches technisches Potenzial von 279 kW Leistung und einem Jahresarbeitsvermögen von 1.530 MWh/a abgeleitet.

Im Rahmen des Projektes "Ertüchtigung der kleinen Wasserkraft für die Herausforderungen der Zukunft" (ZÖLLER et al. 2004) erfolgte eine Bestandsaufnahme und Katalogisierung der kleinen Wasserkraft – in diesem Falle definiert als Anlagen <5 MW – im Raum Stuttgart mit Schwerpunkt auf den größeren Flüssen der Region. Insgesamt wurden 137 Wasserkraftanlagen betrachtet, und dabei auch Aspekte des technischen Zustands der Anlagen sowie Hemmnisse für einen Ausbau der kleinen Wasserkraft untersucht. Über 80 % der in der Studie ermittelten installierten Leistung befindet sich am Neckar.

Die untere Wasserbehörde des Landkreises Esslingen (LANDKREIS ESSLINGEN 2008) weist für den Landkreis ein Ausbaupotenzial der Wasserkraft von knapp 5 MW aus. Davon befinden sich 2,1 MW im Bereich des schiffbaren Neckars und 1,5 MW werden derzeit durch die EnBW AG ausgebaut. Für die übrigen Potenziale bestehen noch keine konkreten Ausbaupläne oder sie werden durch die Behörde aufgrund örtlicher Konflikte als nicht realisierbar angesehen.

Auch im Neckar-Odenwald-Kreis erfolgte eine Bewertung des Wasserkraftpotenzials an den Zuflüssen des Neckars durch die untere Wasserbehörde (NECKAR-ODENWALD-KREIS 2009). Innerhalb dieser Betrachtung wurden alle bestehenden, derzeit nicht energetisch genutzten Querverbauungen mit einem minimalen Gefälle von 1 m und einem minimalen mittleren Abfluss von 0,400 m<sup>3</sup>/s betrachtet. Durch Berücksichtigung einer Mindestwasserabgabe in Ausleitungsstrecken von 1/3 MNQ, mindestens aber 0,100 m<sup>3</sup>/s wurden ökologische Belange in die Potenzialermittlung einbezogen. Der Berechnung der Ausbauleistung lag ein angenommener Gesamtwirkungsgrad von  $\eta = 0,7$  zugrunde. Zur Berechnung des Regelarbeitsvermögens wurde eine Jahresvolllaststundenzahl von 4.000 h/a angenommen. Zusammengenommen wird auf diese Weise im Neckar-Odenwald-Kreis an den Zuflüssen des Neckars ein ökologisch vertretbares Neubaupotenzial von 237 kW mit einer geschätzten Jahresarbeit von 967 MWh ermittelt.

MERTENS (2009) ermittelte das Wasserkraftpotenzial an Enz und Nagold ohne deren Nebengewässer. Aus einer Bestandsaufnahme der im Jahr 2009 an beiden Gewässern installierten Wasserkraftanlagen leitet der Autor eine "exemplarische" stellvertretende Anlage ab. Dieser werden verschiedene Ausbaupotenziale über unterschiedliche Stufen der Anlagenmodernisierung bis hin zu Neubau von Anlagen zugeordnet. Die Studie identifiziert an Enz und Nagold Ausbaupotenziale von 2,6 MW durch die Modernisierung

bestehender Anlagen, von 1,2 MW durch die Wiederinbetriebnahme stillgelegter Anlagen und von 6,3 MW durch den Neubau von Wasserkraftanlagen. Insgesamt wird ein zusätzliches Potenzial von 59 GWh/a genannt. Angaben zu konkreten Standorten für das errechnete Neubaupotenzial macht die Studie nicht.

## A7 Liste der Netzbetreiber

Zur Ergänzung der Informationen zu Betriebsstatus und Jahresarbeit von Wasserkraftanlagen, deren Strom nach EEG vergütet wird, wurden die im Neckar-Einzugsgebiet betroffenen Netzbetreiber befragt. Die Liste der Netzbetreiber wurde durch das Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg zur Verfügung gestellt.

Tabelle A7-1: betroffene Netzbetreiber im Neckar-Einzugsgebiet	
Name	Anschrift
Albstadtwerke GmbH	Goethestraße 91, 72461 Albstadt
Stadtwerke Mosbach GmbH	Am Henschelberg 6, 74821 Mosbach
Stadtwerke Mössingen	Freiherr vom Stein Straße 18, 72116
Stadtwerke Mühlacker GmbH	Danziger Straße 17, 75417 Mühlacker
Gemeindewerke Niefern-Öschelbronn Bürgermeisteramt	Friedenstraße 11, 75223 Niefern-Öschelbronn
Stadtwerke Nürtingen GmbH	Porschestraße 5-9, 72622 Nürtingen
Elektrizitätswerke C. Ensinger	Schießhüttestraße 12, 73277 Owen
Stadtwerke Pforzheim GmbH & Co. KG	Sandweg 22, 75179 Pforzheim
FairEnergie GmbH	Hauffstraße 89, 72762 Reutlingen
Energiedienst Netze GmbH	Rheinbrückstr. 5 / 7, 79618 Rheinfelden (Baden)
Energieversorgung Rottenburg am Neckar GmbH	Siebenlinden 19, Rottenburg am Neckar
ENRW Energieversorgung Rottweil GmbH & Co. KG	In der Au 5, 78628 Rottweil
Stadtwerke Schorndorf	Augustenstraße 7, 73614 Schorndorf
Stadtwerke Schwäbisch Hall GmbH	An der Limpurgbrücke 1, 74523 Schwäbisch Hall
Stadtwerke Waiblingen GmbH	Schorndorfer Straße 67, 71332 Waiblingen
EnBW Regional AG	Schelmenwasenstr. 15, 70567 Stuttgart
Stromversorgung Sulz GmbH	Marktplatz 1, 72172 Sulz am Neckar
Stadtwerke Tübingen GmbH	Eisenhutstraße 6, 72072 Tübingen
Elektrizitätswerk Richard Ley	Brückenstraße 10, 74549 Wolpertshausen
Stadtwerke Aalen GmbH	Im Hasennest 9, 73433 Aalen
Albstadtwerke GmbH	Goethestraße 91, 72461 Albstadt
Stadtwerke Altensteig	Jahnstraße 13, 72213 Altensteig
Stadtwerke Wildbad	Kernerstraße 11, 75323 Bad Wildbad
Stadtwerke Balingen	Wasserwiesen 37, 72336 Balingen
Stadtwerke Bietigheim-Bissingen GmbH	Rötestraße 8, 74321 Bietigheim-Bissingen
Elektrizitätswerk Calw GmbH	Bahnhofstraße 4 – 6, 75365 Calw
Stadtwerke Crailsheim GmbH	Friedrich-Bergius-Strasse 10-14, 74564 Crailsheim
NGO Netzgesellschaft Ostwürttemberg GmbH	Unterer Brühl 2, 73479 Ellwangen
Elektrizitätswerk Leitlein	Mühlweg 20, 74670 Forchtenberg

**Tabelle A7-1:** betroffene Netzbetreiber im Neckar-Einzugsgebiet (Fortsetzung)

Süwag Netz GmbH	Ludwigshafener Straße 4, 65929 Frankfurt am Main
Stadtwerke Freudenstadt GmbH & Co. KG	Reichsstraße 9, 72250 Freudenstadt
AlbWerk GmbH & Co. KG	Eybstraße 98 – 100, 73312 Geislingen
NHF Netzgesellschaft Heilbronn-Franken mbH	Badstraße 80, 74072 Heilbronn
Stromversorgung von Berg GmbH	Brühlsteige 1, 74653 Künzelsau