

BfG-1729

## Bericht

### Auswirkungen des Neckarausbaus für das 135-Meter-Schiff auf die Wasserbeschaffenheit



BfG-1729

## **Bericht**

### Auswirkungen des Neckarausbaus für das 135-Meter-Schiff auf die Wasserbeschaffenheit

Auftraggeber: Amt für Neckarausbau, Heidelberg  
BfG-SAP-Nr.: M39630104004  
Anzahl der Seiten: 20  
Aufgestellt durch: Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz  
Bearbeiter: Carsten Viergutz  
Dr. Tanja Bergfeld-Wiedemann  
Datum: Februar 2012

# Inhaltsverzeichnis

1	Projektbeschreibung.....	1
1.1	Allgemeines.....	1
1.2	Schleusenverlängerung .....	2
1.3	Ausbaustrecken .....	3
1.4	Wendestellen .....	4
1.5	Liegestellen .....	4
2	Wasserbeschaffenheit.....	6
2.1	Bewertungsrahmen.....	6
2.2	Flusswasserkörper und Messstationen .....	7
2.3	Biologische Qualitätskomponente „Phytoplankton“.....	7
2.4	Sauerstoffhaushalt .....	9
2.5	Physikalisch-chemische Qualitätskomponenten .....	11
3	Auswirkungen der geplanten Baumaßnahmen auf die Wasserbeschaffenheit.....	14
3.1	Baubedingte Auswirkungen .....	14
3.2	Anlagebedingte Auswirkungen .....	14
3.3	Betriebsbedingte Auswirkungen .....	16
3.4	Abschließende Betrachtung.....	18
4	Literatur.....	19

# Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Geplante Schleusenverlängerungen (Bauweise jeweils Massivbau), Verlängerung i. d. R. um 40 m .....	2
Tab. 2:	Voraussichtliche Ausbaustrecken .....	3
Tab. 3:	Geplante Wendestellen (Durchmesser jeweils 155 Meter) .....	4
Tab. 4:	Geplante Liegestellen.....	5
Tab. 5:	Übertragung von ökologischen Zustands- bzw. Potenzialklassen in Wertstufen...	7
Tab. 6:	Flusswasserkörper und Messstationen .....	7
Tab. 7:	Saisonmittelwerte und Wertstufen der biologischen Qualitätskomponente "Phytoplankton" (Daten der LUBW) .....	8
Tab. 8:	Bewertungsskala für den Parameter Chlorophyll a-Gehalt (Saisonmittelwert April- Oktober) mit Angabe der oberen Klassengrenzen .....	8
Tab. 9:	Minimum-/Mittelwerte und Bewertungen des Bewertungskriteriums „Sauer- stoffhaushalt“ (Daten der LUBW) .....	10
Tab. 10:	Bewertungsskala und Klassengrenzen für die Parameter Sauerstoffgehalt, TOC und BSB für die FG-Typen 9.2 und 10.1 .....	11
Tab. 11:	Jahresmittelwerte und Bewertungen des Bewertungskriteriums „Physikalisch- chemische Qualitätskomponenten“ (Daten der LUBW).....	12
Tab. 12:	Bewertungsskala und Klassengrenzen für die Parameter Chlorid, Gesamtphosphat, Orthophosphat und Ammonium.....	13
Tab. 13:	Wirkungsanalyse zum Schutzgut Wasserbeschaffenheit .....	17



# 1 Projektbeschreibung

## 1.1 Allgemeines

Der Neckar wurde von 1921 bis 1968 auf einer Länge von 203 km zwischen Mannheim und Plochingen zur Bundeswasserstraße ausgebaut. 27 Staustufen, deren Bausubstanz zwischen 40 und 80 Jahre alt ist, überwinden insgesamt eine Höhendifferenz von rund 160 m. An der Eingangsschleuse Feudenheim wurde bereits 1973 eine dritte Schleusenkommer mit 190 m Länge eröffnet. Die anderen Anlagen bestehen bis Stuttgart aus Doppelschleusen, die ca. 110 m lang und 12 m breit sind. Oberhalb Stuttgarts herrscht überwiegend 1-Kammer-Betrieb.

Auf dem Neckar verkehren derzeit Güterschiffe mit einer maximalen Länge von 105 m und einer auf 11,45 m begrenzten Breite. Die Fahrinne mit einer Mindestbreite von 36 m ist auf 2,80 m Tiefe freigegeben. Begegnungen zweier 105 m Schiffe sind an einzelnen Engstellen nicht möglich.

Schleusenkommer und Wehranlagen der Wasserstraße Neckar weisen mehrheitlich einen erneuerungsbedürftigen Zustand auf. In den vergangenen Jahrzehnten waren die Wasser- und Schifffahrtsämter (WSÄ) Heidelberg und Stuttgart vornehmlich damit beschäftigt, durch laufende Instandhaltungsmaßnahmen bei Toren, Antrieben und Steuerungstechnik die uneingeschränkte Betriebsbereitschaft zu erhalten.

Die aktuelle Ausbauplanung (Stand: Januar 2012) sieht zunächst nur eine Ertüchtigung der Bundeswasserstraße Neckar für den Streckenabschnitt zwischen der Neckarmündung in den Rhein und dem Hafen Heilbronn (Neckar - km 0,0 bis Neckar - km 113,0) vor. Dieses bedeutet, dass vorerst nur auf diesem Streckenabschnitt jeweils eine Schleusenkommer für das 135-Meter-Schiff verlängert wird sowie nur in diesem Neckarabschnitt Ausbaustrecken liegen und Wendestellen gebaut werden.

Die möglichen Umweltauswirkungen der Ertüchtigung der Bundeswasserstraße Neckar für das 135-Meter-Schiff wurden in dem BfG-Bericht (Nr. 1545) „Rahmenuntersuchung zu Umweltauswirkungen des Vorhabens Verlängerung der Schleusen am Neckar für das 135-Meter-Schiff“ vom August 2007 beschrieben. Um die in der Rahmenuntersuchung getroffenen Aussagen zur Wasserbeschaffenheit zu vertiefen, beauftragte das Amt für Neckarausbau Heidelberg den vorliegenden Bericht im Jahr 2009. Dem Bericht liegt die Ausbauplanung von Anfang 2011 zugrunde.

## 1.2 Schleusenverlängerung

26 Schleusen des Neckars sollen in den nächsten Jahren sukzessiv für das künftige Regelschiff mit einer Länge von 135 m und einer Breite von 11,45 m ausgebaut werden. Dazu sind 25 Schleusenverlängerungen und ein Kammerneubau (Deizisau) geplant (Tab. 1).

**Tab. 1: Geplante Schleusenverlängerungen (Bauweise jeweils Massivbau), Verlängerung i.d.R. um 40 m**

Schleuse	Ne-km	Verlängerung Richtung:	Kammer
Feudenheim <sup>1)</sup>	6,21	OW/ UW	links
Schwabenheim	17,68	UW	links
Heidelberg	26,14	OW	rechts
Neckargemünd	30,86	UW	rechts
Neckarsteinach	39,3	UW	links
Hirschhorn	47,74	OW	rechts
Rockenau	61,43	UW	rechts
Guttenbach	72,22	OW	links
Neckarzimmern	85,95	OW	rechts
Gundelsheim	93,86	UW	rechts
Kochendorf	103,89	OW	rechts
Heilbronn	113,59	OW	rechts
Horkheim	117,54	OW	rechts
Lauffen	125,16	OW	rechts
Besigheim	136,23	UW	links
Hessigheim	143,01	OW	rechts
Pleidelsheim	150,11	OW	links
Marbach	157,63	OW	links
Poppenweiler	165	UW	links
Aldingen	171,99	OW	rechts
Hofen	176,25	OW	rechts
Cannstatt	182,71	UW	links
Untertürkheim	186,45	OW	links
Obertürkheim	189,52	OW	links
Esslingen	193,98	OW	links
Oberesslingen	194,84	OW	rechts
Deizisau	199,85	Neubau	links

\*ca.-Angaben des Endzustandes

OW = Oberwasser, UW = Unterwasser

1) Verlängerung der linken Kammer der Schleuse Feudenheim erfolgt im Rahmen der dortigen Instandsetzungsarbeiten

Quelle: Amt für Neckarausbau Heidelberg 2011

### 1.3 Ausbaustrecken

In Tab. 2 sind die voraussichtlich erforderlichen Ausbaustrecken aufgeführt. Das Erfordernis und der Umfang der Baumaßnahmen stehen zurzeit noch nicht abschließend fest.

**Tab. 2: Voraussichtliche Ausbaustrecken**

Bezeichnung	km von bis	Länge	Bauweise
		[m]	
Oberwasser Schleuse Heidelberg	26,6 – 27,3	700	Neutrassierung und Verbreiterung der Fahrrinne durch Vertiefung im Fels; Umbau des Oberwasser-Leitwerks
Hochhausen unterhalb Schleuse Neckarzimmern	83,7 – 85,4	1700	Ausbau der Fahrrinne auf mindestens 36 m Breite
Unterverwasser Schleuse Lauffen	124,2 – 124,9	250	Anpassungen einer Brücke und des linken Ufers (Ufermauer)
Neckarknie Cannstatt	182,2 – 182,5	300	Ausbauerfordernis und Flusseite noch unklar

Quelle: Amt für Neckarausbau Heidelberg 2011

## 1.4 Wendestellen

Geplant sind zurzeit neun Wendestellen, die überwiegend in Spundwandbauweise gebaut werden sollen.

**Tab. 3: Geplante Wendestellen (Durchmesser jeweils 155 Meter)**

Neckar-km von bis	Wendestelle	Bauweise
12,5 - 12,75	OW Wehr Ladenburg	Ausbaggerungen Sohle
41,4 - 41,7	OW Neckarsteinach	Ausbaggerungen Sohle, Spundwandbucht rechtes Ufer
72,75 - 73,0	OW Guttenbach	Ausbaggerungen Sohle, Spundwandbucht linkes Ufer
94,5 - 94,8	OW Gundelsheim	Ausbaggerungen Sohle, Spundwandbucht rechtes Ufer
110,5 - 110,65	Heilbronn (Kanalhafen)	Ausbaggerungen Sohle im Ein- fahrtsbereich Nebenarm; Rücknahme Landspitze
131,7 - 131,9	Kirchheim	Ausbaggerungen Sohle, Spundwandbucht rechtes Ufer
171,0 - 171,3	Ortslage Remseck <sup>1)</sup>	Ausbaggerungen Sohle, Spund- wandbucht rechtes Ufer
186,8 - 186,95	Hafen Stuttgart	Ausbaggerungen Sohle
200,55 - 200,7	Hafen Plochingen	Ausbaggerungen Sohle links, Rück- nahme Landspitze

Quelle: Amt für Neckarausbau 2011

1) alternativ wird eine Wendestelle zwischen Neckar-km 169,2 und Neckar-km 169,45 im Bereich der Ortslage Hochberg untersucht. Bauweise: Ausbaggerungen Sohle, beidseitige Spundwandbucht

## 1.5 Liegestellen

Die geplanten neuen Liegestellen werden abhängig von den örtlichen Randbedingungen in Spundwandbauweise oder mit Dalben, die über das Stauziel hinausragen ausgeführt. Tab. 4 zeigt den aktuellen Stand der Planung (2011).



**Tab. 4: Geplante Liegestellen**

<b>Liegestelle</b>	<b>Ufer</b>	<b>Neckar-km von bis</b>	<b>Länge</b>	<b>Bauweise</b>
			[m]	
Heidelberg (Stauhaltung Schwabenheim)	links	24,24 - 24,54	300	k. A. da abhängig von Projekt "Neckarufer- tunnel" der Stadt Heidelberg
Heidelberg (Stauhaltung Neckargemünd)	rechts	31,46 - 31,6	140	Dalben oder ufer- nahe Spundwand
Binau	rechts	73,05 - 73,65	600	Ausrüstung vorhan- dener Spundwand
Marbach	rechts	159,42 - 159,7	280	Dalben
Mühlhausen	links	176,87 - 177,01	140	Dalben

## 2 Wasserbeschaffenheit

Wasserbeschaffenheit und Stoffhaushalt des Neckars sind im schiffbaren Abschnitt durch vielfältige Nutzungen geprägt. Dabei haben die Nutzungen für die Schifffahrt und die Energiegewinnung (Stauhaltungen), die Nutzung als Vorfluter für gereinigte Abwässer und die Kühlwassernutzung erheblichen Einfluss auf die Wasserbeschaffenheit (LFU 2005). Die Bewertung des Ist-Zustands wurde anhand von Daten der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) für die Jahre 2006 bis 2008 durchgeführt.

### 2.1 Bewertungsrahmen

Für die Beurteilung der Wasserbeschaffenheit werden die Bewertungskriterien „Biologische Qualitätskomponenten“, „Sauerstoffhaushalt“ und „Physikalisch-chemische Qualitätskomponenten“ betrachtet.

Im Bewertungskriterium „Biologische Qualitätskomponenten“ wird die Qualitätskomponente Phytoplankton anhand des Chlorophyll-a-Gehalts bewertet. Im Bewertungskriterium „Sauerstoffhaushalt“ werden die Parameter Sauerstoffgehalt, organisch gebundener Kohlenstoff (TOC) und biologischer Sauerstoffbedarf nach 5 Tagen (BSB) bewertet. Im Bewertungskriterium „Physikalisch-chemische Qualitätskomponenten“ werden die Parameter Chlorid, Gesamtphosphat, Orthophosphat, Ammonium und pH-Wert bewertet.

Die Bewertung erfolgt gewässertypspezifisch anhand einer fünfstufigen Ordinalskala, wobei die Wertstufen 3 bis 5 aus den in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2011) und der Rahmenkonzeption Monitoring (RAKON) der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA 2007) beschriebenen Orientierungswerten abgeleitet werden. Dabei kennzeichnen die Orientierungswerte (sehr guter Zustand/höchstes Potenzial) aus der OGewV den Übergang vom sehr guten zum guten ökologischen Zustand bzw. Potenzial und damit von Wertstufe 5 zu Wertstufe 4 (Tab. 5). Die Orientierungswerte (guter Zustand/gutes Potenzial) aus der Rahmenkonzeption Monitoring kennzeichnen den Übergang vom guten zum mäßigen ökologischen Zustand bzw. Potenzial und damit von Wertstufe 4 zu Wertstufe 3. Die Wertstufen 1 und 2 werden zusätzlich definiert. Details zur Bewertung der einzelnen Bewertungskriterien können der Anlage 4 im Handbuch Umweltbelange an Bundeswasserstraßen (BMVBS 2011) entnommen werden, auch veröffentlicht als BfG-Bericht 1559. Dieser Bericht wird nur digital veröffentlicht, um kurzfristige Aktualisierungen zu ermöglichen. Es wird empfohlen, bei jedem neuen Projekt zu prüfen, ob eine aktuellere Fassung vorliegt (WSV-Intranet → Handbuch Umwelt, [www.bafg.de/U1](http://www.bafg.de/U1) → Publikationen).

**Tab. 5: Übertragung von ökologischen Zustands- bzw. Potenzialklassen in Wertstufen**

Wertstufe	Ökologische Zustands-/ Potenzialklasse
5	Sehr gut
4	Gut
3	Mäßig
2	Unbefriedigend
1	Schlecht

## 2.2 Flusswasserkörper und Messstationen

Die Flusskilometrierung beginnt an der Mündung in den Rhein mit Neckar-km 0 und erfolgt damit gegen die Fließrichtung. Im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie wurde der schiffbare Neckar im Bearbeitungsgebiet in drei Flusswasserkörper unterteilt (Tab. 6). Die Flusswasserkörper 4-03 und 4-04 gehören zum Gewässertyp 9.2 „Große Flüsse des Mittelgebirges“, während der Flusswasserkörper 4-05 zum Gewässertyp 10.1 „Kiesgeprägte Ströme des Mittelgebirges mit großer Abflusspende“ gehört. Alle drei Wasserkörper sind durch das REGIERUNGSPRÄSIDIUM STUTTGART (2009) bzw. das REGIERUNGSPRÄSIDIUM KARLSRUHE (2009) als „erheblich verändert“ eingestuft. Die Messstationen Deizisau, Poppenweiler und Besigheim befinden sich im Bereich des Flusswasserkörpers 4-03, die Messstationen Gundelsheim, Rockenau, Neckargemünd und Mannheim im Bereich des Flusswasserkörpers 4-05. Im Bereich des Flusswasserkörpers 4-04 liegen keine der Messstationen.

**Tab. 6: Flusswasserkörper und Messstationen**

WK-NR.	Flusswasserkörper-Name	Länge [km]	Gewässertyp	Messstationen
4-03	Neckar unterhalb Fils bis oberhalb Enz	68,0	9.2	Deizisau, Poppenweiler, Besigheim
4-04	Neckar unterhalb Enz bis oberhalb Kocher	35,7	9.2	
4-05	Neckar unterhalb Kocher bis Mündung in den Rhein	121	10.1	Gundelsheim, Rockenau, Neckargemünd, Mannheim

## 2.3 Biologische Qualitätskomponente „Phytoplankton“

Bei der biologischen Qualitätskomponente „Phytoplankton“ wurden vier Stationen betrachtet, an denen der Chlorophyll a-Gehalt (Chl-a-Gehalt) von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) gemessen wurde (Tab. 7). Zur Bewertung der biologischen Qualitätskomponente „Phytoplankton“ wurde der sogenannte Saisonmittelwert des Chlorophyll-a-Gehalts jeweils zwischen April und Oktober eines Jahres

herangezogen (BfG-1559). Die Klassengrenzen für die verschiedenen Zustandsklassen können Tab. 8 entnommen werden. Eine Betrachtung auf der Grundlage der Artzusammensetzung des Phytoplanktons war aufgrund fehlender Daten nicht möglich. Die biologische Qualitätskomponente „Phytoplankton“ wurde daher nur quantitativ betrachtet (Chlorophyll-a-Gehalt in µg/l als Maß für die Algenbiomasse).

Die Bewertung der biologischen Qualitätskomponente „Phytoplankton“ zeigt an drei Stationen eine sehr gute Zustandsklasse an (Tab. 7). Lediglich die Station Mannheim kurz vor der Mündung wurde im Jahr 2007 mit „gut“ bewertet. Es ist zu beachten, dass der Saisonmittelwert als Bewertungsgrundlage benutzt wurde. Obwohl der Saisonmittelwert recht niedrig und somit gut bewertet ist, kann es zeitweise zu sehr hohen Konzentrations-Peaks des Chlorophyll-a-Gehalts kommen. So wurden zum Beispiel Einzelwerte von Chlorophyll-a-Gehalten über 100 µg/l gemessen (z. B. in 2007 Besigheim = 102 µg/l und Poppenweiler = 169 µg/l jeweils am 05.07.2007). Auf die hohen Chlorophyll-a-Gehalte folgt eine Phase des Absterbens des Phytoplanktons. Zeitversetzt belasten die sehr hohen Chlorophyll-a-Gehalte durch sauerstoffzehrende mikrobielle Abbauprozesse (Sekundärbelastung) zeitweise den Sauerstoffhaushalt.

Die Saisonmittelwerte des Phytoplanktons sind gering, obwohl sowohl der Nährstoffgehalt (vor allem Phosphat, siehe Tab. 11) als auch die Aufenthaltszeit des Wassers relativ hoch sind. Innerhalb einer Stauhaltung erhöht sich die mittlere Wassertiefe in Fließrichtung. Die nicht durchlichtete (= aphotische) Schicht des Wasserkörpers wird gegenüber der Durchlichteten vergrößert, die Algen sind längere Zeit im Dunkeln und können schlechter wachsen. Die relativ niedrigen Algengehalte dienen im Fall des Neckars also nur bedingt zur Anzeige des ökologischen Zustands.

**Tab. 7: Saisonmittelwerte und Wertstufen der biologischen Qualitätskomponente "Phytoplankton" (Daten der LUBW)**

Messstation	Deizisau	Poppenweiler	Besigheim	Mannheim
<b>FG-Typ</b>	9.2	9.2	9.2	10.1
<b>Neckar-km</b>	199,5	165	137	3,2
<b>2006</b>				
<b>Chl-a-Gehalt [µg/l]</b>	10.48	12.34	11.02	9.19
<b>Wertstufe</b>	5	5	5	5
<b>2007</b>				
<b>Chl-a-Gehalt [µg/l]</b>	8.76	19.59	13.11	12.82
<b>Wertstufe</b>	5	5	5	4
<b>2008</b>				
<b>Chl-a-Gehalt [µg/l]</b>	10.17	3.36	3.29	4.26
<b>Wertstufe</b>	5	5	5	5

**Tab. 8: Bewertungsskala für den Parameter Chlorophyll-a-Gehalt (Saisonmittelwert April-Oktober) mit Angabe der oberen Klassengrenzen**

FG-Typ	Chlorophyll a (unkorr.)				
	Zustandsklassen				
	sehr gut	gut	moderat	unbefriedigend	schlecht
<b>10.1</b>	10,1	17,5	30,0	51,0	> 51,0
<b>9.2</b>	20,0	33,0	55,0	90,0	> 90,0

## 2.4 Sauerstoffhaushalt

Es liegen an insgesamt sieben Stationen entlang des Neckars von der LUBW erhobene Daten zum Sauerstoffhaushalt vor (Tab. 9). Im Bewertungskriterium Sauerstoffhaushalt werden die Parameter Sauerstoffgehalt, organisch gebundener Kohlenstoff (TOC) und biologischer Sauerstoffbedarf nach fünf Tagen (BSB) bewertet. Dabei wurde der Sauerstoffgehalt anhand des Minimumwertes der täglichen Messwerte (Einzelmessung) des betreffenden gesamten Jahres bewertet, TOC und BSB wurden anhand des Mittelwertes von zweiwöchigen Proben (Rockenau und Gundelsheim = monatliche Proben) im Zeitraum April - Oktober bewertet (BfG-1559). Die Klassengrenzen für die verschiedenen Zustandsklassen können Tab. 10 entnommen werden.

Die Gesamtbewertung des Bewertungskriteriums Sauerstoffhaushalt zeigt lediglich an der Station in Deizisau (km 199,5) einen durchgängig guten ökologischen Zustand an (Tab. 9). An den Stationen von Poppenweiler bis Rockenau (km 165 - 61,4) kommt es in allen Jahren zu einer mäßigen oder unbefriedigenden Bewertung des Sauerstoffhaushalts. Weiter flussabwärts an den Stationen Neckargemünd und Mannheim (km 30,9 und 3,2) kommt es im Jahr 2006 zu einer mäßigen, 2007 und 2008 zu einer guten Bewertung. Die Einstufung in den mäßigen bzw. unbefriedigenden Zustand basiert auf dem niedrigen Sauerstoffgehalt. Durch die herausragende Bedeutung des Sauerstoffgehalts für das Ökosystem Fluss kann beim Bewertungskriterium „Sauerstoffhaushalt“ die Gesamtbewertung laut Bewertungsrahmen (BfG-1559) nicht besser ausfallen als die Bewertung der Kenngröße Sauerstoffgehalt. Der Neckar entspricht oberhalb der Einmündung des Kochers bei Kochendorf dem Fließgewässertyp 9.2, unterhalb der Einmündung dem Fließgewässertyp 10.1 (siehe Kap. 2.2). Für beide Fließgewässertypen führen Sauerstoffminima unter 5 mg/l zu einer Einstufung in die Wertstufe 2 (unbefriedigend).

Für die niedrigen Sauerstoffgehalte gibt es mehrere Gründe. Zum einen handelt es sich beim schiffbaren Neckar mit seinen Staustufen um ein langsam fließendes Gewässer mit größerer Wassertiefe, was zu einem verringerten physikalischen Sauerstoffeintrag führt. Durch den geringen physikalischen Sauerstoffeintrag wird das Gewässer gegenüber bereits eingeleiteten Zehrstoffen (Primärbelastung) und im Gewässer stattfindenden mikrobiellen Zehrprozessen (Sekundärbelastung) anfällig. Die Situation verschärft sich während sommerlicher Hitzeperioden bei extremem Niedrigwasser.

Der Sauerstoffgehalt wird anhand des kleinsten Tagesmittelwertes des betreffenden Jahres bewertet. Die Angabe der Sauerstoffkonzentrationen als Tagesmittelwert lässt noch erheblich niedrigere Sauerstoffminima im Tagesverlauf erwarten, da während der Vegetationsperiode üblicherweise tägliche Konzentrationsschwankungen von einigen mg/l auftreten können. Bei Sauerstoffkonzentrationen unter 4 mg/l werden Belüftungsmaßnahmen wie Wehrüberfall und Turbinenbelüftung eingeleitet, die im „Sauerstoffreglement Neckar“ festgelegt sind (LFU 2002). Die Minima der Sauerstoffkonzentrationen lägen demnach in den Jahren 2006 bis 2008 ohne die Stützungsmaßnahmen noch deutlich niedriger als die tatsächlich gemessenen Werte. Damit müssen die Sauerstoffverhältnisse im Neckar als sehr kritisch eingestuft werden.

**Tab. 9: Minimum-/Mittelwerte und Bewertungen des Bewertungskriteriums  
„Sauerstoffhaushalt“ (Daten der LUBW)**

2006							
Messstation	Deizisau	Poppen- weiler	Besig- heim	Gundels- heim	Rock- enau	Neckar- gemünd	Mann- heim
FG-Typ	9,2	9,2	9,2	10,1	10,1	10,1	10,1
Fluss-km	199,5	165	137	94,1	61,4	30,9	3,2
Sauerstoff [mg/l] Minimumwert April-Oktober	6,8	5,73	4,06	4,75	4,26	5,03	5,56
TOC [mg/l] Mittelwert April- Oktober	4,23	4,56	5,21	-	-	-	5,14
BSB5 [mg/l] Mittelwert April- Oktober	1,79	1,95	1,89	1,74	1,27	1,21	1,45
Bewertung (Wertstufe)	4	3	2	2	2	3	3

2007							
Messstation	Deizisau	Poppen- weiler	Besig- heim	Gundels- heim	Rock- enau	Neckar- gemünd	Mann- heim
FG-Typ	9,2	9,2	9,2	10,1	10,1	10,1	10,1
Fluss-km	199,5	165	137	94,1	61,4	30,9	3,2
Sauerstoff [mg/l] Minimumwert April-Oktober	7,9	5,69	4,84	5,44	5,5	6,36	6,74
TOC [mg/l] Mittelwert April- Oktober	3,69	4,29	4,03	-	-	-	3,76
BSB5 [mg/l] Mittelwert April- Oktober	1,77	2,14	1,97	1,63	1,33	1,23	1,3
Bewertung (Wertstufe)	4	3	2	3	3	4	4

2008							
Messstation	Deizisau	Poppen- weiler	Besig- heim	Gundels- heim	Rock- enau	Neckar- gemünd	Mann- heim
FG-Typ	9,2	9,2	9,2	10,1	10,1	10,1	10,1
Fluss-km	199,5	165	137	94,1	61,4	30,9	3,2
Sauerstoff [mg/l] Minimumwerte April-Oktober	7,3	4,69	4,27	5,57	5,3	6,03	6,87
TOC [mg/l] Mittelwert April- Oktober	3,85	3,79	3,78	-	-	-	3,86
BSB5 [mg/l] Mittelwert April- Oktober	1,81	1,65	1,62	1,6	0,96	1,09	1,21
Bewertung (Wertstufe)	4	2	2	3	3	4	4

**Tab. 10: Bewertungsskala und Klassengrenzen für die Parameter Sauerstoffgehalt, TOC und BSB für die FG-Typen 9.2 und 10.1**

<b>Sauerstoffgehalt [mg/l]</b>				
Minimumwerte/10-Perzentil (April-Oktober)				
sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
> 8	> 6	> 5	> 4	≤ 4
<b>TOC [mg/l]</b>				
Mittelwert (April-Oktober)				
sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
< 5	< 7	< 9	< 11	≥ 11
<b>BSB [mg/l]</b>				
Mittelwert (April-Oktober)				
sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
< 3	< 6	< 8	< 10	≥ 10

## 2.5 Physikalisch-chemische Qualitätskomponenten

Wie beim Sauerstoffhaushalt liegen an sieben Stationen Messwerte der LUBW zu physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten vor. Es werden die Parameter Chlorid, Gesamtposphat, Ortho-Phosphat, Ammonium und der pH-Wert berücksichtigt. Dabei werden zur Einstufung der Wertstufe Jahresmittelwerte der ersten vier Parameter benutzt (Tab. 12). Aus den Wertstufen der einzelnen Parameter wird zunächst der Mittelwert gebildet. Bei der Kenngröße pH-Wert kommt es nicht zu einer Bewertung anhand von Wertstufen, sondern zu einer Abwertung des vorgenannten berechneten Mittelwertes für die physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten bei Über- oder Unterschreiten des Referenzwertes (6,5 - 8,5) für den pH-Wert um 0,25 (BfG-1559). Anschließend wird zur vollen Wertstufe auf- bzw. abgerundet.

Die physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten werden über die gesamte Fließstrecke mit der Wertstufe 3 bis 4 (mäßig bis gut) bewertet (Tab. 11). Die Teilkomponenten Gesamtposphat und Orthophosphat werden an allen Stationen und Jahren lediglich mit unbefriedigend bis mäßig bewertet, während die Teilkomponenten Chlorid und Ammonium im Bereich gut bis sehr gut liegen. Die Bewertungsskala und Klassengrenzen können Tab. 12 entnommen werden. Die hohen Phosphorgehalte stammen dabei zum größten Teil aus Stoffeinträgen der kommunalen Kläranlagen (45,2%) und Abschwemmungen aus der Fläche (21,1%) (LUBW 2008).

**Tab. 11: Jahresmittelwerte und Bewertungen des Bewertungskriteriums  
„Physikalisch-chemische Qualitätskomponenten“ (Daten der LUBW)**

2006							
Messstation	Deizisau	Poppenweiler	Besigheim	Gundelsheim	Rockenau	Neckargemünd	Mannheim
FG-Typ	9.2	9.2	9.2	10.1	10.1	10.1	10.1
Neckar-km	199,5	165	137	94,1	61,4	30,9	3,2
Chlorid [mg/l] Jahresmittelwert	54,46	62,89	60,38	59,17	57,38	54,45	55,86
Gesamt-P [mg/l] Jahresmittelwert	0,18	0,2	0,22	-	-	-	0,21
Ortho-P [mg/l] Jahresmittelwert	0,12	0,14	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16
Ammonium[mg/l]	0,12	0,13	0,14	0,1	0,08	0,08	0,09
pH-Wert*	-	-	-	-	-	-	-0,25
Bewertung	4	3	3	3	3	3	3

2007							
Messstation	Deizisau	Poppenweiler	Besigheim	Gundelsheim	Rockenau	Neckargemünd	Mannheim
FG-Typ	9.2	9.2	9.2	10.1	10.1	10.1	10.1
Neckar-km	199,5	165	137	94,1	61,4	30,9	3,2
Chlorid [mg/l] Jahresmittelwert	50,83	61,22	57,54	49,75	50,12	47,87	46,42
Gesamt-P [mg/l] Jahresmittelwert	0,16	0,19	0,21	-	-	-	0,21
Ortho-P [mg/l] Jahresmittelwert	0,11	0,14	0,14	0,15	0,16	0,16	0,15
Ammonium[mg/l]	0,09	0,14	0,1	0,07	0,06	0,07	0,05
pH-Wert*	-	-	-	-	-	-	-0,25
Bewertung	4	3	3	4	3	4	3

2008							
Messstation	Deizisau	Poppenweiler	Besigheim	Gundelsheim	Rockenau	Neckargemünd	Mannheim
FG-Typ	9.2	9.2	9.2	10.1	10.1	10.1	10.1
Neckar-km	199,5	165	137	94,1	61,4	30,9	3,2
Chlorid [mg/l] Jahresmittelwert	42,58	53,65	51,72	49,06	48,08	46,05	47,49
Gesamt-P [mg/l] Jahresmittelwert	0,17	0,19	0,22	-	-	-	0,21
Ortho-P [mg/l] Jahresmittelwert	0,12	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15	0,16
Ammonium[mg/l]	0,09	0,14	0,13	0,08	0,08	0,06	0,07
pH-Wert*	-	-	-	-	-	-	-
Bewertung	4	3	3	4	4	4	3

\*Bei dem Parameter pH-Wert gibt es lediglich einen Referenzwert, der bei Über- oder Unterschreiten zu einer Verschlechterung der Bewertung um 0,25 Punkte führt



**Tab. 12: Bewertungsskala und Klassengrenzen für die Parameter Chlorid, Gesamtphosphat, Orthophosphat und Ammonium**

FG-Typ	Chlorid [mg/l] Jahresmittelwert				
	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
9.2/10.1	≤ 50	< 200	< 400	< 800	> 800
FG-Typ	Gesamtphosphat [mg/l] Jahresmittelwert				
	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
9.2	≤ 0,05	< 0,1	< 0,2	< 0,4	> 0,4
10.1	≤ 0,05	< 0,15	< 0,3	< 0,6	> 0,6
FG-Typ	Orthophosphat [mg/l] Jahresmittelwert				
	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
9.2/10.1	≤ 0,02	< 0,07	< 0,14	< 0,28	> 0,28
FG-Typ	Ammonium [mg/l] Jahresmittelwert				
	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
9.2/10.1	≤ 0,04	< 0,3	< 0,6	< 1,2	> 1,2

## 3 Auswirkungen der geplanten Baumaßnahmen auf die Wasserbeschaffenheit

### 3.1 Baubedingte Auswirkungen

Bei Verbreiterungen der Fahrrinne, Uferrückverlegungen und Bauarbeiten an der Schleuse werden Nassbaggerungen durchgeführt. Durch die Baggeraktivitäten werden kurzzeitig die Schwebstoffgehalte erhöht und damit durch eine erhöhte Trübung (bzw. Lichtmangel) das Wachstum und der biogene Sauerstoffeintrag der Algen verringert. Dadurch und durch aufgewirbeltes Sediment kann es zu erhöhten Sauerstoffzehrungen und damit zu lokalen, vorübergehenden Beeinträchtigungen des Sauerstoffgehaltes im Neckar kommen, die jedoch durch die Strömung schnell ausgeglichen werden können. Es sind daher keine andauernden Auswirkungen durch die Baggerarbeiten zu erwarten. Um eventuelle Risiken zu minimieren wird empfohlen, die Arbeiten zu Zeiten niedriger Temperaturen und hoher Sauerstoffkonzentrationen durchzuführen.

### 3.2 Anlagebedingte Auswirkungen

#### Schleusenverlängerungen

Von einer Verlängerung der Schleusen ohne sonstige Querschnittsveränderungen wird kein langfristiger Effekt auf die Wasserqualität erwartet.

#### Ausbaustrecken

Die Gesamtlänge der Ausbaustrecken ist mit 2,95 km bezogen auf die betrachtete Gesamtstrecke von 203 km als kleinräumig anzusehen. Bei den Ausbaustrecken kommt es ggf. zu einer Fahrinnenverbreiterung und teilweisen Kurvenaufweitung, wobei die exakten Werte zum Zeitpunkt der Berichterstellung nicht bekannt waren.

Generell kommt es bei einer Fahrinnenverbreiterung zu einer Zunahme der mittleren Wassertiefe des Neckars, was zu einer Verschlechterung der physikalischen Wiederbelüftung des Wassers führt. Bei einer gleichbleibenden Sauerstoffzehrung wirkt sich dies negativ auf den Sauerstoffgehalt des Gewässers aus. Zusätzlich wird der Anteil der nicht durchlichteten (=aphotischen) Schicht gegenüber der durchlichteten (=euphotischen) Schicht des Wasserkörpers vergrößert. Dies führt zu einer Verringerung des biogenen Sauerstoffeintrags durch Algen. Beide genannten Zusammenhänge können den Sauerstoffhaushalt des Neckars belasten und tendenziell zu stärkeren Sauerstoffdefiziten führen.

Verbreiterungen der Fahrrinne können zu einer Verminderung der Fließgeschwindigkeit führen. Dadurch kann es zu verstärkter Sedimentation und damit durch Abbauprozesse zu einem erhöhten Sauerstoffverbrauch am Gewässerbett kommen.

Die verminderte Fließgeschwindigkeit könnte in Bereichen mit größerer Wassertiefe zu einer zumindest zeitweisen Schichtung des Wasserkörpers führen. Dadurch können Sauerstoffdefizite in diesem Bereich seltener durch die Einmischung von sauerstoffreichem Oberflächenwasser ausgeglichen werden. Die Schichtung unterstützt das Algenwachstum in der oberen Schicht durch günstige Licht- und Temperaturverhältnisse. Sie wirkt damit einerseits dem Ausgleich von Zehrungsprozessen in der undurchlichteten Schicht entgegen und unterstützt andererseits die biogene Sauerstoffproduktion in der durchlichteten Schicht. Länger anhaltende Sauerstoffdefizite in tieferen Wasserschichten können dazu führen, dass die oberste Sedimentschicht anaerob wird und im Extremfall Phosphat rückgelöst wird (vgl. KLEEBERG & SCHLUNGBAUM 1993), welches bei Durchmischung das Algenwachstum fördert. Sobald die erhöhte Biomasse abstirbt, werden dann die Zehrungsprozesse weiter begünstigt (Sekundärbelastung). Bei der sehr kleinräumigen Ausdehnung der Ausbaustrecken ist nur von jeweils sehr geringen Auswirkungen der einzelnen Maßnahmen auszugehen, in der Summe kann es jedoch zu sehr geringen bis geringen Auswirkungen kommen.

### **Wende und Liegestellen**

Die Gesamtlänge der durch den Bau von Wende- und Liegestellen direkt betroffenen Strecke ist mit 3,51 km bezogen auf die betrachtete Gesamtstrecke von 203 km als kleinräumig anzusehen. Für den Bau von Wende- und Liegestellen sind im Hinblick auf die Wasserbeschaffenheit folgende Effekte zu berücksichtigen:

1. Für die Wende- und Liegestellen wird der bisherige Flussquerschnitt erweitert, um das Wenden bzw. Anlegen des 135-Meter-Schiffes zu gewährleisten. Diese Querschnittsvergrößerung hat dieselben Effekte wie oben für die Ausbaustrecken beschrieben.
2. Beim Bau einer Wende- bzw. Liegestelle in Spundwandbauweise werden Uferzonen durch eine Spundwand ersetzt. Damit entfallen Zonen flacheren Wassers, die auf ihr Volumen bezogen eine erhöhtes Algenwachstum aufweisen und den Hauptfluss gegebenenfalls mit Sauerstoff anreichern könnten. Außerdem kommt es zu einem Verlust von Aufwuchsflächen für Biofilme, die eine große Bedeutung für die Selbstreinigung eines Fließgewässers haben. Die zu erwartenden Auswirkungen sind negativ, aber durch die kleinräumige Ausdehnung als sehr gering anzusehen.

Anhand der Übersichtspläne der geplanten Wendestellen wurde eine Abschätzung des volumenmäßigen Bodenabtrags und damit eine entsprechend große Erhöhung des Volumens des Wasserkörpers vorgenommen. Insgesamt ist mit einer Erhöhung des Wasservolumens in einer Größenordnung von 100.000 - 150.000 m<sup>3</sup> zu rechnen. Diese Menge ist in Bezug auf die gesamte Ausbaustrecke mit einem Gesamtvolumen des Wasserkörpers von ca. 78 Mio. m<sup>3</sup> (bei Mittelwasser) als sehr klein anzusehen, und die negativen Effekte können als sehr gering bis gering angesehen werden. Aus vorherigen Modellierungen am Neckar kann ein negativer, wenn auch nur sehr geringer Einfluss dieser Volumenvergrößerung abgeleitet werden. So werden im BFG-Bericht 1005 (1997) die Auswirkungen der Vertiefung der Fahrrinne im Neckar von Bad Cannstatt (km 182,8) bis Plochingen (201,49) mit Hilfe eines Gewässergütemodells untersucht. Die vertiefungsbedingte Vergrößerung des Wasserkörpers auf der ca. 20 km langen Strecke mit einem Gesamtvolumen des Wasserkörpers von ca. 7 Mio. m<sup>3</sup> (bei Mittelwasser) wurde mit 29.400 m<sup>3</sup> angegeben. Dies stellt, bezogen auf den

Wasserkörper der Ausbaustrecke, einen größeren Eingriff als im vorliegenden Fall dar (Volumenvergrößerung um ca. 0,43 % gegenüber einer Volumenvergrößerung von 0,13 bis 0,19 % im vorliegenden Fall). Bei der Modellierung ergaben sich nur sehr geringe Unterschiede bei allen untersuchten Parametern (Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit, Sauerstoffgehalt, C-BSB5, Chlorophyll-a-Gehalt) zwischen dem Ist-Zustand und der Ausbauvariante mit vertiefter Fahrrinne. Die Modellrechnungen zeigten aber, dass die bei einer Ausbaggerung zu erwartenden Auswirkungen dauerhaft negativ sind, wenn auch in sehr geringem Umfang. Dabei lag das Untersuchungsgebiet im für den Sauerstoffgehalt unkritischen Bereich in der Nähe der Gütemessstation Deizisau (Tab. 6). Da das Modell rein deterministisch ist, lässt sich jedoch die Richtung der Auswirkungen auf das jetzige Untersuchungsgebiet übertragen.

### 3.3 Betriebsbedingte Auswirkungen

Bei den betriebsbedingten Auswirkungen sind in erster Linie die erhöhten hydraulischen Belastungen zu beachten. Laut BAW (2011) ergeben sich folgende für die Wasserbeschaffenheit relevante Belastungen durch den Einsatz des 135-Meter-Schiffes:

- > In engen Kurven kann es durch die größeren Ausmaße und stärkere Motorisierung des 135-Meter-Schiffes zu einer signifikanten Erhöhung der Heckwellenhöhen (+15 bis 20 cm), des Absunks (+5 bis 10 cm) sowie der Wiederauffüllungsströmungen (+0,4 m/s) kommen.
- > Die Rückstromgeschwindigkeiten steigen durch das 135-Meter-Schiff typischerweise um rund 0,2 m/s an und sind nahezu über die gesamte Gewässerbreite wirksam.
- > In Bereichen mit niedrigem Flottwasser (unter 1 Meter) erhöht sich die maximale propellerinduzierte Strahlgeschwindigkeit durch das 135-Meter-Schiff von 2,5 m/s auf 3,0 m/s.

Die hydraulischen Belastungen betreffen vor allem Sohle und Ufer und können zu erhöhter Resuspension von Sohlmaterial und somit zu erhöhter Trübung bzw. geringerer euphotischer Tiefe mit den bereits oben angegebenen negativen Auswirkungen auf das Phytoplanktonwachstum und damit den Sauerstoffgehalt führen.

Da die Resuspension des Sohlmaterials direkt von der Beschaffenheit des Materials (Korngröße) abhängt und Daten zur Korngröße nur vereinzelt vorliegen, können hier jedoch nur generelle Aussagen über die Auswirkungen des 135-Meter-Schiffes gemacht werden. Laut BAW (2011) tritt die schiffsinduzierte Trübung jedoch nur kurzzeitig auf. Auf Grundlage der derzeitigen Schiffsfrequenz auf dem Neckar ist das durchschnittliche Intervall bis zur nächsten Schiffspassage, in dem sich das Sedimentmaterial wieder absetzen kann, wesentlich länger als die Absetzdauer des Materials (bei einer Korngröße von ca. 0,1 mm). Die betriebsbedingten Auswirkungen sind als sehr gering bis gering anzusehen (Tab. 13).

**Tab. 13: Wirkungsanalyse zum Schutzgut Wasserbeschaffenheit**

Ursache	Wirkung	Intensität	zeitlich	räumlich
<b>Baubedingte Auswirkungen</b>				
Schwebstoff- erhöhung durch Baggertätigkeit	Verringerung des Sauerstoffgehalts beim Vorliegen von zeh- rungsfähigen Sedimenten, Freisetzung von Nährstoffen, Verringe- rung der euphotischen Tiefe	sehr gering	kurzfristig	auf Baggerbereiche beschränkt
<b>Anlagebedingte Auswirkungen</b>				
Zunahme der mittleren Wassertiefe	Abnahme des physikalischen Sauerstoffeintrags pro m <sup>3</sup> Wasservolumen, Verschlechterung des Lichtklimas für Algen	sehr gering bis gering	dauerhaft	auf Ausbau- strecken/Wende- und Liegestellen beschränkt
Verminderung der Fließgeschwindigkeit	Verstärkung der Sedimentation, damit Erhöhung des Sauerstoffverbrauchs am Gewässerbett	sehr gering bis gering	dauerhaft	auf Ausbau- strecken / Wende- und Liegestellen beschränkt
Schichtung des Wasserkörpers	Sauerstoffdefizite in tieferen Wasserschichten, Unterstützung des Algenwachstums in durchlichteter Schicht, evt. Phosphatrück- lösung	sehr gering bis gering	dauerhaft	auf Ausbau- strecken/Wende- und Liegestellen beschränkt
Wegfall von Flachwasserzonen	Abnahme des Algenwachstums, Verlust von Aufwuchsflächen für Biofilme, verringerter biogener Sauerstoffeintrag	sehr gering bis gering	dauerhaft	Auf Wende- und Liegestellen beschränkt
<b>Betriebsbedingte Auswirkungen</b>				
Resuspension von Sohlmateriale	Verschlechterung des Lichtklimas für Algen, verringertes biogener Sauerstoffeintrag, verstärkte Sauerstoffzehrung	sehr gering bis gering	dauerhaft	auf gesamter Strecke

### 3.4 Abschließende Betrachtung

Im Rahmen des Ausbaus des Neckars für das 135-Meter-Schiff ist insgesamt eine Strecke von 6,46 km Länge (Ausbaustrecken = 2,95 km, Wendestellen = 2,05 km, Liegestellen = 1,46 km) betroffen. Bezogen auf die Länge der Bundeswasserstraße von 203 km entspricht dies einem Anteil von etwa 3,2 %. Durch die geplanten Baumaßnahmen kann es zu einer Reihe von sehr geringen bis geringen dauerhaft negativen Auswirkungen auf den Sauerstoffgehalt kommen. Der Sauerstoffgehalt unterschreitet schon heute bei niedrigen Abflüssen und hohen Temperaturen die kritische Marke von 4 mg Sauerstoff pro Liter (Jahresdatenkatalog 2008, LUBW). So mussten im Jahrhundertssommer 2003 im Rahmen des „Sauerstoffreglement Neckar“ 14 Belüftungsmaßnahmen mit einer Gesamtdauer von 460 Stunden durchgeführt werden (LfU 2004). Auch 2010 wurden am Neckar Belüftungsmaßnahmen durchgeführt, die sicherlich fortgesetzt werden müssen.

Für die physikalische-chemische Qualitätskomponente (Chlorid, Gesamtphosphat, Orthophosphat, Ammonium und pH-Wert) wird keinerlei negative Auswirkung der Ausbaumaßnahmen erwartet.

Alle hier getroffenen Aussagen beruhen auf Abschätzungen der Auswirkungen der baulichen Maßnahmen. Eine präzisere Beurteilung der Auswirkungen der teilweise gegenläufigen Prozesse (z. B. Algenwachstum: Förderung durch Schichtung des Wasserkörpers und Minderung durch Wegfall von Flachwasserzonen) kann nur durch eine modellgestützte Analyse erfolgen. Jedoch erscheint bei den zu erwartenden sehr geringen bis geringen Auswirkungen eine aufwendige modellgestützte Analyse nicht gerechtfertigt.

## 4 Literatur

BfG-1559 (nur online verfügbar, wird ständig fortgeschrieben): Verfahren zur Bewertung in der Umweltverträglichkeitsuntersuchung an Bundeswasserstraßen, aktualisiert im August 2011. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

BfG-1005 (1997): Umweltverträglichkeitsuntersuchung zur Vertiefung der Fahrrinne im Neckar von Cannstatt (km 182,8) bis Plochingen (km 201,49). Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

BMVBS (2011): Handbuch „Umweltbelange an Bundeswasserstraßen“. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.

BAW (2011): Bericht-Nr A39530410083: Vergleich der hydraulischen Belastung auf Böschung und Sohle aus der Fahrt von 135 m (üGMS) und 105 m (GMS) langen Schiffen am Neckar für ausgewählte Querprofile. Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe.

KIRCHESCH, V., BERGFELD, T. & MÜLLER, D. (2006): Auswirkungen der Stauregelung auf den Stoffhaushalt und die Trophie von Flüssen. - In: MÜLLER, D., SCHÖL, A., BERGFELD, T. & STRUNCK, Y. (Eds.): Staugeregelte Flüsse in Deutschland- Limnologie aktuell, Band 12, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, S. 59 - 78.

KLEEBOG, A., SCHLUNGBAUM, G. (1993): In situ phosphorus release experiments in the Warnow River (Mecklenburg, northern Germany). *Hydrobiologia* 253: 263-274

LAWA (2007): LAWA-AO Rahmenkonzeption Monitoring - Teil B Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser.

LFU (2002): Sauerstoffreglement Neckar. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.

LFU (2005): Gewässergüte Baden-Württemberg 2004. ISSN 1436-7882 (Band 91, 2005), Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.

LFU (2004): Jahresbericht 2002/2003. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.

LUBW (2008): Maßnahmenplanung im Hinblick auf die Phosphorbelastung der Fließgewässer Baden-Württembergs, Teil II – Ergänzung, Handlungsoptionen zur Verringerung der Gewässerbelastung, Pfadspezifische Emissionsbetrachtung -

MONERIS-BW. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz - Baden-  
Württemberg.

LUBW (2011): Jahresdatenkatalog : <http://jdkfg.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/300/>.  
Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz - Baden-Württemberg.

OGEWV (2011): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer vom März 2011.

PLANCO CONSULTING GMBH (2006): Entwicklungspotenziale von Güterschiffen über 110 m  
Länge (Langfristprognose 2025) und Bewertung erwogener Ausbaumaßnahmen am  
Neckar (Schleusenkammerververlängerung).

REGIERUNGSPRÄSIDIUM STUTTGART (2009): Ausweisungsbögen für erheblich veränderte  
Flusswasserkörper (HMWB) in Baden-Württemberg (Teil I - V) für die Wasser-  
körper 4-02, 4-03 und 4-04.

REGIERUNGSPRÄSIDIUM KARLSRUHE (2009): Ausweisungsbogen für erheblich veränderte  
Flusswasserkörper (HMWB) in Baden -Württemberg (Teil I - V) für den  
Wasserkörper 4-05.