ILN Institut für Landschaftsökologie und Naturschutz Bühl

Machbarkeitsstudie zur Anbindung des „Knielinger Sees“ an die Überflutungen des Rheins

Mai 2007

This project has received European Regional Development Funding through the INTERREG III B Community Initiative

nwe eno INTERREG IIIB NORTH WEST EUROPE

Projektkomponente D/11 Freude am Fluss explorations

Gliederung

1 Einleitung und Aufgabenstellung 2
1.1 Der Projektrahmen „Freude am Fluss“ 2
1.2 Projekt „Landschaftspark Rhein“ - Bereich Hofgut Maxau und Knielinger See 2
1.3 Bisherige Planungen zur Anbindung des Knielinger See 4
1.4 Sonstige relevante Gutachten 6
1.5 Aufgabenstellung der vorliegenden Expertise 8

2 Kurzbeschreibung des Vorhabens 9
2.1 Grundlagen der Anbindung des Knielinger Sees 9
2.2 Varianten der Anbindung des Knielinger Sees 12
2.3 Einschätzung der Auenbedingungen im anzubindenden Gebiet 14

3 Beschreibung des Gebietes um den Knielinger See 17
3.1 Naturräumliche Entwicklung 17
3.2 Raumplanerische Vorgaben 20
3.3 Nutzungen im Untersuchungsraum 22
3.4 Schutzgebiete und geschützte Biotope im Untersuchungsraum 25
3.5 Biotoptypen im Untersuchungsraum 29
3.6 Pflanzenarten im Untersuchungsraum 31
3.7 Tierarten im Untersuchungsraum 32
3.8 Gewässer im Untersuchungsraum 38

4 Auswirkungen der Anbindung bis 105 m über NN 53
4.1 Auswirkungen auf Nutzungen 53
4.2 Auswirkungen auf Schutzgebiete und geschützte Biotope 54
4.3 Auswirkungen auf Biotoptypen 54
4.4 Auswirkungen auf Pflanzenarten 56
4.5 Auswirkungen auf Tierarten 57
4.6 Auswirkungen auf Gewässer und Renaturierungsvorschläge 59

5 Zusammenfassung 65

6 Literatur 70

7 Anhang 74

1. Einleitung und Aufgabenstellung

1.1 Der Projektrahmen „Freude am Fluss“

Das Projekt „Freude am Fluss“ (Interreg NWE-Projektnummer C060, Laufzeit 2003-2008) entwickelt neue Ideen und Pläne für die Entwicklung von Flusslandschaften in Deutschland, Frankreich und den Niederlanden. Wie können Maßnahmen geplant und umgesetzt werden, die dem Fluss mehr Raum geben, gleichzeitig neue wirtschaftliche Entwicklungen initiieren und die Öffentlichkeit in die Planungsprozesse ausreichend einbinden?

Hierbei werden in Frankreich, den Niederlanden und Deutschland Kommunen fachlich unterstützt, die in ihrer städtischen Planung bis zum Jahre 2008 ein Vorhaben beschließen, das in den oben genannten Rahmen passt. Als „Gegenleistung“ können Empfehlungen und Anregungen für kommunale Planungen in diesem Raum gegeben werden.

Die Überlegungen der Stadt Karlsruhe zu einem „Landschaftspark Rhein“ passen sehr gut in das „Freude am Fluss“-Projekt. Daher soll hinsichtlich der Anbindung des ca. 82 ha großen Knielinger Baggersees an das Rheinvorland ökologische Expertise erstellt werden.

Die vorliegende Machbarkeitsstudie wurde als deutscher Beitrag zur Projektkomponente D/11 "Freude am Fluss explorations" erstellt, in der direkt anwendbare Optionen für das Flussmanagement und Machbarkeitsstudien entwickelt werden sollen, die den Kommunen als Grundlage für ihre Planungen dienen.

1.2 Projekt „Landschaftspark Rhein“ - Bereich Hofgut Maxau und Knielinger See

Die bisherigen Planungen der Stadt Karlsruhe sehen u.a. Umgestaltungsmaßnahmen im direkten Umfeld des Hofguts Maxau (Gastronomie, Spielplatz, Café-Terrasse auf der Rheinseite des HWD XXV) sowie landseits des HWD XXV die Einbringung von Landschaftselementen (Schüttungen mit Pyramiden-Pappelbepflanzung), Pufferstreifen für das NSG „Altrhein Maxau“ und eine Beweidung südlich des Hofgutes vor.
Hinsichtlich der Anbindung des Knielinger Sees wird eine südwestliche Anbindung über ein Bauwerk im Bereich der Hafenmündung diskutuiert. Die Ausleitung soll über den bestehenden Auslass am Willlichgraben in die Alb erfolgen (siehe blaue Pfeile in Abb. 1).

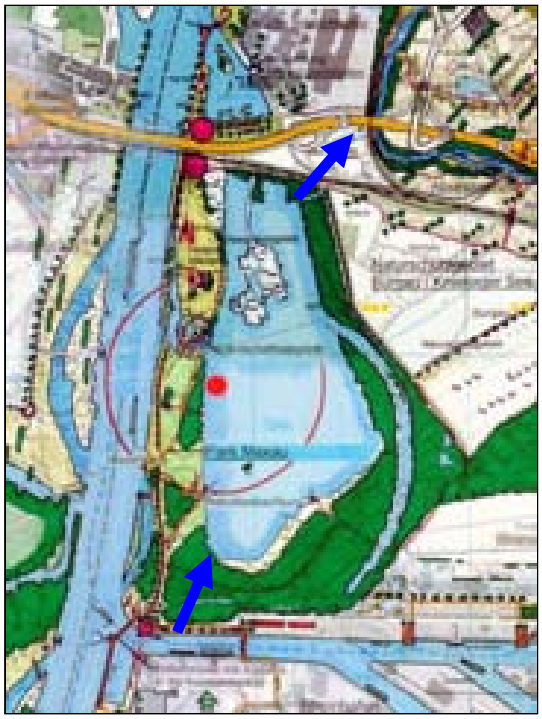

Abb. 1: Ideenskizze zum Landschaftspark Rhein der Stadt Karlsruhe im Bereich des Knielinger Sees

Abb. 2: Luftbild der Umgebung des Knielinger Sees mit möglichen Anbindungsstellen (Grundlage D-Sat 4)

1.3 Bisherige Planungen zur Anbindung des Knielinger See

Die Anbindung des Knielinger Sees an die Überflutungen des Rheins wurde schon mehrfach und z.T. kontrovers diskutiert.

Rahmenkonzept II zum IRP

Das Rahmenkonzept des Landes Baden-Württemberg zur Umsetzung des Integrierten Rheinprogramms (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG 1996) besteht aus dem Teil I „Wiederherstellung des Hochwasserschutzes“ (13 Rückhalteräume) und dem Teil II „Erhaltung und Renaturierung der Auelandschaft am Oberrhein“. Im Teil II sind Bereiche dargestellt, die über die vertraglich vereinbarten Hochwasserschutzmaßnahmen (Rückhalteräume) hinaus durch Dammrückverlegungen an das Abflussregime des Rheins angebunden und auf diese Weise renaturiert werden könnten. Es handelt sich hierbei um unverbindliche Vorschläge in denen die Dammrückverlegung Karlsruhe/Knielinger See mit einer hohen Priorität enthalten ist. Für diese Dammrückverlegungsflächen wurde Anfang der 1990er Jahre im Auftrag des Regierungspräsidiums Karlsruhe ein Überflutungsmodell entwickelt (HYDRAG 1991). Wie in den 13 Rückhalteräumen des Rahmenkonzeptes I könnte in den Dammrückverlegungsgebieten des Rahmenkonzeptes II durch Wiederherstellung natürlicher Überflutungsbedingungen eine Renaturierung der Aue erreicht werden. In einer Voruntersuchung (RP KARLSRUHE 1993 in FRIEDRICH 2003) wurden in der rechtsrheinischen Oberrheinniederung zwischen Iffezheim und Mannheim neun potentielle Dammrückverlegungsflächen untersucht. Im Bereich Karlsruhe/Knielinger See wurde dabei zunächst von einer Dammrückverlegung bis nahe an das Hochgestade ausgegangen („große Lösung“). In einer Machbarkeitsstudie der Gewässerdirektion Nördlicher Oberrhein, Projektgruppe Karlsruhe (GWD 1997) wird dieser Variante eine „kleine Lösung“ entgegengestellt, die eine teilweise Entfernung des jetzigen Hauptdamms XXV und eine Reaktivierung des Hochwasserdamms XXVIa („Tulla-Damm“) vorsieht. In der Gesamtbewertung der Studie wird die „kleine Lösung“ bevorzugt. Nach UNGER (1997 in THOMAS & KÜBLER-THOMAS 2000) müsste für diese Lösung:

- Ein neuer Damm südlich des Hofgutes Maxau vom Hochwasserdamm am Rhein bis zum alten Damm am Knielinger See errichtet werden.
- Der alte Damm verstärkt werden.
- Südlich des Hofgutes auf 1,2 km der derzeitige Hochwasserdamm niedergelegt werden. Zusätzlich wäre (mindestens) eine Verbindung vom See zum Rhein erforderlich.
- Der Federbach östlich des alten Hochwasserdammes um den Retentionsraum herumgeleitet werden.

Institut für Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe

Das Institut für Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe (TH) schlug 1995 Modelluntersuchungen bezüglich der Ein- und Durchströmung des Knielinger Sees durch den Alten Federbach, des hierdurch bedingten Stoffeintrages und dessen Verminderung durch Umgestaltungsmaßnahmen im Einlaufbereich vor (Schreiben des Institutes für Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe vom 19.05.1995 an das Umweltamt der Stadt Karlsruhe zitiert in SPANG, FISCHER, NATZSCHKA 2005).

Landesfischereiverband Baden

Anfang des neuen Jahrtausends forderte der LANDESFISCHEREIVERBAND BADEN (2001) für den Knielinger See Verbesserungsmaßnahmen für den limnologischen und ökologischen Zustand des Sees. Unter dem Kapitel Wasseraustausch (LANDESFISCHEREIVERBAND BADEN 2001 S.4) wird die Anbindung behandelt:

„Dem Knielinger See fehlt ein ausreichender Austausch von Wasser. Der Federbach führt insbesondere im Sommer zu wenig und stark belastetes Wasser. Außerdem liegt die Vermutung nahe, dass Einmündung und Auslauf des Federbachs zu dicht beieinander liegen, so dass die große Wasserfläche des Sees gar nicht davon berührt wird. Das eventuell in der Tiefe eintretende Grundwasser ist ebenfalls zu wenig und zudem noch nahezu sauerstofffrei.

Der Rhein allerdings, der nur wenige Meter vom See entfernt fließt, führt ganzjährig genügend Wasser. Über einen bereits bestehenden Altrheinarm am südwestlichen Teil des Knielinger Sees könnte durch ein geeignetes (regelbares) Bauwerk und einen Graben ein Zufluss zum See geschaffen werden, der einen ausreichenden Wasseraustausch bewirken kann. Ideal ist ein Zufluss, der für Fische passierbar ist.

Selbst wenn das aus dem Rhein zufließende Wasser aufgrund seiner Temperatur und Dichte nicht in die Tiefenbereiche des Knielinger Sees eindringt, so bewirkt es doch einen erheblichen Austausch und eine gewisse Wasserbewegung, welche die vorhandenen Nährstoffe verdünnt und die Produktion von Phytoplankton reduziert. Außerdem hätte ein Zufluss von Rheinwasser am südwestlichen Teil des Sees den Effekt, dass sich eine Wasserbewegung durch den gesamten See bis zum Auslauf in die Alb ziehen würde, was bislang nicht der Fall ist.

Es bleibt abzuklären, inwieweit der Auslauf entsprechend der höheren Wassermenge angepasst werden muss.

Diese Möglichkeit der Lösung der gravierenden Probleme des Knielinger Sees ist die nachhaltigste und effektivste. Es sind zwar Baumaßnahmen am Einlauf erforderlich, jedoch sind diese einmalig und garantieren einen dauerhaften, nachhaltigen Erfolg der Sanierungsmaßnahme. In Kombination mit einer Nahrungskettenmanipulation im See ist eine erhebliche Verbesserung der schlechten Situation damit so gut wie sicher.“

Umweltamt der Stadt Karlsruhe (SPANG, FISCHER, NATZSCHKA 2005)

In der Machbarkeitsstudie zur Restaurierung des Knielinger Sees (SPANG, FISCHER, NATZSCHKA 2005) wird die Rheinanbindung auf Seite 27 folgendermaßen beurteilt:

„Langfristig ist daher im Falle der Rheinanbindung mit einer starken Zunahme der Nährstoffgehalte und damit einer starken Zunahme der Trophie zu rechnen. Insbesondere tiefe Baggerseen wirken als Sediment- und Nährstofffalle.

Auch das thermische Verhalten eines Baggersees kann durch den Zustrom von Rheinwasser deutlich beeinflusst werden. Seen weisen nach einem starken Oberflächenwasserzufluss auch während des Sommers eine Vollzirkulation auf. Anschließend kann sich wieder eine thermische Schichtung bei gleichzeitigem Sauerstoffrückgang im Hypolimnion einstellen. Dieser starke Sauerstoffrückgang wird vor allem auf den Abbau organischer Stoffe, die mit dem Rheinwasser eingetragen werden, zurückgeführt.

Auf Grund der Tiefe des Knielinger Sees ist eine vollständige Durchströmung des Seevolumens durch das aus dem Rhein zuströmende Wasser unwahrscheinlich. Eine Ausspülung des nährstoffreichen Sedimentes würde daher durch eine Anbindung des Knielinger Sees an den Rhein nicht erfolgen.

Zwar ist von einer zeitweisen Verbesserung des oxischen Milieus im Knielinger See durch einströmendes Rheinwasser auszugehen. Gleichzeitig aber würde auch ein starker Nährstoffeintrag und letztendlich eine Anreicherung von Nährstoffen am Seegrund erfolgen. Damit würde statt einer Oligotrophierung eine weitere Eutrophierung des Knielinger Sees erzielt.“

1.4 Sonstige relevante Gutachten

Konzeption zum Schutz und zur Entwicklung der nördlichen Oberrheinniederung (ILN 2003 Veröffentlichung in Vorbereitung durch LUBW)

Die Konzeption soll einen Beitrag zur Umsetzung des Integrierten Rheinprogramms (IRP) leisten, in dem sie die Landschaft am nördlichen Oberrhein in ihrem heutigen Zustand beschreibt, Ziele für die Entwicklung und den Schutz dieser Landschaft aus Sicht eines umfassenden Naturschutzes formuliert und geeignete Maßnahme vorschlägt, mit denen diese Ziele erreicht werden können. Damit kommt sie der Vorgabe der Landesregierung nach, die im Rahmenkonzept zum Integrierten Rheinprogramm für alle Bereiche der Rheinniederung Schutzgebiets- und Biotopsystemkonzeptionen einfordert.

Die Konzeption besteht zum wesentlichen aus *Planungsgrundlagen* (Beschreibungen der Grundlagen nach dem IRP-Rahmenkonzept II, der historischen Landschaftsentwicklung, von Raumstruktur und Biotopverbund, der wertvollen Vegetation und bedeutsamer Biotoptypen, wertvoller Tiervorkommen des Gebietes, Ziele von Gesetzen und Konventionen und Zielvorgaben des Integrierten Rheinprogramms) sowie einem *Planungsteil*, in welchem für einzelne Planungseinheiten Leitbilder, Ziele und Entwicklungsvorschläge erarbeitet wurden.

Folgende Festlegungen wurden für das Gebiet um den Knielinger Sees (Planungseinheit 12 Altaue Karlsruhe) getroffen:

<u>Leitbild</u>

Leitbild ist eine von naturnahen Wäldern der Weichholzaue, Röhrichten und Rieden, Feuchtwiesen sowie naturnahen, sich eigendynamisch entwickelnden Auegewässern geprägte Landschaft.

<u>Ziele und Entwicklungsvorschläge</u>

- Sicherung und Erhaltung der wertvollen Vegetation und bedeutsamer Biotoptypen
- Verbesserung der Überflutungsverhältnisse und bessere Durchströmung des Knielinger Sees über den Federbach
- Renaturierung der Alb, Verbesserung der Gewässermorphologie und -qualität
- Wiedervernässung von Flächen im NSG Burgau
- Dauerwaldartige Bewirtschaftung ehemaliger Mittelwälder
- Sicherung, Optimierung und Neuanlage von Fortpflanzungsgewässern für die Zierliche Moosjungfer (*Leucorrhinia caudalis*)
- Erhaltung und Ausweitung von Großseggenrieden und Nasswiesen mit periodischer Überschwemmung im Frühjahr oder Frühsommer für die Gefleckte Heidelibelle (*Sympetrum flaveolum*)
- Besucherlenkung und Besucherinformation im Bereich des durch Freizeitbetrieb stark genutzten Flächen (z.B. zwischen dem Rheinhafen und der Rheinbrücke)

LIFE-Projekt „Lebendige Rheinauen bei Karlsruhe“

Im Auftrag der Bezirksstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Karlsruhe wurde im Jahr 2003 ein Antrag für ein LIFE-Natur-Projekt mit dem Titel „Lebendige Rheinauen bei Karlsruhe“ ausgearbeitet (IUS 2003), welches sich inzwischen in Umsetzung befindet. LIFE ist ein Finanzierungsinstrument, welches die umweltpolitischen Ziele der Europäischen Gemeinschaft fördern soll. Projekte im Rahmen von LIFE sind solche, die „zur Erhaltung oder Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustandes natürlicher Lebensräume und Populationen wildlebender Tiere und Pflanzen notwendig sind“. In der Praxis ist es Aufgabe von LIFE-Natur, zur Umsetzung der EG-Vogelschutzrichtlinie bzw. der FFH-

Richtlinie beizutragen. Das Projektgebiet des LIFE-Projektes umfasst die Rheinauen (Naturraum 222 Nördliche Oberrheinniederung) in den Kommunen Rheinstetten, Karlsruhe, Eggenstein-Leopoldshafen, Linkenheim-Hochstetten, Dettenheim und Philippsburg im Land- und Stadtkreis Karlsruhe mit einer Flächenausdehnung von ca. 75 km^2. Damit beinhaltet es auch die NSG Altrhein-Maxau und Burgau.

In der wissenschaftlichen Beschreibung des Projektgebietes wird im Projektantrag eine der wesentlichen Zielsetzungen genannt:

„Vor- und Sommerdeiche beschränken den Kontakt zwischen Aue und Rhein. Die Gebiete landseits der Deiche werden zwar überflutet, aber die natürliche Dynamik ist reduziert (oft nur minimale Fließbewegungen, späteres Einsetzen von Überflutungen, verzögerter Abfluss bei sinkenden Rheinwasserständen). ***Die Wiederherstellung natürlicher dynamischer Prozesse ist ein vorrangiges Projektziel, denn sie ist Voraussetzung für einen günstigen Erhaltungszustand des prioritären Lebensraumtyps 91E0 Silberweiden-Auenwald sowie weiterer besonders zu schützender Lebensraumtypen und Arten der Rheinaue****.*

Wegen der minimalen Wasserbewegung wird hinter den Vordeichen bei Überschwemmungen verstärkt Lehm abgelagert. Für die natürliche Lebensraum- und Artenvielfalt wichtige Schwankungen des Bodenwasserhaushalts werden durch den Lehm verringert. Dadurch verschlechtern sich die Konkurrenzbedingungen für ursprünglich charakteristische, konkurrenzschwache Pflanzenarten des Silberweiden-Auenwaldes und der Ufer, z.B. für Nadelbinse (Eleocharis acicularis) und Polei-Minze (Mentha pulegioides) und auch Keimlinge der Silber-Weide. Hingegen werden Arten mit höheren Ansprüchen an gleichmäßige Wasserversorgung und den Nährstoffgehalt des Substrats durch die Lehmsedimentation gefördert, z.B. Kratzbeere, Brennnessel und Schilf. Sie können sich im Auenwald ausbreiten.

Auch an den Gewässersohlen bilden sich Lehmdecken. Dadurch verschwinden für die Sandsohlen naturnaher Rheinauengewässer charakteristische Armleuchteralgen (FFH-LRT 3140). Für viele Tierarten werden die Lebensbedingungen verschlechtert, auch für solche, die nach Anhang II der FFH-Richtlinie besonders zu schützen sind, z. B. Steinbeißer (FFH-Code 1149) und Grüne Keiljungfer (FFH-Code 1037). Langfristig wird durch verstärkte Lehmsedimentation in abgeschlossenen Senken das Kleinrelief der Aue nivelliert. Damit verschwinden u.a. Laichmöglichkeiten für Laubfrosch, Knoblauchkröte und Springfrosch (Arten des Anhang IV der FFH-Richtlinie).“

Ursprünglich war eine Anbindung des Knielinger Sees in diesem Projekt angedacht (mündl. Mitt. Herr Wendel RP KA Ref 53). Diese konnte aber aufgrund der sehr strengen Zeit- und Genehmigungsvorgaben für LIFE-Projekte nicht in den Projektantrag mit aufgenommen werden. Dazu heißt es im Projektantrag:

„Nicht alle aktuell bekannten Vorkommen wurden in die Fördermaßnahmen des LIFE-Antrages einbezogen. Dafür waren in der Konzeptionsphase des Antrags im Wesentlichen zwei Gründe ausschlaggebend:

- *einige der vorhandenen Bestände sind in einem so günstigen Erhaltungszustand, dass keine Maßnahmen erforderlich sind. Diese Flächen liegen zwar innerhalb des Projektgebietes, werden aber nicht in die beantragten Maßnahmen mit einbezogen.*
- *für die langfristige Sicherung der Bestände wären Maßnahmen erforderlich, eine erfolgreiche und fristgerechte Umsetzung der ggf. erforderlichen Maßnahmen innerhalb der Laufzeit des Projektes kann jedoch nicht zugesichert werden.*

Daher wurde nur für diejenigen akut gefährdeten Bestände Maßnahmen beantragt, deren Umsetzung im Rahmen der Projektlaufzeit von 5 Jahren zugesichert werden kann. Eine Realisierung weiterer evtl. notwendiger Maßnahmen wird außerhalb des LIFE-Projektes angestrebt.“

Im Untersuchungsraum des Knielinger Sees ist daher nun nur noch folgende Maßnahme im LIFE-Projekt enthalten:

- C 2 Förderung von Silberweidenauwald im NSG Burgau westlich des Rheinhauptdeiches zwischen Rheinhafen und Tulla-Denkmal südwestlich des Knielinger See auf ca. 1,5 ha

1.5 Aufgabenstellung der vorliegenden Expertise

Um insbesondere die limnologischen Wirkungen einer Anbindung des Knielinger Sees an den Rhein besser abschätzen zu können, hat das Institut für Landschaftsökologie und Naturschutz, Bühl das Büro für Gewässerkunde und Limnologie mit einer Studie zu „Möglichkeiten zur Verbesserung der Wasserqualität des Knielinger Sees durch eine Anbindung an den Rhein“ beauftragt, um die aufgeworfenen Fragen detaillierter beurteilen zu können (BGL 2006). Die Studie dient der Vorbereitung einer Restaurierung des Knielinger Baggersees im Rahmen des Interreg Projektes „Freude am Fluss“. Auf der Basis des aktuellen Gewässerzustandes werden die Belastungsursachen definiert und eine Defizitanalyse erstellt. Restaurierungsoptionen werden in Form einer Machbarkeitsstudie insbesondere im Hinblick auf die Möglichkeiten einer Rheinanbindung diskutiert. Als Datengrundlage dienten:

- LUBW, Zentrales Baggerseeinformationssystem (ZeBIS), Intensivuntersuchung des Knielinger Sees 2002
- LUBW, Daten zur qualitativen und quantitativen Grundwasserbeschaffenheit aus dem Beschaffenheitsmessnetz der LUBW
- SPANG, FISCHER, NATZSCHKA (2005), Machbarkeitsstudie zur Restaurierung des Knielinger Sees
- STADT KARLSRUHE UMWELTAMT (1994), Umweltbericht, Bereich Grund- und Trinkwasser, Berichtszeitraum 1981-1994
- FRIEß, H.W. (1994), Der Federbach - Belastung und Frachtbilanzierung, Diplomarbeit Berufsakademie Karlsruhe

Die Ergebnisse von BGL (2006) werden in den Kapiteln 3.8 und 4.6 ausführlich behandelt.

Die vorliegende zusammenfassende Expertise hat die Aufgabe die vorliegenden Daten zu Raumplanerischen Vorgaben, Nutzungen, Schutzgebieten und geschützten Biotopen, Biotoptypen, Tier- und Pflanzenarten sowie den Gewässern im Untersuchungsraum „Knielinger See“ zusammenzustellen, Hinweise zu Vor- und Nachteilen verschiedener Varianten zu geben und die ökologischen Auswirkungen des Vorhabens auf den Untersuchungsraum gesamthaft zu beurteilen.

2. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Grundlage der Überlegungen ist die Altaue um den Knielinger See zwischen dem Rheinhafen Karlsruhe (ca. Rhein-km 360) im Süden und der Eisenbahnbrücke (Rhein-km 362) im Norden sowie zwischen dem Hochwasserdamm XXV im Westen und Hochwasserdamm XXVIa (Tulladamm) im Osten an das Rheinvorland und damit an die Überflutungen des Rheins anzubinden. Die Höhenlage des Hochwasserdamms XXV liegt zwischen 107,1 und 108,6 m+NN, während der Tulladamm (XXVIa) Höhen zwischen 106,4 und 107,2 m+NN aufweist (DGK 5). Im Ist-Zustand durchfließt der Federbach den Knielinger See, die Ableitung von Seewasser erfolgt über den Willichgraben in die Alb.

2.1 Grundlagen der Anbindung des Knielinger Sees (Wasserspiegellagen und Abflusswerte)

2.1.1 Rhein

Das Abflussgeschehen des Rheins wird gekennzeichnet durch Überlagerungen des nivalen Abflussregimes des Alpenrheins mit pluvio-nivalen Abflussregimen der Mittelgebirgszuflüsse. Ersteres ist durch hohe Abflüsse im Frühsommer (Schneeschmelze) gekennzeichnet, während die Zuflüsse aus Schwarzwald und Vogesen geringe Sommer- und hohe Winterabflüsse bringen. Eine ausgleichende Funktion auf die Abflüsse aus den Alpen besitzt der Bodensee (LfU BW 2000 in FRIEDRICH 2003).

Die folgende Tabelle zeigt die grundlegenden Werte des direkt benachbarten und nördlich angrenzenden Pegel Maxau bei Rhein-km 362,3:

Tab. 1: Hauptwerte des Pegels Maxau (HVZ 2006)

Pegel Maxau	**Werte HVZ**	**m + NN**	**Q**
Rhein-km	362,3		
Pegelnullpunkt	97,76		
NNW (1980-2003) 30.10.1985	3,15	100,91	340
MNW (1980-2003)	3,71	101,47	607
MW (1980-2003)	5,04	102,80	1255
2-jährlich	7,75	105,51	3100
10-jährlich	8,60	106,36	4100
HW 14.05.1999	8,83	106,59	4620
20-jährlich	8,85	106,61	4450
50-jährlich	9,16	106,92	4900
100-jährlich	9,42	107,18	5300

2.1.2 Knielinger See, Federbach und Willichgraben

Die Wasserstandsschwankungen des Knielinger Sees werden über das Grundwasser aufgrund der Nähe zum Rhein stark von den Schwankungen des Rheinwasserspiegels beeinflusst.

Die Wasserführung des Federbachs wird nach GWD (1997 in FRIEDRICH 2003) durch drei Bauwerke beeinflusst:

- Schließe zwischen Rappenwörther Altrhein und Rhein
- Schließe zwischen westlichem und Altem Federbach sowie
- Schließe am Übertritt in den Willichgraben

Die Abflüsse des Willichgrabens werden durch den Durchlass unter der Eisenbahnbrücke sowie eventuellen Rückstau durch die Alb beeinflusst.

Tabelle 2 zeigt die grundlegenden Wasserspiegellagen und Abflusswerte vom Knielinger See, Federbach und Willichgraben.

Tab. 2: Wasserspiegellagen und Abflüsse von Knielinger See, Federbach und Willichgraben (SPANG, FISCHER, NATZSCHKA 2005; BGL 2006)

Pegel Maxau	**m + NN**	**Q cbm/s**
Knielinger See MW	102,5	-
Knielinger See Schwankungsbereich	101,75-103,45	-
Zufluss Federbach -> Knielinger See	-	0,25-12
Mitt. Abfluss Federbach -> Knielinger See	-	ca. 1
Grundwasserzufluss -> Knielinger See	-	ca. 0,5
Willichgraben MW (1970-1981)	102,18	
Willichgraben MW (1990)	102,99	
Mittl. Abfluss Willichgraben -> Alb		2,2
Mittl. HW-Abfluss Willichgraben -> Alb		6,9
Max. Abfluss Willichgraben -> Alb		30

2.1.3 Alb

Die Daten zum Abflussgeschehen der Alb sind dem Gewässerentwicklungsplan zur Alb (BÜRO FÜR GEWÄSSERÖKOLOGIE 2002) entnommen.

Im Flussgebiet der Alb herrscht ein vom Regen geprägtes Abflussregime. Charakteristisch sind Niedrigwasserperioden im Spätsommer und Frühherbst sowie Hochwasserereignisse hauptsächlich im Frühjahr. Der einzige Schreibpegel der Alb befindet sich in Ettlingen (Ettlingen-Wasen). Die höchsten Abflusswerte erreicht die Alb meist in den Monaten Dezember bis April. Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Abflusswerte der Alb am Pegel Ettlingen.

Tab. 3: Hydrologische Daten der Alb am Pegel Ettlingen-Wasen zwischen 1982 und 2001 (LFU 2001)

NQ[1)] m³/s	**MNQ (m³/s)**			**MQ (m³/s)**			**MHQ (m³/s)**			**HQ[2)] m³/s**	**HQ_{10} m³/s**	**HQ_{100} m³/s**
	So	**Wi**	**Jahr**	**So**	**Wi**	**Jahr**	**So**	**Wi**	**Jahr**			
0,65	0,90	1,06	0,86	1,76	3,15	2,46	19,8	24,7	30,9	96,5	53,7	92,0

1) am 19.09.1991 2) am 29.10.1998

Die Hochwässer der Alb der letzten Jahre (vor allem von 1998; HQ = 96,5 m^3/s !!!) brachten die größten Abflüsse seit Beginn ihrer Registrierung. Großflächige und langdauernde Überschwemmungen im Raum Rüppurr, Oberwald und Weiherwald sowie der Autobahn richteten erhebliche Schäden an. Auch im Unterlauf zwischen Grünwinkel und Knielingen trat die Alb an mehreren Stellen über die Ufer, überschwemmte die Trabrennbahn, die Kleingärten unterhalb der Sängerhalle, landwirtschaftliches Gelände in der Kirchau, Teile des Verkehrsübungsplatzes und das Gelände des Schützenvereins Knielingen. Grund dafür waren:

- Rheinrückstau: Die schneller vom Rheinoberlauf her ankommenden und höher ansteigenden Rheinhochwässer bewirkten einen vermehrten und vor allem erhöhten Rückstau in Alb und Federbach.
- Alb-Hochwasser: Die Hochwasserschutzmaßnahmen im Bereich Rüppurr/Oberwald/Weiherwald erhöhten den Abfluss im Albunterlauf bei Knielingen von 65 m^3/s um 16 m^3/s auf 81 m^3/s.
- Überlagerung von Hochwasserspitzen von Alb und Rhein: Durch die schneller ankommende Hochwasserwelle des Rheins (siehe oben) kam es zu einer Überlagerung mit der Hochwasserspitze der Alb.

- Vermehrter Regenwasserzufluss aus der Kanalisation: Die Erschließung einer Vielzahl von Baugebieten in den letzten Jahrzehnten führte zu einem erhöhten Regenwasserabfluss in die Alb.

Aus diesen Gründen wurden seit 1984 erhebliche zusätzliche Hochwasserschutzmaßnahmen im Süden und Westen der Stadt Karlsruhe unternommen. Die folgende Tabelle zeigt die Ausbauwassermengen der Alb auf Gemarkung Karlsruhe.

Tab 4: Ausbauwassermengen der Alb im Stadtgebiet von Karlsruhe

Gewässerabschnitt	Ausbauwassermenge
bei Rüppurr	24 m^3/s (mit kontrollierten Ausuferungen)
Günther-Klotz-Anlage	65 m^3/s
Appenmühle/Kornweg	70 m^3/s
Daxlanden	75 m^3/s
B10/Knielingen	77,5 m^3/s
Raffinerien	92 m^3/s

Ab einer Wassermenge von acht Kubikmeter pro Sekunde, gemessen am Pegel Ettlingen-Wasen, wird in die Abflussverhältnisse der Alb eingegriffen, wie folgende Tabelle zeigt.

Tab. 5: Hochwasserabflussregelung der Alb im Stadtgebiet von Karlsruhe (am Pegel Ettlingen-Wasen)

Abfluss	Regelung
bis 8 m^3/s	8 m^3/s Alb, ohne Ausuferung
bis 18 m^3/s	wie oben und 10 m^3/s Erlengraben
bis 22 m^3/s	wie oben und 4 m^3/s Alb, ohne Ausuferung
bis 30 m^3/s	wie oben und 8 m^3/s Erlengraben, mit Ausuferung und Einstau Weiherwald
bis 42 m^3/s	wie oben und 12 m^3/s Alb/Reiherbach, mit Ausuferung und Einstau Salmenwiesen
bis 71 m^3/s	wie oben und 29 m^3/s Einstau Oberwald (über Seegraben)

2.2 Anbindung des Knielinger Sees

Langfristig sollte der Raum um den Knielinger See entsprechend den Vorgaben des IRP-Rahmenkonzept Teil II durch eine Dammrückverlegung großflächig an die Überflutungen des Rheins angebunden werden. Die Dammrückverlegung kann aber mit hoher Wahrscheinlichkeit aufgrund des Vorranges der Maßnahmen aus dem Rahmenkonzept Teil I (geplante Rückhalteräume) möglicherweise in den nächsten Jahrzehnten nicht realisiert werden. Daher sind kurz- bis mittelfristig weniger aufwändige Maßnahmen zur Verbesserung der Auenbedingungen (insbesondere Verbesserung der Durchströmung) im Gebiet um den Knielinger See durchzuführen, um die bestehenden Defizite z.B. bei der Wasserqualität des Knielinger Sees anzugehen. Diese Maßnahmen sollten aber so gestaltet sein, dass sie eine mögliche spätere Realisierung der Dammrückverlegung nicht behindern.

2.2.1 Kurz- bis mittelfristig realisierbare Varianten der Anbindung des Knielinger Sees

Für die Anbindung des Knielinger Sees gibt es kurz- bis mittelfristig folgende grundlegenden Möglichkeiten:

1. Bau von Ein- und Auslassbauwerken im Rheinhauptdamm zwischen Rhein-km 360 und 362 oder
2. Bau eines Einlassbauwerkes im Bereich der Hafeneinfahrt (beim Federbachdüker) und Ableitung des Wassers wie im Ist-Zustand über den Willichgraben zur Alb

ad 1.) Hier besteht ebenfalls die Möglichkeit den Auslass über den Willichgraben zu realisieren. Um zu große Überflutungshöhen mit Überschwemmung von vorhandenen Häusern oder zu große Druckwasserprobleme nach Osten zu vermeiden, wird eine Begrenzung der Wasserspiegellagen bei den Überflutungen durch Verschluss der Bauwerke auf eine maximale Höhe von ca. 105 m ü. NN vorgeschlagen. Hinsichtlich der Auswirkungen der Maßnahmen auf den Gütezustand des Knielinger Sees ist auch die Frage der Abkoppelung des Federbaches vom Knielinger See sowie eine Tiefenwasserableitung von Bedeutung.

2.2.1.1 Ein- und Auslassbauwerke im Rheinhauptdamm

Im Pflege- und Entwicklungsplan zu den Naturschutzgebieten „Burgau und „Altrhein Maxau“ ist ein Einlassbauwerk auf Höhe Rhein-km 360,6 (eine Alternative bestünde bei Rhein-km 360,2) und ein Auslassbauwerk auf Höhe von Rhein-km 361,8 im Rheinhauptdamm vorgesehen.

Ein Einfluten von Rheinwasser kann über das vorgelagerte Altwasser erfolgen. Binnenseitig führt ein in einer Ackerfläche neu anzulegendes, naturnahes Gerinne das einflutende Rheinwasser bis zum Ufer des Knielinger Sees.

Das Auslassbauwerk könnte bei Rhein-km 361,8 im Rheinhauptdamm angelegt werden. Binnenseitig führt ein in der Ackerfläche westlich der Ernestinenwiese neu anzulegendes, naturnahes Gerinne Wasser des Knielinger Sees zum Rhein.

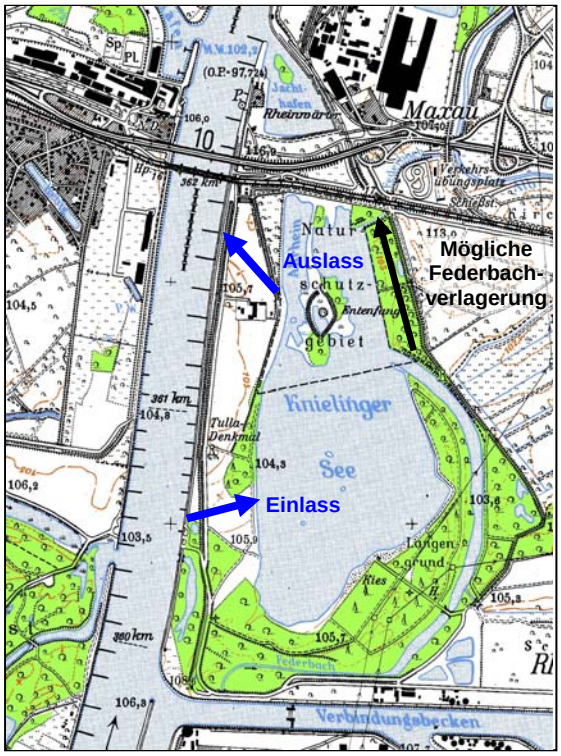

Abb. 3: Anbindung des Knielinger Sees entsprechend dem Pflegeplan des Naturschutzgebietes

Diese Variante bietet folgende Vor- und Nachteile:

	Vorteile	Nachteile
Verbesserung der Auenbedingungen	erhebliche Verbesserungen bei den Auenbedingungen sind möglich (ca. 75 % der Fläche werden regelmäßig überflutet) und auetypisch entwickelt	-
Verbesserung der Wasserqualität des Sees	eine optimierte Anbindung des Sees wird ermöglicht	-
Sonstige Aspekte	Eine Abtrennung des Federbachs ist möglich	Ein- und Auslassbauwerke sowie neu zu gestaltende Gerinne sind mit Eingriffen verbunden und würden durch eine Dammrückverlegung obsolet, Ölfernleitung im Rheinhauptdamm

2.2.1.2 Einlassbauwerk am Hafen und Abfluss über den Willichgraben

Alternativ könnte entsprechend der Überlegungen zum Landschaftspark Rhein ein Einlassbauwerk im Bereich des Hafens/Federbachdükers und ein Abfluss des eingefluteten Rheinwassers über den Willichgraben zur Alb (entspricht Ist-Zustand) erfolgen.

Hierbei ist die Hochwasserführung der Alb zu berücksichtigen, welche zu Rückstau in den Willichgraben führt.

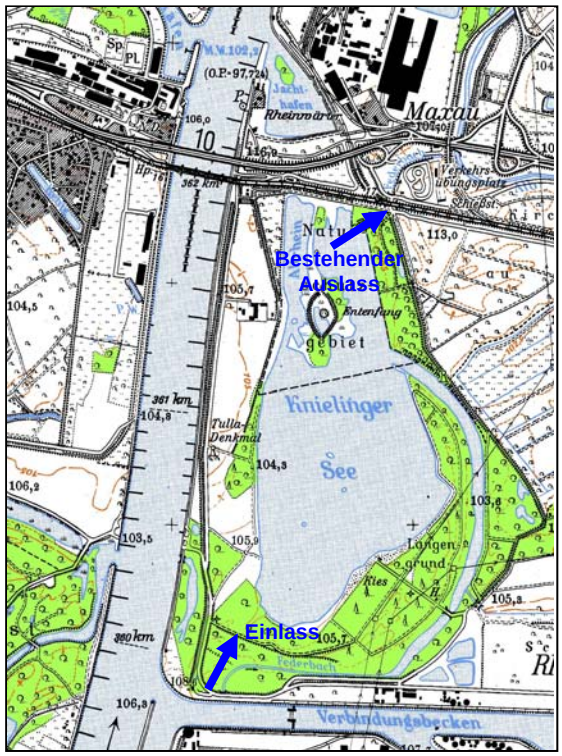

Abb. 4: Anbindung des Knielinger Sees entsprechend den Planungen zum Landschaftspark Rhein

Diese Variante bietet folgende Vor- und Nachteile:

	Vorteile	Nachteile
Verbesserung der Auenbedingungen	Bei entsprechender Gestaltung sind erhebliche Verbesserungen bei den Auenbedingungen möglich (ca. 75 % der Fläche werden zusätzlich überflutet)	-
Verbesserung der Wasserqualität des Sees	eine Anbindung des Knielinger Sees wird ermöglicht	-
Sonstige Aspekte	-	Neues Einlassbauwerk ist mit geringen Eingriffen verbunden und würde durch eine Dammrückverlegung obsolet, neues Gerinne zum Knielinger See führt durch hochgelegene, sensible Bereiche, mögliche Konflikte mit Hafennutzung im Umfeld des Einlassbauwerkes

2.2.1.3 Steuerung des Einlassbauwerkes und der Überflutungen

Folgende Vorgehensweise wird bei der Steuerung des Einlassbauwerkes in Betracht gezogen:

1. Beginnende Einströmung ab Mittelwasser mit einer mittleren Dauer von 180 Tagen pro Jahr (ca. 5,0 m am Pegel Maxau = 102,80 m +NN bei ca. Q = 1255 cbm/s Periode 1980-2003 / Angabe HVZ 2006)
2. Überflutung der Weichholzaue zwischen ca. 1250 m^3/s und ca. 2000 m^3/s Pegel Maxau im Mittel an 90 Tagen bei einer maximalen Überflutungshöhe von ca. 2,5 m
3. Überflutung der Hartholzaue zwischen ca. 2000 m^3/s und ca. 3000 m^3/s Pegel Maxau im Mittel an 10-50 Tagen bei einer maximalen Überflutungshöhe von ca. 1,3 m
4. Über ca. 3000 m^3/s Pegel Maxau (ca. 7 m Pegel bzw. 105 m + NN) schließen der Bauwerke zum Schutz der baulichen Anlagen (vor allem des Hofgutes) vor Überflutungen

Die Einströmmenge liegt je nach Bauwerksgröße bei ca. 0,5 bis 10 cbm/s. Die Überflutungsdauern der einzelnen Auenstufen sind in Tabelle 7 aufgelistet.

2.2.3 Einschätzung der Auenbedingungen im anzubindenden Gebiet

Überflutungshöhen

Die geplante Anbindung des Knielinger Sees sieht eine Überflutung des Geländes bis zu einer Höhe von 105 m ü. NN vor. Bei einer Flutung bis zu dieser Höhe ist auf ca. 52,9 ha mit keinen Überflutungen zu rechnen, auf ca. 20,2 ha wird das Gelände nur bis zu einer Höhe von maximal 0,8 m überflutet, auf ca. 14,1 ha sind Wasserhöhen bis zu 1,3 m und auf ca. 13,9 ha bis zu 1,7 m zu erwarten. Die größten Überflutungshöhen bis maximal 2,5 m können auf einer Fläche von ca. 21,9 ha auftreten, zzgl. ca. 90 ha Wasserflächen.

Überflutungsdauer

Die Berechnung der Überflutungsdauern und ihren entsprechenden Überflutungshöhen erfolgte auf Basis der Auswertungen von LUDWIG (2001): „Wasserstandsdauerlinien für die Pegel Plittersdorf und Maxau für die Jahre 1968 bis 1999“. Der Klassifizierung der mittleren Überflutungsdauer und ihrer Zuordnung zu den Auestufen liegt das mit der FVA abgestimmte Auestufenpapier für den Raum Iffezheim bis Karlsruhe zugrunde (MICHIELS & ALDINGER 2002, SPÄTH 2002).

Durch die Begrenzung auf eine Überflutungshöhe von 105,0 m ü. NN werden ca. 52,9 ha nicht überflutet. Eine oberste und die hohe Hartholzaue wird nicht ausgebildet. Die Mittlere Hartholzaue nimmt eine Fläche von ca. 20 ha ein. Tiefe Hartholzaue und Übergang Hartholz-Weichholzaue finden sich auf je ca. 14 ha. Auf 21,9 ha liegt die Tiefe Weichholzaue mit Überflutungsdauern von über 90 Tagen.

Überflutungsdynamik

Durch die einseitige Anbindung ist im Überflutungsraum Knielinger See von einer gegenüber dem Rheinvorland reduzierten Überflutungsdynamik auszugehen. Zur Abschätzung der möglichen Fließgeschwindigkeiten sollen vergleichsweise die sich nördlich anschließenden Auengebiete betrachtet werden:

Der unmittelbar nördlich des Karlsruher Ölhafens beginnende und nach Nordosten bis Leopoldshafen an den Pfinzentlastungskanal bzw. den Hochwasserdamm XXXa reichende Hochwasserdamm XXVIII begrenzt ein etwa 150 ha großes Überschwemmungsgebiet mit reduzierter Auendynamik. Da dieser Bereich nur über eine kanalartige Verbindung an seiner Nordspitze bei Rhein-km 371,2 mit dem Rhein direkt verbunden ist, fehlt die für den Rhein typische Fließdynamik. Nach Untersuchungen von

LUDWIG (1996) ist in den Waldflächen südlich des „Alten Hafens“ bei einem Abfluss im Rhein von 3.000 m³/s mit Fließgeschwindigkeiten von 1 bis 5 cm/s zu rechnen. Dies gilt auch für das sich nördlich an den Hochwasserdamm XXXa anschließende Überschwemmungsgebiet „Alter Hafen“ bei Leopoldshafen und kann vom Grundsatz her auf den Altauebereich des Knielinger Sees übertragen werden.

Auenstufen

Die Tabelle und Abbildung auf der folgenden Seite zeigen die Einteilung der Auenstufen entsprechend der Abstimmung der FVA mit den Gewässerdirektionen am Pegel Maxau für die Vegetationsperiode der Zeitreihe 1968-1999 sowie die Dauerlinien am Pegel.

Folgende Flächenverteilung der Auenstufen ergibt sich bei Durchführung der Maßnahme im Raum um den Knielinger See zwischen dem Rheinhauptdamm und dem Tulladamm:

Tab. 6: Flächenverteilung der Auenstufen bei einer Begrenzung der Überflutung auf max. 105 m ü. NN

Verbesserungsmöglichkeiten	Auenstufe	Flächen	%
Gewässerflächen	Gewässer	89,74	42,2%
Bis 103,4	Tiefe Weichholzaue	21,87	10,3%
103,4-103,9	Übergang Weichholzaue-Hartholzaue	13,89	6,5%
103,9-104,4	Tiefe Hartholzaue	14,08	6,6%
104,4-105,0	Mittlere Hartholzaue	20,19	9,5%
>105,0	Keine Überflutungen	52,92	24,9%
Gesamtsumme		**212,69**	**100**

Nebenstehende Abbildung zeigt als Übersicht die Verteilung der Auenstufen und die überfluteten Flächen bis 105 m ü. NN im Gebiet um den Knielinger See.

Ca. 33 % werden in den verschiedenen Auenstufen bis zur mittleren Hartholzaue überflutet, 42% der Flächen sind überflutete Gewässer, während ca. 25 % bei einer Begrenzung der Überflutungen auf 105,0 m über NN nicht überflutet werden.

Eine detaillierte Karte im Maßstab 1:2.500 ist im Anhang beigefügt.

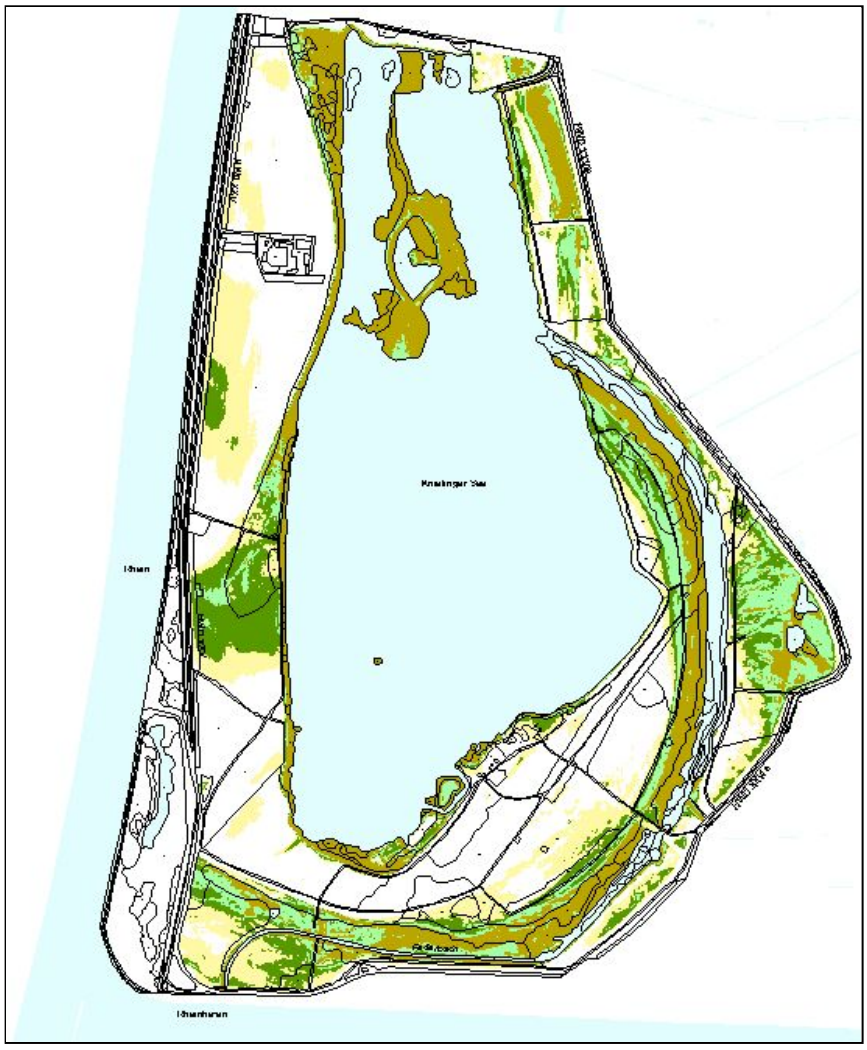

Abb. 5: Überflutete Auenstufen bis 105 m ü. NN im Umfeld des Knielinger Sees

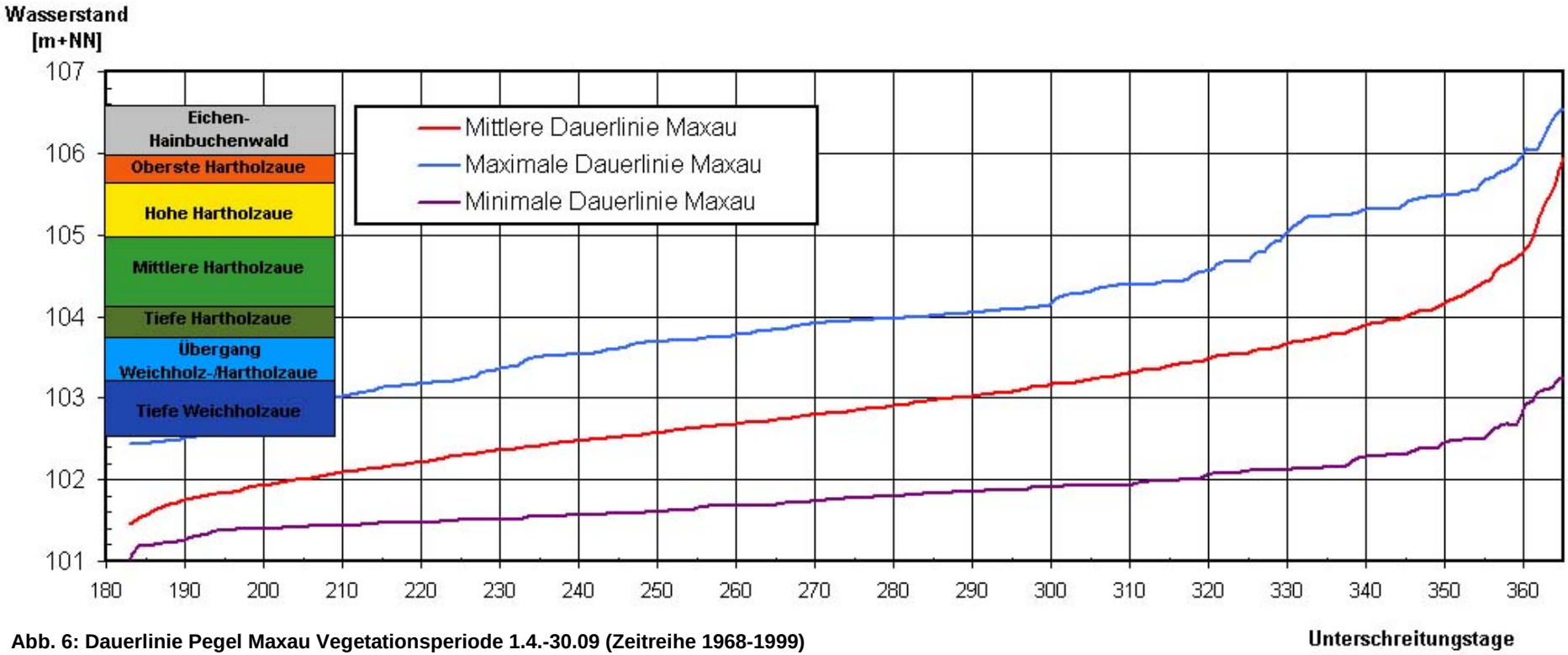

Abb. 6: Dauerlinie Pegel Maxau Vegetationsperiode 1.4.-30.09 (Zeitreihe 1968-1999)

Tab. 7: Auenzonen am Pegel Maxau

Auenzone	Überflutungs-dauer 1.4. - 30.9.	Maximale Überflutungs-dauer 1.4. - 30.9.	Mittlere Überflutungs-dauer Jahr	Maximale Überflutungs-dauer Jahr	entspricht Pegelstand gem. mittlerer Dauerlinie	Pegel Maxau (in cm)	Überflutungs-höhe
Tiefe Weichholzaue	> 60	> 140	> 90	> 190	> 103,20	4,80 - 5,40	> 2,70
Übergang Weichholz-/Hartholzaue	60 - 33	140 - 110	90 - 50	190 - 130	103,20 - 103,70	5,40 - 5,90	2,70 - 2,20
Tiefe Hartholzaue	33 - 15	110 - 65	50 - 25	130 - 80	103,70 - 104,20	5,90 - 6,40	2,20 - 1,70
Mittlere Hartholzaue	15 - 4	65 - 35	25 - 7	80 - 42	104,20 – 105,00	6,40 - 7,20	1,70 - 0,90
Hohe Hartholzaue	4 - 1	35 - 10	7 - 3	42 - 15	105,00 - 105,60	7,20 - 7,80	0,90 - 0,30
Oberste Hartholzaue	< 1	< 10	3 - 1	< 15	105,60 - 105,90	7,80 - 8,10	0,30 - 0

3. Beschreibung des Untersuchungsraumes

3.1 Naturräumliche Grundlagen

3.1.1 Naturraum

Das Gebiet um den Knielinger See ist Teil des Naturraums 222 Nördliche Oberrheinniederung. Aufgrund der Lage zwischen den Hochwasserdämmen XXV (Rheinhauptdamm) und XXVIa (Tulladamm) ist der Knielinger See und die diesen direkt umgebenden Flächen Teil der nicht mehr überfluteten Altaue des Rheins.

3.1.2 Landschaftshistorische Entwicklung

Zustand vor Tulla

Der Zustand der Landschaft am Oberrhein vor den Rheinkorrektion wird in MUSALL (1969) folgendermaßen beschrieben: "*Der nördliche Oberrhein war ursprünglich durch einen geschlossenen Rheinlauf charakterisiert, der in großen Mäandern mit wenig sich von Süden nach Norden vergrößernden Radien die Niederung durchzog. Für die den Rhein umgebende Landschaft waren vor allem seine jährlich mal stärker, mal weniger stark auftretenden Hochwasser von ausschlaggebender Bedeutung". Die sich stromabwärts vom Oberlauf her immer stärker bemerkbar machende Aufschüttung brachte die Ausdehnung des Wildstromcharakters stromabwärts bis in unser Gebiet mit sich, wie Karten von 1817 deutlich zeigen. Die flussnahen jungen Aufschüttungen liegen deshalb höher als die meisten älteren landeinwärts zu beiden Stromseiten. Sie machten in Verbindung mit dem Einsetzen der seit etwa 1740 fast alljährlich auftretenden Hochwässern stromabwärts eine ständige Erhöhung der Dämme … und einen Schutz für immer weitere Uferabschnitte notwendig*".

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die historischen Rheinverläufe in der Mäanderzone des Rheins zwischen Forchheim und Knielingen:

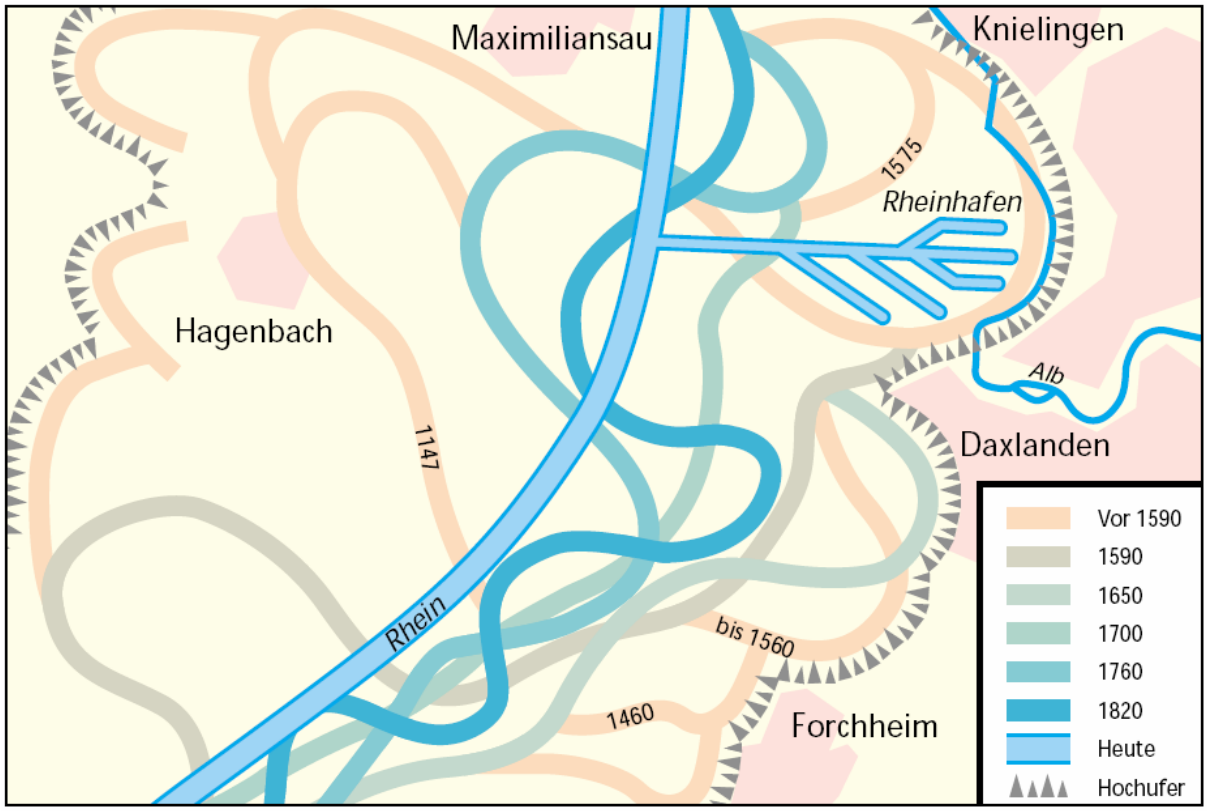

Abb. 7: Ehemalige Rheinverläufe im Gebiet zwischen Forchheim und Knielingen (STADT KA 2000)

Zustand nach Tulla

Bei der Rheinkorrektion wurden in der Mäanderzone von Neuburg (Rhein-km 357,5) bis Frankenthal (Rhein-km 431,6) in erheblichem Umfang Mäander mittels Durchstichen abgetrennt. Durch den Knielinger Durchstich im Jahre 1818 wurde der Rheinverlauf im Bereich von Knielingen begradigt, wodurch sich die Stromlänge in diesem Abschnitt von 8,8 auf 3,3 km verkürzte. Der neue Rhein wurde die neue Grenze zwischen den damaligen Ländern Baden und Bayern.

Aufgrund der Rheinkorrektion wandelte sich die Auenlandschaft erheblich, da u.a. die Erosions- und Sedimentationsprozesse stark eingeschränkt wurden. Auf die Korrektion folgte die Erschließung der Auen für unterschiedlichste Nutzungen. Die Karte des Großherzogtums Baden von 1838 (siehe folgende Seite links) zeigt schon Grundstrukturen wie die Rheinbrücke, den Tulladamm, die Lage des Altrheinarmes in dem heute der Federbach verläuft sowie die genutzten Flächen im Umfeld des heutigen Hofgut Maxau. Im Zentrum des "Altrhein Maxau" (nördlicher Teil des Knielinger Sees) liegen Inseln, der spätere „Entenfang“. Er wurde nach Abschluss der Rheinkorrektion 1879 durch den damaligen Eigentümer des Geländes, Markgraf von Baden, für die Entenjagd angelegt.

Im Jahr 1898 beginnen schließlich die Bauarbeiten für den Karlsruher Rheinhafen, der 1901 erstmals für die Schifffahrt freigegeben wurde.

Entwicklung im 20. Jahrhundert

Die wesentlichste Landschaftsveränderung im 20. Jahrhundert waren im Bereich des Knielinger Sees die Kiesbaggerungen. Die Kiesentnahmen im Bereich des Knielinger Sees begannen im Jahr 1959 und endeten Anfang der 1990er Jahre. Nur im nordwestlichen Teil wurde keine Kiesförderung durchgeführt. Durch diese Kiesentnahmen wurden über 80 ha ehemals forst- und landwirtschaftlich genutzte Flächen in Wasserflächen verwandelt.

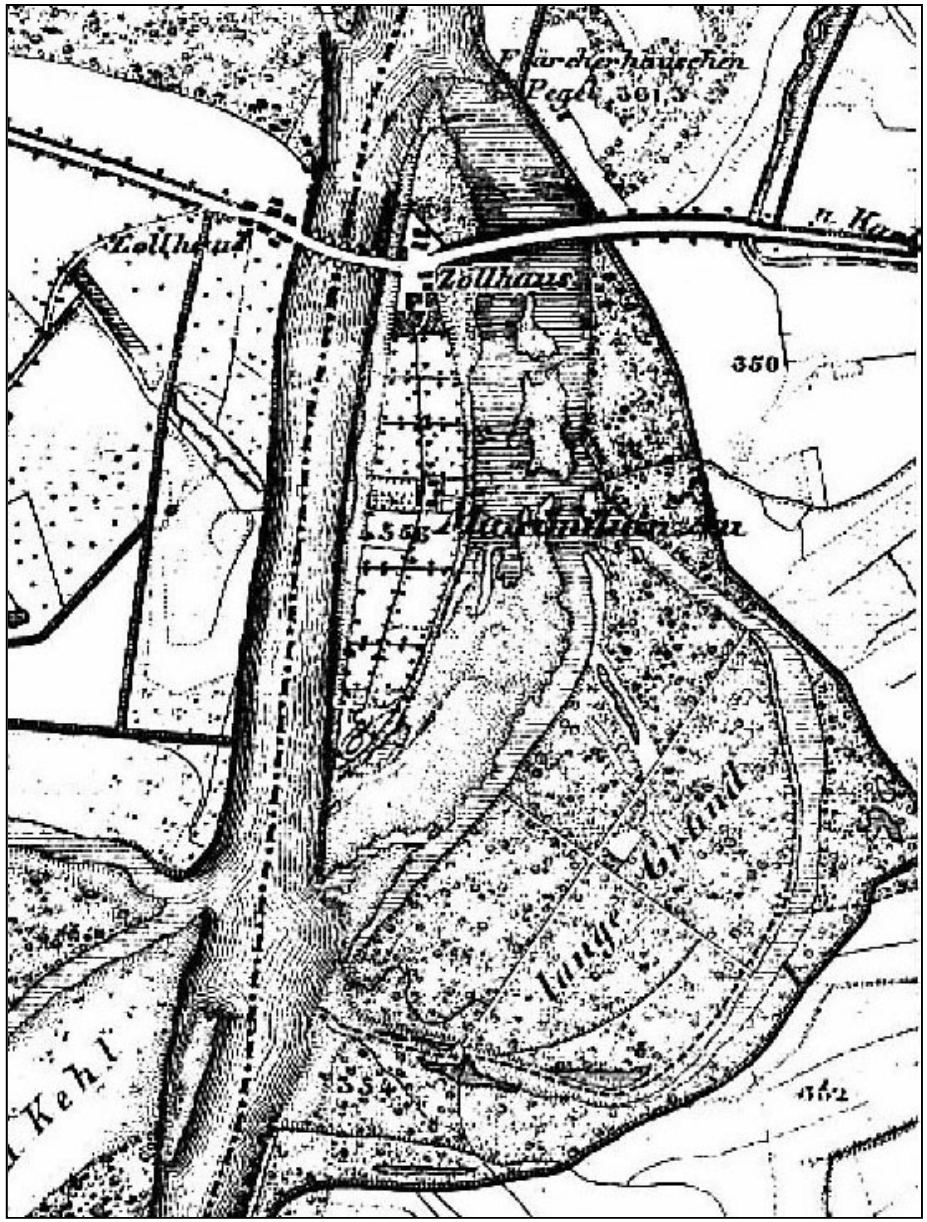

Abb. 8: Karte des Großherzogtums Baden 1838 – Blatt 15 Moersch

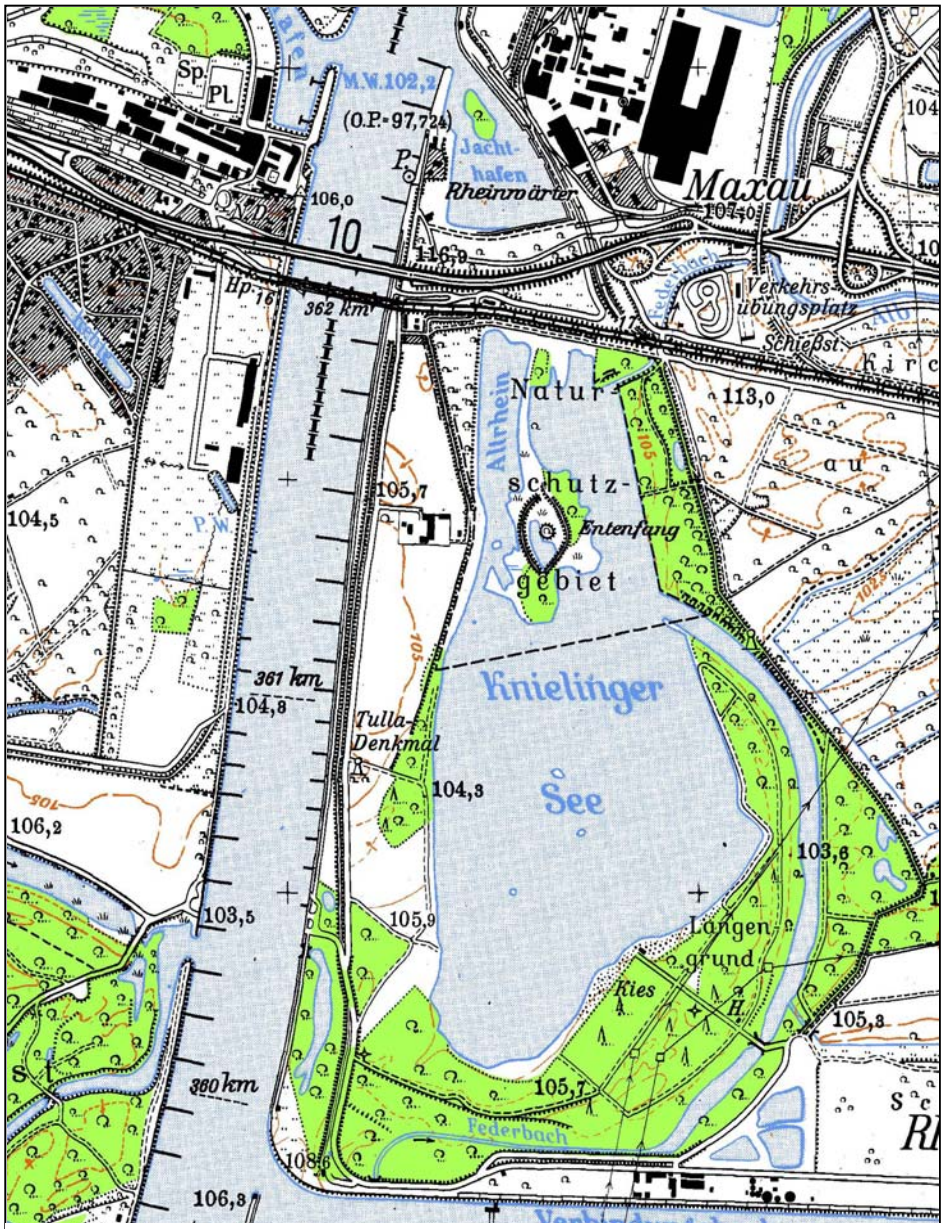

Abb. 9: Topographische Karte 1:25.000 – Blatt 6915 Wörth

3.2 Raumplanerische Vorgaben

3.2.1 Regionalplan

Folgende Flächenkategorien sind im Regionalplan im Gebiet des Knielinger Sees ausgewiesen:

Bestand

- Ölfernleitung (ÖP)
- Hochspannungsleitungen (220 KV)

Freiraumstruktur

- Regionaler Grünzug (Z)
- Naturschutzgebiete „Altrhein Maxau“ und „Burgau“ sowie Landschaftsschutzgebiet „Burgau“
- Natura 2000
- Wald
- Gewässer
- Fläche des Integrierten Rheinprogramms - Retention (R)

Abb. 10: Ausschnitt vom Regionalplan des Regionalverbandes Mittlerer Oberrhein (RVMO 2003)

3.2.2 Flächennutzungsplan

Folgende Flächenkategorien sind im Flächennutzungsplan 2010 des Nachbarschaftsverbandes Karlsruhe (NVV KA 2004) im Gebiet des Knielinger Sees ausgewiesen:

- Gewässer
- Landwirtschaftliche Flächen
- Forstwirtschaftliche Flächen
- Grünflächen
- Besondere Vegetationsfläche außerhalb von Grün- und Waldflächen (BV) Südufer
- Naturschutzgebiete „Altrhein Maxau“ und „Burgau“ sowie Landschaftsschutzgebiet „Burgau“
- Leitungen für Erdgas/Erdöl (EG) nördlich der NATO-Rampe
- Hochspannungsleitungen (220 KV)

Abb. 11: Ausschnitt vom Flächennutzungsplan des Nachbarschaftsverbandes Karlsruhe (NVV KA 2004)

3.3 Nutzungen im Untersuchungsraum

Freizeitnutzungen

Im Nahbereich der Stadt Karlsruhe kommt dem Gebiet eine wichtige Erholungsfunktion zu (WEINMANN 2002). Das Wegenetz wird von Radfahrern, Freizeitsportlern, Spaziergängern und Reitern genutzt.

An allen wichtigen Zugängen und Parkplätzen wurden vom Regierungspräsidium Karlsruhe Ref. 56 (ehem. Bezirksstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Karlsruhe) Informationstafeln aufgestellt, die Besucher und Erholungssuchende über die Schutzgebiete informieren und zu einem angepassten Verhalten anleiten sollen. In einer Auflage von 10.000 Stück gibt es seit 1994 ein Faltblatt zum Natur- und Landschaftsschutzgebiet Burgau und Naturschutzgebiet Altrhein Maxau (BNL 1994). Nach § 5 der Verordnung „NSG Burgau“ „bedürfen organisierte Wanderungen der Genehmigung der höheren Naturschutzbehörde“

Im Untersuchungsraum verlaufen folgende für die Erholung bedeutsamen Wege:

- Überregionaler Rhein-Radweg zwischen Hochwassertor im Rheinhafen Karlsruhe und Rheinbrücke
- PAMINA-Rheinpark Deutsch-Französischer Radwanderweg Rheinauen zwischen Hochwassertor und Rheinbrücke mit Infotafeln zur Rheinumgestaltung durch Tulla am Tulladenkmal und zum Pegel Maxau
- Rundweg zum Naturführer Rheinniederung Burgau aus der Reihe der Naturführer Karlsruhe mit folgenden Stationen:
  1. Hochwasserdämme
  2. Die Rheinbegradigung
  3. Der Knielinger See
  4. Der ursprüngliche Rhein
  5. Der Federbach
  6. Eichen-Hainbuchenwald
  7. Feuchtwiesen
  8. Ausgedehnte Schilfbestände
  9. Bahndämme
- Reitwege
- sowie sonstige Wege

Abb. 12: Karte aus Naturführer Burgau (STADT KA 2000)

Schwerpunkte der Erholung sind das Gebiet zwischen Knielinger See und Rheinufer inklusive des Umfeldes der Rheinbrücke sowie die siedlungsnahen Bereiche der Burgau westlich von Knielingen.

Abb. 13: Kartenausschnitt aus dem Schutzgebietsfaltblatt (BNL 1994). Künftig nicht mehr darzustellende Wege sind mit einem roten x markiert (ILN 2004).

Angeln/Fischerei

Die großen Wasserflächen des Gebiets sind an Karlsruher Angelsportvereine verpachtet: Pächter des Knielinger Sees, des Federbachs und Willichgrabens sind seit den 50er Jahren der Anglerverein Karlsruhe (AVK) und die Sportfischervereinigung Knielingen als gleichberechtigter Mitpächter; Ansprechpartner für die Verpächter (Stadt Karlsruhe) ist der AVK. Für den Knielinger See besteht ein „Netz- und Reusenrecht“, wie es für Berufsfischer üblich ist, das zur Ermittlung des Fischbestandes genutzt wird. Der AVK unterhält seit den 60er Jahren im Gebiet eine Fischbrut- und -zuchtanlage. Im sog. „Bruthaus“ werden Bachforellen, Hechte, Junglachse und ab und zu Äschen gezüchtet, die in der Alb, benachbarten Gewässer und AVK-Pachtgewässern ausgesetzt werden (BAUMANN, MEYER, mdl. Mitteilung). Der Verein hat einen Bootswart, der für die Kontrolle und den ordnungsgemäßen Einsatz der Boote am See verantwortlich zeichnet.

An „guten“ Tagen wird der See von etwa 15 Anglern frequentiert (BAUMANN, mdl.). Wegen der schlechten Wasserqualität mit zurückgehendem Fangerfolg weichen viele AVK-Mitglieder zunehmend auf andere Gewässer, insbesondere den Rhein aus (BAUMANN, mdl.).

Jagd

Im bzw. im Umfeld des Untersuchungsraumes liegen das Jagdrevier IV (Karlsruhe-Knielingen) "Ackerheck-Burgau" sowie der Eigenjagdbezirk Maxau. Die NSG-Verordnung „Altrhein-Maxau“ gestattet „die ordnungsgemäße Ausübung der Jagd“ ohne weitere Einschränkungen. Im NSG „Burgau“ ist ebenfalls „die ordnungsmäßige Ausübung der Jagd“ erlaubt, „vorbehaltlich jagdrechtlicher Regelungen durch die obere Jagdbehörde“. Pächter von Jagdrevier IV sowie jagdausübungsberechtigt im Eigenjagdbezirk Maxau ist Horst Bechtold. Im Eigenjagdbezirk Maxau ist ebenfalls Herr Müllerschön, Pächter des Hofguts, jagdberechtigt.

Jagdbare, im Gebiet vorkommende Wildarten sind Reh, Feldhase, Wildkaninchen, Fuchs, Dachs und Wildenten. Bejagt werden Fuchs und Enten. Der Feldhase wird nicht bejagt. Der Bestand an Wildkaninchen ist seit Auftreten der „Chinaseuche“ stark rückläufig. Im Gebiet leben nur wenige Tiere, die nicht bejagt werden. In den letzten Jahren nehmen Dachsbeobachtungen zu.

Die Jagd wird ausschließlich als Ansitzjagd ausgeübt. Auf Bewegungsjagden (Treib- oder Drückjagden) wird aufgrund des geringen Wildbestandes und des hohen Gefährdungsrisikos für Erholungssuchende verzichtet.

Hofgut Maxau (nach MÜLLERSCHÖN 2004)

Das 1840 entstandene Hofgut Maxau verdankt seinen Namen dem Markgrafen Maximilian von Baden, der um 1835 die Rheininseln Abtsgründel, Langengrund und Katersgrund kaufte. Seine Entstehung aber verdankt das Hofgut der Rheinregulierung durch den Ingenieur Tulla, denn die drei ehemals pfälzischen Inseln kamen erst durch die Rheinregulierung nach Baden.

Zum Hofgut Maxau gehören 25 Hektar Ackerland. Während in der Vergangenheit zunächst Schafe gehalten und Pferde gezüchtet wurden, lag der Schwerpunkt später bei der Hühner- und Schweinehaltung. Seit über 30 Jahren wird das Hofgut jedoch ohne Vieh und mit modernen Maschinen als reiner Ackerbaubetrieb bewirtschaftet. Schwerpunktmäßig werden Zuckerrüben, Körnermais, Saatmais, Winterweizen und Hanf angebaut. Seit ca. 30 Jahren wird der landwirtschaftliche Betrieb von Thomas und Ute Müllerschön in Eigenregie bewirtschaftet.

Seit 1992 hat der Knielinger Museumsverein im Hofgut Maxau sein Domizil gefunden. Aus einem ehemaligen Hühnerstall hat sich ein liebenswertes Museum entwickelt, das inzwischen über eine Ausstellungsfläche von nahezu 1000 Quadratmetern verfügt. Das Knielinger Museum ist Mitglied des PAMINA-Rheinparks und bildet den nördlichen Eingang zu diesem Landschaftspark.

3.4 Schutzgebiete und geschützte Biotope im Untersuchungsraum

Natura 2000-Gebiete im Untersuchungsraum

Das Gebiet um den Knielinger Sees gehört nach der Gebietsmeldung 2005 zum FFH-Gebiet 7015-341 „Rheinniederung zwischen Wintersdorf und Karlsruhe“. Das Naturschutzgebiet „Altrhein Maxau“ ist als Vogelschutzgebiet in der Gebietsmeldung 2001 enthalten.

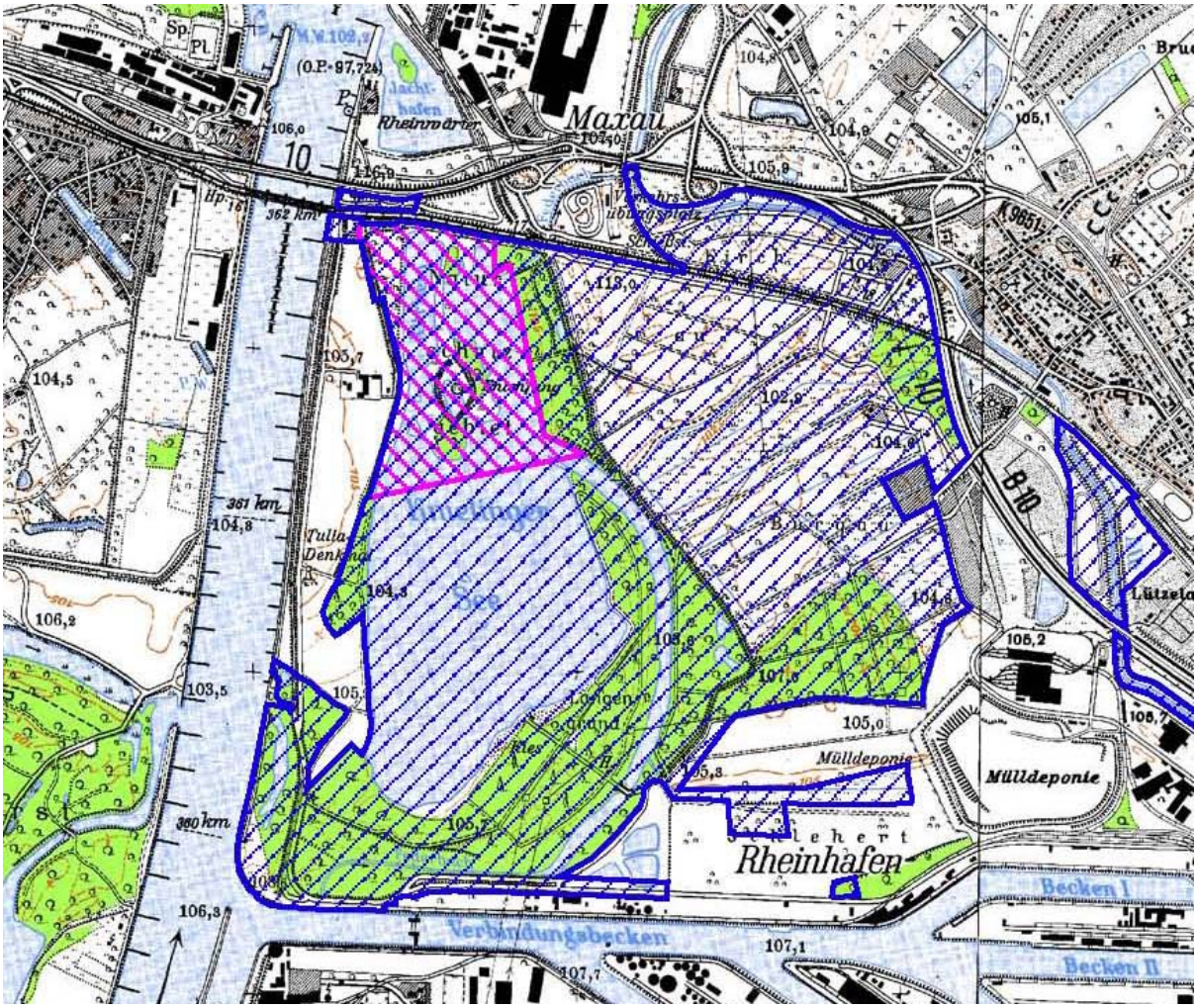

Abb. 14: FFH-Gebiet 7015-341 Rheinniederung zwischen Wintersdorf und Karlsruhe (blau) und Vogelschutzgebiet 6915-401 Altrhein Maxau (lila)

Die südlich angrenzenden Flächen des NSG/LSG „Burgau“ sind nach LfU (2005) zur Nachmeldung als Vogelschutzgebiet als Teil des Vogelschutzgebietes „Rheinniederung Elchesheim-Karlsruhe“ (vsn 22) vorgesehen.

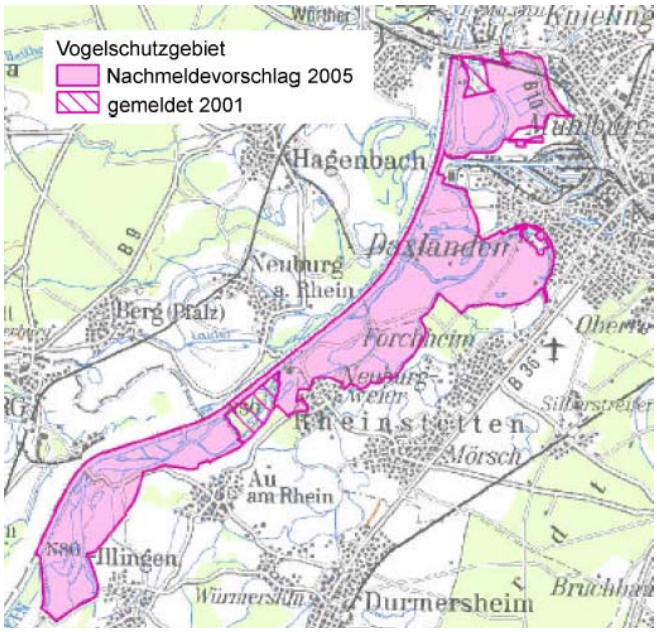

Abb.10: Vogelschutznachmeldevorschlag Rheinniederung Elchesheim-Karlsruhe

Natur- und Landschaftsschutzgebiete im Untersuchungsraum

Der Nordteil des Knielinger Sees gehört zum Naturschutzgebiet „Altrhein Maxau“ während der Südteil zum später ausgewiesenen Naturschutzgebiet „Burgau“ gehört.

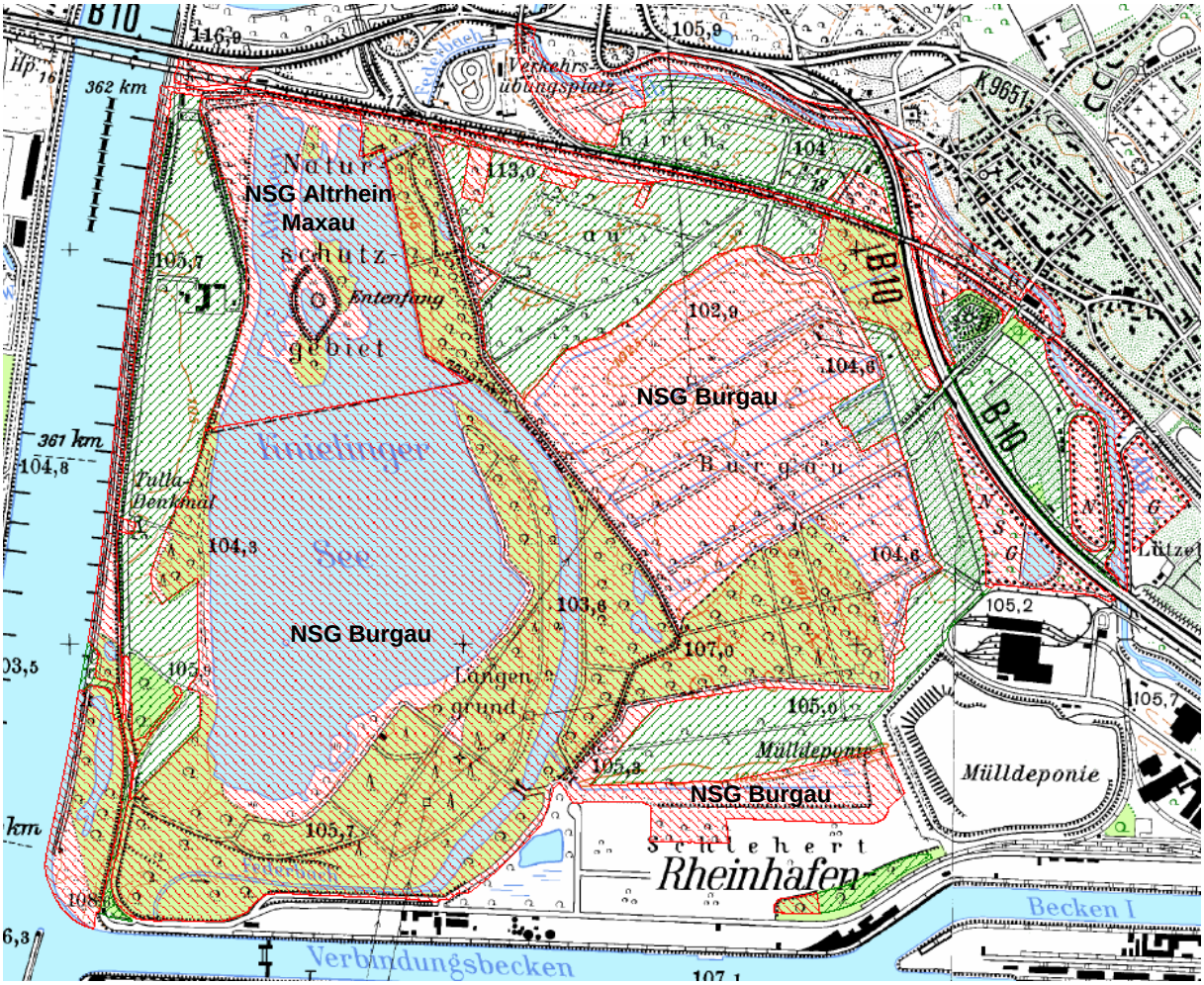

Abb. 15: Abgrenzung der Naturschutzgebiete Altrhein Maxau und Burgau (rote Schraffur) und des Landschaftsschutzgebietes Burgau (grüne Schraffur) (ILN 2004)

Mit der Ausweisung des Naturschutzgebiets „Altrhein Maxau“ (1980) und des Natur- und Landschaftsschutzgebietes „Burgau“ (1989) wurden auf dem Gebiet der Stadt Karlsruhe ökologisch wertvolle Reste der ehemals dynamischen Rheinauenlandschaft unter Schutz gestellt. „Burgau“ und „Altrhein Maxau“ beherbergen naturnahe Biotoptypen des Waldes, der offenen Kulturlandschaft sowie der Fließ- und Stillgewässer, die jeweils etwa zu einem Drittel an der Schutzgebietsfläche beteiligt sind. Die als Ergebnis des Ausweisungsverfahrens entstandene Schutzgebietsabgrenzung mit mehreren, von Infrastruktur und anderweitigen Nutzungen umgebenen Teilflächen bedingt eine große Zahl unterschiedlichster Interessen und Nutzungsansprüche.

Der hohe landschaftliche Reiz mit einem Nebeneinander von Wasser, Wald und Flur sowie die Lage im Verdichtungsraum Karlsruhe machen die Schutzgebiete für die Erholung suchende Bevölkerung besonders attraktiv. Zu den wesentlichen Beeinträchtigungen zählen:

- aus verschiedensten Interessen, Ansprüchen und Rechten erwachsende Konflikte,
- randlich durch Verkehrs- und Gewerbeinfrastruktur auf das Schutzgebiet einwirkende Störfaktoren
- und die in der anthropogen geprägten Kulturlandschaft ablaufenden Sukzessionsprozesse.

Verbesserung der Wasserqualität des Knielinger Sees
(aus ILN 2004: Pflege- und Entwicklungsplan zu den NSG „Altrhein Maxau“ und „Burgau“ S. 63)

Der limnologische und ökologische Zustand des Knielinger Sees und Altrheins Maxau einschließlich des Federbachs ist mehrfach dokumentiert (LFU 2000; LANDESFISCHEREIVERBAND BADEN 2001; LfU 2003 ZEBIS; SPANG, FISCHER, NATZSCHKA 2005). Neben aufwändigen und teureren technischen Sanierungsmaßnahmen (u. a. Tiefenwasserbelüftung, Phosphatelimination), die nur die Symptome teilweise beseitigen könnten, wird von verschiedenen Seiten die Anbindung an den Rhein empfohlen. Eine intensive Prüfung etwa im Rahmen einer Machbarkeitsstudie wird empfohlen. Die Prüfung der Umweltverträglichkeit nach UVPG ist obligatorisch. Der Maßnahmenplan (Anlage) enthält punktuelle Hinweise für den Bau von Ein- und Auslassbauwerken, die naturschutzfachlich für die dort vorkommenden Lebensraumtypen mit einem relativ geringen Eingriff verbunden wären.

Geschützte Biotope im Untersuchungsraum

§32-Biotope

Westlich des Knielinger Sees liegt das §32-Biotop 6915-212-0007 Feldgehölz beim Tulla-Denkmal

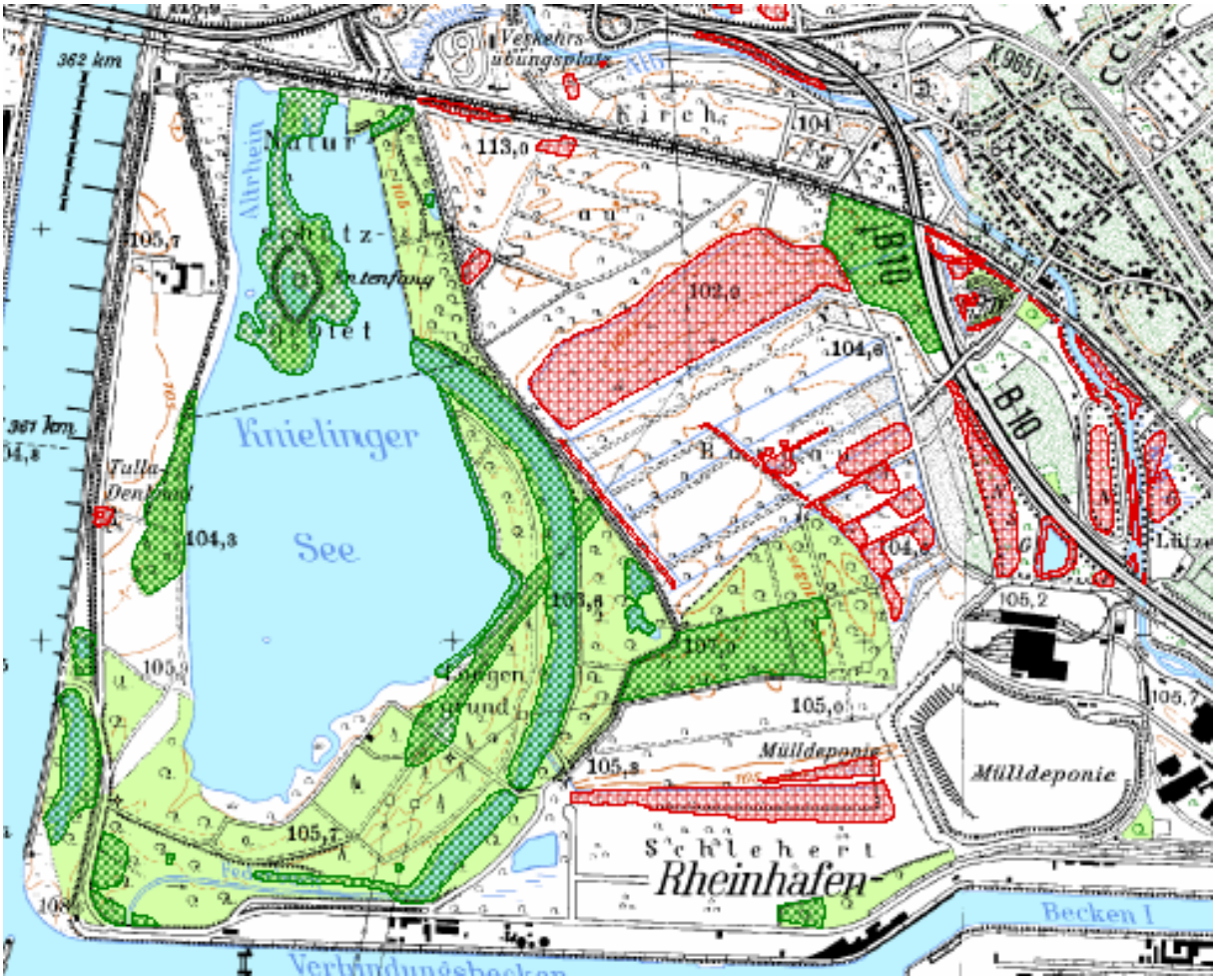

Abb. 16: Abgrenzung der §32-Biotope (rote Schraffur) und der Waldbiotope (grüne Schraffur) (ILN 2004)

Folgende Waldbiotope liegen zwischen Rhein und Hochwasserdamm XXVIa (Tulladamm):

Nr.	**Name**
6915-6014	Altrhein/Federbach, 3 Teile
6915-6015	Tümpel NO Entenfang
6915-6016	NSG "Entenfang" S Maxau
6915-6016	NSG "Entenfang" S Maxau
6915-6019	Altwasser NW Rheinhafen, 2 Teile
6915-6020	Sukzession NW Rheinhafen, 2 Teil
6915-6021	Waldrand am Knielinger See
6915-6022	Mischwald O Tulla-Denkmal
6915-6023	Feldgehölz SW Rheinhafen
6915-6024	Altarm NW Rheinhafen
6915-6025	Laubholzsukzession NW Daxlanden
6915-6026	Mischwald am Federbach, 2 Teile
6915-6027	Tümpel W Rheinhafen, 2 Teile

3.5 Biotoptypen im Untersuchungsraum

Folgende Biotoptypen kommen im Untersuchungsraum zwischen Rhein und Tulladamm vor.

Tab. 8: Biotoptypen im Untersuchungsraum zwischen Rhein und Tulladamm

LfU Nr	LfU-Biotoptyp	Fläche in ha	Gef.-Grad[1]	§ 32
1.	GEWÄSSER			
12.	**Fließgewässer**			
12.12	Naturnaher Abschnitt eines Flachlandbaches	2,19	2	§
12.21	Mäßig ausgebauter Bachabschnitt	0,62	•	-
12.42	Stark ausgebauter Flussabschnitt	0,82	x	-
12.60	Graben	0,02	x	-
13.	**Stillgewässer**			
13.21	Tümpel	0,37	•	§
13.31	Altarm	0,67	2	§
13.50	Verlandungsbereich an sonstigen Stillgewässern	0,10	V	§
13.60	Offene Wasserfläche eines Sees	81,64	•	-
2	TERRESTRISCH-MORPHOLOGISCHE BIOTOPTYPEN			
21.	**Offene Felsbildungen, Steilwände, Block- und Geröllhalden, Abbauflächen und Aufschüttungen**			
21.50	Kiesige oder sandige Abbaufläche bzw. Aufschüttung	0,86	3	-
23.	**Morphologische Sonderformen anthropogenen Ursprungs**			
23.51	Verfugte Mauer	0,05	x	-
3.	GEHÖLZARME TERRESTRISCHE UND SEMITERRESTRISCHE BIOTOPTYPEN			
33.	**Wiesen und Weiden**			
33.41	Fettwiese mittlerer Standorte	6,94	V	-
33.43	Magerwiese mittlerer Standorte	0,56	3	-
33.70	Trittpflanzenbestand	0,02	•	-
34.	**Tauch- und Schwimmblattvegetation, Quellfluren, Röhrichte und Großseggen-Riede**			
34.11	Tauch- oder Schwimmblattvegetation der Fließgewässer	3,60	3	§
34.12	Tauch- oder Schwimmblattvegetation der Stillgewässer	0,96	V	§
34.21	Vegetation einer Kies- oder Sandbank	1,05	2	-
34.22	Vegetation einer Schlammbank oder eines Teichbodens	0,25	3	§
34.51	Ufer-Schilfröhricht	2,16	V	§
34.52	Land-Schilfröhricht	0,53	•	§
34.56	Rohrglanzgras-Röhricht	0,08	•	§
34.62	Sumpfseggen-Ried	0,01	•	§
34.63	Schlankseggen-Ried	0,08	V	§
34.68	Kammseggen-Ried	0,01	V	§
35.	**Saumvegetation, Dominanzbestände, Hochstauden- und Schlagfluren, Ruderalvegetation**			
35.12	Mesophytische Saumvegetation	0,05	V	-
35.32	Goldruten-Bestand	0,43	•	-
35.62	Ausdauernde Ruderalvegetation trockenwarmer Standorte	1,18	V	-
35.63	Ausdauernde Ruderalvegetation frischer bis feuchter Standorte	2,66	V	-
37.	**Äcker, Sonderkulturen, Feldgärten**			
37.10	Acker	23,81	x	
4.	GEHÖLZBESTÄNDE UND GEBÜSCHE			
41.	**Feldgehölze und Feldhecken**			
41.10	Feldgehölz	0,39	V	§
41.20	Feldhecke	0,01	3	§
42.	**Gebüsche**			
42.20	Gebüsch mittlerer Standorte	0,13	•	-
42.31	Grauweiden-Feuchtgebüsch	0,17	V	§
42.40	Uferweiden-Gebüsch	0,06	3	§
43.	**Gestrüpp, Lianen- und Kletterpflanzenbestände**			
43.11	Brombeer-Gestrüpp	0,02	•	-
43.13	Kratzbeer-Gestrüpp	0,20	•	-
45.	**Alleen, Baumreihen, Baumgruppen und Einzelbäume**			
45.12	Baumreihe	0,44	•	-
45.20	Baumgruppe	0,02	x	-
45.30	Einzelbaum	0,15	x	-
45.40	Streuobstbestand	0,27	•	-

LfU Nr	LfU-Verzeichnis/Biotoptyp	Fläche in ha	Gef.-Grad[1]	§ 32
5.	WÄLDER			
52.	**Bruch-, Sumpf- und Auwälder**			
52.40	Silberweiden-Auwald	7,47	2	§
52.50	Stieleichen-Ulmen-Auwald	4,69	2	§
53	**Wälder trockenwarmer Standorte**	7,32		
53.21	Seggen-Buchenwald	2,49	•	§
55	**Buchenreiche Wälder mittlerer Standorte**			
55.22	Waldmeister-Buchenwald	3,16	•	§
56	**Eichen- und Eichen-Hainbuchen-Wälder mittlerer Standorte**			
56.12	Hainbuchen-Stieleichen-Wald	10,13	V	§
58.	**Sukzessionswälder**			
58.10	Sukzessionswald aus Laubbäumen	3,31	x	-
58.13	Sukzessionswald aus kurzlebigen Bäumen	5,39	•	-
59	**Naturferne Waldbestände**			
59.11	Pappel-Bestand	23,11	•	-
59.14	Ahorn-Bestand	2,97	•	-
59.15	Eschen-Bestand	1,68	•	-
59.16	Edellaubholz-Bestand	14,24	•	-
59.17	Robinien-Wald	0,37	•	-
59.42	Waldkiefern-Bestand	0,75	•	-
60	**Biotoptypen der Siedlungs- und Infrastrukturflächen**			
60.10	Von Bauwerken bestandene Fläche	0,59	x	-
60.20	Straße, Weg oder Platz		x	-
60.21	Völlig versiegelte Straße oder Platz	3,44	x	-
60.23	Weg oder Platz mit wassergebundener Decke, Kies oder Schotter	4,40	•	-
60.24	Unbefestigter Weg oder Platz	0,72	V	-
60.25	Grasweg	0,08	V	-
60.40	Fläche mit Ver- und Entsorgungsanlage	0,03	x	-
60.41	Lagerplatz	0,03	x	-
60.60	Garten	0,59	•	-
	Summe	**229,67**		

[1]: nach BREUNIG (2002): Rote Liste der Biotoptypen Baden-Württembergs: Gefährdungskategorie 2: stark gefährdet; 3: gefährdet; G: gefährdet, Gefährdungsgrad unklar, V: Vorwarnliste; •: nicht gefährdet; x: keine Einstufung, keine Gefährdungseinstufung in den übergeordneten Hierarchieebenen

Die nebenstehende Karte zeigt als Übersicht die Verteilung der Biotoptypen im Untersuchungsraum.

Gewässer sind in hellblau, Röhrichte in violett, Ackerflächen in hellem Braun, naturferne Wälder in dunklem Braun und naturnahe Wälder in Grün dargestellt.

Eine detaillierte Karte im Maßstab 1:2.500 ist im Anhang beigefügt.

Abb. 17: Verteilung der Biotoptypen

3.6 Pflanzenarten im Untersuchungsraum

Folgende 9 geschützten Pflanzenarten kommen nach den Untersuchungen zum Pflegeplan der Naturschutzgebiete Altrhein Maxau und Burgau im Untersuchungsraum zwischen Rhein und Tulladamm vor:

Tab. 9: Fundstellen geschützter Pflanzenarten

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	Fundstelle	Anzahl Fundstellen	RL-BW	RL-Rhein-ebene
Kleines Tausendgüldenkraut	*Centaurium pulchellum*	Südlich See	1	3	V
Braunes Zypergras	*Cyperus fuscus*	Seeufer	6	V	-
Nadelbinse	*Eleocharis acicularis*	Seeufer	4	V	V
Froschbiß	*Hydrocharis morsus-ranae*	Federbach	1	3	V
Wiesen-Alant	*Inula britannica*	Rheinufer	1	3	3
Echter Steinsame	*Lithospermum officinale*	See- und Federbachufer	2	V	V
Großer Wasserfenchel	*Oenanthe aquatica*	Federbach	1	V	V
Purpur-Knabenkraut	*Orchis purpurea*	Waldwegrand	1	V	V
Strand-Ampfer	*Rumex maritimus*	Seeufer	1	?	?

3 = gefährdet, V = Vorwarnliste

Von diesen Nachweisen liegt der Nachweis des Wiesen-Alants westlich des Hochwasserdamms XXV am Rheinufer. Die Nachweise der restlichen 8 Arten liegen zwischen Hochwasserdamm XXV und dem Tulladamm.

3.7 Tierarten im Untersuchungsraum

Im Rahmen der den Untersuchungen zum Pflegeplan der Naturschutzgebiete Altrhein Maxau und Burgau wurden folgende Tierartengruppen erfasst:

- Amphibien
- Reptilien
- Vögel
- Fische
- Heuschrecken
- Libellen
- Schmetterlinge
- Schnecken

Fische sind aufgrund der Fangmeldungen des Anglerverein Karlsruhe e.V. nachgewiesen.

Amphibien

Nach Frey (mündl. Mitt.) kommen im Raum Burgau 10 Amphibienarten vor.

Tab. 10: Amphibienarten im Bereich Burgau

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	Frey (mündl.)	ILN 2004	ZIMMERMANN & HAFNER 2004a	RL-BW
Teichmolch	*Triturus vulgaris*	-	x	x	
Bergmolch	*Triturus alpestris*	x	-	x	
Kammmolch	*Triturus cristatus*	x	-	x	
Fadenmolch	*Triturus helveticus*	-	-	x	
Erdkröte	*Bufo bufo*	x	x	x	
Kreuzkröte	*Bufo calamita*	x		x	3
Wechselkröte	*Bufo viridis*	x		x (Kleingew.Burgau)	2
Knoblauchkröte	*Pelobates fuscus*	-	-	x	
Laubfrosch	*Hyla arborea*	x		x (Tümpel Kn. See)	2
Moorfrosch	*Rana arvalis*	x		x	
Springfrosch	*Rana dalmatina*	x	x	x	3
Grasfrosch	*Rana temporaria*	x		x	
Wasserfrosch-Komplex	*Rana esculenta-lessone*	x		x	
Seefrosch	*Rana ridibunda*	-	-	x	
Summe		**10**	**9**	**14**	

Die Liste der nachgewiesenen Amphibien nach ZIMMERMANN & HAFNER (2004) enthält 14 Arten, 4 davon sind Arten der Roten Liste, drei wurden in die Vorwarnliste aufgenommen (LAUFER 1999). Angesichts des extrem trockenen Untersuchungsjahres 2003 können die Ergebnisse des Pflegeplanes (ILN 2004) dagegen nur ein bruchstückhaftes Bild der Amphibienfauna des Gebietes darstellen. Nicht bestätigt werden konnten 2003 Knoblauchkröte, Berg- und Kammmolch, die von T. Kölmel (Stand 1981) für den Knielinger See und umgebende Wälder genannten werden (HENZ 1983).

Als gefährdete Amphibienarten konnten nach ILN (2004) im Untersuchungsraum zwischen Rhein und Tulladamm nur die Erdkröte (*Bufo bufo*), der Springfrosch (*Rana dalmatina*) und der Teichmolch (*Triturus vulgaris*) nachgewiesen werden.

Reptilien

Im Rahmen der Geländearbeiten zum Pflegeplan wurden im NSG mit der Mauereidechse (*Podarcis muralis*), der Zauneidechse (*Lacerta agilis*) und der Ringelnatter (*Natrix natrix*) drei Reptilienarten

beobachtet. HAFNER & ZIMMERMANN (2004 a) geben ferner Blindschleiche (*Anguis fragilis*) und Schlingnatter (*Coronella austriaca*) an.

Die Mauereidechse besiedelt die regelmäßig gepflegten und mit Steinpackungen gestalteten Bereiche der Straßenbahnböschung im Norden des Gebietes. Am Böschungsfuß wurden einzelne Zaun-eidechsen notiert. Diese Art war auch am Tulladamm im Süden des UG und an zwei Stellen an dem Weg unter der Stromtrasse östlich des Knielinger Sees in Einzelexemplaren anzutreffen. Ein Exemplar fand sich an dem Weg, der nördlich am Gelände der Karlsruher Verkehrsbetriebe entlang führt.

Die gefährdete Ringelnatter wurde mit einem Exemplar am Ostufer des Knielinger Sees, am Maxkopf und mit drei Exemplaren am Schlehertgraben gesichtet.

Vögel

Die Bestandserfassung der Avifauna im Rahmen des Pflegeplans mit 6 Begehungen im Winter/Frühjahr 2003 erbrachte insgesamt 96 Arten, davon 67 Brutvögel und 7 potenzielle Brutvögel. 28 der 74 Brutvögel, bzw. potentiellen Brutvögel sind Rote Liste-Arten.

Folgende gefährdeten Vogelarten konnten im Untersuchungsraum zwischen Rhein und Tulladamm im Rahmen des Pflegeplanes nachgewiesen werden.

Tab. 11: Gefährdete Vogelarten im Untersuchungsraum

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	Anzahl Fundstellen	RL-BW
Teichrohrsänger	*Acrocephalus scirpaceus*	17	
Eisvogel	*Alcedo atthis*	1	2
Graureiher (Kolonie)	*Ardea cinera*	1	
Kuckuck	*Cuculus canorus*	4	
Rohrammer	*Emberiza schoeniclus*	2	
Bläßralle	*Fulica atra*	12	
Teichralle	*Gallinula chloropus*	1	
Gelbspötter	*Hippolais icterina*	2	
Schwarzmilan	*Milvus migrans*	4	3
Grauschnäpper	*Muscicapa striata*	3	
Pirol	*Oriolus oriolus*	7	
Weidenmeise	*Parus montanus*	2	3
Kormoran (Kolonie)	*Phalacrocorax carbo*	1	3
Fitis	*Phylloscopus trochilus*	2	
Mittelspecht	*Picoides medius*	2	2
Kleinspecht	*Picoides minor*	2	3
Grünspecht	*Picus viridis*	2	
Haubentaucher	*Podiceps cristatus*	19	
Dorngrasmücke	*Sylvia communis*	1	3
Zwergtaucher	*Tachybaptus ruficollis*	6	2

Der Knielinger See ist nach ILN (2003) mit 16 Arten auch ein bedeutender Raum für Wintervögel. Folgende Arten wurden nachgewiesen:

Tab. 12: Nachgewiesene Wintervogel am Knielinger See

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	RL-BW
GÄNSE		
Graugans	*Anser anser*	
SCHWÄNE		
Höckerschwan	*Cygnus olor*	

SCHWIMMENTEN		
Spießente	*Anas acuta*	
Löffelente	*Anas clypeata*	
Krickente	*Anas crecca*	
Pfeifente	*Anas penelope*	
Schnatterente		
TAUCHENTEN		
Tafelente	*Aythya ferina*	
Reiherente	*Aythya fuligula*	
MEERESENTEN		
Schellente	*Bucephala clangula*	
SÄGER		
Zwergsäger	*Mergellus albellus*	
Gänsesäger	*Mergus merganser*	
RALLEN ODER WASSERHÜHNER		
Teichralle	*Gallinula chloropus*	
KORMORAN		
Kormoran	*Phalacrocorax carbo*	
TAUCHER		
Haubentaucher	*Podiceps cristatus*	
Zwergtaucher	*Tachybaptus ruficollis*	
Artenzahl	**16**	

Die Bedeutung des Knielinger Sees bzw. der Naturschutzgebiete Altrhein Maxau und Burgau für Vögel wird auch durch die Ausweisung des Altrhein Maxau als Vogelschutzgebiet (Gebietsmeldung 2001) sowie die vorgesehene Erweiterung des Vogelschutzgebietes (Rheinniederung Elchesheim-Karlsruhe / Vogelschutzgebiet-Nachmeldevorschlag 2005) kenntlich gemacht (siehe Kapitel Schutzgebiete).

Fische

Mit Ausnahme der Salmoniden hat der Knielinger See nach wie vor einen hohen Fischreichtum (siehe Tabelle unten). Die Fischbesatzliste 2002 des AVK für den Knielinger See enthält die Arten Hecht, Karpfen, Rotauge, Barsch, Zander und Schleien. Folgende 12 Fischarten konnten im Knielinger See aufgrund der Fangmeldungen im Jahr 2002 nachgewiesen werden.

Tab. 13: Im Knielinger See nachgewiesene Fischarten (Fangmeldung 2002)

Deutscher Artname	Wissenschaftlicher Artname	RL-BW	Meldungen	Stück	Gewicht
Aal	*Anguilla anguilla*	2	46	234	91,55 kg
Barbe	*Barbus barbus*	3	1	3	1,9 kg
Flußbarsch	*Perca fluviatilis*	-	34	238	41,33 kg
Hecht	*Esox lucius*	-	36	93	257,38 kg
Karpfen	*Cyprinus carpio*	2 (Wildform)	41	115	374,105 kg
Rotauge	*Rutilus rutilus*	-	89	2415	288,385 kg
Brachse	*Abramis brama*	-	96	1070	974,287 kg
Rapfen*	*Aspius aspius*	-	2	31	0,53 kg
Schleie	*Tinca tinca*	-	9	24	23,1 kg
Wels	*Silurus glanis*	-	8	15	79,75 kg
Zander	*Stizostedion lucioperca*	-	17	68	137,668 kg
Sonstige	-		2	21	2,25 kg

* FFH-Art

Heuschrecken

Folgende gefährdeten Heuschreckenarten konnten im Untersuchungsraum zwischen Rhein und Tulladamm im Rahmen des Pflegeplanes nachgewiesen werden.

Tab. 14: Im Untersuchungsraum nachgewiesene gefährdete Heuschreckenarten

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	Anzahl Fundstellen	RL-BW
Grüne Strandschrecke	*Aiolopus thalassinus*	2	2
Wiesen-Grashüpfer	*Chorthippus dorsatus*	2	
Verkannter Grashüpfer	*Chorthippus mollis*	1	3
Blauflügelige Ödlandschrecke	*Oedipoda caerulescens*	3	3
Blauflügelige Sandschrecke	*Sphingonotus caerulans*	2	3

Die wechselfeuchte Habitate bevorzugende Grüne Strandschrecke (*Aiolopus thalassinus*) tritt am Knielinger See und unter der Leitungstrasse auf. Eine weitere Fundstelle ist die Umgebung des Kleingewässers südlich des Straßenbahndammes.

Der Wiesen-Grashüpfer (*Chorthippus mollis*) kommt im Untersuchungsraum zwischen Rhein und Tulladamm im wesentlichen auf den Hochwasserdämmen vor, der Verkannte Grashüpfer (*Chorthippus mollis*) wurde nur auf dem Hochwasserdamm des Rheinhafen-Nordbeckens gefunden.

Spärlich ist die Blauflügelige Ödlandschrecke (*Oedipoda caerulescens*) am Straßenbahndamm vertreten. Deutlich zahlreicher dagegen kommt sie am Südostufer der Knielinger Sees sowie an vegetationsarmen Stellen des Weges unter der östlich davon im Wald gelegenen Leitungstrasse vor.

Gemäß ihren Habitatansprüchen, vegetationsarme Flächen mit sandigem Substrat, trat die Blauflügelige Sandschrecke (*Sphingonotus caerulans*) zahlreich am Südostufer des Knielinger Sees sowie in wenigen Exemplaren unter der EnBW-Stromtrasse auf. Frühe Sukzessionsstadien mit Rohbodenflächen werden von dieser Art besiedelt. Ihr eigentlicher Lebensraum die Flußschotterbänke sind aktuell als Lebensraum entweder nicht geeignet oder fehlen vollständig.

Libellen

Folgende gefährdeten Libellenarten konnten im Untersuchungsraum zwischen Rhein und Tulladamm im Rahmen des Pflegeplanes nachgewiesen werden.

Tab. 15: Im Untersuchungsraum nachgewiesene gefährdete Libellenarten

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	Anzahl Fundstellen	RL-BW
Braune Mosaikjungfer	*Aeshna grandis*	1	3
Kleine Königslibelle	*Anax parthenope*	2	2
Früher Schilfjäger	*Brachytron pratense*	3	2
Feuerlibelle	*Crocothemis erythraea*	2	2
Großes Granatauge	*Erythromma najas*	5	2
Kleines Granatauge	*Erythromma viridulum*	5	3
Spitzenfleck	*Libellula fulva*	1	2
Frühe Heidelibelle	*Sympetrum fonscolombii*	2	1
Kleine Zangenlibelle	*Onychogomphus forcipatus*	1	3

Die Braune Mosaikjungfer (*Aeshna grandis*) besiedelt stehende und langsam fließende Gewässer aller Trophiestufen, die häufig im oder nahe am Wald gelegen sind (STERNBERG & BUCHWALD 2000). An drei Begehungsterminen war jeweils ein Exemplar der braunen Mosaikjungfer an dem südlichen der beiden Schleien-Löcher zu beobachten. Die Bodenständigkeit der Art ist wahrscheinlich.

Die Kleine Königslibelle (*Anax parthenope*) pflanzt sich in stehenden bis langsam fließenden, großen (selten kleinen) und stets gut besonnten Gewässern mit oft gut ausgebildeter Schwimmblatt-/Submersvegetation (Laichkräuter oder Tausendblatt) in sommerwarmen Regionen fort (STERNBERG & BUCHWALD 2000). Imagines der Kleinen Königslibelle konnten am Süd-Ende des Knielinger Sees als auch am „Altrhein Maxau“ nachgewiesen werden. Am „Altrhein Maxau“ gelang auch der Fund von 16 Exuvien.

Der Frühe Schilfjäger (*Brachytron pratense*) wird vorwiegend an stehenden bis langsam fließenden Gewässern (auch älteren Kiesgruben, Wiesengräben und -bächen) mit (mäßig) dichter Vegetation gefunden. Die Art gilt in der Oberrheinebene als zerstreut bis selten vorkommend (STERNBERG & BUCHWALD 2000).An drei Gewässern, an den beiden Schleien-Löchern sowie an dem Seitengewässer im Südosten des Knielinger Sees, flogen mehrere Exemplare des Frühen Schilfjägers (*Brachytron pratense*). Die hier vorhandenen Röhrichtbestände lassen die Annahme einer Bodenständigkeit auch ohne den Fund von Larvenhäuten zu.

Die Feuerlibelle (*Crocothemis erythraea*) ist eine wärmeliebende Art, die sich in sommerwarmen, meist klaren (zusätzlich wohl Grundwassergespeisten), stehenden Gewässern mit lichter Ufervegetation entwickelt (BUCHWALD et al. 1994, STERNBERG & BUCHWALD 2000). Am “Altrhein Maxau” wie auch an dem südlichen der beiden Schleienlöcher wurde die Feuerlibelle nachgewiesen.

Das in Baden-Württemberg stark gefährdete Große Granatauge (*Erythromma najas*) besitzt am „Altrhein Maxau“ eine große Population. Kleinere Vorkommen wurden am Federbach, am Südende des Knielinger Sees und an den beiden Schleien-Löchern festgestellt.

An fünf Gewässern (Schlut im Rheinvorland mit Anbindung an den Rhein sowie bei der Schwesterart genannte Gewässer außer Federbach) wurde das Kleine Granatauge (*Erythromma viridulum*) nachgewiesen. Von allen Gewässern liegen Larven-, Schlupf- oder Exuvienfunde vor. Das Kleine Granatauge benötigt als typische Lebensräume stehende und sehr langsam fließende, sommerwarme Gewässer (auch geringer Ausdehnung) mit reicher Entwicklung der Tauchblattvegetation (STERNBERG & BUCHWALD 1999).

Der Spitzenfleck (*Libellula fulva*) besiedelt stehende bis langsam fließende, neutrale bis basische Gewässer mit reich entwickelter Ufervegetation (häufig Röhricht); die Art ist wahrscheinlich empfindlich gegenüber Verschmutzung der Larvalhabitate (STERNBERG & BUCHWALD 2000). Der Spitzenfleck ist im Gebiet nur spärlich vertreten. Ein schlüpfendes Tier wurde an einem südlich der B 10 gelegenen Kiesgrubengewässer notiert, mehrere Exemplare wurden an dem nördlichen der beiden Schleien-Löcher nachgewiesen.

Die Frühe Heidelibelle (*Sympetrum fonscolombii*) ist eine Libellenart, die in Europa überwiegend in der Mittelmeerregion angetroffen wird, als Invasionsart jedoch immer wieder nordwärts nach Mitteleuropa vordringt. *S. fonscolombii* kommt an Stillgewässern vor, die flache, voll besonnte und sich daher stark erwärmende Uferbereiche aufweisen. Entsprechende Lebensräume finden sich in der heutigen Kulturlandschaft v.a. an anthropogenen Gewässern (Kiesgruben, Materialentnahmestellen usw.) (HUNGER & SCHIEL 1999, SCHIEL et al. 1998). Die Bodenständigkeit (Schlupfbeobachtung und Exuvienfunde) der Frühen Heidelibelle am „Altrhein Maxau“ ist belegt. Hier konnten auch viele Imagines der Art registriert werden. Mehrere Tiere flogen auch am Südende des Knielinger Sees.

Die Kleine Zangenlibelle (*Onychogomphus forcipatus*) entwickelt sich vorwiegend in Bächen und Flüssen mit kiesigem bis sandigem Grund, mäßig hoher bis geringer Fließgeschwindigkeit und spärlicher oder fehlender Wasservegetation (BELLMANN 1993, STERNBERG & BUCHWALD 2000). Nach BISSINGER (1996) halten sich die Imagines bevorzugt an unbeschatteten Uferabschnitten auf. Die Kleine Zangenlibelle wurde im Untersuchungsraum nur am Federbach nachgewiesen.

Schmetterlinge

Folgende gefährdeten Schmetterlingsarten konnten im Untersuchungsraum zwischen Rhein und Tulladamm im Rahmen des Pflegeplanes nachgewiesen werden.

Tab. 16: Im Untersuchungsraum nachgewiesene gefährdete Schmetterlingsarten

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	Anzahl Fundstellen	RL-BW
Kleiner Schillerfalter	*Apatura ilia*	1	3
Malven-Dickkopffalter	*Carcharodes alceae*	1	3
Kleiner Feuerfalter	*Lycaena phlaeas*	1	
Schwalbenschwanz	*Papilio machaon*	1	
Ulmen-Zipfelfalter	*Satyrium w-album*	1	3

Vom Malven-Dickkopffalter (*Carcharodus alceae*) wurde am Rheindamm bei mehrmaliger Nachsuche lediglich eine Raupe gefunden. Auch der Ulmen-Zipfelfalter (*Satyrium w-album*) wurde nur auf dem Tulladamm sowie östlich davon angetroffen.

Die weiteren gefährdeten Arten Kleiner Schillerfalter (*Apatura ilia*), Kleiner Feuerfalter (*Lycaena phlaeas*) und Schwalbenschwanz (*Papilio machaon*) kommen im Wesentlichen östlich des Tulladammes vor.

Weitere fünf Tag- und drei der Nachtfalterarten finden sich aufgrund rückläufiger Bestände auf der Vorwarnliste Baden-Württembergs. Es sind dies Sonnenröschen-Bläuling (*Aricia agestis*), Weißklee-Gelbling (*Colias hyale*), Kronwicken-Dickkopffalter (*Erynnis tages*), Kleiner Feuerfalter (*Lycaena phlaeas*) und Schwalbenschwanz (*Papilio machaon*). Die Vorwarnlistearten unter den Nachtfaltern sind Ackerwinden-Bunteulchen (*Emmelia trabealis*), Karden-Sonneneule (*Heliothis viriplaca*) und Fensterschwärmerchen (*Tyhris fenestrella*). Alle traten nur einzeln bzw. in wenigen Exemplaren auf.

Schnecken

Folgende gefährdeten Schneckenarten konnten im Untersuchungsraum zwischen Rhein und Tulladamm im Rahmen des Pflegeplanes nachgewiesen werden.

Tab. 17: Nachgewiesene gefährdete Schneckenarten

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	Anzahl Fundstellen	RL-BW
Moosblasenschnecke	*Aplexa hypnorum*	4	3
Niedergedrückte Federkiemenschnecke	*Valvata pulchella*	2	1
Sumpf-Windelschnecke	*Vertigo antivertigo*	2	3
Spitze Stumpfdeckelschnecke	*Viviparus contectus*	2	3

Alle vier Schneckenarten kommen in der Senke südlich des Willichgraben vor. Die Moosblasenschnecke und die Sumpf-Windelschnecke zusätzlich am Tümpel nördlich des Federbachs.

Die Moosblasenschnecke (*Aplexa hypnorum)* lebt vorwiegend in Kleingewässern, wie Gräben und Tümpeln. Bevorzugt werden pflanzenreiche Tümpel, die gelegentlich austrocknen (WIESE 1991).

Die Niedergedrückte Federkiemenschnecke (*Valvata pulchella)* kommt an der Unteren Havel vor allem in angeschlossenen Altarmen vor. Im Untersuchungsraum

Die Sumpf-Windelschnecke (*Vertigo antivertigo)* lebt in Mooren und Sümpfen oft unter abgelagertem Genist oder zwischen abgestorbenen Pflanzen im Spülsaum von Gewässern (WIESE 1991).

Die Spitze Stumpfdeckelschnecke (*Viviparus contectus)* lebt im wenig bewegten Wasser pflanzenreicher Biotope, vor allem in Tümpeln, Teichen und Seen, aber auch in den Altwässern der Flüsse und in Gräben (WIESE 1991).

3.8 Gewässer im Untersuchungsraum

3.8.1 Oberflächengewässer

Die wichtigsten Oberflächengewässer im Untersuchungsraum sind bei den Stillgewässern der Knielinger See sowie bei den Fließgewässern der Rhein sowie der Federbach und der Willichgraben (Verlängerung des Federbachs bis zur Alb).

3.8.1.1 Knielinger See

Zur Bestimmung der aktuellen Gewässergüte diente die umfangreiche Datengrundlage der LUBW (ZeBIS 2004) mit einer monatlichen Intensivuntersuchung im Bereich des bis zu 20 m tiefen Südbeckens aus dem Jahr 2002. Die Ermittlung der morphologischen Kennwerte erfolgte auf einer Erfassung der Seetiefe mittels Echolotung, die von der LUBW zur Verfügung gestellt wurde. Die hydraulischen Kennwerte wurden aus unterschiedlichen Datenquellen abgeleitet, die im Folgenden jeweils angegeben sind.

Morphologischer Zustand

Im Datenblatt des Zentralen Baggerseeinformationssystems (ZeBIS) werden unter dem Code KA 62 wesentliche Daten zum Knielinger See (Seekennzahl 23740000000017) genannt. Die im Folgenden dargestellten morphologischen Kennwerte des Knielinger Sees basieren auf den Daten der LUBW. Die Berechnung der Wasservolumina erfolgte auf der Grundlage der LUBW Tiefenlinienkarte (siehe unten). Referenzzeitraum ist das Erhebungsjahr 2002.

Tab. 18: Morphologische Kennwerte des Knielinger Sees (BGL 2006, nach Daten der LUBW)

Seefläche	A	820.000 m^2
Seevolumen	Vol	8.240.000 m^3
maximale Wassertiefe unter Mittelwasserlinie	T_{max}	19,7 m
mittlere Wassertiefe [Vol/A]	$T_{ø}$	10 m
Epilimnionmächtigkeit	E=	3 m
Volumen epilimnischer Wasserkörper	E_{VOL}	2.191.121 m^3
Metalimnionmächtigkeit	M	6 m
Volumen metalimnischer Wasserkörper	M_{VOL}	3.523.200 m^3
Hypolimnionmächtigkeit	H	11 m
Volumen hypolimnischer Wasserkörper	H_{VOL}	2.525.679 m
hypolimnische Seebodenfläche ($>T_{9m}$)	H_A	354.945 m^2
mittlere Hypolimniontiefe (H_{VOL}/H_A)	$Hyp_ø$	7,12 m

Derzeit wird der Knielinger See ausschließlich als Angelgewässer genutzt. Die Angelnutzung ist in den Verordnungen zu den Naturschutzgebieten „Altrhein-Maxau“ und „Burgau“ geregelt. Gemäß den Angaben im ZeBIS-Datenblatt finden darüber hinaus keine weiteren Freizeit-/Erholungsnutzungen am Knielinger See statt. Der See ist kein Badegewässer nach EG-Badegewässerrichtlinie (76/160/EWG).

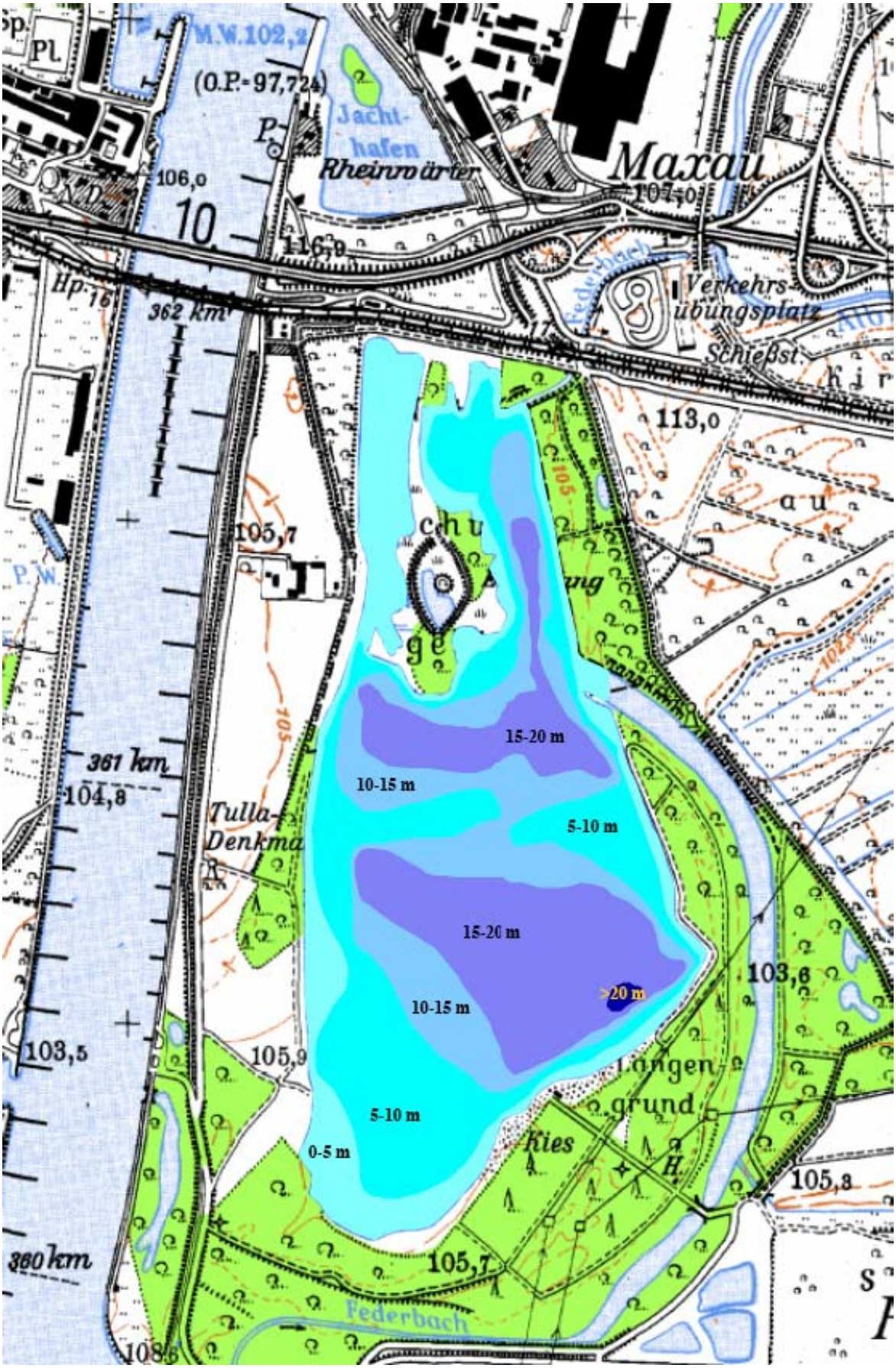

Abb. 18: Tiefenlinienplan des Knielinger Sees (Karte TK 25 maßstabslos und ZeBIS aus BGL 2006)

Wasserqualität

Das Gütebild eines Sees wird maßgeblich von den Nährstoffkonzentrationen und der dazu in einer Wechselwirkung stehenden Qualität des Sauerstoffhaushaltes bestimmt. Hier soll daher zunächst dargestellt werden, in welchem Umfang eine Belastung durch Nährstoffe toleriert werden kann. Für Baggerseen, die wie das Untersuchungsgewässer eine Wassertiefe von mehr als 10 m aufweisen und an Fließgewässer angebunden sind oder im Überflutungsbereich des Rheins liegen, ist ein eutropher Status als Qualitätsziel akzeptabel.

Als Grundlage für die trophische Einstufung des Gewässers dienen die in der folgenden Tabelle wiedergegebenen Zuordnungsgrößen.

Tab. 19: Zuordnungsgrößen für wesentliche Gewässergüteparameter

	Oligotroph	Mesotroph	Eutroph	Polytroph	Verfahren/Quelle
Gesamt-P in mg/l	<0,015	0,015-0,045	0,045-0,150	>0,150	LAWA 1998
Anteil der 02-freien Schicht in %	0-10	10-30	>30	>>30	LfU 2004b
Chlorophyll-a in µg/l	<4	4-12	12-35	>35	MIETZ et al. 1995
Sichttiefe in m	≥6	4-6	1-4	≤1	TGL 27885/01 (1998)
Schwefelwasserstoff in mg/l	n.n.	<0,1	0,1-1	>1	LfU 2004b

Nährstoffgehalte

Durch die Zufuhr von Nährstoffen kann es zu einer Verschlechterung der Wasserqualität kommen, insbesondere wenn die Nährstoffbelastung des Gewässers einen gewissen Schwellenwert überschreitet. Eine besondere Relevanz hat dabei der Nährstoff Phosphor, der unter natürlichen, vom Menschen unbeeinflussten Bedingungen nur in sehr geringen Konzentrationen vorliegt und somit das Algenwachstum limitiert. Starkes Algenwachstum führt immer auch zu einer Belastung des Sauerstoffhaushaltes, da für die Mineralisierung des Algendetritus ein hoher Sauerstoffbedarf notwendig ist. Die durch die Photosynthese gebildete organische Substanz aus Algenbiomasse stellt somit ein Reduktionsmittel dar, das den Stoffhaushalt von Stillgewässern stark beeinflussen kann und auch redoxsensitive Nährstofffreisetzungen aus dem Sediment begünstigt. Als Grundlage für die trophische Einstufung des Gewässers auf der Basis der P-Gehalte während der Zirkulationsphase (November-Februar) dienen die in der obenstehenden Tabelle wiedergegebenen Zuordnungsgrößen.

Sauerstoffgehalte

Der Sauerstoffhaushalt steht in einem direkten Bezug zur Nährstoffbelastung und Biomasseentwicklung, er beeinflusst maßgeblich das Besiedlungsbild eines Sees. In eingeschichteten Seen kann die relative Mächtigkeit der sauerstofffreien Wasserschicht über Grund am Ende der Stagnationsphase (August/September) als Trophieindikator herangezogen werden. Bei einem eutrophen Gewässerstatus, der als Zielgröße für das Untersuchungsgewässer gilt (s.o.), beträgt diese Schicht mehr als 30 % der maximalen Seetiefe. Bei einer maximalen Seetiefe des Knielinger Sees von ca. 20 m würde sich demnach ein mindestens 6 m mächtiges, sauerstofffreies Hypolimnion ausbilden.

Chlorophyllgehalte

Auch der im Sommer (Juni-September) gemessene Parameter Chlorophyll-a Gehalt bietet eine wichtige Beurteilungsgrundlage für den Trophiestatus eines Gewässers. Als Bezugsgrößen für die trophische Einstufung dienen die in der obenstehenden Tabelle wiedergegebenen Werte.

Sichttiefe

Die verstärkte biologische Aktivität in einem belasteten See verursacht vor allem infolge der Algenentwicklung eine deutliche Gewässertrübung, die ebenfalls als Maßstab für die Bestimmung des

Trophiestatus genutzt werden kann. Sofern Trübungseffekte auch durch die Kiesentnahme oder die mit dem Kieswaschwasser eingetragenen Feinmineralien entstehen, ist der Indikatorwert der Sichttiefe allerdings eingeschränkt, da die mineralische Trübung kein Sekundäreffekt der Eutrophierung ist. Als Bezugsgrößen für die trophische Einstufung dienen die in der oben stehenden Tabelle wiedergegebenen Sommerwerte (Juni-September).

Schwefelwasserstoff

Schwefelwasserstoff (H_2S) entsteht unter stark anaeroben Bedingungen im Rahmen des Sulfatabbaus. H_2S ist für Fische und Wirbellose toxisch. Für die Reoxidation von Schwefelwasserstoff besteht ein hoher Sauerstoffbedarf. Als Bezugsgrößen für die trophische Einstufung dienen die in der obenstehenden Tabelle wiedergegebenen Werte über Grund am Ende der Stagnationsphase (August/September).

Schichtungsverhalten und Temperaturhaushalt

Die im Monatsrhythmus gemessenen Temperaturtiefenprofile aus dem Jahr 2002 (Daten LfU) zeigen den für tiefe Seen typischen Jahresverlauf von Stagnations- und Zirkulationsphase. Die Einschichtung des Sees setzte 2002 schon im März ein, zur Volldurchmischung kam es im November 2002.

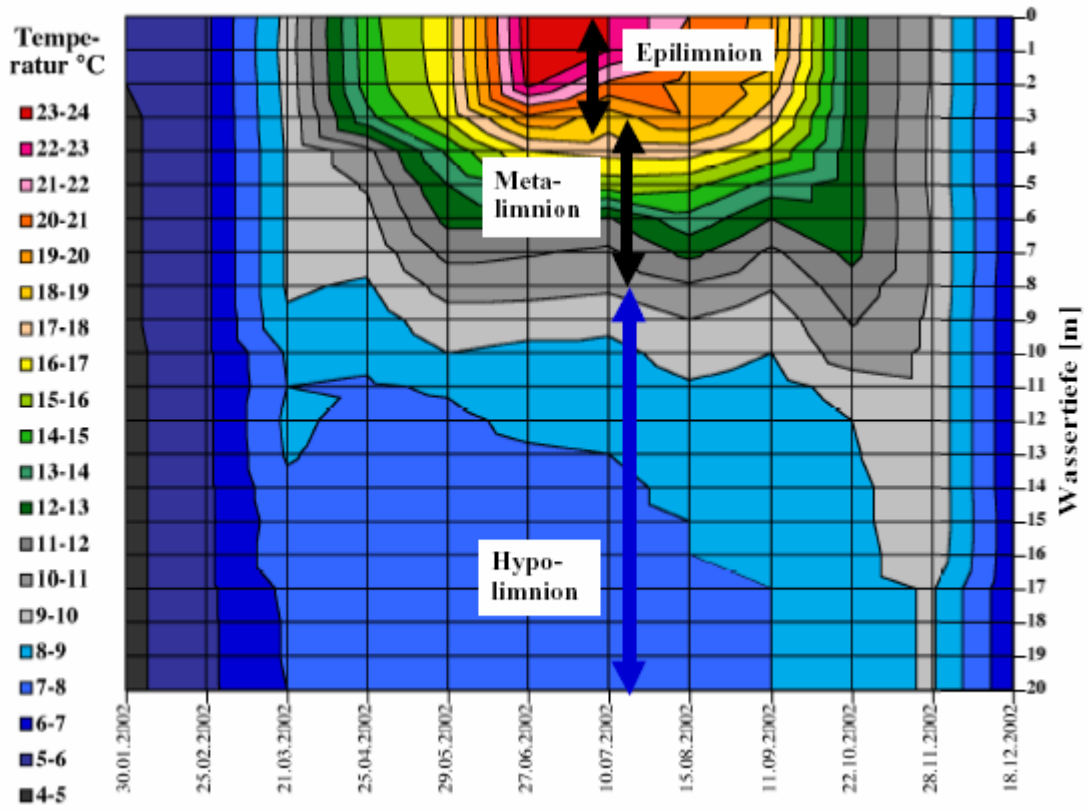

Abb. 19: Tiefenprofile der Wassertemperatur im Jahresverlauf 2002 (aus BGL 2006/Daten LfU)

Auffällig ist die sehr geringe Mächtigkeit des Epilimnions, für das unter Bezug auf die Wassertemperaturen eine Tiefe von nicht mehr als 3 m anzunehmen ist, und der ausgedehnte, unscharfe Übergangsbereich (Metalimnion) zu dem 11 m mächtigen Hypolimnion. Infolge der Begrenzung der epilimnischen Wasserschicht auf ein schmales Band wird der für höhere Lebewesen besiedelbare Raum im Sommer erheblich eingeschränkt.

Sauerstoffhaushalt

Die Entwicklung der Sauerstoffgehalte im Jahresverlauf zeigen starke Überformungen an. Während des Sommerhalbjahres baute sich in sehr kurzer Zeit ein mächtiges hypolimnisches Sauerstoffdefizit auf, das auch den metalimnischen Bereich erfasste, so dass im September nur noch der schmale epilimnische Wasserkörper ausreichende Sauerstoffgehalte aufwies.

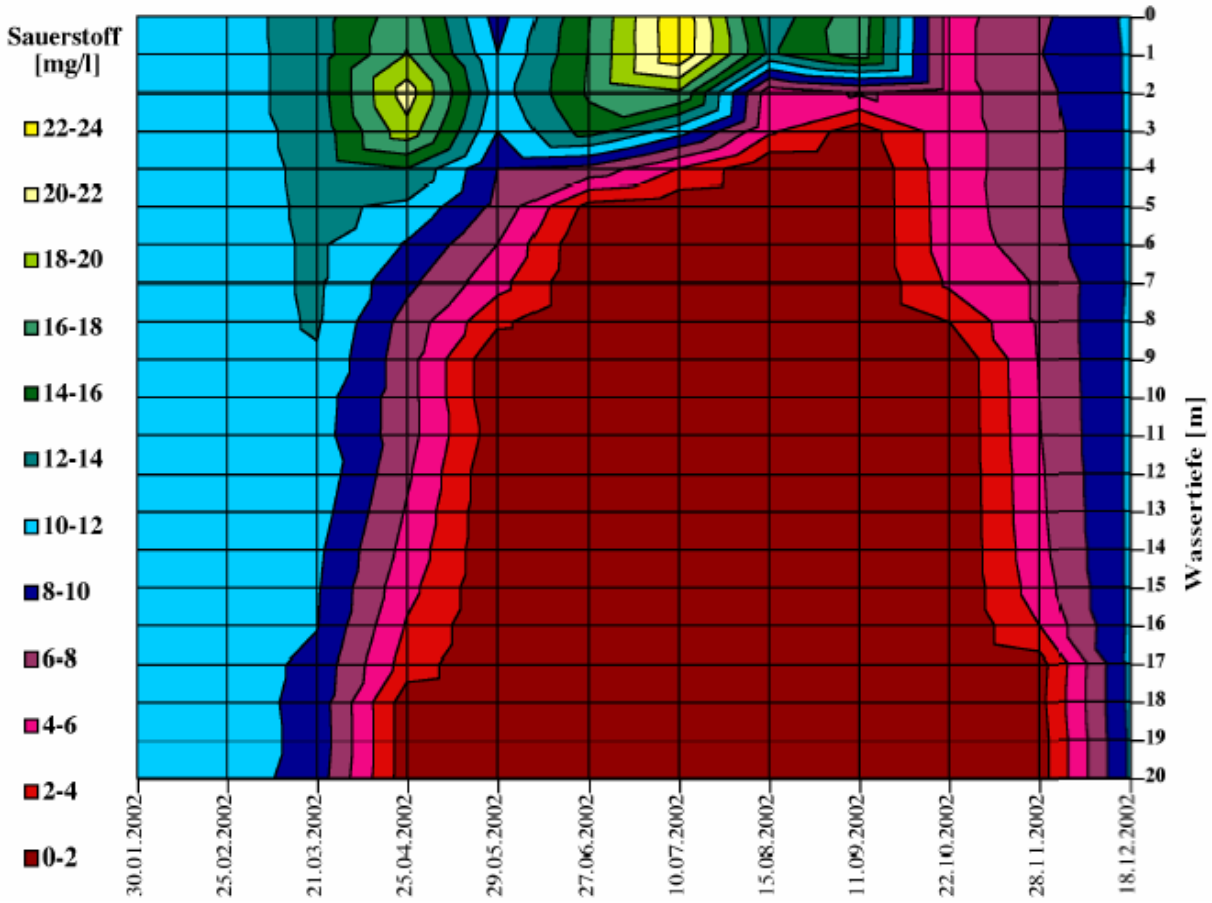

Abb. 20: Tiefenprofile der Sauerstoffgehalte im Jahresverlauf 2002 (aus BGL 2006/Daten LfU)

In einem Zeitraum von Ende März (21.03.2002) bis Ende Mai (29.05.2002) kam es zu einem vollständigen Verbrauch des im Hypolimnion gespeicherten Sauerstoffs. Dies entspricht einem hypolimnischer Sauerstoffverlust von 167 mg/(m3*d). Die maximale Ausdehnung der sauerstofffreien Schicht umfasste im September ca. 85 % der gesamten Wassersäule und zeigte damit bezogen auf dieses Kriterium schon einen polytrophen Status an.

Auch die Sauerstoffgehalte in der oberflächennahen epilimnischen Wasserschicht waren von starken Überformungen geprägt. Im Sommer 2002 entwickelten sich infolge biologischer Belüftung durch Algenmassenentwicklungen drei Sauerstoffmaxima mit zum Teil extremen Sauerstoffanstiegen auf über 23,6 mg/l (Juli 2002).

Konzentrationen im Wasser gelöster Ionen

Als Indikator für die Menge der im Wasser gelösten Ionen dienen die Leitfähigkeitswerte. Geringere Leitfähigkeitswerte in der oberen, epilimnischen Wasserschicht ergeben sich infolge von Sedimentations- und Fällungsvorgängen sowie durch die Stoffaufnahme in Pflanzenbiomasse (Algen, höhere Wasserpflanzen). Die im Tiefenwasser zu beobachtenden Anreicherungseffekte entstehen durch Sedimentationsprozesse und Stoffrücklösungen aus dem Sediment, können aber auch durch Stoffeinträge mit dem Grundwasserzustrom mit verursacht werden.

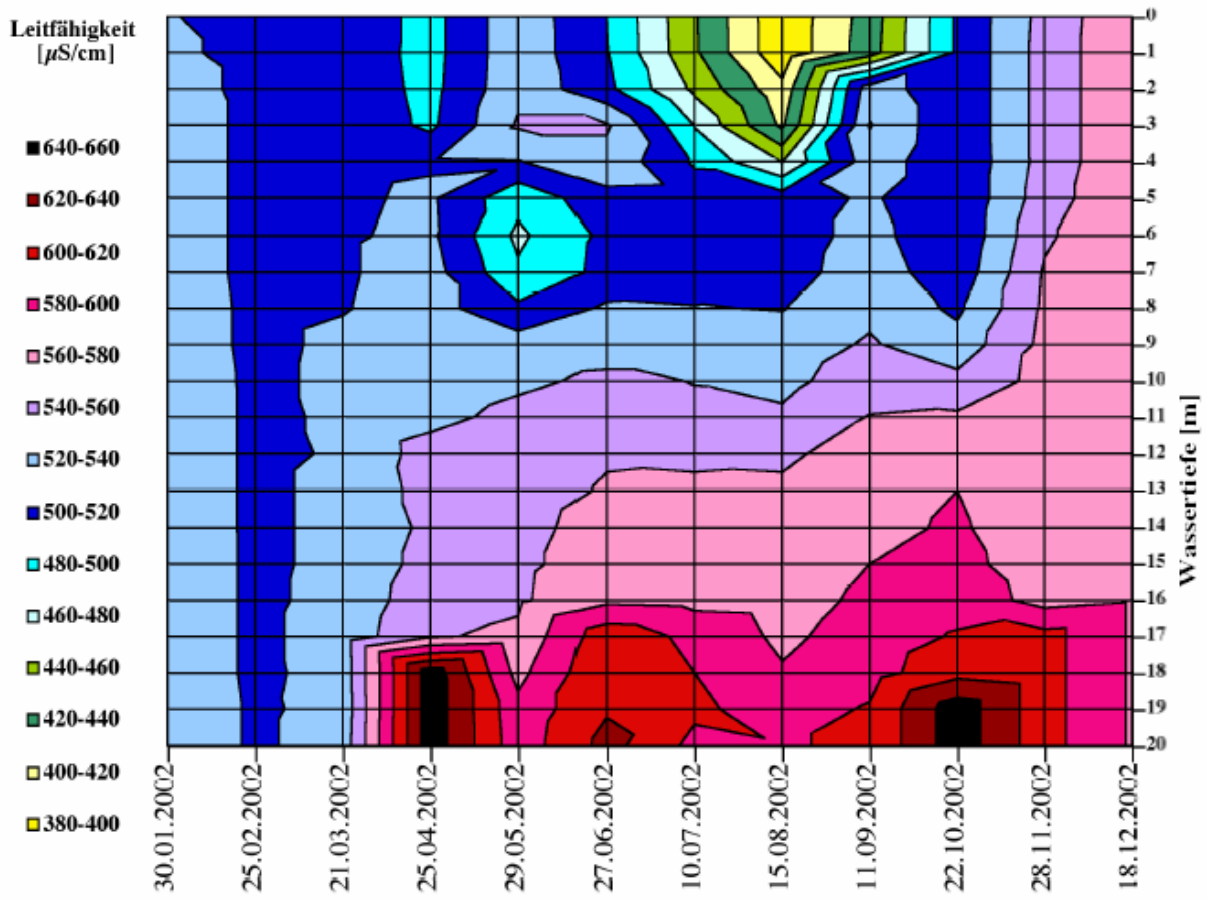

Abb. 21: Tiefenprofile der Leitfähigkeitswerte im Jahresverlauf 2002 (aus BGL 2006/Daten LfU)

Eine Gleichverteilung der Werte ergab sich nur während der Wintermonate. In der Vegetationsperiode wurde die Verteilung der Leitfähigkeitswerte durch das biologische Geschehen bestimmt. Die Anreicherungen von Ionen unmittelbar über Grund während der gesamten Stagnationsphase kann auch durch Grundwasserzufluss verursacht worden sein.

Nährstoffgehalte und Biomasse

Von besonderer Bedeutung für die Belastungssituation eines Sees ist der P-Gehalt des Seewassers, da Phosphor in der Regel in sehr geringen Konzentrationen vorhanden ist und somit das Algenwachstum limitiert.

Die in der folgenden Tabelle wiedergegebenen Phosphor- und Phosphatgehalte des Seewassers sind insgesamt als sehr hoch anzusehen. Auf der Grundlage der von der LAWA (1998) aufgestellten Einstufungsskala für Gesamt-Phosphor wies das Untersuchungsgewässer während der für die Einstufung wichtigen Zirkulationsphase (Mischprobe) eine (hoch-)eutrophe Trophielage auf.

Auch die Messwerte für ortho-Phosphat erreichten ein sehr hohes Ausmaß, wobei dieser pflanzenverfügbare (anorganische) Anteil des Gesamt-Phosphors im Sommer von den Algen vollständig aufgebraucht wurde. Dementsprechend ergaben sich während der Sommermonate deutliche Phosphorverluste im Epilimnion bei gleichzeitiger massiver Zunahme der Gehalte über Grund infolge von Rücklösung und Sedimentation.

Tab. 20: Phosphor- und Phosphatgehalte im Seewasser (aus BGL 2006)

	Datum		30.1.2002	25.2.2002	21.3.2002	25.4.2002	29.5.2002	27.6.2002	10.7.2002	15.8.2002	11.9.2002	22.10.2002	28.11.2002	18.12.2002
ortho-Phosphat-P	Epilimnion	mg/l	0,087	0,062	0,011	0,005	0,031	0,006	0,005	0,006	0,007	0,005	0,111	0,086
	Hypolimnion	mg/l	0,096	0,062	0,012	0,005	0,046	0,088	0,151	0,005	0,563	0,422	0,123	0,083
	Grundnähe	mg/l	0,093	0,061	0,036	0,023	0,140	0,245	0,328	0,595	0,629	0,962	0,601	0,084
Phosphor, gesamt	Epilimnion	mg/l	0,131	0,092	0,081	0,034	0,059	0,028	0,056	0,052	0,095	0,104	0,143	0,116
	Hypolimnion	mg/l	0,131	0,092	0,072	0,019	0,063	0,128	0,191	0,045	0,649	0,492	0,156	0,113
	Grundnähe	mg/l	0,127	0,094	0,065	0,040	0,237	0,341	0,421	0,621	0,727	1,050	0,697	0,112

Sichttiefe und Entwicklung der Algenbiomasse (Chlorophyll-a) standen in engem Zusammenhang, wie der folgenden Abbildung zu entnehmen ist. Dabei nimmt mit ansteigendem Chlorophyll-a Wert die Algentrübung zu und folglich die Sichttiefe deutlich ab.

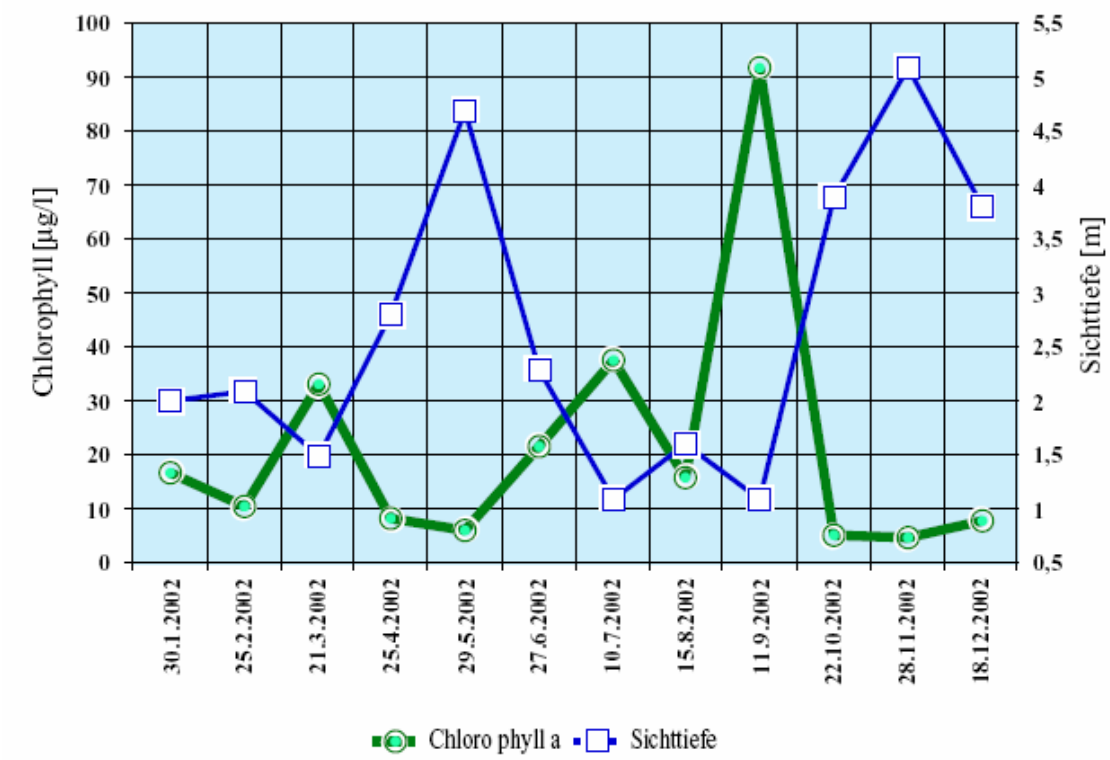

Abb. 22: Chlorophyll-a-Gehalte und Sichttiefe (aus BGL 2006/Daten LfU)

Extreme Algenmassenentwicklungen mit sehr geringer Sichttiefe von 1,1 m und Chlorophyll-a Werten von bis zu 92,2 µg/l wurden im September erreicht. Hinsichtlich der Chlorophyll-a Werte erreichte das Gewässer einen polytrophen Zustand und damit einen sehr starken Überformungsgrad. Bezüglich der Sichttiefewerte ist der See als eutroph an der Grenze zur Polytrophie zu bezeichnen.

Die Schwefelwasserstoffgehalte über Grund erreichten für Baggerseen mit 0,2 bis zu 2 mg/l hohe Werte. Damit weist der See bei H_2S Gehalten von mehr als 1 mg/l einen polytrophen Charakter auf

Zusammenfassende Bewertung der Gewässergüte

Der See weist hinsichtlich aller Indikatoren erhebliche Gütedefizite auf. Insbesondere der Sauerstoffhaushalt ist massiv überformt, das Sauerstoffdefizit im Hypolimnion zeigt einen polytrophen Zustand an. Gleiches gilt für den Nährstoffhaushalt. Infolge der hohen externen Belastung infolge des Feder-

bachzuflusses, aber auch durch interne Nährstofffreisetzung kommt es zu starken Algenentwicklungen mit entsprechender Verringerung der Sichttiefen. Die gemessenen Chlorophyll-a Werte weisen ebenfalls einen polytrophen Zustand aus. Die Phosphorgehalte im Freiwasser während der Zirkulationsphase indizieren einen eutrophen Zustand an der Grenze zur Polytrophie. Der See entspricht bei weitem nicht dem als Leitbild anzustrebenden Gütezustand.

Hydraulische Anbindung und Wasserverweilzeiten

Der Wasserhaushalt des Knielinger Sees unterliegt einem komplexen Gefüge unterschiedlicher hydraulischer Einflüsse. Der See wird sowohl durch den Grundwasserzustrom als auch durch den Zufluss eines Oberflächengewässers (Federbach) mit Wasser versorgt.

In Abhängigkeit von den Zu- und Abflüssen schwanken die Wasserspiegellagen des Knielinger Sees am Abstich zwischen 101,75 m+NN und 103,45 m+NN (Grundlage: Messungen in 14tägigem Abstand am Abstich. seit 1999, schriftliche Mitteilung des Tiefbauamtes der Stadt Karlsruhe am 15.12.2004). Wasserstandsmessungen über längere Zeiträume an der Abstichmarke im Willichgraben ergaben mittlere Wasserstände zwischen 102,18 m+NN (Zeitraum 1970-1981) und 102,99 m+NN (1990). Der mittlere Wasserstand des Knielinger Sees beträgt zirka 102,5 m+NN (SPANG, FISCHER, NATZSCHKA 2005).

Weitere Einflüsse für den Wasserhaushalt ergeben sich durch die Ableitung von Seewasser über den Willichgraben sowie durch die Abflussdynamik des benachbarten Rheins. Der Federbachzufluss kann zwischen 0,25 m^3/s bei Niedrigwasser und 12 m^3/s bei Hochwasser schwanken, als mittlerer Federbachzufluss ist ein Wert von ca. 1 m^3/s anzunehmen (SPANG, FISCHER, NATZSCHKA 2005). Hieraus errechnet sich eine jährliche Zuflussmenge in den Knielinger See von 31.536.000 m^3/Jahr.

Das Ausmaß des Grundwasserzuflusses in den See ist von zwei Komponenten abhängig:

- Dem von der Grundwasserfließgeschwindigkeit und der Seemorphologie bestimmten **Grundwasserdurchstrom** durch den See und
- dem **zusätzlichen Grundwasserzustrom**, der sich aus der oberflächigen Ableitung von Seewasser über den Willichgraben ergibt.

Als Wert für den Grundwasserdurchstrom errechnet sich in BGL (2006) nach Niemeyer eine Wassermenge von ca. 165.529 m^3/Jahr. Insgesamt ist unter Bezug auf ein in den 70er Jahren durchgeführtes Gutachten der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW 1975) von einem Grundwasserzufluss in der Größenordnung von insgesamt 0,5 m^3/s auszugehen. Auf dieser Basis errechnen sich die folgenden hydraulischen Kennwerte:

Tab. 21: Wasserzufluss und Wasserverweilzeit im Knielinger See (BGL 2006)

Federbachzufluss	31.536.000	m^3/Jahr
Grundwasserdurchstrom	165.529	m^3/Jahr
Zusätzlicher Grundwasserzustrom	15.768.000	m^3/Jahr
Grundwasserzufluss gesamt	15.933.529	m^3/Jahr
Gesamtzufluss	47.469.529	m^3/Jahr
Seevolumen	8.240.000	m^3
Theoretische Wasserverweilzeit in Jahren	0,17	Jahre

Einmischung des Zuflusswassers in das Seevolumen (aus BGL 2006)

Die beiden zufließenden Wasserkörper (Federbach und Grundwasser) schichten sich in den Bereichen des Seevolumens ein, die gleiche oder ähnliche Dichtewerte aufweisen wie das Zuflusswasser. Dichteströmungen treten ab einem Differenzwert von 1 ‰ auf (DITTRICH 1985). Die Berechnung der Dichtewerte erfolgte auf der Grundlage der von CHEN & MILLERO (1986) entwickelten Methode mittels der Temperaturwerte und des Salzgehaltes (Salinität in ‰ berechnet aus den Lf-Werten).

Da für den Federbach weder Temperatur- noch Leitfähigkeitswerte vorliegen, wurde hier auf die Werte des Rheinwassers zurückgegriffen. Dies ist möglich, da der Federbach Anschluss an den Rappenwörther Altrhein hat und so mit einer vergleichbaren Leitfähigkeits- und Temperaturcharakteristik zu rechnen ist wie am Standort Maxau. Im Jahresverlauf ergeben sich die in der folgenden Graphik dargestellten Dichtedifferenzen zwischen dem Seewasser und dem Federbachzufluss. Bereiche mit identischer Dichte, in denen die Vermischung beider Wasserkörper erfolgt, sind blau dargestellt.

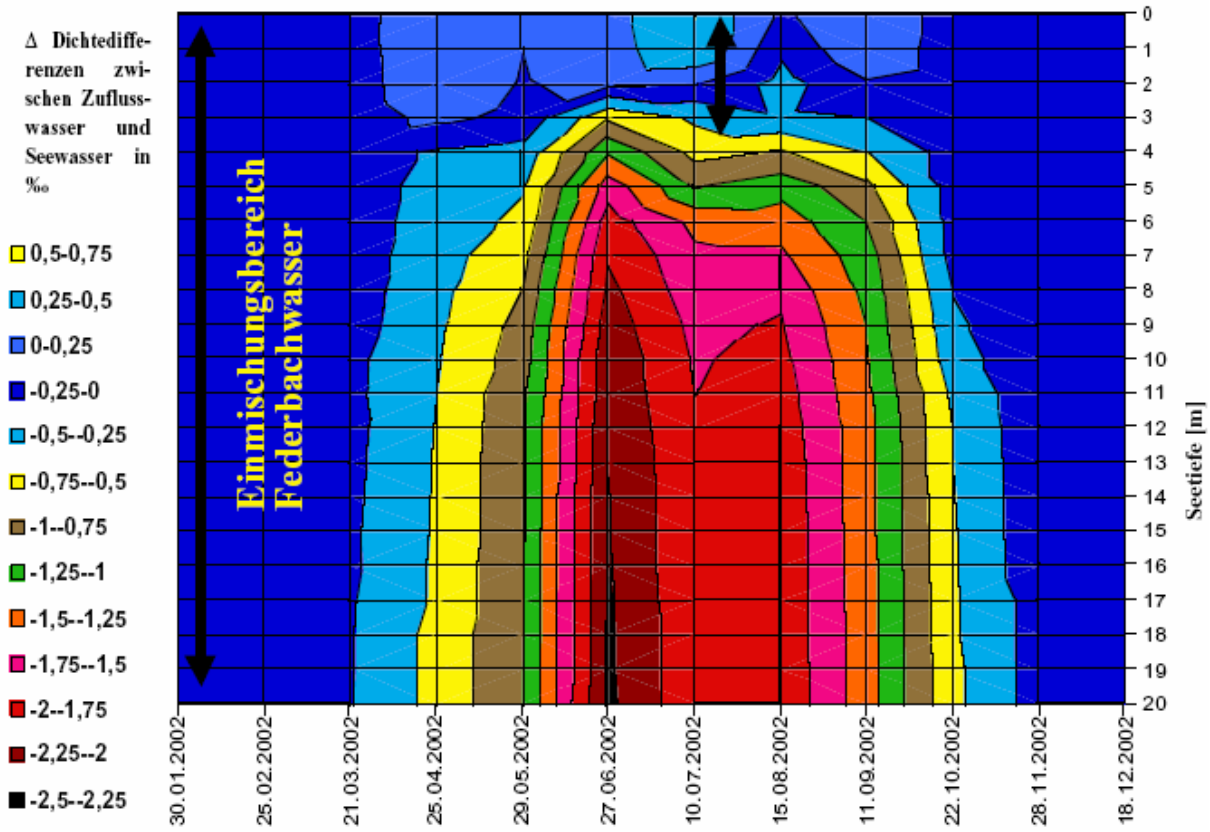

Abb. 23: Dichteinduzierte Einmischungsbereiche des Federbachzuflusses (blau) im Seevolumen des Knielinger Sees (BGL 2006)

Während der Sommermonate beschränkt sich der Einmischungsbereich auf eine nur 3-4 Meter mächtige Wasserschicht an der Seeoberfläche. Im Winterhalbjahr erfolgt die Einmischung des Zuflusswassers im gesamten Seekörper. Infolge der dichteinduzierten Einströmcharakteristik des Federbachzuflusses wird also gerade in der Vegetationsperiode das Epilimnion des Sees massiv mit Nährstoffen befrachtet.

Zur Beurteilung der Einmischung des zufließenden Grundwassers wurde auf Grundwasserdaten des vergleichbar (rheinnah) gelegenen Kriegersees (LGRB 2003) zurückgegriffen. Dabei ist im Knielinger See mit den in der folgenden Abbildung blau dargestellten Einmischungsbereichen des Grundwassers zu rechnen.

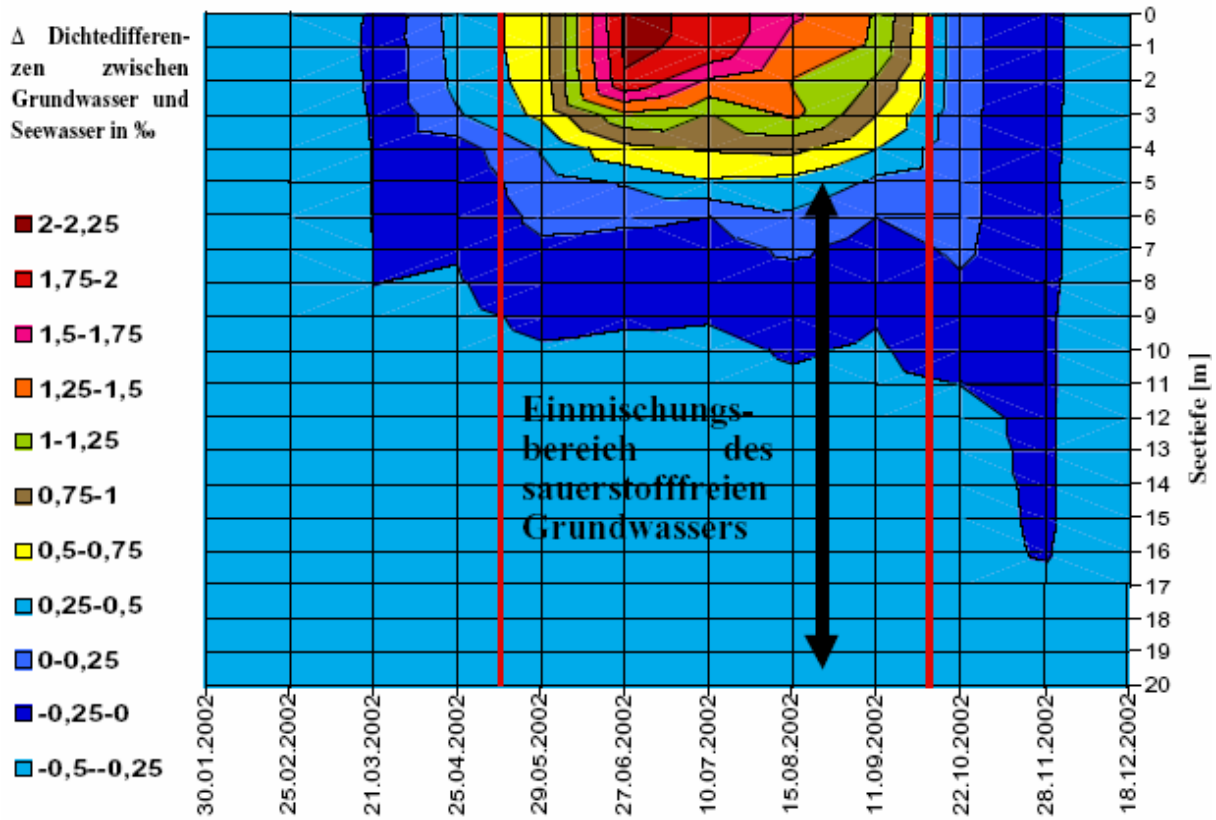

Abb. 24: Dichteinduzierte Einmischungsbereiche des Grundwassers (blau) im Seevolumen

Eine Volleinmischung des Grundwassers erfolgt wie beim Federbachzufluss nur während der Wintermonate. Im Sommer hingegen mischt sich das Grundwasser im genauen Gegensatz zum Federbachzufluss ausschließlich im Meta- und Hypolimnion des Sees ein.

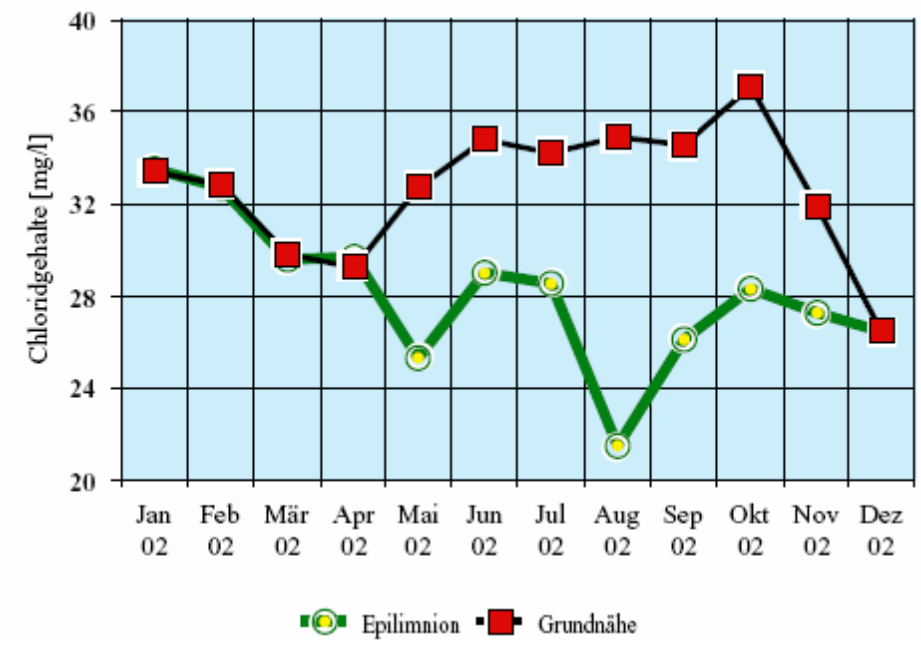

Abb. 25: Chloridgehalte in unterschiedlichen Tiefenstufen des Knielinger Sees (BGL 2006)

Als weiterer Indikator für das Einmischungsverhalten von Oberflächenwasser und Grundwasser in den See können die Chloridgehalte des Seewassers genutzt werden, da Chlorid in Seen nicht dem Abbau unterliegt. Unterschiede im Tiefenprofil weisen demzufolge auf den Zufluss unterschiedlicher Wasserkörper hin. Die in der oben stehenden Abbildung wiedergegebene Entwicklung der Chlorid-

gehalte des Untersuchungsgewässers in unterschiedlichen Tiefenstufen bestätigen das hier festgestellte Einmischungsverhalten von Grundwasser- und Federbachzufluss. Eine identische Verteilung der Werte im Epilimnion und über Grund ergibt sich nur während der Wintermonate. Im Sommer zeigt der niedrigere Chloridgehalt an der Seeoberfläche den dominanten Einfluss von Oberflächenwasser (Federbach) an, während die höheren Werte über Grund durch den auf die tieferen Gewässerbereiche begrenzten Grundwasserzustrom verursacht werden.

Von Mitte Mai bis Anfang Oktober fließt folglich dem See vom Gewässergrund bis ins Metalimnion hinauf ausschließlich sauerstofffreies Grundwasser zu. Das Volumen dieses Wasserkörpers im Tiefenbereich von 5 bis 20 m umfasst 4,6 Mio. m^3. Bei einer Grundwasserzuflussrate von 0,5 m^3/s wird dieses Volumen nach 106 Tagen vollständig von sauerstofffreiem Grundwasser ausgefüllt. Das ursprünglich vorhandene Tiefenwasser wird durch das in der Tiefe zuströmende Grundwasser nach oben abgedrängt, mischt sich im oberflächennahen Seewasser ein und fließt schließlich über den Willichgraben ab. Damit ergibt sich ein hydraulisch bedingter, massiver Sauerstoffverlust des Sees, zumal die Wasserentnahme (Willichgraben) ausschließlich auf das sauerstoffreiche Wasser im Epilimnion beschränkt ist.

3.8.1.2 Rhein

Hydraulische Situation

Der Rhein grenzt westlich an den Untersuchungsraum zwischen Rhein-km 359,9 (Hafeneinfahrt) und 362,0 (Eisenbahnbrücke) an. Der Knielinger See ist im wesentlichen durch den Hochwasserdamm XXV vom Abflussregime des Rheins abgeschnitten.

Chemisch-physikalischer Zustand

Nach dem Jahresdatenkatalog Fließgewässer LfU (2005) ist das Rheinwasser sauerstoffreicher (Mittelwert für das Jahr 2004 für die Messstelle Karlsruhe 9,8 mg/l mit einem Schwankungsbereich von 6,9 bis 12,8) und etwas nährstoffreicher (Mittelwert der Gesamtphosphor-Konzentration 2004 0,0319 mg/l mit einem Schwankungsbereich von 0,023 bis max. 0,049) als das binnenseits zufließende Grundwasser.

3.8.1.3 Federbach

Der Federbach wird über eine Unterdükerung unter dem Rheinhafen hindurchgeleitet und wird dann als ausgebauter Bachabschnitt bis in einen ehemaligen Altrheinarm geführt. Der Federbach entspricht innerhalb des Altrheinarmes dem Biotoptyp eines naturnahen Flachlandbachs. Gewässertypologisch handelt es sich um einen „Rheinauenbach“, da die Linienführung nicht auf die Eigendynamik des Federbachs sondern auf den ehemals in weiten Bögen mäandrierenden Rhein zurück zu führen ist (FORSCHUNGSGRUPPE FLIEßGEWÄSSER 1993). Die Bachsohle ist überwiegend schlammig. Typische Strukturen dynamischer Flachlandbäche wie Kolke und Uferabbrüche fehlen. Die Breitenvarianz ist gering (ILN 2004). In der Mitte des Ostufers des Knielinger Sees mündet der Federbach.

An der Spitze des Nordostufers verlässt der Federbach den Knielinger See als ausgebauter Bachabschnitt wieder um über den Willichgraben der Alb zuzufließen.

Hydraulische Situation

Die Zuflüsse des Federbachs zum Knielinger See schwanken zwischen zirka 0,25 m^3/s und Hochwasserabflüssen von bis zu 12 m^3/s. Nach Angaben des Tiefbauamtes der Stadt Karlsruhe beträgt der mittlere Abfluss etwa 1 m^3/s (mündliche Mitteilung Herr Wetzel vom 21.12.2004). Die Abflüsse des Federbach/Willichgraben zur Alb werden stark durch die Abflüsse der Alb beeinflusst. Laut Angaben des Tiefbauamtes der Stadt Karlsruhe beträgt der mittlere Abfluss des Willichgrabens 2,2

m^3/s. Die Abflussmenge während eines mittleren Hochwassers beträgt 6,9 m^3/s (SPANG, FISCHER, NATZSCHKA 2005).

Chemisch-physikalischer Zustand

Über den Federbach gelangen größere Mengen an Nährstoffen in den Knielinger See. Messungen im Auftrag des Umweltamtes der Stadt Karlsruhe am 15.03.04 ergaben für den Federbach auf Höhe des Rheinhafendampfkraftwerkes einen Gesamtphosphatphosphorgehalt von 0,08 mg/l. Bei einem Durchfluss von rund 1,3 m^3 bedeutet dies eine tägliche Fracht von mindestens 9 kg Gesamtphosphatphosphor. Aus 14 gewässerchemischphysikalischen Untersuchungen im Jahr 1994 (FRIEß 1994) lassen sich eine mittlere Gesamtphosphorkonzentration von 0,155 mg/l und Gesamtphosphorfrachten von rund 27 kg pro Tag ermitteln. Bezüglich der Nährstofffrachten und insbesondere der Phosphorfrachten kann davon ausgegangen werden, dass auf Grund der Lage der Mündung des Federbaches nicht die gesamten Frachten in den Knielinger See gelangen. Angaben über den Anteil der Frachten, die durch Rückströmungen und Umwälzungen in den Knielinger See gelangen, liegen nicht vor (SPANG, FISCHER, NATZSCHKA 2005).

Tab. 22: Phosphorbelastung des Federbachs (aus BGL 2006)

Datum	Phosphor-$_{gesamt}$	ortho-Phosphat-P	Einheit	Daten
28.2.1994	0,09	0,09	mg/l	Frieß (1994)
22.3.1994	0,14	0,13	mg/l	Frieß (1994)
5.4.1994	0,15	0,15	mg/l	Frieß (1994)
10.5.1994	0,21	0,21	mg/l	Frieß (1994)
14.6.1994	0,08	0,08	mg/l	Frieß (1994)
16.6.1994	0,08	0,07	mg/l	Frieß (1994)
21.6.1994	0,56	0,11	mg/l	Frieß (1994)
23.6.1994	0,08	0,07	mg/l	Frieß (1994)
5.7.1994	0,15	0,13	mg/l	Frieß (1994)
12.7.1994	0,18	0,16	mg/l	Frieß (1994)
12.7.1994	0,11	0,1	mg/l	Frieß (1994)
14.7.1994	0,12	0,09	mg/l	Frieß (1994)
19.7.1994	0,09	0,07	mg/l	Frieß (1994)
26.7.1994	0,13	0,1	mg/l	Frieß (1994)
15.3.2004	0,08	/	mg/l	Spang et. al (2005)
Mittelwert	**0,150**	**0,111**	mg/l	
Var.Koeff CV	0,802	0,366		

3.8.2 Grundwassersituation

Im Datenblatt des ZeBIS werden zur Beschreibung der Beschaffenheit des dem Knielinger See zuströmenden Grundwassers ausgewählte physikalische und chemische Analyseergebnisse der Grundwassermessstelle 1313/259-5, die sich östlich des Sees in zirka 2.200 m Entfernung in Karlsruhe-Knielingen befindet, aufgeführt. Demnach fließt dem Knielinger See sauerstoffarmes Grundwasser (Sauerstoffgehalt < 0,5 mg/l) zu. Die Konzentration für Nitratstickstoff beträgt 1,4 mg/1 und für Ortho-Phosphat im Mittel 0,043 mg/l.

Tab. 23: ortho-Phosphat-Konzentration an der GWM 1313/259-5 (OKL)

Datum	ortho-Phosphat	ortho-Phosphat-P	Einheit
10.9.1999	0,030	0,010	mg/l
10.9.2002	0,020	0,007	mg/l
15.9.2005	0,080	0,026	mg/l
Mittelwert	0,043	0,014	mg/l

3.8.3 Belastungsursachen des Knielinger Sees und Defizitanalyse

Wie die Auswertung der Gütekennwerte zeigte, ist der Gütezustand des Knielinger See als stark überformt anzusehen. Defizite ergeben sich vor allem aus Überformungen des Nährstoff- und Sauerstoffhaushaltes, die durch externe und interne Belastungen sowie durch die hydraulische Anbindung verursacht werden.

Externe Nährstoffbelastungen

Die externe Belastung des Sees erfolgt durch den Zufluss des Federbachs und den Grundwasserzufluss.

Die Nährstoffgehalte des Federbachs sind als sehr hoch zu bezeichnen (vgl. obenstehende Tabelle). Die Belastung ergibt sich durch die Vorflutfunktion des Federbachs für die Kläranlagen Au am Rhein und Rheinstetten-Mörsch.

Die Proben wurden oberstromig der Schlehertgrabeneinmündung im Bereich des Rheinhafendampfkraftwerks (RDK) genommen. Möglicherweise ergibt sich im Zuflussbereich zum See eine noch höhere Belastung, als die Messwerte ausweisen. Insgesamt entsteht durch diese Phosphorfrachten mit Mittelwerten von 0,15 mg/l ein hohes Eutrophierungspotential für den See. In jedem Fall stellt die Belastung eines Sees durch die Zuleitung verdünnten und gereinigten Abwassers aus zwei Kläranlagen ein erhebliches Belastungspotential dar.

Von einer Belastungsrelevanz durch den Grundwasserzufluss hingegen ist im Untersuchungsgebiet nicht auszugehen. Untersuchungsergebnisse aus dem unmittelbaren Seeumfeld liegen nicht vor, die an der ca. 1,3 km vom Untersuchungsgewässer entfernten GWM 1313/259-5 gemessenen ortho-Phosphat Gehalte lassen aber keine Schlüsse auf ein Eutrophierungspotential durch den Grundwasserzufluss zu.

Die hohe Nährstoffbelastung durch den Federbachzufluss ist die primäre Belastungsquelle und verursacht demzufolge das starke Algenwachstum. Das dem Knielinger See zugeleitete Federbachwasser schichtet sich in den Sommermonaten aufgrund von Dichteströmungen im Epilimnion des Sees ein und versorgt damit die produktive Wasserschicht permanent mit Nährstoffen, so dass das Algenwachstum ständig gefördert wird und es zu einer massiven Belastung des Tiefenwasserkörpers durch absedimentierende Algenbiomasse kommt.

Interne Nährstoffbelastung durch Sedimentation und Rücklösung

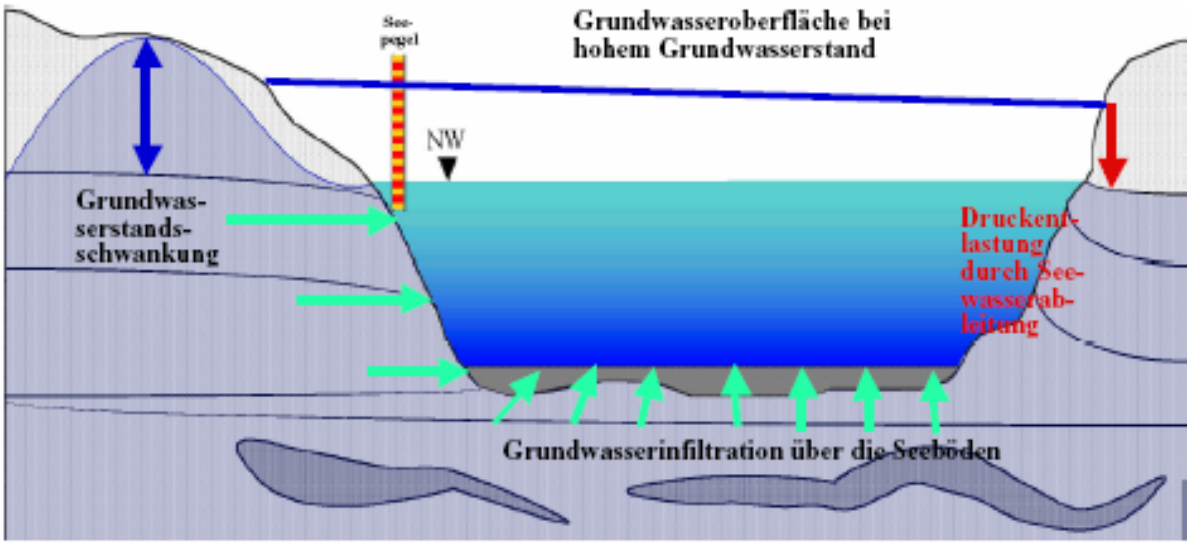

Abb. 26: Infiltration über die Seeböden durch druckinduzierte Austauschvorgänge (aus BGL 2006)

Eine weitere Nährstoffquelle bilden die im Seebodenbereich akkumulierten Nährstoffdepots aus absedimentiertem Algendetritus, die während der Stagnationsphase unter sulfidischen Bedingungen massiv freigesetzt werden. Die hohe Freisetzungsrate wird durch die hydraulischen Bedingungen im Knielinger See erheblich gefördert. Infolge der Seespiegelabsenkung durch den künstlichen Überlauf kommt es insbesondere auch wegen der schwankenden Grundwasserstände zu druckinduzierten Austauschvorgängen, welche eine starke Infiltration von Porenwasser über den gesamten Seegrund in den See verursachen.

Mit diesen Sickerströmungen werden Nährstoffe aus dem Sediment in den Freiwasserkörper ausgespült (vgl. BOERS et al. 1991), was zu den massiven Nährstoffanreicherungen über Grund im Sommer erheblich beiträgt.

Sauerstoffverluste durch Bioproduktion und Sedimentzehrung

Der See baut in sehr kurzer Zeit ein mächtiges hypolimnisches Sauerstoffdefizit auf, das bis in das Metalimnion hinaufreicht. Dies verweist auf massive Zehrungsprozesse des Sediments, die durch die Überformung des Nährstoffhaushaltes und die hohe Produktivität des Sees verursacht werden.

Neben der starken externen Belastung ist dies aber auch eine Folge der geringen Epilimnionmächtigkeit des Sees. Die Aussinkrate von Partikeln ist in einem durchmischten Wasserkörper wie dem Epilimnion deutlich geringer als in stagnierenden Wasserkörpern wie dem Metalimnion oder Hypolimnion. Weil das Epilimnion des Knielinger Sees auf ein schmales Band von ca. 3 m beschränkt bleibt, ergeben sich infolgedessen sehr hohe Aussinkraten für die Algen mit einer entsprechend starken Akkumulation von Algendetritus auf dem Seeboden.

Die Einengung des epilimnischen Wasserkörpers wird durch die Ableitung von warmem Wasser aus dem Epilimnion über den Willichgraben verursacht, das durch in die Tiefe nachströmendes, kalttemperiertes Grundwassers ersetzt wird. Dabei kommt es zu einer Ausdehnung der kälteren Wasserschichten bis hinauf in eine Tiefe von ca. 3 m.

Rechnerisch ist für den See von einer deutlich höheren Epilimnionmächtigkeit auszugehen. Die theoretische Epilimniontiefe (Z_{epi}) wird aus der Länge der freien Windangriffsfläche (L_{eff}) und der Breite des Sees senkrecht zur Längsachse der freien Windangriffsfläche (B_{eff}) nach der Formel von WENTZ (1974) wie folgt berechnet:

$$Z_{epi} = 5{,}81 * D_a^{0{,}28} \quad [m]$$

$$D_a = (L_{eff} + B_{eff})/2 \quad [km]$$

Für den Knielinger See mit L_{eff} = 0,999 km und B_{eff} = 1,014 km ergibt sich demzufolge eine theoretische Epilimniontiefe von Z_{epi}= 5,82 m. Dieser Wert ist nahezu doppelt so groß wie die tatsächliche Epilimniontiefe.

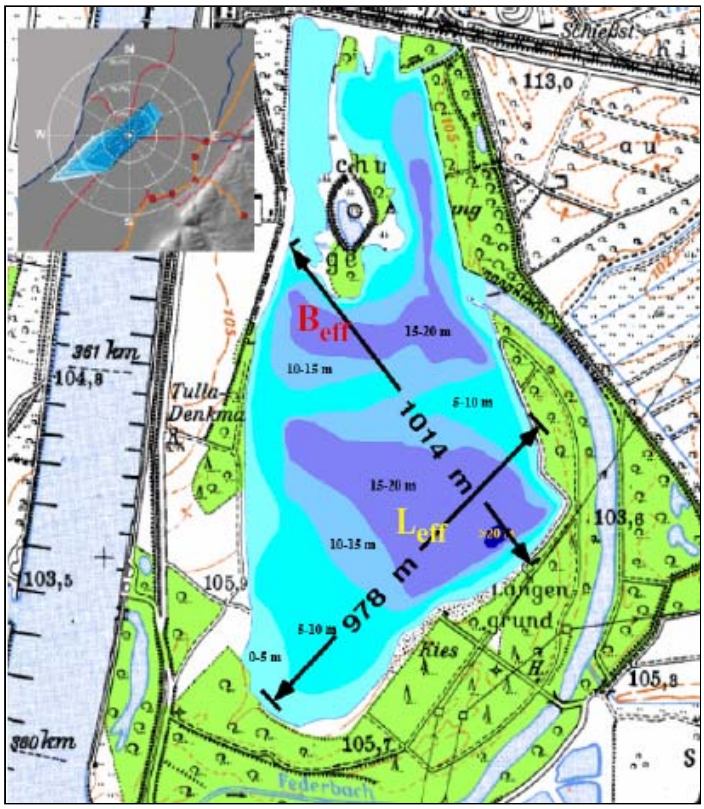

Abb. 27: Länge der freien Windangriffsfläche

Sauerstoffverluste durch erhöhten Zustrom von reduziertem Grundwasser

Infolge der permanenten Ableitung von Seewasser über den Willichgraben ergibt sich ein sehr hoher Grundwasserzustrom. Im Sommer mischt sich das zuströmende, sauerstofffreie Grundwasser primär in das Hypolimnion ein und verstärkt dort massiv das ohnehin aufgrund von Zehrungsprozessen entstehende Sauerstoffdefizit. Insofern ist ebenso wie beim Nährstoffhaushalt auch in Bezug auf den Sauerstoffhaushalt von erheblichen Beeinträchtigungen durch die hydraulischen Gegebenheiten auszugehen.

4 Auswirkungen der Anbindung bis 105 m über NN

4.1 Auswirkungen auf Nutzungen

Erholung

Eine größere Beeinflussung der Erholungsnutzung findet nicht statt, da die meisten Erholungswege derzeit schon relativ hoch liegen (Rheinhauptdamm, Tulladamm) bzw. die häufiger überfluteten Flächen kaum Erholungswege aufweisen.

Die Erholung wird südlich des Knielinger Sees an ca. 4 Tagen/Jahr durch eine abschnittsweise Überflutung des zentralen Waldweges beeinträchtigt. Eine alternative und auch regelmäßig genutzte Wegführung auf dem Tulladamm ist vorhanden. Die Auswirkungen werden als sehr gering eingestuft. Gleichzeitig ist mit der Beobachtungsmöglichkeit und Erlebbarkeit von Überflutungen von einer höheren Attraktivität für Besucher auszugehen.

Landwirtschaft und Hofgut Maxau

Ein zusätzliches Einfluten von Rheinwasser bis zu einer Höhenlage von ca. 105,0 m über NN führt zu einer Überflutung größerer Teile der ackerbaulich genutzten Flächen im Umfeld des Hofgutes Maxau, nicht aber des Hofgutes selbst. Aufgrund dieser Überflutungen ist eine Umstellung der landwirtschaftlichen Nutzung von der derzeit praktizierten ackerbaulichen Nutzung auf eine extensive Grünlandnutzung anzustreben. Dies ist auch in den Plänen zum Landschaftspark Rhein mittelfristig vorgesehen.

Forstwirtschaft

Die Auswirkungen auf die forstwirtschaftliche Nutzung sind insgesamt als gering einzustufen, da im Untersuchungsraum im Wesentlichen hochwassertolerante Arten (z.B. Weidenarten, Pappelarten, Eichen, Ulmen, Bergahorn, Esche) vorhanden sind. Nur bei den ca. 5,5 ha überfluteten Edellaubholzbeständen und bei den ca. 3 ha Buchenwald (53.21 und 55.22 / zusammen max. ca. 5 % der überfluteten Fläche) sind einzelne Ausfälle möglich.

Die Rahmenbedingungen der forstwirtschaftlichen Nutzung können sich sogar eher verbessern, da durch die höheren Fließgeschwindigkeiten und den häufigeren Wegfall von Stauwasserbedingungen geringere Sauerstoffdefizite für den Stamm- und Wurzelraum zu erwarten sind.

Fischerei

Das Bruthaus des AVK wird von den Überflutungen bis 105 m über NN nicht betroffen. Die Bootsanlegestellen sind auch schon derzeit von Grundwasserstandsschwankungen betroffen, so dass keine erheblichen Behinderungen zu erwarten sind. Im Gegensatz dazu sind durch die Anbindung des Knielinger Sees Verbesserungen der Wasserqualität zu erwarten, was positive Auswirkungen auf die Fischgemeinschaften des Sees haben dürfte. Außerdem ermöglicht ein naturnahes Verbindungsgerinne zumindest zeitweise einen Austausch zwischen dem Rhein und dem See. Die Anbindung des Knielinger Sees an den Rhein wird auch in dem Gutachten des Landesfischereiverbandes zum Knielinger See (LANDESFISCHEREIVERBAND BADEN 2001) gefordert.

Jagd

Die Jagdbezirke sind in den tiefliegenden Bereichen zwischen Tulladamm und Rheinhauptdamm schon derzeit von Grundwasserstandsschwankungen betroffen, so dass nach Anbindung des Sees keine erheblichen zusätzlichen Behinderungen zu erwarten sind. Durch die Begrenzung der Überflutungen auf 105 m über NN verbleiben für die jagdbaren Arten große, nicht überflutete Rückzugsbereiche, so dass keine nennenswerten Wildverluste zu erwarten sind.

4.2 Auswirkungen auf Schutzgebiete und geschützte Biotope

Das Gebiet um den Knielinger See ist sowohl als Natura 2000-Gebiet als auch als Natur- und Landschaftsschutzgebiet geschützt. Desweiteren finden sich eine Vielzahl von geschützten Biotopen in diesem Raum. Alle Maßnahmen in diesem Gebiet müssen daher mit den Schutzzielen des Gebietes übereinstimmen.

Die Wiederanbindung des Gebietes um den Knielinger See an die Überflutungen des Rheins ist sowohl im Pflegeplan für die Naturschutzgebiete „Burgau“ und „Altrhein Maxau“ (ILN 2004) als auch als Empfehlung im Antrag für das LIFE Projekt „Lebendige Rheinauen bei Karlsruhe“ enthalten.

Von den Überflutungen bis 105,0 m ü. NN sind folgende 10 Waldbiotope betroffen:

6915-6014 Altrhein/Federbach, 3 Teile

6915-6015 Tümpel NO Entenfang

6915-6016 NSG "Entenfang" S Maxau

6915-6019 Altwasser NW Rheinhafen, 2 Teile

6915-6020 Sukzession NW Rheinhafen, 2 Teile (überwiegend überflutungstolerante Arten)

6915-6021 Waldrand am Knielinger See (überwiegend Baum- und Strauchweiden)

6915-6022 Mischwald O Tulla-Denkmal (überwiegend überflutungstolerante Arten)

6915-6025 Laubholzsukzession NW Daxlanden (überwiegend überflutungstolerante Arten)

6915-6026 Mischwald am Federbach, 2 Teile (überwiegend überflutungstolerante Arten)

6915-6027 Tümpel W Rheinhafen, 2 Teile

Bei den Biotopen handelt es sich im Wesentlichen um Gewässer (Nr. 6014, 6015, 6019, 6027) oder überflutungsunempfindliche Bestände (Nr. 6016, 60,20, 6021, 6025, 6026) mit hohem Weidenanteil oder hohem Anteil überflutungstoleranter Arten. Nur bei einzeln vorkommenden Kirschen (Nr. 6025) ist mit Schäden zu rechnen.

4.3 Auswirkungen auf Biotoptypen

Im LIFE Antrag „Lebendige Rheinauen bei Karlsruhe“ heißt es:

„Die Wiederherstellung natürlicher dynamischer Prozesse ist ein vorrangiges Projektziel, denn sie ist Voraussetzung für einen günstigen Erhaltungszustand des prioritären Lebensraumtyps 91E0 Silberweiden-Auenwald sowie weiterer besonders zu schützender Lebensraumtypen und Arten der Rheinaue“.

Diese Aussage zeigt die Bedeutung einer Wiederanbindung des Gebietes um den Knielinger See an die Überflutungen des Rheins für die auentypischen Biotoptypen.

Die folgende Tabelle zeigt die Biotoptypen, welche auf ca. 160 ha Fläche durch die Überflutungen bis 105,0 m ü. NN betroffen sind. Von den Biotoptypen sind die auf ca. 90 ha Fläche (ca. 56 %) betroffenen Gewässer-Biotoptypen unempfindlich gegen Überflutungen. Auch die sonstigen von Überflutungen betroffenen Biotoptypen (ca. 62 ha oder 39 %) sind im wesentlichen unempfindlich gegen Überflutungen. Bei den ca. 5,5 ha überfluteten Edellaubholzbeständen und bei den ca. 3 ha Buchenwald (53.21 und 55.22 / zusammen ca. 5 % der überfluteten Fläche) sind einzelne Ausfälle möglich.

Tab. 24: Überflutungsflächen im Untersuchungsraum bis 105,0 m + NN

Nr.	WHA = Weichholzaue HHA = Hartholzaue **Biotoptypname**	**Gewässer**	**tiefe WHA** Bis 103,4	**Übergang WHA-HHA** 103,4-103,9	**tiefe HHA** 103,9-104,4	**mittlere HHA** 104,4-105,0	**Summe**
12.12	Naturnaher Abschnitt eines Flachlandbaches	2,19					**2,19**
12.20	Ausgebauter Bachabschnitt	0,62					**0,62**
12.60	Graben	0,02					**0,02**
13.21	Tümpel	0,37					**0,37**
13.50	Verlandungsbereich an sonstigen Stillgewässern		0,10				**0,10**
13.60	Offene Wasserfläche eines Sees	81,64					**81,64**
21.50	Kiesige oder sandige Abbaufläche bzw. Aufschüttung		0,04	0,03	0,13	0,28	**0,48**
33.41	Fettwiese mittlerer Standorte			0,01	0,06	0,33	**0,40**
34.11	Tauch- und Schwimmblattvegetation der Fließgewässer	3,42	0,17				**3,59**
34.12	Tauch- und Schwimmblattvegetation der Stillgewässer	1,05					**1,05**
34.21	Vegetation einer Kies- oder Sandbank		0,10				**0,10**
34.51	Ufer-Schilfröhricht	0,43	1,68	0,04			**2,15**
34.52	Land-Schilfröhricht		0,37	0,13	0,02		**0,52**
34.62	Sumpfseggen-Ried		0,01				**0,01**
35.12	Mesophytische Saumvegetation				0,01	0,03	**0,04**
35.32	Goldruten-Bestand		0,01	0,06	0,16	0,16	**0,39**
35.62	Ausdauernde Ruderalvegetation trockenwarmer Standorte		0,12	0,13	0,12	0,11	**0,48**
37.10	Acker		0,01	0,24	2,92	5,83	**9,00**
42.20	Gebüsch mittlerer Standorte				0,02		**0,02**
42.31	Grauweiden- oder Ohrweiden-Feuchtgebüsch		0,14	0,03	0,01		**0,18**
42.40	Uferweiden-Gebüsch		0,06				**0,00**
45.12	Baumreihe		0,01	0,13		0,12	**0,26**
45.20	Baumgruppe			0,01			**0,01**
45.30	Einzelbaum		0,01				**0,01**
52.40	Silberweiden-Auwald		4,00	0,30	0,15	0,02	**4,47**
52.50	Stieleichen-Ulmen-Auwald		3,61	0,60	0,07	0,01	**4,29**
53.00	Wälder trockenwarmer Standorte			0,05	0,35	1,91	**2,31**
53.21	Seggen-Buchen-Wald				0,01	0,33	**0,34**
55.22	Waldmeister-Buchen-Wald		0,36	0,83	0,92	0,60	**2,71**
56.12	Hainbuchen-Stieleichen-Wald		1,37	2,08	2,86	2,56	**8,87**
58.10	Sukzessionswald aus Laubbäumen		0,20	0,20	0,15	0,26	**0,81**
58.13	Sukzessionswald aus kurzlebigen Laubbäumen		1,86	0,98	0,71	0,80	**4,35**
59.11	Pappel-Bestand		6,61	6,13	3,41	2,88	**19,03**
59.14	Ahorn-Bestand		0,02	0,09	0,19	0,25	**0,55**
59.15	Eschen-Bestand		0,14	0,07	0,25	0,52	**0,98**
59.16	Edellaubholz-Bestand		0,76	1,27	1,18	2,33	**5,54**
59.17	Robinien-Wald		0,06	0,10	0,02	0,19	**0,37**
59.42	Waldkiefern-Bestand					0,19	**0,19**
60.10	Von Bauwerken bestandene Fläche			0,02	0,01	0,01	**0,04**
60.21	Völlig versiegelte Straße oder Platz					0,12	**0,12**
60.23	Weg oder Platz mit wassergebunder Decke, Kies oder Schotter		0,10	0,19	0,18	0,28	**0,75**
60.24	Unbefestigter Weg oder Platz		0,01	0,16	0,15	0,07	**0,39**
60.40	Fläche mit Ver- oder Entsorgungsanlage			0,01	0,02		**0,03**
Summe		**89,74**	**21,87**	**13,89**	**14,08**	**20,19**	**159,77**

4.4 Auswirkungen auf Pflanzenarten

Folgende geschützten Pflanzenarten sind im Untersuchungsraum durch die Überflutungen bis 105,0 m ü. NN betroffen.

Tab. 25: Zeigerwerte der betroffenen geschützten Pflanzenarten nach Ellenberg et al (1992)

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	L	T	K	F	R	N	S
Kleines Tausendgüldenkraut	*Centaurium pulchellum*	9	6	7	x~	9	4	1
Braunes Zypergras	*Cyperus fuscus*	9	6	4	7=	X	4	0
Nadelbinse	*Eleocharis acicularis*	7	6	3	10	X	2	0
Froschbiß	*Hydrocharis morsus-ranae*	7	6	4	11	7	6	0
Echter Steinsame	*Lithospermum officinale*	7	6	5	5	8	5	0
Großer Wasserfenchel	*Oenanthe aquatica*	7	6	5	10	7	6	0
Purpur-Knabenkraut	*Orchis purpurea*	5	7	4	4~	8	3	0
Strand-Ampfer	*Rumex maritimus*	8	7	x	9=	8	9	2

Erläuterung der Einstufungen (ohne Zwischenstufen): **L** = Lichtzahl, **T** = Temperaturzahl, **K** = Kontinentalitätszahl, **F** = Feuchtezahl, **R** = Reaktionszahl, **N** = Stickstoffzahl, **S** = Salzzahl
Lichtzahl: 1 Tiefschattenpflanze, 3 Schattenpflanze, 5 Halbschattenpflanze, 7 Halblichtpflanze, 8 Lichtpflanze, 9 Volllichtpflanze
Temperaturzahl: 1 Kältezeiger, 3 Kühlezeiger, 5 Mäßigwärmezeiger, 7 Wärmezeiger, 9 Extremer Wärmezeiger
Kontinentalitätszahl: 1 euozeanisch, 2 ozeanisch, 4 subozeanisch, 5 intermediär, 6 subkontinental, 8 kontinental, 9 eukontinental
Feuchtezahl: 1 Starktrockniszeiger, 3 Trockniszeiger, 5 Frischezeiger, 7 Feuchtezeiger, 9 Nässezeiger, 10-12 Wasserpflanzen, = Überschwemmungszeiger; ~ Zeiger für starken Wasserstandswechsel z.B. 7~ Wechselfeuchtezeiger
Reaktionszahl: 1 Starksäurezeiger, 3 Säurezeiger, 5 Mäßigsäurezeiger, 7 Schwachsäure- bis Schwachbasenzeiger, 9 Basen- und Kalkzeiger

Die Beurteilung der Überflutungsempfindlichkeit erfolgte anhand BREUNIG & BUTTLER (1996), BREUNIG (1999), Ellenberg et al. (1992, FRIEDRICH (2003) sowie anhand der Angaben in den Grundlagenwerken (SEBALD et al. 1990-1998). Bei den besonders gefährdeten Arten handelt es sich mit Ausnahme des Steinsamens um Feuchte- und Nässezeiger, Wechselfeuchtezeiger oder Wasserpflanzen, so dass die Frage der häufigeren Überflutungen nicht das ausschlaggebende Problem sein sollte. Es sind daher eher die sonstigen Standortansprüche und die Nährstoffempfindlichkeit, welche die Arten differenziert.

Die schon derzeit am Seeufer oder am Federbach vorkommenden Arten Kleines Tausendgüldenkraut (*Centaurium pulchellum),* Braunes Zypergras (*Cyperus fuscus*), Nadelbinse (*Eleocharis acicularis*), Froschbiß (*Hydrocharis morsus-ranae*), Echter Steinsame (*Lithospermum officinale*), Großer Wasserfenchel (*Oenanthe aquatica*) und Strand-Ampfer (*Rumex maritimus*) sind auch derzeit schon aufgrund der Grundwasserstandsschwankungen Wasserstandsschwankungen des Knielinger Sees und teilweise des Federbaches ausgesetzt. Die genannten Arten sind auch relativ unempfindlich gegenüber zusätzlichen Wasserstandsschwankungen durch eine Einflutung von Rheinwasser.

Der höhergelegene Standort des Purpur-Knabenkraut (*Orchis purpurea*) westlich des Tümpels ist ebenfalls von den Überflutungen betroffen. Das Purpur-Knabenkraut sollte als Wechselfeuchtezeiger seltene Überflutungen überdauern können.

4.5 Auswirkungen auf Tierarten

Bezüglich des Schutzgutes Tiere sind folgende wesentliche Punkte zu nennen:

Amphibien

Die vorkommenden Amphibienarten zählen weitgehend zur typischen Auenfauna. Daher ist von einer Anpassung an regelmäßige Überflutungen, Substratdynamik und Gewässerverlagerung auszugehen. Hochwässer im allgemeinen sind in einer natürlichen Aue keine Belastung. Insgesamt ist von einer Verbesserung der Lebensbedingungen für Amphibien auszugehen. Da die Amphibienfauna in den letzten Jahrzehnten rückläufig ist, könnte ggf. vor allem die Bestandssituation der Arten temporärer Gewässer (Knoblauch-, Kreuz-, Wechselkröte) durch die Maßnahme verbessert werden.

Reptilien

Die Mauer- und Zauneidechse kommen im wesentlichen an den Hochwasserdämmen und am Bahndamm am Nordrand des Untersuchungsgebiet vor und sind von den Überflutungen im wesentlichen nicht betroffen. Die Ringelnatter ist eine auenangepasste Art, welche von Überflutungen profitiert.

Fische

Für Fische werden sich durch die Verbesserung der Wasserqualität des Knielinger Sees sowie durch den besseren Austausch zwischen den Auengewässern, dem Knielinger See und dem Rhein positive Entwicklungen ergeben. Die Anbindung der Sees wird sich als ein zusätzlicher Lebensraum für ubiquitäre und limnophile Fischarten positiv auswirken. Der Fischbestand wird einen höheren Natürlichkeitsgrad erhalten, d.h. der überwiegende ”Besatzeffekt” wird durch ein ”natürlicheres” Artenspektrum und -verhältnis ergänzt. Natürlich entstehende, kleine Gewässer (z.B. Tümpel) nach Hochwasser sind Teilbereiche des Gesamthabitats der Fische, die jedoch überwiegend von den Hauptpopulationen abgeschnitten sind. Die Hochwassereffekte wirken sich nicht negativ auf die Gesamtpopulation aus, die Auswirkungen sind daher als gering zu bezeichnen.

Vögel

Durch häufigere Überflutungen entstehende Sukzessionsflächen mit Weiden, Pappeln und sonstiger Pioniervegetation sind insbesondere für Arten offener und halboffener Landschaften sowie von Jungwaldstadien (z.B Gelbspötter, Blaukehlchen, Sumpfrohrsänger, Feldschwirl, Gartengrasmücke und Fitis) attraktive Lebensräume. In kleinflächigen Schilfbeständen von Vernässungsflächen wäre der Teichrohrsänger und in Übergangsbereichen die Rohrammer zu erwarten. Bei Niedrigwasser häufiger entstehende Schlammflächen sind für Limikolen in der Zugzeit ideale Nahrungshabitate. Bei einzelnen Brutvogelarten ist aufgrund der Sukzession mit verringerten Brutdichten zu rechnen (z.B. Dorngrasmücke, Feldschwirl). Für die Dorngrasmücke finden sich jedoch im Natur- und Landschaftsschutzgebiet Burgau hinter dem Tulladamm Ausweichmöglichkeiten.

Die Empfindlichkeit der Vogelarten gegenüber Überflutungen resultiert aus der Brutbiologie der jeweiligen Arten. Überflutungen von März bis Juli haben i.d.R. Brutverluste zur Folge. Die Verluste von Nestern, Eiern oder Jungvögeln können i.d.R. durch Nachgelege oder Zweit- und Drittbruten bei vielen Arten wieder ausgeglichen werden.

Zusammenfassend wurde von SCHULTE et al. (1997) in den Poldern Altenheim festgestellt, dass sich die Polder Altenheim während der letzten 10 Jahre trotz Retentionsflutungen und ökologischen Flutungen für die Avifauna günstig entwickelt haben. Im Wald haben selbst die in Bodennähe brütenden Arten in den überfluteten Bereiche zugenommen. Allerdings können Flutungen während der Brutzeit zu einem geringeren Bruterfolg führen.

Heuschrecken

Der Wiesen-Grashüpfer (*Chorthippus mollis*) und der Verkannte Grashüpfer (*Chorthippus mollis*) kommen im Untersuchungsraum nur auf den Hochwasserdämmen vor und sind daher von den auf 105,0 m begrenzten Überflutungen nicht erheblich betroffen.

Die trockenheitsliebenden Arten Blauflügelige Ödlandschrecke (*Oedipoda caerulescens*) und Blauflügelige Sandschrecke (*Sphingonotus caerulans*) sowie die wechselfeuchte Habitate bevorzugende Grüne Strandschrecke (*Aiolopus thalassinus*) treten außer am Bahndamm hauptsächlich südöstlich des Knielinger Sees und unter der Leitungstrasse auf. Die hochgelegenen Standorte am Bahndamm und unter der Leitungstrasse werden nicht überflutet. Die Standorte im Südosten am Ufer des Knielinger Sees werden auch heute schon aufgrund der Grundwasserstandsschwankungen überflutet.

Die Blauflügelige Ödlandschrecke und die Blauflügelige Sandschrecke besitzen als Primärhabitate Schotter- bzw. Sandflächen in Flussauen und sind aufgrund der Seltenheit dieser Primärhabitate heute überwiegend in Sekundärhabitaten (z.B. Kiesgruben oder sonstige Rohbodenflächen) zu finden. Diese Arten sollten als ursprünglich in Flussauen beheimatete Arten keine Probleme mit Überflutungen bekommen, ebenso wie die wechselfeuchte Habitate bevorzugende Grüne Strandschrecke.

Libellen

Die Schwerpunkte der Libellenvorkommen liegen am Altrhein Maxau, am Südufer des Knielinger Sees am Federbach sowie an den beiden Schleienlöchern. Diese Bereiche sind auch heute schon Wasserstandsschwankungen durch die Schwankungen der Grundwasserstände ausgesetzt. Von Bedeutung sind auch die Einträge an Schwebstoffen, die für die an Schwimmblattvegetation gebundenen, empfindlicheren, in Stillgewässern und langsam fließenden Gewässen vorkommenden, eher auf Klarwasserbedingungen angewiesenen Arten von Bedeutung sind. Dies sind die Kleine Königslibelle (*Anax parthenope*), die Feuerlibelle (*Crocothemis erythraea*), Großes Granatauge (*Erythromma najas*), Kleines Granatauge(*Erythromma viridulum*) und Spitzenfleck (*Libellula fulva*)

Die Auswirkungen auf die gegen Überflutungen eher unempfindlichen, auenangepassten Libellenarten Braune Mosaikjungfer (*Aeshna grandis*), Früher Schilfjäger (*Brachytron pratense*), Frühe Heidelibelle (*Sympetrum fonscolombii*) und die Fließgewässerart Kleine Zangenlibelle (*Onychogomphus forcipatus*) sind dagegen als eher gering einzuschätzen

Schmetterlinge

Vom Malven-Dickkopffalter (*Carcharodus alceae*) wurde am Rheindamm bei mehrmaliger Nachsuche lediglich eine Raupe gefunden, so dass diese Art durch die Überflutungen nicht gefährdet scheint. Auch der Ulmen-Zipfelfalter (*Satyrium w-album*) wurde nur auf dem Tulladamm sowie östlich davon angetroffen, so dass diese Art ebenfalls nicht von den Überflutungen betroffen ist.

Die gefährdeten Schmetterlingsarten Kleiner Schillerfalter, Kleiner Feuerfalter und Schwalbenschwanz kommen im wesentlichen östlich des Tulladammes vor und sind daher durch die Überflutungen nicht wesentlich betroffen.

Schnecken

Die beiden Schwerpunkte der Schneckenvorkommen liegen in der Randsenke südlich des Willichgraben sowie am Tümpel am Nordufer des Federbachs. Diese Bereiche sind auch heute schon Wasserstandsschwankungen durch die Schwankungen der Grundwasserstände ausgesetzt. Die Auswirkungen der begrenzten Überflutungen auf die Moosblasenschnecke (*Aplexa hypnorum*), die niedergedrückte Federkiemenschnecke (*Valvata pulchella*), die Sumpf-Windelschnecke (*Vertiga antivertigo*) und die Spitze Stumpfdeckelschnecke (*Viviparus contectus*) als Arten der kleinen Still- und Fließgewässer sind daher als gering zu bezeichnen.

4.6 Auswirkungen auf die Gewässer und Restaurierungsvorschläge

Infolge der massiven Defizite besteht ein aktueller, hoher Restaurierungsbedarf für den Knielinger See. Die bestehenden Überformungen ergeben sich, wie oben ausgeführt wurde, aus dem Zusammenspiel von Nährstoffbelastung und hydraulischem Zustand.

Mit dem Federbachzufluss werden dem Epilimnion des Sees hohe Nährstofffrachten zugeführt, die dort starke Algenentwicklungen hervorrufen und durch Sedimentation ein massives Zehrungspotential der Seeböden bewirken. Die Algensedimentation erfährt durch die hydraulisch bedingte (Wasserableitung über den Willichgraben) Verengung des Epilimnions auf ein schmales Band eine zusätzliche Verstärkung. Infolge der starken Sedimentzehrung entsteht ein massives hypolimnisches Sauerstoffdefizit, das durch den hohen Zustrom von sauerstofffreiem Grundwasser weiter verstärkt wird. Im sulfidischen Milieu setzt sodann eine intensive Phosphorfreisetzung ein, die wiederum intensiviert wird durch hydraulisch bedingte Sickerströmungen.

Ein Restaurierungsprogramm zur Beseitigung der bestehenden Defizite muss demzufolge primär auf eine Veränderung der hydraulischen Verhältnisse im Untersuchungsgewässer abzielen, da nur so die wesentlich durch die hydraulischen Bedingungen verursachten Defizite des Nähr- und Sauerstoffhaushaltes zu beseitigen sind. Dies kann durch die im Folgenden als eine Restaurierungsoption diskutierte Anbindung des Sees an den Rhein erreicht werden. Damit ist ein umfassendes Konzept zu verwirklichen, das allen bestehenden Defiziten Rechnung trägt. Daneben werden als weitere Planungsoptionen Verbesserungsmaßnahmen durch Tiefenwasserableitung und Sedimentausspülung diskutiert.

4.6.1 Rheinanbindung

Mit der Anbindung des Sees an den Rhein sollen die hydraulische Verhältnisse so optimiert werden, dass der Nährstoffhaushalt durch die vorhandenen, hohen Phosphorgehalte aus externen und internen Quellen nicht überlastet wird. Mit der Anbindung des Rheins ist zugleich eine Verbesserung der Sauerstoffverhältnisse im Meta - und Hypolimnion durch Verringerung des Zustroms von sauerstofffreiem Grundwasser anzustreben.

Die Rheinanbindung ist daher so zu gestalten, dass eine erhöhte Turbulenz und die Ausdehnung des derzeit auf ein schmales Band beschränkten Epilimnions die Algenentwicklung zurückdrängen. Als weiterer Effekt zur Verringerung der Algenentwicklung sollen Ausspülvorgänge genutzt werden. Beides bewirkt eine Verringerung der Zehrungsvorgänge in der Gewässertiefe, da die Algensedimentation abnimmt.

Der Knielinger See liegt in Längsrichtung parallel zum Rhein, so dass entweder mittels eines Einlass- und Auslassbauwerkes im Rheinhauptdamm wie im Pflegeplan vorgeschlagen oder durch Einleiten von Wasser aus dem Hafenbereich im Umfeld des Federbaches eine geregelte Anbindung mit Ab- und Zuflussöffnung geschaffen werden kann. Dies ermöglicht eine unterschiedliche Intensität der Anbindung sowie die zeitweilige Abriegelung im Hochwasserfall.

Die Auswirkungen einer Rheinanbindung auf den Gütezustand des Knielinger Sees wurden in BGL (2006) für zwei Planvarianten (mit bzw. ohne Federbachzufluss) und unterschiedliche Intensitäten der Anbindung (0,5 bis 10 m^3/s) bei Mittelwasserführung diskutiert. Bezüglich der hydraulischen Bedingungen für den Ist-Zustand und die beiden Planvarianten ergeben sich folgende Voraussetzungen:

- **Ist-Zustand:** Der Federbach durchfließt den Knielinger See, die Ableitung von Seewasser erfolgt über den Willichgraben. Dabei fließen ø 1 m^3/s Federbachwasser sowie 0,5 m^3 Grundwasser zu.

- **Variante 1:** Rhein und Federbach sind an den Knielinger See angebunden. Dem Knielinger See fließen ø 1 m^3/s Federbachwasser sowie entsprechend der Durchlässigkeit des Untergrundes und dem Grundwassergefälle 0,1 m^3 Grundwasser und in unterschiedlicher Menge Rheinwasser (0,5 m^3/s bis max. 10 m^3/s) zu.
- **Variante 2:** Ausschließlich der Rhein ist an den Knielinger See angebunden. Dem Knielinger See fließen Rheinwasser in unterschiedlicher Menge (0,5 m^3/s bis max. 10 m^3/s) sowie entsprechend dem Grundwassergefälle und der Durchlässigkeit des Untergrundes 0,1 m^3 Grundwasser zu.

Bei einer direkten Zuleitung des Rheinwassers ist von einem vertikalen Einmischungsbereich von bis zu 7 m Seetiefe auszugehen. Mittels halbtechnischer Maßnahmen kann dieser Einmischungsbereich auf eine Gewässertiefe von bis zu 12 m ausgedehnt werden, so dass sich eine Optimierung der Einmischung des Zuflusswassers in den See ergibt. Für jede der beiden Planvarianten bestehen also zwei Optionen:

- **Option 1:** direkte Zuleitung (Einmischungstiefe im See 0-7m)
- **Option 2:** optimierte Zuleitung (Einmischungstiefe im See 0-12m)

Demnach ergeben sich für die beiden Planvarianten und den Ist-Zustand die folgenden morphologischen Kennwerte, auf deren Basis eine Prognose der Gewässergüte erstellt wird.

Tab. 26: Morphologische Kennwerte der Planungsvarianten

	Rhein-zufluss	Federbach-zufluss	Grundwas-serzufluss	Verweil-zeit	Einmischungstiefe		Seeflä-che	Seevolumen in mio m^3	maxima-le Tiefe	mittlere Tiefe	ø Hypolim-niontiefe
	[m]	[m]	[m^3]	[a]	Option 1	Option 2	[ha]	[hm^3]	[m]	[m]	[m]
Istzustand	/	1,0	0,5	0,174	/	/	82	8,24	19,7	10	7,1
Planvariante 1	0,5	1,0	0,1	0,163	7	7	82	8,24	19,7	10	7,1
	1,0	1,0	0,1	0,124	7	10					
mit Feder-	2,0	1,0	0,1	0,084	7	10-12					
bachzufluss	3,0	1,0	0,1	0,064	7	10-12					
	5,0	1,0	0,1	0,043	7	10-12					
	10,0	1,0	0,1	0,024	7	10-12					
Planvariante 2	0,5	/	0,1	0,435	7	7	82	8,24	19,7	10,0	7,1
	1,0	/	0,1	0,238	7	10					
ohne Feder-	2,0	/	0,1	0,124	7	10-12					
bachzufluss	3,0	/	0,1	0,084	7	10-12					
	5,0	/	0,1	0,051	7	10-12					
	10,0	/	0,1	0,026	7	10-12					
Belastungs-größen	*	s. Kap. 3.1	s. Kap. 3.1								
$P_{-gesamt}$ [µg/l]	52	150	14								
o-PO_4-P [µg/l]	31	111	14								

Spezifische Einflüsse aus der episodischen Überflutung des Sees im Hochwasserfall (im Mittel ca. 4 Tage im Jahr) können im Rahmen dieser Bilanzierung vernachlässigt werden, da die permanente Anbindung diese kurzfristigen Effekte überlagert und langfristig kaum wirksam werden lässt.

Prognose der erreichbaren Restaurierungseffekte

Zur Ermittlung der Belastungswerte des Seewassers auf der Basis von Zuflusswerten und morphologischen Kenngrößen dienen unterschiedliche Rechenmodelle. In BGL (2006) kommt das Rechenprogramm Bathtub zur Anwendung, das in Nordamerika für die Bewertung künstlicher und natürlicher Gewässer herangezogen wird und sich als wichtiges Planungs- und Prognoseinstrument für staatliche Stellen und Planungsbüros insbesondere bei limitierter Datengrundlage bewährt hat (EPA 2000).

Das Programm ermöglicht eine Prognose für die Entwicklung folgender Parameter:

- Mittlere Phosphorkonzentrationen im Epilimnion während der Vegetationsperiode
- Mittlere Chlorophyllgehalte im Epilimnion während der Vegetationsperiode
- Mittlere Sichttiefenwerte während der Vegetationsperiode
- Mittlere Sauerstoffzehrungsraten im Meta- und Hypolimnion
- Mittlere Häufigkeit von Algenmassenentwicklungen (Chlorophyllmaxima) während der Vegetationsperiode

Die Phosphorkonzentrationen, Chlorophyllgehalte, Sichttiefenwerte und Sauerstoffzehrungsraten werden als mittlere Werte für den Zeitraum der Vegetationsperiode berechnet.

Die Intensität von Algenentwicklungen und ihre relative Häufigkeit während der Vegetationsperiode wird auf der Basis von 6 Chlorophyllklassen (> 10 bis > 60 µg/l) berechnet, die den im Folgenden wiedergegebenen Beeinträchtigungen entsprechen:

Variable	Ausmaß der Beeinträchtigung
FREQ(CHL-a>10)	Tendenz zur Algenentwicklungen vorhanden
FREQ(CHL-a>20)	Beeinträchtigung durch Algenentwicklungen
FREQ(CHL-a>30)	schwere Beeinträchtigung durch Algenentwicklungen
FREQ(CHL-a>40) FREQ(CHL-a>50) FREQ(CHL-a>60)	Algenblüten mit Aufrahmungen

<u>Restaurierungseffekte Variante 1 (Anbindung an den Rhein und den Federbach)</u>

Unter Beibehaltung der Federbachanbindung ergeben sich nur geringfügige Verringerungen der Phosphorgehalte im Seewasser. Dies gilt auch bei zunehmenden Rheinzuflüssen und einer Optimierung der Rheinanbindung.

Deutliche Verbesserungen sind hingegen in Bezug auf die Chlorophyllgehalte und die Sichttiefen zu erzielen. Dies spiegelt sich insbesondere auch in der Algenentwicklung wieder, die infolge zunehmender Ausspülung durch die Rheinanbindung erheblich zurückgeht. Hinsichtlich dieser Parameter verursacht eine verstärkte Rheinanbindung und insbesondere auch die Optimierung des Rheinzuflusses weitere Verbesserungen. Diese bewirkt durch eine Vergrößerung der turbulenten epilimnischen Wasserschicht Einschränkung für das Algenwachstum.

Die gegenwärtig erhebliche Belastung des Sauerstoffhaushaltes kann durch die Rheinanbindung vermindert werden, aerobe Verhältnisse über den gesamten Zeitraum der Stagnationsphase sind aber auch dann in der Gewässertiefe wegen der immer noch intensiven Mineralisierungs- und Zehrungsvorgänge nicht zu erreichen.

Nach der Rheinanbindung errechnet sich infolge der abnehmenden Algenentwicklung und der verstärkten Ausspülung ein deutlich geringerer Sauerstoffverbrauch im Meta- und im Hypolimnion. Die

erreichbaren Restaurierungseffekte werden mit steigenden Rheinzuflüssen und durch die Optimierung der Rheinzuleitung weiter erhöht.

Zusammenfassend kann man festhalten, dass bei Fortbestehen der Federbachanbindung Verbesserungen im wesentlichen durch hydraulische Effekte der Ausspülung erzielt werden, die mit verstärkter oder optimierter Rheinanbindung weiter zunehmen. Eine Verringerung der Phosphorbelastung hingegen ist nur in sehr geringem Umfang zu erreichen.

Restaurierungseffekte Variante 2 (Anbindung an den Rhein und Abkopplung des Federbachs)

Durch die Abkopplung des Federbachs ist eine Verringerung der Phosphorgehalte im See zu erzielen. Dabei ergeben sich die höchsten Verbesserungen bei einem geringen Anbindungsgrad des Rheins. Steigende Rheinzuflüsse verursachen wieder eine Erhöhung der Phosphorbelastung, ohne jedoch das Ausmaß der Ausgangsbelastung im Ist-Zustand zu erreichen. Die als Option in Frage kommende Verbesserung der Rheinzuleitung bleibt ohne Einfluss auf die Phosphorgehalte.

Auch für die weiteren Trophieparameter Chlorophyllgehalte und Sichttiefe ergeben sich positive Auswirkungen infolge der geringeren Nährstoffgehalte. Diese bleiben aber sowohl für Option 1 mit direkter Rheinzuleitung als auch für Option 2 mit verbesserter Rheinzuleitung im Vergleich zu Variante 1 gering.

In Bezug auf den Sauerstoffhaushalt wirkt sich die Federbachentkopplung ebenfalls positiv aus, auch wenn nicht so starke Verbesserungen erreicht werden wie bei den Phosphorgehalten. Bei hohen Zuflussraten des Rheins (≥ 5 m^3/s) fallen die Unterschiede kaum mehr ins Gewicht. Ein während der Stagnationsphase dauerhaft aerober Wasserkörper ist auch bei einer Entkopplung des Federbachs nicht zu erwarten.

Die Wahrscheinlichkeit von Algenmassenentwicklungen geht nach der Federbachabkopplung bei Rheinzuflüssen von ≤ 3 m^3/s zurück, erreicht aber bei stärkerer Rheinanbindung fast identische Werte wie ohne die Abkopplung des Federbachs.

Bis auf die Phosphorgehalte, die durch die Abkopplung des Federbachs zurückgehen, zeigt sich für die Variante 2 ein ähnliches Wertemuster wie bei Variante 1. Güterelevant sind vor allem die hydraulischen Einflüsse, deren Restaurierungseffekte durch eine Optimierung der Rheinzuleitung (Option 2) weiter verstärkt werden können.

Zusammenfassende Bewertung und Planungsempfehlungen

Mittels einer Rheinanbindung können die Defizite des Sees deutlich abgemindert werden. Die Sauerstoffverhältnisse im Meta- und Hypolimnion werden bei allen Varianten erheblich verbessert, auch wenn aerobe Milieubedingungen im gesamten Hypolimnion bis zum Ende der Stagnationsphase nicht zu erreichen sind. Die Rheinanbindung erzielt Güteverbesserungen sowohl nach Abtrennung des Federbachs als auch bei einer Beibehaltung des Federbachzuflusses. Durch die Abkopplung des Federbachs werden die Phosphorbelastungen nur bei geringen Rheinzuflüssen relevant verringert, bei stärkerem Rheinzustrom überlagern

der nun zunehmende Phosphoreintrag mit dem Rhein und die höhere Ausspülung diesen Effekt. Auch die Algenentwicklung wird primär durch Ausspülungsprozesse vermindert, so dass mit der Rheinanbindung hier ebenfalls Verbesserungen zu erzielen sind, wenn die Federbachanbindung beibehalten wird.

Auf der Grundlage der Variantenprüfung können die folgenden Empfehlungen für die Umsetzung der Rheinanbindung ausgesprochen werden:

- Bei einer Anbindungsintensität des Rheins von mindestens 5 m^3/s mit direkter Rheinzuleitung (Option 1) oder 3 m^3/s mit optimierter Zuleitung (Option 2) kann die Maßnahme Erfolg versprechend unter Beibehaltung der Federbachzuleitung umgesetzt werden.
- Bei einer Anbindungsintensität des Rheins von weniger als 5 m^3/s mit direkter Rheinzuleitung (Option 1) oder weniger als 3 m^3/s mit optimierter Zuleitung (Option 2) sollte der Federbach abgekoppelt werden.
- Durch die Optimierung der Rheinzuleitung mittels halbtechnische oder technische Einrichtungen (Option 2) ist in jedem Fall eine signifikante Erhöhung des Restaurierungserfolges zu erreichen.

4.6.2 Planungsalternative Tiefenwasserableitung

Da insbesondere im Tiefenwasserkörper infolge der Sauerstoffarmut und der starken Aufkonzentration von Nährstoffen durch Rücklösung sowie Sedimentation erhebliche Defizite entstehen, ergeben sich Optimierungsmöglichkeiten durch die Ableitung des belasteten Tiefenwassers. Ziel der Tiefenwasserableitung ist es, die im Hypolimnion aufkonzentrierten Stoffe während der Sommermonate abzuleiten, so dass im folgenden Frühjahr, nach Volldurchmischung des Sees, ein vermindertes Nährstoffdargebot für das Algenwachstum zur Verfügung steht (vgl. BOOS 2004). Es geht bei dieser Planungsalternative also um den Export von Nährstoffen, um auf diese Weise die Defiziterscheinungen im See zu vermindern.

Optimierungseffekte sind allerdings nur zu erzielen, wenn für den Austausch Zuflusswasser in ausreichender Menge und von guter Beschaffenheit zur Verfügung steht. Diese Voraussetzung ist am Knielinger See derzeit nur bedingt erfüllt. Durch eine Abkopplung des Federbachs kann der Wasseraustausch zwar auf phosphorarmes Grundwasser beschränkt werden. Da dieses aber anoxisch ist, wird man keine unmittelbare Verbesserung der massiven Sauerstoffdefizite im Hypolimnion erreichen können.

Auch die sehr geringe Wasserverweilzeit steht dieser Planungsalternative zunächst entgegen. Bei Fortbestand der Federbachanbindung sind die Wasseraustauschraten und die Nährstoffbelastungen des Zuflusswassers so hoch, dass im Winter das gesamte im Sommer gereinigte Wasservolumen wieder ausgespült wird, so dass güterelevante Effekte unter diesen Bedingungen gar nicht zu erzielen sind.

Die Tiefenwasserableitung kommt daher nur dann als Option in Betracht, wenn die hydraulischen Bedingungen durch eine Abkopplung des Federbachs und die Verringerung der Grundwasserzustromraten verändert werden. Unter diesen Voraussetzungen ist allerdings mit einer hohen Effektivität der Maßnahme zu rechnen, die, wie im Folgenden ausgeführt wird, sowohl in Kombination mit einer Anbindung des Sees an den Rhein durchgeführt werden kann als auch ohne diese.

4.6.3 Kombination von Tiefenwasserableitung und Rheinanbindung

Eine Maßnahmenkombination von Rheinanbindung und Tiefenwasserableitung wäre durch eine rückstaubeeinflusste, einseitige Anbindung an den Rhein realisierbar, wobei es nicht zu einer Durchströmung des Sees kommt, wie dies bei der oben diskutierten ober- und unterstromigen Anbindung der Fall ist.

Die rückstaubeeinflusste Rheinanbindung bewirkt in Abhängigkeit von den Rheinabflüssen und Druckdifferenzen zunächst nur ein Einströmen von Rheinwasser in das Epilimnion des Sees bzw. ein Ausströmen von Seewasser aus dem Epilimnion in den Rhein. Um einen Nährstoffexport aus dem Hypolimnion zu erreichen, muss zusätzlich eine Röhre für die Tiefenwasserableitung aus dem See in den Rhein gelegt werden.

Auf diese Weise kommt es nicht nur zu einem Abstrom nährstoffreichen Tiefenwassers, sondern auch zu einer Absenkung der Sprungschicht und einer Vergrößerung des Epilimnions, da der Wasserverlust aus dem Hypolimnion durch in das Epilimnion nachströmendes Rheinwasser ersetzt wird. Dies vergrößert den Anteil des aeroben Lebensraums und damit die Lebensraumqualität des Sees.

Die technische Realisierung erfordert den Bau eines Anbindungsgerinnes und die Verlegung einer Leitung zur Tiefenwasserableitung. Die Tiefenwasserableitung kann nur mittels Pumpe erreicht werden, ein autarker Betrieb ist wegen der geringen Gefälleunterschiede nicht möglich.

Bei einer entsprechenden Auslegung der Rohre und der Pumptechnik kann zusätzlich zur Tiefenwasserableitung auch eine Sedimentausspülung vorgenommen werden. Infolge der langjährigen Überfrachtung des Sees mit Nährstoffen und der starken Algenentwicklung und -sedimentation ist von einem sehr hohen Eutrophierungs- und Zehrungspotential der Sedimente auszugehen. Da eine Entschlammung des Sees wegen der sehr hohen Kosten als realistische Planungsalternative nicht in Betracht kommt, könnte die Sedimententnahme durch Aufspülen einer Sediment-Wasser-Suspension und ihre Ableitung in den Rhein erfolgen. Die Maßnahme kann allerdings nur durchgeführt werden, wenn die Sedimente nicht über ein Belastungspotential für den Rhein verfügen und durch die Ableitung der Sediment-Wasser-Suspension keine Güteprobleme entstehen. Dieser Sachverhalt wäre durch eine vorherige Prüfung der Sedimentqualität zu klären.

Dies wäre mit einer relativ kleinen pontongestützten, mobilen Pumpanlage möglich, die auch zur Bewirtschaftung anderer rheinangebundener Baggerseen oder von Rheinaltarmen eingesetzt werden kann. Die technischen Voraussetzungen für ein entsprechendes Vorgehen sind gegeben. Die Ermittlung der durch entsprechende Maßnahmen erreichbaren Verbesserungen des Stoffhaushaltes im Untersuchungsgewässer und die Berechnung der erforderlichen Austauschvolumina kann nur im Rahmen einer Detailplanung erfolgen.

4.6.4 Empfehlungen für das weitere Vorgehen

Unabhängig davon, welche Restaurierungsmaßnahmen ergriffen werden, sollte vor der Durchführung einer Restaurierungsplanung oder als erster Planungsschritt eine Zustandserfassung aller relevanten Faktoren im Untersuchungsgebiet erfolgen. Dies umfasst folgende Untersuchungsgegenstände:

- Zuflussraten des Federbachs
- Abflussraten des Willichgrabens
- Wasserstandsaufzeichnungen des Knielinger Sees
- Ermittlung der Beschaffenheitskennwerte des Federbachs im Einmündungsbereichs
- Ermittlung des Anbindungsgrades an das Grundwasser (OKL/MKL)
- Ermittlung der Grundwasseraustauschraten durch Berechnung der Zuflussraten und isotopenhydrologische Untersuchungen (stabile Isotope)
- Erfassung der Grundwasserbeschaffenheit insbesondere der Eutrophierungsrelevanz der Grundwässer des OKL und MKL
- Erfassung der Seewasser- und Sedimentbeschaffenheit
- Erfassung des Besiedlungsbildes (Benthos, Plankton, Fische)

Der Untersuchungsumfang ist in Abhängigkeit von der gewählten Restaurierung festzulegen.

5 Zusammenfassung

Der Projektrahmen „Freude am Fluss“

Das Projekt „Freude am Fluss“ (Interreg NWE-Projektnummer C060, Laufzeit 2003-2008) entwickelt neue Ideen und Pläne für die Entwicklung von Flusslandschaften in Deutschland, Frankreich und den Niederlanden. Hierbei werden in Frankreich, den Niederlanden und Deutschland Kommunen fachlich unterstützt, die in ihrer städtischen Planung bis zum Jahre 2008 ein Vorhaben beschließen, das in den oben genannten Rahmen passt. Die Überlegungen der Stadt Karlsruhe zu einem „Landschaftspark Rhein“ passen sehr gut in das „Freude am Fluss“-Projekt. Daher hat das ILN in Absprache mit der Stadtverwaltung hinsichtlich der Anbindung des ca. 82 ha großen Knielinger Baggersees an das Rheinvorland eine zusammenfassende Expertise erstellt.

Bisherige Planungen zur Anbindung des Knielinger See

Die Anbindung des Knielinger Sees an die Überflutungen des Rheins wurde schon mehrfach und z.T. kontrovers diskutiert.

Im Rahmenkonzept II zum IRP ist im Bereich Karlsruhe/Knielinger See langfristig eine Dammrückverlegung mit eine teilweise Entfernung des jetzigen Hauptdamms XXV und eine Reaktivierung des Hochwasserdamms XXVIa („Tulla-Damm“) vorgesehen.

Zur Verbesserung der Wasserqualität des Sees wurden vom Landesfischereiverband die Anbindung des Knielinger Sees an den Rhein vorgeschlagen, während von SPANG, FISCHER, NATZSCHKA (2005) zur kurz- bis mittelfristigen Verbesserung der Wasserqualität des Sees eine Tiefenwasserableitung favorisiert wird. Eine Abtrennung des den Knielinger See durchfließenden, stärker nährstoffbelasteten Federbaches wird ebenfalls diskutiert.

Die Planungen der Stadt Karlsruhe zum „Landschaftspark Rhein“ sehen u.a. Umgestaltungsmaßnahmen im direkten Umfeld des Hofguts Maxau (Gastronomie, Spielplatz, Café-Terrasse auf der Rheinseite des HWD XXV) sowie landseits des HWD XXV Verlängerungen der Buhnen als Landschaftselemente, Pufferstreifen für das NSG „Altrhein Maxau“ und eine Beweidung südlich des Hofgutes vor. Hinsichtlich der Anbindung des Knielinger Sees wird bei der Stadt eine südwestliche Anbindung über ein Bauwerk am Hafen diskutiertn. Die Ausleitung sollte über den bestehenden Auslass am Willlichgraben erfolgen.

Projektplanung

Grundlage der Überlegungen ist die Altaue um den Knielinger See zwischen dem Rheinhafen Karlsruhe (ca. Rhein-km 360) im Süden und der Eisenbahnbrücke (Rhein-km 362) im Norden sowie zwischen dem Hochwasserdamm XXV im Westen und Hochwasserdamm XXVIa (Tulladamm) im Osten an das Rheinvorland und damit an die Überflutungen des Rheins anzubinden. Für die Anbindung des Knielinger Sees gibt es kurz- bis mittelfristig folgende grundlegenden Möglichkeiten:

1. Bau von Ein- und Auslassbauwerken im Rheinhauptdamm zwischen Rhein-km 360 und 362 oder
2. Bau eines Einlassbauwerkes im Bereich des Hafenbeckens/Federbachdükers und Ableitung des Wassers wie im Ist-Zustand über den Willichgraben zur Alb

Um zu große Überflutungshöhen mit Überschwemmung von vorhandenen Häusern oder zu große Druckwasserprobleme nach Osten zu vermeiden, ist eine Begrenzung der Wasserspiegellagen bei den Überflutungen mittels von Bauwerken auf eine maximale Höhe von ca. 105 m ü. NN vorgesehen. Hinsichtlich der Auswirkungen der Maßnahmen auf den Gütezustand des Knielinger Sees ist auch die

Frage der Abkoppelung des Federbaches vom Knielinger See sowie eine Tiefenwasserableitung von Bedeutung.

Die Auswirkungen einer Rheinanbindung auf den Gütezustand des Knielinger Sees wurden in BGL (2006) für zwei Planvarianten (mit bzw. ohne Federbachzufluss) und unterschiedliche Intensitäten der Anbindung (0,5 bis 10 m^3/s) bei Mittelwasserführung diskutiert. Bezüglich der hydraulischen Bedingungen für den Ist-Zustand und die beiden Planvarianten ergeben sich folgende Voraussetzungen:

- **Ist-Zustand:** Der Federbach durchfließt den Knielinger See, die Ableitung von Seewasser erfolgt über den Willichgraben. Dabei fließen ø 1 m^3/s Federbachwasser sowie 0,5 m^3 Grundwasser zu.
- **Variante 1:** Rhein und Federbach sind an den Knielinger See angebunden. Dem Knielinger See fließen ø 1 m^3/s Federbachwasser sowie entsprechend der Durchlässigkeit des Untergrundes und dem Grundwassergefälle 0,1 m^3 Grundwasser und in unterschiedlicher Menge Rheinwasser (0,5 m^3/s bis max. 10 m^3/s) zu.
- **Variante 2:** Ausschließlich der Rhein ist an den Knielinger See angebunden. Dem Knielinger See fließen Rheinwasser in unterschiedlicher Menge (0,5 m^3/s bis max. 10 m^3/s) sowie entsprechend dem Grundwassergefälle und der Durchlässigkeit des Untergrundes 0,1 m^3 Grundwasser zu.

Es wird daher vorgeschlagen, wie im Pflegeplan des Naturschutzgebietes vorgesehen, die Anbindung des Knielinger Sees mit einem Einlassbauwerk bei Rhein-km 360,6, einer Begrenzung der Überflutungen auf 105 m über NN und einem naturnahen Gerinne in einer bestehenden Alten Rheinschlute zu realisieren, da sich hierdurch eine bessere Durchströmung des Knielinger Sees ergeben würde und gleichzeitig die Chance gegeben ist im Rahmen des „Landschaftspark Rhein“ das Element Wasser im am stärksten genutzten Bereich für die Besucher erlebbar zu machen. Der Auslass kann wie im Ist-Zustand über den Willichgraben zur Alb erfolgen. Mit dieser Lösung ist eine Abtrennung des Federbaches vom Knielinger See möglich (Variante 2), was in Verbindung mit einer Tiefenwasserableitung die besten Chancen für eine Güteverbesserung des Knielinger Sees bietet (BGL 2006). Sowohl die Erlebbarkeit des Elementes Wasser als auch die Abtrennung des Federbaches sind mit einer Anbindung von Süden her schwerer realisierbar.

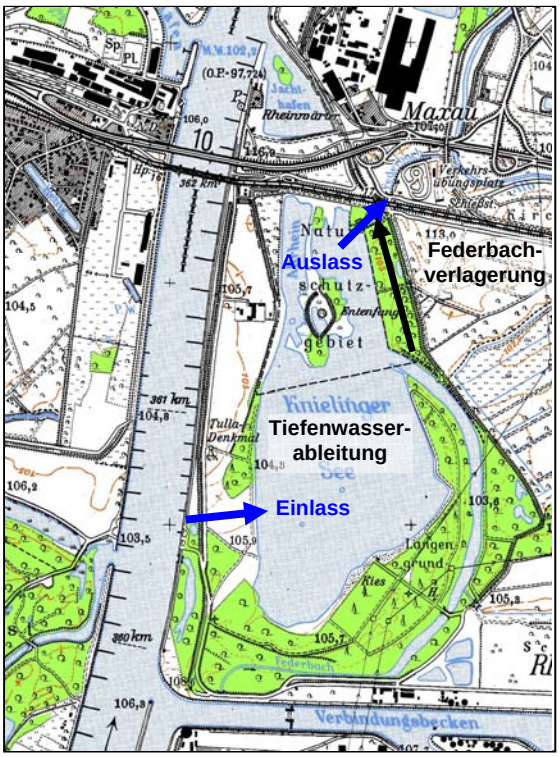

Abb. 28: Empfehlung zur Anbindung des Knielinger Sees an den Rhein (ILN 2007)

Auswirkungen auf das Schutzgut Mensch (Nutzungen und Erholungsfunktion)

Eine größere Beeinflussung der Erholungsnutzung findet nicht statt, da die meisten Erholungswege derzeit schon relativ hoch liegen (Rheinhauptdamm, Tulladamm) bzw. die häufiger überfluteten Flächen kaum Erholungswege aufweisen.

Das zusätzliche Einfluten von Rheinwasser bis zu einer Höhenlage von ca. 105,0 m über NN führt zu einer Überflutung größerer Teile der ackerbaulich genutzten Flächen im Umfeld des Hofgutes Maxau, nicht aber des Hofgutes selbst. Aufgrund dieser Überflutungen ist eine Umstellung der landwirtschaftlichen Nutzung von der derzeit praktizierten ackerbaulichen Nutzung auf eine extensive Grünlandnutzung anzustreben. Dies ist auch in den Plänen zum Landschaftspark Rhein mittelfristig vorgesehen.

Die Auswirkungen auf die forstwirtschaftliche Nutzung sind insgesamt als gering einzustufen, da im Untersuchungsraum im Wesentlichen hochwassertolerante Arten (z.B. Weidenarten, Pappelarten, Eichen, Ulmen, Bergahorn, Esche) vorhanden sind. Die Rahmenbedingungen der forstwirtschaftlichen Nutzung können sich sogar eher verbessern, da durch die höheren Fließgeschwindigkeiten und den häufigeren Wegfall von Stauwasserbedingungen geringere Sauerstoffdefizite für den Stamm- und Wurzelraum zu erwarten sind.

Auswirkungen auf das Schutzgut Pflanzen

Das Gebiet um den Knielinger See ist sowohl als Natura 2000-Gebiet als auch als Natur- und Landschaftsschutzgebiet geschützt. Desweiteren finden sich eine Vielzahl von geschützten Biotopen in diesem Raum. Alle Maßnahmen in diesem Gebiet müssen daher mit den Schutzzielen des Gebietes übereinstimmen. Die Wiederanbindung des Gebietes um den Knielinger See an die Überflutungen des Rheins ist sowohl im Pflegeplan für die Naturschutzgebiete „Burgau“ und „Altrhein Maxau“ (ILN 2004) als auch als Empfehlung im Antrag für das LIFE Projekt „Lebendige Rheinauen bei Karlsruhe“ enthalten.

Von den durch Überflutungen betroffen Biotoptypen sind die auf ca. 90 ha Fläche (ca. 56 %) betroffenen Gewässer-Biotoptypen unempfindlich gegen Überflutungen. Auch die sonstigen durch die Überflutungen betroffenen Biotoptypen ca. 62 ha Fläche (ca. 39 %) sind im wesentlichen unempfindlich gegen Überflutungen. Nur bei den ca. 5,5 ha überfluteten Edellaubholzbeständen und bei den ca. 3 ha Buchenwald (53.21 und 55.22 / zusammen ca. 5 % der überfluteten Fläche) sind Hochwasserschäden möglich.

Bei den besonders gefährdeten Arten handelt es sich mit Ausnahme des Steinsamens um Feuchte- und Nässezeiger, Wechselfeuchtezeiger oder Wasserpflanzen, so dass die Frage der häufigeren Überflutungen nicht das ausschlaggebende Problem sein sollte. Es sind daher eher die sonstigen Standortansprüche und die Nährstoffempfindlichkeit, welche die Arten differenziert. Dies zeigt, dass nur geringe Eingriffe bei den Biotoptypen und den geschützten Pflanzenarten zu erwarten sind.

Andererseits bestehen erhebliche Chancen zur Verbesserung der Auenbedingungen im Untersuchungsraum. Im LIFE Antrag „Lebendige Rheinauen bei Karlsruhe“ heißt es:

„Die Wiederherstellung natürlicher dynamischer Prozesse ist ein vorrangiges Projektziel, denn sie ist Voraussetzung für einen günstigen Erhaltungszustand des prioritären Lebensraumtyps 91E0 Silberweiden-Auenwald sowie weiterer besonders zu schützender Lebensraumtypen und Arten der Rheinaue“.

Diese Aussage zeigt die Bedeutung einer Wiederanbindung des Gebietes um den Knielinger See an die Überflutungen des Rheins für die auentypischen Biotoptypen und Arten.

Auswirkungen auf das Schutzgut Tiere

Bei den eher auentypischen Artengruppen der Vögel, Amphibien und Schnecken ist von Verbesserungen durch die Anbindung an die Überflutungen auszugehen. Auch der Fischbestand im Knielinger See wird einen höheren Natürlichkeitsgrad erhalten, d.h. der überwiegende ”Besatzeffekt” wird durch ein ”natürlicheres” Artenspektrum und -verhältnis ergänzt.

Die Schwerpunkte der Libellenvorkommen sind auch heute schon Wasserstandsschwankungen durch die Schwankungen der Grundwasserstände ausgesetzt. Auswirkungen durch die Einträge an Schwebstoffen, auf die an Schwimmblattvegetation gebundenen, empfindlicheren, in Stillgewässern und langsam fließenden Gewässern vorkommenden, eher auf Klarwasserbedingungen angewiesenen Libellenarten sind nicht auszuschließen. Die Auswirkungen auf die gegen Überflutungen eher unempfindlichen, auenangepassten Libellenarten sind dagegen als eher gering einzuschätzen

Die Trockenheitsliebenden Artengruppen der Reptilien, Heuschrecken und Schmetterlinge kommen überwiegend an Dämmen bzw. östlich des Tulladammes vor und sind daher von den Überflutungen nicht wesentlich betroffen oder es handelt sich um auenangepasste Arten.

Auswirkungen auf das Schutzgut Wasser inkl. limnologischer Beurteilung des Knielinger Sees und mögliche Restaurierungsmaßnahmen

Der Knielinger See weist erhebliche Gütedefizite in Bezug auf den Nährstoffhaushalt und den Sauerstoffhaushalt auf. Die starken Sauerstoffverluste im Meta- und Hypolimnion sowie das massive Algenwachstum zeigen einen polytrophen Zustand an. Die Phosphorgehalte im Freiwasser während der Zirkulationsphase indizieren einen hoch eutrophen Status.

Das Belastungsmuster wird neben der hohen externen Nährstoffzufuhr mit dem Federbachzufluss in erheblichem Umfang auch durch das komplexe Gefüge unterschiedlicher hydraulischer Einflüsse verursacht, dem der Wasserhaushalt des Knielinger Sees unterliegt.

Infolge der Ableitung von Seewasser über den Willichgraben strömen erhebliche Mengen von sauerstofffreiem Grundwasser nach, die das aus dem Epilimnion abgeleitete sauerstoffreiche Wasser ersetzten und sich entsprechend den Dichtedifferenzen primär im Hypo- und Metalimnion einschichten. Der massive Sauerstoffverlust ab einer Gewässertiefe von ca. 3 m in der Stagnationsphase wird neben der Sedimentzehrung durch dieses Geschehen stark mitverursacht. Der Federbachzufluss mischt sich im Gegensatz zum Grundwasserzufluss im Sommer aufgrund von dichteinduzierten Strömungen in einem schmalen, oberflächennahen Band ein. Infolge der dichteinduzierten Einströmcharakteristik wird also gerade in der Vegetationsperiode das Epilimnion des Sees durch den Federbachzufluss massiv mit Nährstoffen befrachtet, während der starke Zustrom von sauerstofffreiem Grundwasser in das Meta- und Hypolimnion den Sauerstoffhaushalt dort zusätzlich belastet.

Die Überformungserscheinungen des Nährstoffhaushaltes werden durch zwei Belastungseffekte verstärkt, die sich als direkte Folge der hydraulischen Bedingungen am Knielinger See ergeben. Zum einen erhöht sich die unter sulfidischen Bedingungen ohnehin schon hohe Nährstofffreisetzung aus dem Sediment durch Sedimentsickerströmungen infolge druckinduzierter Austauschvorgänge, die wegen der Seespiegelabsenkung durch den künstlichen Überlauf und der schwankenden Grundwasserstände ein erhebliches Ausmaß annehmen. Zum anderen wird die Epilimnionmächtigkeit, für die sich ein Rechenwert von ca. 5,8 m ergibt, durch das Einströmverhalten von Grundwasser und Federbachwasser auf ca. 3 m verringert. Da die Aussinkrate von Partikeln in einem durchmischten Wasserkörper wie dem Epilimnion deutlich geringer ist als in stagnierenden Wasserkörpern wie dem Metalimnion oder Hypolimnion sinken die Algen infolge der stark reduzierten Epilimnionmächtigkeit im Knielinger See sehr rasch in die Gewässertiefe aus und verursachen damit eine Erhöhung des Sauerstoffzehrungspotentials und der Sedimentauflage aus Algendetritus.

Weil die hydraulischen Bedingungen wesentlich die bestehenden Defizite mit verursachen, sollte eine Restaurierungsplanung auch auf die Veränderung der hydraulischen Anbindung des Knielinger Sees abzielen. Als mögliche Vorgehensweise bietet sich dabei die Anbindung des Sees an den Rhein an.

Die Rheinanbindung stellt eine günstige Möglichkeit zur Erhöhung der Wasserqualität des Knielinger Sees dar. Dies gilt insbesondere für die aus der hydraulischen Überformung entstehenden Defizite, weniger für die Phosphorkonzentrationen. Deutliche Verbesserungen ergeben sich vor allem im Hinblick auf eine Verringerung der Algenentwicklung durch Ausspülung und höhere Wasserturbulenz sowie eine Verkleinerung der sauerstofffreien Wasserschicht über Grund. Aerobe Bedingungen im Hypolimnion während der gesamten Stagnationsphase sind aber nicht zu erreichen. Die Rheinanbindung kann mit unterschiedlicher Intensität und sowohl zusammen mit einer Abkopplung des Federbachs als auch unter Beibehaltung des Federbachzuflusses durchgeführt werden. Generell ist von einer signifikanten Erhöhung des Restaurierungserfolges auszugehen, wenn die Zuleitung des Rheinwassers so optimiert wird, dass die Einmischungstiefe des Zuflusses und damit die Mächtigkeit der epilimnischen Wasserschicht zunimmt.

Als Planungsalternative mit dem primären Ziel einer Verringerung der Phosphorgehalte bietet sich die Installation einer Tiefenwasserableitung an, die allerdings nur dann Erfolg verspricht, wenn der Federbach vom Knielinger See abgekoppelt wird. Die Maßnahme kann sowohl in Kombination mit einer Anbindung des Sees an den Rhein durchgeführt werden als auch völlig fließgewässerneutral, indem der Knielinger See ausschließlich an das Grundwasser angebunden wird und die Ableitung des Tiefenwassers auf Bodenflächen erfolgt.

Mittels einer rückstaubeeinflussten, einseitigen Anbindung des Sees an den Rhein und der Verlegung einer Röhre für die Tiefenwasserableitung aus dem See in den Rhein sind Wasseraustauschprozesse zu realisieren, die abströmendes Tiefenwasser aus dem See durch zuströmendes Rheinwasser ersetzen. Dabei kommt es zu einem Nährstoffexport und zu einer Vergrößerung des Epilimnions. Durch den Einsatz entsprechender Pumptechnik kann diese Maßnahme auch für eine Sedimententnahme durch Aufspülen einer Sediment-Wasser-Suspension und ihre Ableitung in den Rhein genutzt werden. Auf diese Weise wäre ein allmählicher Abbau der stark zehrenden Sedimentschichten möglich.

Vor einer Restaurierungsplanung bzw. als erster Planungsschritt sollte in jedem Fall eine Zustandserfassung aller relevanten Faktoren im Untersuchungsgebiet erfolgen.

6 Literatur

ALBERT, M. (1986): Die Burgau und der Knielinger See – eine Naturlandschaft. In: 1200 Jahre Knielingen 786 – Heimatgeschichtliche Beiträge.

BELLMANN, H. (1993): Libellen: beobachten - bestimmen. 274 S. Naturbuch-Verlag. Augsburg.

BEZIRKSSTELLE FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE KARLSRUHE (1986): Würdigung des geplanten Natur- und Landschaftsschutzgebietes „Burgau“, Stadt Karlsruhe. – Ms., 8 S.

BEZIRKSSTELLE FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE KARLSRUHE (1994): Natur- und Landschaftsschutzgebiet „Altrhein Maxau“ und „Burgau“, Stadt Karlsruhe. – Faltblatt.

BEZIRKSSTELLE FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE KARLSRUHE (2000): Die Naturschutzgebiete im Regierungsbezirk Karlsruhe. Herausgegeben von der Bezirksstelle für Naturschutz und Landschaftspflege, Karlsruhe. Thorbecke Verlag.

BFG (1999): Unterhaltungsplan Rhein. Baden-Württembergisches Ufer zwischen Karlsruhe und Mannheim km 352,07-km 437,00. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. Maßstab 1:2.000.

BGL (2006): Möglichkeiten zur Verbesserung der Wasserqualität des Knielinger Sees durch eine Anbindung an den Rhein - Machbarkeitsstudie -. Gutachten im Auftrag des Institut für Landschaftsökologie und Naturschutz, Bühl.

BISSINGER, V. (1996): Zweigestreifte Quelljungfer *Cordulegaster boltoni* DONOVAN 1807 und Kleine Zangenlibelle *Onychogomphus forcipatus* LINNÉ 1758 (Anisoptera; Odonata) im Mooswald bei Freiburg. Larvalökologische Untersuchungen in Fließgewässern unter besonderer Berücksichtigung der thermischen Verhältnisse. - Unveröff. Diplomarbeit an der Fakultät für Biologie, Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg im Breisgau, 83 S. + Anhang.

BOERS, P.C.M. (1991): The release of dissolved phosphorus from lake sediments, Diss. Univ. Wageningen, 139 S.

BOOS, K.-J. (2004): Technische Verfahren zur Restaurierung von Baggerseen - Verfahrensbeschreibung und Leistungsbewertung, Karlsruhe: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.), 292 S.

BOOS, K.-J. (2004 b): Ausführungsplanung für die Erstellung einer Wiesenfiltrationsanlage und eines Rieselfilters als zusätzliche Reinigungsstufe der Kläranlage Aßweiler, unveröffentlichter Bericht im Auftrag des Entsorgungsverbands Saar.

BREUNIG & BUTTLER Institut für Botanik und Landschaftskunde (1996): Abschätzung der Auswirkungen einer Öffnung des Leinpfades in den Schwetzinger Wiesen. Im Auftrag der Oberrheinagentur Lahr, unveröffentlicht.

BREUNIG Institut für Botanik und Landschaftskunde (1999): Abschätzung möglicher Auswirkungen von IRP-Maßnahmen auf gefährdete Pflanzenarten im NSG/LSG Schwetzinger Wiesen-Riedwiesen. Im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) Baden-Württemberg, Karlsruhe.

BUCHWALD, R., B. HÖPPNER UND A. SCHANOWSKI (1994): 10. Sammelbericht (1994) über Libellenvorkommen in Baden-Württemberg. Schutzgemeinschaft Libellen in Baden-Württemberg, 36 S., Karlsruhe.

BÜRO FÜR GEWÄSSERÖKOLOGIE (2002): Gewässerentwicklungsplan Alb auf Gemarkung Karlsruhe. Gutachten im Auftrag des Amtes für Umwelt- und Arbeitsschutz der Stadt Karlsruhe.

CHEN, C.T. & F.J. MILLERO (1986): Precise thermodynamic properties for natural waters covering only the limnological range, Limnol. Oceanogr. 31(3), 657-662.

DANNENMEYER, H. (1984): Die Burgau bei Knielingen. Die Landschaft rund um den Knielinger See. Im Auftrag der Bezirksstelle für Naturschutz und Landschaftspflege, Karlsruhe.

DITTRICH, A. (1985): Transport und Sedimentation organischer Stoffe in Abwasserteichen, Diss. Univ. Karlsruhe (= Schriftenreihe des ISWW Karlsruhe Bd. 39), 230 S.

ELLENBERG, H., WEBER, H., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. & D. PAULIßEN (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa.

EPA (2000): Nutrient Criteria Technical Guidance Manual - Lakes and Reservoirs, Environmental Protection. Office of Science and Technology United States, EPA-822-B00-001, www.epa.gov

FRIEDRICH, P. (2003): Vegetationskundliche Studie: Abschätzung der Folgen einer Dammrückverlegung (IRP) im Bereich der Burgau (Karlsruhe). Diplomarbeit im Studienfach Geoökologie. Universität Karlsruhe.

FRIEß, H.W. (1994): Der Federbach - Belastung und Frachtbilanzierung, Diplomarbeit Berufsakademie Karlsruhe.

FVA (2001): NATURA 2000-Waldlebensraumtypen. TK25-Blatt-Nr.: 6915. Bearbeitet von der Forstlichen Versuchsanstalt Baden-Württemberg, Abt. Landespflege.

GUNTERMANN, R. (1995): Waldbiotopkartierung im Forstbezirk Karlsruhe.

GWD NÖRDLICHER OBERRHEIN, PG KARLSRUHE (1997): Machbarkeitsstudie einer möglichen Dammrückverlegung im Bereich des Knielinger Sees. Erläuterungsbericht. Unveröff. Studie.

HENZ, A. (1983): Die Burgau bei Knielingen. Die Landschaft rund um den Knielinger See. Im Auftrag der Bezirksstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Karlsruhe.

HUNGER, H. & F.-J. SCHIEL (1999): Massenentwicklung von *Sympetrum fonscolombii* (Selys) und Entwicklungsnachweis von *Anax ephippiger* (Burmeister) in Überschwemmungsflächen am südlichen Oberrhein (Anisoptera: Libellulidae, Aeshnidae). Libellula 18: 189-195.

HYDRAG - HYDROLOGISCHER DATENDIENST , ANGEWANDTE GEOLOGIE (1991): Dammrückverlegung im Rahmen des Integrierten Rheinprogramms. Überflutungsmodell. Im Auftrag des Regierungspräsidiums Karlsruhe, unveröffentlicht.

INSTITUT FÜR LANDSCHAFTSÖKOLOGIE UND NATURSCHUTZ (ILN) (2000): Sich natürlich entwickelnde Sukzessionsstadien in der Hartholzaue und ihre Bedeutung für den Naturschutz. Unveröff. Gutachten im Auftrag des Staatlichen Forstamtes Rastatt.

INSTITUT FÜR LANDSCHAFTSÖKOLOGIE UND NATURSCHUTZ (ILN) (2001): Hochwassertoleranz von Waldbäumen in der Rheinaue. Unveröff. Gutachten im Auftrag der GWD Südlicher Oberrhein/Hochrhein.

INSTITUT FÜR LANDSCHAFTSÖKOLOGIE UND NATURSCHUTZ (ILN) (2003): Konzeption zur Entwicklung und zum Schutz der nördlichen Oberrheinniederung, Gutachten des Instituts für Landschaftsökologie und Naturschutz im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz (LfU).

INSTITUT FÜR LANDSCHAFTSÖKOLOGIE UND NATURSCHUTZ (ILN) (2004): Nutzungs-, Pflege- und Entwicklungsplan NSG „Burgau und Altrhein Maxau“. Im Auftrag der Bezirksstelle für Naturschutz und Landschaftspflege, Karlsruhe.

INSTITUT FÜR LANDSCHAFTSÖKOLOGIE UND NATURSCHUTZ (ILN) (2004a): Konzeption zur Entwicklung und zum Schutz der nördlichen Oberrheinniederung. Im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.

INGENIEURBÜRO FÜR WASSERBAU UND STADTBAUWESEN (1992): Untersuchung zur Tiefenwasserentnahme am Knielinger See. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Stadt Karlsruhe.

INSTITUT FÜR UMWELTSTUDIEN (IUS) (2003): Antragsausarbeitung für das LIFE-Natur-Projekt „Rheinauen bei Karlsruhe“, Gutachten des Instituts für Umweltstudien Weiser & Ness GmbH, i. A. der Bezirksstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Karlsruhe.

LANDESFISCHEREIVERBAND BADEN (2001): Knielinger See des AV Karlsruhe e.V. Limnologischer und ökologischer Zustand – Verbesserungsmaßnahmen. Bearbeitet von Dipl.-Biol. Ingo Kramer.

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ (LfU) (2000): Zustand der Baggerseen in der Oberrheinebene. – Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 61, Karlsruhe.

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ (LfU) (2004): ZeBIS - Zentrales Baggersee Informationssystem. – Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 81, Karlsruhe.

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ (LfU) (2004): Arbeitshilfe Baggerseerestaurierung. Restaurierungsrelevante Typologie von Baggerseen und Ermittlung von Restaurierungsbedarf und Restaurierungsziel 67 Seiten; Karlsruhe 2004 Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie. Bd. 83.

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ (LfU) (2004a): Technische Verfahren zur Restaurierung von Baggerseen. Verfahrensbeschreibung und Leistungsbewertung 292 Seiten; Karlsruhe 2004. Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie. Bd. 84.

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ (LfU) (2004 b): Kiesgewinnung und Wasserwirtschaft - Empfehlungen für die Planung und Genehmigung des Abbaues von Kies und Sand, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 88), Karlsruhe, 104 S.

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ (LfU) (2005): Beschaffenheit der Fließgewässer Baden-Württemberg. Jahresdatenkatalog Fließgewässer 1972-2004. – Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 99, Karlsruhe.

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ (LfU) (2005a): Beschaffenheit des Grundwassers in Baden-Württemberg. Jahresdatenkatalog Grundwasser 1995-2003. – Grundwasserschutz 29, Karlsruhe.

LAWA (1998): Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.), Gewässerbewertung - stehende Gewässer. Vorläufige Richtlinie für eine Erstbewertung von natürlich entstandenen Seen nach trophischen Kriterien, Berlin: Kulturbuch-Verlag.

LGRB (2003): Untersuchungen zur hydraulischen Wirksamkeit des Oberen Zwischenhorizontes [OZH-Projekt], Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB).

LUDWIG (2001): Wasserstandsdauerlinien für die Pegel Plittersdorf und Maxau für die Jahre 1968 bis 1999.

MIETZ, O., H. VIETINGHOFF & I. GABRYSCH (1995): Statistische Untersuchung zur Auswahl, Wichtung und zum Abgleich von Parametern innerhalb eines Klassifikationsansatzes für deutsche Seen sowie die regionale und typenbezogene Differenzierung der Seen in diesem Ansatz, Endbericht zu dem DVWK- Forschungsauftrag, Potsdam.

MICHIELS, H.G. & E. ALDINGER (2002): Forstliche Standortsgliederung in der badischen Rheinaue. AFZ 15/2002.

MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG (1996): Rahmenkonzept des Landes Baden-Württemberg zur Umsetzung des Integrierten Rheinprogrammes.- Materialien zum IRP Band 7, Lahr.

MINISTERIUM LÄNDLICHER RAUM (MLR) in Zusammenarbeit mit der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (2001): NATURA 2000-Gebiete in Baden-Württemberg – Gebietsmeldungen vom März 2001. CD-Rom mit Verzeichnis sowie Karten und Daten zu den NATURA 2000-Gebieten in Baden-Württemberg.

MINISTERIUM LÄNDLICHER RAUM (MLR) in Zusammenarbeit mit der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (2003): NATURA 2000 in Baden-Württemberg – Europa gestalten – Natur erhalten. Baden- Württemberg Lebensräume und Arten von A bis Z im Europäischen Verbund, 162 S., Karlsruhe. 3. ergänzte Auflage.

MINISTERIUM LÄNDLICHER RAUM (MLR) in Zusammenarbeit mit der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (2005): NATURA 2000-Gebiete in Baden-Württemberg – Gebietsmeldungen 2005. CD-Rom mit Verzeichnis sowie Karten und Daten zu den NATURA 2000-Gebieten in Baden-Württemberg.

MINISTERIUM LÄNDLICHER RAUM (MLR) (2005a): Natura 2000-Gebietsinformation zum FFH-Gebiet 7015-341 „Rheinniederung von Wintersdorf bis Karlsruhe“. Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg.

MINISTERIUM LÄNDLICHER RAUM (MLR) (2005a): Natura 2000 - Nachmeldevorschläge Vogelschutzgebiete 2005 und Ramsar Gebiet „Oberrhein“. CD. Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum, Baden-Württemberg.

MÜLLERSCHÖN, U. (2004): Texte zum Hofgut Maxau. In: http://www4.karlsruhe.de/kultur/stadtgeschichte/denkmaltag_2004/daxlanden-knielingen/hofgut_maxau.de

NVV KA (2004): Flächennutzungsplan 2010 des Nachbarschaftsverbandes Karlsruhe. Genehmigt nach §6 des BauGB durch Erlass des Regierungspräsidiums Karlsruhe Nr. 21-2511.3-11/79 vom 19.07.2004. Wirksam 26.07.2004.

RENNWALD, E. (1995): Kartierung der nach § 24a NatSchG besonders geschützten Biotope auf dem Gebiet der Stadt Karlsruhe. Im Auftrag der Stadt Karlsruhe (Umweltamt).

ROTH & PARTNER (2001): Beurteilung der Oberflächenwassersituation im Bereich des Schlehertgraben. Gutachten im Auftrag der Stadt Karlsruhe – Amt für Abfallwirtschaft.

RP KA - REGIERUNGSPRÄSIDIUM KARLSRUHE (1993): Dammrückverlegung zwischen Iffezheim und Mannheim. Abschlußbericht der Voruntersuchungen und Anlagen.

RP KA - REGIERUNGSPRÄSIDIUM KARLSRUHE (1994): Verbesserung der Abflussverhältnisse im Rheinvorland Bereich Iffezheim bis Mannheim. Abschlußbericht der Voruntersuchungen. Unveröffentlichter Bericht.

RVMO (2003): Regionalplan des Regionalverbands Mittlerer Oberrhein. Regionalverband Mittlerer Oberrhein.

SEBALD, O., S. SEYBOLD, A. WÖRZ & G. PHILIPPI (Hrsg.) (1990-1998). Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. Bd. 1-8, Stuttgart (Ulmer).

SCHIEL, F.-J., HUNGER, H. & W. RÖSKE (1998): Frühe Heidelibelle (*Sympetrum fonscolombii* SÉLYS, 1840) in: HUNGER, H., SCHIEL, F.-J. & W. RÖSKE (1998): Abschlussbericht zum Werkvertrag Artenschutzprogramm: Gebänderte Heidelibelle (*Sympetrum pedemontanum* ALLIONI 1766) und Frühe Heidelibelle (*Sympetrum fonscolombii* SÉLYS 1840. unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der SGL und der LfU Bad.-Württ.

SPÄTH, V. (2002): Hochwassertoleranz von Waldbäumen in der Rheinaue. AFZ 15/2002.

SPANG, FISCHER, NATZSCHKA (2000): Zustandserfassung der Altrheine und Altwasser zwischen Karlsruhe und Mannheim. Gutachten im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz, unveröffentlicht.

SPANG, FISCHER, NATZSCHKA (2005): Machbarkeitsstudie zur Restaurierung des Knielinger Sees. Auftraggeber: Stadt Karlsruhe, Umweltamt.

STADT KARLSRUHE - UMWELTAMT (1994) Umweltbericht, Bereich Grund- und Trinkwasser, Berichtszeitraum 1981-1994.

STADT KARLSRUHE - UMWELTAMT (2000): Naturführer Karlsruhe – Rheinniederung Burgau. Zu Fuß und mit dem Fahrrad durch die Natur.

STERNBERG, K. & R. BUCHWALD (Hrsg.) (1999): Die Libellen Baden-Württembergs, Band 1, Stuttgart (Ulmer).

STERNBERG, K. & R. BUCHWALD (Hrsg.) (2000): Die Libellen Baden-Württembergs, Band 2, Stuttgart (Ulmer).

TGL 27 885/01 (1982) Fachbereichstandart, Nutzung und Schutz der Gewässer, Stehende Binnengewässer - Klassifizierung, Leipzig: Verlag für Standardisierung.

THOMAS, P. & X. KÜBLER-THOMAS (2000): Abschätzung der Chancen, besondere auetypische Pflanzenarten durch Maßnahmen des IRP zu erhalten bzw. ihre Ansiedlung zu fördern. Entwurf erstellt im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg.

UNGER INGENIEURE (1997): Machbarkeitsstudie einer möglichen Dammrückverlegung im Bereich des Knielinger Sees. Unveröff. Gutachten im Auftrag der Gewässerdirektion Nördlicher Oberrhein, Projektgruppe Karlsruhe, 25. S.

WEGST, C. (1997): Die Vogelwelt am Knielinger See unter Berücksichtigung der Möglichkeiten für den außerschulischen Unterricht. Wissenschaftliche Hausarbeit der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe.

WIESE, V. (1991): Atlas der Land- und Süßwassermollusken in Schleswig-Holstein". Hrsg. Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (LANU).

WEINMANN, M. (2002): Besucherlenkungskonzept für das Natur- und Landschaftsschutzgebiet Burgau (Karlsruhe). Diplomarbeit im Studienfach Geoökologie. Universität Karlsruhe.

ZIMMERMANN, P. & HAFNER, A. (2004): Von Feuersalamandern und Springfröschen - die Amphibien des Albtals. – Naturschutz – Spektrum – Themen, 94 (im Druck); Karlsruhe.

7 Anhang

Karte 1: Biotoptypen im Untersuchungsraum

Karte 2: Vorgeschlagene Maßnahmen und Überflutungshöhen bis 105 m + NN