

FICHTNER

WATER & TRANSPORTATION



Fachgutachten
Wildwasserpark
Dormagen –
Beeinflussung der
Gewässergüte des
Straberg-
Nievenheimer See

Beeinflussung der Gewässergüte durch das Projekt
Wildwasserpark am Straberg-Nievenheimer See

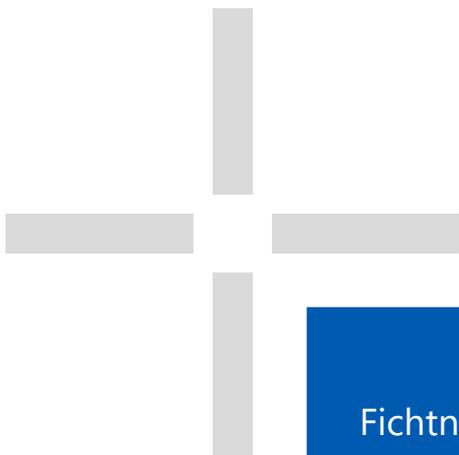
Rhein Kreis Neuss & Stadt Dormagen

rhein
kreis
neuss

d!
DORMAGEN
Natürlich! Am Rhein.

ENGINEERING + CONSULTING

Kontakt



Fichtner Water &
Transportation GmbH
Dreilindenstr. 84
45128 Essen

www.fwt.fichtner.de



Nikolaus Linder

+49 (201) 1252898 22

+49 (172) 2582117

nikolaus.linder@fwt.fichtner.de



Guillaume Arnet

+49 (6222) 97175 25

+49 (172) 424 28 47

g.arnet@gefaoe.de

Freigabevermerk

	Name	Unterschrift	Funktion	Datum
Erstellt:	Guillaume Arnet		Projektbearbeiter	26.04.2023
	Tobias Zengerling		Projektbearbeiter	26.04.2023
Geprüft:	Nikolaus Linder		Standortleitung	02.05.2023

Revisionsverzeichnis

Rev.	Datum	Änderungsstand	Fichtner Dok.-Nr.	Erstellt	Geprüft
0					

Disclaimer

Der Inhalt dieses Dokumentes ist ausschließlich für den Auftraggeber von Fichtner und andere vertraglich vereinbarte Empfänger bestimmt. Er darf nur mit Zustimmung des Auftraggebers ganz oder auszugsweise und ohne Gewähr Dritten zugänglich gemacht werden. Fichtner haftet gegenüber Dritten nicht für die Vollständigkeit und Richtigkeit der enthaltenen Informationen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
1.1	Veranlassung	6
1.2	Zielsetzung	6
1.3	Definition Gewässergüte.....	7
1.4	Wasserrahmenrichtlinie.....	8
2	Kenndaten des Straberger See.....	9
2.1	Lage, Aussehen und Umgebung	9
2.2	Allgemeiner Zustand	10
2.2.1	Wasserstand/-pegel	10
2.2.2	Chemisch-physikalische Parameter und Schichtung.....	11
2.2.3	Schadstoffe.....	12
2.2.4	Charakteristische Organismenarten	13
2.3	Allgemeine Nutzung	15
3	Kenndaten des Wildwasserparks.....	16
3.1	Lage des WWP.....	16
3.2	Entwurf des WWP.....	17
3.3	Skizzierung der technischen Daten	18
4	Potenzielle Auswirkungen des Vorhabens.....	19
4.1	Bauausführung.....	19
4.2	Wasseraustausch.....	19
4.2.1	Natürlicher Wasseraustausch.....	19
4.2.2	Wasserentnahme	20
4.2.3	Einleitung in den See.....	21
4.2.4	Potenzielle Risiken.....	21
4.3	Sauerstoffhaushalt.....	22
4.4	Charakteristische Organismenarten	23
4.5	Weitere Risiken.....	24
5	Vergleich mit dem Kanupark Markkleeberg	25

6	Empfehlungen.....	28
6.1	Verträglicher Bau der Anlage.....	28
6.2	Betrieb.....	29
7	Bewertung der Machbarkeit.....	31
7.1	Umsetzung des Wildwasserparks.....	31
7.2	Auswirkungen auf die Gewässergüte	33
8	Literaturverzeichnis.....	35

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Konstellation der Niezheimer Seenplatte und Lage des Straberger Sees im roten Quadrat (Quelle: OpenStreetMap 2023)	9
Abbildung 2-2: Aufzeichnung des Wasserstands von 1980 bis 2022 (FWT 2021)	11
Abbildung 3-1: Lage des geplanten WWP am Straberger See (rotes Quadrat) (Quelle: OpenStreetMap 2023)	16
Abbildung 3-2: Entwurf des WWP Dormagen, vereinfachte Darstellung (Ingenieurbüro Floecksmühle 2022)	17
Abbildung 3-3: Querschnitte durch den WWP Dormagen (hellblau) und Straberger See (dunkelblau). Oben links: Querschnitt von A-A'; unten: Querschnitt von B-B' (Konzeptstudie FWT 2022).....	18

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1: Das Stufen-System der Gewässergüte von Seen (Quelle: https://www.seen.de/service/gewaesserguete.html).....	7
Tabelle 2-1: Besatzzahlen des Straberger Sees im Frühling 2020.....	14
Tabelle 5-1: Allgemeine Unterschiede zwischen dem Markkleeberger See und Straberger See.....	25
Tabelle 5-2: Unterschiede zwischen dem Kanu- bzw. Wasserpark des Markkleeberger Sees und Straberger Sees	26

1 Einleitung

1.1 Veranlassung

Der Straberg-Nievenheimer See bei Dormagen ist ein Baggersee, welcher seit 1971 durch die Rheinische Baustoffwerke GmbH und später durch die Straberg-Kies GmbH zur Kies- und Sandgewinnung bewirtschaftet wird. Im Laufe des Kiesabbaus dehnte sich der See weiter aus, sodass er heute zwei anfänglich getrennte Seen miteinander verbindet. Als Abgrabungsstandort zur Kiesgewinnung gestartet, entwickelt sich nun die Seenplatte aufgrund ihrer Größe mehr und mehr zu einer Freizeit- und Naherholungsinsel. Im Juni 2019 legte das Planungsbüro Land Germany dem Planungs- und Umweltausschuss der Stadt Dormagen das Freizeit- und Naherholungskonzept vor, welches den See nach Abschluss des Kiesabbaus im Jahr 2042 in ein Naherholungsgebiet mit historischem Rundweg, Seebühne und Naturschutzzonen umwandeln möchte (Naherholungskonzept 2019).

Die geplante Errichtung des Wildwasserparks (WWP) am Straberger-Nievenheimer See (ab jetzt im Bericht als Straberger See genannt) ist nicht im Naherholungskonzept integriert, wird aber bei Fertigstellung erheblich zur Freizeitgestaltung des Straberger Sees beitragen. Auf der künstlichen Wildwasserstrecke sollen nebst Besuchern (Freizeitkanufahrer, Rafting, Bodyrafting, Wellensurfen, etc.) auch künftig die Kadersportler trainieren. Die Ausrichtung (internationaler) Wettkämpfe wäre ebenfalls möglich. Dieses Projekt wurde vom Wassersportclub (WSC) Bayer Dormagen initiiert, da der Landesleistungsstützpunkt für den Wildwasserkanusport in Neuss aufgrund von Sumpfungswassereinleitungen durch den Tagebau ab 2030 eingestellt wird.

Der Rhein-Kreis Neuss sowie die Stadt Dormagen haben in einer Machbarkeitsstudie die Möglichkeit der Errichtung und des Betriebs eines „Wildwasserparks“ am Straberger See untersucht und entwickelt. Diese Studie hat gezeigt, dass der Straberger See einen geeigneten Standort für einen Wildwasserpark darstellt.

Zur Vertiefung der Ergebnisse der Machbarkeitsstudie beauftragte der Rhein-Kreis Neuss zusammen mit der Stadt Dormagen die Fichtner Water & Transportation GmbH (FWT) mit der Erstellung einer Konzeptstudie für einen Wildwasserpark am Straberger See.

Im Nachgang beauftragte der Rhein-Kreis Neuss Fachgutachten als Desk-Top-Studies zu den folgenden Themen:

- Schalltechnische Voruntersuchung
- Mobilitätskonzept
- Baugrund, Hydrogeologie und Grundwasserbeeinflussung
- Beeinflussung der Gewässergüte des Straberger See.

Die FWT führte zusammen mit ihrer Tochtergesellschaft Gesellschaft für angewandte Ökologie und Umweltplanung mbH (GefaÖ) mit Auftrag vom 09.01.2023 das hier vorgelegte Fachgutachten über die Beeinflussung der Gewässergüte des Straberger Sees aus.

1.2 Zielsetzung

Ziel des Fachgutachtens ist die Auswirkungen auf die Gewässergüte und die Flora und Fauna des Straberger Sees (Gewässerbiozönose) durch die hydraulische Anbindung des Wildwasserparks zu ermitteln.

Infolgedessen wird eine gewässerökologische Bewertung zur Konzeptstudie „Wildwasserpark Dormagen“ im Hinblick auf betriebsbedingte Wasserentnahmen und Wiedereinleitungen in den Straberger See erstellt. Diese erste Bewertung ermöglicht es, eine Einschätzung der Machbarkeit des Vorhabens hinsichtlich umweltrechtlicher Belange zu geben.

Die Leistungen dieses Fachgutachtens umfassen i) die Darstellung allgemeiner Kenndaten zum Straberger See, ii) die Untersuchung der Beeinflussung einzelner Schichten des Sees, iii) eine Beschreibung aktueller Nutzungen am See, iv) eine Einschätzung der naturschutzfachlicher Wertigkeit, v) die Einschätzung möglicher Auswirkungen des Vorhabens auf die Flora, Fauna und Fischbestände, vi) die Betrachtung der chemischen und hygienischen Parameter des Seewassers, vii) eine Bewertung der Machbarkeit des Vorhabens, viii) die Darstellung der Auswirkungen auf den chemischen und biologischen Zustand des Sees infolge des Betriebs, sowie ix) eine Empfehlung zum gewässerträglichen Bau der Anlage sowie dessen Betrieb.

Die Bearbeitung erfolgte auf Grundlage vorliegender Informationen und Untersuchungen. Zusätzliche biologische oder wasserchemische Erhebungen im Straberger See waren nicht vorgesehen.

1.3 Definition Gewässergüte

Die Gewässergüte von Seen wird nach dem Trophiesystem (trophos, griech. = die Ernährung betreffend) eingestuft. Diese beschreibt den Nährstoffgehalt eines Sees, indem es angibt, wieviel Pflanzen- und Algenmasse in einem See produziert wird. Da das Algenwachstum und der Nährstoffgehalt eines Sees eng miteinander verknüpft sind, steht jede Trophiestufe für eine bestimmte Nährstoffsituation (Tabelle 1-1). Die Trophiestufen werden durch verschiedene Messgrößen wie Algendichte, Sichttiefe, Sauerstoffsättigung (gemessen am Ende der Sommerstagnation im Tiefenwasser), Nährstoffverteilung, die Beschaffenheit des Sediments sowie die Besiedelung des Gewässerbodens durch Wirbellose definiert (Schwoerbel & Brendelberger 2013).

Tabelle 1-1: Das Stufen-System der Gewässergüte von Seen (Quelle: <https://www.seen.de/service/gewaesserguete.html>)

Stufen-System			
Stufe I	Nährstoffarm	Oligotrophe Seen	Große Sichttiefen, geringes Algenwachstum, ganzjährig hoher Sauerstoffgehalt bis zum Seegrund
Stufe II	Mittlere Nährstoffversorgung	Mesotrophe Seen	Mittlere Sichttiefe, mäßiges Algenwachstum, geringe Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser und der Sprungschicht
Stufe III	Nährstoffreich	Eutrophe Seen	Trüb, geringe Sichttiefe, starkes Algenwachstum, regelmäßige Algenblüten, häufiger Sauerstoffmangel in Tiefenwasser

Stufen-System			
Stufe IV	Hohe Nährstoffbelastung	Polytrophe Seen	Übermäßig hoher Nährstoffanteil, massive Algenentwicklung, Sichttiefe nur im Zentimeterbereich, übermäßig hohe Sauerstoffzehrung.

Um potenzielle Auswirkungen des Bauvorhabens auf die Qualität des Straberger Sees und dessen Gewässergüte festzustellen, wurden bestehende Daten von Indikatororganismen der Fischzönose, Flora und Fauna aus der Umgebung analysiert und deren potenzielle Beeinflussung durch das Projekt betrachtet.

1.4 Wasserrahmenrichtlinie

Die „Richtlinie 2000/60/EG zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik“, kurz EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), ist mit der Veröffentlichung im EU-Amtsblatt am 22.12.2000 in Kraft getreten. Wichtigstes Ziel der Richtlinie ist es, Europas Wasser – Bäche, Flüsse, Seen, das Grundwasser und die Küstengewässer – für künftige Generationen in einen guten Zustand zu versetzen. Innerhalb von drei Bewirtschaftungszeiträumen 2009-2015, 2016-2021 und 2022-2027 soll der gute „ökologische und der gute chemische Zustand“ für natürliche bzw. das „gute ökologische Potenzial“ für erheblich veränderte und künstliche Wasserkörper erreicht werden (wie z.B. der Straberger See). Bei Grundwasserkörpern ist der gute mengenmäßige und chemische Zustand zu erreichen (LANUV).

Die WRRL wurde auf Bundesebene durch das Wasserhaushaltsgesetz (WHG), die Grundwasserverordnung (GrwV) und die Oberflächenwasserverordnung (OGewV) sowie auf Landesebene durch das nordrhein-westfälische Landeswassergesetz (LWG) in die nationale Wassergesetzgebung übernommen (Bewirtschaftungsplan Nordrhein Westfalen 2022-2027). Die Gewässer sind so zu bewirtschaften, dass eine Verschlechterung vermieden (Verschlechterungsverbot) und eine Verbesserung der Ökosysteme sowie der mit ihnen in Verbindung stehenden Landökosysteme erreicht wird (Verbesserungsgebot).

Der Straberger See ist theoretisch aufgrund seiner Größe (größer als 50 ha) als Oberflächengewässer Teil des NRW-Bewirtschaftungsplans und befindet sich im Teileinzugsgebiet (TEZG) Rhein/Erft NRW, PE_ERF_1000 „Erftunterlauf, Gillbach und Norfbach“. Er wird jedoch im Steckbrief für Oberflächengewässerkörper nicht beschrieben (Bewirtschaftungsplan Nordrhein Westfalen 2022-2027). Die beiden Grundwasserkörper des Straberger Sees fallen in das TEZG „Erft NRW“ als „Grundwassereinzugsgebiet Rhein“, „274_01“ und in das TEZG „Rheingraben Nord“ als „Terrassen des Rheins“, „27-20“.

Die Bewertung des ökologischen Potenzials des Wasserkörpers basiert auf den biologischen Qualitätskomponenten (Makrozoobenthos, Fische, Makrophyten und Phytobenthos sowie Phytoplankton), den chemischen Qualitätskomponenten (flussgebietspezifische Metalle, Pflanzenbehandlungsmittel und sonstige Stoffe) und den unterstützenden hydromorphologischen Qualitätskomponenten (Gewässerstruktur, Durchgängigkeit, Wasserhaushalt und die allg. physikalisch-chemische QK). In diesem Gutachten wurden keine Daten zu den WRRL-relevanten Qualitätskomponenten selbst erhoben, sondern nur mit bereits vorhandenen Informationen und Datengrundlagen gearbeitet.

2 Kenndaten des Straberger See

2.1 Lage, Aussehen und Umgebung

Der Straberger See befindet sich in Nordrhein-Westfalen zwischen den Ortsteilen Straberg und Nievenheim sowie dem Stadtteil Dormagen. Er misst in etwa eine Länge von 1000 m und eine Breite von 700 m. Aufgrund seiner Nutzung zur Kiesgewinnung besitzt er eine unnatürliche Form, die gerade Uferabschnitte und mehrere 90°-Winkel aufweist. Zudem besitzt er kleinere rechtwinklige Ein- und Ausbuchtungen auf der Nord-, Ost- und Westseite, die ebenfalls aufgrund der Kiesgewinnung entstanden sind (Abbildung 2-1). Im südlichen, westlichen und nördlichen Bereich bestehen aufgrund der Kiesausgrabung relativ steile Uferbereiche mit den für Baggerseen typischen Hangneigungen von 1:2 und 1:3 (Tillmans & Partner GmbH 2017).

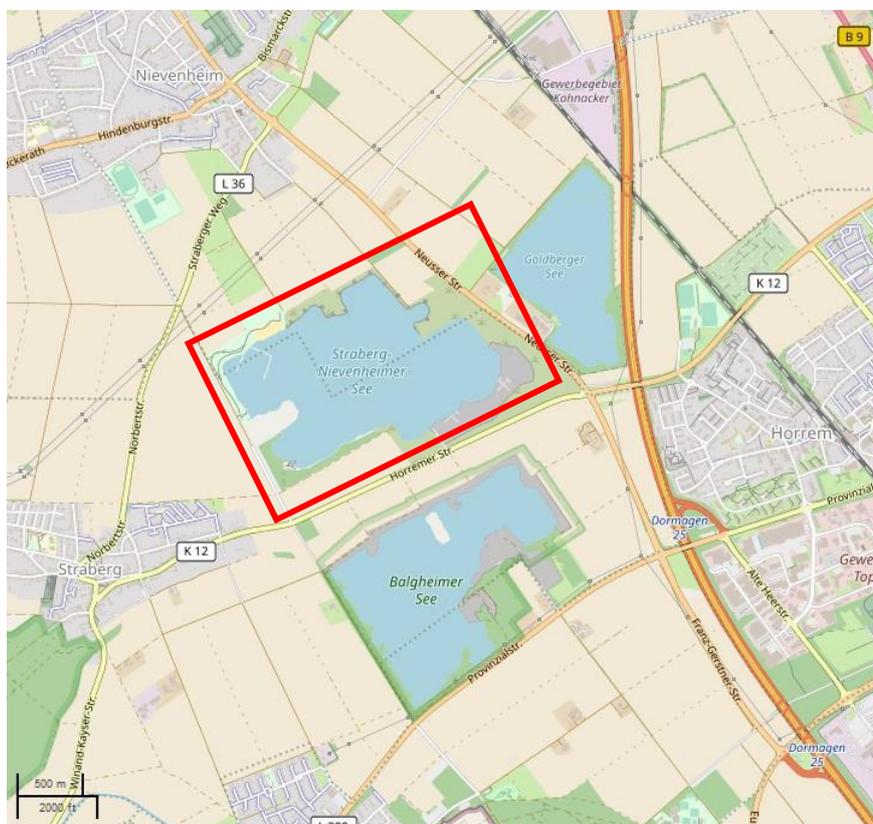


Abbildung 2-1: Konstellation der Nievheimer Seenplatte und Lage des Straberger Sees im roten Quadrat (Quelle: OpenStreetMap 2023)

Die tiefste Stelle des Sees liegt bei 19 m und die mittlere Tiefe bei 14 m. Somit umfasst der Straberger See ein berechnetes Volumen von ungefähr 9.800.000 m³ Wasser (LANUV 2023). Da der Straberger See ein künstlich erstellter Baggersee ist, besitzt dieser keinen natürlichen und konstanten Zu- oder Abfluss durch Oberflächengewässer, sondern wird durch das Grundwasser und Einträge von Niederschlägen gespeist. Das Wasser, welches in den Straberger See eingespeist wird, verlässt diesen nur via Versickerung in das Grundwasser oder Verdunstung wieder (Tillmans & Partner GmbH 2017). Daten über die Wassererneuerungszeit sind nicht vorhanden.

Baggerseen sind aufgrund ihrer Entstehungsgeschichte meist verhältnismäßig tief und monoton mit relativ steilen Ufern sowie instabilen, sandigen Substraten (Tillmans & Partner GmbH 2017). Nach dem Badegewässerprofil besteht die Geologie des Straberger Sees sowie die Beschaffenheit des Untergrunds und Substrats aus sandigem Material (Psammal), das durch Feinmaterial (Pelal) und Steine (Lithal) ergänzt wird. Daten über die topographische Gestalt des Seebodens sind nicht vorhanden.

In unmittelbarer Umgebung des Straberger Sees liegen hauptsächlich landwirtschaftliche Ackerflächen, die sich bis zu den umliegenden Ortsteilen Nievenheim und Straberg sowie dem Stadtteil Dormagen erstrecken. Im Osten befindet sich der Goldberger See, welcher durch einen kleinen Wald und eine Straße vom Straberger See getrennt ist. Südlich des Straberger Sees befindet sich der Balgheimer See, welcher komplett als Landschaftsschutz- und Naturschutzgebiet definiert ist. Der südliche Teil des Straberger Sees und das östlich angrenzende Gebiet mitsamt dem Goldberger See gilt seit der ordnungsbehördlichen Verordnung vom 18.08.1970 als Landschaftsschutzgebiet. Im Süden des Straberger Sees befindet sich der Sitz der Straberg-Kies GmbH, welche aktuell im Südosten und Westen des Sees Kies- und Sandabbau betreiben. Es bestehen Straßen und Wege, die um alle Seen verlaufen und diese mit den umliegenden Gemeinden verbinden. Die B57 passiert die Seengruppe im Osten.

Das Planungsgebiet liegt nicht im räumlichen Geltungsbereich des Landschaftsplans II des Rhein-Kreises Neuss (Stadt Dormagen 2021). Es befinden sich weder speziell ausgewiesene Flora-Fauna-Habitate, Naturparke noch Vogelschutzgebiete in der Umgebung der Seengruppe. Neben dem Naturschutzgebiet Balgheimer See im Süden, ist die im Westen anliegende landwirtschaftliche Ackerfläche als Landschaftsschutzgebiet definiert. Die gesamte Region befindet sich innerhalb der festgesetzten Wasserschutzzone IIIB der öffentlichen Trinkwassergewinnungsanlage „Auf dem Grind“ (uvo.nrw 2023).

2.2 Allgemeiner Zustand

2.2.1 Wasserstand/-pegel

Der Wasserstand des Straberger Sees wird vom Grundwasser gespeist und korrespondiert deshalb stark mit dem Grundwasserpegel. Dieser befindet sich teils im Grundwasserkörper „274_01“, „Grundwassereinzugsgebiet Rhein“ und teils im Grundwasserkörper „27_20“, „Terrassen des Rheins“. Die Grundwassermessstelle „917181“ des Erftverbands bei Ückerath zeichnet seit 1952 monatlich auf und eignet sich gut, um die maximalen Grundwasserstände herzuleiten. Eine Dokumentation des Straberger-See-Wasserstands ab 1980 ist in der Abbildung 2-2 dargesellt. Der höchste Wasserstand vom 18.04.2003 belief sich auf 35,9 mNHN. Hydrogeologische Aufnahmen der 1960er Jahren zeichneten sogar einen früheren Maximalpegel von 37,0 mNHN auf (Konzeptstudie FWT 2021). Die Hochwasserlinie wurde hier auf 36,0 mNHN festgesetzt. Der tiefste Wasserstand wurde am 13.01.1992 gemessen und belief sich auf 33,3 mNHN. Die Tiefwasserlinie wurde daraus auf 33,0 mNHN festgesetzt. Der mittlere (Grund-) Wasserpegel liegt bei 34,5 mNHN und liegt ca. 8,0 m unter der Flur. Zwischen dem Maximal- und Minimalwert liegen 2,6 m Differenz. Laut Ansprechpersonen des Rhein-Kreis Neuss sind Grundwasserschwankungen von 2 bis 3 m in dieser Region nicht ungewöhnlich.

Nach dem digitalen wasserwirtschaftlichen Verbundsystem (ELWAS Web) besitzen die Grundwasserkörper „Grundwassereinzugsgebiet Rhein“ und „Terrassen des Rheins“ aktuell einen guten chemischen Zustand und einen schlechten mengenmäßiger Zustand.

Die Abbildung 2-2 zeigt, dass der Wasserstand im Straberger See mit dem Grundwasser korreliert und seit 2011 abnimmt. Dieser Trend schließt jedoch einen zukünftigen neuerlichen Anstieg der hohen Wasserstände und Grundwasserspiegel wie aus den 1960er Jahren nicht aus, da witterungsbedingte, saisonale und klimatische Schwankungen jederzeit auftreten können.

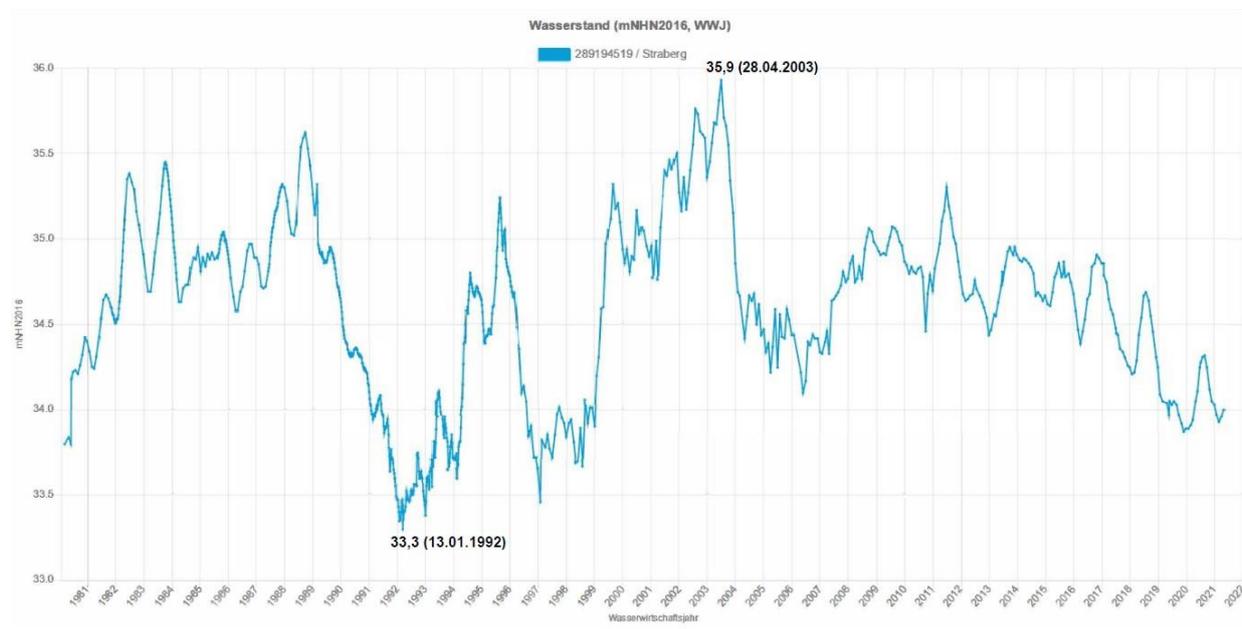


Abbildung 2-2: Aufzeichnung des Wasserstands von 1980 bis 2022 (FWT 2021)

Basierend auf dem hydrologischen Gutachten des Balgheimer Sees von Tillmans & Partner GmbH (2017) kann davon ausgegangen werden, dass das Grundwasser im Südwesten des Straberger Sees einfließt und diesen im Nordosten Richtung Rhein wieder verlässt.

Daten über die Verdunstungsrate des Straberger Sees sind nicht vorhanden. Unter den aktuellen vorherrschenden klimatischen Bedingungen sowie der Annahme, dass der Klimawandel nicht zu starke Veränderungen mit sich bringen wird, kann davon ausgegangen werden, dass die Grundwasser- und Niederschlagspeisung ausreicht, um den See vor dem Austrocknen zu schützen. Eine signifikante Senkung des Wasserpegels ist jedoch nicht auszuschließen. Eine Austrocknung des Sees aufgrund reiner Verdunstung erscheint nicht wahrscheinlich.

2.2.2 Chemisch-physikalische Parameter und Schichtung

Die Wassertemperatur des Straberger Sees beläuft sich laut dem Badegewässerprofil im Jahr zwischen dem Minimalwert von 7,7 °C im Winter (2021) und dem Maximalwert von 25,7 °C im Sommer (2018). Ein Datensatz über einen größeren Zeitraum zur Wassertemperatur des Straberger Sees liegt nicht vor. Es ist anzunehmen, dass aufgrund der Oberfläche und Tiefe des Straberger Sees bzw. dessen Gesamtvolumen, verschiedene Temperaturen innerhalb der Wassersäule vorkommen. Vor allem in den Sommermonaten, in denen sich das Oberflächenwasser (Epilimnion) aufwärmt und die kälteren und tieferliegenden Wassermengen (Meta- und Hypolimnion) sich tiefer in der Wassersäule befinden, ist eine thermohaline Schichtung innerhalb des Sees zu erwarten. Eine langsame Durchmischung der Wasserschichten findet dabei aber weiterhin statt (Brönmark & Hansson 2017).

Eine Schichtung verhindert die schnelle vertikale Zirkulation des Wassers innerhalb eines Wasserkörpers, was den Sauerstoff- und Nährstoffaustausch behindert und indirekte Auswirkungen auf die Organismen hat. Da im durchlichteten Epilimnion Photosynthese betrieben wird, kann die Sauerstoffkonzentration dort

ansteigen und gehalten werden. Aufgrund der Kohlenstoffdioxid-Entnahme der Photosynthese und Atmung der Organismen verschiebt sich das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht, was zu einer Erhöhung des pH-Werts führt. Die Wasserpflanzen in weiter unten liegenden Schichten können aufgrund des dortigen Lichtmangels keine Photosynthese betreiben, womit in dieser Region der Sauerstoff gezehrt wird. Dies hat zur Folge, dass sich der pH-Wert dort reduziert. Bei zu großer Sauerstoffzehrung kommt es z.T. zu anoxischen Verhältnissen, welche eine Bedrohung für empfindliche Organismen darstellt und in extremen Fällen zu deren Tod führen kann (Brönmark & Hansson 2017, Wilson et al. 2020). Inwiefern diese limnologischen Aussagen und Grundlagen auf den Straberger See zutreffen, ist noch unbekannt. Hierfür sind genauere Untersuchungen vor Ort nötig, die sämtliche notwendige Daten aufnehmen und bewerten können. Basierend auf der Lage und der Morphologie des Straberger Sees ist anzunehmen, dass es sich um einen holomiktischen, bzw. kalt-dimiktischen See handelt (Tilmanns & Partner GmbH 2017).

Der Straberger See weist in den Sommermonaten im Epilimnion einen Sauerstoffwert von minimal 8,5 mg/l und einer Sauerstoffsättigung von 104 % auf (Hygiene Institut des Ruhrgebiets 2020). Basierend auf Tilmanns & Partner GmbH (2017) und der Ähnlichkeit des Straberger See mit dem Balgheimer See kann davon ausgegangen werden, dass in den Sommermonaten keine anaeroben Verhältnisse im Hypolimnion vorherrschen.

Der pH-Wert des Straberger Sees verschob sich innerhalb des Jahres 2020 von den Sommermonaten (8,5) bis zu den Wintermonaten (8,0) um 0,5 Punkte (Hygiene Institut des Ruhrgebiets 2020). Diese Datensätze belaufen sich jedoch nur auf ein Jahr und geben keinerlei Einsicht über die pH-Verschiebungen über einen größeren Zeitraum. Aufgrund der limnologischen Lehre und der potenziellen Schichtung innerhalb des Straberger Sees, ist anzunehmen, dass sich die pH-Werte aufgrund des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichts im Epi- und Hypolimnion unterscheiden. Genaue Daten, die diese Annahme bestätigen, fehlen jedoch.

Der Betrieb eines Schwimmbaggers (Straberg Kies GmbH) kann die Transparenz des Sees temporär beeinflussen. Aufgewirbelte Partikel verteilen sich im See und benötigen, je kleiner das Partikel ist, umso länger, um sich wieder am Seeboden abzusetzen. Dieser Umstand könnte der Grund sein, dass der Straberger See eine ganzjährige Sichttiefe von maximal 2 m besitzt. Die gelösten Partikel und deren Ionen beeinflussen zudem die Leitfähigkeit des Wassers im See (Hauk 2014). Messwerte des Badegewässerprofil 2022 ergaben einen jährlichen Mittelwert der Leitfähigkeit von $604 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, was den typischen Werten eines Sees entspricht.

Der Nährstoffgehalt beeinflusst das Wachstum der Algen und des Phytoplanktons des Sees; erhöhte Nährstoffgehalte im See haben eine erhöhte Algenproduktion zur Folge (Schwoerbel & Brendelberger 2013). Messungen aus August 2020 ergaben Messwerte $< 0,04 \text{ mg/l}$ für Ammonium, $7,5 \text{ mg/l}$ für Nitrat, $0,05 \text{ mg/l}$ für Nitrit und $< 0,03$ für Phosphat. Diese Werte lassen auf einen mesotrophen Zustand des Straberger Sees schließen (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2021). Die erhöhten Nitrat-Werte deuten auf einen Eintrag von Düngemitteln aus den umliegenden landwirtschaftlichen Flächen hin. Nitrit, Ammonium und Phosphor zeigen überwiegend unauffällige Konzentrationen. Es ist anzunehmen, dass Letzterer aufgrund seines geringen Vorkommens im See den limitierenden Faktor für die Organismen darstellt (Hygiene Institut des Ruhrgebiets 2020). Daten über die Calcium-, Mangan- und Sulfatkonzentrationen waren nicht vorhanden.

2.2.3 Schadstoffe

Die Grundwasserkörper „274_01“, „Grundwassereinzugsgebiet Rhein“ und „27_20“, „Terrassen des Rheins“ weisen bezüglich des Parameters Nitrat erhöhte Werte auf (Stadt Dormagen 2021). Wie bereits im Kapitel

2.2.2 beschrieben, stammen diese erhöhten Werte von den landwirtschaftlichen Ackerflächen aus der Umgebung. Erhöhte Nitratwerte können die Sauberkeit des Trinkwassers beeinflussen und zu gesundheitlichen Problemen beim Menschen führen. Weitere Schadstoffe wie Quecksilber, Cadmium, Blei oder Arsen überschreiten laut dem Umweltbericht zum Flächennutzungsplan der Stadt Dormagen (2021) die gesetzlich geregelten Umweltqualitätsnormen der Grundwasserverordnung nicht.

Da Baggerseen grundsätzlich eine Freilegung von Grundwasser darstellen, können Schadstoffe wie Schwermetalle, Pestizide oder Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) über Wind oder den Oberflächenabfluss aufkommender Niederschläge ungehindert eingetragen werden.

Der Straberger See zählt seit 1989 zu den EG-Badegewässern und wird anhand der Indikatororganismen *Escherichia coli* (E. coli) und intestinale Enterokokken betreffend seiner Qualität überwacht. Diese Indikatorparameter zeigen eine mikrobiologische Verunreinigung der Badegewässer mit dem Risiko des Auftretens von Krankheitserregern auf. Bakterien sind in dem Sinne keine Schadstoffe, können aber genauso schädlich sein und zu gesundheitlichen Problemen führen. Von 2011 bis 2022 wurde der Straberger See als Badegewässer nach Art. 6 der EU-Badegewässerrichtlinie 2006/7/EG mit „ausgezeichnet“ bewertet (Hygiene Institut des Ruhrgebiets 2020).

Es sind keine Einleitungen von Kläranlagen, Stadtentwässerungen oder Drainagen von landwirtschaftlichen Flächen im Einzugsgebiet des Sees vorhanden, welche weitere Schadstoffe mit sich bringen könnten (LANUV 2023, Kreiswerke Grevenbroich 2018).

2.2.4 Charakteristische Organismenarten

Die vom Sportangler-Verein von 1923 e.V. Bayer Dormagen-Zons nachgewiesenen Fischarten des Straberger Sees sind: Aal, Bitterling, Brasse, Flussbarsch, Hecht, (Wild-) Karpfen, Moderlieschen, Rotaugen, Rotfeder, Schleie, Ukelei, Wels und Zander. Eine genauere Datengrundlage bezüglich der Fischpopulationen innerhalb des Straberger Sees ist nicht vorhanden. Sämtliche Arten sind charakteristisch in Süßwasser-Seen in Nordrhein-Westfalen. Das Moderlieschen ist die einzige Art, welche als gefährdet eingestuft wird und sich auf der Roten Liste Deutschlands befindet. Ursachen für die Gefährdung sind der Verlust von naturnahen Kleingewässern sowie deren Beeinträchtigungen durch Verschmutzung, Eutrophierung und andere Bewirtschaftungsmaßnahmen. Die Große Teichmuschel kommt ebenfalls im Straberger See vor. Diese ist, genauso wie das Moderlieschen, gefährdet und steht in Deutschland unter Artenschutz. Invasive Arten des Rheins wie z.B. die Schwarzmundgrundel oder Flussgrundel haben den Straberger See (noch) nicht erreicht. Der Nachweis von Flusskrebsen im Straberger See ist nicht vorhanden.

Der „Sportangler-Verein von 1923 e.V. Bayer Dormagen-Zons“ war bis zum 31.12.2022 Pächter des Straberger Sees und für die Bestandspflege der vorhandenen Fischarten verantwortlich. Hierfür wurden jährlich in den Frühlings- und Herbstmonaten Fischbesatzmaßnahmen durchgeführt. Die Zahlen des Fischbesatzes im Frühling 2020 sind der Tabelle 2-1 zu entnehmen. Ein weiterer Besatz erfolgte noch im selben Jahr im Herbst, Daten zu dieser Maßnahme sind allerdings nicht vorhanden (Sportangler-Verein Bayer Dormagen-Zons 2022).

Tabelle 2-1: Besatzzahlen des Straberger Sees im Frühling 2020

Art	Menge	Größenklasse
Rotaugen	500 kg	70 – 350 g
Schleien	200 kg	15 -19 cm
Zander	900 Stk.	12 -15 cm
Wildkarpfen	300 kg	25 -30 cm
Hecht	250 Stk.	15 -20 cm

Im Umweltbericht zum Flächennutzungsplan der Stadt Dormagen wurden 2021 über 50 verschiedene Vogelarten in der Region beobachtet, die entweder stabile Populationen besitzen, als Zugvogel durch das Land ziehen oder in geringer Anzahl vorkommen (Stadt Dormagen 2021). Dabei wurden seltene Arten wie der Gelbspötter im Gebiet gesichtet, was auf eine gute Qualität der bereits durchgeführten Renaturierungsmaßnahmen deutet (Naherholungskonzept 2019). Wasservögel wie der Höckerschwan, Nilgans, Haubentaucher, Blässhuhn und Kormoran wurden im Straberger See in großer Abundanz nachgewiesen. Eine genauere Datengrundlage bezüglich der existierenden Vogelpopulationen des Straberger Sees ist jedoch nicht vorhanden und müsste voraussichtlich mittels Vorortkartierungen weiter erfasst werden. Dies ist insofern wichtig, da Vögel von der Gewässergüte des Sees direkt beeinflusst werden und einen signifikanten Einfluss auf dessen Biozönose haben. (Wahl et al. 2017).

Bezüglich der Amphibien-, Reptilien- und Säugetierarten sind ebenfalls keine signifikanten Daten vorhanden. Diese müssten, wie bei den Vogel- und Fischarten, voraussichtlich mittels weiterer Untersuchungen vor Ort erhoben werden. Laut lokalen Plattformen (Herpetofauna-NRW 2022) wurden bisher vier Amphibienarten in der Nievenheimer Seenplatte beobachtet. Es handelt sich hierbei um die Kreuzkröte, Knoblauchkröte, den Springfrosch und den Kammolch. Die Knoblauchkröte ist in Deutschland auf der Roten Liste vermerkt und wurde 2021 nur einmalig beobachtet. Der Kammolch ist die am stärksten bedrohte Molchart Deutschlands und befindet sich ebenfalls auf der Roten Liste. Ob jede Art auch im Straberger See vorkommt und diesen als Laichgebiet nutzt ist nicht nachgewiesen. Die Zauneidechse ist eine Reptilienart der Nievenheimer Seenplatte, welche sich dank bereits durchgeführten Renaturierungsmaßnahmen in dieser Region wieder ansiedeln konnte (Naherholungskonzept 2019). Sie ist in Deutschland auf der Roten Liste vermerkt und als gefährdet eingestuft. Bezüglich des Europäischen Bibers gibt es noch keinen Nachweis. Jedoch könnte sich dieser im Straberger See ansiedeln und große Veränderungen an den Ufern hervorrufen. Aufgrund der weiten Verbreitung der Fledermäuse in diesem Gebiet ist ebenfalls anzunehmen, dass eine bestehende Population am Straberger See existiert.

Über die Artenvielfalt der Insekten am Straberger See sind wenige, kaum aussagekräftige Daten vorhanden. Im Rahmen der Erstellung des Flächennutzungsplans der Stadt Dormagen wurden zwei Libellenarten und eine Schmetterlingsart beobachtet, wobei die Grüne Keiljungfer ein unbekanntes Vorkommen aufweist und die Asiatische Keiljungfer zweimalig nachgewiesen wurde. Die Libellenlarven leben bis zu 5 Jahren in den Sedimenten und Uferbereichen des Straberger Sees, weshalb diese Arten ebenfalls direkt von der Gewässergüte beeinflusst werden.

Eine genaue Datengrundlage bezüglich der Makrozoobenthos-Lebensgemeinschaft im Straberger See ist nicht vorhanden. Da die Gewässersohle im Straberger See als „sandig“ beschrieben wurde (Hygiene Institut des Ruhrgebiets 2020), kann angenommen werden, dass vor allem feinsedimentliebende Artengruppen vorkommen. Die Artenzusammensetzung kann sich jedoch nach Standort, vorherrschenden Strukturen bzw. Substraten sowie von äußeren Einflüssen wie die Temperatur, Wasserzirkulation und dem

Sauerstoffgehalt des Wassers deutlich unterscheiden, was eine genaue Aussage über die Bestände des Makrozoobenthos zum jetzigen Zeitpunkt zusätzlich verhindert.

Das Biotopkataster des Straberger Sees gibt einen Überblick über die schützenswerten Biotope. Den größten Lebensraumtyp repräsentieren die Säume und Hochstaudenfluren. Die Aufschüttungen oberhalb des Abbauniveaus weisen ausgedehnte, z.T. noch lückige, an anderen Stellen auch dichte und hochwüchsige, blütenreiche Ruderalfluren mit hohem Neophytenanteil auf. Sie sind vielerorts mit gepflanztem oder spontan aufgekommenem Gebüsch durchsetzt. Die Ränder des Abbaugebietes wurden mit Bergahorn, Winterlinde, Stieleiche u.a. Laubbäumen sowie Sträuchern bepflanzt, die bereits dichte Stangenhölzer und Hecken bilden und die Baggerseen nach außen gut abschirmen. Die aktuelle Uferlinie wird sich in den kommenden Jahren entsprechend der gültigen Abgrabungsgenehmigung für den Kiesabbau verändern. Die Genehmigung zum Abbau von Kies sieht im Anschluss an den Kiesabbau eine renaturierte Wiederherstellung der Uferlinie vor. Es sind Flachwasserzonen und ein Gürtel mit Wasserpflanzen, z.B. Schilf, vorzusehen. Daten über die aktuelle aquatische Vegetation sind nicht vorhanden. Kompensatorische Verpflichtungen aus diesen Maßnahmen müssen im Zuge der Herstellung des Wildwasserparks übernommen und ggf. an anderer Stelle (wieder)hergestellt werden (Konzeptstudie FWT 2021). Die Planung eines Naturschutzgebiets und Naturlehrpfads im Osten des Straberger Sees sieht vor, im Anschluss an die Kiesgewinnung eine Ruhezone für einheimische Tier- und Pflanzenarten zu schaffen (Naherholungskonzept 2019).

2.3 Allgemeine Nutzung

Der Straberger See wird von der Öffentlichkeit in vielerlei Hinsicht genutzt. Nebst den Badegästen, die in den Sommermonaten den nördlichen Badestrand aufsuchen - 2018 wurden 36.000 Besucher gezählt -, wird der See unter anderem vom Yacht-Club Bayer Leverkusen und der Dormagener Rudergesellschaft beansprucht. Im Nordwesten des Sees steht die Freizeitanlage WakeBeach 257 – Wakeboarding & Wasserski Dormagen. Im Süden befindet sich der Sportangler-Verein von 1923 e.V. Bayer Dormagen-Zons.

Die allgemeine Nutzung des Sees durch die Fischerei (Überfischung und/oder die Beeinflussung der Fischzönose) ist aufgrund der Pachtvertragsauflösung ab dem Jahr 2023 aufgehoben. Es ist nicht bekannt, ob weiterhin Fische in den Straberger See besetzt werden, weshalb es aufgrund der Einspielung der natürlichen Artenvorkommen zukünftig zu einem Wandel in der Fischzönose kommen könnte. Dies kann wiederum einen signifikanten Effekt auf den ökologischen Zustand des Sees haben, da neue Interaktionen in der Nahrungskette eine Umstellung im trophischen System provozieren könnten (Brönmark & Hansson 2018). Der neue Pächter des Straberger Sees ist unbekannt.

Die aktuell einflussreichste Nutzung in/am Straberger See, ist die Rohstoffförderung der Straberg-Kies GmbH im Südosten des Sees. Der Kiesabbau wird vertraglich noch bis ins Jahr 2035 weitergeführt werden und den Straberger See hinsichtlich seiner Form und Größe noch weiterhin verändern (Rhein-Kreis Neuss). Eine Folge dieser Maßnahmen ist die potenzielle Freisetzung von Nährstoffen, die dadurch den Organismen zur Verfügung stehen. Zu viele Nährstoffe im See können zu drastischen ökologischen Problemen wie sauerstofffreien Zonen am Seegrund oder einer Überproduktion an Algen führen.

3 Kenndaten des Wildwasserparks

3.1 Lage des WWP

Die Umsetzung des Wildwasserparks (WWP) ist im Norden des Straberger Sees geplant, östlich vom lokalen Badestrand und dem WakeBeach 257 (Abbildung 3-1). Die benötigte Fläche des WWP beläuft sich auf 10,5 ha, darin sind sämtliche Kanäle, Becken, Gebäude, Parkplätze, Grünflächen und Wege miteinbezogen (gemäß Abstimmung vom 20.09.2021).



Abbildung 3-1: Lage des geplanten WWP am Straberger See (rotes Quadrat) (Quelle: OpenStreetMap 2023)

3.2 Entwurf des WWP

Ein potenzielles Aussehen des WWP ist der Abbildung 3-2 zu entnehmen, wobei es sich hier um eine vereinfachte Darstellung des WWP handelt. Obwohl in dieser Darstellung zwei Kanäle eingezeichnet sind, wird im Hauptkonzept einzig mit dem inneren Kanal geplant. Der äußere Kanal ist optional und wird nur im Falle der Berücksichtigung des WWP Dormagens als Standort von olympischen Sommerspielen weiterverfolgt. In der Konzeptstudie verändert sich aufgrund des potenziellen Baus vom zweiten Kanal wenig, da dieser voraussichtlich einen gleichen/ähnlichen Einfluss auf den Straberger See haben wird wie der innere Kanal.

Für die Errichtung der Gebäude bestehen ebenfalls diverse Konzepte (bezüglich der zu verwendenden Materialien und des nachhaltigen Bauens) welche im Verlauf der Planung weiter konkretisiert werden.

Der WWP ist in seinem Konzept so geplant, dass das Zielbecken und der See voneinander getrennt sind und das Wasser nur mittels Wasserpumpen hin und her fließen kann.



Abbildung 3-2: Entwurf des WWP Dormagen, vereinfachte Darstellung (Ingenieurbüro Floecksmühle 2022)

3.3 Skizzierung der technischen Daten

Daten und Skizzierungen der technischen Lösungen für die Vorzugsalternative sind der Abbildung 3-3 zu entnehmen. Hier ist die potenzielle Anbindung des WWP an den Straberger See über die Wasserpumpen aufgezeichnet, sowie der Höheunterschied zwischen dem Wasserspiegel des WWP und dem mittleren bzw. Hochwasserstand des Sees. Die Querschnittsansicht gibt Aufschluss über die Grundrisse der Becken und Kanäle sowie deren Lage zum Normalhöhennull (MNHN). Den Daten ist ebenfalls zu entnehmen wie der See vom WWP getrennt ist, bzw. wo sich die Wasserpumpen für den Wassertransport befinden.

Die Grenze des Flächennutzungsplans ist hier als „Grenze FNP“ angegeben.

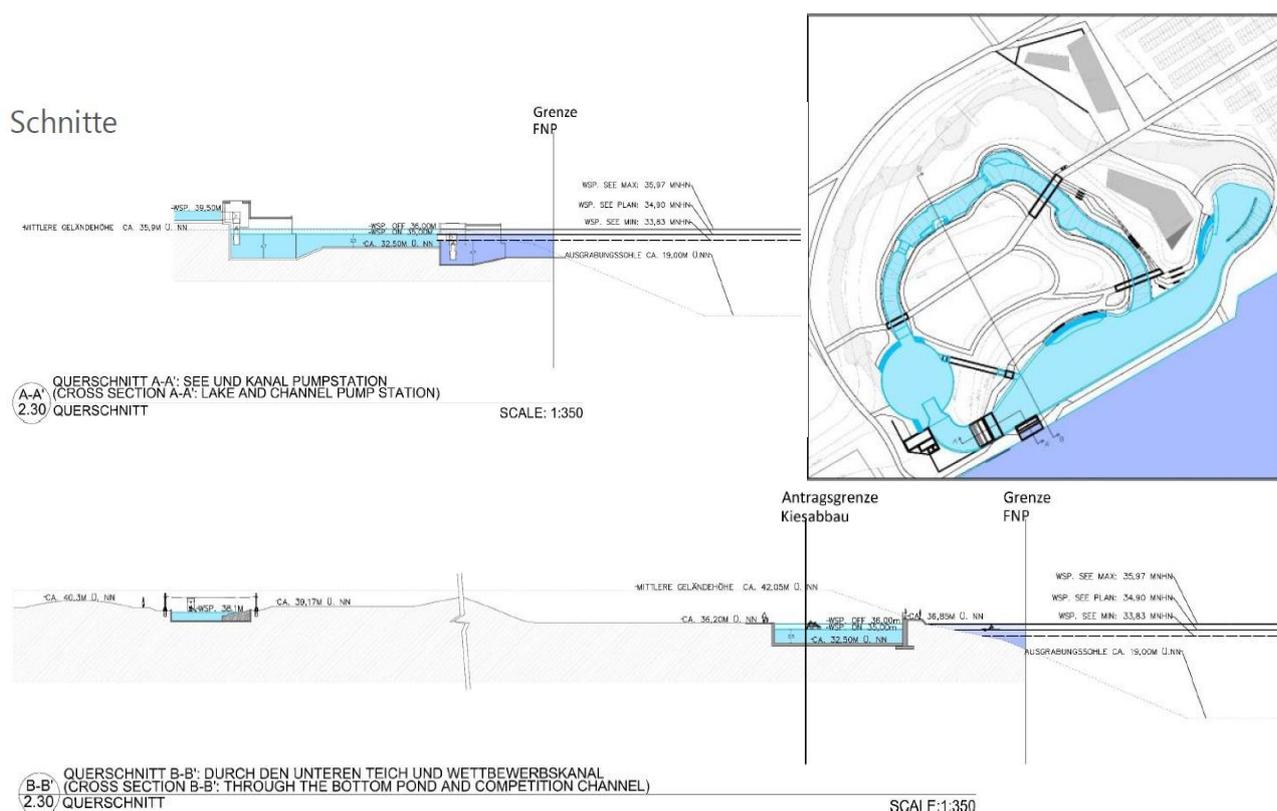


Abbildung 3-3: Querschnitte durch den WWP Dormagen (hellblau) und Straberger See (dunkelblau).
Oben links: Querschnitt von A-A; unten: Querschnitt von B-B' (Konzeptstudie FWT 2022)

4 Potenzielle Auswirkungen des Vorhabens

4.1 Bauausführung

Die Ausführung von Bauarbeiten in und an einem See kann aufgrund der Verbundenheit der Baustelle mit dem Grund- und Oberflächenwasser einen (temporären) Einfluss auf die Wasserqualität und umweltlichen Zustand der umliegenden Gewässer haben. Das Maß des Einflusses hängt dabei von der Größe des Bauprojekts und den Rahmenbedingungen des Sees sowie der Verbundenheit der Baustelle mit dem Gewässer ab.

Um mögliche negative Auswirkungen des Bauvorhabens während der Bauphase beurteilen zu können, fehlen zum jetzigen Zeitpunkt genauere Angaben. Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen die erforderlich werden, um Beeinträchtigungen des Seewasserkörpers und seines Umfeldes ausschließen zu können, sind in weiteren Untersuchungen zu erarbeiten.

Grundsätzlich handelt es sich beim Bau des WWP um eine Versiegelung der umliegenden Acker- und Wegflächen. Um die Wirkungen der verlorenen Grünflächen zu kompensieren, können Ausgleichsmaßnahmen wie z.B. die Bepflanzung der Randbereiche des Geländes vorgenommen werden (Konzeptstudie FWT 2021). Diese können ggf. auch die Einträge von Schad- und Nährstoffen zurückhalten, welche durch die Baumaßnahme potenziell in den Straberger See eingeführt werden.

Aufgrund des Einflusses der Kiesgewinnung im Gebiet ist die Sichttiefe des Sees bereits auf 2 m reduziert/limitiert. Eine weitere Verschlechterung der Sichttiefe aufgrund der Bauarbeiten des WWP ist unwahrscheinlich (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2021).

Zusätzliche temporäre negative Auswirkungen der Bauausführung wie die Entstehung von Verschmutzungen, Vibrationen, Erschütterungen, Lärm und Staub können nicht ausgeschlossen werden. Aufgrund der Annahme, dass diese Verschlechterungen nur temporärer Natur sind und sich nach der Baumaßnahme der Ausgangszustand wieder einstellt, können die potenziellen baulichen Auswirkungen auf den Straberger See vernachlässigt werden (Konzeptstudie FWT 2021).

4.2 Wasseraustausch

4.2.1 Natürlicher Wasseraustausch

Die Umsetzung des Wildwasserparks (WWP) führt teilweise zu einer Versiegelung der Oberfläche, wodurch weniger Wasser versickern und als Grundwasser weiterfließen kann. Die Kanäle und Becken des WWP sind nicht mit dem Grundwasser verbunden und verhindern eine direkte Versickerung. Das aufgenommene Niederschlagswasser dieser Kanäle und Becken wird dem See jedoch direkt eingespeist.

Von den ca. 10,5 ha benötigte Fläche des WWP wird ein Großteil begrünt und mit dem Grundwasser verbunden sein. Dort sind Kompensationsmaßnahmen wie die dichte Bepflanzung von Bereichen innerhalb der Grundfläche geplant, was das Wasserrückhaltevermögen des Bodens stärkt und den Grundwasserpegel positiv beeinflusst (Taleisnik et al. 1999). Das Niederschlagswasser innerhalb des Parks versickert an den entsprechenden Grün- und Freiflächen.

Eine Fassung von Niederschlagwasser findet hauptsächlich von den Parkplatzflächen und Dachflächen der Gebäude statt. Dachentwässerungen von Gründächern könnten in die Kanäle und Becken des WWP bzw. in den Straberger See eingeleitet werden. Weitere Einrichtungen der Regenwasserrückhaltung von Dachflächen sind ggf. eine Option für die Bewässerung von Grünflächen und Bäumen. Die umliegenden Wege sind so geplant, dass sie in die benachbarten Grünflächen entwässern (Konzeptstudie FWT 2021). Die Entwässerung des aufgesammelten Wassers vom versiegelten Parkplatz ist aufgrund der umliegenden Wasserschutzzone durch eine Ableitung in das Abwassernetz zu planen.

Die Verdunstung eines Sees steht in direkter Abhängigkeit mit seiner Wasseroberfläche und weiteren Faktoren wie Wind, Temperatur, Sonneneinstrahlung, Luftdruck, usw. (LfU Bayern 2007). Da sich bei der Errichtung des WWP die Wasseroberfläche (des Sees) erhöht, kann sich, abhängig von den Umgebungsbedingungen, auch die allgemeine Verdunstungsrate des Straberger Sees leicht erhöhen. Die jährlichen Verdunstungsraten des Straberger Sees sind allerdings nicht bekannt. Eine genauere Prognose dazu kann mittels berechneter Modelle erstellt werden. Es ist jedoch anzunehmen, aufgrund der historisch genügsamen Niederschlag- und Grundwasserspeisung des Straberger Sees, dass diese Wasseroberflächenvergrößerung keinen signifikanten Einfluss auf das Austrocknungsrisiko haben wird.

Der WWP wurde so konzipiert, dass das Zielbecken und das Wasser des Straberger Sees nicht miteinander verbunden sind. Demnach wird dem See das Wasser aktiv entnommen und in das nahegelegene Zielbecken gepumpt werden müssen. Der Rückfluss des Wassers in den Straberger See geschieht voraussichtlich über eine Überlaufschwelle.

4.2.2 Wasserentnahme

Das Zielbecken des Wildwasserparks (WWP) ist dem See am nächsten gelegen und durch eine Wasseraustausch- sowie eine Füllpumpe mit diesem verbunden. Es wird angenommen, dass aufgrund von Wartungsarbeiten einmal Mal pro Jahr ein kompletter Füllvorgang stattfinden wird. Als Auslegungsleistung für dieses System wird ein Durchfluss empfohlen, mit dem das untere Zielbecken des WWP bei der Erstbefüllung oder nach einer Revision in 24 h komplett aufgefüllt werden kann. Diese Wasserentnahme wird, aufgrund der Verschiebung von großen Wasservolumen, den Seewasserpegel voraussichtlich zwischen 3–4 cm verändern. Das genaue Ausmaß dieser Wasserentnahmen auf den Wasserpegel ist nicht bekannt. Demnach ist auch nicht bekannt, wie die am Ufer lebenden Organismen mit der Pegeländerung umgehen können/werden. Es ist anzunehmen, dass die Ufervegetation eine gewisse natürliche Resilienz gegenüber Wasserspiegelschwankungen hat. Für kleinere Organismen, wie z.B. das Makrozoobenthos, besteht jedoch potenziell die Gefahr, trockenzufallen und/oder vom See abgetrennt zu werden. Eine Aussage betreffend der Auswirkungen einer Wasserentnahme auf die Wasserbiozönose ist anhand der vorliegenden Daten nicht möglich. Inwiefern die Wasserentnahme eine Auswirkung auf die Schichtung und Zirkulation des Wassers innerhalb des Straberger Sees haben wird, kann im Rahmen einer Studie nur abgeschätzt werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Schichtung nicht generell, sondern nur lokal geändert wird. Eine numerische Simulation wäre für eine tiefgehende Analyse durchzuführen.

Das Wasser, welches im WWP durch die Kanäle fließt, stammt ursprünglich aus dem Straberger See und ist konstant mit diesem im Austausch. Geplant ist ein gänzlicher Vollaustausch des Wassers pro Tag, wobei eine maximale Austauschkapazität bei 280 l/s liegt (vorläufige Annahme für die Vorzugsalternative). Veränderungen, die das Wasser während der Passage des WWP erfährt, sind demnach auch im angeschlossenen Straberger See nachweisbar. Welche Auswirkungen dies auf den See haben kann, wird im weiteren Verlauf in den Kapitel 4.3 bis 4.6 beschrieben. Die tägliche Wasserentnahme wird keinen

Einfluss auf den Wasserpegel des Straberger Sees haben, da die entnommene Wassermenge im gleichen Masse wieder dem See zurückgeführt wird.

Ein Siebssystem soll verhindern, dass Tiere, Menschen und Materialien beim Wasseraustausch- und Füllprozess in die Einläufe gezogen werden (Konzeptstudie FWT 2021). Die genaue Maschenweite des Siebs ist nicht bekannt. Um das Risiko für Kleinorganismen wie Fischlarven, Makrozoobenthos sowie Phyto- und Zooplankton, die durch das Siebssystem nicht abgefangen und von der Saugkraft der Füll-, Massendurchfluss- und Tauchpumpen miteingezogen und geschädigt werden, zu minimieren, ist eine entsprechende Schutzeinrichtung vorzusehen.

Die Pumpen für den Wasseraustausch zwischen See und WWP befinden sich laut Konzeptstudie unterhalb des niedrigsten gemessenen Wasserpegel des Straberger Sees. Die Wasserentnahme findet auf einer Tiefe von ca. drei bis vier Meter unter dem niedrigsten Wasserspiegel und ist somit bei jedem Wasserstand möglich. Die Saugkraft der Pumpen könnte je nach Positionierung im See die Sedimente und die darauf und darin lebenden Organismen einsaugen und negativ beeinflussen. Es wird daher empfohlen, entsprechende Einrichtungen für den Schutz der Tiere zu planen.

4.2.3 Einleitung in den See

Geplant ist, über eine Überlaufschwelle eine geringe Menge an Wasser kontinuierlich vom Zielbecken in den Straberger See zurückzuführen. Diese Rückfluss-Methode kann ohne Pumpe funktionieren. Der Rückfluss des Wassers ist entsprechend so groß wie die aktuelle Wasserentnahme aus dem Straberger See. Wie tief und breit die Überlaufschwelle sein wird, ist in der Konzeptstudie nicht definiert. Inwiefern diese Methode des Wasserrückflusses eine Auswirkung auf die Zirkulation und Schichtung sowie die Hydrochemie des Sees haben wird/kann ist nicht bekannt und in weiteren Untersuchungen zu erarbeiten, siehe auch Kap. 4.2.2.

Die Rückführung des Wassers vom Zielbecken in den Straberger See geschieht laut Hauptkonzept aus einer leicht erhöhten Position (erste Annahmen dazu beruhen auf ca. 50 cm Erhöhung der Überflutungsschwelle gegenüber dem Hoch-Wasserstand des Sees, also bei 36.50 mNHN). Dadurch ist das Zielbecken für die im Wasser lebenden Organismen bei normalem Wasserstand nicht erreichbar. Ob eine Möglichkeit besteht, die Überlaufschwelle zu verschließen, wird in der Konzeptstudie nicht erwähnt.

Aufgrund der starken Turbulenz und der betonierten Gewässersohle in den Kanälen des WWP kann davon ausgegangen werden, dass dort keine Sedimentation stattfinden wird. Im Zielbecken (das voraussichtlich ebenfalls eine betonierte Gewässersohle besitzt) ist die Fließgeschwindigkeit reduziert, wonach sich die eingetragenen Sedimente aus der Umgebung dort absetzen könnten. Wie schnell und einflussreich dieser Prozess sein wird, ist unklar. Inwiefern die Einleitung des Wassers die Substrate des Straberger Sees beeinflussen und verändern wird, ist anhand dieser Datengrundlage nicht auszumachen. Weitere Untersuchungen sind diesbezüglich zu erarbeiten.

4.2.4 Potenzielle Risiken

Aufgrund des konstanten Wasseraustauschs zwischen dem See und dem Wildwasserpark (WWP) gelangen Verschmutzungen, welche innerhalb des Betriebs verursacht werden, ungehindert in das Ökosystem. Dies kann maschinell produzierte Abfallprodukte wie Öl, witterungsbedingte Schäden wie Rost oder Kontaminanten der Besucher wie Sonnenöl beinhalten. Stürme, starke Winde sowie Schnee und Eis können ggf. Schäden an der Infrastruktur bedingen und so ebenfalls Abfallprodukte in das Gewässer leiten. Um

eine Verschmutzung mit Zivilisationsmüll zu vermeiden, sollte der Auslauf aus dem Zielbecken in den See mit einer Schutzeinrichtung (z.B. Rechen) und der WWP je nach Öl-Kontamination mit einem Ölabscheider versehen werden.

Da die Becken und Kanäle des WWP eine andere Form und Tiefe sowie ein anderes Wasservolumen als der Straberger See besitzen, werden diese von den Umweltfaktoren andersartig beeinflusst. Stehendes Wasser im Zielbecken besitzt eine große Wasseroberfläche und eine relativ geringe Wassertiefe, weshalb dieser Wasserkörper im Sommer schneller erwärmt wird als das Seewasser. Ein gehinderter Wasseraustausch zwischen dem Zielbecken des WWP und dem Straberger See kann somit zu einer Zufuhr von warmem Wasser und damit zu einer stärkeren Schichtung der Wassersäule vom See führen.

Der Betrieb von großen Pumpen und die Steigerung der Besucherzahl ist mit Lärmemissionen unter und über dem Wasser verbunden, was für Organismen zu einem Stressfaktor werden kann. Tiere, die sich in unmittelbarer Nähe des WWP befinden, sind dabei am stärksten betroffen. Die Größe des Sees lässt vermuten, dass die Lärmemissionen bei größeren Distanzen im Wasserkörper als gering einzustufen oder gar nicht nachweisbar sind. Sensible Arten sollten fähig sein, sich dem Lärm zu entziehen, bis sie sich an die Bedingungen gewöhnt haben (Radford et al. 2014).

4.3 Sauerstoffhaushalt

Die Sauerstoffaufnahme eines Wasserkörpers hängt vor allem von der Größe der Wasseroberfläche, Wassertemperatur, Windexposition, dem Sättigungsdefizit und der Wasserturbulenz ab (LfU Bayern 2007). Konstante hydrologische Daten bezüglich der Sauerstoffverteilung innerhalb der Wassersäule des Straberger Sees sind nicht vorhanden. Regelmäßige Messungen mittels Logger könnten hierfür eine genauere Datengrundlage liefern.

Aufgrund der erhöhten Turbulenz in den Kanälen des Wildwasserparks (WWP) kann angenommen werden, dass es dort zu einer Anreicherung von Sauerstoff im Wasser kommt. Folglich könnte dem See durch den täglichen Wasseraustausch mit dem WWP Sauerstoff angereichertes Wasser zugeführt werden und diesen diesbezüglich in seiner Wasserchemie verändern. Inwiefern dieser Einfluss die Sauerstoffsättigung beeinflusst, bzw. der Sauerstoffzehrung des Sees entgegenwirken kann, muss in weiteren Untersuchungen unter Einbeziehung von Wasserbeprobungen noch erarbeitet werden. Kenntnisse über anoxische Bedingungen innerhalb des Sees sind hier ebenfalls zu erarbeiten.

Die Rückführung vom Wasser des WWP in den Straberger See ist über eine Überlaufschwelle geplant, welche voraussichtlich etwas erhöht über dem mittleren Seewasserpegel liegt. Durch das Aufprallen des Wassers in den See kann sich Sauerstoff in geringen Mengen wieder im Gewässer lösen. Wie einflussreich diese Sauerstoffquelle auf die aeroben Bedingungen der Wassersäule sein wird, ist ohne weitere Laborversuche nicht festzustellen.

Folglich würde sich der Straberger See hinsichtlich der Sauerstoffkonzentrationen lokal und temporär vom WWP beeinflusst werden. Inwiefern sich diese Einflüsse auf die Flora, Fauna und Wasserchemie auswirken ist nicht bekannt. Die (voraussichtlich geringe) Sauerstoffzufuhr durch den WWP könnte in den Sommermonaten jedoch der Sauerstoffzehrung des Sees entgegensteuern und einen Einfluss auf die Fischzönose und die im Wasser lebenden Organismen haben.

4.4 Charakteristische Organismenarten

Neben den oben beschriebenen Einwirkungen durch den Bau und Betrieb des Wildwasserparks (WWP) sowie den Lärmemissionen der Besucher und Pumpen kann der WWP noch weitere Bedrohungen für die Fische darstellen. Fischeier, welche über die Federn der Vögel mittransportiert werden, können in die Becken des WWP eingeführt werden und dort schlüpfen. Diese Individuen sind vom Straberger See abgeschnitten und befinden sich in einer künstlichen Umgebung, welche nicht ideale Bedingungen bietet. Nebst dem Mangel an Rückzugsmöglichkeiten wie verschiedene Unterschlüpfen, fehlt es den Becken auch an unterschiedlichen Substraten und Schattenplätzen. Eingetragene Fische sind deshalb nicht optimal von Fressfeinden geschützt. Die Trockenlegung der Kanäle und Becken aufgrund von Wartungsarbeiten stellt eine weitere Bedrohung für die Fische dar.

Es ist anzunehmen, dass sich die Fischarten innerhalb des Straberger Sees an die Einflüsse des WWP gewöhnen werden. Demnach wird der Bau und Betrieb des WWP voraussichtlich keinen nachhaltigen negativen Effekt auf die Populationen der bedrohten Arten (Moderlieschen und Große Teichmuschel) haben.

Eine ökologische Gefahr des WWP stellt die Einschleppung von invasiven oder nicht-einheimischen Arten (durch z.B. den Gebrauch von Kajaks aus anderen Gewässern) dar. Fischarten wie die Schwarzmundgrundel können ihre Eier an die Unterseite des Kajaks heften, wo sie dann durch den Transport andere Gewässer und Gebiete erreichen. Dasselbe gilt für invasive Muschelarten wie die Wandermuschel, welche, einmal eingeschleppt, praktisch kaum aus einem Ökosystem zu entfernen ist. Eine zusätzliche Gefahr für einheimische Organismen ist die Einschleppung von Krankheiten und Parasiten, welche einen direkten Einfluss auf die Biozönose des Straberger Sees hätte und deren Populationen dezimieren könnte.

Da die Kanäle des WWP potenziell eine strömungs- und sauerstoffreiche Umgebung darstellen, besteht die Wahrscheinlichkeit, dass diese nach der Fertigstellung von verschiedenen rheophilen Makrozoobenthos-Arten (MZB) besiedelt werden. Wie viele für die Ansiedlung von MZB notwendige Strukturen wie Schlamm, Sand, Feinkies, Grobkies oder diverse Steine nach Fertigstellung der Wasserkanäle und -becken auf der Gewässersohle vorhanden sein werden, ist noch unbekannt. Es ist anzunehmen, dass aufgrund der wechselnden und z.T. hohen Fließgeschwindigkeit innerhalb des WWP wenig, bis keine Strukturen auf der Gewässersohle vorhanden sein werden. Ob und ggf. welche MZB-Arten schlussendlich im WWP vorzufinden sind, kann erst nach der Fertigstellung der Baumaßnahme (mittels Monitorings) festgestellt werden.

Künstliche Lichtquellen können sämtliche dämmerungs- oder nachtaktiven Tiere stören, diese in ihrer Fitness beeinträchtigen und/oder in ihrem Verhalten beeinflussen (Helle Not 2023). Da jedoch kein regulärer Nachtbetrieb des WWP geplant ist, werden die Lichtemissionen nach der Betriebszeit (22 Uhr) auf ein Minimum reduziert. Einzig die Notbeleuchtungen innerhalb der Gebäude des WWP werden über Nacht weiter betrieben. Inwiefern diese Notbeleuchtung einen Einfluss auf die Organismen haben wird, ist noch unbekannt. Dasselbe gilt für die Beleuchtung der Anlage in den Wintermonaten bei kürzeren Tageszeiten. Es ist anzunehmen, dass aufgrund der Anlagenbeleuchtungen, dämmerungs- und nachtaktive sowie dem WWP nahe lebende Organismen eher von Fressfeinden entdeckt und gefressen werden. Für genauere Aussagen bezüglich des Einflusses der Lichtemissionen auf die Organismen, sind weitere Untersuchungen notwendig. Dies ist ebenfalls zu beachten, wenn spezielle Events wie Nacht-Raftings im WWP außerhalb der regulären Betriebszeiten angeboten werden sollten.

Es wird davon ausgegangen, dass die Phytoplanktongesellschaft nicht durch den WWP beeinflusst wird. Diese Aussage basiert auf den Annahmen, dass der Straberger See nicht signifikant vom Licht des WWP beeinflusst wird und sich die Schichtung innerhalb der Wassersäule nicht verändert.

Für Vögel gilt bezüglich der Beeinflussung durch den Lärm dasselbe wie für die Fische. Zu Beginn des Betriebs des WWP ist zu erwarten, dass sensiblere Vogelarten aufgescheucht und vertrieben werden. Nach einer gewissen Angewöhnungszeit pendelt sich wieder eine Normalität ein, da sich die am Straberger See lebenden Wald- und Wasservögel an den Lärm gewöhnen können. Da sich die primären Erholungs- und Brutgebiete der Vögel im Naturschutzgebiet des Balgheimer Sees befinden, ist anzunehmen, dass diese aufgrund von der Distanz zum Straberger See nicht vom Lärm des WWP negativ beeinflusst werden (NABU 2023). Dasselbe gilt für die primären Brutgebiete der Amphibien und Reptilien, welche dort nicht vom Licht und Lärm des WWP tangiert werden.

Aufgrund der Wasserpegelveränderungen nach einem kompletten Füllvorgang (ca. 3 bis 4 cm), kann davon ausgegangen werden, dass der Einfluss auf die Vegetation sehr gering sein wird, da der Großteil der Ufervegetation eine gewisse natürliche Resilienz gegenüber Wasserspiegelschwankungen hat. Inwiefern sich die Ablagerung von Sedimenten auf der Gewässersohle und der Nährstoffeintrag in den See durch den WWP verändern wird, ist nicht bekannt. Trübes Wasser und große Sedimentablagerungen können dazu führen, dass submerse Makrophyten im See weniger erfolgreich wachsen. Die größte Gefahr der Flora des Sees ist die Einschleppung invasiver Arten und den dadurch potenziellen Verlust des Lebensraums.

4.5 Weitere Risiken

Die ganzjährige Nutzungszeit des Wildwasserparks (WWP) könnte insofern eine Problematik für die Ökologie darstellen, da die Tiere in der Umgebung keine Ruhephase erhalten. Dies kann vor allem auf Fischlarven, Jungfische oder brütende Vögel negative Auswirkungen haben, da diese in ihrer Entwicklung gestört werden oder schlimmstenfalls verenden (dies betrifft vor allem frisch geschlüpfte Fischlarven, die z.B. von den Pumpen eingesogen werden können).

Im WWP Dormagen werden bis jetzt mit 70.000 bis 75.000 Besuchern gerechnet. Die (saisonal) erhöhte Frequentierung des Sees kann zur Folge haben, dass mehr Abfälle (und Ausscheidungen) ungewollt in den See gelangen. Dies kann einen negativen Einfluss auf die chemischen und hygienischen Parameter haben, da die Abfälle Schadstoffe enthalten können und/oder schwer abbaubar sind. Aufgrund der Trennung des WWP und des Sees und dem konzipierten Siebssystem vor den Wasserpumpen wird nicht erwartet, dass Plastikteile von Kajaks in den See gelangen. Ob das Siebssystem auch die Abfälle zurückhalten kann/wird, muss im Hauptkonzept noch definiert werden. Des Weiteren können Neophyten und -zoen durch den hochfrequenten Besuch einfacher eingeschleppt werden. Zudem kann der Besuch von Gästen zu Trittschäden in der Uferregion führen, die sensible Arten gefährden und deren Populationen bedrohen. Generell stellen Freizeitaktivitäten im Straberger See eine Gefahr für die Natur dar, da bestehende Vegetationsstrukturen und sensible Arten durch das menschliche Eingreifen negativ beeinflusst oder vertrieben werden können.

Im Allgemeinen hat die Eröffnung des Wildwasserparks (WWP) und Erweiterung der Freizeitaktivitäten am Straberger See zur Folge, dass die menschliche Aktivität in diesem Gebiet erhöht wird. Dies kann sich insofern negativ auf die Flora und Fauna auswirken, da natürliche Habitate frequenter gestört werden und Schäden durch Abfälle sowie vom Betreten von Brut- und Erholungsgebieten entstehen können.

5 Vergleich mit dem Kanupark Markkleeberg

Am Markkleeberger See südlich von Leipzig steht mit dem Kanupark Markkleeberg einer der modernsten und technisch fortgeschrittensten Wildwasseranlagen Europas, welcher mit olympiatauglichen Anlagen in Sydney, Tokyo und London verglichen werden kann. Ein Vergleich dieser Anlage mit dem WWP in Dormagen ist insofern schwierig, da der Markkleeberger See beinahe das Zehnfache an Volumen besitzt wie der Straberger See. Je kleiner ein Ökosystem ist, umso empfindlicher reagiert dieses auf Störungen von außen. Der Markkleeberger See kann demnach Eingriffe deutlich besser kompensieren als der Straberger See. Allerdings existieren nicht viele solcher Wasserparks in Deutschland, weshalb der Vergleich zwischen dem WWP in Dormagen und dem Kanupark am Markkleeberger See, trotz der deutlichen Unterschiede der Gewässer, bis zu einem gewissen Grad Aufschluss über die Auswirkungen auf die Gewässergüte geben kann.

Aus den Tabellen 4-1 und 4-2 können die Unterschiede zwischen den beiden Seen und der Wasseranlagen entnommen werden.

Tabelle 5-1: Allgemeine Unterschiede zwischen dem Markkleeberger See und Straberger See

	Markkleeberger See	Straberger See
Volumen (m ³)	60.700.000	9.800.000
Wasseroberfläche (ha)	252	70
Mittlere tiefe (m)	26	14
Max. Tiefe (m)	58	19
Sichttiefe (m)	>2	2
Untergrund	Sandig, z.T. unterschiedlich	Sandig
Oberflächen Zu- und Abfluss	Ja	Nein
Schichtung	Ja	Ja
Naturschutzgebiet	Nein	Nein
Badegewässerbewertung	Ausgezeichnet	Ausgezeichnet
Nutzung	Personenschiffahrt, Badestrand, Kanupark, Segel Club, Angelverein, Seepark, Erlebnisrast- und Spielplatz, Seepromenade, Hundestrand, Windsurfen, Stand-Up-Paddling, Tauchen, Wasserski	WakeBeach 257, Segel Club, Kiesgewinnung, Badestrand, Angelverein*, Spielplatz
Nachgewiesene Fischarten	Aal, Brasse, Döbel, Flussbarsch, Güster, Giebel, Graskarpfen, Hecht, Karausche, Karpfen, Maräne, Rotaugen, Rotfeder, Schleie, Seesaibling, Stichling, Spiegelkarpfen, Ukelei, Wels, Zander, Zwergwels	Aal, Bitterling, Brasse, Flussbarsch, Hecht, Karpfen, Moderlieschen, Rotaugen, Rotfeder, Schleie, Ukelei, Wels, Zander

*Angelverein am Straberger See ohne Patent für das Jahr 2023, dementsprechend ist der Einfluss unklar.

Der Markkleeberger See ist aus dem ehemaligen Tagebau Espenhain entstanden, wo zwischen 1939 und 1994 Braunkohle gefördert wurde. Der See wird, wie der Straberger See, hauptsächlich vom Grundwasser gespeist, besitzt aber noch mehrere kleine oberflächliche Zu- und Abflüsse sowie die Auenhainer-Bucht als Verbindung zum Störmthaler See im Süden.

Der Markkleeberger See besitzt beinahe das Zehnfache des Wasservolumens und das Sechsfache der Wasseroberfläche des Straberger Sees. Aufgrund seiner Größe und den entsprechend großen Freizeitangeboten wird der Markkleeberger See auch frequentierter von Gästen besucht, was sich in seiner erhöhten Nutzung widerspiegelt.

Aufgrund des Größenunterschieds befindet sich im Markkleeberger See eine größere Diversität an ökologischen Habitaten und Strukturen als im Straberger See (z.B. Inseln, unterschiedliche Landnutzung im Gebiet, Küstenlinie, größere Tiefen, etc.), was sich in den unterschiedlichen Fischbeständen beider Seen widerspiegelt. Invasive Fischarten konnten nicht nachgewiesen werden, was die Einschleppung gebietsfremder Arten durch den Kanupark damit ausschließt. Eine signifikante Veränderung des Bestands und der Populationsgrößen der Fischarten des Markkleeberger Sees wurde seit der Eröffnung des Kanuparks ebenfalls nicht dokumentiert.

Tabelle 5-2: Unterschiede zwischen dem Kanu- bzw. Wasserpark des Markkleeberger Sees und Straberger Sees

	Kanupark Markkleeberg	Wildwasserpark Dormagen
Länge der Kanäle (m)	270 & 150	250-300 (ja nach Endversion)
Breite der Kanäle (m)	8,4	10
Durchfluss (m ³ /s)	4-18	Bis zu 15
Höhenunterschied (m)	5,2	4,5
Pumpenanlage (l/s)	28.000	?
Direkte Verbindung zum See	Ja	Nein
Nutzungszeit im Jahr	Mitte März bis Dezember	Ganzjährig

Beide Wildwasserparks besitzen eine ähnliche Grundlage bezüglich der Eigenschaften ihrer Kanäle. Der Markkleeberger Kanupark kann mithilfe von seiner Wasser- bzw. Durchflussregulation verschiedene Fließströme innerhalb der Kanäle kreieren, um eine Variabilität des Parcours zu generieren. Genauere Angaben dazu sind für den WWP nicht vorhanden. Voraussichtlich wird auch in diesem Betrieb der Abfluss den Umweltbedingungen und Kundenanfragen nach reguliert werden können. Die Besucheranzahl ist nur von sekundärer Relevanz, da sie keinen direkten Einfluss auf die Wasserentnahme und -abgabe in den See hat. Einzig die Produktion von Abfällen die ungewollt in den See gelangen und der Eintrag von belastenden Stoffen wie z.B. Sonnencreme, können sich nach den Besucheranzahlen entsprechend unterscheiden.

Der größte Unterschied beider Wasserparks ist ihre jeweilige Verbundenheit mit dem angrenzenden See. Während der WWP Dormagen (im Hauptkonzept) gänzlich vom Straberger See getrennt ist und nur mittels Wasserpumpe und Überlaufbecken ein Wasseraustausch stattfindet, ist das Zielbecken des Kanuparks Markkleeberg mit einem (meist offenstehenden) Tor an den Markkleeberger See angebunden. Der Kanupark muss dadurch sein Wasser nicht aktiv austauschen, da dieses immer direkt vom See einfließt. Ökologisch gesehen werden Gefahren wie die Einschließung von Organismen innerhalb des Kanuparks minimiert. Andere Risiken hingegen, wie das Einsaugen von Organismen in die Pumpen oder das Rückhalteunvermögen von Abfällen in den See, bleiben bestehen oder sind vergrößert.

Die Planung, Erbauung und Bewirtschaftung des Kanuparks am Markkleeberger See wurden so konzipiert, dass die Einflüsse auf den See und dessen Flora und Fauna so gering wie möglich gehalten werden. Dies ist insofern geglückt, da keine nachweisbare Veränderung im See aufgrund der Eröffnung des Kanuparks im April 2007 vorgefunden wurde. Es kann aufgrund der Größe des Markkleeberger Sees davon ausgegangen werden, dass keine Verschlechterung der Gewässergüte des Sees durch den Bau und Betrieb des Kanuparks stattgefunden hat. Der Kanupark hat einen geringen bis gar keinen Einfluss auf die ökologischen und physikalisch-chemischen Parameter des Sees (Schichtung, Sichttiefe, Nährstoffeintrag, Flora und Fauna, etc.), da diese Veränderungen im großen Wasservolumen des Markkleeberger Sees abgepuffert werden und so auf ein Minimum reduziert werden. Einleitungen von Schad- oder Giftstoffen oder Veränderungen der physikalisch-chemischen Parameter des Wassers durch den Kanupark werden ebenfalls durch die großen Wassermengen des Sees verdünnt und minimiert.

Der direkte Einfluss des WWP Dormagen auf den Straberger See ist aufgrund dessen kleineren Volumens als potenziell größer einzuschätzen als der Einfluss des Kanuparks auf den Markkleeberger See. Dennoch kann der Kanupark als Vorbild für die Umsetzung des Großprojekts WWP in Dormagen gelten, da bei dessen Umsetzung die gleichen Gesetze und Verordnungen zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie sowie die Einflüsse der Baumaßnahmen genauso beachtet werden mussten. Zudem existieren in Deutschland keine weiteren vergleichbaren Anlagen.

6 Empfehlungen

6.1 Verträglicher Bau der Anlage

Um den ökologischen Einfluss des geplanten Wildwasserpark (WWP) auf den Straberger See auf einem Minimum zu halten, müssen verschiedene Bau- und Konstruktionsweisen für die Gebäude und Außenanlagen in Betracht bezogen werden. Die Verwendung von nachhaltigen Materialien sowie eine möglichst umweltfreundliche Bauweise wird im Bewertungssystem nachhaltiges Bauen (BNB) festgehalten. Diese Zertifizierung ermöglicht eine Sicherung von bundesweit festgelegten Standards bezüglich der Qualität der geplanten und auszuführenden Maßnahmen.

Das verwendete Material zum Bau des WWP sollte betreffend seiner Ökobilanz und Umweltproduktdeklaration überprüft werden. Positiv werden geringe Transportwege bei der Verwendung von Naturstein, die Verwendung von zertifiziertem Holz und die Verwendung von Ökobilanzdaten bei der Auswahl von Baustoffen/Produkten bewertet. Umgekehrt sind hier energieintensive Baustoffe wie Stahl und Beton zu nennen (Konzeptstudie FWT 2021). Witterungs- und nutzungsbedingter Abtrag schädlicher Stoffe aus Holz- oder Korrosionsschutzmitteln, Farben, Klebern etc. kann ein Risiko für Gewässer und Böden sowie beim Aufbringen und Verarbeiten ein Gesundheitsrisiko für Menschen darstellen. Je weniger solche schädlichen Stoffe in der Außenanlage zum Einsatz kommen, desto positiver fällt die Bewertung aus (BNB 2016).

Hinsichtlich der Bauweise sollte eine möglichst ökologische Umsetzung angestrebt werden. Die strikte Trennung der Baustelle vom See mittels z.B. Spundwänden kann dabei bereits enorm helfen, dass keine ungewollten Abbauprodukte direkt in die Gewässer gelangen (BNB 2016). Die in diesem Falle exakte Vorgehensweise muss allerdings von den entsprechenden Bauplanern und Ingenieuren bestimmt werden.

Der Zeitpunkt des Baubeginns und die Dauer des Bauvorhabens sollten so angepasst sein, dass sich möglichst wenige Arten in einer Schon- oder Brutzeit befinden. Je nach Eingriff in die relevanten (Habitat-)Flächen müssen potentiell betroffene Arten betrachtet und in die Planung miteinbezogen werden. Bezüglich der vorkommenden Fischarten des Straberger Sees wäre das im Optimalfall ab dem Frühsommer. Bezüglich der vorkommenden Vogelarten wäre das ab dem Spätsommer.

Kompensationsprojekte gegen den Verlust von Strukturen sowie Ufer-, Brut- und Laichgebiete aufgrund der eingenommenen Baufläche können eine Ausweitung der Säume und Hochstaudenflure auf Teilflächen um den See herum (nicht touristisch genutzte Flächen) sein. Das Anlegen weiterer Biotope durch Röhricht und Ufergehölz am Flachufer und die Erhaltung von Laubholzbestockung kann zudem die Strukturvielfalt, Biodiversität und die Ansiedlung seltener Arten mit spezifischen Nischen an diesen Stellen fördern. Zusätzlich ist vorgesehen, dass die Firma Straberg Kies GmbH nach der Außerbetriebnahme im Jahr 2035 sämtliche Uferregionen des Straberger Sees rekultiviert.

Die Wasserpumpen zur Entnahme des Wassers sollten möglichst so ausgerichtet sein, dass sie bei Betrieb weder das Substrat noch die darin lebenden Organismen aufwirbeln und einziehen.

Die geplante Überlaufschwelle sollte mit einem Siebssystem ausgerichtet werden, damit ungewollte Abfälle nicht ungehindert vom WWP in den See gelangen können. Das über die Pumpen in den Straberger See ausgelassene Wasser sollte während Wartungs- & Instandsetzungsarbeiten so zurückgeführt werden, dass keine Substrate aufgewirbelt werden und dadurch die Sichttiefe nicht negativ beeinflusst wird.

Um möglichst wenige Organismen durch Lichtemissionen negativ zu beeinflussen, hat die BNB eine Vorlage mit Positiv- und Negativbeispielen zur Lichtverschmutzung erstellt (BNB 2016). Fassadenbeleuchtungen sollten nur von oben nach unten strahlen, Leuchtmittel sollten eine staubdichte Abdichtung zum Schutz der Insekten haben und Leuchten sowie Pollerleuchten mit Punktlichtquellen sollten so abgeschirmt werden, dass keine Lichtstrahlung über die Horizontale hinausgeht (NABU 2023). Das Anstrahlen von Bäumen und Sträuchern ist ebenfalls zu verhindern.

6.2 Betrieb

Die Art und Weise, wie der Wildwasserpark (WWP) nach seiner Fertigstellung betrieben wird, kann bereits vieles für die Ökologie und die Umwelt im Projektgebiet tun.

Da bei Sanierungsarbeiten der gesamte WWP leergepumpt wird, muss beim Wiederauffüllen darauf geachtet werden, dass sich keine frisch geschlüpften Fischlarven in den Wassermassen befinden (da diese aufgrund ihrer Größe voraussichtlich nicht vom Siebssystem zurückgehalten werden und durch die Pumpen geschädigt werden können). Dies kann am besten verhindert werden, indem die Sanierungsarbeiten vor der Aufwuchsphase der Fischlarven stattfinden, also in den Wintermonaten bis zu dem Zeitpunkt, zu dem es wieder wärmer wird. Der genaue Zeitpunkt kann ggf. auch eine Rolle spielen, da entweder nachtaktive oder tagaktive Tiere durch den Prozess beeinflusst werden. Es ist der Zeitraum zu wählen, in dem die wenigsten Tiere betroffen werden.

Aufgrund der starken Turbulenz und der strukturarmen Gewässersohle in den Kanälen und Becken des WWP kann davon ausgegangen werden, dass dort keine Sedimentation stattfinden wird. Durch den Wasseraustausch sollten (je nach Abstand der Wasserpumpen zum Seeboden) auch keine großen Sedimentfrachten in und aus dem WWP verfrachtet werden.

Der Betrieb des WWP wird voraussichtlich Lichtemissionen nach sich ziehen. Nebst den Vorschlägen des BNB zum Bau von naturfreundlichen Beleuchtungen, können weitere Maßnahmen getroffen werden, um die Lichtverschmutzung zu reduzieren. Die Reduktion der Betriebszeit im Winter bzw. zu den dunklen Jahreszeiten kann, aufgrund der erwarteten geringen Auslastung von Besuchern im Winter, die Einflüsse des Lichts auf Organismen minimieren. Zudem sollte versucht werden, möglichst bei natürlichem Licht den Betrieb aufzunehmen und auf künstliche Lichtquellen zu verzichten.

Die Nutzungszeit ist der Planung nach auf das ganze Jahr angesetzt, jede Woche mindestens fünf Tage (Zeitplan: Nov. – März: 8h/Tag; April, Mai & September: 10h/Tag; Juni – Aug.: 13h/Tag). Eine Stilllegung oder Betriebspause über die Wintermonate ist nicht geplant. Die jährlichen Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten werden voraussichtlich in den Wintermonaten stattfinden.

Eine fachgerechte Entsorgung der Abfälle aller Besucher sowie Sportler und deren Material ist entscheidend, da diese nicht in die Kanäle und Becken gelangen dürfen. Sollte dies geschehen, könnte das den See negativ in seiner Sauberkeit und dementsprechend in seiner Gewässergüte beeinflussen. Dies kann durch die Beschränkung der Freizeitaktivitäten geschaffen werden oder ein Verbot des Betretens gewisser Bereiche des WWP, Sees und Ufer (Geoportal 2023).

Da beim Betrieb des WWP vielerlei gebietsfremde (Sport-)Materialien eingesetzt werden, besteht ein Risiko, dass gebietsfremde Arten und Krankheiten sowie Parasiten von Besuchern eingetragen werden. Regeln, wie z.B. die Pflicht, sein Material vor dem Gebrauch zu waschen oder zu desinfizieren, können helfen, dieses Risiko zu minimieren.

Ein Monitoring betreffend der Gewässergüte sowie Wasserqualität des Sees und des Wassers im WWP kann helfen, die Ursachen für kommende Veränderungen zu ermitteln und frühzeitig Gegenmaßnahmen zu treffen. Hierbei spielt die Überwachung der physikalisch-chemischen Parameter eine Rolle, da diese viel über die Gewässergüte des Sees aussagt.

Um genauere Informationen über die Einschleppungsrate und die Überlebenswahrscheinlichkeit der Fische in den Becken zu erlangen, sollte ein ökologisches Monitoring nach der Fertigstellung des WWP durchgeführt werden. Anhand dieser Daten kann eine optimale Lösung für die oben genannten Probleme gefunden werden. Um herauszufinden, welche Makrozoobenthosarten sich im WWP ansiedeln können, sollten nach Fertigstellung der Baumaßnahme diesbezüglich ebenfalls Untersuchungen im Rahmen des Monitorings unternommen werden.

Bei Wartungsarbeiten und dem Ablassen des Wassers in den Kanälen und Becken ist es eventuell nötig, eingesperrte Fische mittels Fischbergung aus dem WWP zu entfernen. Regelmäßige Kontrollen bezüglich der Anzahl der eingeschleppten Organismen im WWP können dazu beitragen, die Eintragspfade besser zu verstehen und entsprechende Gegenmaßnahmen zu konzipieren. Regelmäßige Sanierungs- und Wartungsarbeiten der Kanäle, Gebäude und Maschinen sind dennoch wichtig, da diese das Risiko eines betrieblichen Schadens und somit auch den Eintrag von ungewollten Stoffen reduzieren.

7 Bewertung der Machbarkeit

7.1 Umsetzung des Wildwasserparks

Die Umsetzung des Wildwasserparks (WWP) am Straberger See stellt einen Eingriff in die umliegende Umwelt und Landschaft dar. Dabei werden nicht nur bauliche, sondern auch betriebliche und anlagenbedingte Einflüsse auf die Wasserzusammensetzung und Organismen erwartet. Um potenzielle Veränderungen der Gewässergüte festzustellen und ggf. zu verhindern, sind weitere Vor-Ort-Untersuchungen wie Gewässerökologische Gutachten (GÖG), Bestandserhebungen der Flora und Fauna des Gebiets sowie hydrologische Untersuchungen bezüglich der Wasserchemie, Zirkulation und Schichtung nötig. Zudem wird für die Bewirtschaftung des WWP (Wasserentnahme und Einleitung) ein wasserrechtliches Verfahren bezüglich der Gewässernutzung benötigt. Dieses kann nur erteilt werden, wenn WRRL-relevante Kriterien erfüllt sind und die entsprechenden Qualitätskomponenten nicht verschlechtert werden.

Die Wasserentnahme stellt insofern eine Einwirkung dar, da durch die Pumpen Fische und andere Organismen eingezogen und geschädigt werden können. Mittels eines geeigneten Siebsystems kann dieses Problem teilweise gelöst werden. Um Larvenfische und andere Kleinorganismen, die nicht vom Siebsystem zurückgehalten werden, nicht zu schädigen, sollte das komplette Austauschen von Wasser für Sanierungsarbeiten in den Wintermonaten geschehen, da diese Organismen zu dieser Zeit nicht aktiv oder noch nicht geschlüpft sind. Des Weiteren sollten die Pumpen so ausgerichtet werden, dass kein Sediment und die darin oder darauf lebenden Organismen miteingezogen werden kann. Inwiefern sich die berechneten 3 bis 4 cm Wasserpegeländerungen nach einer Komplett-Befüllung auf die Flora und Fauna auswirkt ist zurzeit noch unklar. Es ist jedoch aufgrund der natürlichen Wasserspiegelschwankungen und Resilienz der Ufervegetation anzunehmen, dass die Flora des Straberger Sees durch dieses Vorhaben nicht signifikant beeinträchtigt werden.

Für die Einleitung des Wassers aus dem WWP in den Straberger See besteht noch kein endgültiges Konzept. Die bisher geplante Überlaufschwelle ermöglicht es dem Wasser, ohne Pumpe zurück in den Straberger See zu fließen. Dabei wird das Wasser von einer erhöhten Lage dem See wieder zugeführt. Der Aufprall des Wassers auf die Seeoberfläche und die dadurch entstehende Turbulenz kann das Seewasser geringfügig mit Sauerstoff anreichern. Zudem kann diese Art von Rückfluss, kombiniert mit der Wasserentnahme via Pumpen, eine Zirkulation innerhalb des Sees auslösen, was wiederum die Schichtung in den Sommermonaten und somit die Hydrochemie des Wassers beeinflussen könnte. Weitere Vor-Ort-Untersuchung oder die Simulation der berechneten Veränderungen durch den Wasseraustausch, können diese Aussage verifizieren und deren Ausmaß genauer definieren.

Ein Siebsystem sollte auch hier angebracht werden, um potentiell eingetragenen Abfälle aus dem WWP zurückzuhalten.

Die Substratverhältnisse innerhalb des Sees werden, im Falle einer sinnvollen Lage der Pumpen, durch den Bau und Betrieb des WWP voraussichtlich nicht verändert. Die genaue Lebensgemeinschaft des Makrozoobenthos im Straberger See ist nicht bekannt. Inwiefern sich der WWP auf diese Organismen auswirkt muss in einem Gewässerökologischen Gutachten oder einer Bestandserhebung sowie einem Monitoring nach der Fertigstellung erarbeitet werden.

In den Sommermonaten findet eine Schichtung in der Wassersäule statt. Während dieser Zeit kommt es voraussichtlich zu niedrigeren Sauerstoffkonzentrationen im Hypolimnion. Genaue Informationen über die Sauerstoffkonzentrationen und Tiefe des Epilimnions sind nicht vorhanden. Eine Veränderung in der Schichtung des Sees ist zu erwarten. Wie stark der WWP diese Schichtung beeinflussen wird ist jedoch noch unklar und muss weiter modelliert werden.

Das Verwenden von eigenem Sportgerät und Ausrüstung kann dazu führen, dass gebietsfremde Arten sowie Krankheiten und Parasiten in den WWP und folglich in den Straberger See eingeführt werden. Die strikte Vermietung eigener Materialien und/oder die Pflicht, die eigens mitgebrachten Sportgeräte zu reinigen oder zu desinfizieren kann das Risiko einer Einwanderung minimieren. Ein regelmäßiges Monitoring bezüglich der limnischen Artenvielfalt innerhalb des Straberger Sees kann zusätzlich dazu beitragen, neue (gebietsfremde) Arten schnell zu entdecken und entsprechende Gegenmaßnahmen treffen zu können.

Lärmemissionen sind unumgänglich beim Bau und Betrieb des WWP. Es ist anzunehmen, dass sich die im Wasser lebenden Fische und Vögel nach einer Anpassungsphase an die neuen Bedingungen anpassen können. Tiere in unmittelbarer Nähe des WWP werden ggf. andere und ruhigere Bereiche des Sees aufsuchen. Die erhöhte Lärmemission durch menschliche Freizeitaktivitäten ist demnach als niedrig einzustufen. Einen nachhaltigen negativen Effekt der Lärmemission auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der limnischen Fauna und auf deren Populationsgrößen ist auszuschließen.

Der Betrieb des WWP ist mit Lichtemissionen verbunden, da Gebäude und Wege für die Besucher und Wartung sichtbar sein müssen. Die BNB nennt hierfür einige Bauvorschläge, wie Lichtquellen möglichst umweltfreundlich anzubringen sind, damit möglichst wenige Tiere davon betroffen werden. Aufgrund der Dunkelheit in den Wintermonaten wird der Gebrauch von Lichtquellen potenziell erhöht. Eine Verringerung der Betriebszeit oder das komplette Einstellen des Betriebs zu dieser Zeit ist jedoch nicht geplant.

Die erhöhte Anzahl an Besucher im See führt unter anderem zu einem erhöhten Eintrag von Abfällen und Verschmutzungen sowie stoffliche Einträge wie z.B. Sonnencreme in die Gewässer. Das Anbringen entsprechender Infrastrukturen, wie z.B. öffentliche Mülleimer, das Verwenden von biologisch Abbaubaren Produkten oder die Verwendung von Mehrweggeschirr, sowie das Errichten eines Siebsystems in der Wassereinleitung in den Straberger See können dem entgegenwirken. Für den Rückhalt von stofflichen Einträgen können Ölabscheider im Wasser angebracht werden.

Kompensationsprojekte wie die Ausweitung der Säume und Hochstaudenfluren auf Teilflächen um den See herum, das Anlegen weiterer Biotope durch Röhrich und Ufergehölz am Flachufer und die Erhaltung von Laubholzbestockung können gegen den Verlust von Strukturen sowie Küsten-, Brut- und Laichgebieten umgesetzt werden. Die Pflege der Grünflächen innerhalb der Anlage kann den Eintrag von schädlichen Stoffen und Regenwasser zurückhalten. Alle Uferbereiche sind zudem nach Abschluss der Abgrabungsarbeiten von der Firma Straberg Kies GmbH zu rekultivieren. Hierbei könnte sogar eine ökologische Aufwertung stattfinden.

7.2 Auswirkungen auf die Gewässergüte

Der Bau und Betrieb des Wildwasserparks (WWP) wird das Substrat und die Gewässersohle voraussichtlich nicht verändern. Es kann demnach davon ausgegangen werden, dass der sandige Untergrund nach dem Bau des WWP weiterhin von den entsprechenden Makrozoobenthos-Lebensgemeinschaften bewohnt wird. Inwiefern sich diese jedoch verändert, muss in weiteren Vor-Ort-Untersuchungen festgehalten werden. Um genauere Informationen bezüglich der Sedimentation, der Ansiedlung von einer Makrozoobenthos-Lebensgemeinschaft innerhalb der Becken und Kanäle, dem Eintrag von Organismen durch Verschleppung, dem potenziellen Temperaturanstieg im WWP gegenüber dem See und den Auswirkungen des Betriebs auf die Flora und Fauna in der Umgebung zu erhalten, sollten zudem nach der Fertigstellung diverse Erfolgskontrollen und (ökologische) Monitorings stattfinden. Das daraus generierte Wissen kann dabei helfen, ein tieferes und vollständigeres Wissen über die Auswirkungen von zukünftigen Projekten mit vergleichbarer Fragestellung zu bekommen.

Der Betrieb des WWP kann aufgrund der Wasserentnahme und -zufuhr die Zirkulation und somit auch die Schichtung des Sees beeinflussen. Genauere Aussagen diesbezüglich sind jedoch erst möglich, wenn die Wasserrückführung im Baukonzept weiter definiert und eine Datengrundlage bezüglich der Schichtung des Straberger Sees vorhanden ist. Wie die Schichtung des Sees genau verändert wird muss in weiteren Vor-Ort-Untersuchungen erarbeitet werden.

Die physikalisch-chemischen Werte werden durch den WWP voraussichtlich nur leicht verändert (Temperatur, Sauerstoffverhältnis, Leitfähigkeit). Das Siebssystem kann mit der Rückhaltung von Abfällen dazu beitragen, dass diese Werte weniger stark vom Betrieb des WWP beeinflusst werden. Es kann auch davon ausgegangen werden, dass beim Beachten der Empfehlungen zum Bau und Betrieb des WWP wenig zusätzliche Nährstoffe in den See eingetragen werden. Es ist voraussichtlich keine Veränderung oder Verschlechterung der Gewässergüte diesbezüglich zu erwarten.

Inwiefern die (einzelnen) Tier- und Pflanzengruppen des Straberger Sees durch den Bau und Betrieb des WWP beeinflusst werden, ist zum jetzigen Zeitpunkt aufgrund der noch nicht Vor-Ort durchgeführten aktuellen Bestandserhebungen und damit eingeschränkten Datengrundlage nicht möglich. Eine Risikobewertung diesbezüglich ist demnach erst nach der Erarbeitung dieser aktuellen Grundkenntnisse möglich.

Der Straberger See muss gem. Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) gewisse Werte bezüglich den biologischen, chemischen und physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten für das Oberflächengewässer und Grundwasser einhalten. Die Durchführbarkeit des Projekts hängt demnach mit der Vereinbarkeit der Ziele der WRRL zusammen, da ein Verschlechterungsverbot für WRRL-relevante Wasserkörper besteht. Sollten weitere Untersuchungen eine Verschlechterung prognostizieren oder feststellen, so wäre die Umsetzbarkeit des Projekts gefährdet bzw. weitere Maßnahmen als Kompensation oder zur Minderung der Auswirkungen nötig.

Es konnten mit dieser Untersuchung, die auf vorliegenden Informationen und Unterlagen basiert, keine Faktoren ermittelt werden, die aus gewässerökologischer Sicht die Machbarkeit des WWP Dormagen in Frage stellen.

Die Einbeziehung weiterer gewässerhydrologischer und ökologischer Vor-Ort-Untersuchungen und Beprobungen wie Gewässerökologische Gutachten (GÖG), als Grundlage für die Vereinbarkeit des

Vorhabens mit der WRRL, sollten erstellt werden, um detailliertere Erkenntnisse zur Gewässerökologie des Sees auch für ein zukünftiges Monitoring zu erhalten.

Im Rahmen der Vorplanung des WWP, sollten die Auswirkungen der Wasserentnahmen und -einleitung auf die Zirkulation, Schichtung und Wasserchemie des Sees hydrochemisch untersucht und simuliert werden. Des Weiteren sollte eine genaue Datengrundlage bezüglich der am Straberger See vorkommenden Flora- und Fauna-Arten erstellt werden. Eventuell vorgeschlagene Ausgleichs- oder Kompensationsmaßnahmen zugunsten der Gewässergüte des Straberger Sees müssten beim Bau und Betrieb des WPP miteinbezogen und entsprechend umgesetzt werden.

8 Literaturverzeichnis

Brönmark, C. & Hansson, L.-S., (2017): the Biology of Lakes and Ponds, 3rd Edition. Biology of Habitats.

FWT – Fichtner & Water Transportation GmbH (2021): Datengrundlage zu dem Wasserpegel im Straberger See. Quelle: RKN.

Hauk, A. (2014): Wasser ist nicht gleich Wasser. Biologie in unserer Zeit. Volume 44, Issue 6, Seiten 370-371, <https://doi.org/10.1002/biuz.201490093>

Hygiene Institut des Ruhrgebiets (2020): Untersuchung von Naturfreibadegewässern / Wasserpark Dormagen, Strabeach. Institut für Umwelthygiene und Toxikologie.

Konzeptstudie Fichtner & Water Transportation: Wildwasserpark am Straberger See in Dormagen (2022).

Literaturstudie LfU (2007): Auswirkungen der Gewässererwärmung auf die Physiologie und Ökologie der Süßwasserfische Bayerns. Bayerischen Landesamt für Umwelt. Referat 57-Gewässerökologie. Büro für Fischereifragen und Gewässerökologie.

Radford, A., Kerridge, E. & Simpson, S. (2014): Acoustic communication in a noisy world. Can fish compete with anthropogenic noise? Behavioral Ecology, Volume 25, Issue 5, September-October 2014, Pages 1022–1030, <https://doi.org/10.1093/beheco/aru029>

Schwoerbel, J. & Brendelberger H., (2013): Einführung in die Limnologie, 10. Auflage. 157 Abb., 62 Tab.-VIII, 386 pp., (Spektrum Elsevier).

Taleisnik, E., Peyrano, G., Cordoba, A. & Arias, C. (1999): Water Retention Capacity in Root Segments Differing in the Degree of Exodermis Development. Annals of Botany. Volume 83, Issue 1. Pages 19-27. Instituto de Fitopatologia y Fisiologica Vegetal.

Dr. Tillmanns & Partner GmbH (2017): Wechselwirkungen zwischen Baggerseen und Grundwasser am Beispiel von Nassgrabungen in der Niederrheinischer Bucht. Zusammenfassendes Gutachten zu den Ergebnissen der Grund-, See- und Sedimentporenwasseruntersuchungen für den Hackenbroicher Waldsee, Uedesheimer See und Balgheimer See. Landrat Rhein-Kreis Neuss.

Wahl, J., Dröschmeister, R., König, C., Langgemach, T. & Sudfeldt, C. (2017): Vögel in Deutschland – Erfassung rastender Wasservögel. DDA, BfN, LAG VSW, Münster. S. 50-61.

Wetzel, R. G. (2001): Limnology, Lake and River Ecosystems. Third Edition, Academic Press, San Diego, 1006p.

Wilson, H. L., Ayala, A. I., Jones, I., Rolston, A., Pierson, D., de Eyto, E., Grossart, H.-P., Perga, M.-E., Woolway, R. & Jennings, E. (2020): Variability in epilimnion depth estimations in lakes. Hydrology and Earth System Sciences. Volume 24, Issue 11.

Internetseitenverzeichnis

Bayerisches Landesamt für Umwelt: Ökosystem See - Lebensräume (2021), URL: https://www.lfu.bayern.de/wasser/seen_in_bayern/oekosystem/index.htm (zuletzt geöffnet am 18.1.23).

BNB: Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat (2016). Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Außenanlagen, URL: https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/fileadmin/steckbriefe/forschungsprojekte/neubau/v_2016/BNB_AA2016_112.pdf (zuletzt geöffnet am 18.1.23).

ELWAS Web: Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (2022), URL: <https://www.elwasweb.nrw.de/elwas-web/index.xhtml?jsessionid=B90353E280522A1D8E498DE8F642BB9F#> (zuletzt geöffnet am 2.5.23).

Geoportal.nrw: Geschäftsstelle des IMA GDI Nordrhein-Westfalen, Biotop- und Liegenschaftskataster (2023), URL: <https://www.geoportal.nrw/?activetab=map> (zuletzt geöffnet am 18.1.23).

Helle Not: Tirol Kompetenzzentrum für Lichtverschmutzung am Nachhimmel URL: <https://hellenot.org/themen/tiere-pflanzen-und-oekosysteme/> (zuletzt geöffnet am 23.1.23).

Herpetofauna-NRW: Arbeitskreis Amphibien und Reptilien Nordrhein-Westfalen (2022), URL: <https://www.herpetofauna-nrw.de/arten/amphibien-lurche/index.php> (zuletzt geöffnet am 18.1.23).

LANUV: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2023). Badegewässerprofile nach Abs. 6 der EG-Badegewässerrichtlinie 2006/7/EWG (2022), URL: <https://db.badegewaesser.nrw.de/badegewaesser-nrw/> (zuletzt geöffnet am 23.1.23).

NABU: Naturschutzbund Deutschland. Ökologische Stadtbeleuchtung (2023), URL: <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/energie/energieeffizienz-und-gebäudeanierung/artenschutz/28415.html> (zuletzt geöffnet am 18.1.23).

Naherholungskonzept: Freizeit- und Naherholungskonzept Straberg-Nievenheimer Seenplatte, Dormagen (2019), URL: https://www.dormagen.de/fileadmin/civserv/pdf-dateien/fachbereich_6/bauleitplanung/FNP_ToeB_Sep2019/Anlage_6__Freizeit-_und_Erholungskonzept_Seenplatte.pdf (zuletzt geöffnet am 13.2.23).

Stadt Dormagen: Bebauungsplan / Flächennutzungsplan (2021), URL: <https://www.dormagen.de/leben-in-dormagen/bauen-planen/stadtentwicklung/bebauungsplan-/-flaechennutzungsplan> (zuletzt geöffnet am 23.1.23).

Sportangler-Verein von 1923 e.V. Bayer Dormagen-Zons: News (2022), URL: <https://sav-bayer-dormagen.de/news/> (zuletzt geöffnet am 23.1.23).

OpenStreepMap: Karten (2023), URL: <https://www.openstreetmap.de/karte/> (zuletzt geöffnet am 15.2.23)

Seen.de: Gewässergüte (2022), URL: <https://www.seen.de/service/gewaesserguete.html> (zuletzt geöffnet am 13.2.23).

Uvo.nrw: NRW Umweltdaten vor Ort, Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (2023), URL: <https://www.uvo.nrw.de/uvo.html?lang=de> (zuletzt geöffnet am 23.1.23).