

# Untersuchungen Perfstaausee

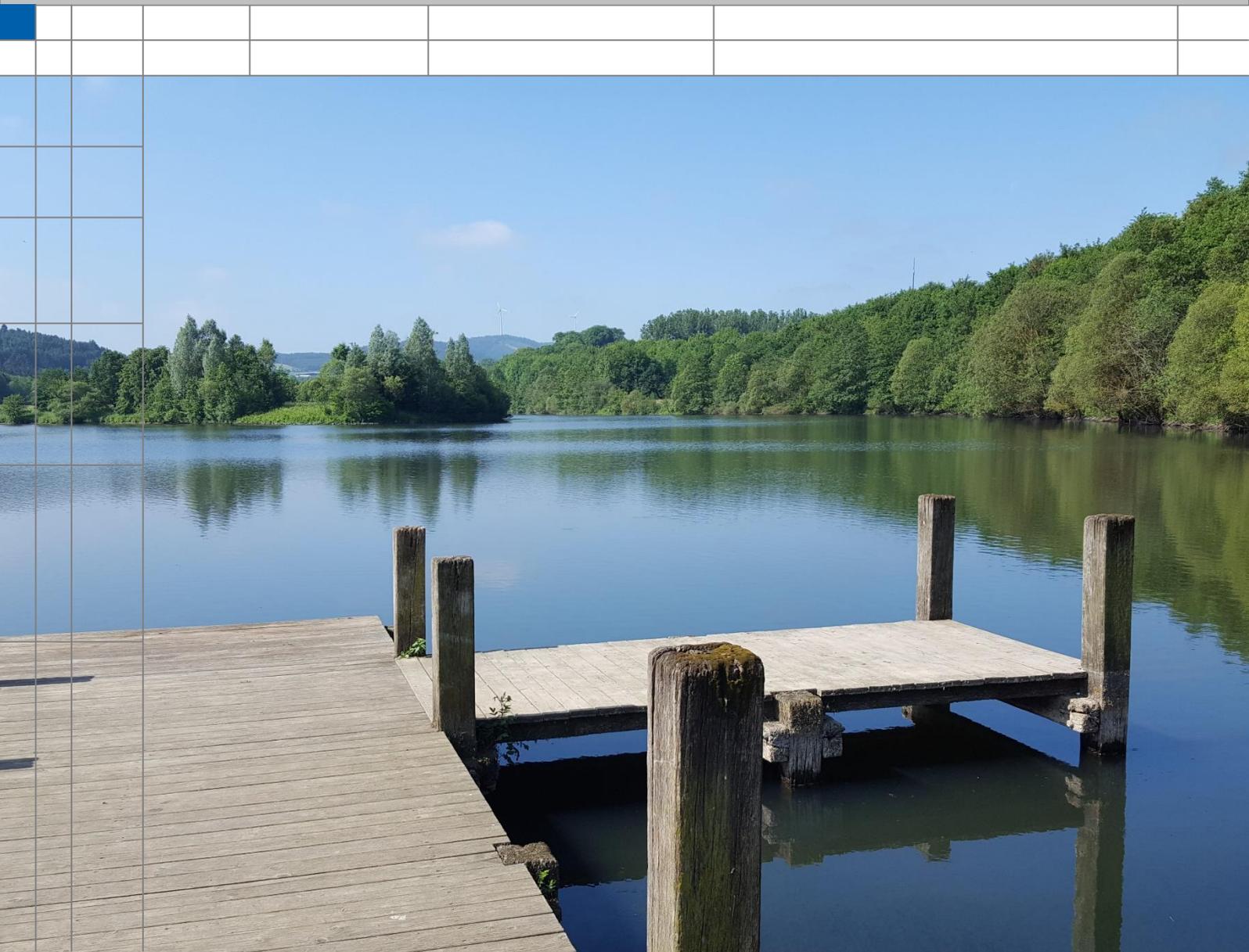
## Ergebnisbericht Mai 2019

Hochschule Koblenz

Fachbereich bauen-kunst-werkstoffe / Bauingenieurwesen

In Zusammenarbeit mit dem Wasserverband Oberes Lahnggebiet, Marburg

Bearbeitung: Prof. Dr.-Ing. Lothar Kirschbauer, M.Eng. Anastasia Savin



# I. Inhaltsverzeichnis

I.	Inhaltsverzeichnis.....	I
II.	Abbildungsverzeichnis.....	II
III.	Tabellenverzeichnis.....	II
1	Historie.....	3
2	Einzugsgebiet HRB Breidenstein/Perf.....	6
2.1	Lage.....	6
2.2	Klima/Niederschläge/Abflüsse.....	6
2.3	Gewässer.....	8
2.4	Einzugsgebiet und Nutzung.....	8
2.5	Entwässerungssystem/Kanalnetz.....	9
3	Bakterien.....	13
3.1	Grundlagen.....	13
3.2	Badegewässerrichtlinie.....	13
3.3	Problematik im Einzugsgebiet.....	14
4	Pflanzen.....	17
5	Untersuchungen.....	18
5.1	Messstellen im Einzugsgebiet des Perfstausees.....	18
5.2	Chemisch-physikalische Parameter.....	18
5.3	Hydromorphologie der Vorsperre.....	20
5.4	ADCP Befahrung.....	22
5.5	Auswertung der ADCP Befahrung.....	22
5.6	Wasservolumen aus ADCP Befahrung.....	23
6	Lösungsvorschläge.....	25
6.1	Problemkreis E.-coli-Belastung aus den Mischwasserentlastungen.....	25
6.2	Problemkreis Überpopulation an Wasservögeln.....	27
6.3	Problemkreis Elodea nuttallii (Wasserpest).....	28
7	Literaturverzeichnis.....	29

## II. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1-1:	Übersichtsplan Perfstausee [1].....	3
Abb. 1-2:	Abgelassener Perfstausee 2006 [2].....	4
Abb. 2-1:	Monatsmitteltemperatur 1981-2010 als 30-Jahresmittel; Januar (links) und Juli (rechts) [4].....	6
Abb. 2-2:	Monatssumme Niederschlag 1981-2010 als 30-Jahresmittel; April (links) und Dezember (rechts) [4] .....	7
Abb. 2-3:	Übersichtsplan Mischwasserentlastungen im Einzugsgebiet des Perfstausees und Gewässermessstellen der HS Koblenz Bxx: Regenüberlaufbecken, Rxx: Regenüberlauf [5] [7] .....	10
Abb. 3-1:	Eintragswege für Colibakterien ( [12], S.32) .....	15
Abb. 3-2:	Bakterienkonzentrationen Perfstausee und Abfluss am Pegel Breidenbach .....	16
Abb. 5-1:	Ammonium-Stickstoffbelastung (NH <sub>4</sub> -N) im Einzugsbiet des Perfstausees.....	19
Abb. 5-2:	Nitrat-Stickstoffbelastung (NaO <sub>3</sub> -N) im Einzugsbiet des Perfstausees.....	19
Abb. 5-3:	Gesamtposphatbelastung (P <sub>ges</sub> ) im Einzugsbiet des Perfstausees.....	19
Abb. 5-4	Tiefenkarte aus der Untersuchung von 2013 (HLUG) (Vorsperre und Dauerstaubereich) [14] .....	21
Abb. 5-5:	Boot mit seitlich montiertem ADCP-Messgerät.....	22
Abb. 5-6:	Lage und Befahrungsrichtung der ADCP-Tracks im Bereich der Vorsperre .....	23
Abb. 5-7:	Tiefenstufen Vorbecken im März 2018 .....	24
Abb. 6-1:	Auslauf Entlastungskanäle RÜB B08-Steinperf [7] .....	26

## III. Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1:	Zusammenstellung der Kenngrößen der Mischwasserent- lastungsanlagen im Einzugsgebiet des Perfstausees [7] .....	12
Tab. 3-1:	Grenzwerte für die Belastung mit Escherichia coli (E.-coli) Bakterien nach der Badegewässerverordnung des Landes Hessen bzw. EU-Richtlinie 2006/7/EG über die Qualität der Badegewässer und deren Bewirtschaftung [3] [9].....	14
Tab. 5-1:	Probenahmestellen Hochschule Koblenz im Einzugsgebiet des Perfstausees	18
Tab. 5-2:	Wasservolumen Vorbecken im Jahr 2013 .....	20

# 1 Historie

Nach starken Hochwasserschäden an der Lahn am 04./05.02.1909, 08.09.1946 und 06./07.02.1984 erfolgten Überlegungen und Planungen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes im Oberen Lahneinzugsgebiet. Hierzu wurde 1979 der Wasserverband „Oberes Lahnggebiet“ gegründet. Als erstes von mehreren Hochwasserrückhaltebecken im Oberen Lahneinzugsgebiet wurde im Jahr 1993 das Hochwasserrückhaltebecken Breidenstein/Perf (im Folgenden mit Perfstausee bezeichnet) offiziell in Betrieb genommen. Der Perfstausee wurde vorrangig als Hochwasserschutzmaßnahme für die unterhalb gelegenen Gebiete projektiert, im Interesse der Naherholung und der Anwohner wurde für die Bürger und zur Niedrigwasseraufhöhung bei längeren Trockenperioden ein Dauerstaubereich mit einer mittleren Tiefe von 3,5 m angelegt, der seit 2001 als Badegewässer genutzt wurde (siehe Abbildung 1-1). Der heute als Naturschutzgebiet ausgewiesene Bereich ist die Vorsperre zum Hochwasserrückhaltebecken und soll den Stoffeintrag in den Rückhalteraum des Hauptbeckens reduzieren.

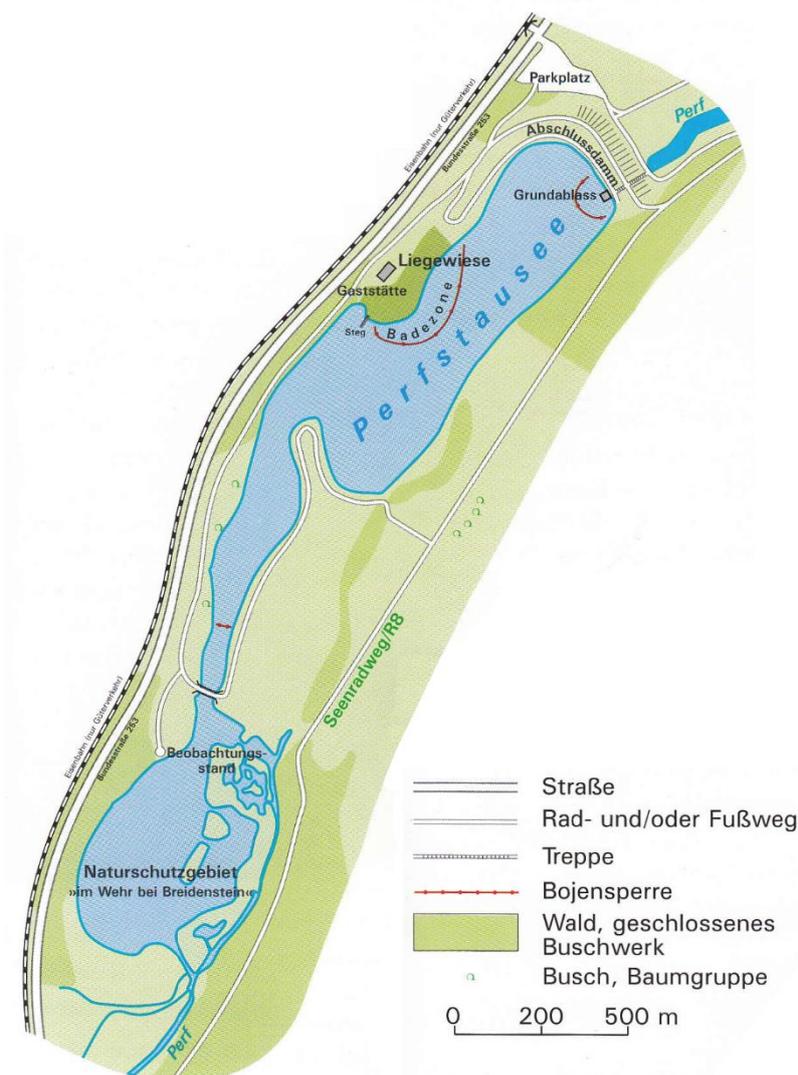


Abb. 1-1: Übersichtsplan Perfstausee [1]

Im Herbst des Jahres 2006 wurde im Rahmen einer vertieften Sicherheitsüberprüfung gemäß DIN 19700-10 (2004-07) eine vollständige Entleerung vorgenommen (siehe Abbildung 1-2). Nach Abschluss der Sicherheitsüberprüfung erfolgte die erneute Füllung der Vor- und Hauptsperre. Diese Wiederbefüllung fiel mit einem Starkregenereignis zusammen, bei dem aus einer oberhalb gelegenen Straßenbaustelle (1. Bauabschnitt Ortsumgehung Breidenbach und Verlegung der Perf in diesem Bereich) vermutlich erhebliche Erdmassen in die Vorsperre eingetragen wurden. Im Bereich der Vorsperre wurde ein Bodenauftrag von ca. 20 bis 30 cm beobachtet.



Abb. 1-2: Abgelassener Perfstausee 2006 [2]

Bei der Anlage des Perfstausees wurde zwischen der Vorsperre und dem Hauptbecken eine Sohlschwelle eingebaut, um den Austrag von abgelagertem Feinmaterial aus der Vorsperre ins Hauptbecken zu verhindern. In 2006 wurde nach der Entleerung des Stauraums festgestellt, dass die Sohlschwelle teilweise erodiert war. Aufgrund von Beobachtungen kann davon ausgegangen werden, dass die Sohlschwelle heute nicht mehr vorhanden ist.

Nachdem viele Jahre die Wasserqualität (gemäß EU-Badegewässerrichtlinie [3]) im Perfstausee sehr gut war, trat seit 2007 immer wieder ein Massenwachstum von Wasserpflanzen (*Elodea nuttallii* - Wasserpest) auf. Ab 2012 wurden zusätzlich zeitweise starke Belastungen mit gesundheitsschädlichen Bakterien (*Escherichia coli* - E.-coli) festgestellt.

Zunächst wurde der Badebetrieb auf Grund der Messwerte periodisch eingestellt. Die anhaltende Überschreitung der zulässigen Bakterienbelastung gemäß EU-Badegewässerrichtlinie führte im Jahr 2016 zum dauerhaften Badeverbot durch die Aufsichtsbehörde [3].

Seit Juni 2017 wurden von der Hochschule Koblenz mit Studierenden aus der Studienrichtung Bauingenieurwesen im Rahmen studentischer Übungen Ortsbegehungen und Gewässeruntersuchungen sowie im Zuge einer Bachelor-Thesis eine Literaturrecherche vorgenommen.

## 2 Einzugsgebiet HRB Breidenstein/Perf

### 2.1 Lage

Der Perfstausee liegt zwischen den Ortslagen Breidenstein im Norden und Breidenbach im Süden. Die westliche Grenze bildet die Bundesstraße B 253 und die parallel verlaufende Güterbahntrasse (siehe Abbildung 1-1). Der Dauerstaubereich hat eine Größe von rd. 13 ha, nach Süden schließt sich ein Naturschutzbereich (Vorsperre) mit einer Wasserfläche von rd. 5 ha an.

### 2.2 Klima/Niederschläge/Abflüsse

Das Einzugsgebiet des Perfstausees liegt in Westdeutschland am Rand des Gladenbacher Berglandes und wird durch eine warm-gemäßigte Klimazone mit maritimem Einfluss charakterisiert. Der maritime Einfluss sorgt für milde Winter sowie nicht zu heiße Sommer. Der Effekt lässt von Nordwesten nach Südosten nach, was unter anderem an den unterschiedlichen geographischen Strukturen des Bundeslandes liegt. Zum einen wird der Niederschlag durch Luv- und Leeseite zu den Windrichtungen beeinflusst, zum anderen zeigt sich eine Abhängigkeit zwischen Temperatur und Geländehöhe. [4]

Im Monatsmittel über die Zeitreihe von 1981-2010 ist Januar mit einer Temperatur von 0,4°C der kälteste Monat in Hessen. Am wärmsten ist es im Juli mit 17,5°C (siehe Abbildung 2-1).

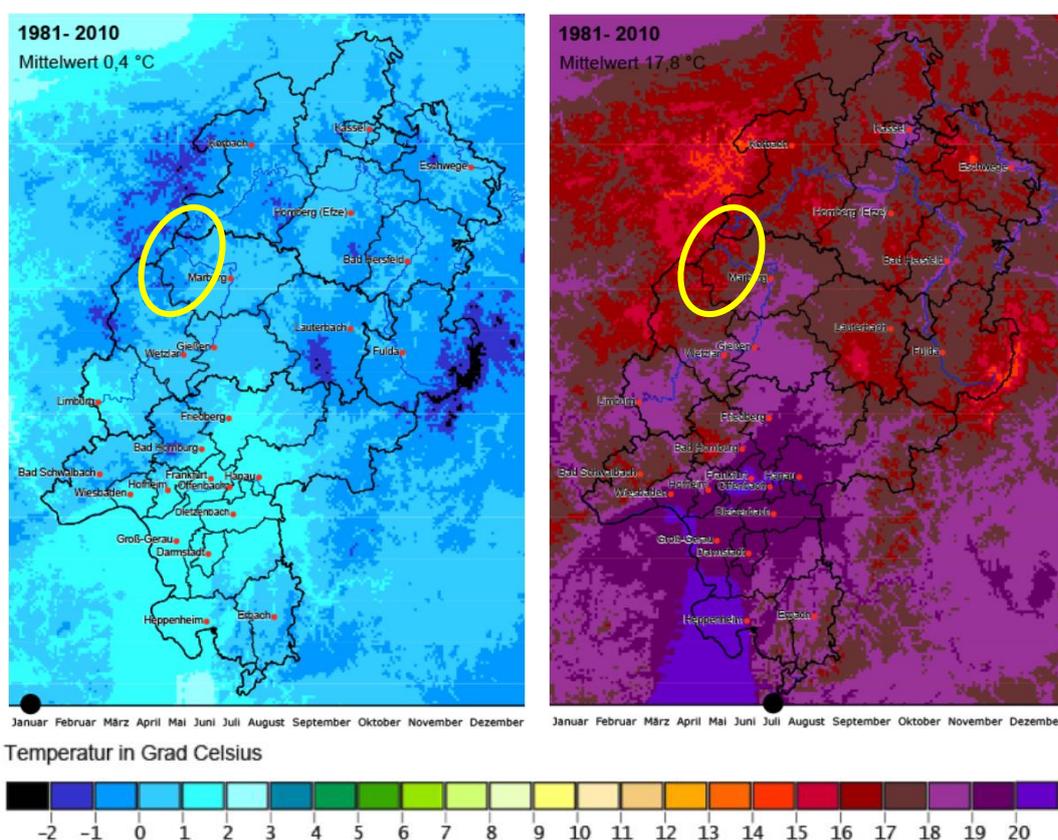


Abb. 2-1: Monatsmitteltemperatur 1981-2010 als 30-Jahresmittel; Januar (links) und Juli (rechts) [4]

Wie in der Abbildung 2-1 dargestellt, gehört das Einzugsgebiet der Perf mit dem Perfstausee (in Abbildung 2-1 gelb markiert) zu den kühleren Regionen. Dies spiegelt die Aussage über den Zusammenhang von Temperatur und Geländehöhe, da das Untersuchungsgebiet im Gladenbacher Bergland liegt und im Vergleich zu der Talregion um Frankfurt deutlich niedrigere Temperaturen aufweist.

Der niederschlagsreichste Monat ist der Dezember mit 81,2 mm und niederschlagsärmster Monat ist der April mit 53,1 mm in der betrachteten Zeitreihe von 1981-2010. Das Einzugsgebiet der Perf (in Abbildung 2-2 gelb markiert) gehört mit 40-80 mm im April und 80-140 mm im Dezember zu den eher feuchteren Gebieten von Hessen. Auch das ist auf das Gladenbacher Bergland zurückzuführen, da der Mittelgebirgszug die ankommenden Luftmassen der Westwinde durch die Luv-Lee-Wirkung zum Aufsteigen bzw. Absinken sowie zur Abgabe der Feuchtigkeit in Form vom Niederschlag zwingt [4]

Ein weiteres Charakteristikum für die Region der Perf sind Starkregenereignisse, die in kurzen Zeiträumen zum schnellen Ansteigen der Gewässer und einem höheren Wasserspiegelniveau im Hochwasserrückhaltebecken führen.

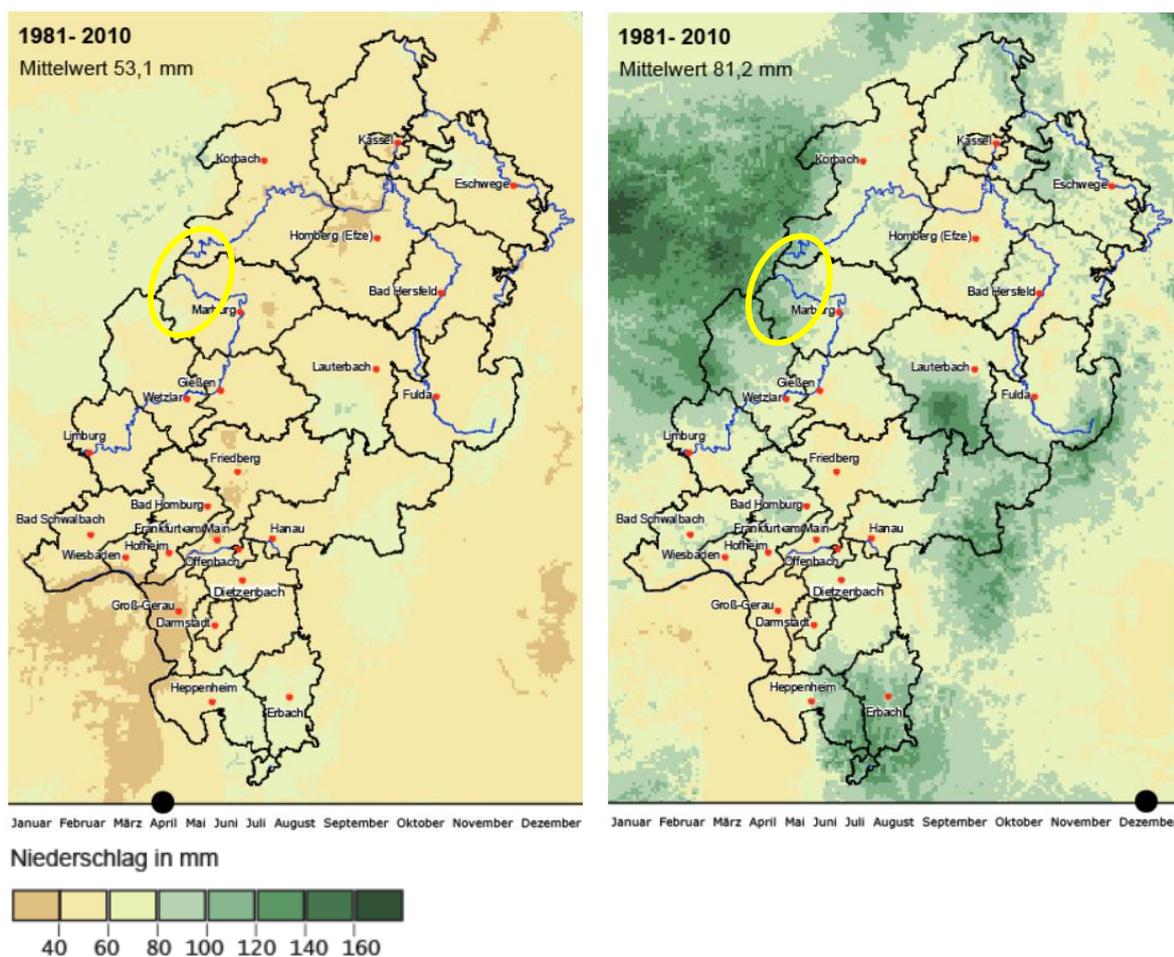


Abb. 2-2: Monatssumme Niederschlag 1981-2010 als 30-Jahresmittel; April (links) und Dezember (rechts) [4]

## 2.3 Gewässer

Der Hauptzufluss zum Perfstausee ist die Perf, ein Gewässer II. Ordnung. Die Perf entspringt im Schelderwald bei Bottenhorn auf einer Höhe von rd. 506 m NHN und fließt überwiegend in nordöstlicher Richtung bis zum südlichen Rand des Naturschutzgebietes. Dort teilt sich die Perf auf. Ein Teil fließt in die Vorsperre im Bereich des Naturschutzgebietes, ein anderer Teil fließt im renaturierten ehemaligen Perflauf an der Vorsperre vorbei Richtung Dauerstaubereich. Unterhalb des Perfstausees fließt die Perf gedrosselt in nordöstlicher Richtung weiter, bis sie bei Wallau in die Lahn mündet [5].

Im Oberlauf ist die Perf ein Fließgewässer III. Ordnung, unterhalb der Einmündung des Gansbaches in Niedereisenhausen ist die Perf dann ein Gewässer II. Ordnung [5].

Die Perf und ihre Nebengewässer gehören dem Fließgewässertyp 5 „Grobmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche“ an. Auf den rd. 20 km Lauflänge von der Quelle bis zum Perfstausee fließen der Perf als typischem Mittelgebirgsbach viele Nebengewässer (z.B. der Gansbach und die Diete als wichtigste Zuflüsse) zu [5].

Die Perf verfügt zum großen Teil über einen naturnahen Gewässerrandstreifen (Galeriewald), während an den Nebengewässern die landwirtschaftliche Nutzung (überwiegend Mähwiesen und Weideland) oft bis direkt ans Ufer der Bäche heran reichen. In den Quellregionen sind weitere Naturschutzgebiet ausgewiesen.

Der Unterlauf der Perf und der Gansbach werden der unteren Forellenregion, die Oberläufe und die sonstigen Gewässer der oberen Forellenregion zugeordnet. Die biologische Gewässergüte oberhalb des Perfstausees wird als gut bewertet [5].

Im Einzugsgebiet des Perfstausees wird vom Regierungspräsidium Gießen (RP Gießen) der Pegel Breidenbach betrieben. Das Einzugsbiet des Pegels hat eine Größe von 92,5 km<sup>2</sup> und erfasst damit rd. 83 % des Gesamteinzugsgebiets der Perf bis zum Perfstausee (rd. 112 km<sup>2</sup>). Die größten aufgezeichneten Durchflüsse am Pegel wurden am 4.09.2011 mit 64 m<sup>3</sup>/s und am 18.09.2011 mit 57,3 m<sup>3</sup>/s gemessen. Im Vergleich dazu flossen im trockenem Juni 2018 im Mittel nur rd. 100 l/s ab [6].

Hierbei ist anzumerken, dass der Pegel nicht für Niedrigwasserabflüsse (unter rd. 100 l/s) geeignet ist. Auch die Messungen von Hochwasserabflüssen werden durch die kurz vor dem Pegel vorhandene Straßenbrücke ebenfalls verfälscht, da das Brückenbauwerk größere Hochwässer (ab ca. HQ<sub>10</sub>) beeinflusst.

## 2.4 Einzugsgebiet und Nutzung

Das Einzugsgebiet der Perf bis zum Perfstausee hat eine Größe von rd. 112 km<sup>2</sup>. Außerhalb der tiefgründigen Talsohlen mit zum Teil löß- und lehmbeeinflussten Braunerden stockt auf den flachgründigen, eutrophen bis oligotrophen Höhen- und Hanglagen vor allem naturnaher

Buchenwald. Der Anteil an Ackerland ist, ebenso wie an Dauergrünland und Nadelholz, gering. Die Ackerflächen reichen in der Regel nicht direkt bis an die Gewässerränder heran. An den Gewässerrandstreifen dominieren Weideflächen und Mähwiesen. Die Siedlungsflächen reihen sich entlang der Flusstäler (Perf und deren Nebengewässer) auf.

## 2.5 Entwässerungssystem/Kanalnetz

Die Abwasserentsorgung im Einzugsgebiet des Perfstausees obliegt dem Abwasserverband Perfgebiet-Bad Laasphe mit dem Sitz in Wallau. Die Entwässerung erfolgt überwiegend im Mischverfahren (Schmutz- und Regenwasser werden in einem Kanal gemeinsam abgeleitet). Die Kanalisation einschließlich der zugehörigen Entlastungsanlagen wurde in den 70iger Jahren geplant und anschließend sukzessive gebaut. In der Regel sind in Fließrichtung unterhalb der jeweiligen Ortslagen Regenüberläufe bzw. Regenüberlaufbecken angeordnet, an denen bei größeren Niederschlagsereignissen stark verdünntes Mischwasser in die Perf bzw. deren Nebengewässer entlastet (abgeschlagen) wird. Insgesamt existieren 32 Mischwasserentlastungsanlagen im Einzugsgebiet der Perf oberhalb des Perfstausees [5] [7].

Die Abwasserreinigung erfolgt für das gesamte Einzugsgebiet des Perfstausees in der Kläranlage Wallau (45.000 EW) des Abwasserverbandes Perfgebiet-Bad Laasphe. Die Kläranlage Wallau liegt unterhalb des Perfstausees am linken Ufer der Lahn und leitet das gereinigte Abwasser in die Lahn bei Wallau ein [8].

Alle bestehenden Mischwasserentlastungsanlagen (Regenüberläufe und Regenüberlaufbecken) entsprechen den allgemein anerkannten Regeln der Technik. Die Entlastung von stark verdünntem Mischwasser in einem Mischsystem bei stärkeren Regenereignissen ist erforderlich, da die Kläranlage hydraulisch nur eine bestimmte Abwassermenge aufnehmen kann, damit das Abwasser ordnungsgemäß gereinigt werden kann. Der folgenden Abbildung 2-3 kann die Lage der Mischwasserentlastungsanlagen im Einzugsgebiet der Perf oberhalb des Perfstausees entnommen werden.

Im Rahmen eines Förder- und Forschungsprogramms des Landes Hessen wurden an zwei Regenüberlaufbecken vor der Einleitung ins Gewässer zur weitergehenden Mischwasserbehandlung Retentionsbodenfilterbecken gebaut. Dies erfolgte unterhalb der Regenüberlaufbecken RÜB-SKO Wiesenbach (B27) und RÜB-SKO Kleingladenbach (B26).

Der Nachweis der Mischwasserbehandlung im Einzugsgebiet des Perfstausees zeigt, dass sich die 32 Mischwasserentlastungsanlagen in Anlagen unterteilen lassen, die deutlich mehr Schmutzfracht in das jeweils aufnehmende Gewässer entlasten als andere Entlastungsanlagen im Einzugsgebiet. Zusätzlich ergibt sich aus den Berechnungsdaten, dass die beiden Retentionsbodenfilterbecken (RBF) in Wiesenbach und Kleingladenbach eher kleinere Einzugsgebiete aufweisen (siehe Tabelle 2-1).

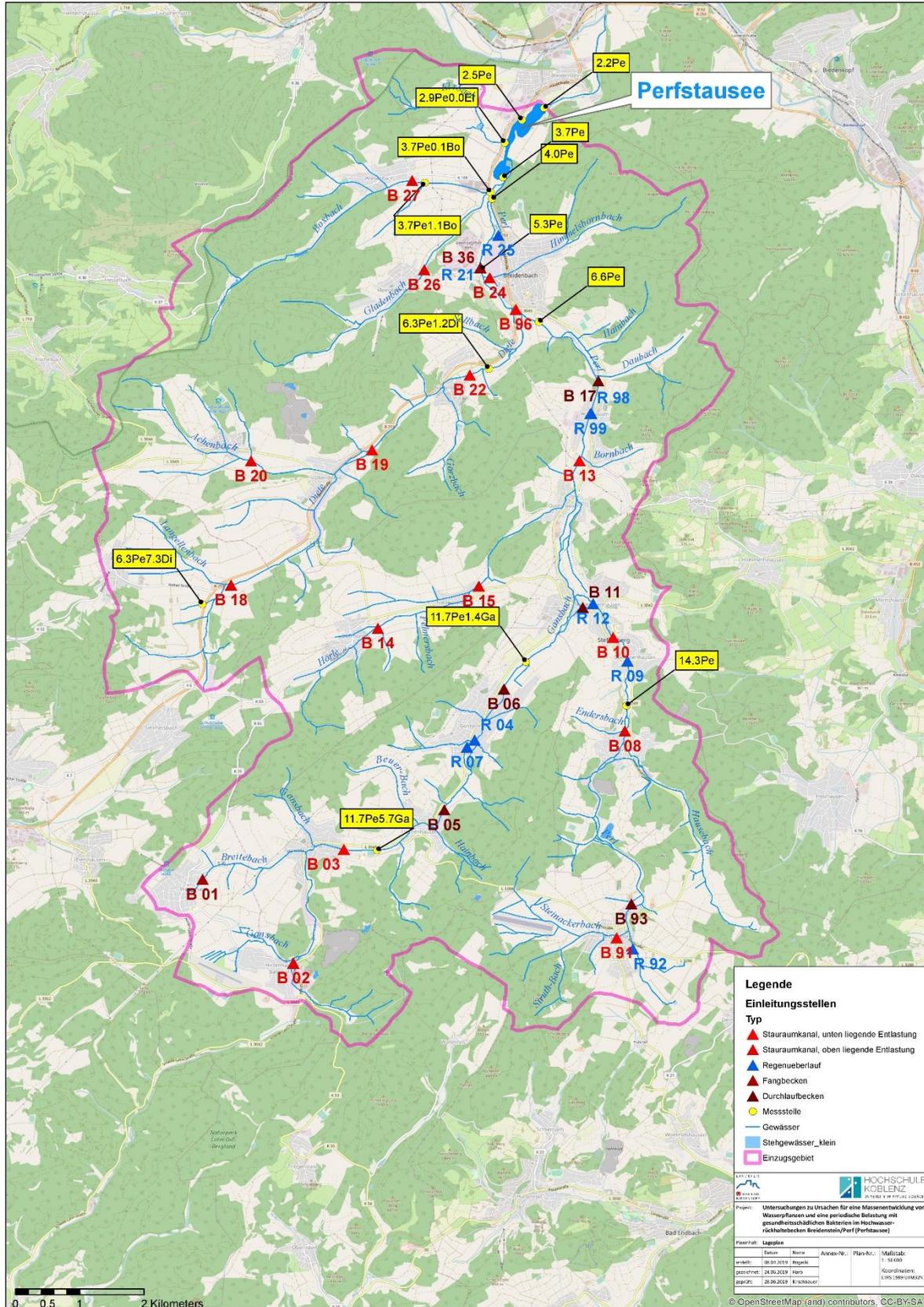


Abb. 2-3: Übersichtsplan Mischwasserentlastungen im Einzugsgebiet des Perfstausees und Gewässermessstellen der HS Koblenz  
 Bxx: Regenüberlaufbecken  
 Rxx: Regenüberlauf [5] [7]

Geht man vereinfacht davon aus, dass sich die entlastete E.-coli-Konzentration proportional zur entlasteten Schmutzfracht oder zu den angeschlossenen Einwohnern verhält, so kann man anhand der Zusammenstellung in Tabelle 2-1 mögliche Standorte für Einrichtungen zur Verringerung der E.-coli-Belastung im Einzugsgebiet des Perfstausees ermitteln. Dies ist jedoch noch durch weitere Untersuchungen, insbesondere bei Entlastungsereignissen, zu überprüfen.

Regenentlastungen oberhalb Perfstausee

Grundlage: SMUSI-Berechnung AV Perfgebiet, KA Wallau (Q=583 l/s); IST-2011 mit Bad Laasphe vom 08.06.2011

Bez.	Bauwerke				Direkt-EZG des Bauwerks				Gesamt-EZG des Bauwerks				Ergebnis der Schmutzfrachtberechnung (IST-2011)			
	Name	Typ	Volumen V [cbm]	Drossel-Wassermenge Qd [l/s]	A <sub>0</sub> [ha]	A <sub>Trenn</sub> [ha]	A <sub>0</sub> [ha]	A <sub>0, gesamt</sub> [ha]	Einwohnerzahl [-]	Trockenwetterabfluss mQ <sub>0</sub> bzw. mQ <sub>9</sub> [l/sec]	Entlastung *10 [kgCSB]	Entlastungskonzentration (SMUSI) [kg/ha]	Entlastungsereignisse KU [-]	Entlastungsereignisse BU [-]	Entlastungsereignisse max. [-]	
B06	Gömmern-RUBVI	DLB H	964	100	38,0		15,8	79,5	5742	6,0	569	235	40	1	40	
B03	Lühd-RUBII	SKUH	87	160	59,5	7,9	20,8	42,9	3424	4,0	406	189	74	0	74	
B17	Wolzhausen-RUBXVII	DLB N	284	230	12,9		4,4	164,9	12056	13,0	229	229	48	6	48	
B05	Frechenhausen-RUBV	DLB H	480	100	31,2		9,9	52,8	4134	5,0	376	225	57	9	57	
B01	Herzenheim-Ost-RUBI	FBG H	310	27	45,1	6,5	14,4	14,4	1419	2,0	313	216	-	63	63	
B11	Niedereisenhausen-RUB	DLB N	123	65	18,1		6,8	40,3	3129	3,0	313	222	93	5	93	
B93	Botzenhorn-E1.02	DLB N	541	20	21,8		8,2	16,4	1273	1,0	272	195	45	1	45	
B13	Quothausen-RUBXIII	SKUH	500	250	43,4	15,2	14,9	154,3	11383	12,0	244	218	32	0	32	
B18	Reih-RUBXVIII	SKOH	77	24	25,9		9,2	9,2	597	1,0	219	239	-	84	84	
B14	Oberhöfen-RUBXIV	SKOH	165	20	27,6		10,0	10,0	832	1,0	216	215	-	60	60	
B08	Steinperff-RUBVIII	SKOH	268	35	36,5	7,9	9,5	25,9	2113	2,0	182	194	-	46	46	
B20	Achenbach-RUBXX	SKOH	63	21	20,0	1,0	7,5	7,5	563	1,0	164	218	-	88	88	
B19	Oberdielen-RUBIX	SKUH	9	68	36,7		14,8	31,5	1933	2,0	170	170	25	25	25	
B22	Niedereisen-RUBXII	SKUH	9	138	22,5	1,9	8,1	39,6	2519	3,0	151	173	43	43	43	
B27	Wieserbach-RUBXVII	SKO H RBF	89	22	30,5	1,6	8,7	8,7	743	1,0	150	172	-	62	62	
B26	Keinglesbach-RUBXXVI	SKO H RBF	125	20	23,9	1,1	7,7	7,7	619	1,0	119	155	-	54	54	
R04	Gömmern-RUVIa	RUE	0	141	27,7		9,1	11,0	824	1,0	109	105	-	41	41	
B36	Fa. Buderus, Breidenbach	FBG N	75	30	7,2	1,3	6,6	6,6	0	1,0	106	161	-	43	43	
B02	Herzenheim Bf.-RUBIII	SKOH	119	40	31,7	8,9	7,6	7,6	530	1,0	94	123	-	25	25	
B15	Niederhöfen-RUBXV	SKOH	123	27	16,1		4,9	14,9	1195	1,0	94	208	-	57	57	
B24	Breidenbach-Buderusstraße	SKOH	69	450	50,8	3,2	18,0	20,5	1993	3,0	93	59	-	18	18	
B10	Niedereisenhausen-RUX	SKUH	4	93	17,2		4,4	33,5	2750	3,0	64	173	36	36	36	
R12	Niedereisenhausen-RU12	RUE	0	80	15,7	3,0	4,6	4,6	327	1,0	48	104	-	41	41	
B91	Botzenhorn-E1.01	SKUH	3	74	20,6		6,5	6,5	544	1,0	43	66	27	27	27	
B21	Breidenbach-RUBXVb	RUE	0	130	12,1	6,5	5,7	5,7	412	1,0	41	73	-	33	33	
B96	Breidenbach-RUBXVb	SKUH	0	28	7,9		2,5	2,5	269	0,0	28	112	53	53	53	
R25	Breidenbach-RUBXXV	RUE	0	135	14,1		4,0	4,0	480	1,0	16	40	-	13	13	
R09	Oberisenhausen-RUX	RUE	0	99	10,9		3,2	3,2	250	0,0	15	47	-	21	21	
B98	Wolzhausen-RUBXVIIIb	RUE	0	91	12,1	0,4	3,1	3,1	249	0,0	12	39	-	19	19	
R98	Wolzhausen-RUBXVIIIa	RUE	0	141	8,3		3,1	3,1	166	0,0	7	21	-	7	7	
R07	Gömmern-RUBVII	RUE	0	92	7,9		1,9	1,9	184	0,0	6	31	-	10	10	
B92	Botzenhorn-E2.01	RUE	0	69	5,8		1,7	1,7	157	0,0	5	29	-	8	8	
			Summe:	4487					Summe:	5013					Summe:	5013

< 500 kg CSB (Blue)
   
 < 1500 kg CSB (Green)
   
 < 3000 kg CSB (Yellow)
   
 ≥ 3000 kg CSB (Red)

< 15 Ereignisse (Blue)
   
 < 30 Ereignisse (Green)
   
 < 60 Ereignisse (Yellow)
   
 ≥ 60 Ereignisse (Red)

**Typ**  
 RBF  
 H  
 N  
 KU  
 BÜ

**Beschreibung**  
 nachgeschalteter Retentionsbodenfilter  
 Hauptanschluss  
 Nebenschluss  
 Klarüberlauf  
 Beckenüberlauf

**Typ**  
 RUE  
 SKO  
 DLB  
 FGB

**Beschreibung**  
 Regenüberlauf  
 Stauraumkanal, oben liegende Entlastung  
 Stauraumkanal, unten liegende Entlastung  
 Durchlaufbecken  
 Fangbecken

mit nachgeschaltetem Retentionsbodenfilterbecken

Tab. 2-1: Zusammenstellung der Kenngrößen der Mischwasserentlastungsanlagen im Einzugsgebiet des Perfstausees [7]

## 3 Bakterien

### 3.1 Grundlagen

Das Bakterium *Escherichia coli* (E.-coli) wurde 1885 von Dr. Theodor Escherich, einem deutschen Kinderarzt, während der Forschung an Bakterien im Stuhlgang von Kindern entdeckt. Dr. Escherich benannte das neu entdeckte Bakterium ursprünglich „*Bacterium coli commune*“. Es wurde jedoch 1919 ihm zu Ehren in „*Escherichia coli*“ umbenannt. Der Begriff *coli* stammt aus dem lateinischen Genitiv von *colon*, was einen Teil des Dickdarms bezeichnet und beschreibt den Lebensraum der Bakterien. *Escherichia coli* kommen im Darm von Menschen und Warmblütern vor und sind dort vor allem für den Erhalt des mikrobiologischen Gleichgewichts verantwortlich. E.-coli-Bakterien gehören zu der Gruppe der coliformen Bakterien. Bei coliformen Bakterien handelt es sich um verschiedene Bakterienarten der Gattungen wie *Enterobacter*, *Citrobacter* oder *Klebsiella*, die auch die Eigenschaft der Laktosevergärung gemein haben.

*Escherichia coli* ist ein Keim, der in einer Darmflora normalerweise apathogen (nicht krankheitserregend) vorkommt. Es existieren aber auch pathogene (krankheitserregende) E.-coli-Stämme, die für die befallenen Lebewesen gefährliche Auswirkungen haben können. Aufgrund der weiten und häufigen Verbreitung von E.-coli-Bakterien ist die Gefahr einer Infektion groß. Die Infektion erfolgt üblicherweise über Trink- oder Oberflächenwasser und Lebensmittel. *Escherichia coli* hat demnach eine große Bedeutung in der Lebensmittelhygiene. Da sie im Darm der Menschen und Warmblütern vorkommen, werden sie u.a. als Indikatoren einer Fäkalkontamination von Wasser herangezogen.

### 3.2 Badegewässerrichtlinie

Die Richtlinie 2006/7/EG der EU über die Qualität der Badegewässer und deren Bewirtschaftung, die in der Verordnung über die Qualität und die Bewirtschaftung der Badegewässer (VO-BGW) vom 24.07.2008 für das Land Hessen umgesetzt wurde, gibt vor, dass alle Mitgliedsstaaten dazu verpflichtet sind, jedes Jahr die Wasserqualität ihrer Badegewässer zu bestimmen und anhand der in der Richtlinie beschriebenen Parameter die Qualität zu beurteilen [3][9]. Zur Bestimmung der Wasserqualität gemäß VO-BGW werden zwei Indikatororganismen herangezogen, *Escherichia coli* (E.-coli) und intestinale Enterokokken. Gemäß VO-BGW sind „vor Beginn einer Badesaison die Badegewässer im Benehmen mit der Eigentümerin oder dem Eigentümer zu bestimmen und die Dauer der Badesaison festzu-legen.“ „Für jedes Badegewässer ist vor Beginn jeder Badesaison ein Überwachungszeitplan ... zu erstellen. Die Überwachung ist bis spätestens vier Tage nach dem im Überwachungszeitplan angegebenen Datum durchzuführen.“ [9] Kurz vor Beginn jeder Badesaison ist eine Probenahme vorzunehmen [9]. Unter Einbeziehung dieser zusätzlichen Probenahme darf die Anzahl der pro Badesaison genommenen und analysierten Proben nicht

weniger als vier betragen, wobei der maximale Zeitraum zwischen zwei Probenahmen auf keinen Fall einen Monat überschreiten darf. In Abhängigkeit der vorgefundenen Bakterienanzahl (Kolonien-bildende Einheiten – KBE) wird die Badewasserqualität in ausgezeichnete, gute und aus-reichende Qualität eingestuft (Tabelle 3-1)

	A	B	C	D
	Parameter	Ausgezeichnete Qualität	Gute Qualität	Ausreichende Qualität
1	Intestinale Enterokokken (KBE/100 ml)	200 *	400 *	330**
2	Escherichia coli (KBE/100 ml)	500 *	1000 *	900**

\* Auf der Grundlage einer 95-Perzentil-Bewertung.

\*\* Auf der Grundlage einer 90-Perzentil-Bewertung.

Tab. 3-1: Grenzwerte für die Belastung mit Escherichia coli (E.-coli) Bakterien nach der Badegewässerverordnung des Landes Hessen bzw. EU-Richtlinie 2006/7/EG über die Qualität der Badegewässer und deren Bewirtschaftung [3] [9]

Wie oben beschrieben, müssen die Probenahmetage **vor** dem Beginn der Badesaison festgelegt werden [9]. Damit spielt der Zufall gerade in Einzugsgebieten mit Mischwasserentlastungsanlagen eine gewisse Rolle.

### 3.3 Problematik im Einzugsgebiet

Verschiedenste Untersuchungen haben gezeigt, dass die Bakterienkonzentrationen in Gewässern je nach Wetterlage oder -ereignis unterschiedlich hoch sind. Daher ist es sinnvoll, die Bakterieneinträge in trockenwetter- und regenwetterbedingte Einträge zu unterscheiden. Hierbei ist nicht nur die Tatsache, dass Niederschlag auftritt, relevant, sondern auch in welcher Intensität er vorkommt. Untersuchungen haben gezeigt, dass „leichte Niederschläge nicht zwangsläufig mit einer Verschlechterung der mikrobiologisch-hygienischen Qualität verbunden sind“ ([10], S.34), ein Starkregenereignis jedoch immensen Einfluss auf die Gewässerqualität hat. Von Starkregen spricht der Deutsche Wetterdienst bei einer Niederschlagsmenge von 15 bis 25 l/m<sup>2</sup> in einer Stunde bzw. 20 bis 35 l/m<sup>2</sup> in sechs Stunden. Wenn ein entsprechend starker Niederschlag fällt, dessen Volumen das Kanalnetz überfordert, springen Entlastungsanlagen an. Dabei handelt es sich um Regen- oder Mischwasserentlastungsanlagen. Im Vergleich spielen die Misch-wasserentlastungsanlagen eine größere Rolle, da von ihnen die stärkere Belastung auf die Gewässerqualität im Hinblick auf den Eintrag von E.-coli-Bakterien ausgeht. Da im Mischsystem Regen- und Schmutzwasser gemeinsam in einem Kanal abgeführt werden, wird bei einer Entlastung in die Gewässer ein verhältnismäßig hoher Anteil an kontaminiertem Wasser eingeleitet (Abbildung 3-1). Aber auch

bei Regenwassereinleitungen aus Trennsystemen kann eine Kontaminationsgefahr vorliegen, da das Regenwasser eventuell durch Schmutzwasser-Fehlanschlüsse belastet ist. Zusätzlich zu den Entlastungsanlagen können größere Mengen an E.-coli-Bakterien über Abschwemmungen aus verunreinigten Flächen in die Gewässer gelangen [12]. Hierbei handelt es sich überwiegend um mit Mist oder Gülle versehene landwirtschaftlich genutzte Ackerflächen, von denen bei einem Starkregenereignis erhebliche Mengen an Fäkalbakterien in die Gewässer abgeschwemmt werden können.



Abb. 3-1: Eintragswege für Colibakterien ( [12], S.32)

Vergleicht man die am Perfstausee im Badebereich gemessenen E.-coli-Konzentrationen mit den am Pegel Breidenbach gemessenen Abflüssen, so ist ein Zusammenhang zwischen erhöhten E.-coli-Konzentrationen im Badebereich und erhöhten Abflüssen am Pegel Breidenbach feststellbar (vgl. Abbildung 3-2).

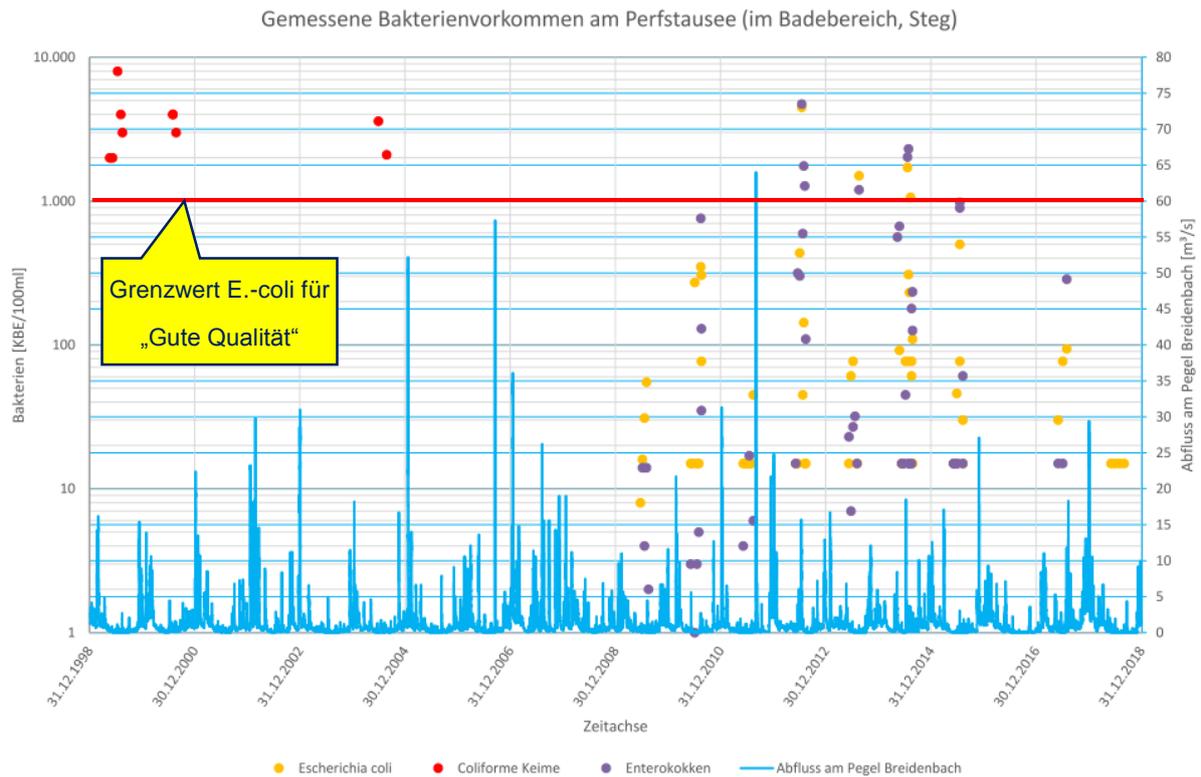


Abb. 3-2: Bakterienkonzentrationen Perfstausee und Abfluss am Pegel Breidenbach

Aus Abbildung 3-2 kann weiter entnommen werden, dass in den Jahren 2017 und 2018 der Grenzwert für die maximal zulässige E.-coli-Belastung für eine gute Badewasserqualität bei allen Proben über die theoretische Badesaison weit unterschritten wurde. Dies ist auf die trockenen Sommer 2017 und 2018 zurückzuführen.

## 4 Pflanzen

Erstmals in 2007 festgestellt, hat sich die Schmalblättrige Wasserpest *Elodea nuttallii* spätestens seit Sommer 2009 im Perfstausee massenhaft vermehrt, was dann auch in 2009 zu einem erstmaligen Badeverbot führte. Hier kann ggf. ein Zusammenhang zum vollständigen Ablassen des Dauerstaubereiches im Rahmen einer routinemäßigen Sicherheitsüberprüfung des Dammes gemäß DIN 19700-10 (in der Regel alle 10 bis 20 Jahre) im Herbst 2006 bestehen.

Die Schmalblättrige Wasserpest ist eine ausdauernde, aquatische Wasserpflanze, die sich weiter in der Ausbreitung in Deutschland befindet. Die Pflanzen wurzeln im Gewässerboden in Wassertiefen von bis zu 13 m und treiben bis zu drei Meter lange, sich reich verzweigende Sprossentriebe zur Wasseroberfläche. Sie ist bezüglich chemischer und physikalischer Parameter sehr anpassungsfähig, sie kann sowohl als grüne Pflanze als auch als scheinbar abgestorbener brauner Sprossentrieb überwintern und selbst aus kleinsten Bruchstücken neue Pflanzenbestände bilden. Die Schmalblättrige Wasserpest ist in der Lage, Nährstoffe wie Phosphor oder auch Schwermetalle wie Cadmium zu binden. Durch den Zerfall der Pflanzen im Jahresrhythmus ergibt sich eine Schadstoffsenke für diese Stoffe im Sediment. Durch die Förderung der Sedimentation in den Beständen der Wasserpest sowie durch ihre Konkurrenz mit den Planktonalgen gehen Gewässertrübungen zurück und das Wasser klart auf.

Besonders intensiv breitet sich die Schmalblättrige Wasserpest aus, wenn sie Gewässer besiedelt, in denen andere, konkurrierende Makrophyten (als Makrophyten werden höhere Wasserpflanzen (Samenpflanzen, Moose und Armeleuchteralgen) bezeichnet, die im oder am Gewässer wachsen) fehlen. Z.B. beim Übergang vom phytoplankton-dominierten (Phytoplankton, pflanzliche Organismen (z.B. Kieselalgen, Grünalgen, Goldalgen), die im Wasser freischwebend sowohl marin als auch im Süßwasser vorkommen) zum makrophyten-dominierten Zustand.

Die *Elodea nuttallii* ist in der Lage, nicht nur das ortho-Phosphat aus dem umgebenden Wasser zu entnehmen, sondern über ihr Wurzelsystem auch den im Sediment gespeicherten Phosphor wieder verfügbar zu machen. Phosphor kann u.a. über die Landwirtschaft (Düngung) und über Abwassereinleitungen in die Gewässer gelangen.

## 5 Untersuchungen

### 5.1 Messstellen im Einzugsgebiet des Perfstausees

Im Rahmen der Untersuchungen mit Studierenden der Hochschule Koblenz wurden bei verschiedenen Ortsterminen im Einzugsgebiet des Perfstausees chemisch-physikalische Gewässerparameter erhoben. Leider fand keiner der Probenahmetermine in Verbindung mit einem stärkeren Niederschlagsereignis statt. Die Probenahmeorte wurden über das Einzugsgebiet des Perfstausee verteilt. In der folgenden Tabelle 5-1 sind die Probenahmestellen zusammengestellt und in Abbildung 2-3 im Lageplan dargestellt.

Station von der Mündung	Hauptgewässer	Station des Nebengewässers von der Mündung in Perf	Nebengewässer	Besondere Merkmale der Messstelle	MS.-Bezeichnung
km		km			neu*
2.2	Perf			Überlauf des HRB Perf	2.2Pe
2.5	Perf			Badestrand HRB Perf, Steg	2.5Pe
2.9	Perf	0.0	Elsbach	Unterhalb des Durchlasses B253	2.9Pe0.0El
3.7	Perf			Naturschutzgebiet, Mündung in die Vorsperre	3.7Pe
3.7	Perf	0.1	Boxbach	Zusammenfluss Boxbach und Gladenbach, Brücke	3.7Pe0.1Bo
3.7	Perf	1.1	Boxbach	Unterhalb der Einleitung aus dem Bodenfilter	3.7Pe1.1Bo
4.0	Perf			Brücke B253	4.0Pe
5.3	Perf			Pegel Breidenbach	5.3Pe
6.3	Perf	1.2	Diete	Brücke unterhalb von Niederdieten	6.3Pe1.2Di
6.3	Perf	7.3	Diete	Nebenzufluss in der Höhe der Hühnerfarm, unterhalb des Löschteichs	6.3Pe7.3Di
6.6	Perf			Feld oberhalb von Breidenbach	6.6Pe
11.7	Perf	1.4	Gansbach	Brücke unterhalb von Gönnern	11.7Pe1.4Ga
11.7	Perf	5.7	Gansbach	Parkplatz des Sportplatzes	11.7Pe5.7Ga
14.3	Perf			unterhalb von Steinperf	14.3Pe

Tab. 5-1: Probenahmestellen Hochschule Koblenz im Einzugsgebiet des Perfstausees

### 5.2 Chemisch-physikalische Parameter

An den oben genannten Probenahmestellen wurden grundlegende chemisch-physikalische Parameter wie Temperatur, pH-Wert und Leitfähigkeit vor Ort bestimmt. Weitere Parameter wie z.B. Ammonium- und Nitrat-Stickstoff, Ortho- und Gesamtphosphat, CSB und BSB<sub>5</sub> wurden im Labor der Hochschule ermittelt. Über alle Parameter zeigt sich, dass sich die ermittelten Messwerte in für eine gute Gewässerqualität typischen Wertebereichen bewegen. Beispielhaft sind in den folgenden Abbildungen einige Parameter dargestellt. Die Werte vor 2017 wurden den veröffentlichten Messwerten der HLNUG [13] und den Dokumentationen der Perfstausee-Betreibergesellschaft entnommen.

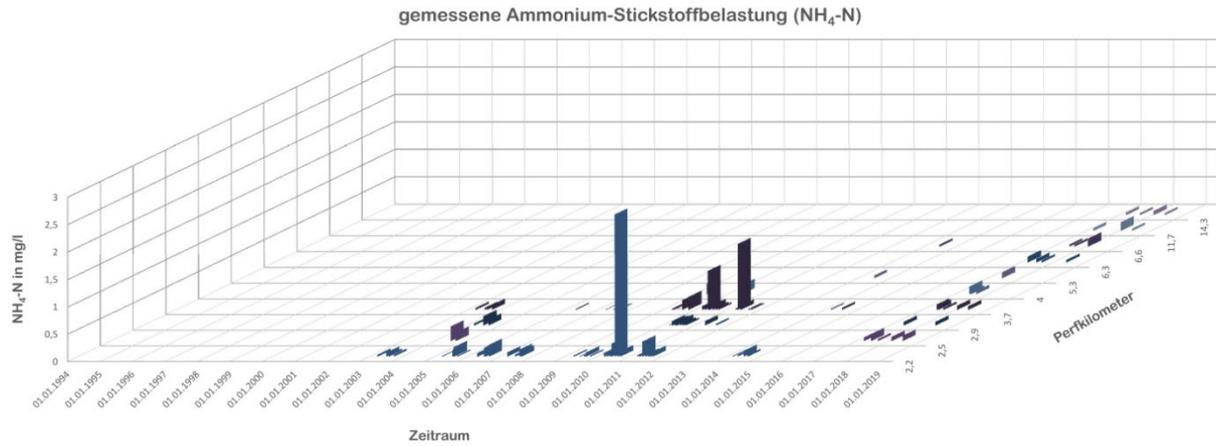


Abb. 5-1: Ammonium-Stickstoffbelastung (NH<sub>4</sub>-N) im Einzugsbiet des Perfstauees

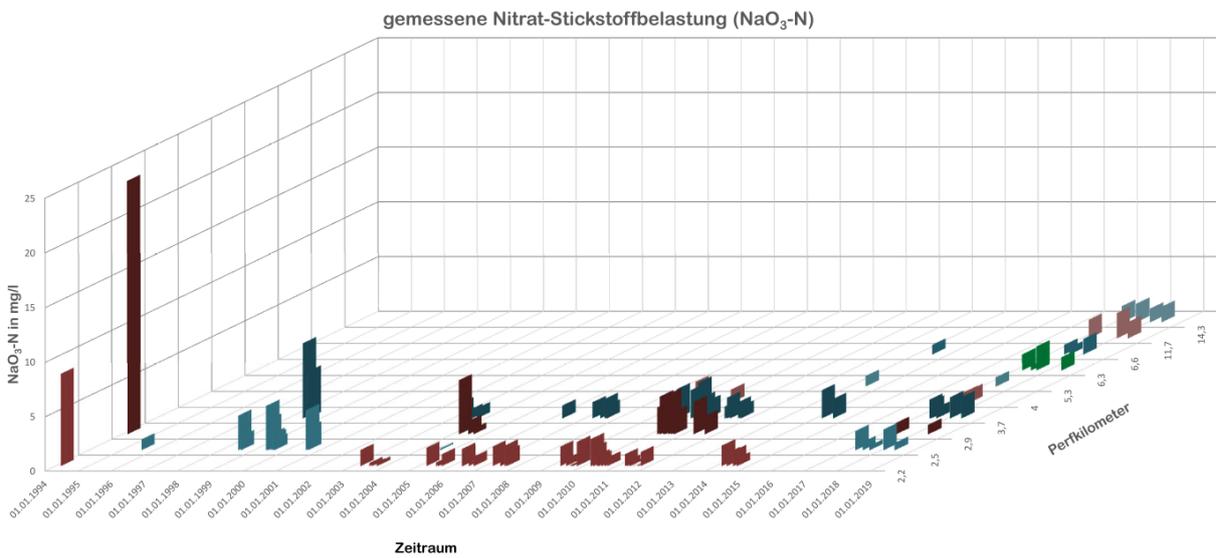


Abb. 5-2: Nitrat-Stickstoffbelastung (NaO<sub>3</sub>-N) im Einzugsbiet des Perfstauees

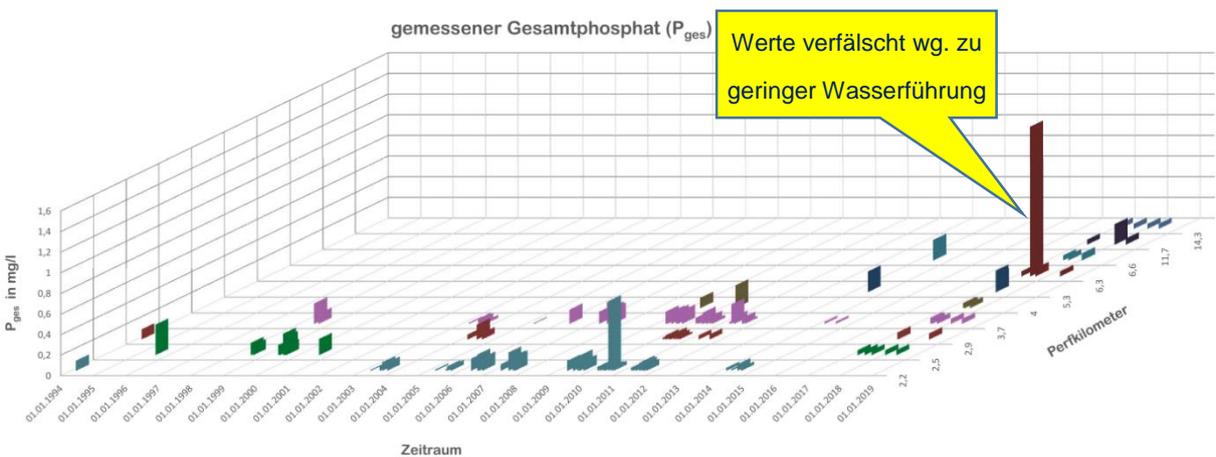


Abb. 5-3: Gesamtphosphatbelastung (P<sub>ges</sub>) im Einzugsbiet des Perfstauees

### 5.3 Hydromorphologie der Vorsperre

Um einen Vergleich und einen Einblick in die Entwicklung des Wasservolumens der Vorsperre zu erhalten, wurde die Tiefenkarte aus der Untersuchung von 2013 (HLUG, siehe Abbildung 5-4) ausgewertet [14]. Hierzu wurde die im DIN A3 Format vorliegende Karte eingescannt und georeferenziert (Deutsches Hauptdreiecksnetz Gauß-Krüger Zone 3). Aus den digitalisierten Tiefenlinien wurden in ArcGIS die jeweiligen Flächen im Bereich des Vorbeckens ermittelt und daraus das Volumen berechnet (siehe Tabelle 5-2). Der Flächeninhalt einer fiktiven -2.5 m Linie wurde dabei zu 50% der Fläche der -2.0 m Linie angesetzt. Es ergibt sich ein Wasservolumen für das Vorbecken von ca. 80.000 m<sup>3</sup> für das Jahr 2013.

Tiefe	Fläche	Flächemittel	Tiefendifferenz	Volumen
[ m ]	[ m <sup>2</sup> ]	[ m <sup>2</sup> ]	[ m ]	[ m <sup>3</sup> ]
0.0	49310			
-1.0	44333	46821	1.0	46821
-1.5	36904	40618	0.5	20309
-2.0	6152	21528	0.5	10764
-2.5	3076	4614	0.5	2307
				<b>80201</b>

Tab. 5-2: Wasservolumen Vorbecken im Jahr 2013



## 5.4 ADCP Befahrung

Um das aktuelle Wasservolumen des Vorbeckens zu ermitteln, wurde am 27. März 2018 eine Befahrung des Vorbeckens mit einem Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP-Messgerät) durchgeführt. Hierzu wurde das ADCP-Messgerät der HLNUG am Boot des Wasserverbandes Oberes Lahnggebiet befestigt und die Befahrung der Vorsperre im an der Brücke zwischen Haupt- und Vorsperre gestartet (siehe Abbildung 5-5). Da das ADCP-Messgerät kein eigenes GPS zur Positionsbestimmung hatte, wurde der Fahrweg parallel über eine GPS-fähige Uhr aufgezeichnet. Der Wasserstand im Hauptbecken betrug zum Zeitpunkt der Befahrung 1,04 m bzw. 302,132 m NHN.



Abb. 5-5: Boot mit seitlich montiertem ADCP-Messgerät

## 5.5 Auswertung der ADCP Befahrung

Die Ergebnisse der ADCP-Messungen liegen als Excel-Tabellen für insgesamt 10 Tracks (Fahrtstrecken) vor. Wesentliche Daten sind die ca. sekundlich gemessenen Tiefen sowie der vom jeweiligen Startpunkt aus zurückgelegte Weg nach Norden bzw. Osten in der Einheit [m]. Durch die fehlenden GPS-Daten zu den einzelnen Tiefenmessungen mussten manuelle Anpassungen durchgeführt werden, da

- i) keine Referenzkoordinaten der Startpunkte bekannt sind und
- ii) die zurückgelegten Wegstrecken aus Geschwindigkeitsmessungen zurückgerechnet und damit fehlerbehaftet sind.

Andererseits liegt auch die Genauigkeit der aus der parallelen GPS-Messung erhaltenen Wegpunkte in der Größenordnung von  $\pm 10$  m, und ist zudem stark von der Anzahl der sichtbaren Satelliten abhängig. Jeder ADCP-Track wurde daher mittels Plausibilitätsvergleich an einem ausgewählten GPS-Wegepunkt georeferenziert und falls notwendig anhand eines zweiten GPS-Wegepunktes skaliert und rotiert. Hierbei konnten für den, allerdings auch nur ca. 20 m langen, ADCP-Track 003 keine plausiblen GPS-Wegepunkte zugeordnet werden. Ebenso ist die aufgezeichnete Wegstrecke beim ADCP-Track 009 deutlich kürzer als in den Handaufzeichnungen vermerkt. Die übrigen Tracks konnten plausibel georeferenziert werden (siehe Abbildung 5-6).

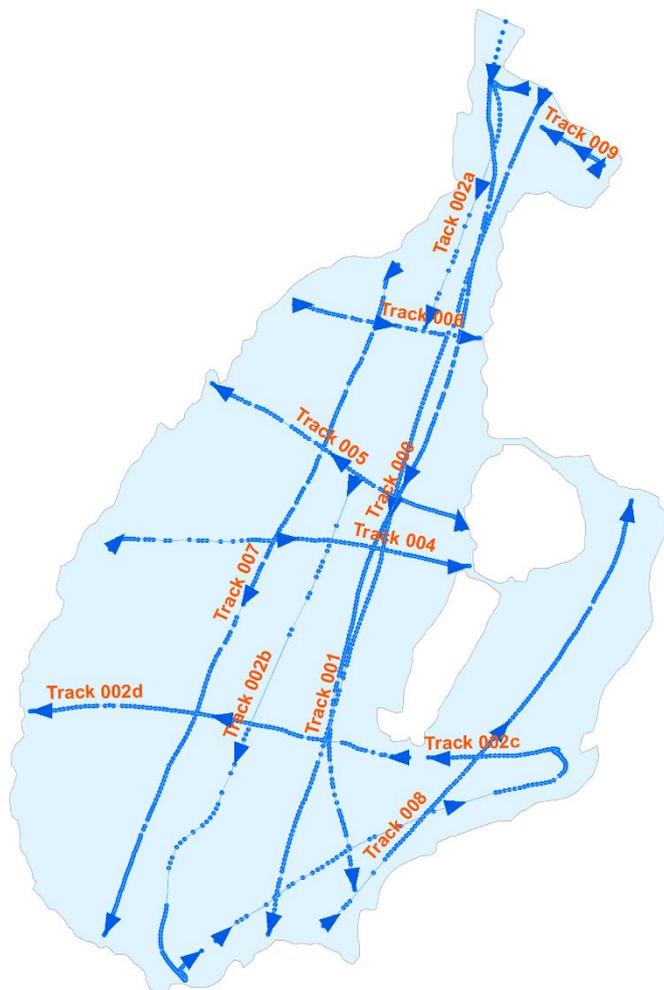


Abb. 5-6: Lage und Befahrungsrichtung der ADCP-Tracks im Bereich der Vorsperre

## 5.6 Wasservolumen aus ADCP Befahrung

Zur Erstellung eines digitalen Tiefenmodells des Vorsperre wurden die insgesamt 1364 Tiefenmesspunkte der ADCP-Tracks um ausgewählte Uferpunkte (0 m Tiefe) ergänzt. Mit diesen Punkten wurde eine Dreiecksvermaschung (Triangulated Irregular Network, kurz TIN) erzeugt, welche dann in ein 1x1 m Raster konvertiert wurde. Durch dieses zweistufige Vorgehen konnten Interpolationsartefakte im Uferbereich zwischen den Messprofilen weitgehend

vermieden werden. Das erzeugte digitale Tiefenmodell wurde abschließend an einer detaillierten Uferlinie geclipped. Das Modell ist mit den zugehörigen Tiefenlinien in der Abbildung 5-7 dargestellt. Als eigentliches Ziel des digitalen Tiefenmodells wurde mit Hilfe des 3D Analyst Tools von ArcGIS das Volumen des digitalen Tiefenmodells unterhalb der 0 m Ebene ermittelt. Aus der Berechnung ergibt sich ein Wasservolumen von ca. 72.000 m<sup>3</sup>.

Das Wasservolumen in der Vorsperre hat sich damit gegenüber dem Jahr 2013 (siehe Abbildung 5-4) in einer Größenordnung von ca. 8.000 m<sup>3</sup> bzw. um rd. 10% verringert.

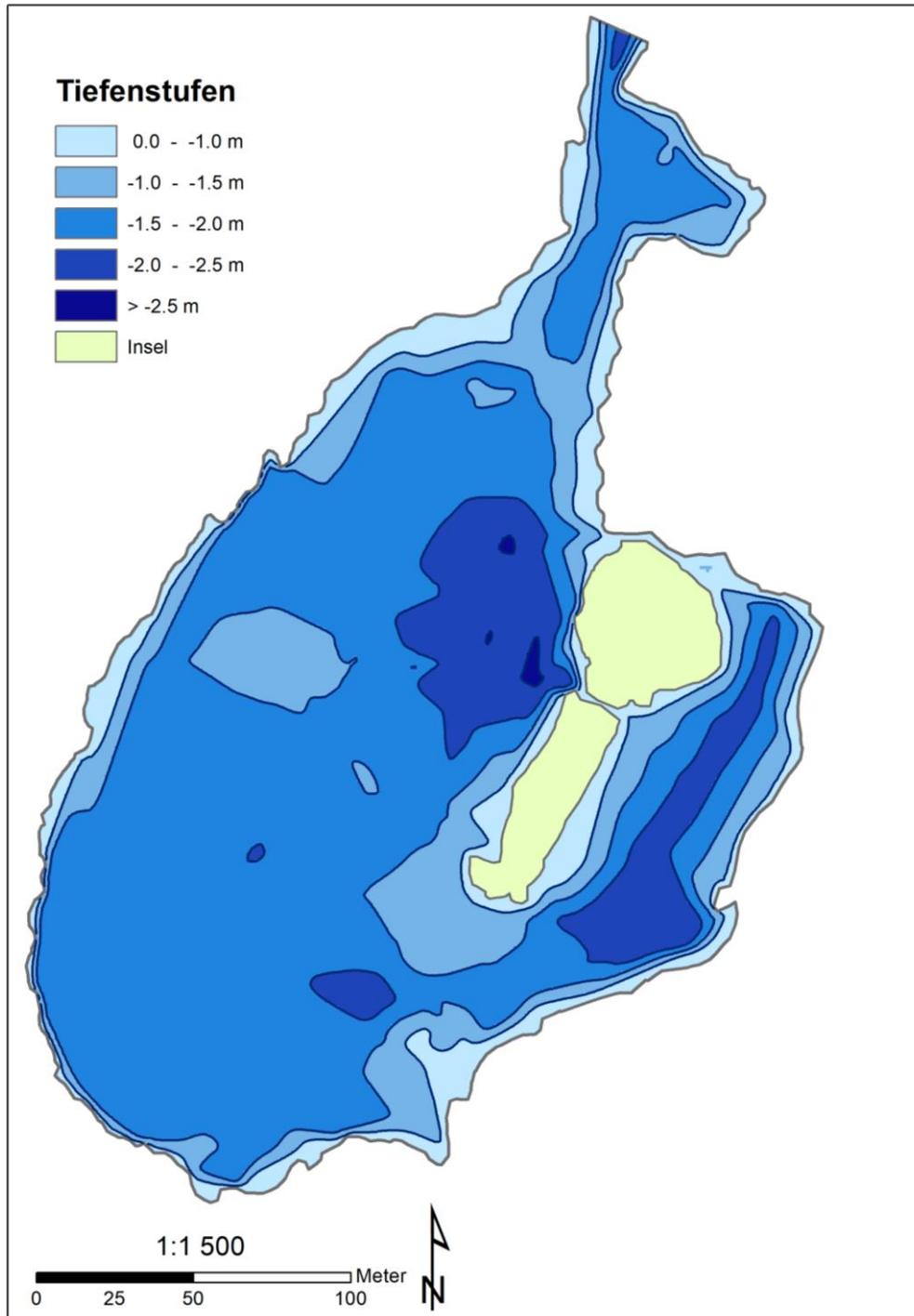


Abb. 5-7: Tiefenstufen Vorbecken im März 2018

## 6 Lösungsvorschläge

### 6.1 Problemkreis E.-coli-Belastung aus den Mischwasserentlastungen

Die Untersuchungen im Einzugsgebiet des Perfstausees haben gezeigt, dass eine wesentliche Ursache für die zeitweise über den zulässigen E.-coli-Grenzwerten gemäß EU-Badegewässerverordnung liegenden Messwerte im Badebereich des Perfstausees in den im Einzugsgebiet vorhandenen Mischwasserentlastungsanlagen liegt [9]. Dies wird auch durch Untersuchungen an anderen Gewässern mit Mischwassereinleitungen (z.B. an der Ruhr [15] oder in der Schweiz [16]) bestätigt. Gerade bei Gewässern im urbanen Raum besteht das Risiko, dass die hygienischen Verhältnisse für ein ungetrübtes Baden in diesen Gewässern nicht ausreichen. In der Vergangenheit wurde u.a. zum Schutz der Gewässer vor einer zu hohen Nährstoffbelastung sehr großer Wert auf die Einhaltung der chemisch-physikalischen Grenzwerte gelegt. Der Austrag von E.-coli-Bakterien aus den Mischwasserentlastungsanlagen und den Kläranlagen wurde in der Vergangenheit weniger beachtet.

Für das Einzugsgebiet des Perfstausees ist zu sagen, dass die Siedlungsentwässerung bereits konzipiert und zum überwiegenden Teil gebaut war, bevor die Planungen zum Hochwasserrückhaltebecken begannen. Das Hochwasserrückhaltebecken Perfstausee ist mit erster Priorität ein Hochwasserrückhaltebecken und erst nachgeordnet ein Freizeit- und Erholungsbereich.

Da aber aufgrund des geänderten Freizeitverhaltens und der landschaftlich schönen Lage der Perfstausee als Erholungsraum genutzt werden soll und auch intensiv genutzt wird, sollten Maßnahmen zur Reduzierung der Gewässerbelastung durch E.-coli-Bakterien getroffen werden.

Hierzu bestehen beispielhaft folgende Möglichkeiten, wobei dieses Aufzählung nicht abschließend ist, da aktuell in verschiedenen Forschungsprojekten (z.B. KLIWAS-Projekt 5.03 „Klimabedingte Änderungen der Gewässerhygiene und Auswirkungen auf das Baggergutmanagement der Binnenwasserstraßen“ [17]) verstärkt Untersuchungen zur Thematik „E.-coli-Belastung“ stattfinden.

#### **Temporäres Badeverbot (Vorschlag 1):**

Ein in Abhängigkeit von Messungen an maßgebenden Entlastungsanlagen oder Niederschlagsmessstellen ausgesprochenes temporäres Badeverbot. Dieses temporäre Badeverbot kann dann über entsprechende Web-Seiten bzw. eine Handy-App bekanntgegeben und auch wieder aufgehoben werden. Hierzu sind weitere Untersuchungen erforderlich um festzulegen, wie lange nach einem Entlastungsereignis das Badeverbot auszudehnen ist. Ein vergleichbares Projekt läuft mit großem Erfolg im Bereich des Baldeneysees in Essen. Hier wurde ursprünglich ein Badeverbot ausgesprochen, wenn an einer von sechs Niederschlagsmessstellen ein Niederschlag von mehr als 5 Millimeter Niederschlag gemessen

wurde. Auf Grund von Erfahrungen wurde das System angepasst, sodass jetzt nur noch ein temporäres Badeverbot ausgesprochen wird, wenn an einer Messstelle mehr als 9 Millimeter Niederschlag oder an drei Messstellen jeweils mehr als 7 Millimeter Niederschlag gemessen werden. Hierzu ist mit dem Abwasserverband Perfgebiet-Bad Laasphe abzustimmen, welche Messsysteme ggf. schon vorhanden sind und genutzt werden können. Zusätzlich kann auch durch eine Kanalnetzsteuerung die Nutzung des in den Kanalisationsnetzen vorhandenen Speichervolumens optimiert werden und so das Mischwasserentlastungsvolumen und dadurch der E.-coli-Eintrag verringert werden. Gemäß VO-BGW ist für die Zulassung als Badegewässer im Vorfeld ein mehrjähriges Untersuchungsprogramm durchzuführen und eine mindestens ausreichende Badegewässerqualität nachzuweisen [9]. Hierbei ist unter anderem auch das Gesundheitsamt des Landkreises Marburg-Biedenkopf und das RP Gießen zu beteiligen.

### Hygienisierung mittels UV-Bestrahlung (Vorschlag 2):

Mittels einer UV-Bestrahlung des über die Mischwasserentlastungsanlagen entlasteten mit E.-coli belasteten Mischwassers könnten die E.-coli-Bakterien abgetötet werden. Dies erfordert ggf. entsprechende Umbauten an den Entlastungsanlagen und einen hohen Energieeinsatz [17].

### Den Mischwasserentlastungsanlagen nachgeschaltete Retentionsbodenfilteranlagen (Vorschlag 3):

Durch die Reinigung des entlasteten Mischwassers über einen Bodenfilter in Kombination mit einer Speicherung kann der Eintrag von E.-coli-Bakterien in die Gewässer verringert werden. Dies ist jedoch im Einzugsgebiet des Perfstausees aufgrund der topografischen Verhältnisse nicht überall möglich. So scheidet dies z.B. unterhalb des Regenüberlaufbeckens Steinperf (siehe Abbildung 6-1) aus.



Abb. 6-1: Auslauf Entlastungskanäle RÜB B08-Steinperf [7]

### **Baumaßnahmen in der Vorsperre (Vorschlag 4):**

Wie die Profilaufnahme der Vorsperre gezeigt hat, ist es in der Vorsperre zu einer starken Verlandung gekommen. Hier bestände die Möglichkeit, die Vorsperre wieder zu vertiefen und das Wasservolumen zu vergrößern. Durch das größere Wasservolumen würde sich die Fließgeschwindigkeit in der Vorsperre verringern und damit zum einen die Aufenthaltszeit des ggf. mit E.-coli-Bakterien belasteten Wasser vergrößern. Dies könnte im Zusammenhang mit einer zukünftig anstehenden vertieften Sicherheitsüberprüfung des Hochwasserrückhaltebeckens, bei der der Speicherraum entleert werden muss, erfolgen.

Zum anderen würden durch das größere Wasservolumen ggf. am Sediment angelagerte E.-coli-Bakterien nicht wieder remobilisiert und so die E.-coli-Konzentration erhöhen. Weiter könnte durch einen weiteren, flachen Speicherraum, der nur ab bestimmten Wasserständen geflutet wird, belastetes Wasser zwischengespeichert und aufgrund der geringen Tiefe mittel der natürlichen UV-Strahlung hygienisiert werden [17].

## **6.2 Problemkreis Überpopulation an Wasservögeln**

Durch die aufgrund des Badeverbotes nicht mehr intensiv genutzte Liegewiese und weiteren Uferbereiche haben sich u.a. zahlreiche Wasservögel, insbesondere Nilgänse angesiedelt. Da z.B. die Nilgänse keine natürlichen Feinde haben, vermehren sie sich sehr stark und verdrängen die ortstypischen Wasservögel wie z.B. Stockenten oder Tafelenten. Außerdem gehen die Nilgänse teilweise sehr aggressiv gegen Menschen vor, die ihnen den Platz streitig machen wollen. Die hohe Dichte an Wasservögeln im Bereich des Badestrandes führt zu unschönen Hinterlassenschaften auf den Liegewiesen und trägt auch zu einer gewissen Belastung mit E.-coli-Bakterien bei, wobei der Aspekt E.coli-Eintrag durch Wasservögel von untergeordneter Bedeutung ist.

Hierzu folgendes Beispiel:

- Vogelkot enthält Fäkalbakterien der Gruppe E.-coli und Intestinale Enterokokken (je gr. Trockengewicht ca.  $10^6$  bis  $10^8$  Bakterien)
- ein Vogel scheidet je nach Größe 1 – 30 g Kot als Trockengewicht aus
- Bei 100 Wasservögel ergäbe dies im Mittel ca. 1,5 kg Kot/Tag oder ca.  $1,5 \times 10^{10}$  Bakterien (100 % Ausscheidung ins Wasser) (Größenordnung!)
- Verteilt man diese Menge auf 600.000 m<sup>3</sup> Wasservolumen im Dauerstaubereich würde dies rechnerisch zu einer Konzentration von ca. 2,5 Bakterien/100 ml führen.

### **Reduzierung der Wasservögel (Vorschlag 5):**

Zur Reduzierung der Nutzungskonflikte zwischen Wasservögeln und freizeitsuchenden Menschen bietet sich ein ungemähter Grünstreifen entlang der Uferlinie an, was jedoch für Badegäste den Zugang zum See erschweren würde. Weiter könnte man als

„Bewirtschaftungsmaßnahme“ intensive Aufklärungsarbeit betreiben, damit keine Fütterung der Tiere mehr erfolgt. Weiter könnten zu Beginn der Brutzeit die bebrüteten Eier durch Attrappen ersetzt werden. Als letzte Alternative kommt noch eine Bejagung in Frage, die anderen Ortes bereits durchgeführt wird [10].

### 6.3 Problemkreis *Elodea nuttallii* (Wasserpest)

Grundsätzlich wird die Wasserqualität eines Sees durch die Wasserpest nicht beeinträchtigt, im Gegenteil: Die Wasserqualität verbessert sich mitunter [18]. Für Wassersport und Badeaktivitäten hingegen ist der üppige Bewuchs – im Perfstausee beispielsweise besonders wuchernd im Jahr 2009 – nicht nur störend: Er verhindert solche Aktivitäten sogar komplett.

Zum *Elodea*-Befall von Gewässern in Deutschland und zu notwendigen Gegenmaßnahmen gibt es bereits eine groß angelegte, wissenschaftliche Studie aus dem Jahr 2008 [19]. Im Ergebnis kann daraus festgehalten werden:

- dass die Bekämpfung von *Elodea* schwierig, aber nicht unmöglich ist [18].
- Die mechanische Bekämpfung der Pflanzen kann, wie auch am Perfstausee im April 2010 bereits durchgeführt, durch ein "Mähboot" erfolgen. Das ist keine nachhaltige und dauerhafte Lösung, denn bereits ein winziger Rest *Elodea* führt zu einem neuerlichen Austrieb.

#### **Besatz mit Rotfedern (Vorschlag 6):**

Mehr Erfolg verspricht der Besatz eines betroffenen Sees mit Rotfedern (*Scardinius erythrophthalmus*) [18], einem pflanzenfressenden Fisch, der (große Populationen vorausgesetzt) in der Lage ist, *Elodea* zu dezimieren. Inwieweit weitere Maßnahmen, etwa der Besatz mit sogenannten Armelechteralgen (*Charophyceae*), die einen nur ca. 50 cm hohen "Unterwasserrasen" bilden und evtl. *Elodea* verdrängen können, Erfolg verspricht, bleibt bei entsprechenden Versuchen des Ruhrverbandes abzuwarten. Das gilt auch für den mechanischen Einsatz eines patentierten "Rollenpflückers" am Baldeneysee [20].

#### **Abdeckung des Untergrundes (Vorschlag 7):**

In jedem Fall ist aber auch bei der Bekämpfung von *Elodea* die oben genannte vorgezogene Sicherheitsüberprüfung (Entleerung) des Hochwasserrückhaltebeckens zu empfehlen, da eine mechanische Vernichtung der Pflanze bei abgelassenem Wasser einfacher und kostengünstiger zu bewerkstelligen ist. Dies könnte dann mit einer Abdeckung des Untergrundes im Bereich des Badestrandes z.B. mit einer Ton- bzw. Bentonitmatte kombiniert werden. Hiermit konnten in den östlichen Bundesländern gute Erfolge erzielt werden.

Für die Planung und Umsetzung der Vorschläge sollte in Betracht gezogen werden, dass die nächste vertiefte Sicherheitsüberprüfung des Hochwasserrückhaltebeckens Perfstausee mit Entleerung des Stauraums nach derzeitigem Planungsstand im Jahr 2026 vorgesehen ist.

## 7 Literaturverzeichnis

- [1]. Hrsg.: Wasserverband Oberes Laahnggebiet und Perfstausee-Betreiber GmbH (o.J.): Der Perfstausee – ein Wassererlebnis zu jeder Jahreszeit, Marburg
- [2]. Flying Hoerman (o.J.): Perfstausee, in: fotocommunity GmbH [Webseite], veröffentlicht am 21.08.2013, <https://www.fotocommunity.de/photo/perfstausee-flying-hoerman/31793269>, Zugriff im August 2018
- [3]. Richtlinie 2006/7/EG des Europäischen Parlaments und Rates über die Qualität der Badegewässer und deren Bewirtschaftung und zur Aufhebung der Richtlinie 76/160/EWG (2006), verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex:32006L0007>
- [4]. Hrsg.: Land Hessen, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) (2013): Umweltatlas [Webseite], Klima, [http://atlas.umwelt.hessen.de/servlet/Frame/atlas/klima/einleitung\\_txt.htm](http://atlas.umwelt.hessen.de/servlet/Frame/atlas/klima/einleitung_txt.htm), Zugriff: im Juni .2019
- [5]. Hrsg.: Land Hessen, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie HLNUG (2017): WRRL-Viewer [Webseite], Themen: Grundlagendaten und Gewässerthemen, <http://wrrl.hessen.de/mapapps/resources/apps/wrrl/index.html?lang=de>, Zugriff im August 2017
- [6]. Land Hessen, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) (o.J.): HLNUG [Webseite], Messwerte, Wasser, Wasserstand und Durchfluss (mit Vorhersage), Pegel Breidenbach, <http://www.hlnug.de/static/pegel/wiskiweb2/#>, Zugriff im August 2017
- [7]. Ingenieurbüro RNT GbR (2017): Erlaubnisantrag zur Einleitung von Regenwasser aus 29 Regenentlastungsanlagen des Abwasserverbandes Perfgebiet-Bad Laasphe (Verwaltungsunterlagen)
- [8]. Hrsg.: Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2017): Beseitigung von kommunalen Abwässern in Hessen, Lagebericht 2016, [https://umwelt.hessen.de/sites/default/files/media/hmuelv/internetfassung-lagebericht\\_2016\\_mit-anlage1.pdf](https://umwelt.hessen.de/sites/default/files/media/hmuelv/internetfassung-lagebericht_2016_mit-anlage1.pdf), Zugriff im Juli 2017
- [9]. Verordnung über die Qualität und die Bewirtschaftung der Badegewässer (VO-BGW) (2008), aktualisiert am 28.11.2013, verfügbar unter: <https://www.rv.hessenrecht.hessen.de/bshe/document/jlr-BadeGewVHE2008V2P1>, Zugriff im April 2019
- [10]. Hrsg.: DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2016): Merkblatt DWA-M 624, Risiken an Badestellen und Freizeitgewässern aus gewässerhygienischer Sicht, 1. Auflage, Hennef, ISBN:978-3-88721-320-6
- [11]. Hrsg.: Deutscher Wetterdienst (DWD) (o.J.): Wetterlexikon, Schlagwort: Starkregen, <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=102248&lv3=102572>, Zugriff im September 2019
- [12]. Güde, H. (2002): Erfassung und Bewertung von Eintragswegen für Belastungen mit Fäkalkeimen im Einzugsgebiet der Seefelder Aach (Bodenseekreis), Langenargen, Hrsg.: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Institut für Seenforschung

- [13]. Hrsg. Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) (o.J.): Seen und Badegewässer, Monitoring Seen, Gütedaten Seen, <https://www.hlnug.de/themen/wasser/seen-und-badegewaesser.html>, Zugriff im Oktober 2017
- [14]. Labor für Fluss- und Seekunde, Dr. Fürst (2013): Perftalsperre, Tiefenkartierung im Auftrag des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie
- [15]. Mälzer, H.-J., Merkel, W. (2018): Baden in der Ruhr: Vom Forschungsprojekt zum Badespaß, In: UNIKATE: Berichte aus Forschung und Lehre [E-Publikationen, Fachzeitschrift], Universität Duisburg-Essen, Heft Nr. 51, Seite 94-105, ISBN: 978-3-934359-51-2, [https://duepublico2.uni-due.de/receive/duepublico\\_mods\\_00070363](https://duepublico2.uni-due.de/receive/duepublico_mods_00070363), Zugriff im Dezember 2018
- [16]. Stauer, P. (2019): Urbanes Schwimmen, Erfahrungen und Herausforderungen in der Schweiz, In: KW Korrespondenz Wasserwirtschaft [Fachzeitschrift], Hennef, DWA, 12. Jahrgang, Heft Nr. 5
- [17]. Böer, S.I. und andere (2014): Klimabedingte Änderungen der Gewässerhygiene und Auswirkungen auf das Baggergutmanagement der Binnenwasserstraßen, Schlussbericht KLIWAS-Projekt 5.03, KLIWAS-50/2014, Hrsg.: BfG, Koblenz, [http://doi.bafg.de/KLIWAS/2014/Kliwas\\_50\\_2014\\_5.03.pdf](http://doi.bafg.de/KLIWAS/2014/Kliwas_50_2014_5.03.pdf), Zugriff im August 2018
- [18]. Haupt, V. (2011): Gewässernachbarschaft Obere Lahn, Vortrag, [https://gfg-fortbildung.de/web/images/stories/gfg\\_pdfs\\_ver/Hessen/OhmWohra\\_Olahn/11\\_oLOW\\_v3\\_haupt.pdf](https://gfg-fortbildung.de/web/images/stories/gfg_pdfs_ver/Hessen/OhmWohra_Olahn/11_oLOW_v3_haupt.pdf), Zugriff im April 2019
- [19]. Podraza, P. und andere (2008): Untersuchungen zur Massenentwicklung von Wasserpflanzen in den Ruhrstauseen und Gegenmaßnahmen, F & E-Vorhaben im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW (MUNLV), Aktenzeichen: 54.173/25-5230, [https://www.ruhrverband.de/fileadmin/pdf/elodea\\_abschlussbericht.pdf](https://www.ruhrverband.de/fileadmin/pdf/elodea_abschlussbericht.pdf), Zugriff im März 2019
- [20]. Hrsg.: Ruhrverband (2018): Ruhrverband erprobt mit Unterstützung des Landes NRW Maßnahmen gegen Elodea, <https://www.ruhrverband.de/presse/pressemitteilungen/detailansicht/news///ruhrverband-erprobt-mit-unterstuetzung-des-landes-nrw-massnahmen-gegen-elodea/>, Zugriff im März 2019