



Kanton St. Gallen - Amt für Umwelt und Energie
Kanton Thurgau - Amt für Umwelt
Abwasserverband Morgental
Entsorgung St.Gallen

Wasserqualität in der Bucht zwischen Arbon und Steinach und bei der Mündung der Steinach

vor und nach dem Bau der neuen Abwasserableitung
für die ARA St.Gallen - Hofen

Objekt Nr. 1491.24
Winterthur, 3. August 2017

HUNZIKER **BETATECH**

EINFACH.
MEHR.
IDEEN.

Impressum:

Erstelldatum: 6. Oktober 2016

Letzte Änderung: 3. August 2017 (Schlussversion)

Autor: Hunziker Betatech AG
Pflanzschulstrasse 17
Postfach 83
8411 Winterthur
Tel. 052 234 50 50
E-Mail: info@hunziker-betatech.ch

Yvonne Gander
Koref. Rolf Gall, Thomas Haltmeier, Michael Eugster (AFU)

Titelbild Amt für Umwelt und Energie (AFU) des Kantons St. Gallen



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Ausgangslage	3
1.2	Randbedingungen Siedlungsentwässerung	4
1.3	Bisherige Arbeiten	4
1.4	Ziele des vorliegenden Berichts	4
1.5	Überblick über die dem Bericht zugrundeliegenden Messkampagnen	5
2	Untersuchungen zur Wasserqualität in der Bucht	9
2.1	Physikalisch-chemische Messungen	9
2.2	Badewasserqualität beim Strandbad Steinach	15
2.3	Vergleich der Tiefenprofile beim Endpunkt der neuen Seeleitung	16
3	Untersuchungen zur Wasserqualität im Mündungsbereich der Steinach	18
3.1	Physikalisch-chemische Messungen	18
3.2	Badewasserqualität	21
4	Zusammenfassung / Schlussbetrachtung	23
4.1	Welchen Einfluss hat die neue Seeleitung auf die Wasserqualität in der Bucht?	23
4.2	Wie hat sich die Wasserqualität im Bereich der Steinachmündung verändert?	23
5	Referenzen	24

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Ende der 90er Jahre wies die Bucht zwischen Arbon und Steinach ökologische Defizite auf [1]. Unter anderem traten Geruchsbelästigungen auf. Die Gründe für die Defizite wurden in einem Expertenbericht der Uferverbauung und der Siedlungsentwässerung zugeschrieben.

Das Ufer wurde zwischen 1998 und 2001 saniert. In einer Untersuchung von Juli 2008 bis Frühling 2009 konnte festgestellt werden, dass die Bucht im Vergleich zu 1993 bereits einen deutlich besseren Zustand aufwies [1]. Es konnten sich verschiedene auch seltene Tier- und Pflanzenarten etablieren [1].

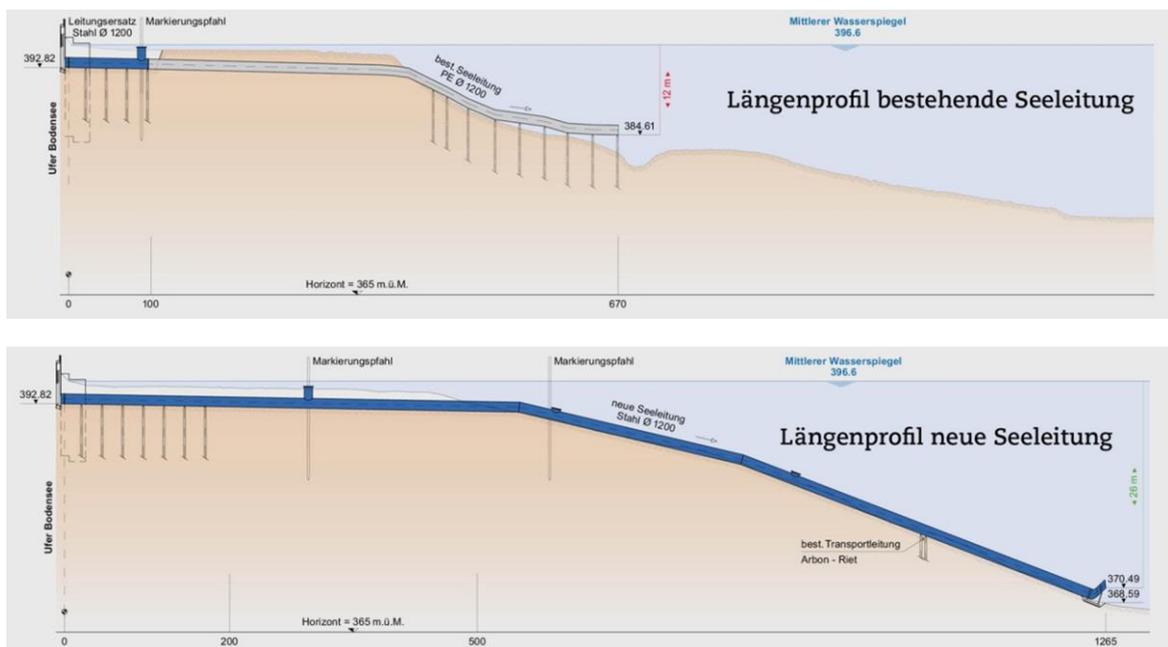


Abbildung 1: Situation und Längenprofil der Seeleitungen in der Bucht

Das gereinigte Abwasser der ARA Morgental wurde von 1973 bis 2014 über eine Seeleitung etwa 670 m vom Ufer entfernt im Übergangsbereich zwischen der Bucht und dem offenen See in 12 m Tiefe eingeleitet. Um die Gewässerqualität in der durch das gereinigte Abwasser der ARA St.Gallen-Hofen stark belasteten Steinach zu verbessern, wurde 2014 eine neue Abwasserableitung direkt zum See in Betrieb genommen. Sie führt das Abwasser in einer Druckleitung auf ein Kleinwasserkraftwerk auf dem Areal der ARA Morgental in Steinach. Von dort gelangt es zusammen mit dem gereinigten Abwasser der ARA Morgental über eine neue Seeleitung in einer Tiefe von 26 Metern und rund 1.3 Kilometer vom Ufer entfernt ausserhalb der Bucht in den Bodensee. Die Steinach ist damit vollständig von gereinigtem Abwasser befreit. Über die neue Seeleitung werden heute bei Trockenwetter aus den beiden ARA etwa 28'000 m³ gereinigtes Abwasser pro Tag eingeleitet. Etwa 65 Prozent davon entfallen auf die ARA St.Gallen-Hofen.

1.2 Randbedingungen Siedlungsentwässerung

Wenn bei starken Regenfällen die Kapazität der neuen Seeleitung erreicht ist, wird das Mischabwasser zuerst über die alte Seeleitung und schliesslich über das Entlastungsbauwerk bei der Aachmündung abgeleitet. Dies kommt nur sehr selten vor. Am Salbach, an der Aach und an der Steinach befinden sich weitere Einleitpunkte aus Regenüberlaufbecken und Hochwasserentlastungen. Verschiedene Massnahmen an diesen Anlagen vor allem im Einzugsgebiet der Aach und der Steinach zielen darauf ab, die Einträge an Mischabwasser weiter zu verringern.

1.3 Bisherige Arbeiten

2006 wurde untersucht, inwieweit eine zusätzliche Einleitung von geklärtem Abwasser Einfluss auf die im Bodensee betriebenen Seewasserfassungen haben könnte [3]. Dabei wurden die Strömungs- und Schichtungsverhältnisse modelliert und der Einfluss verschiedener Standortvarianten auf die bestehenden Seewasserfassungen untersucht.

Von Juli 2008 bis Frühjahr 2009 fanden Untersuchungen der

- aquatischen Wirbellosen (Makrozoobenthos)
- der Wasserpflanzen sowie
- der Ufervegetation

statt. Die Resultate dieser Untersuchungen wurden in einem Bericht Ende 2010 veröffentlicht [1].

1.4 Ziele des vorliegenden Berichts

Um den Einfluss des veränderten Abwasserregimes auf die Bucht zu beurteilen, wurden zwei Messkampagnen in der Bucht sowie in den Mündungen der Aach und der Steinach durchgeführt:

- eine vor dem Bau der neuen Seeleitung (2009 bis 2011)¹ sowie
- eine im Jahr 2015 (ein Jahr nach Inbetriebnahme der neuen Seeleitung).

¹ dokumentiert im Zwischenbericht „Projekt Abwasserableitung ARA Hofen – St. Gallen. Untersuchungen Arboner Bucht“ (AFU St. Gallen, 2012) [2]

Die Ergebnisse dieser Messkampagnen sollten Aufschluss geben darüber

- welchen Einfluss das veränderte Abwasserregime auf die Wasserqualität in der Bucht hat (Kapitel 2) und
- wie sich die Wasserqualität im Mündungsbereich der Steinach verändert hat (Kapitel 3).



Abbildung 2: Impressionen der Messkampagne (Bilder: Kanton Thurgau)

1.5 Überblick über die dem Bericht zugrundeliegenden Messkampagnen

Während der beiden Messkampagnen wurden zahlreiche physikalische, chemische und bakteriologische Parameter an unterschiedlichen Standorten gemessen. Für die zweite Messkampagne nach Inbetriebnahme der neuen Abwasserableitung wurde entschieden, weniger Messtermine und dafür ein umfangreicheres Messprogramm durchzuführen. So wurden in der Bucht mehr Stellen beprobt und an einzelnen Stellen ein Tiefenprofil gemessen (Messstellen V6, R1, R2 und S15). Es gibt Messstellen mit einem kleinen und solche mit einem grossen Messprogramm. Eine Übersicht über die Messstellen findet sich in *Abbildung 3*.

Die Anzahl Messtermine für die Erhebung von physikalisch-chemischen Parametern nach Inbetriebnahme der neuen Abwasserableitung ist gering. Sie geben einen Trend für Veränderungen aufgrund der veränderten Situation bezüglich der Abwassereinleitung an.

Aus Tabelle 1 sind die untersuchten Parameter und entsprechende Referenzwerte ersichtlich.

Grosses Messprogramm	Kleines Messprogramm	Einheiten	Referenzwert des Obersees wenn nicht anders erwähnt gemäss [6]	Referenzwert des Obersees zwischen Mai und Oktober wenn nicht anders erwähnt gemäss [6]
Wassertemperatur	Wassertemperatur	°C		
Leitfähigkeit	Leitfähigkeit	µS/cm	275	264
Sauerstoff	Sauerstoff	mg/l und %	10.4	10.2
pH-Wert	pH-Wert		8.3	8.46
DOC		mg/l	1.5 bis 2 mg/l C Referenzwert gemäss Angabe H. Ehmann (TG)	1.5 bis 2 mg/l C Referenzwert gemäss Angabe H. Ehmann (TG)
NH ₄ -N (Ammonium-Stickstoff)		mg/l	0.012	0.015
NO ₂ -N (Nitrit-Stickstoff)		mg/l	0.004	0.006
NO ₃ -N (Nitrat-Stickstoff)		mg/l	0.7	0.6
N gesamt (Gesamtstickstoff)		mg/l		
N Kjeldahl		mg/l		
P gesamt (Gesamtphosphor)		mg/l	0.008	0.009
P ortho		mg/l	0.0016	0.001
Sulfate		mg/l	32	31
Chloride		mg/l	6.45	6.2
Ext. bei 254 nm		E/cm		

Tabelle 1: Messparameter des grossen und des kleinen Messprogramms.

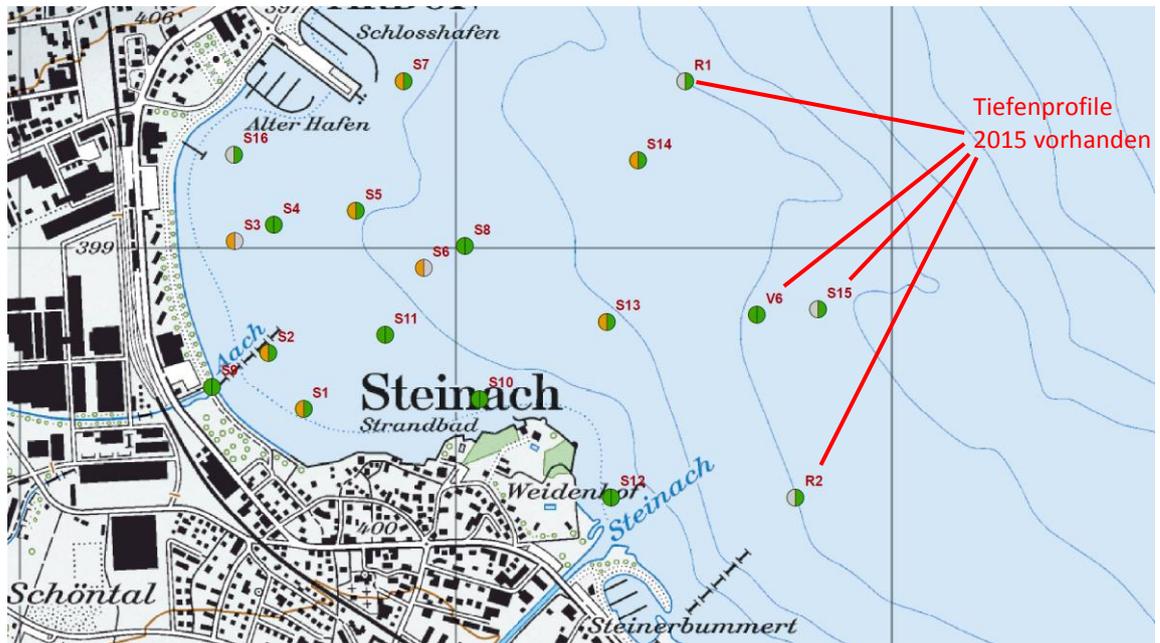


Abbildung 3: Übersicht über die Messstellen.

Messprogramm

- kleines Messprogramm vorher, keine Messungen 2015
- nur Messungen nachher
- kleines Messprogramm vorher, grosses Messprogramm 2015
- grosses Messprogramm vorher und nachher



Abbildung 4: Die Bucht zwischen Steinach (im Bild) und Arbon, im Hintergrund der Alpstein (Bild: Urs Jaudas, Ostschweizer Tagblatt)



Abbildung 5: Übersicht über die Messstellen der bakteriologischen Untersuchungen

Für die Untersuchungen der Badewasserqualität wurden während der Messkampagnen Proben an insgesamt drei Standorten entnommen (Abbildung 5). Zusätzlich standen vom Amt für Verbraucherschutz und Veterinärwesen des Kantons St. Gallen Daten des Strandbads Steinach (Jahre 2001 bis 2009 und 2016) sowie vom Camping Weidenhof (2016) zur Verfügung. An allen Proben wurden diejenigen Parameter untersucht, welche gemäss den geltenden Empfehlungen zur Untersuchung der Badewasserqualität erforderlich sind: E. coli und Enterokokken bzw. Salmonellen (vor 2013).

2 Untersuchungen zur Wasserqualität in der Bucht

2.1 Physikalisch-chemische Messungen

2.1.1 Überblick

Im Folgenden werden die Graphiken erläutert, welche mittels der Inverse distance weighting, kurz IDW-Methode erstellt wurden. Ein Datenpunkt entspricht dabei dem 75 Perzentil des jeweiligen Parameters in der Messperiode vor dem Bau der Abwasserableitung (2009-2011) oder danach (2015). Nachfolgend sind nur die Werte der sommerlichen Stagnationsphase des Sees (Mai-Oktober) ausgewertet. Diese Werte ergeben sich je nach Stoff und Messstation aus sechs bis zehn Messungen vor Inbetriebnahme der Abwasserableitung (2009-2011) und drei Messungen danach (2015).

Auch im Winterhalbjahr wurden Messungen durchgeführt. Da der See im Winter keine stabile Schichtung aufweist, ist die Durchmischung viel besser. Die Messwerte der Wintertermine zeigen zwischen vor und nach dem Bau der Ableitung kaum Unterschiede, sodass auf die Darstellung dieser Daten verzichtet wird.

2.1.2 Leitfähigkeit

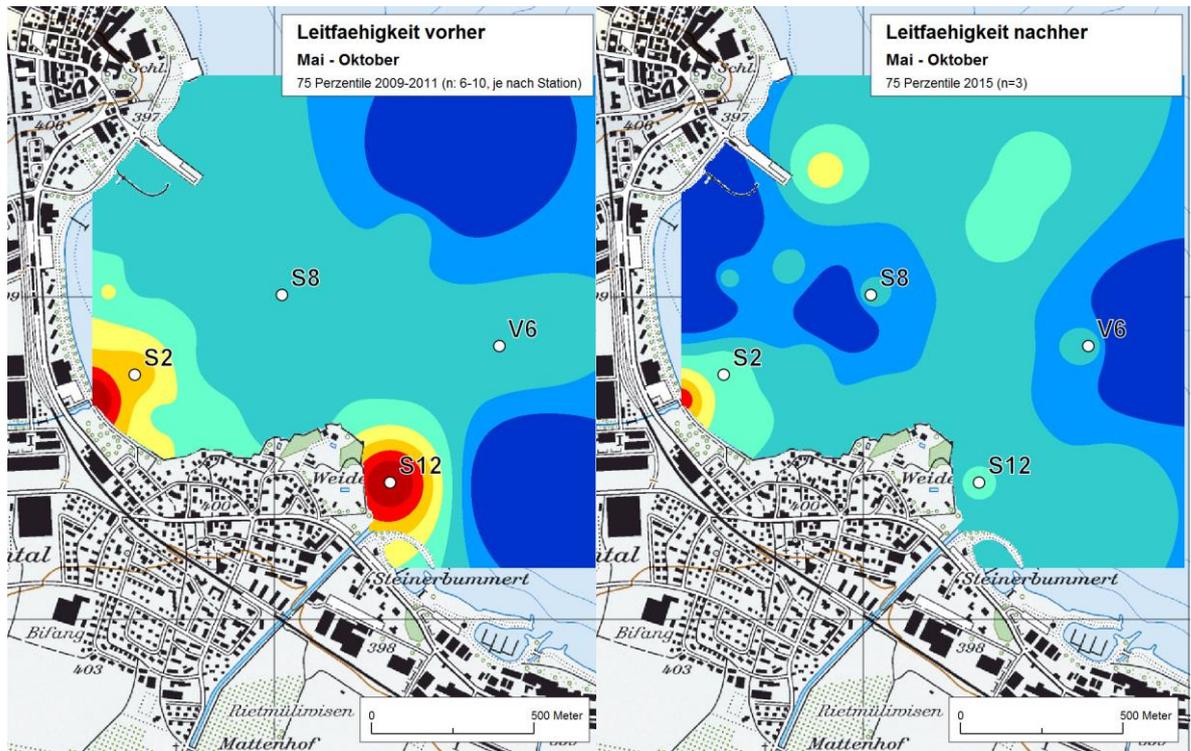
Die elektrische Leitfähigkeit des Wassers ergibt sich aus der Anzahl der darin enthaltenen Ionen (z.B. Mineralien). Wasser mit einer erhöhten Leitfähigkeit ist nicht zwingend verschmutzt. Die Leitfähigkeit kann jedoch auf einen anthropogenen Einfluss hindeuten. Im kommunalen Abwasser ist die Leitfähigkeit erhöht und wird durch die Abwasserreinigung nicht reduziert. Hohe Salzmengen gelangen zudem im Winter durch die Strassensalzung in die Umwelt.

Vor dem Bau der neuen Abwasserleitung finden sich die höchsten Werte in den Mündungen der Aach und der Steinach. In diesen Bereichen liegen sie auch über dem Referenzwert des Obersees gemäss [6] (rot umrandet in der Legende).²

Mit der neuen Abwasserableitung wurden bei der Mündung der Steinach kaum mehr erhöhte Werte gemessen. Allerdings sind auch die Werte bei der Mündung der Aach leicht tiefer als in der Messperiode 2009 bis 2011. Diese Abnahme lässt sich möglicherweise durch die trockene Witterung im Jahr 2015 erklären, welche dazu geführt haben könnte, dass weniger Stoffe landwirtschaftlichen Ursprungs ausgewaschen wurden.

Eine Belastung durch die neue oder die alte Seeleitung ist nicht erkennbar.

² Über das ganze Jahr gemittelt beträgt der typische Wert für den Obersee gemessen an der Oberfläche 275 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (25°C).



**Leitfähigkeit
[µS/cm]**

- < 250
- 250 bis < 300
- 300 bis < 350
- 350 bis < 400
- 400 bis < 450
- 450 bis < 500
- 500 bis < 550
- > 550

Abbildung 6: Leitfähigkeit, 75-Perzentile der Messwerte Mai – Oktober vor und nach der Inbetriebnahme der Abwasserableitung.

2.1.3 Organische Belastung (DOC)

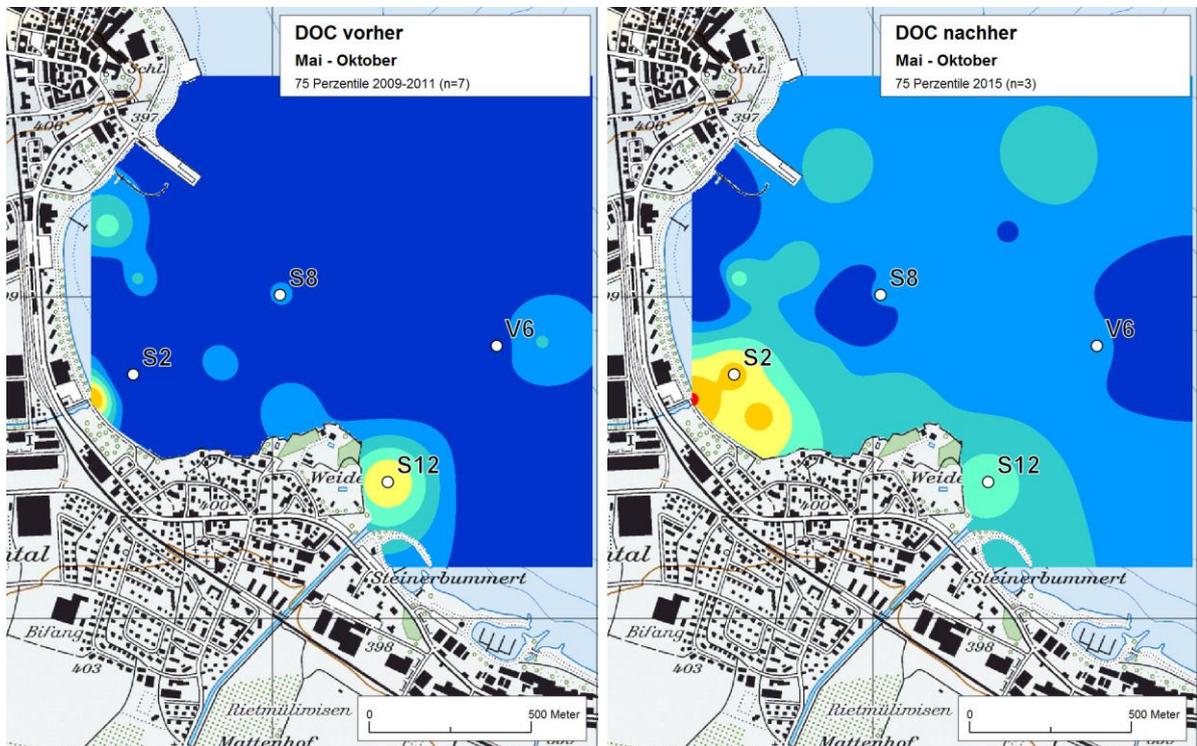


Abbildung 7: DOC, 75-Perzentile der Messwerte Mai – Oktober vor und nach der Inbetriebnahme der Abwasserableitung.

DOC (dissolved organic carbon) ist ein Mass für die Summe aller gelösten Kohlenstoffverbindungen. Kommunales Abwasser weist hohe DOC-Konzentrationen auf. Im Ablauf einer herkömmlichen kommunalen Kläranlage liegen die Werte in der Regel zwischen 8 und 10 mg/l.

Die Messungen vor Inbetriebnahme der Abwasserableitung zeigen eine deutliche Beeinflussung des Bereichs vor der Steinachmündung durch Steinachwasser. Auch im Bereich der Aachmündung fallen erhöhte Werte auf, etwas weniger deutlich auch südlich des Hafens Arbon und vor dem Endpunkt der neuen Seeleitung. Die Messwerte „nachher“ liegen generell höher als „vorher“. Die höchsten Werte finden sich nun im Bereich der Aachmündung. Das Muster ist jedoch „verwischt“. Bis auf die ufernahen Bereiche zwischen Aach- und Steinachmündung bewegen sich die Werte im Referenzbereich³ zwischen 1.5 und 2 mg/l (rot umrandet in der Legende).

³ DOC wird durch das Institut für Seenforschung in Langenargen seit 1984 nicht mehr gemessen. Der Referenzwert resultiert deshalb aus den Erfahrungen von H. Ehmann (Kt. Thurgau).

2.1.4 Ammonium-Stickstoff (NH₄-N)

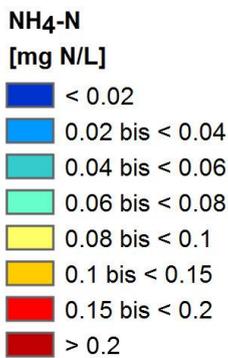
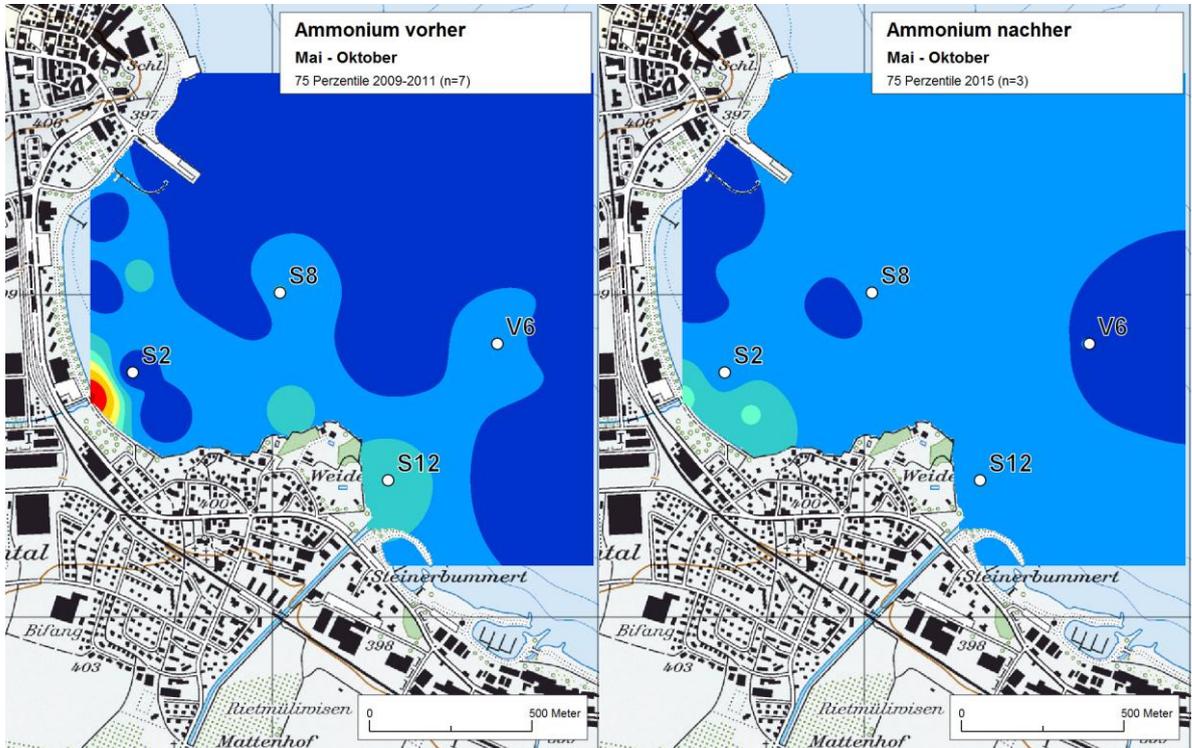
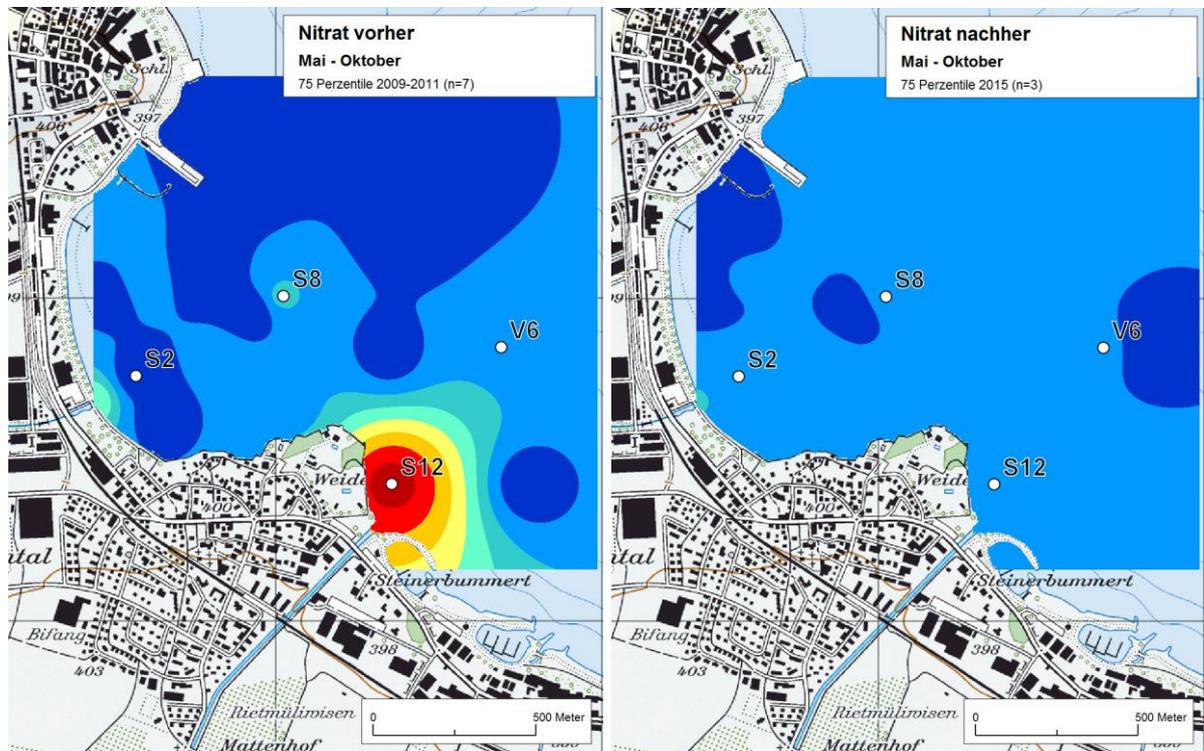


Abbildung 8: Ammonium-Stickstoff, 75-Perzentile der Messwerte Mai – Oktober vor und nach der Inbetriebnahme der Abwasserableitung.

Ammonium ist ein pflanzenverfügbarer Nährstoff. Für Ammonium-Stickstoff zeigt sich für die Periode „vorher“ ein ähnliches Bild wie für DOC: In den Mündungsbereichen der Ach und der Steinach werden die höchsten Konzentrationen gemessen. Im Mündungsbereich der Ach waren auch „nachher“ die Konzentrationen deutlich erhöht, während vor der Steinachmündung keine auffälligen Werte mehr gemessen wurden. Dies deutet darauf hin, dass über die Ach vermutlich infolge der landwirtschaftlichen Nutzung im Einzugsgebiet in erhöhtem Mass Nährstoffe eingetragen werden. Die gemessenen Konzentrationen in der Bucht sind zwar etwas höher als die Referenzwerte für den Obersee gemäss [6], liegen aber generell auf tiefem Niveau.

2.1.5 Nitrat



NO₃-N

[mg N/L]

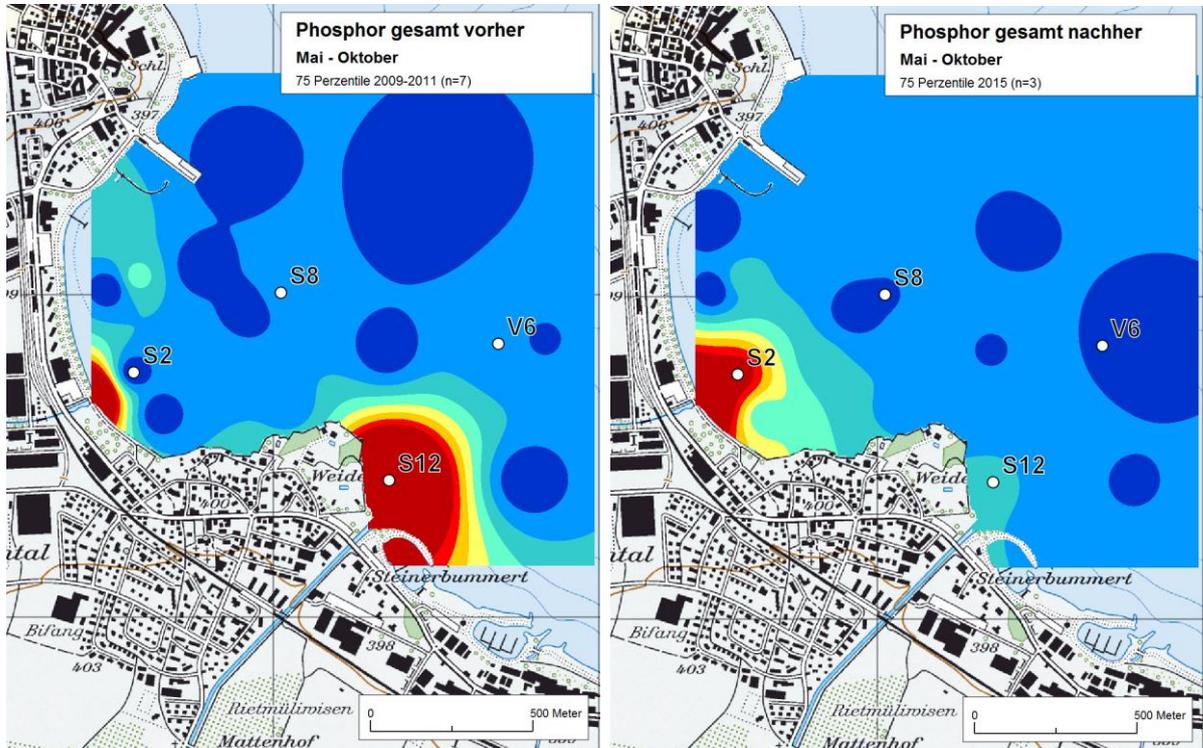


Abbildung 9: Nitrat-Stickstoff, 75-Perzentile der Messwerte Mai – Oktober vor und nach der Inbetriebnahme der Abwasserableitung.

Vor der Mündung der Steinach zeigt sich bezüglich Nitrat eine deutliche Reduktion von „vorher“ zu „nachher“. Die Entlastung der Steinach vom gereinigten Abwasser wird hier besonders deutlich sichtbar. Auch im Bereich der Aachmündung zeigt sich eine leichte Verbesserung bezüglich Nitrat. Es ist aber auch möglich, dass die trockene Witterung im 2015 dazu beigetragen hat, dass weniger Nitrat ausgeschwemmt wurde. Eine Belastung durch die neue oder die alte Seeleitung ist nicht erkennbar.

Insgesamt liegen auch nach dem Bau der neuen Ableitung die Werte leicht über dem Referenzwert für den Obersee (0.6 mg/l gemäss [6]).

2.1.6 Gesamt-Phosphor


Pgesamt
[mg P/L]

■	< 0.01
■	0.01 bis < 0.02
■	0.02 bis < 0.03
■	0.03 bis < 0.04
■	0.04 bis < 0.05
■	0.05 bis < 0.06
■	0.06 bis < 0.07
■	> 0.07

Abbildung 10: Gesamt-Phosphor, 75-Perzentile der Messwerte Mai – Oktober vor und nach der Inbetriebnahme der Abwasserableitung.

Phosphor wird von landwirtschaftlichen Flächen abgeschwemmt, ist aber auch im gereinigten Abwasser enthalten. Während in der Periode „vorher“ die Mündungsbereiche von Steinach und Aach auffällig höhere Werte zeigen als der Rest der Bucht, fällt „nachher“ nur noch der Bereich vor der Aachmündung auf. Im See vor der Mündung der Steinach werden nach dem Wegfall des Abwassers keine erhöhten Phosphorwerte mehr festgestellt. In der Bucht ist keinerlei Belastung durch die neue oder die alte Seeleitung erkennbar. Bis auf die Aachmündung liegen die Phosphorwerte überall auf tiefem Niveau.

2.2 Badewasserqualität beim Strandbad Steinach

Im Strandbad Steinach wurden sowohl vor wie auch nach Inbetriebnahme der Abwasser-
 ableitung bei allen Messungen nur wenige E. Coli gefunden. Bezüglich Enterokok-
 ken wurden vor dem Bau der Ableitung häufiger erhöhte Werte festgestellt (*Abbil-
 dung 11*). Diese Resultate widerspiegeln sich auch in der Auswertung der Qualitäts-
 klassen zur Badewasserqualität (*Abbildung 12*).

In den Boxplot-Graphiken dieses Berichtes sind jeweils darge-
 stellt (s. Beispiel rechts):

- Minimal- und Maximalwert
- Bereich zwischen 25 und 75% der Werte (Box mit Median)
- Mittelwert (Kreis)
- Einzelwerte (Dreiecke)
- Verteilkurve normal (nicht bei allen Parametern)

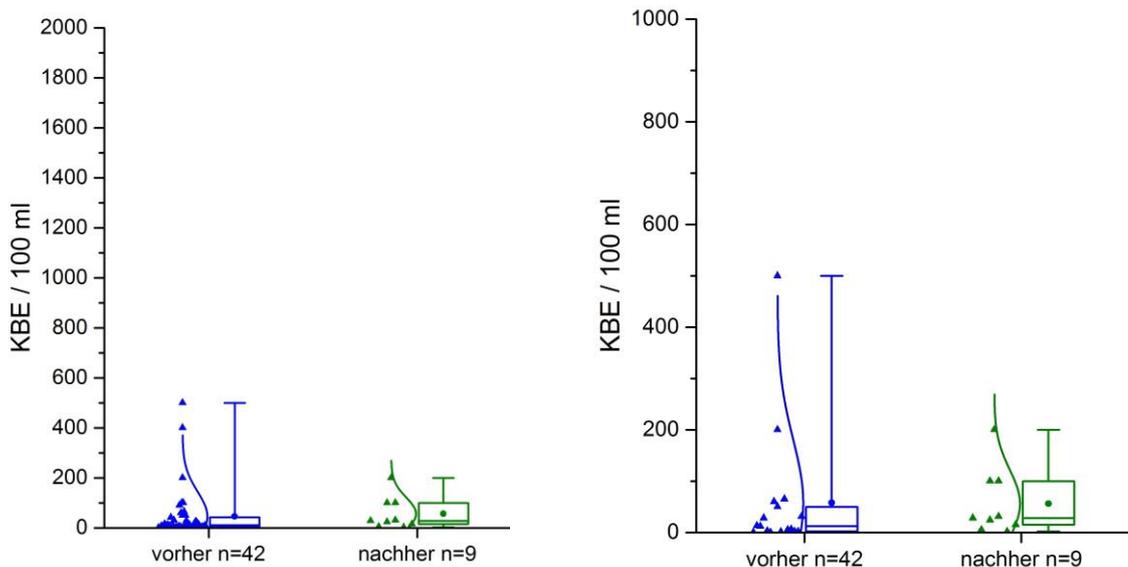
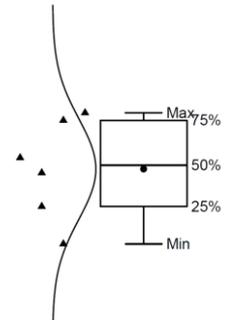
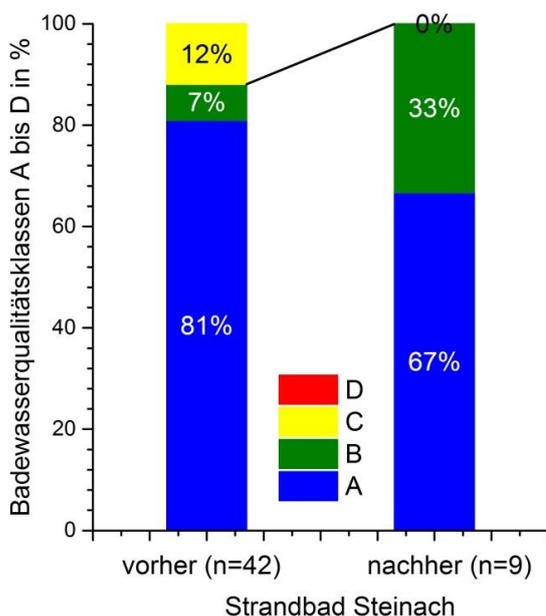


Abbildung 11: Anzahl kolonienbildender Einheiten (KBE) für E. Coli (links) und Enterokokken (rechts) jeweils vor und nach dem Bau der neuen Abwasserableitung beim Strandbad Steinach.



- A und B: eine gesundheitliche Beeinträchtigung ist nicht zu erwarten.
- C: Eine ges. Beeintr. ist nicht auszuschliessen.
- D: Es besteht ein Risiko. Vom Baden wird abgeraten.

Abbildung 12: Verteilung der Badewasserqualitätsklassen beim Strandbad Steinach für den Zeitraum vorher (2001 bis 2009: 31 Probenahmen und 2010-2011: 11 Probenahmen) und nachher (2015: 6 Probenahmen, 2016: 3 Probenahmen).

2.3 Vergleich der Tiefenprofile beim Endpunkt der neuen Seeleitung

2.3.1 Überblick

Um den unmittelbaren Einfluss der neuen Abwasserableitung im See zu messen, wurden an der Stelle V6 (Endpunkt der neuen Seeleitung) Proben in drei unterschiedlichen Tiefen gemessen. Gleichzeitig wurden an drei Referenzstellen (R1, R2 und S15) in ungefähr denselben Tiefen Proben genommen, um mögliche Unterschiede aufzeigen zu können. In den folgenden Abbildungen ebenfalls eingezeichnet ist das für Mai-Oktober gemittelte typische Tiefenprofil für den Obersee der jeweiligen Stoffe gemäss [6].

2.3.2 Stickstoff

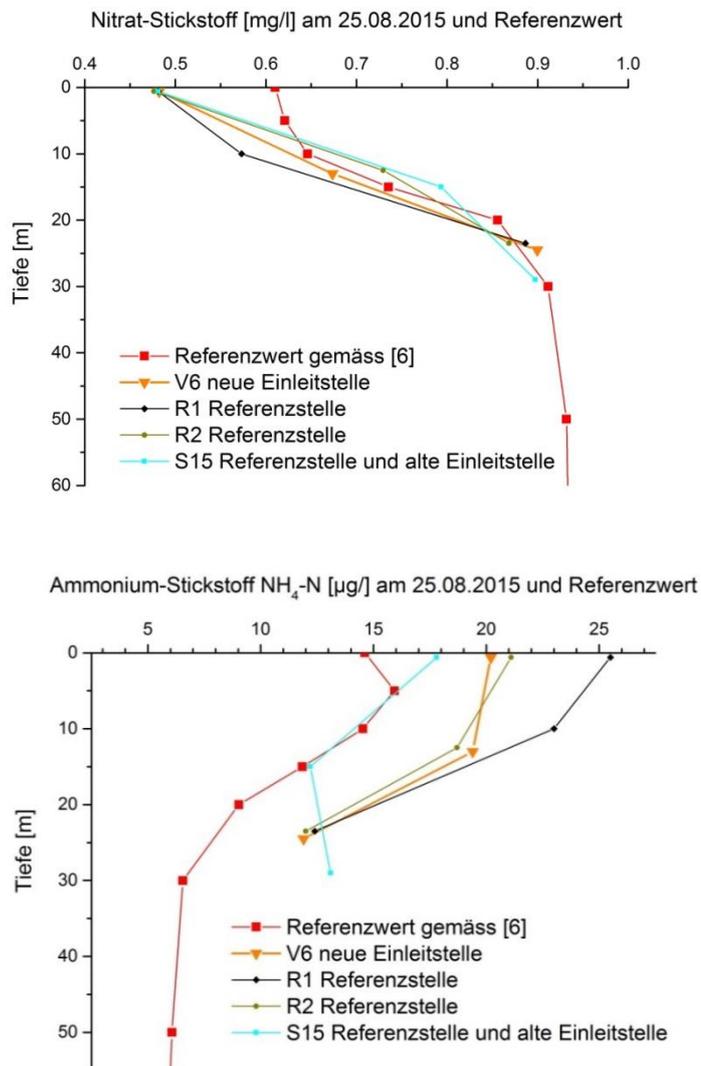


Abbildung 13: Tiefenprofile für Nitrat-Stickstoff und Ammonium-Stickstoff in [mg/l] im Sommer 2015

Die Tiefenprofile der verschiedenen Parameter unterscheiden sich nur in geringem Masse voneinander. Als Beispiel sind in Abbildung 13 die Tiefenprofile von Nitrat-Stickstoff und Ammonium-Stickstoff im Sommer zu sehen.

Aus Abbildung 13 ist ersichtlich, dass sich das in rund 25 m Tiefe eingeleitete Abwasser rasch mit dem Umgebungswasser durchmischt. In dieser Tiefe, wie auch auf rund 13 m Tiefe und an der Seeoberfläche sind kaum Unterschiede in den Konzentrationen zwischen der Einleitstelle und den drei Referenzstellen R1, R2 und S15 ersichtlich. In der Tiefe, wo das Abwasser eingeleitet wird, ist für Nitrat auch kaum ein Unterschied zwischen der Einleitstelle und dem auf dieser Tiefe üblichen Wert (Referenzwert zwischen Mai und Oktober gemäss [6]) zu sehen, während der Ammoniumwert in dieser Tiefe höher liegt als im offenen See. An der Oberfläche sind im August in der Bucht die Nitratwerte etwas tiefer und die Ammoniumwerte etwas höher als die Referenzwerte für den offenen See.

Generell nimmt Nitrat mit zunehmender Tiefe zu, da Nitrat-Stickstoff an der Wasseroberfläche durch Photosynthese gebunden wird. Weiter unten wird Nitrat-Stickstoff beim Abbau des biologischen Materials (v.a. Algen) wieder frei. Der pflanzenverfügbare Ammonium-Stickstoff nimmt hingegen nach unten hin ab.

2.3.3 Leitfähigkeit

Ein leicht anderes Bild ergibt sich für die Leitfähigkeit. Die gemessenen Werte beim Endpunkt der neuen Seeleitung liegen zwischen jenen der Referenzstellen. Die Referenzwerte der Leitfähigkeit für den Obersee zwischen Mai und Oktober gemäss [6] liegen um einiges tiefer. Der Unterschied lässt sich dadurch erklären, dass sich die chemischen Verhältnisse insgesamt in der Bucht von denjenigen im Freiwasser des Obersees leicht unterscheiden.

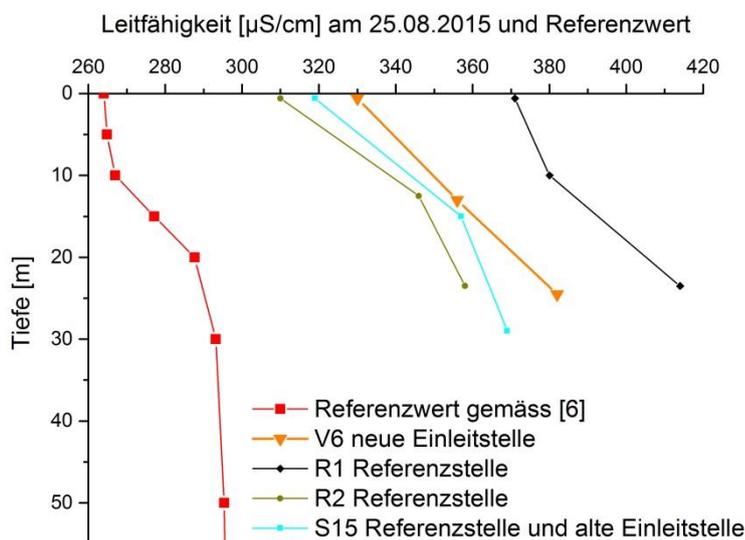


Abbildung 14: Leitfähigkeit [$\mu\text{S}/\text{cm}$] (25°C) im Sommer 2015 und Referenzwert gemäss [6]

3 Untersuchungen zur Wasserqualität im Mündungsbereich der Steinach

3.1 Physikalisch-chemische Messungen

Um die physikalisch-chemische Wasserqualität des Bodensees vor dem Mündungsbereich der Steinach zu beschreiben, werden nachfolgend die Ergebnisse der Messstelle S12 vor (13 Messungen) und nach (4 Messungen) der Inbetriebnahme der neuen Ableitung miteinander verglichen.

Die Messstelle S12 liegt linksseitig vor der Mündung der Steinach und so weit im See, dass eine gewisse Durchmischung bereits stattgefunden hat. Der betreffende Uferbereich wird von Erholungssuchenden und Gästen des Campingplatzes frequentiert. Das Steinachwasser beeinflusst die Messstelle in Abhängigkeit der Wassertemperaturen bzw. des Einschichtungsverhaltens und in Abhängigkeit der Windverhältnisse in unterschiedlichem Ausmass. Verschiedene Parameter wurden in der Regel in geringen Konzentrationen gemessen und zwischen vor und nach dem Bau der neuen Seeleitung ist kein signifikanter Unterschied feststellbar. Nachfolgend sind diejenigen Parameter beschrieben, bei welchen eine Tendenz oder ein signifikanter Unterschied zwischen vorher und nachher festgestellt werden konnte.

3.1.1 Stickstoff-Verbindungen

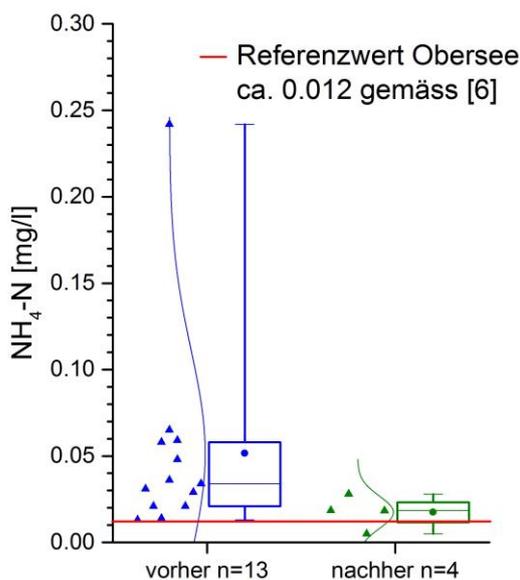


Abbildung 15: Messstelle S12, Boxplot und Einzelwerte der Messungen von Ammonium-Stickstoff vorher (blau) und nachher (grün).

Die vier nach der Inbetriebnahme der Ableitung gemessenen Ammoniumwerte liegen alle im Bereich des Referenzwertes, während vor der Inbetriebnahme der Ableitung oftmals erhöhte Werte gemessen worden waren. Dies kann dem Wegfall des geklärten Abwassers aus der ARA Hofen zugeschrieben werden. Rot eingezeichnet ist der Referenzwert des Obersees während der Stagnationsphase (Mai bis Oktober) gemäss [6].

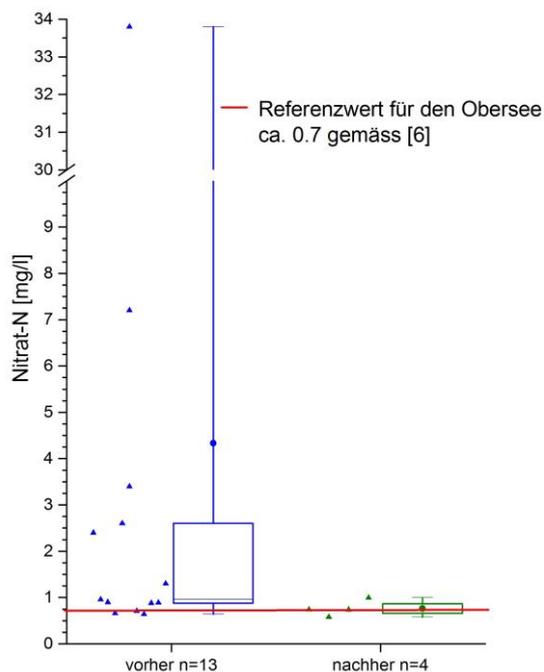


Abbildung 16: Messstelle S12, Boxplot und Einzelwerte der Messungen von Nitrat-Stickstoff vorher (blau) und nachher (grün).

Nitrat tritt im Bodensee vor der Mündung der Steinach oft in sehr geringen Konzentrationen auf. Vor dem Bau der neuen Abwasserableitung traten öfters teils deutlich erhöhte Werte auf, während die vier danach gemessenen Werte alle sehr tief sind.

3.1.2 Leitfähigkeit

Bei der Leitfähigkeit konnte auch für die Sommermonate ohne Einfluss der Strassensalzung ein signifikanter Unterschied zwischen den Messkampagnen vor und nach Inbetriebnahme der Abwasserableitung festgestellt werden⁴. Dies ist dem Wegfall des gereinigten Abwassers zuzuschreiben.

⁴ Es wurde jeweils ein t-Test durchgeführt, die Signifikanz wurde auf dem Niveau 0.05 ausgewiesen.

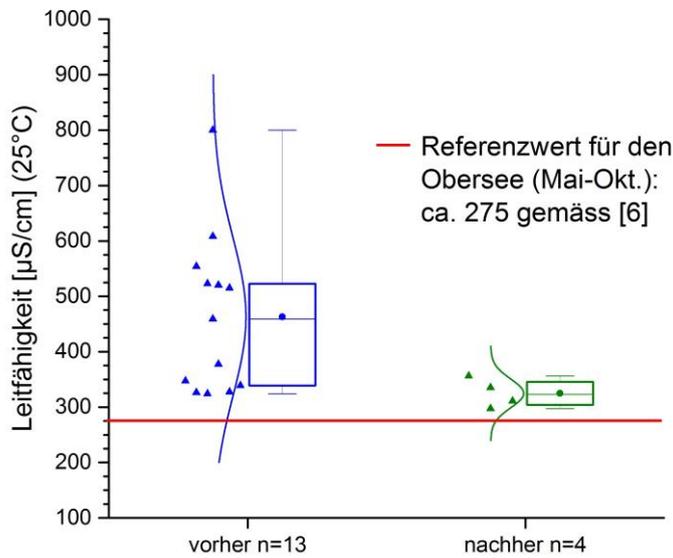


Abbildung 17: Messstelle S12, Boxplot und Einzelwerte der Messungen der Leitfähigkeit vorher (blau) und nachher (grün).

3.1.3 Weitere Parameter

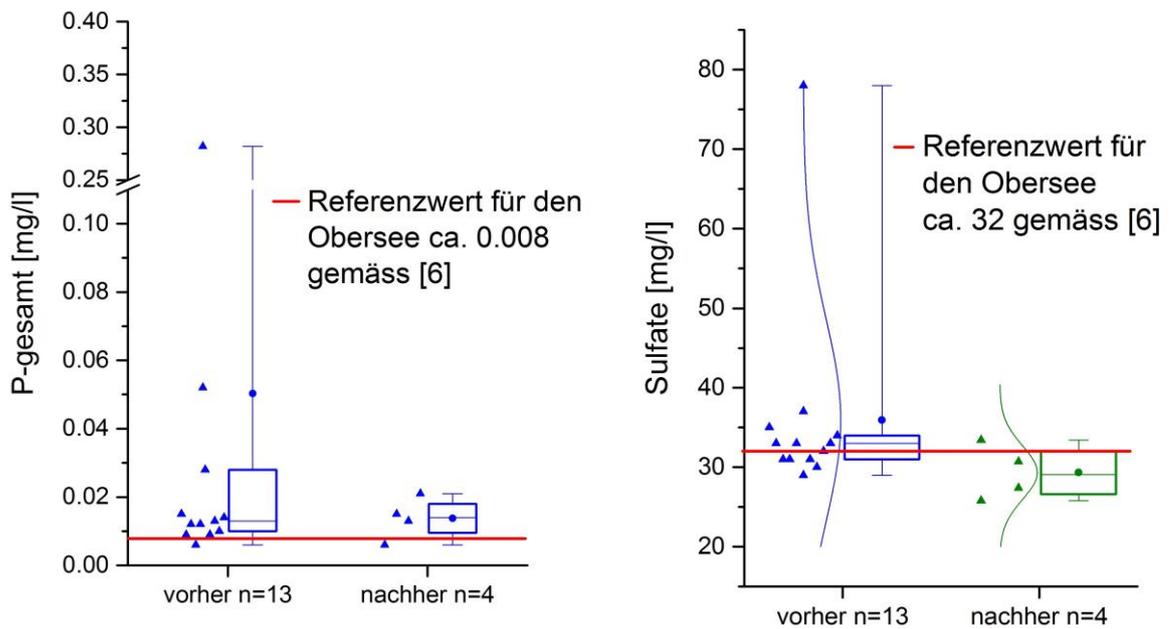


Abbildung 18: Messstelle S12, Boxplot und Einzelwerte der Messungen von Gesamt-Phosphor (links) und Sulfat (rechts) vor und nach dem Bau der neuen Ableitung in den Bodensee.

Die Werte für Phosphor und Sulfat sind generell tief und bewegen sich im Bereich des Referenzwertes. Von den vier nach Inbetriebnahme der Abwasserableitung gemessenen Werte war keiner erhöht. Die Graphiken für weitere Parameter finden sich in Anhang 1.

3.2 Badewasserqualität

3.2.1 Camping Weidenhof

Im Uferbereich vor dem Camping Weidenhof ist die Belastung mit E. Coli und Enterokokken nach dem Bau der neuen Abwasserableitung deutlich geringer. Für beide Messgrößen wurden «nachher» bei allen neun Messungen keine erhöhten Werte mehr festgestellt (*Abbildung 19*). Dies äussert sich in einer deutlichen Zunahme der Befunde mit der besten Qualitätsklasse bezüglich Badewasserqualität (*Abbildung 20*).

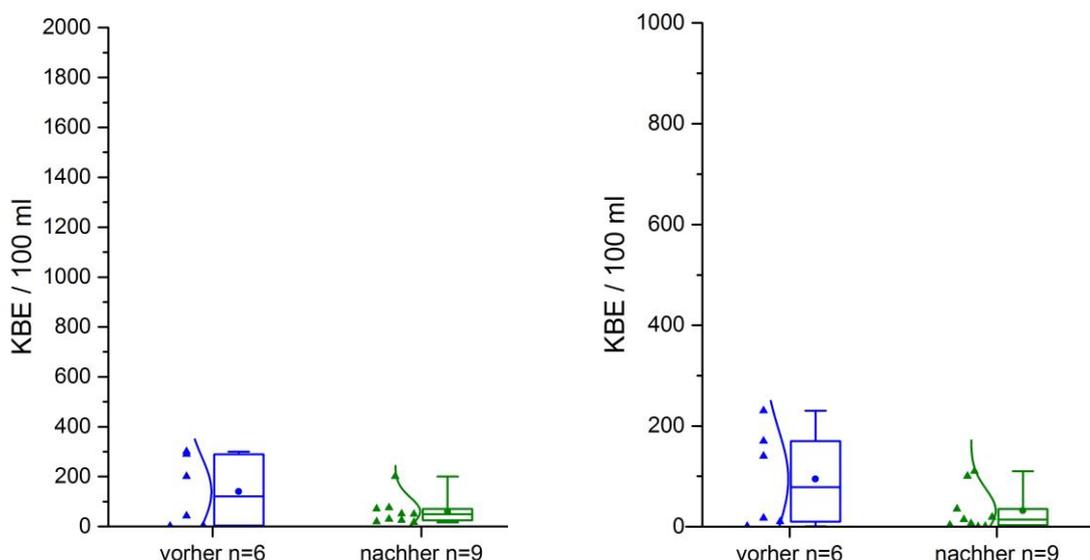


Abbildung 19: Anzahl kolonienbildender Einheiten (KBE) für E. Coli (links) und Enterokokken (rechts) jeweils vor und nach dem Bau der neuen Abwasserableitung beim Camping Weidenhof.

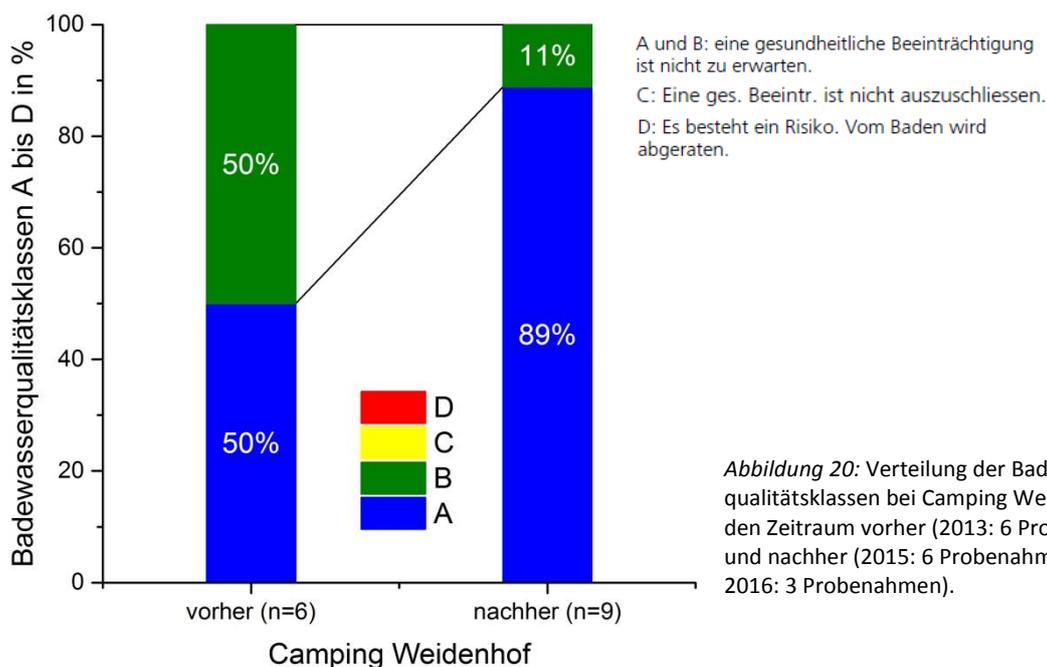


Abbildung 20: Verteilung der Badewasserqualitätsklassen bei Camping Weidenhof für den Zeitraum vorher (2013: 6 Probenahmen) und nachher (2015: 6 Probenahmen und 2016: 3 Probenahmen).

3.2.2 Steinach vor der Mündung

Der Bereich im letzten Abschnitt der Steinach vor der Mündung ist zum Baden nicht geeignet, lädt aber zum Planschen ein. Nach dem Bau der neuen Ableitung wurden deutlich seltener erhöhte Werte für E. coli und für Enterokokken gemessen (Abbildung 21). Von den sechs Messungen „nachher“ lag keine mehr in der schlechtesten Qualitätsklasse (Abbildung 22).

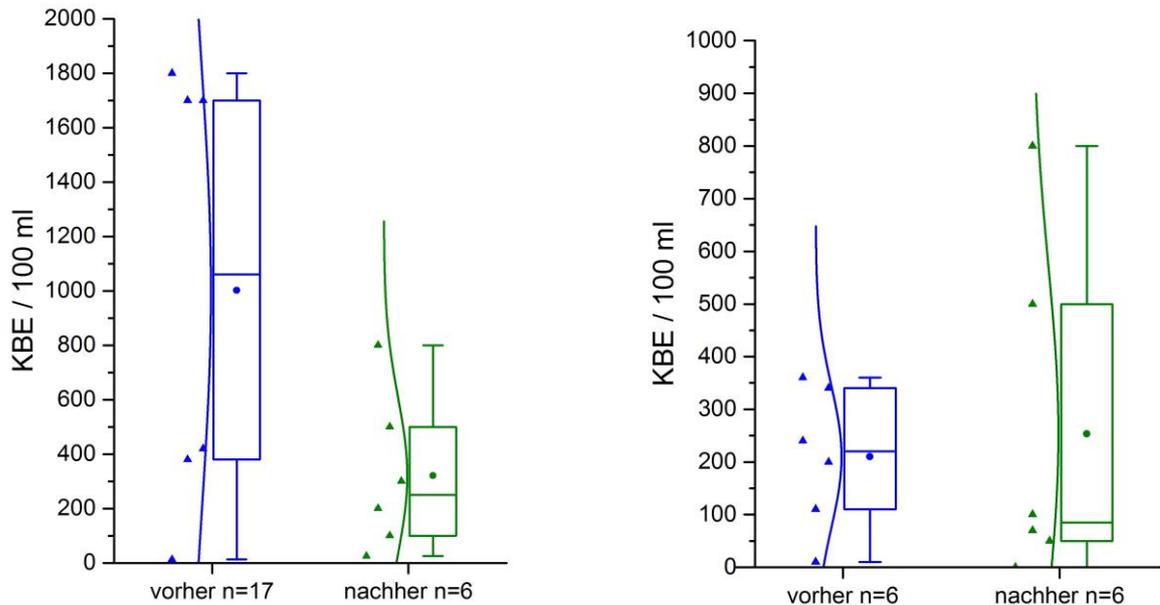


Abbildung 21: Anzahl kolonienbildender Einheiten (KBE) für E. Coli (links) und Enterokokken (rechts) jeweils vor und nach dem Bau der neuen Abwasserableitung in der Steinach vor der Mündung.

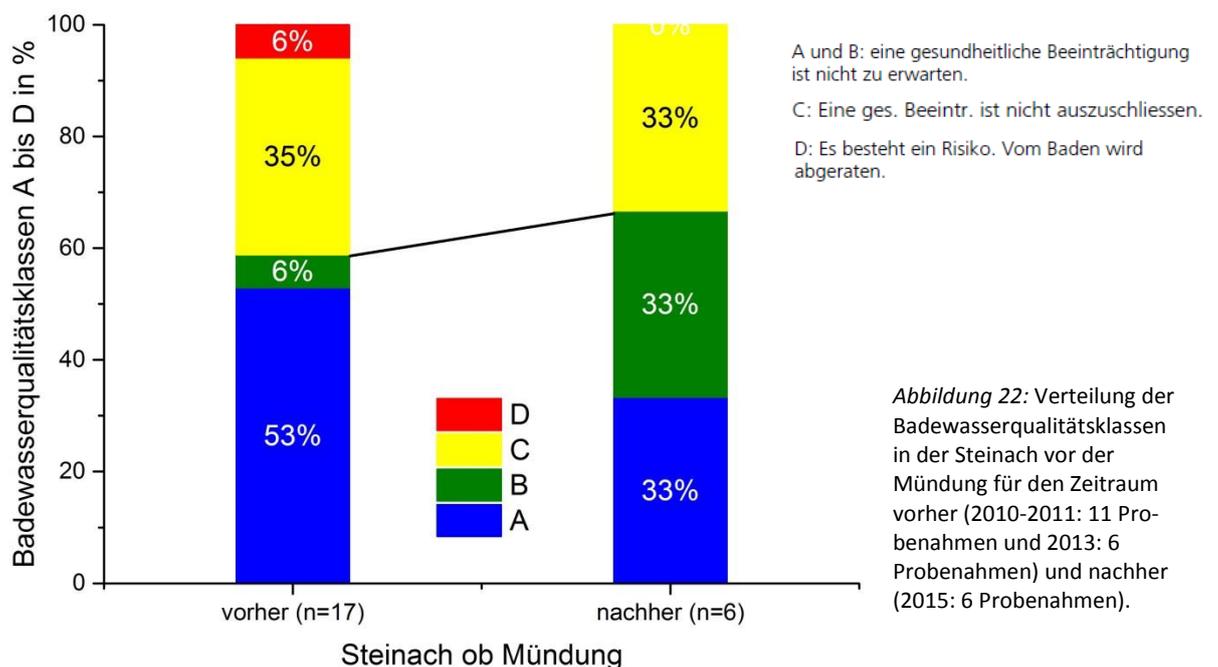


Abbildung 22: Verteilung der Badewasserqualitätsklassen in der Steinach vor der Mündung für den Zeitraum vorher (2010-2011: 11 Probenahmen und 2013: 6 Probenahmen) und nachher (2015: 6 Probenahmen).

4 Zusammenfassung / Schlussbetrachtung

4.1 Welchen Einfluss hat die neue Seeleitung auf die Wasserqualität in der Bucht?

Durch die neue und deutlich längere Seeleitung wird das gereinigte Abwasser ausserhalb der Bucht und in grösserer Tiefe in den See geleitet. Dies wirkt sich auf die Wasserqualität in der Bucht grundsätzlich positiv aus.

Für keinen der gemessenen Parameter konnte ein merklicher Unterschied zwischen dem Endpunkt der neuen Seeleitung und den Referenzstellen gefunden werden. Eine Belastung der Bucht durch die zusätzliche Einleitung des gereinigten Abwassers der ARA Hofen ist nicht erkennbar. Für einzelne Messgrössen zeigt sich jedoch ein Unterschied zwischen den Tiefenprofilen in der Bucht und den Referenzprofilen im Freiwasser des Obersees. Diese können nicht auf die neue Seeleitung zurückgeführt werden. Vielmehr sind sie mit dem generell leicht unterschiedlichen Chemismus des Wassers in der Bucht im Vergleich mit dem Wasser im offenen See zu erklären. In der Bucht liegen andere Tiefen-, Durchmischungs- und Strömungsverhältnisse vor als im offenen See.

Bei der Badewasserqualität beim Strandbad Steinach konnte ebenfalls kein negativer Einfluss durch die veränderte Abwassereinleitung festgestellt werden. Das Baden ist an dieser Stelle nach wie vor in der Regel bedenkenlos möglich.

Auffällig ist hingegen die erhöhte Belastung mit Phosphor, Stickstoff und organischen Stoffen im ufernahen Bereich vor der Mündung der Aach. Es ist davon auszugehen, dass diese vorwiegend durch die landwirtschaftliche Nutzung im Einzugsgebiet der Aach verursacht wird. Die Entlastungsanlagen an der Aach und am Salbach treten nur noch sehr selten in Funktion. Im Jahr 2015 war dies nie der Fall.

4.2 Wie hat sich die Wasserqualität im Bereich der Steinachmündung verändert?

Camping Weidenhof

Die Messergebnisse zeigen, dass sich die chemische Wasserqualität im See nahe dem Ufer beim Camping Weidenhof durch den Bau der neuen Abwasserableitung deutlich verbessert hat und sich heute nicht mehr wesentlich von derjenigen weiter seewärts unterscheidet. Auch die Belastung mit Keimen ist an dieser Stelle nach dem Bau der Abwasserableitung deutlich geringer als zuvor und die meisten Befunde zur Badewasserqualität weisen seither die beste Qualitätsklasse aus.

Steinach vor der Mündung

Die chemische Wasserqualität im Unterlauf der Steinach hat sich seit der Inbetriebnahme der Abwasserableitung zum See stark verbessert. Sowohl die Belastungen mit Nährstoffen als auch mit organischen Spurenstoffen, sogenannten Mikroverunreinigungen, liegen heute im Bereich eines wenig belasteten Gewässers. Die entsprechenden Messungen waren nicht Gegenstand der in diesem Bericht ausgewerteten Messkampagnen sondern einer Erfolgskontrolle für die Steinach (vgl. [7]).

Der Bereich im letzten Abschnitt der Steinach vor der Mündung ist zum Baden nicht geeignet, lädt aber zum Planschen ein. Die Belastung mit Keimen ist hier heute ebenfalls deutlich besser als zur Zeit, als die Steinach noch das gereinigte Abwasser der ARA Hofen mit sich führte.

Bei Regenfällen können mit dem Steinachwasser nach wie vor Schmutz- und Nährstoffe in den See geschwemmt werden. Sie werden von landwirtschaftlich genutzten Flächen abgeschwemmt, gelangen aber auch aus Regenüberläufen mit dem entlasteten Mischabwasser in die Steinach. Dies kann dazu führen, dass während und in den ersten Tagen nach starken Regenfällen das Wasser der Steinach stärker mit Nährstoffen, Schmutzstoffen und Keimen belastet ist als bei Trockenwetter.

5 Referenzen

- [1] BiCon 2010: Arboner Bucht – Ökologische Bewertung der Sanierung sowie Entwicklungs- und Pflegeplan. Im Auftrag der Stadt Arbon.
- [2] AFU St. Gallen (Hrsg.) 2012: Projekt Abwasserableitung ARA Hofen – St. Gallen. Untersuchungen Arboner Bucht. Zwischenbericht.
- [3] kup GmbH 2007: Untersuchungen zur Ausbreitung von geklärtem Abwasser aus den Abwasserreinigungsanlagen Morgental und Hofen. Im Auftrag des Entsorgungsamts der Stadt St. Gallen.
- [4] BUWAL und BAG 1991: Empfehlungen für die hygienische Beurteilung von See- und Flussbädern
- [5] BAFU 2013: Beurteilung der Badegewässer – Empfehlungen zur Untersuchung und Beurteilung der Badewasserqualität von See- und Flussbädern
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01714/index.html?lang=de>
- [6] Institut für Seenforschung in Langenargen: Untersuchungen der Messstelle Fischbach – Uttwil. 2015.
- [7] AFU St.Gallen (Hrsg.) 2016: Steinach – vom Sorgenkind auf dem Weg zum gesunden Gewässer (Erfolgskontrolle Steinach)

Winterthur, 3. August 2017
gan/rg

HUNZIKER **BETATECH**

Hunziker Betatech AG
Pflanzschulstrasse 17
Postfach 83
8411 Winterthur

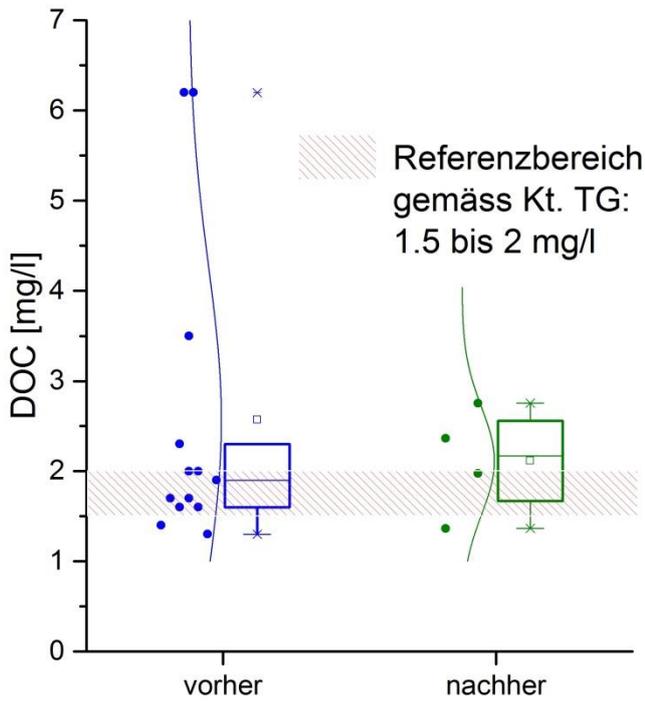


Abbildung 23: DOC in mg C/l vorher und nachher

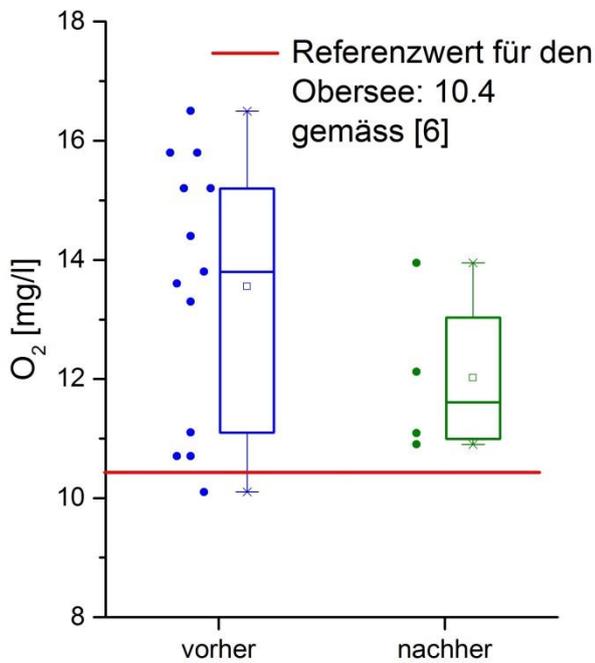


Abbildung 24: Sauerstoff in mg/l

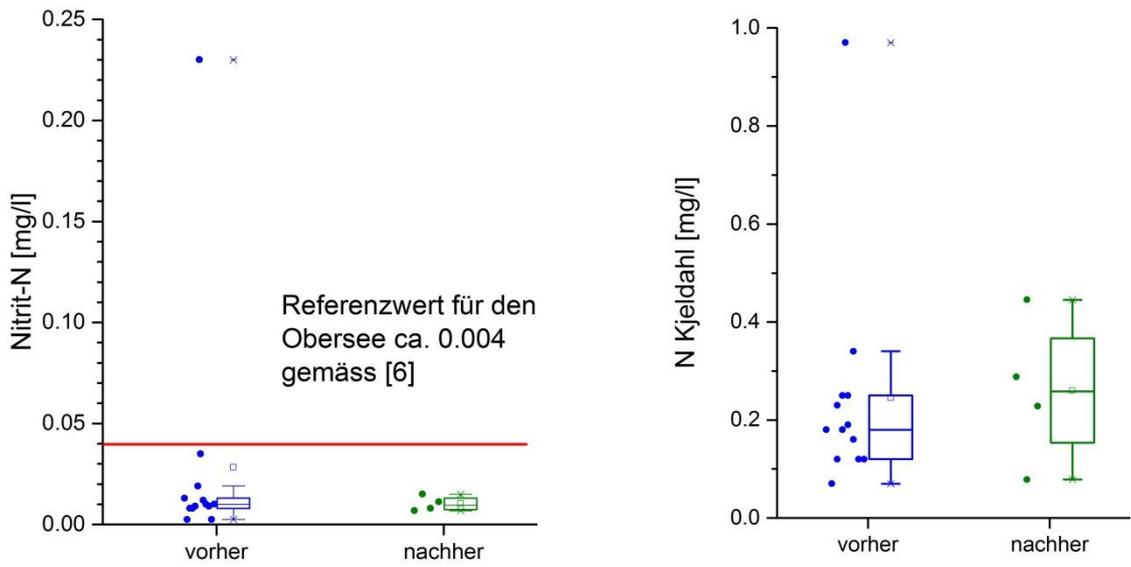


Abbildung 25: Nitrit-Stickstoff in mg/l vorher/nachher (links) sowie N Kjeldahl in mg/l vorher/ nachher (rechts)

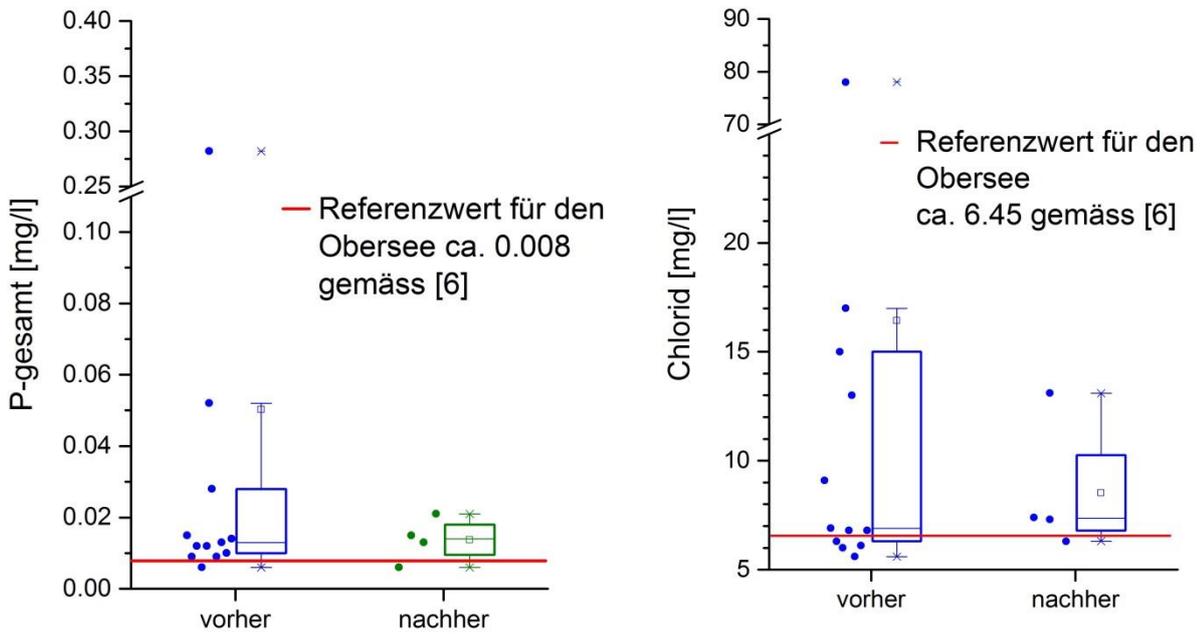


Abbildung 26: Gesamt-Phosphor in mg/l vorher/nachher (links) sowie Chlorid in mg/l vorher/nachher (rechts)

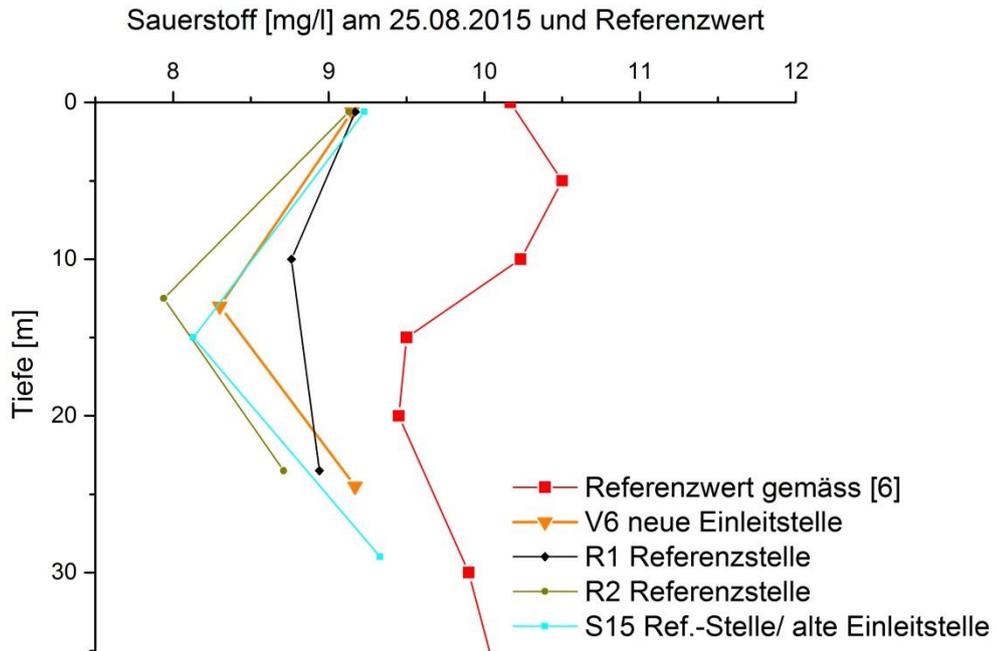


Abbildung 27: Tiefenprofil Sauerstoff der neuen Einleitstelle, der Referenzstellen und des Referenz-tiefenprofils des Obersees gemäss [6]

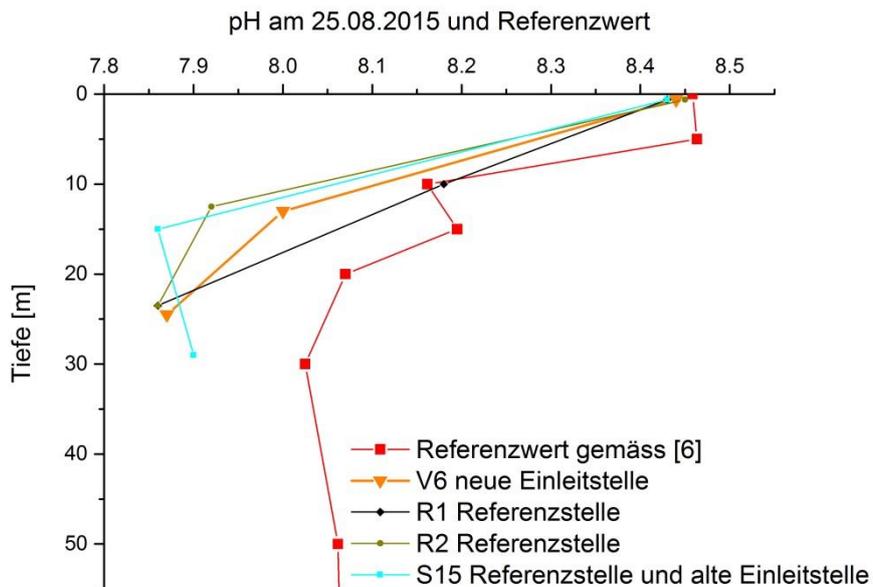


Abbildung 28: Tiefenprofil pH der neuen Einleitstelle, der Referenzstellen und des Referenztiefenprofils des Obersees gemäss [6]

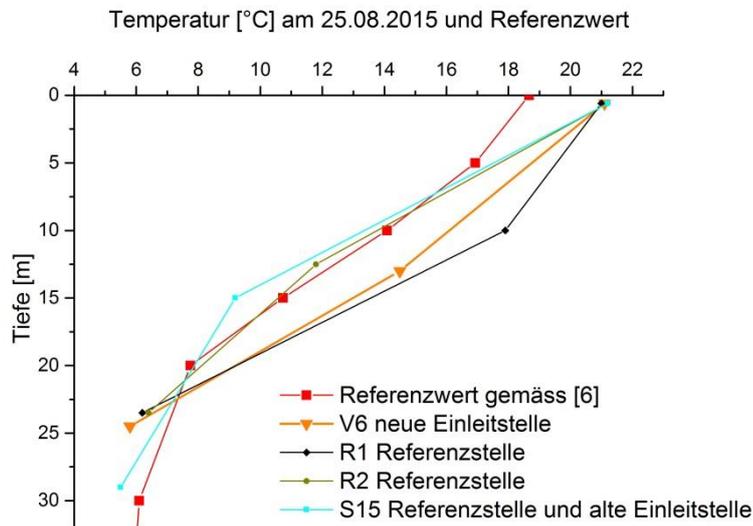


Abbildung 29: Temperatur in unterschiedlichen Tiefen am 25.08.2015 (links) sowie Referenzwerte gemäss [6]

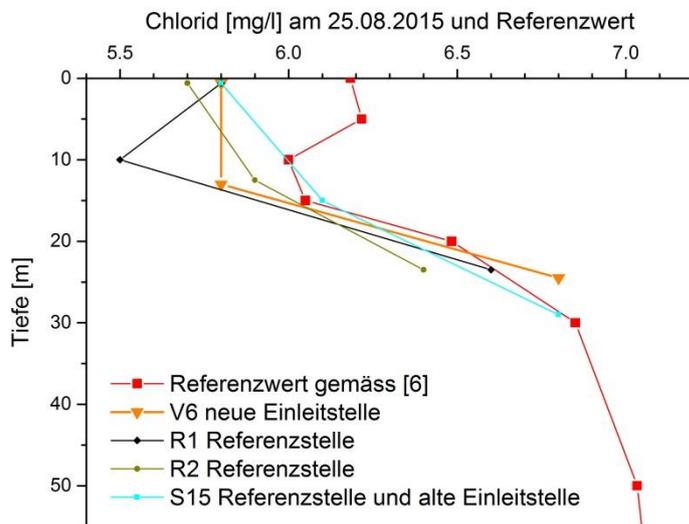


Abbildung 30: Chloridkonzentration in mg/l in unterschiedlichen Tiefen am 25.08.2015 (links) sowie Referenzwerte gemäss [6]