

**Limnologische Einschätzung des
Fühlinger Sees in Köln
aufgrund von Tauchgängen und
hydrochemischen Untersuchungen im Jahr 2017
durch den VASA Köln e.V.**

Köln, den 26. September 2018

Autoren: Ina Jantsch, Werner Hommer

VASA Köln e.V. Verband für aquatische Systemanalysen Köln e. V.

Geschäftsstelle: Stefanstr. 8a, 51145 Köln

Inhalt

ZUSAMMENFASSUNG	3
1. EINLEITUNG.....	4
2. AUSGANGSLAGE.....	5
3. UNTERSUCHUNGSMETHODE UND UNTERSUCHUNGSGEBIETE 2017	5
4. ERGEBNISSE DER TAUCHKARTIERUNGEN IM JAHR 2017	8
4.1 Verbreitung ausgewählter Makrophyten.....	8
4.2. Die Tiefenverbreitung der Makrophyten im Jahr 2017	15
4.3. Hydrochemische Untersuchung der Seen.....	16
4.4. Sonstige Beobachtungen	26
5. FAZIT UND AUSBLICK	28
6 LITERATUR.....	29

Zusammenfassung

VASA Köln e.V. beobachtet, dokumentiert und bewertet seit 2003 die Einflüsse der menschlichen Nutzung auf die Unterwasserflora und –fauna des Naherholungsgebietes „Fühlinger See“.

Außerdem untersucht VASA Köln e.V. das Wasser aus verschiedenen Tiefen u.a. auf Sauerstoffgehalt und –sättigung, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit und Nährstoffe wie bspw. Nitrat und Phosphat.

In allen untersuchten Teilseen und der Regattabahn wurde eine große Vielfalt von Unterwasserpflanzen vorgefunden.

Die chemisch-physikalischen Bestimmungen zeigten überwiegend normale bis gute Sauerstoffverhältnisse (Konzentration und Sättigung) zusammen mit geringen Nährstoffkonzentrationen auf. In den Seen 3 und 6 waren jedoch die Nitratwerte in allen Wassertiefen hoch und die Regattastrecke wies höhere Phosphatwerte auf (s. Kapitel 4.3). Die Tiefenproben wiesen hauptsächlich im See 6 sowie im Auslauf der Regattastrecke geringe Sauerstoffwerte auf, die z. T. mit höheren Konzentrationen Sulfid, Phosphat und Eisen einhergingen.

1. Einleitung

2017 wurden im Rahmen der Tauchkartierungen die Wasserpflanzenbestände in den Teilseen 1, 2, 3, 5 und 6 sowie in Abschnitten auf beiden Seiten der Regattastrecke kartiert.

Vergleiche mit den in den vorangegangenen Jahren erhobenen Ergebnissen lassen z.T. Rückschlüsse auf Veränderungen im Pflanzenbestand und der Populationsdichten zu und werden erwähnt, wo es sinnvoll erscheint.



Abbildung 1: Die Teilseen des Fühlinger Sees (blau), Parkplätze (rot) und Strandbad (See 5, grüne Fläche)

2. Ausgangslage

Die Sommer der letzten Jahre zeichneten sich z.T. durch nur kurze Schönwetterphasen und das weitgehende Ausbleiben von extrem hohen Temperaturen aus. Zudem gab es häufigere Abschnitte mit stärkerer Bewölkung einschließlich Regen und Gewittern. Entsprechend konnte sich die Unterwasservegetation – relativ ungestört von ausgeprägter humanogener Nutzung – entwickeln.

3. Untersuchungsmethode und Untersuchungsgebiete 2017

Im Jahr 2017 wurden im Rahmen der Tauchkartierungen Uferabschnitte der Regattastrecke sowie die Teilseen 1, 2, 3, 5 und 6 des Fühlinger Sees auf das Vorkommen und die Verbreitung von Wasserpflanzen sowie auf die Nährstoffverhältnisse und physikalisch-chemische Parameter hin untersucht. Zudem wurde das Vorkommen von Fischen und Wirbellosen beobachtet und dokumentiert.

Bei den Kartierungen wurden die zu untersuchenden Gebiete abschnittsweise von Tauchgruppen kartiert und die vorhandenen Arten am jeweiligen Standort in ihrer Häufigkeit nach der fünfteiligen Skala von KOHLER (1978) geschätzt. Die Arten, ihr jeweiliger Standort und ihre geschätzte Häufigkeit wurden während des Tauchgangs auf Unterwasserschreibtafeln notiert und nach dem Tauchgang im Raster eines Protokollformulars dokumentiert.

Im Unterschied zu anderen Makrophyten sind Armleuchteralgen im Allgemeinen nur bei starker Vergrößerung sicher zu unterscheiden und zu bestimmen. Während eines Tauchgangs ist dies nicht durchführbar. Eine nachträgliche genaue Bestimmung lässt hingegen nicht zu, dass eine Lokalisierung zusammen mit der Schätzung der Häufigkeit vorgenommen wird. Daher werden hier alle Armleuchterarten gemeinsam betrachtet.

Eine Tauchgruppe bestimmte die Sichttiefe in den untersuchten Abschnitten und nahm Wasserproben zur Bestimmung der Wasserqualitätsparameter (s. Tabelle 1 und Kap. 4.3).

Für die Wasserproben wurden jeweils 6 Proben aus verschiedenen Tiefen entnommen, von der Oberfläche bis zur Tiefe von 10 m jeweils im Rasterabstand von 2,5 m, und zusätzlich 0,5 m über dem Gewässerboden.

Die Entnahme erfolgte mittels wärmeisolierten Glasflaschen mit zwei gegenüberliegenden Schraubverschlüssen. Die Flaschen wurden an der Oberfläche geflutet, um tiefere Proben nicht mit Luftsauerstoff zu verfälschen. In der beabsichtigten

Tiefe wurden dann beide Verschlüsse geöffnet, durch eine mehrmalige horizontale Schwenkbewegung der Flascheninhalt ausgetauscht und die Flasche wieder verschlossen. Die Probenahme erfolgte von oben nach unten. Die untersuchten Parameter wurden mit visuellen, olfaktorischen, elektronischen, refraktometrischen, photometrischen und titrimetrischen Verfahren direkt Vor-Ort bestimmt (Tabelle 1). Die Bestimmung mittels photometrischen und titrimetrischen Methoden erfolgte mit Testsätzen von Macherey-Nagel.

Zusätzlich wurde an allen Probenahmestellen die Sichttiefe mit Hilfe einer Secchischeibe bestimmt. Dabei wurde eine weiße Scheibe an einem Maßband so weit in die Tiefe abgelassen, in der sie gerade noch sichtbar war. Diese Tiefe wurde am Maßband abgelesen und dokumentiert.

Darüber hinaus wurde an allen Probenahmestellen die Dicke der Schlammschicht mittels einer modifizierten Lawinensonde bestimmt. Dabei wurde eine Gummischeibe (ca. 10 x 10 cm) auf die Sonde aufgesteckt und fungierte während des Einstechens in den Schlamm als Schleppzeiger. Es wurde jeweils nur ein einzelner Wert aufgenommen.

Tabelle 1: Liste der gemessenen Parameter und Messverfahren

Parameter	Einheit	Verfahren
Aussehen der Probe	-	Visuell
Geruch der Probe	-	Olfaktorisch
Wasser-Temperatur	°C	Elektronisch
O ₂ -Gehalt	mg/l	Elektronisch
	%	
Leitfähigkeit	µS/cm	Elektronisch
pH-Wert	-	Elektronisch
Dichte	g/ml	Refraktometrisch
Ammonium-Gehalt	mg/l	Photometrisch
Nitrat-Gehalt	mg/l	Photometrisch
Nitrit-Gehalt	mg/l	Photometrisch
Eisen-Gehalt	mg/l	Photometrisch
Phosphor-Gehalt	mg/l	Photometrisch
Sulfid-Gehalt	mg/l	Photometrisch
Gesamthärte	°dH	Titrimetrisch
Carbonathärte	°dH	Titrimetrisch

Die Untersuchungstermine können Abbildung 2 entnommen werden.

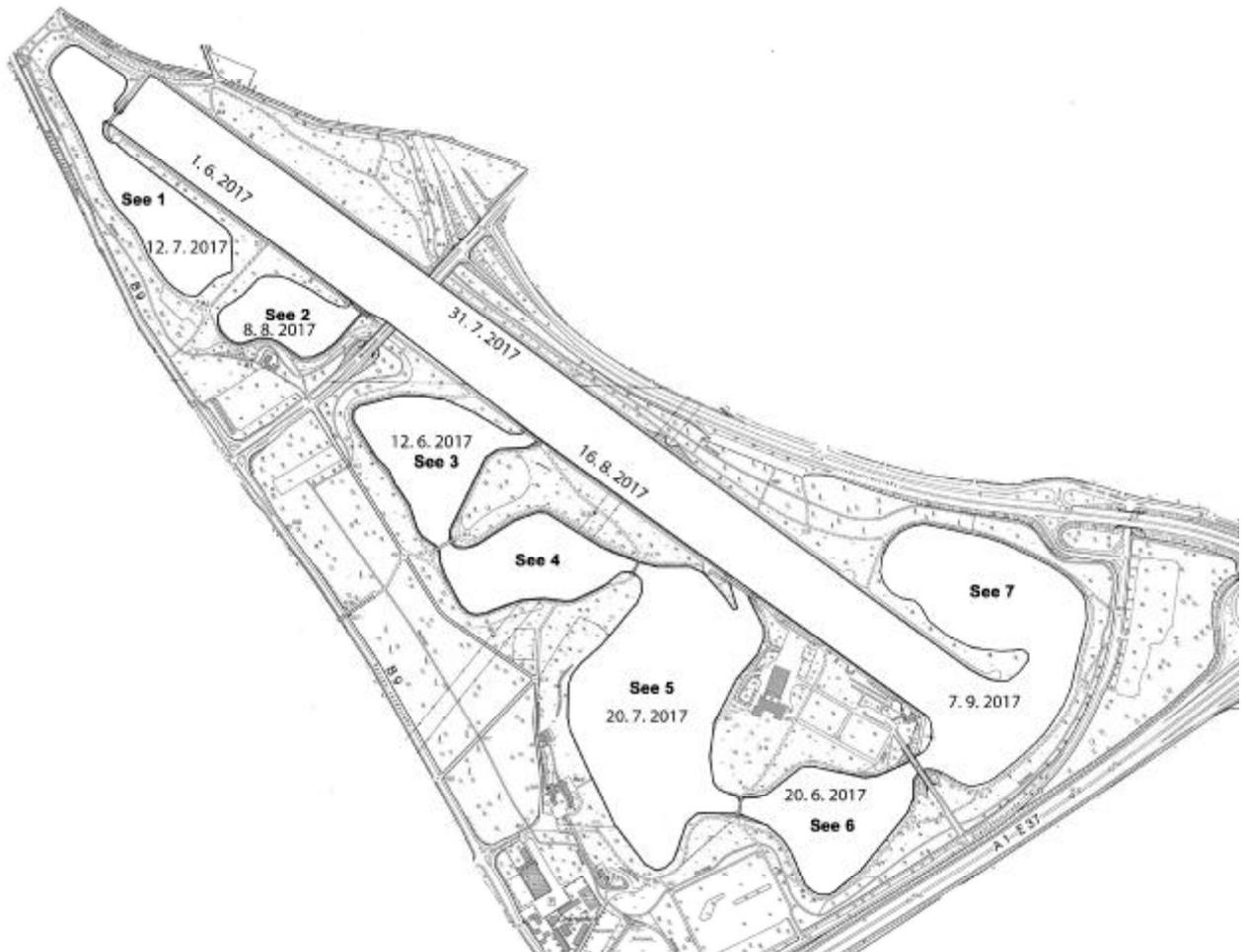


Abbildung 2: Untersuchungsgebiete und -termine

4. Ergebnisse der Tauchkartierungen im Jahr 2017

4.1 Verbreitung ausgewählter Makrophyten

Im Jahr 2017 wurden in allen untersuchten Seen sowie der Regattabahn zum Großteil dichte Bestände der **Armleuchteralge** gefunden. Im Vergleich zum Vorjahr zeigten die Seen 5 und 6 ebenfalls sehr dichte Bestände. Die Ergebnisse der Bestände auf der Regattabahn entsprechen den Ergebnissen des Jahres 2016. Im östlichen Teil des Startbereiches der Regattabahn wurden keine Armleuchterlagen gesichtet.

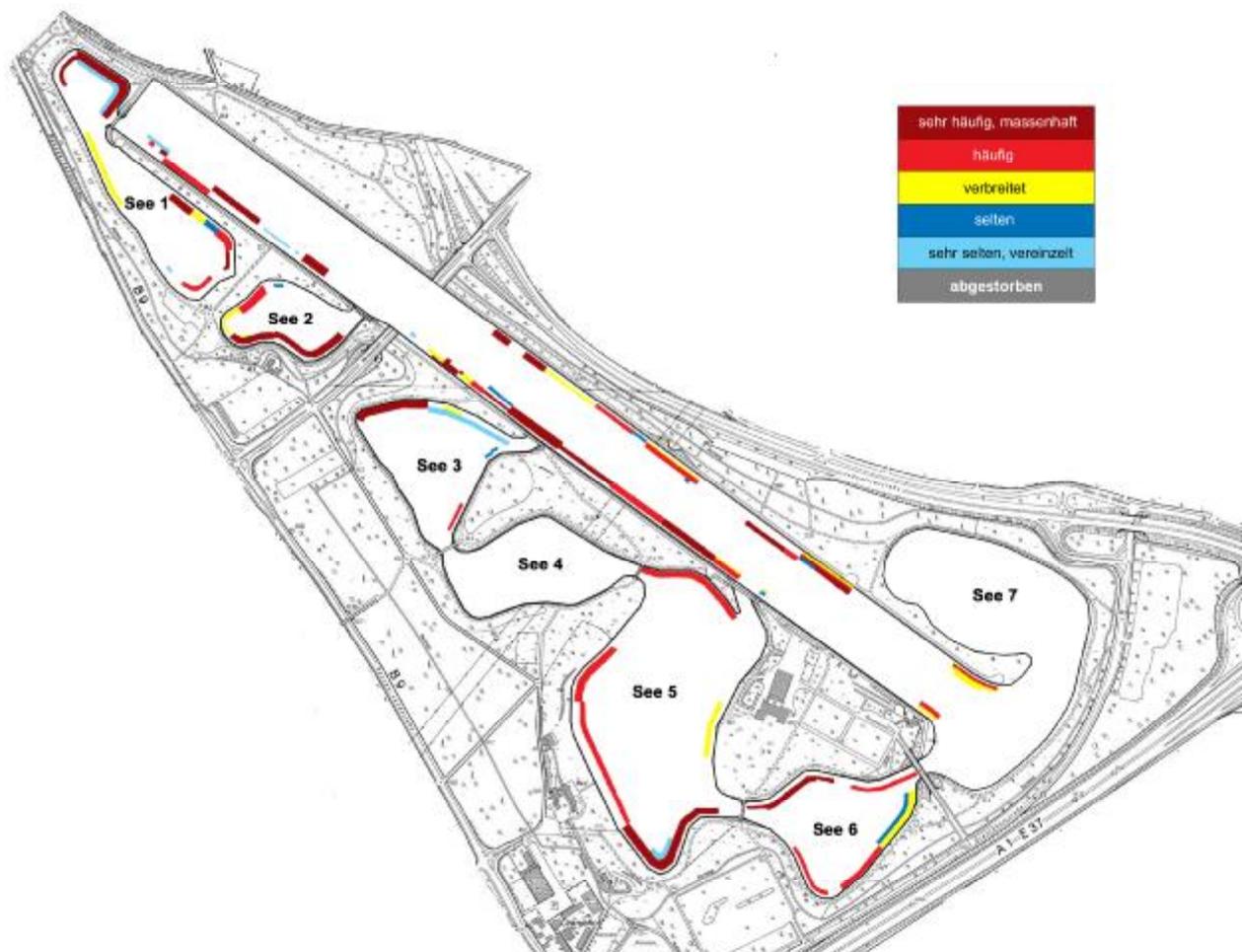


Abbildung 3: Verbreitung der Armleuchteralgen in den Untersuchungsgebieten

Im Vergleich zum Vorjahr wurden 2017 geringere Bestände des Neophyten **Nadelkraut** (*Crassula helmsii*) in allen Abschnitten der untersuchten Teilseen gefunden. Dennoch spricht das wiederholte Auffinden dieser Art für eine Etablierung im See (Abbildung 4). Alle Vorkommen finden sich ufernah und in geringerer Tiefe als bspw. die Armleuchteralge.

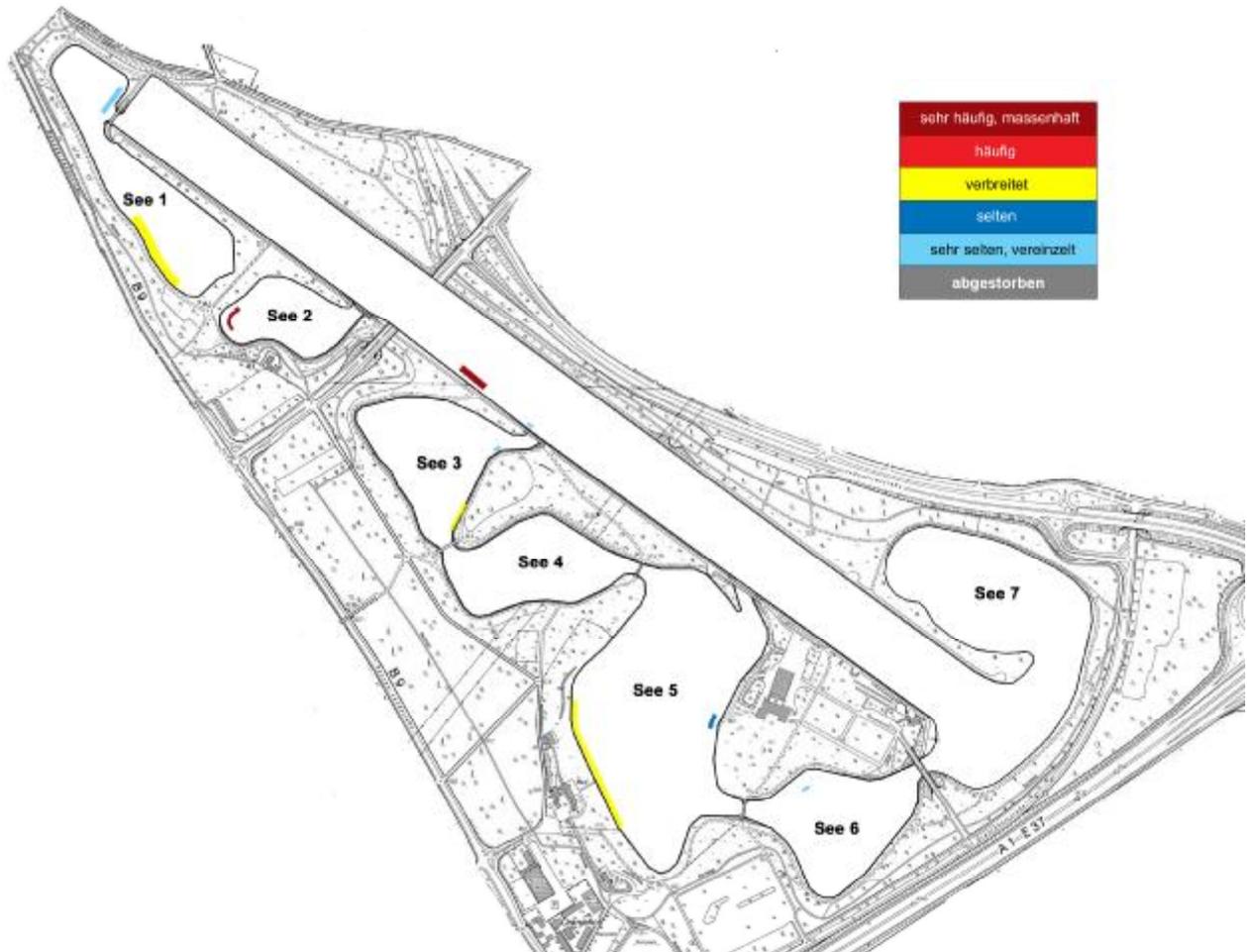


Abbildung 4: Verbreitung des Nadelkrauts in den Untersuchungsgebieten

Die eutraphente Art **Raues Hornblatt** (*Ceratophyllum demersum*) wurde im Vergleich zum Vorjahr in ähnlich geringer Häufigkeit gefunden. In See 5 kam die Art am Westufer jedoch mit einer sehr hohen Dichte in geringen Tiefen (ca. 2 m) vor (Abbildung 5).

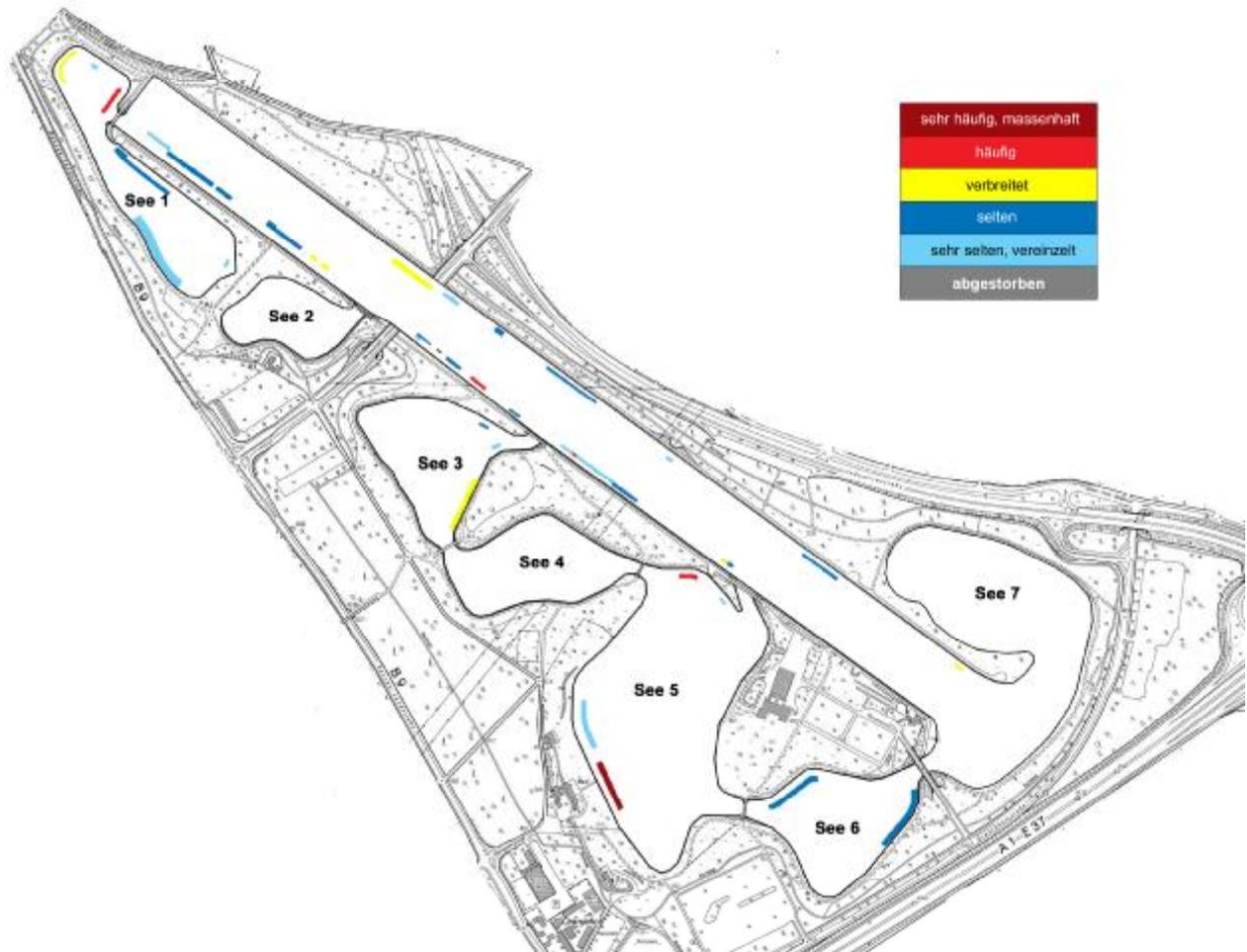


Abbildung 5: Verbreitung des Rauhen Hornblatts in den Untersuchungsgebieten

Für das eutraphente **Kammlaichkraut** (*Potamogeton pectinatus*) wurde die größte Populationsdichte wie bereits 2015 in See 2 kartiert. In den übrigen Teilsee kamen zum Teil verbreitete bis selten oder sogar nur vereinzelte Bestände vor (Abbildung 6). Die Art ist jedoch deutlich in allen Abschnitten des Fühlinger Sees vertreten.

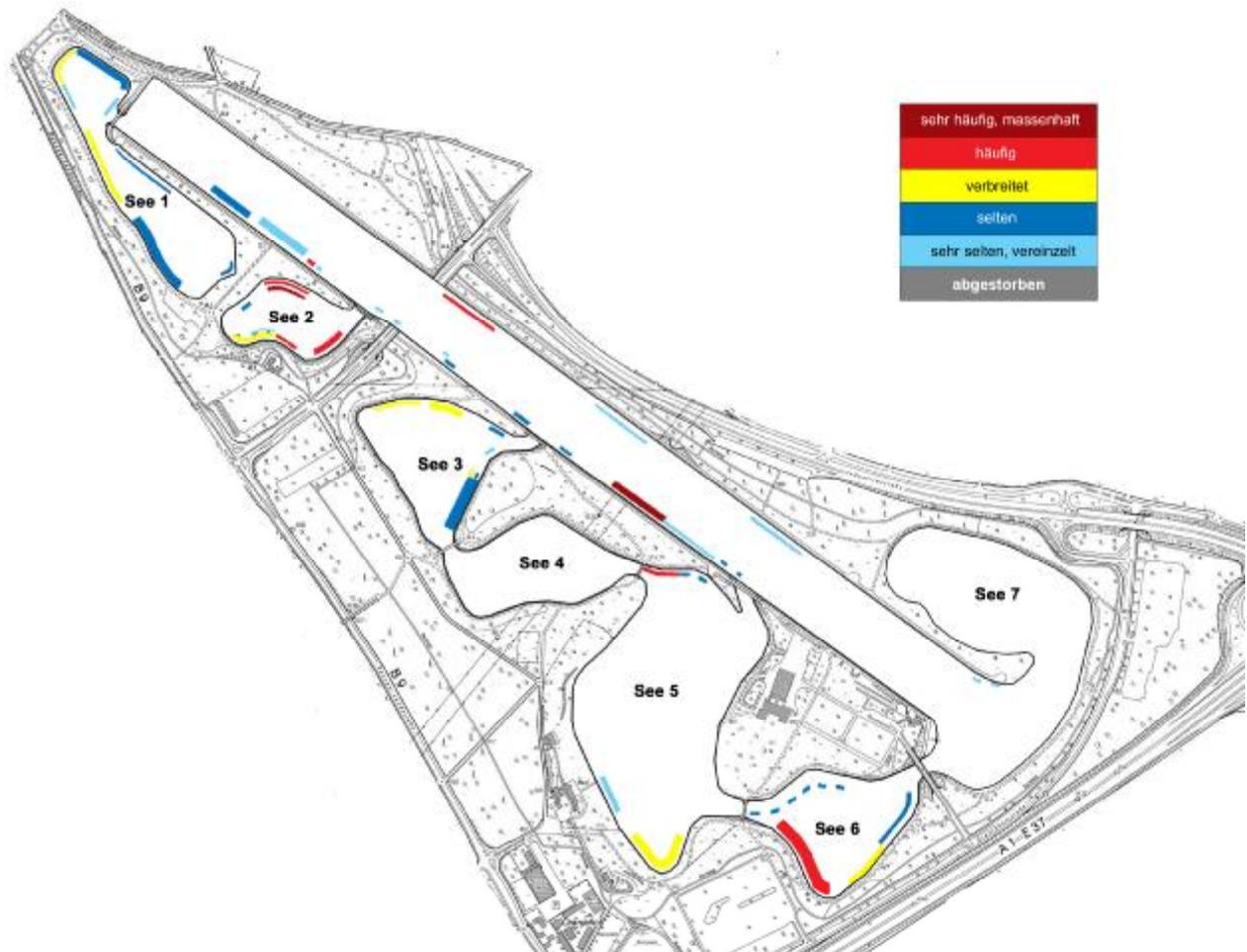


Abbildung 6: Verbreitung des Kammlaichkrautes in den Untersuchungsgebieten

Das **Durchwachsene Laichkraut** (*Potamogeton perfoliatus*) wurde im Vergleich zum Vorjahr in geringeren Beständen und nicht über die gesamte Uferlänge der Teilseen kartiert. Die Art wurde, abgesehen von vereinzelt dichten Beständen („häufig“), als „selten“ bis „sehr selten“ kartiert (Abbildung 7).

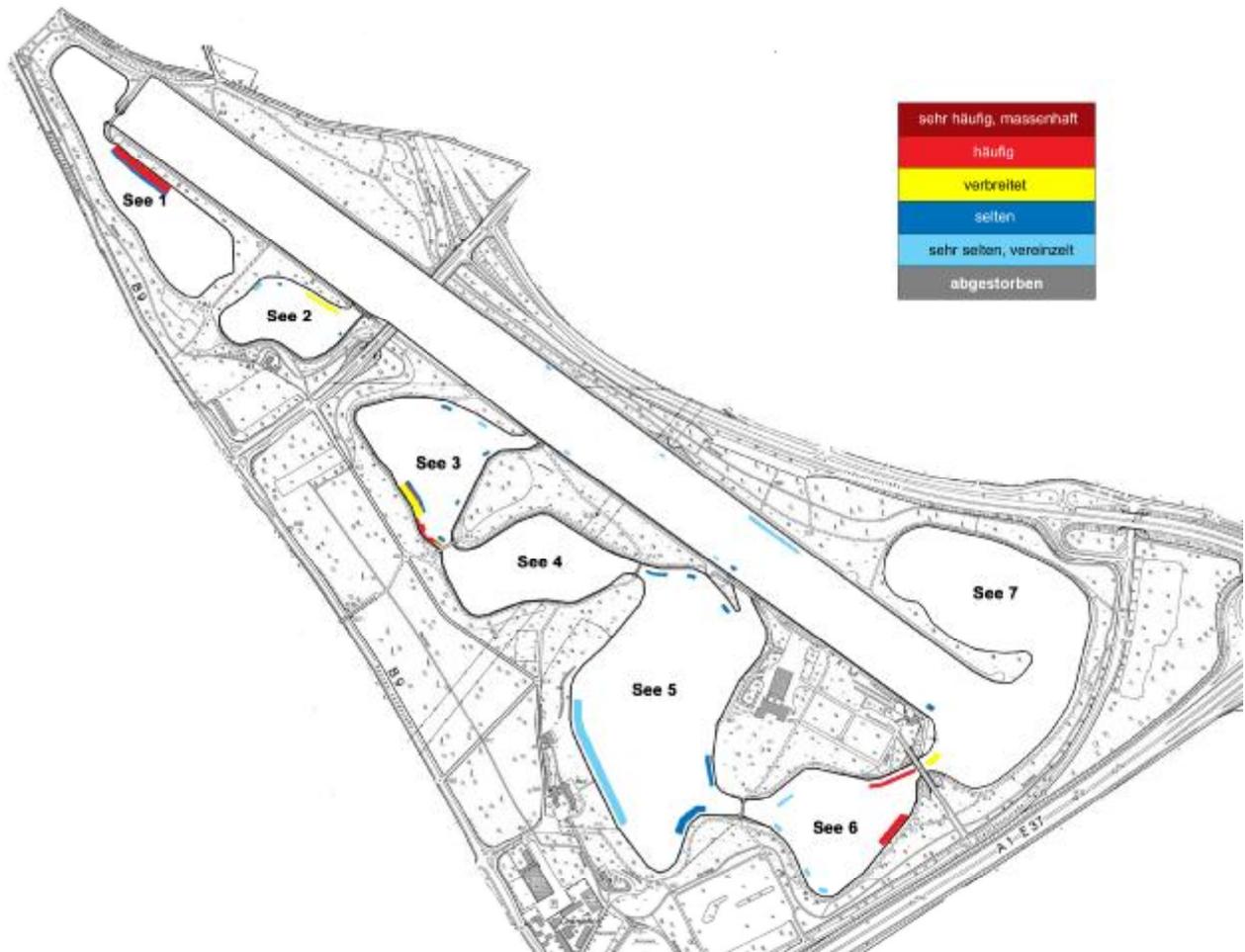


Abbildung 7: Verbreitung des Durchwachsenen Laichkrautes in den Untersuchungsgebieten

Das **Glänzende Laichkraut** (*Potamogeton lucens*) wurde ebenfalls in allen untersuchten Bereichen in allen Häufigkeiten kartiert (Abbildung 8).

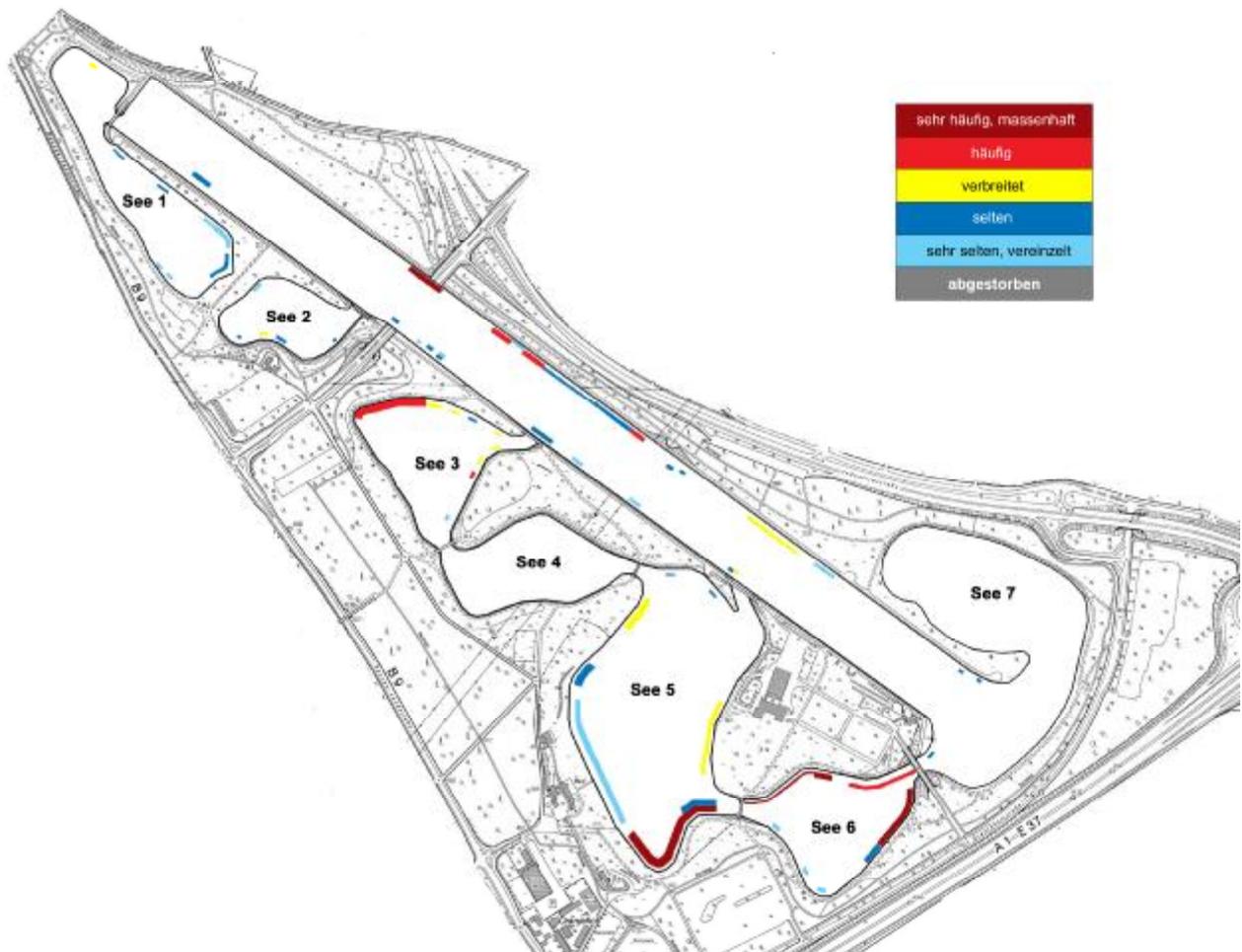


Abbildung 8: Verbreitung des Glänzenden Laichkrautes in den Untersuchungsgebieten

Weitere gefundene Pflanzenarten waren Gewöhnlicher Hahnenfuß (*Ranunculus aquatilis*), Spreizender Hahnenfuß (*Ranunculus circinatus*), Krauses Laichkraut (*Potamogeton crispus*), Kanadische Wasserpest (*Elodea canadensis*), Nuttalls Wasserpest (*Elodea nuttallii*), Wechselblatt-Wasserpest (*Lagarosiphon major* (Ridl.) Moss), Ähriges Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) und Wasserschlauch (*Utricularia* sp.).

Insgesamt wurde in den meisten untersuchten Teilseen eine ausgeprägte Pflanzenvielfalt mit einer leicht zunehmenden Tendenz im Vergleich zum Vorjahr festgestellt.

Die Vorkommen von insgesamt 20 höheren Pflanzenarten und sechs verschiedenen Armleuchteralgen-Arten konnten bis zum Jahr 2017 für den Fühlinger See dokumentiert werden (Tabelle 2).

Tabelle 2: Im Fühlinger See nachgewiesene Makrophyten

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name
<i>Ceratophyllum demersum</i>	Rauhes Hornblatt
<i>Crassula helmsii</i>	Nadelkraut
<i>Elodea nuttallii</i>	Wasserpest Nuttalls Wasserpest, ca. 90%
<i>Elodea canadensis</i>	Kanadische Wasserpest, ca. 10%
<i>Lagarosiphon major</i> (Ridl.) Moss	Wechselblatt-Wasserpest (Einzelfund)
<i>Hygrophila polysperma</i>	Indischer Wasserfreund
<i>Zannichellia palustris</i>	Teichfaden
<i>Myriophyllum spicatum</i>	Ähriges Tausendblatt
<i>Potamogeton pectinatus</i>	Fadenförmige Laichkräuter Kamm-Laichkraut, ca. 90%
<i>Potamogeton berchtoldii</i>	Kleines Laichkraut, ca. 5%
<i>Potamogeton pusillus</i>	Zwerg-Laichkraut, ca. 5%
<i>Potamogeton crispus</i>	Krauses Laichkraut
<i>Potamogeton lucens</i>	Glänzendes Laichkraut
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	Durchwachsenes Laichkraut
<i>Potamogeton x nitens</i> WEBER	Schimmerndes Laichkraut
<i>Ranunculus circinatus</i>	Spreizender Hahnenfuß
<i>Ranunculus trichophyllus</i>	Haarblättriger Hahnenfuß
<i>Lysimachia nummularia</i>	Pfennig-Gilbweiderich
<i>Urticularia</i> sp.	Wasserschlauch
<i>Nitellopsis obtusa</i>	Armleuchteralgen Stern-Armleuchteralge
<i>Nitella opaca</i>	Dunkle Glanzleuchteralge
<i>Nitella mucronata</i>	Stachelspitzige Glanzleuchteralge
<i>Chara contraria</i>	Gegensätzliche Armleuchteralge
<i>Chara vulgaris</i>	Gemeine Armleuchteralge
<i>Nitella flexilis</i>	Biegsame Armleuchteralge
<i>Phragmites australis</i>	Pflanzen der Uferzone Schilfrohr

4.2. Die Tiefenverbreitung der Makrophyten im Jahr 2017

In vielen nährstoffbelasteten Seen ist der durch Planktonalgen verursachte Lichtmangel der limitierende Faktor für die Tiefenverbreitung submerser Makrophyten. Fehlen andere, den Lichteinfall hemmende Faktoren wie Huminsäuren, aufgewühltes Feinsediment oder die Beschattung durch Bäume, können die festgestellten Maximaltiefen Rückschlüsse auf den Belastungszustand des Gewässers geben (s. Tabelle 3).

Tabelle 3: Beziehung zwischen Trophie und Makrophyten-Tiefengrenzen (nach Hoesch & Buhle 1996 in Pott & Remy 2000)

	oligotroph	mesotroph	eutroph	polytroph	hypertroph
mittl. Tiefe (m)	> 9,0	>3,6	>0,6	<0,6	0,0
max. Tiefe (m)	>12,0	>5,3	>1,3	<1,3	0,0

Die Vorkommen von Makrophyten reichten im Jahr 2017 meist bis in ca. 5 m Tiefe, der Armleuchteralgen bis in ca. 8 m Tiefe.

Damit sind alle untersuchten Teilseen des Fühlinger Sees in eine Trophiestufe einzuordnen, die als mesotroph bezeichnet werden kann, auch wenn noch Unterschiede zwischen den einzelnen Teilseen erkennbar sind.

4.3. Hydrochemische Untersuchung der Seen

An allen Untersuchungsterminen wurden Wasserproben aus bis zu 6 verschiedenen Wassertiefen entnommen und auf ihre wesentlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften untersucht. Die Lage der Entnahmestellen ist in der Abbildung 9 schematisch dargestellt.

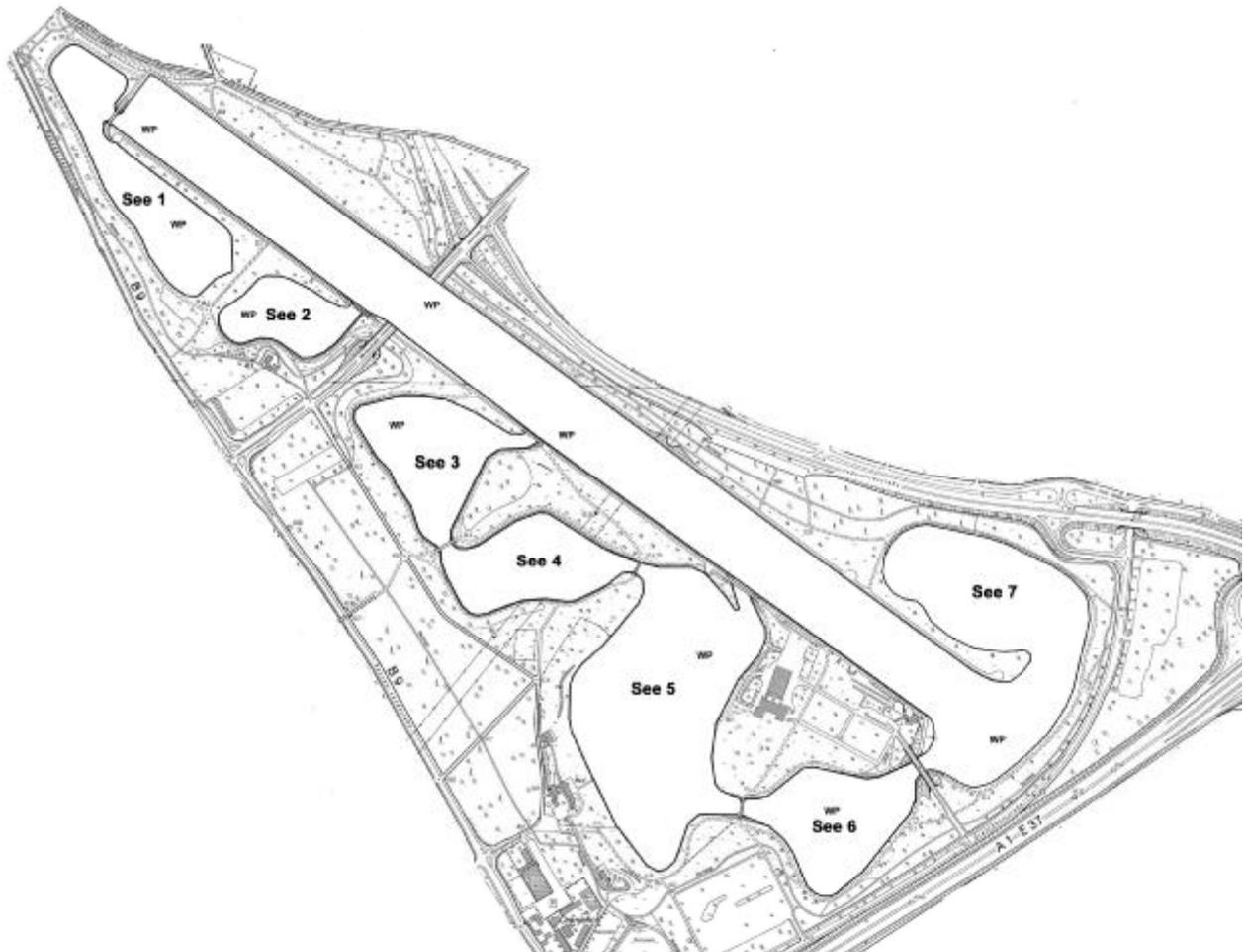


Abbildung 9: Entnahmestellen für die Wasserproben (WP), schematisch

Im **Startbereich der Regattastrecke** ist die Sichttiefe mit 6,4 m bei einer Wassertiefe von ca. 9 m sehr gut. Licht kann somit bis in die tieferen Wasserschichten durchdringen und Makrophytenwachstum begünstigen. Da der Bereich > 0,5 über Grund bei 9 m lag, entfiel die 10 m Probe. Der hohe Sauerstoffgehalt bis in Grundnähe deutet auch auf eine gute Sauerstoffproduktion durch bspw. Makrophyten in der Tiefenzone. Der pH-Wert bei ca. 8 sowie die hohen Phosphatgehalte sprechen für ein gutes Pflanzenwachstum. Die geringe Schlammdicke von 0,35 m deutet zusammen mit den geringen Nährstoffkonzentrationen auf eine gute mikrobielle Umsetzung im Gewässerabschnitt hin, welche durch die hohen Sauerstoffkonzentrationen ermöglicht werden.

Datum	01.06.2017	Wetter	
Gewässer	Fühlinger See, Regatta Start	Luft-Temperatur (°C)	27,7
Ort der Probenahme	vor der Plattform	Wolken	keine
Sichttiefe (m)	6,4	Niederschläge	keine
Uhrzeit	20:00	Wind	schwach
Sedimentdicke (m)	0,35	Windrichtung	

Wassertiefe		0,1	2,5	5	7,5	10	8,9
							0,5 > Grund
	Einheit	m	m	m	m	m	m
Aussehen der Probe	-	klar	klar	klar	klar	-	leicht trüb
Geruch der Probe	-	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig	-	unauffällig
Wasser-Temperatur	°C	21,5	21,0	18,5	17,0	-	18,1
O ₂ -Gehalt	mg/l	10,40	11,00	14,70	14,80	-	12,60
	%	117,0	123,0	156,0	153,0	-	133,0
Leitfähigkeit	µS/cm	731	732	734	738	-	738
pH-Wert	-	8,11	7,92	8,03	8,00	-	8,05
Dichte	g/ml	1,000	1,001	1,001	1,002	-	1,002
Ammonium-Gehalt	mg/l	0,5	<0,1	<0,1	<0,1	-	<0,1
Nitrit-Gehalt	mg/l	0,04	0,04	0,04	0,03	-	0,03
Nitrat-Gehalt	mg/l	<4,0	4,5	<4,0	<4,0	-	<4,0
Eisen-Gehalt	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	0,1	-	<0,04
Phosphat-Gehalt	mg/l	3,2	2,5	2,1	2,1	-	2,3
Sulfid-Gehalt	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	<0,05
Gesamthärte	°dH	17,0	18,0	18,0	18,0	-	18,0
Carbonathärte	°dH	10,0	11,0	10,0	11,0	-	11,0

Der **See 3** zeigt eine ähnliche Grundsituation wie der Startbereich der Regattastrecke. Auf ca. 11 m Tiefe, welche der Probe > 0,5 m über Grund entspricht, ist ein jedoch ein deutlicher Rückgang der Sauerstoffkonzentration im Vergleich zu den oberen Wasserschichten festzustellen. Zusammen mit der geringeren Sichttiefe des tiefer reichenden Sees liegt hier vermutlich die Respirationsrate durch mikrobiellen Abbau höher und es wird kaum bis kein neuer Sauerstoff durch Pflanzenwachstum produziert. Im Vergleich zum untersuchten Abschnitt in der Regattastrecke sind die Nitratwerte sehr hoch und nehmen mit der Tiefe zu. Das spricht für eine hohe Nitrifikationsleistung durch Mikroorganismen, was der mit der Tiefe geringer werdende Sauerstoffgehalt bereits angedeutet hat. Eine hohe Nitrifikationsrate wird durch einen hohen Nährstoffeintrag von bspw. Ammonium begünstigt. Der hohe Nitratgehalt nach Abbau des Ammoniums dient Pflanzen als Wachstumsdünger.

Datum	12.06.2017	Wetter	
Gewässer	Fühlinger See, See 3	Luft-Temperatur (°C)	18,4
Ort der Probenahme	WP	Wolken	bedeckt
Sichttiefe (m)	6,4	Niederschläge	keine
Uhrzeit	20:15	Wind	schwach
Sedimentdicke (m)	0,45	Windrichtung	Süd

Wassertiefe		0,1	2,5	5	7,5	10	11
							0,5 > Grund
	Einheit	m	m	m	m	m	m
Aussehen der Probe	-	klar	klar	klar	klar	leicht trüb	leicht trüb
Geruch der Probe	-	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig
Wasser-Temperatur	°C	19,0	19,7	17,2	15,7	15,3	15,4
O ₂ -Gehalt	mg/l	10,73	11,13	17,05	16,36	11,22	7,84
	%	115,0	121,3	176,0	164,0	111,2	77,8
Leitfähigkeit	µS/cm	703	722	739	755	768	776
pH-Wert	-	8,00	8,04	7,90	7,83	7,73	7,63
Dichte	g/ml	1,001	1,001	1,001	1,002	1,002	1,002
Ammonium-Gehalt	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	0,3
Nitrit-Gehalt	mg/l	0,04	0,03	0,05	0,07	0,11	0,15
Nitrat-Gehalt	mg/l	4,6	4,4	6,6	6,7	4,7	5,1
Eisen-Gehalt	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Phosphat-Gehalt	mg/l	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6
Sulfid-Gehalt	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Gesamthärte	°dH	18,0	24,0	18,0	19,0	24,0	24,0
Carbonathärte	°dH	12,0	12,0	15,0	16,0	16,0	16,0

Im **See 6** wurde im Bereich der Tiefenbelüftungsanlage (TiBeAn) eine Sichttiefe von 4,5 m bestimmt. Demnach reichen die lichtdurchflutete Schicht und damit die Produktionsschicht von Sauerstoff und Biomasse bis zu einer Tiefe von ca. 9 m (Maximum des Sauerstoffgehaltes mit 17,75 mg/l). Unterhalb dieser Marke wurden erheblich geringere Sauerstoffwerte bis zur absoluten Sauerstoffarmut (Anerobie) mit < 1 mg/l bei 13,2 m (Probe: > 0,5 über Grund) gefunden. In Relation zur gemessenen Sichttiefe sowie der hohen Schlammdicke ist diese Situation plausibel.

Die hohen Nährstoffgehalte (Ammonium, Nitrat und Phosphat) werden ohne Sauerstoff anaerob abgebaut, weshalb Faulschlamm entsteht, welcher übelriechende Schwefelgase freisetzen kann.

Datum	20.06.2017	Wetter	
Gewässer	Fühlinger See, See 6	Luft-Temperatur (°C)	26,8
Ort der Probenahme	TiBeAn	Wolken	wolkenlos
Sichttiefe (m)	4,5	Niederschläge	keine
Uhrzeit	20:00	Wind	schwach
Sedimentdicke (m)	0,65	Windrichtung	

Wassertiefe		0,1	2,5	5	7,5	10	13,2
							0,5 > Grund
	Einheit	m	m	m	m	m	m
Aussehen der Probe	-	klar	klar	klar	klar	klar	leicht trüb
Geruch der Probe	-	unauffällig	unauffällig	unauffällig	leicht muffig	leicht muffig	modrig
Wasser-Temperatur	°C	21,5	21,1	20,4	17,3	16,3	16,4
O ₂ -Gehalt	mg/l	12,40	12,72	14,24	17,75	0,52	0,61
	%	140,7	142,5	158,0	182,0	5,8	6,3
Leitfähigkeit	µS/cm	725	736	780	1038	1076	1088
pH-Wert	-	8,11	8,25	7,77	7,13	7,01	7,01
Dichte	g/ml	1,000	1,000	1,001	1,002	1,002	1,002
Ammonium-Gehalt	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,7	1,1
Nitrit-Gehalt	mg/l	0,03	0,04	0,06	0,04	0,09	0,02
Nitrat-Gehalt	mg/l	<4,0	4,0	5,5	20,1	8,5	4,9
Eisen-Gehalt	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	0,17	0,14	0,05
Phosphat-Gehalt	mg/l	1,8	1,9	2,3	5,3	5,9	6,9
Sulfid-Gehalt	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,90
Gesamthärte	°dH	18,0	18,0	18,0	27,0	30,0	30,0
Carbonathärte	°dH	12,0	12,0	13,0	24,0	25,0	25,0

Der Sulfidgehalt lag in der bodennahen Schicht bei 0,9 mg/l und damit jedoch niedriger als in den vergangenen Jahren.

Wie bereits in den Vorjahren sind die Leitfähigkeitswerte und die Härtewerte in der Tiefe bis zu einem Faktor von 1,6 höher als an der Oberfläche.

Im **See 1** hatte sich zum Untersuchungszeitpunkt eine stabile Sommerschichtung entwickelt. Über der Sprungschicht, welche sich ungefähr bei 8 m befand, wurden gute Sauerstoffgehalte gemessen. Im Gegensatz dazu wurden in größerer Wassertiefe deutlich geringe Sauerstoffwerte gemessen. Dieses Ergebnis lässt den Schluss zu, dass oberhalb der Sprungschicht die Produktion größer ist als die Respiration und unterhalb dieser die Respiration größer ist als die Produktion. Dafür spricht auch die Sichttiefe von 4,9 m. Die Nährstoffkonzentrationen sind in diesem See durchgehend mit der Tiefe sehr gering, was in Zusammenhang mit der Pflanzenklärung „Bio-Park“ zwischen den Teilseen 1 und 2 stehen könnte.

Datum	12.07.2017	Wetter	
Gewässer	Fühlinger See, See1	Luft-Temperatur (°C)	16,6
Ort der Probenahme	Boje über der Pumpe	Wolken	halb bedeckt
Sichttiefe (m)	4,9	Niederschläge	keine
Uhrzeit	20:05	Wind	stark
Sedimentdicke (m)	0,47	Windrichtung	

Wassertiefe		0,1	2,5	5	7,5	10	13,3
							0,5 > Grund
	Einheit	m	m	m	m	m	m
Aussehen der Probe	-	klar	klar	klar	klar	klar	trüb
Geruch der Probe	-	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig	leicht muffig	muffig
Wasser-Temperatur	°C	21,2	21,6	21,6	20,5	19,0	18,4
O ₂ -Gehalt	mg/l	10,60	12,06	11,90	11,70	5,20	1,60
	%	115,1	136,0	134,8	130,5	54,7	13,6
Leitfähigkeit	µS/cm	690	694	695	705	736	742
pH-Wert	-	8,22	8,26	8,24	8,04	7,70	7,59
Dichte	g/ml	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001
Ammonium-Gehalt	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,5	0,8
Nitrit-Gehalt	mg/l	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	<0,02
Nitrat-Gehalt	mg/l	4,3	4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0
Eisen-Gehalt	mg/l	<0,04	0,1	<0,04	<0,04	0,07	0,06
Phosphat-Gehalt	mg/l	<0,6	<0,6	<0,6	0,7	1,0	<0,6
Sulfid-Gehalt	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Gesamthärte	°dH	16,0	16,0	17,0	17,0	19,0	18,0
Carbonathärte	°dH	10,0	10,0	12,0	13,0	15,0	16,0

Im **See 5** wurde eine Sichttiefe von 4,6 m bestimmt. Demnach reichen die lichtdurchflutete Schicht und damit die Produktionsschicht von Sauerstoff und Biomasse bis zu einer Tiefe von ca. 9 m (Maximum des Sauerstoffgehaltes mit 27 mg/l). Unterhalb dieser Marke wurden erheblich geringere Sauerstoffwerte bis zur Anerobie mit < 1 mg/l bei 14 m (Probe: > 0,5 über Grund) gefunden. In Relation zur gemessenen Sichttiefe, der hohen Nährstoffkonzentration (Ammonium, Phosphor) in der Tiefenzone sowie der höchsten Schlammdicke (1,6 m) spricht die Situation analog zu See 6 für eine sehr starke Respiration in der Tiefe und nahezu keiner Produktion, jedoch einer aneroben mikrobiellen Umsetzung (Faulschlamm). Bis zur Sprungschicht ist die Sauerstoffproduktion bedingt durch die sehr hohen Nitratgehalte extrem hoch.

In der Tiefenprobe sind analog zu den Seen 6 und 1 die Konzentrationen von Eisen erhöht. Zusammen mit der höheren Phosphatkonzentration und sauerstoffzehrenden Bedingungen könnte das gebunden Eisenphosphat wieder zurück ins Wasser gelöst werden, was zu erhöhten Werten führen kann. Ein zu hoher Eisengehalt kann die Kiemen von Fischen und bodenlebenden Invertebraten schädigen, weshalb die Entwicklung der Werte beobachtet werden sollte.

Datum	20.07.2017	Wetter	
Gewässer	Fühlinger See, See 5	Luft-Temperatur (°C)	21
Ort der Probenahme	WP	Wolken	bewölkt
Sichttiefe (m)	4,6	Niederschläge	nein
Uhrzeit	19:30	Wind	stürmisch
Sedimentdicke (m)	1,6	Windrichtung	

Wassertiefe		0,1	2,5	5	7,5	10	14
							0,5 > Grund
	Einheit	m	m	m	m	m	m
Aussehen der Probe	-	klar	klar	klar	klar	leicht trüb	leicht trüb
Geruch der Probe	-	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig	muffig	faulig
Wasser-Temperatur	°C	20,6	20,4	19,2	17,0	15,5	14,5
O ₂ -Gehalt	mg/l	12,80	13,00	20,50	27,00	11,67	0,85
	%	143,3	144,5	222,0	274,0	118,0	8,3
Leitfähigkeit	µS/cm	679	699	771	814	924	964
pH-Wert	-	8,36	8,31	7,96	7,95	7,42	7,28
Dichte	g/ml	1,001	1,001	1,001	1,002	1,002	1,002
Ammonium-Gehalt	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,5	2,4
Nitrit-Gehalt	mg/l	0,04	0,05	0,06	0,08	<0,02	<0,02
Nitrat-Gehalt	mg/l	<4,0	<4,0	6,1	6,7	<4,0	<4,0
Eisen-Gehalt	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	0,1
Phosphat-Gehalt	mg/l	1,4	1,6	2,3	1,6	5,7	8,0
Sulfid-Gehalt	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	1,70
Gesamthärte	°dH	16,0	16,0	19,0	21,0	26,0	26,0
Carbonathärte	°dH	14,0	12,0	16,0	17,0	22,0	25,0

Die **Mitte der Regattabahn** wies an den Probenahmestellen eine Sprungschicht zwischen 5 und 7,5 m Tiefe auf. Oberhalb der Sprungschicht wurden gleichmässig gute Sauerstoffwerte gemessen. In den darunterliegenden Schichten sind die Sauerstoffwerte z. T. niedriger.

Die übrigen Parameter zeigen eine nur geringe Bandbreite auf, wobei die Phosphatwerte analog zum Startbereich der Regattastrecke ebenfalls in allen Tiefen erhöht sind.

Datum	31.07.2017	Wetter	
Gewässer	Fühlinger See, Regatta Mitte	Luft-Temperatur (°C)	20,3
Ort der Probenahme	Laterne 59	Wolken	wenig
Sichttiefe (m)	5,2	Niederschläge	nein
Uhrzeit	20:00	Wind	nein
Sedimentdicke (m)	0,52	Windrichtung	

Wassertiefe		0,1	2,5	5	7,5	10	14,8
							0,5 > Grund
	Einheit	m	m	m	m	m	m
Aussehen der Probe	-	klar	klar	klar	leicht trüb	trüb	trüb
Geruch der Probe	-	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig	muffig, faulig
Wasser-Temperatur	°C	22,1	22,2	20,7	19,9	18,7	17,0
O ₂ -Gehalt	mg/l	13,70	13,85	14,54	14,82	10,04	7,18
	%	157,8	149,2	161,5	162,8	107,1	74,8
Leitfähigkeit	µS/cm	687	695	686	692	705	730
pH-Wert	-	8,20	8,19	8,20	8,14	7,88	7,71
Dichte	g/ml	1,000	1,000	1,000	1,000	1,001	1,001
Ammonium-Gehalt	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,9
Nitrit-Gehalt	mg/l	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,02
Nitrat-Gehalt	mg/l	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0
Eisen-Gehalt	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	0,12	0,09
Phosphat-Gehalt	mg/l	1,2	1,1	1,1	1,0	1,6	2,3
Sulfid-Gehalt	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,32
Gesamthärte	°dH	12,0	13,0	12,0	12,0	13,0	14,0
Carbonathärte	°dH	11,0	12,0	12,0	12,0	12,0	14,0

Datum	16.08.2017	Wetter	
Gewässer	Fühlinger See Regattastrecke	Luft-Temperatur (°C)	21
Ort der Probenahme	Laterne 24	Wolken	ja
Sichttiefe (m)	3	Niederschläge	nein
Uhrzeit	19:20	Wind	
Sedimentdicke (m)	0,4	Windrichtung	

Wassertiefe		0,1	2,5	5	7,5	10	
							0,5 > Grund
	Einheit	m	m	m	m	m	m
Aussehen der Probe	-	klar	klar	klar	leicht trüb	leicht trüb	-
Geruch der Probe	-	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig	leicht muffig	-
Wasser-Temperatur	°C	21,8	21,3	20,9	20,0	16,6	-
O ₂ -Gehalt	mg/l	12,50	12,46	12,95	13,18	1,36	-
	%	141,6	139,7	143,9	143,6	13,0	-
Leitfähigkeit	µS/cm	664	678	670	738	760	-
pH-Wert	-	8,28	8,27	8,22	7,78	7,44	-
Dichte	g/ml	1,000	1,000	1,000	1,001	1,001	-
Ammonium-Gehalt	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,5	-
Nitrit-Gehalt	mg/l	0,03	0,22	0,03	0,03	0,04	-
Nitrat-Gehalt	mg/l	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	-
Eisen-Gehalt	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	0,1	0,1	-
Phosphat-Gehalt	mg/l	1,1	1,1	1,0	1,5	3,2	-
Sulfid-Gehalt	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-
Gesamthärte	°dH	13,0	14,0	14,0	15,0	17,0	-
Carbonathärte	°dH	12,0	11,0	11,0	12,0	14,0	-

An der Probenahmestelle wurde in **See 2** eine Sprungschicht im Bereich zwischen 5 und 7,5m Tiefe gemessen. Oberhalb der Sprungschicht wurde eine gleichmässig gute Sauerstoffsättigung gemessen, während in den tieferen Wasserschichten niedrige Sauerstoffsättigungen gemessen wurden.

Die Nährstoffkonzentrationen lagen jedoch größtenteils unter der Bestimmungsgrenze.

Datum	08.08.2017	Wetter	
Gewässer	Fühlinger See, See 2	Luft-Temperatur (°C)	-
Ort der Probenahme	WP	Wolken	heiter, wolkig
Sichttiefe (m)	3,0	Niederschläge	
Uhrzeit	19:30	Wind	
Sedimentdicke (m)	0,62	Windrichtung	

Wassertiefe		0,1	2,5	5	7,5	10	8
							0,5 > Grund
	Einheit	m	m	m	m	m	m
Aussehen der Probe	-	klar	klar	leicht trüb	klar	-	klar
Geruch der Probe	-	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig	-	unauffällig
Wasser-Temperatur	°C	21,5	22,0	21,8	20,9	-	20,6
O ₂ -Gehalt	mg/l	11,63	11,14	10,25	8,22	-	6,79
	%	132,3	127,4	117,2	92,8	-	76,4
Leitfähigkeit	µS/cm	682	678	682	697	-	698
pH-Wert	-	8,14	8,06	7,98	7,74	-	7,69
Dichte	g/ml	1,001	1,001	1,001	1,001	-	1,001
Ammonium-Gehalt	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	-	0,3
Nitrit-Gehalt	mg/l	0,03	0,02	<0,02	0,02	-	<0,02
Nitrat-Gehalt	mg/l	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	-	<4,0
Eisen-Gehalt	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	-	<0,04
Phosphat-Gehalt	mg/l	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	-	<0,6
Sulfid-Gehalt	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	0,09	-	<0,05
Gesamthärte	°dH	15,0	15,0	15,0	16,0	-	16,0
Carbonathärte	°dH	11,0	11,0	11,0	11,0	-	12,0

Im **Zielbereich der Regattastrecke** wurde eine Sichttiefe von 3,7 m bestimmt, was deutlich unter der Sichttiefe der gesamten Regattabahn lag. Unterhalb einer Tiefe von 10 m herrschen, analog zu See 6, anaerobe Verhältnisse, weshalb hier nur noch anaerober mikrobieller Abbau stattfinden kann. Die Höhe der Faulschlammdicke (1,18 m) bestätigt die Vermutung. Beide Teile haben eine direkte Verbindung zueinander. Die Eisen- sowie Sulfidwerte sind bei 12,6 m /Probe: >0,5 über Grund erhöht.

Die Werte der anderen Parameter sind jedoch unauffällig.

Datum	07.09.2017	Wetter	
Gewässer	Regattastrecke Auslauf WP	Luft-Temperatur (°C)	16
Ort der Probenahme		Wolken	bedeckt mit Lücken
Sichttiefe (m)	3,7	Niederschläge	nein
Uhrzeit	19:25	Wind	nein
Sedimentdicke (m)	1,18	Windrichtung	

Wassertiefe		0,1	2,5	5	7,5	10	12,6
							0,5 > Grund
	Einheit	m	m	m	m	m	m
Aussehen der Probe	-	klar	klar	klar	leicht trüb	-	trüb
Geruch der Probe	-	unauffällig	unauffällig	unauffällig	leicht muffig	-	faulig
Wasser-Temperatur	°C	19,0	19,0	18,9	19,0	-	15,2
O ₂ -Gehalt	mg/l	11,01	11,22	11,30	11,22	-	0,36
	%	118,8	120,8	121,6	120,4	-	3,6
Leitfähigkeit	µS/cm	670	662	667	674	-	1018
pH-Wert	-	8,07	8,04	8,02	7,94	-	6,89
Dichte	g/ml	1,001	1,001	1,001	1,001	-	1,001
Ammonium-Gehalt	mg/l	-	-	-	-	-	-
Nitrit-Gehalt	mg/l	0,03	0,03	0,03	0,02	-	<0,02
Nitrat-Gehalt	mg/l	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	-	<4,0
Eisen-Gehalt	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	-	0,2
Phosphat-Gehalt	mg/l	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	-	<0,6
Sulfid-Gehalt	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	3,80
Gesamthärte	°dH	16,0	15,0	15,0	15,0	-	29,0
Carbonathärte	°dH	10,0	10,0	10,0	12,0	-	24,0

Die sehr hohe Wasserhärte im gesamten Fühlinger See spricht für eine hohe Calcium- und Magnesiumkonzentration, welche im Rheineinzugsgebiet jedoch geogen bedingt (Kalk-, Gips- oder Dolomitschichten im Boden) durch natürliche Mineralisierung im Grundwasser sehr hoch ist. Der Fühlinger See wird größtenteils durch Grundwasser gespeist, welches abhängig vom Rheinpegel mehr oder weniger stark in den See gedrückt wird.

4.4. Sonstige Beobachtungen

4.4.1 Fische

In allen untersuchten Teilseen wurden Flussbarsche (*Perca fluviatilis*), Sonnenbarsche (Familie der Centrarchidae) und Hechte (*Esox lucius*) überwiegend in einer Größe zwischen 5 und 50 cm gesichtet. Größere Hechte wurden in den einzelnen Teilseen ebenfalls vereinzelt beobachtet. Größere Flussbarsche kamen in See 3 und 6 vor.

Einzelindividuen der Karpfen (*Caprinus spec.*) in einer Größe zwischen 20 und mehr als 50 cm wurden in einigen Teilseen und in der Regattabahn angetroffen. Weitere Arten waren Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*) sowie Aal (*Anguilla anguilla*) und Wels (*Silurus glanis*).

Zusätzlich wurden in allen Seen zahlreiche Jungfische gesichtet, sodass von einer guten Populationsentwicklung ausgegangen werden kann.

Die in 2014 erstmals gesichteten Schwarzmundgrundeln (*Gobius melanostomus*) in einer Größe von bis zu 20 cm wurden in allen Untersuchungsgebieten verbreitet angetroffen. Diese Art scheint sich im Seensystem des Fühlinger Sees etabliert zu haben.

4.4.2 Krebse

Krebse wurden selten, hauptsächlich in der Regattabahn, gesichtet. Die Anzahl der Lebendsichtungen überstieg dabei jedoch die Totfunde. Die Funde des amerikanischen Flusskrebsses des letzten Untersuchungsjahres konnten in diesem Jahr nicht bestätigt werden.

4.4.3 Weichtiere

Teichmuscheln (*Anodonta cygnea*) wurden in allen untersuchten Gebieten eher selten in Tiefen bis zu 6 m gesehen. Die Anzahl der Totfunde überstieg jedoch in diesem Jahr die Zahl der Lebendfunde.

Häufiger und bis in Tiefen von 6 m wurden Dreikantmuscheln (*Dreissena polymorpha*) in allen untersuchten Gebieten gefunden. Bei dieser Art überstiegen die Lebendfunde deutlich die Totfunde.

Schalen von toten Körbchenmuscheln (Corbiculidae) wurden in allen Untersuchungsgebieten häufig bis in Tiefen von 6 m gesehen. Körbchenmuscheln leben im Boden vergraben und die Schalen werden erst nach deren Tod aus dem Boden gespült und damit sichtbar. Am häufigsten wurde die Art in See 4 gesichtet.

Nicht näher bestimmte Schnecken wurden vereinzelt in den Seen 6 und der Regattabahn gesichtet.

4.4.4 Andere Tiere

Andere Tiere wie Süßwasserschwämme, Moostierchen und Glockentierchen wurden eher selten bis in Tiefen von 6 m gesehen. Rote Süßwassermilben waren dagegen in allen Teilseen häufiger.

Darüber hinaus wurden in den Monaten Juli und September häufig Süßwassermedusen (*Craspedacusta sowerbyi*) gesehen.

4.3.5 Weitere Funde

In allen Untersuchungsgebieten wurde Müll gefunden. Dazu gehörten Folien, Töpfe, ein Fahrradrahmen, Flaschen und diverse Kunststoffgegenstände.

5. Fazit und Ausblick

Auf der Basis der chemisch-physikalischen Bestimmungen zusammen mit den Ergebnissen der Pflanzenkartierungen und Tierbeobachtungen zeigen alle untersuchten Teilseen und die Regattastrecke ein ausgewogenes Bild, welches grundsätzlich auf einen stabilen Zustand des Fühlinger Sees hinweist. Das hohe Vorkommen von Indikatorarten für nährstoffarme Gewässer (bspw. Armleuchteralgen) deutet darauf hin, dass der ökologische Zustand des Gesamtsees einschließlich der Teilseen gut ist.

Lediglich der Teilsee 6 wie der Auslauf der Regattastrecke zeigt im Tiefenwasser deutliche Abweichungen im Vergleich zu den Tiefenbereichen der meisten anderen Teilseen und insbesondere zu den höheren Wasserschichten desselben Teilsees. Dabei sind in erster Linie die deutlich verminderten Sauerstoffwerte, die erheblich erhöhten Leitfähigkeitswerte sowie die hohen Nährstoffkonzentrationen zu nennen. Dies stimmt jedoch weitgehend mit den Ergebnissen der Vorjahre überein. Eine Verdichtung des Bestandes eutraphenter Makrophyten-Arten wie bspw. des Rauhen Hornblatt spiegelt das erhöhte Nährstoffangebot im See wieder. Diese Arten haben keine besonderen Ansprüche an ihre Lebensbedingungen und kommen auch in stark belasteten Gewässern vor.

Die Neuentdeckung aus 2014, die Schwarzmundgrundel, wurde für 2017 wieder bestätigt. Die Population scheint sich nach Beobachtungen im See zu vergrößern. In jedem Fall scheint sich die Art durch das Auftreten im 4. Jahr in Folge im See etabliert zu haben. Aufgrund ihrer euryöken Lebensweise, der hohen Konkurrenzfähigkeit sowie der fehlenden Fressfeinde sollte die weitere Entwicklung der Art sowie die Auswirkungen auf die heimische Fischpopulation daher weiter beobachtet werden.

Um die weitere Entwicklung – Stabilisierung bzw. Veränderung – einschätzen zu können, sollten die Beobachtungen mit Hilfe chemisch-physikalischer Untersuchungen in Kombination mit Kartierungen untergetauchter Wasserpflanzen und der Beobachtung von Klein- und Wirbeltieren weitergeführt werden. Die Messung der Schlammdicke, welche in diesem Jahr erstmalig eingesetzt wurde, liefert gute Hinweise zur Höhe anaerober Umsetzungsprozessen in den Teilseen und deren Entwicklung, welche ebenfalls weitergeführt werden sollte.

6 Literatur

- HEERING, K. (1999): Die Untersuchung und Bewertung von Fischgewässern mit *visocolor*. Macherey-Nagel im Eigenverlag, Düren, 1999
- HÜTTER, L. (1988): Wasser und Wasseruntersuchung. Verlag Moritz Diesterweg, Frankfurt, 1988
- HUMBERG, B. (1993): Unterwasserführer Europäische Binnengewässer. Verlag Stephanie Naglschmid Stuttgart, 1994
- LAMPERT, W. et al. (1992): Limnoökologie. Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1993
- LUDWIG, H. (1993): Tiere in Bach, Fluß, Tümpel, See. BLV Verlagsgesellschaft, München, 1993
- ROTHMALER, W. (1999): Exkursionsflora von Deutschland, Bd. 3: Gefäßpflanzen: Atlasband. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2000
- WEYER, K. et al.(2011): Fachbeiträge des LGUV Heft 119. Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armelechteralgen und Moose) in Deutschland. Band 1: Bestimmungsschlüssel. Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Land Brandenburg, 2011
- WEYER, K. et al.(2011): Fachbeiträge des LGUV Heft 120. Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armelechteralgen und Moose) in Deutschland. Band 2: Abbildungen. Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Land Brandenburg, 2011

Danksagung

Ein herzlicher Dank gebührt den Taucherinnen und Tauchern der VASA-Mitgliedsvereine für ihre Begeisterung und tatkräftige Unterstützung bei den Kartierungen. Ohne ihre Mitwirkung wären ehrenamtliche Projekte dieses Ausmaßes nicht möglich!

Ausdrücklicher Dank gilt auch dem Sportamt der Stadt Köln, das die Aktivitäten von VASA Köln e.V. am Fühlinger See genehmigt und wo immer möglich intensiv fördert.