Limnologische Einschätzung des Fühlinger Sees in Köln aufgrund von Tauchgängen und physikalisch-chemischen Untersuchungen im Jahr 2023 durch den VASA Köln e.V.

Köln, den 16.01.2025

Autor: Dr. Andreas Küver, Werner Hommer

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

Geschäftsstelle: Stefanstr. 8a, 51145 Köln

© VASA Köln e.V.

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG 3

2. AUSGANGSLAGE 4

3. UNTERSUCHUNGSMETHODE UND UNTERSUCHUNGSGEBIETE 2023 5

4. ERGEBNISSE DER TAUCHKARTIERUNGEN IM JAHR 2023 8

4.1 Makrophytenverbreitung 8

4.2. Die Tiefenverbreitung der Makrophyten 17

4.3. Physikalisch-chemische Untersuchung 18

4.4. Sonstige Beobachtungen 26

5. ZUSAMMENFASSUNG 27

6. FAZIT UND AUSBLICK 28

7. LITERATUR 29

© VASA Köln e.V.

1. Einleitung

Das Gebiet um den Fühlinger See besteht aus einer Vielzahl von miteinander verbundenen Seen. Durch den VASA e.V. werden jährlich verschiedene Teilseen auf die ökologischen Verhältnisse untersucht und eine Einschätzung der gewässerökologischen Entwicklung im Vergleich zu den letzten Jahren gegeben. Veränderungen im Pflanzenbestand und der Populationsdichten können wertvolle Hinweise auf eine potenzielle Gewässerveränderung geben.

2023 wurden im Rahmen der Tauchkartierungen die Wasserpflanzenbestände sowie die physikalisch-chemischen Parameter in den Teilseen 1 bis 7 sowie in den Abschnitten Auslaufsee, Start Ost und Mitte West der Regattabahn kartiert.

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

© VASA Köln e.V.

2. Ausgangslage

Der Fühlinger See, im Norden Kölns, als Naherholungsgebiet ist einer Vielzahl von anthropogenen Nutzungen wie Rudern (Regattabahn), Schwimmen, Tauchen, Angeln und Grillen unterzogen. Darüber hinaus ist das Gebiet Austragungsort einiger regelmäßig wiederkehrender Open-Air-Veranstaltungen wie bspw. des Summer Jam.

Der See entstand in der heutigen Form nach 1967 durch die Rekultivierung mehrerer Kiesgruben. Als solche besitzt der See keine oberirdischen Zuflüsse und wird nur über das Grundwasser gespeist. Dadurch und durch die unmittelbare Nähe zum Rhein ist die Wasserspiegellage im See stark von den Schwankungen des Wasserspiegels im Rhein abhängig. Diese Schwankungen können natürlicherweise bis zu zwei Metern groß sein und drücken im Hochwasserfall des Rheins erhöhte Schwebstoffanteile in den Fühlinger See. Die letzte sehr umfassende Studie des Gewässersystems des Fühlinger Sees wurde 1996 herausgegeben. Im Abschlußbericht „Gewässerzustand des Fühlinger Sees“ der Gas-, Elektrizitäts- und Wasserwerke (GEW) Köln werden die Zu- und Abflüsse in das System näherungsweise bilanziert und es wird eine theoretische Wassererneuerungszeit von 426 Tagen, d.h. ca. 14 Monaten, angegeben. Unter Verwendung eines detaillierteren Grundwasserströmungsmodells werden für die Wassererneuerung 570 Tage, also ca. 1,5 Jahre, ermittelt. Bei der Auswertung momentan erhobener Daten ist also die Tatsache, daß die Seen durchflossen werden, zu berücksichtigen.

Die Kartierungen fanden an Abenden der Vegetationsperiode statt. In jedem Jahr nehmen wir den Einfluß des Sommerwetters auf das Leben im See wahr. Die Temperatur des Sommers 2023 lag in Deutschland lt. DWD deutlich über dem vieljährigen Mittel. Einem außerordentlich sonnenverwöhnten Juni folgte ein Juli mit extremen Hitzepeaks und ein frühherbstlicher Auftakt im August. Begleitet wurde der Witterungsverlauf von zunehmenden Niederschlägen und einer leicht überdurchschnittlichen Sonnenscheindauer. Das meldet der DWD nach ersten Auswertungen der Ergebnisse seiner rund 2000 Messstationen.
Der September wurde dank Sommernachschlag folglich zum wärmsten September seit Beginn systematischer Wetteraufzeichnungen in Deutschland im Jahr 1881.
Für NRW berichtet der DWD: In den Monaten Juli und August fielen reichlich Niederschläge, die das Gesamtvolumen des Sommers auf knapp 320 l/m² hoben.
Die Sonne schien 670 Stunden. Damit war NRW im Ländervergleich die schattigste Region der Republik. Die Sommertemperatur lag bei durchschnittlich 18,4 °C. Die warmen Temperaturen, starken Sonneneinstrahlungen und hohen Niederschlagsmengen werden das Leben im Fühlinger See 2023 beeinflußt haben.

© VASA Köln e.V.

3. Untersuchungsmethode und Untersuchungsgebiete 2021

Im Jahr 2023 wurden im Rahmen der Tauchkartierungen drei Uferabschnitte der Regattastrecke sowie die Teilseen 1 bis 7 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.
2023 lieferten Gruppen der VASA außerhalb der Kartierungstermine aus dem See 5 weitere Kartierungsprotokolle und Videotransekten, die z.T. mit in diesen Bericht eingeflossen sind.
Die Kartierung der Armleuchteralgen stellt eine Besonderheit in der Methodik dar. 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 aus unterschiedlichen Tiefen.
Für die Wasserproben wurden jeweils bis zu 6 Proben aus Tiefen von der Oberfläche bis zu einer Tiefe von 0,5 m über Grund entnommen. Dadurch ergaben sich Untersuchungen bis in eine Tiefe von max. 15,3 m jeweils im Rasterabstand von 2,5 m.
Die Entnahme erfolgte mittels wärmeisolierter 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 Probennahme erfolgte von oben nach unten, um die Wassersäule nicht durch Ausatemblasen zu vermischen. Die untersuchten Parameter wurden mit visuellen, olfaktorischen, elektronischen, refraktometrischen, photometrischen und titrimetrischen Verfahren direkt vor Ort bestimmt. Die Bestimmung mittels photometrischen und titrimetrischen Methoden erfolgte mit Testsätzen von Macherey-Nagel.
Zusätzlich wurde an allen Probenahmestellen die Sichttiefe tauchend mit Hilfe einer Secchischeibe bestimmt. Dabei wurde eine beschwerte weiße Scheibe an einem Maßband

© VASA Köln e.V.

langsam in die Tiefe abgelassen, bis sie gerade noch mit dem Auge sichtbar war(4-Augen-Prinzip). 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.

Tab. 1: Liste der gemessenen Parameter und Messverfahren

Parameter	**Einheit**	**Messverfahren**
Sichttiefe	m	Secchischeibe
Schlammdicke	m	Punktuelle Messung mittels modifizierter Lawinensonde
Gewässertiefe	m	Punktuelle Messung mittels Tauchcomputer (0,5 m ü. Gr.)
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
Nitrit-Gehalt	mg/l	Photometrisch
Nitrat-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

© VASA Köln e.V.

Die Untersuchungstermine 2023 können der Abb. 2 entnommen werden.

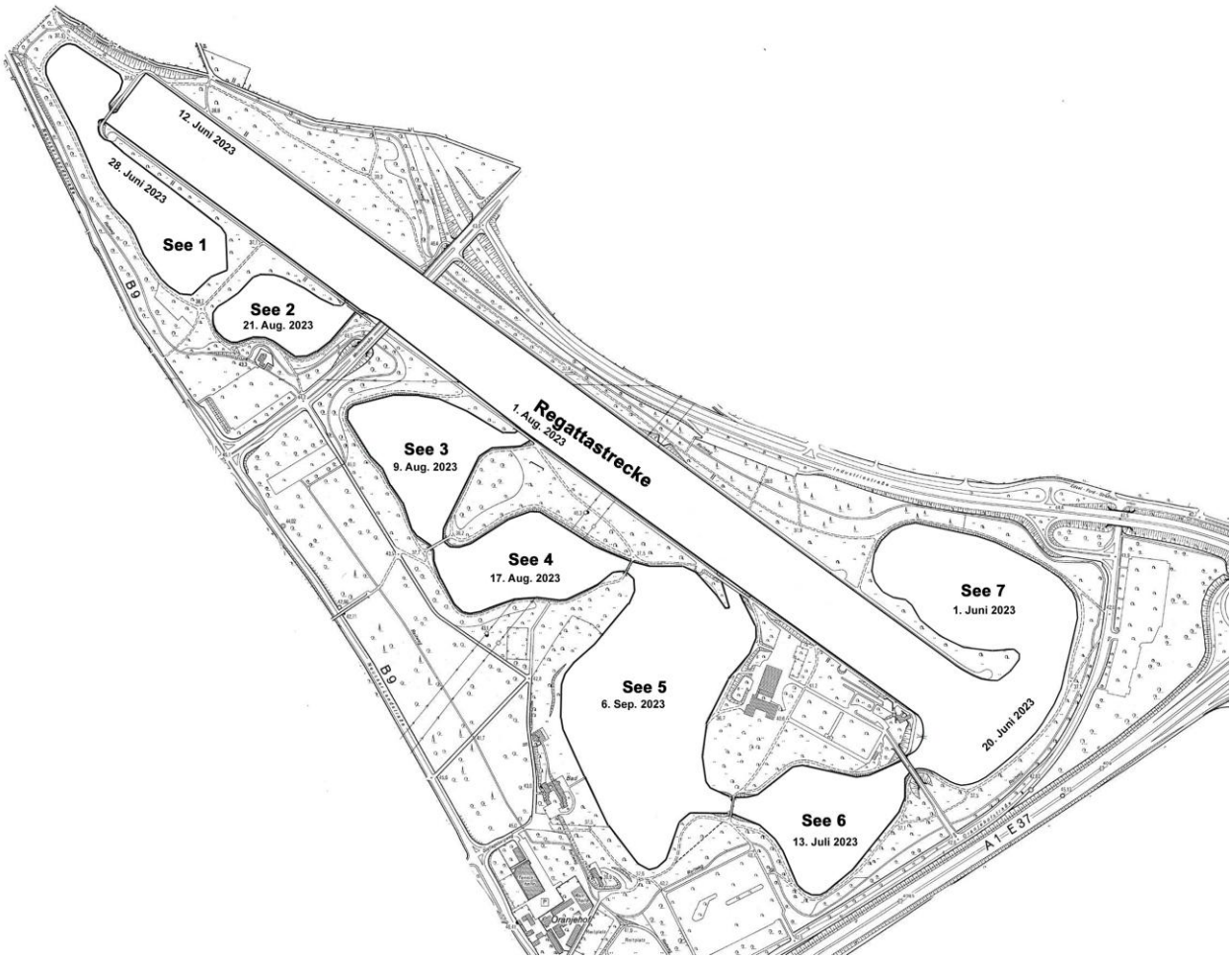


Abb. 2: Untersuchungsgebiete und -termine der Kartierungssaison 2023

© VASA Köln e.V.

4. Ergebnisse der Tauchkartierungen im Jahr 2023

4.1 Makrophytenverbreitung

Im Jahr 2023 wurden die **Armleuchteralgen** (Characeen) in der Regattabahn, aber auch in Teilen aller untersuchten Seen erneut in fast flächendeckend dicht bis massenhaft vorkommenden Beständen gefunden. Die Seen 7 und 5 konnten mangelns Tauchern jeweils nicht in allen Abschnitten kartiert werden, üppige Characeenbestände wurden aber von zahllosen Sporttauchern in allen Bereichen des See 5 berichtet. Es ist davon auszugehen, daß auch die nördlichen Abschnitte des Sees 7 weiterhin starke Bestände

Abb. 3: Verbreitung der Armleuchteralgen in den Untersuchungsgebieten (klein: Vorjahr)

zeigen. Das Vorkommen der Familie erstreckt sich in der Regattabahn, wie auch in den vergangenen Jahren, über alle kartierten Tiefen (ca. 8 m). Die heimischen Arten, welche in der Regel in sauberen, nährstoffarmen, kalkhaltigen Gewässern vorkommen, treten, wie im letzten Jahr bereits festgestellt, im gesamten Uferbereich der Seenkette auf. Er ergaben sich stellenweise innerhalb der Teilseen leichte Verschiebungen der Vorkommen dichter Characeenkissen. Die Bestandsdichten und Häufigkeiten entwickeln sich in Richtung leicht zunehmender Mächtigkeiten.

Seit 2018 sind geringere Bestände des Neophyten **Nadelkraut** (*Crassula helmsii*) in den untersuchten Teilseen gefunden worden. Diese Art steht auf der Schwarzen Liste der invasiven Arten und ein nachhaltiger Rückgang wäre als positiv zu bewerten. 2023 wurden in den untersuchten Abschnitten nur seltene und isolierte Bestände gefunden, die untersuchten Abschnitte der Regattabahn erschienen 2023 frei von diesem Neophyten. Im See 5 wurden nun im Bereich nördlich des Badestrands seltene Bestände kartiert, die 2022 schon von Sporttauchern berichtet worden waren. Die als häufig gemeldeten Bestände im Übergang zum See 6 konnten 2023 nicht untersucht werden, während die 2022 als häufig beobachteten Bestände im Südteil des See 7 in 2023 nun fehlten.

© VASA Köln e.V.

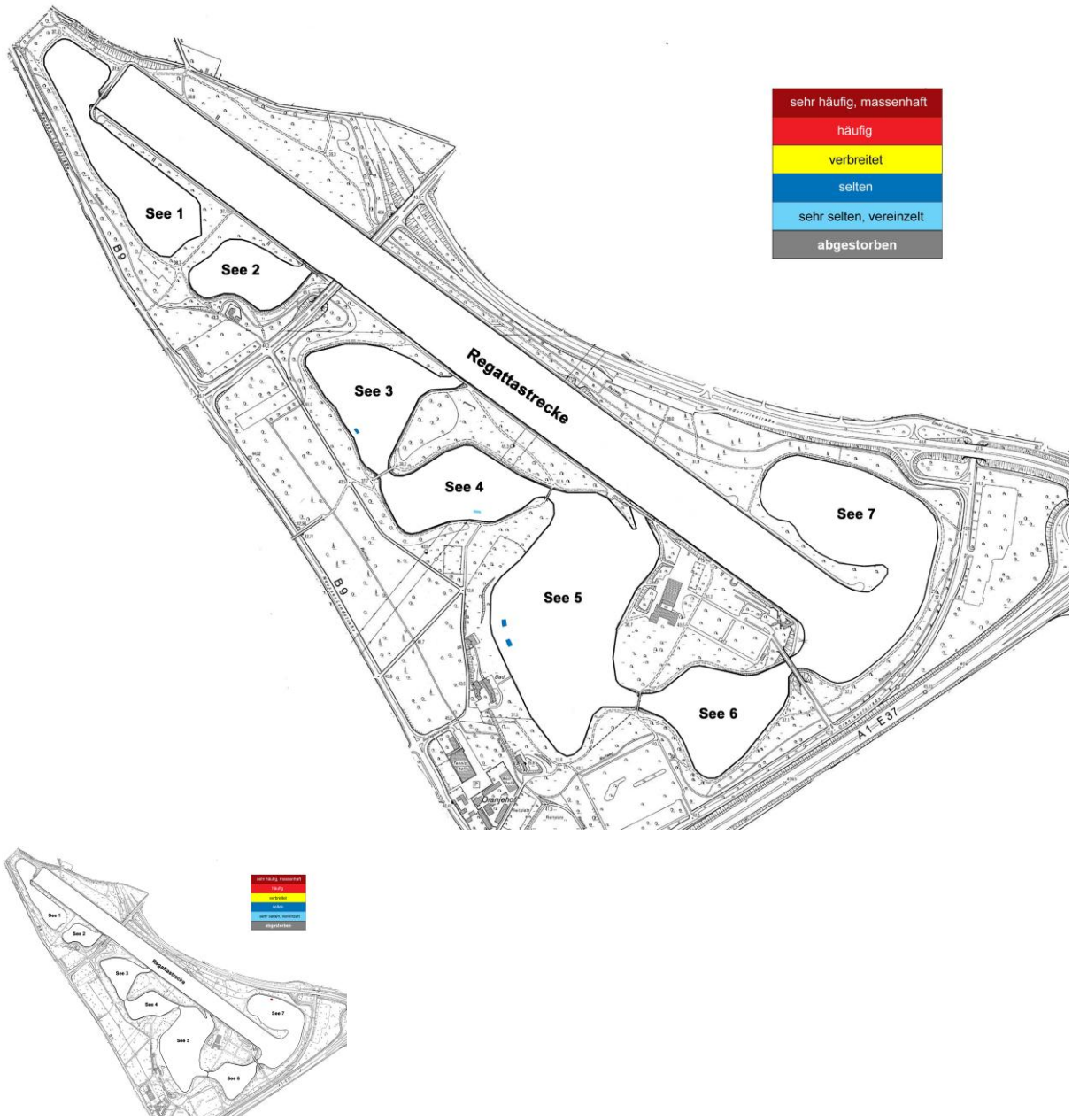


Abb. 4: Verbreitung des Nadelkrauts in den Untersuchungsgebieten (klein: Vorjahr)

© VASA Köln e.V.

Das **Rauhe Hornblatt** (*Ceratophyllum demersum*) wurde überwiegend wie im Vorjahr in isolierten Gruppen selten bis verbreitet gefunden. Lediglich im Brückenbereich zwischen See 5 und See 6 wurden mächtige Bestände verzeichnet. In See 1 waren die Bestände zurückgegangen und in den restlichen Untersuchungsgebieten schienen die Bestände weitgehend gleichbleibend zu sein. Das Rauhe Hornblatt ist in nährstoffreichen stehenden oder langsam fließenden Gewässern in ganz Deutschland verbreitet und wächst auf humösen Schlammböden, welche z.B. im Übergangsbereich zwischen den Seen 5 und 6 vorhanden sind.

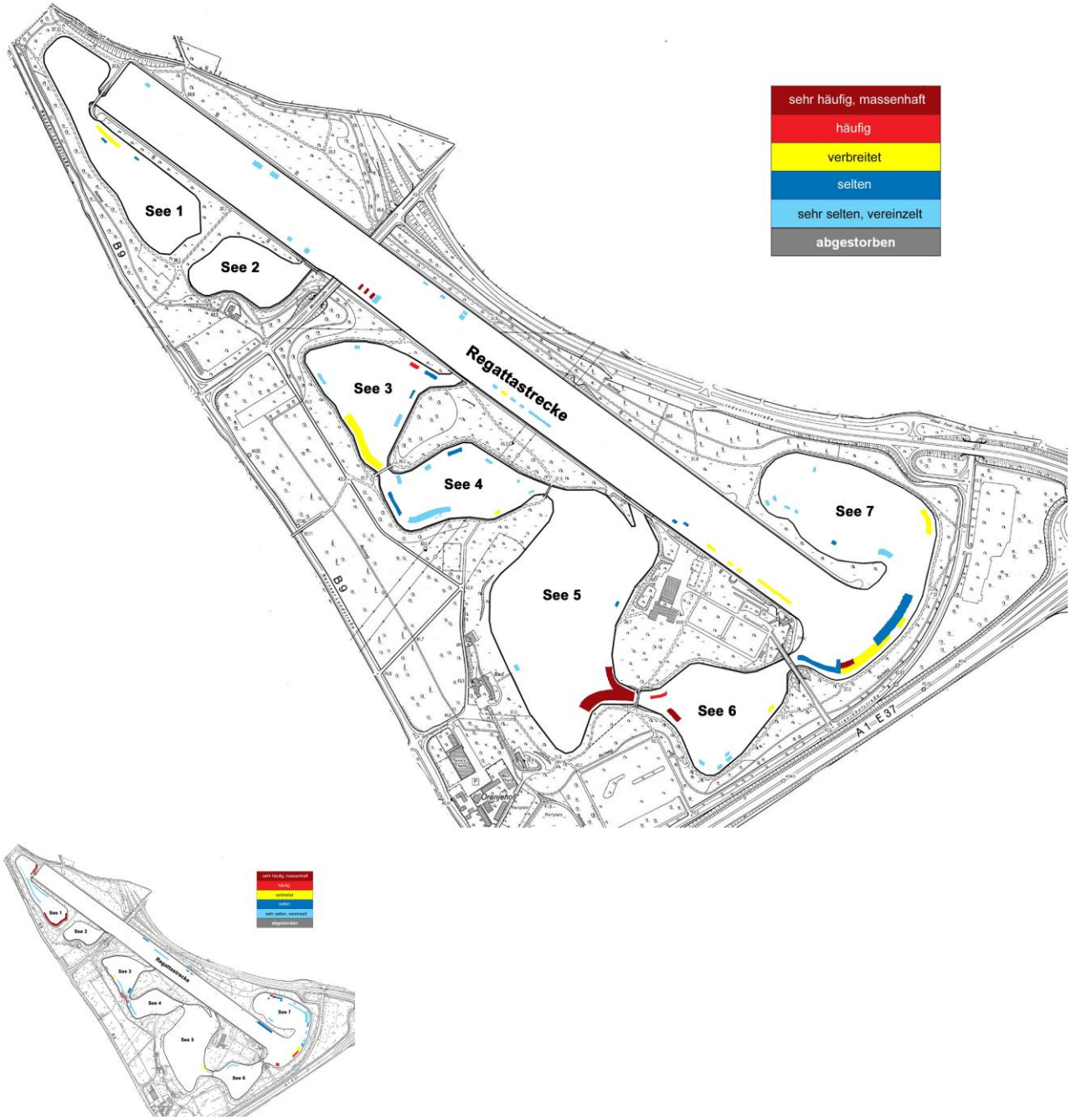


Abb. 5: Verbreitung des Rauhen Hornblatts in den Untersuchungsgebieten (klein: Vorjahr)

© VASA Köln e.V.

Das eutraphente **Kammlaichkraut** (*Potamogeton pectinatus*) trat seit 2018 in vergleichbaren, seltenen bis vereinzelten Dichten und Häufigkeiten auf. Im See 6 traten bisher auch Massenbestände auf, die 2021 und 2022 dünner waren und nun in 2023 am Südwestufer wieder als häufig berichtet wurden. Im See 2 zeigten sich die in 2021 stellenweise häufigen und seitdem abnehmenden Bestände nicht wieder, es blieb bei isoliert sehr seltenen bis seltenen Vorkommen. Die Pflanze ist sowohl in oligo- als auch in eutrophen langsam fließenden oder stehenden Gewässern zu finden und wächst auf Schlammböden.

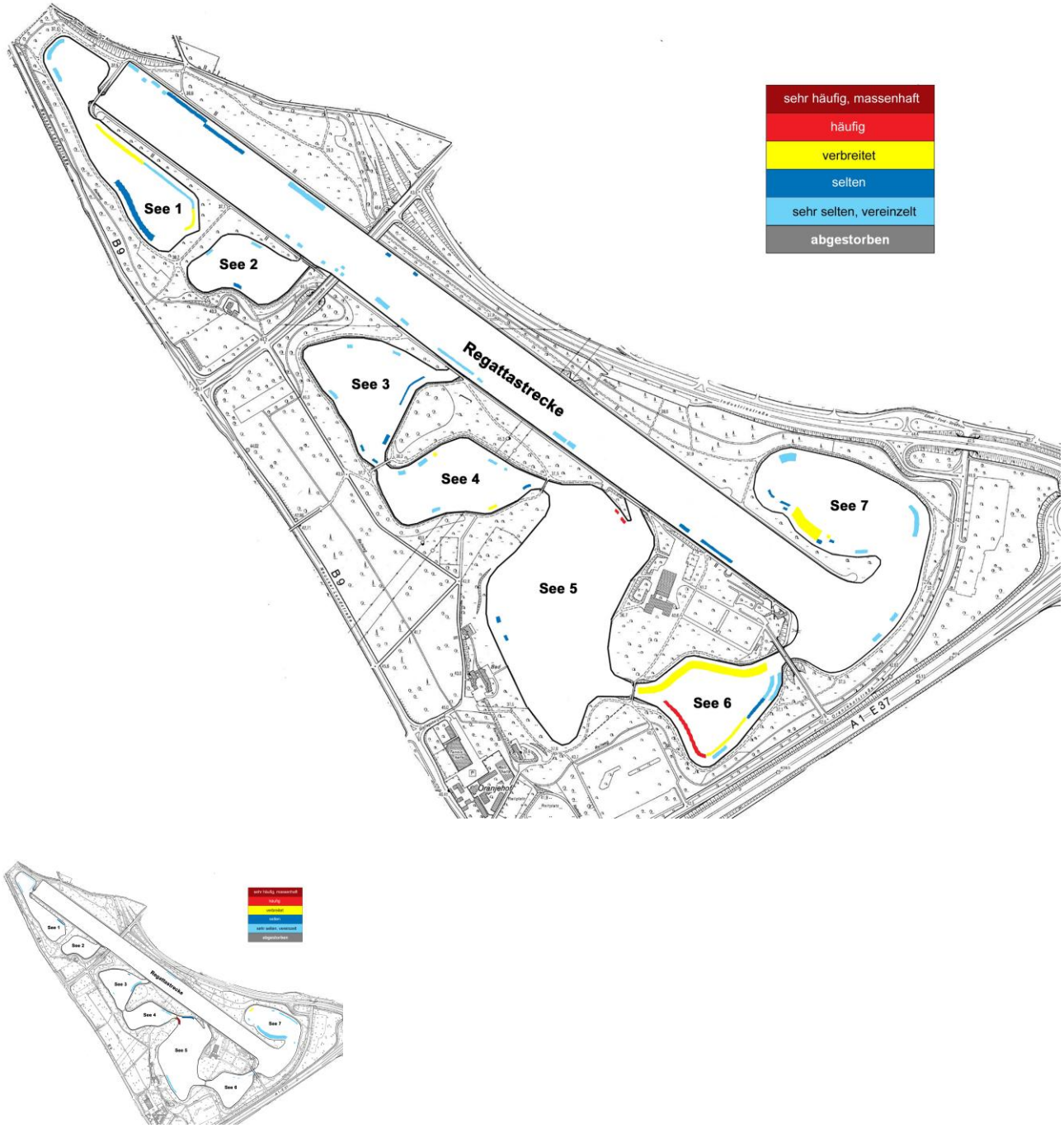


Abb. 6: Verbreitung des Kammlaichkrautes in den Untersuchungsgebieten (klein: Vorjahr)

© VASA Köln e.V.

Für das **Durchwachsene Laichkraut** *(Potamogeton perfoliatus)* wurden im Vergleich zu den letzten Jahren kaum Verschiebungen gefunden. Die Art wurde im Rahmen der in den Jahren 2021 und 2022 nicht alle Teilseen umfassenden Kartierungen weiterhin in den Seen 5, 6 und 7 und Teilen der Regattabahn in überwiegend seltenem Auftreten gefunden, 2023 gilt dies erneut für die Teilseen 3, 4 und 6, während der Bestand am Westufer des See 5 nun als verbreitet eingestuft wurde. Die Art kommt in stehenden und langsam fließenden, nährstoffreichen Gewässern mit humösem Schlammboden vor. Bei starker Eutrophierung verschwindet die Pflanze.

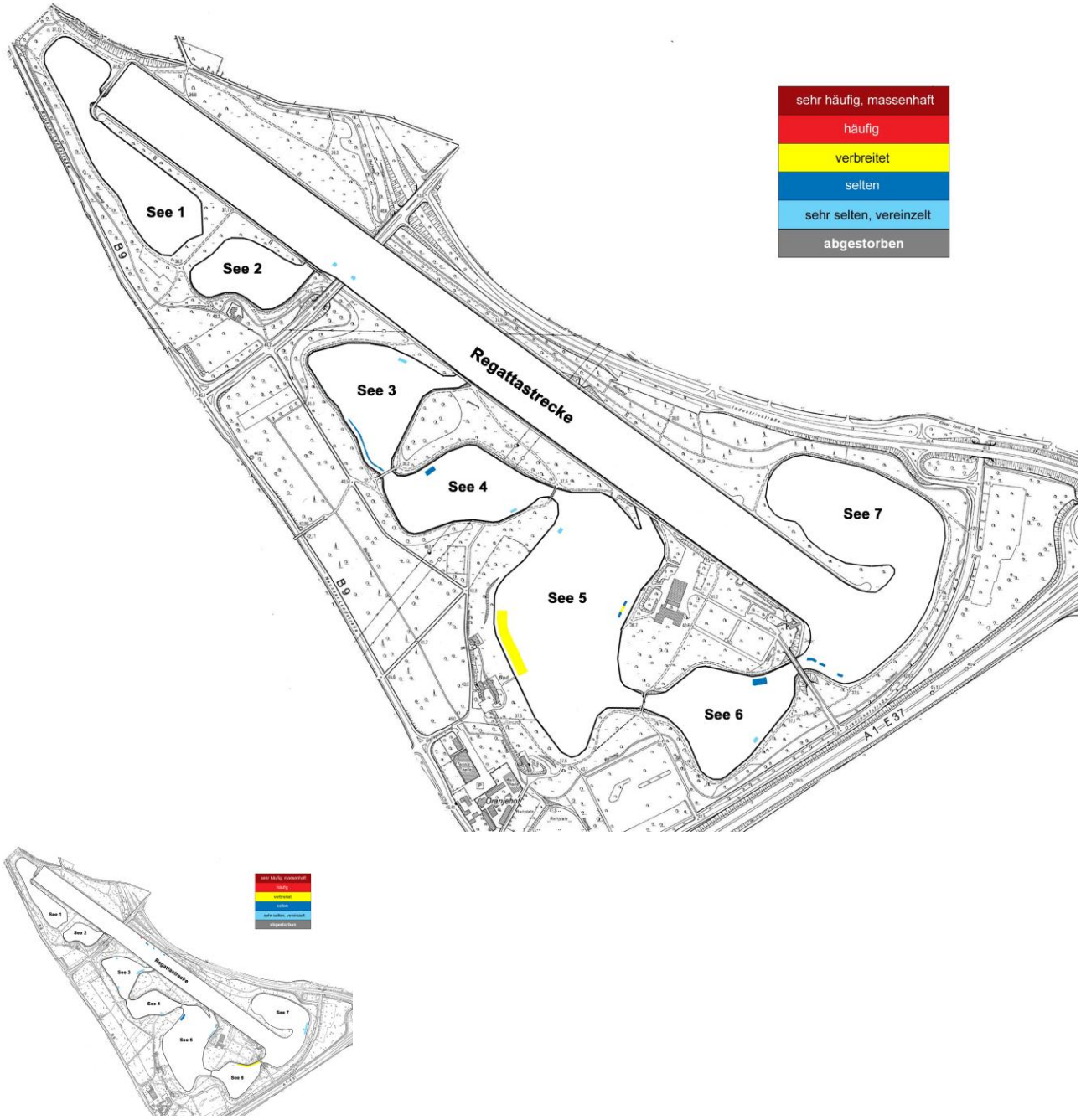
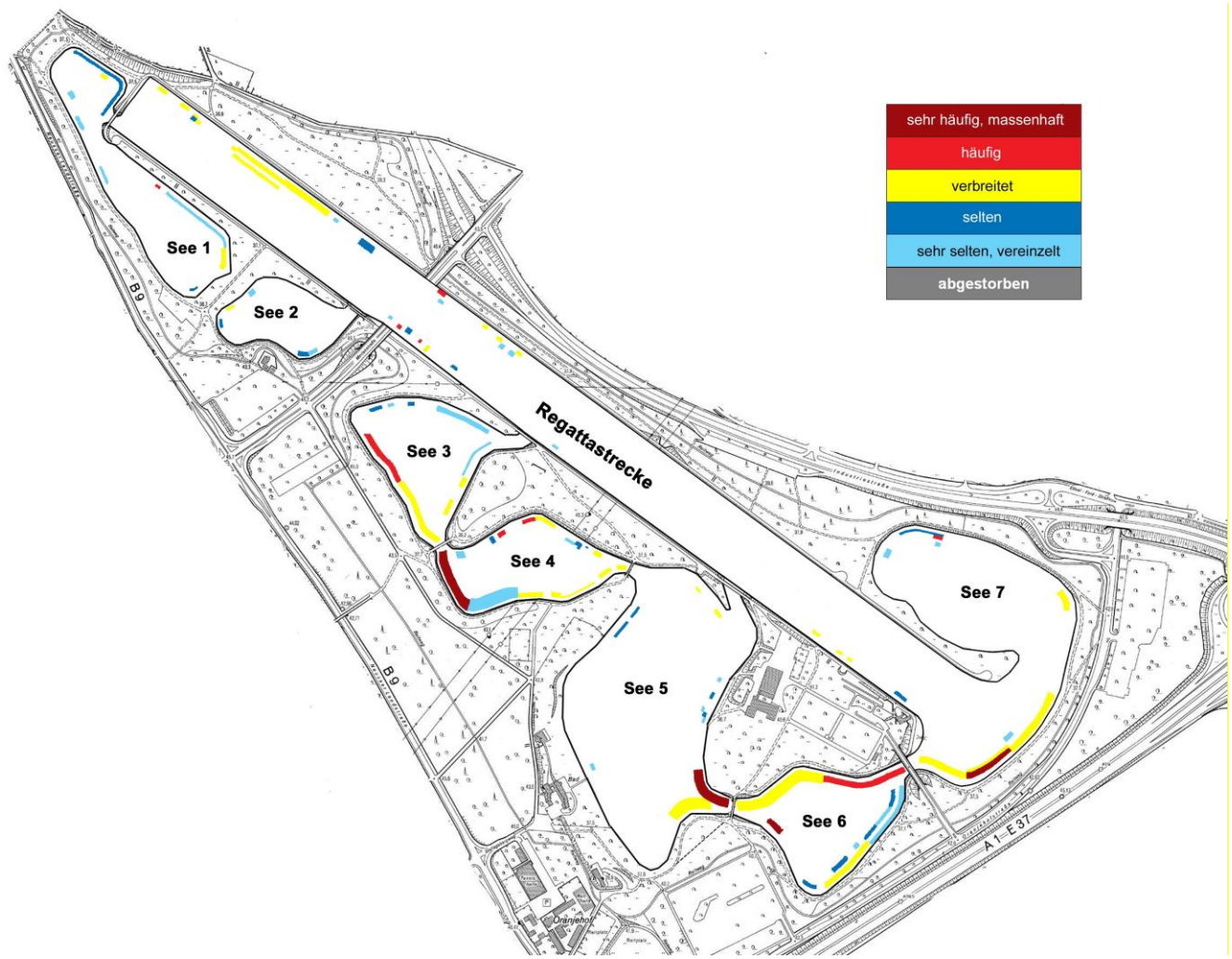


Abb. 7: Verbreitung des Durchwachsenen Laichkrautes in den Untersuchungsgebieten (klein: Vorjahr)

© VASA Köln e.V.

Das **Glänzende Laichkraut** (*Potamogeton lucens*) wurde an einigen Stellen in, verglichen mit den Vorjahren, abnehmenden Dichten gefunden. Die in den Vorjahren am Südufer des See 5 gefundenen Massenbestände wurden 2023 als selten eingestuft. Lediglich am Übergang zum See 6 sind diese offenkundig weiterhin mächtig gediehen; der Auslauf der Regattabahn, in dem 2019 ein isoliertes Massenvorkommen zu finden war, zeigte diese Ausprägung 2023 wieder. In See 3 ist die Pflanze am ganzen Ufersaum wie vorher selten bis häufig zu finden, während das im See 7 vormalig im Osten als häufig berichtete Vorkommen 2023 auf „verbreitet“ zurückgestuft werden muß. Das Glänzende Laichkraut wächst ähnlich wie das Durchwachsene Laichkraut in nährstoffreichen Gewässern. In der Regattastrecke ist es weiterhin punktuell verbreitet.



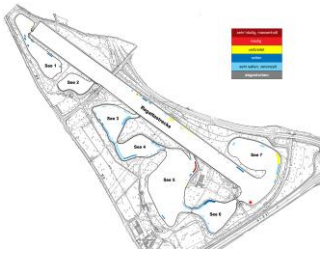


Abb. 8: Verbreitung des Glänzenden Laichkrautes in den Untersuchungsgebieten (klein: Vorjahr)

© VASA Köln e.V.

Weitere gefundene Pflanzenarten waren das Krause Laichkraut (Potamogeton crispus), das Zwerglaichkraut (Potamogeton pusillus als Einzelfund), die Kanadische Wasserpest (Elodea canadensis als Einzelfund), die Nuttalls Wasserpest (Elodea nuttallii), das Pfennigkraut (Lysimachia nummularia), das fast ubiquitäre Tausendblatt (Myriophyllum sp.), der ebenfalls weit verbreitete und meist gut ausgebildete Wasserschlauch (Utricularia sp.), und das Schilfrohr (Phragmites australis) als emerse Wasserpflanze der Uferbereiche. Das Vorkommen der exotischen Art Indischer Wasserfreund (Hygrophila polysperma) wurde bestätigt. Punktuell waren die Pflanzen mit grünen Fadenalgen vergesellschaftet.

Insgesamt wurde in den meisten untersuchten Teilseen eine tendenziell gute Pflanzenvielfalt mit einer überwiegend vergleichbaren Tendenz zum Vorjahr festgestellt. Die Entwicklung zu üppigeren Vorkommen vornehmlich der Characeen im See 7 wird weiter beobachtet, dito beobachtete Häufigkeitsanstiege einiger Spezies im südlichen Übergangsbereich von See 5 nach See 6.

Die Vorkommen von insgesamt 29 höheren Pflanzenarten und sechs verschiedenen Armleuchteralgen-Arten konnten bis zum Jahr 2023 für den Fühlinger See dokumentiert werden und der See entspricht mit gewissen Einschränkungen dem FFH-Lebensraumtyp 3140: „Kalkreiche, nährstoffarme Stillgewässer mit Armleuchteralgen““ (FFH = Flora, Fauna, Habitat). Der Fühlinger See fällt im Vergleich zu anderen Abgrabungen (u.a. dem Hitdorfer See) nur mit Einschränkungen unter diese Lebensraumkategorie, da die Zahl lebensraumtypischer Arten (v.a. Characeen, Algen wie Vaucheria sp.) vergleichsweise niedrig ist. Somit kann der Fühlinger See als „naturschutzfachlich wertvoller Seen in NRW mit im Bereich des Westufers einem „noch guten Erhaltungszustand“ (B)“ gelten.

Tab. 2: Bisher im Fühlinger See nachgewiesene Makrophyten

Wissenschaftlicher Name	**Deutscher Name**
Ceratophyllum demersum	Rauhes Hornblatt
Crassula helmsii	Nadelkraut
	Wasserpest
Elodea nuttallii	Nuttalls Wasserpest, ca. 90%
Elodea canadensis	Kanadische Wasserpest, ca. 10%
Lagarosiphon major (Ridl.) *Moss*	Wechselblatt-Wasserpest (Einzelfund)
Hygrophila polysperma	Indischer Wasserfreund
Sagittaria sp.	Pfeilkraut
Callitriche sp.	Wasserstern
Zannichellia palustris	Teichfaden
Myriophyllum spicatum	Ähriges Tausendblatt
	Fadenförmige Laichkräuter
Potamogeton pectinatus	Kamm-Laichkraut, ca. 90%
Potamogeton berchtoldii	Kleines Laichkraut, ca. 5%
Potamogeton pusillus	Zwerg-Laichkraut, ca. 5%
Potamogeton crispus	Krauses Laichkraut

© VASA Köln e.V.

Wissenschaftlicher Name	**Deutscher Name**
Potamogeton lucens	Glänzendes Laichkraut
Potamogeton perfoliatus	Durchwachsenes Laichkraut
Potamogeton x nitens WEBER	Schimmerndes Laichkraut
Ranunculus circinatus	Spreizender Hahnenfuß
Ranunculus trichophyllus	Haarblättriger Hahnenfuß
Lysimachia nummularia	Pfennig-Gilbweiderich
Utricularia sp.	Wasserschlauch
	Armleuchteralgen
Nitellopsis obtusa	Stern-Armleuchteralge
Nitella opaca	Dunkle Glanzleuchteralge
Nitella mucronata	Stachelspitzige Glanzleuchteralge
Chara contraria	Gegensätzliche Armleuchteralge
Chara vulgaris	Gemeine Armleuchteralge
Nitella flexilis	Biegsame Armleuchteralge
	Pflanzen der Uferzone
Phragmites australis	Schilfrohr
Nuphar lutea, Syn. Nuphar luteum	Gelbe Teichrose

© VASA Köln e.V.

4.2. Die Tiefenverbreitung der Makrophyten

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 in der Vegetationsperiode festgestellten unteren Makrophytengrenzen Rückschlüsse auf den Belastungszustand des Gewässers geben.

Tab. 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 2023 gemäß der Tauchkartierung meist bis in ca. 5-7 m Tiefe, vereinzelt (Armleuchteralgen) bis in ca. 8-10 m Tiefe.
Damit sind alle untersuchten Teilseen des Fühlinger Sees in eine Trophiestufe einzuordnen, die als mesotroph bezeichnet werden kann. Kleinere Unterschiede zwischen, aber auch innerhalb der Teilseen, sind erkennbar.
Dies hat sich in den letzten Jahren nicht nachteilig verändert, so daß der See insgesamt als stabil eingestuft werden kann.

In allen Untersuchungsabschnitten wurden ab einer Tiefe von ca. 3 m zum Teil eine deutliche Schlammschicht auf der Sohle und organische Auflagen auf den Wasserpflanzen gefunden, welche für eine hohe Nährstoffumsetzung im System, ggf. auch bedingt durch exogene Einträge, sprechen. Seltener beobachtete mineralische (weiße) Überzüge auf Pflanzen deuten auf eine biogene Entkalkung hin, welche üblicherweise in Seen und Teichen im Sommer auftritt. Dabei entziehen Wasserpflanzen den benötigten Kohlenstoff zur Photosynthese dem gelösten Calciumbicarbonat, wenn das gelöste CO_2 im Wasser aufgebraucht ist und es fällt Kalk (Calciumcarbonat) aus, wobei der pH-Wert ansteigt.
Durch das sehr harte Wasser im Fühlinger See, welches teilweise eine Carbonathärte von über 20 dH aufweist, ist dieser Prozess im See an Armleuchteralgen und auch an anderen Makrophyten wie bereits in den letzten Jahren zu beobachten.

© VASA Köln e.V.

4.3. Physikalisch-chemische Untersuchung

Tab. 4: Physikalisch-chemische Messungen im Fühlinger See, See 7 am 01.06.2023

Datum	01.06.2023	**Wetter**	
Gewässer	**Fühlinger See**	Luft-Temperatur °C	20
Ort der Probenahme	**See 7**	Wolken	Schleierwolken
Sichttiefe (m)	**8**	Niederschläge	keine
Uhrzeit	20:00	Wind	2
Sedimentdicke (m)	0,87	Windrichtung	N

Wassertiefe		**0,1**	**2,5**	**5**	**7,5**	**10**	**11,5**
							0,5 > Grund
	Einheit	**m**	**m**	**m**	**m**	**m**	**m**
Aussehen der Probe	-	klar	klar	klar	klar	klar	klar
Geruch der Probe	-	geruchlos	geruchlos	geruchlos	geruchlos	geruchlos	geruchlos
Wasser-Temperatur	°C	25,3	25,3	25,2	24,2	23,8	23,3
O_2-Gehalt	mg/l	9,01	9,76	10,62	12,77	13,59	14,60
	%	110,5	112,6	128,3	150,9	162,0	171,2
Leitfähigkeit	µS/cm	745	742	745	758	745	714
pH-Wert	-	8,84	8,83	8,74	8,56	8,42	8,35
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	< 0,1	< 0,1
Nitrit-Gehalt	mg/l	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04
Nitrat-Gehalt	mg/l	7,1	6,9	9,0	4,3	5,6	4,3
Eisen-Gehalt	mg/l	< 0,04	0,07	< 0,04	< 0,04	0,07	< 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	19,0	18,0	19,0	19,0	19,0
Carbonathärte	°dH	11,0	11,0	12,0	12,0	12,0	10,0
Chlorid	mg/ml						

Im See 7 wurde eine Sichttiefe von 8 m bei einer Wassertiefe von 12 m festgestellt. Licht kann somit bis in die tieferen Wasserschichten durchdringen. Anhand der Sauerstoff- und Temperaturwerte liegt die Sprungschicht höchstwahrscheinlich bei 7,5 m. Dennoch sind bis auf die Gewässersohle hohe Sauerstoffgehalte bis 15 mg/l zu finden, welche vermutlich durch hohe Bestände von Makrophyten erzeugt werden (vgl. Kap. 4.1). Das spricht für eine gute Tiefenbelüftung, der aeroben Stoffabbau ermöglicht. Hohe Nitratwerte, denen keine weiteren erhöhten Stickstoffverbindungen (Nitrit, Ammonium) zur Seite stehen, deuten bei minimalen Phosphatgehalten in der ganzen Wassersäule auf eine Phosphatlimitierung der Produktion hin. Eine Limitierung durch CO_2 erscheint unwahrscheinlich, da der pH und die Carbonathärte sich über die Wassersäule in Richtung Tiefe nicht stark verändern.

Die Sauerstoffsättigung gemäß unkompensierter Meßwerte (Rohwerte) liegt zwischen 110 und 170%, so daß davon auszugehen ist, daß ein Teil des gelösten Sauerstoffs ausgast.

© VASA Köln e.V.

Tab. 5: Physikalisch-chemische Messungen im Fühlinger See, Regatta Start Ostufer am 12.06.2023

Gewässer	**Fühlinger See Regattabahn Start Ost**	Luft-Temperatur (°C)	26,8
Ort der Probenahme	**s. Karte, zw 48 und 49**	Wolken	sonnig
Sichttiefe (m)	**nn, sicher 7m+**	Niederschläge	trocken
Uhrzeit	20:00	Wind	2-3
Sedimentdicke (m)	1,12	Windrichtung	West

Wassertiefe		**0,1**	**2,5**	**5**	**7,5**	**10**	**10,5**
							0,5 > Grund
	Einheit	**m**	**m**	**m**	**m**	**m**	**m**
Aussehen der Probe	-	klar	klar	klar	klar	klar	klar
Geruch der Probe	-	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig
Wasser-Temperatur	°C	19,4	19,1	18,4	17,0	16,8	16,3
O_2-Gehalt	mg/l	10,10	10,20	14,70	18,60	16,60	14,60
	%	128,7	126,1	186,3	223,0	206,0	167,0
Leitfähigkeit	µS/cm	721	725	737	731	744	747
pH-Wert	-	9,05	8,72	8,82	8,88	8,34	8,51
Dichte	g/ml	1,000	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001
Ammonium-Gehalt	mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,2
Nitrit-Gehalt	mg/l	0,03	0,03	0,03	0,02	<0,02	0,29
Nitrat-Gehalt	mg/l	5	4,4	< 4	< 4	< 4	< 4
Eisen-Gehalt	mg/l	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Phosphat-Gehalt	mg/l	0,6	0,8	<0,6	0,7	1,0	1,3
Sulfid-Gehalt	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,11	< 0,05
Gesamthärte	°dH	19,0	19,0	15,0	18,0	18,0	18,0
Carbonathärte	°dH	11,0	10,0	11,0	11,0	12,0	12,0
Chlorid	mg/ml						

Im **Bereich Regattabahn Start** Ost gab es Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Sichttiefe, diese wurde final mit >7 m bei einer Wassertiefe des betreffenden Streckenabschnitts von ca. 11 m festgestellt. Licht kann somit bis in die tieferen Wasserschichten durchdringen. Die lichtdurchflutete Schicht und damit die Produktionsschicht von Sauerstoff und Biomasse reichen hier wiederum bis zum Grund mit einem Maximum des Sauerstoffgehaltes mit 223% bei 7,5 m. Dieses Maximum im Mittelwasser wurde schon häufiger und gerade in der Regattabahn beobachtet und spricht für eine gute Durchmischung des Wasserkörpers und eine auf allen Tiefenstufen ablaufende Produktion. Für die Sauerstoffsättigung gilt das im Vorabschnitt Gesagte bezüglich der nicht erfolgten Druckkompensation der Rohwerte. Wir gehen davon aus, daß ein Teil des gelösten Sauerstoffs ausgast.

© VASA Köln e.V.

Die Produktion von Biomasse, festzustellen an den sehr hohen Sauerstoff- und geringen Nährstoffgehalten im See, scheint im See allgemein sehr effizient; in Grundnähe beobachtet man einen sehr leichten Anstieg der Phosphatwerte. Wir vermuten, daß etwas verringerte Stoffumsätze und dort stattfindende oxidative Remineralisierung von Biomasse als Gründe zu nennen sind. Nitrat ist in der Wassersäule auf niedrigem Niveau feststellbar, Nitrit hingegen fast nicht.

Tab. 6: Physikalisch-chemische Messungen im Fühlinger See, Regattabahn Auslaufsee am 20.06.23

Datum			
20.06.2026	**Wetter**		
Gewässer	**Regatta Auslaufsee**	Luft-Temperatur (°C)	30
Ort der Probenahme	**Mitte**	Wolken	dicht bewölkt
Sichttiefe (m)	**6**	Niederschläge	-
Uhrzeit	19:45	Wind	2-3
Sedimentdicke (m)	1	Windrichtung	SW

Wassertiefe		**0,1**	**2,5**	**5**	**7,5**	**9,5**	**?**
							0,5 > Grund
	Einheit	**m**	**m**	**m**	**m**	**m**	**m**
Aussehen der Probe	-	klar	klar	klar	klar	klar	klar
Geruch der Probe	-	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig
Wasser-Temperatur	°C	28,0	27,6	27,3	24,5	24,1	27,8
O_2-Gehalt	mg/l	9,80	11,25	15,20	19,20	12,40	14,00
	%	127,0	145,0	192,0	234,0	137,0	165,0
Leitfähigkeit	µS/cm	736	722	753	847	937	738
pH-Wert	-	8,75	8,63	8,58	7,92	7,42	8,53
Dichte	g/ml	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ammonium-Gehalt	mg/l	0,2	<0,1	<0,1	0,2	0,3	<0,1
Nitrit-Gehalt	mg/l	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06
Nitrat-Gehalt	mg/l	5,5	5,9	4,7	10,9	7,5	<4
Eisen-Gehalt	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	0,07	<0,04
Phosphat-Gehalt	mg/l	0,7	1,3	<0,6	2,6	3,9	<0,6
Sulfid-Gehalt	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Gesamthärte	°dH	18,0	21,0	21,0	23,0	34,0	23,0
Carbonathärte	°dH	10,0	10,0	10,0	14,0	20,0	10,0
Chlorid	mg/ml						

Im Bereich **Regattabahn Auslauf** wurde eine Sichttiefe von 6 m bei einer bekannten Wassertiefe von über 12m bestimmt. Licht kann somit bis in tiefere Wasserschichten

© VASA Köln e.V.

durchdringen und zu Stoffumsätzen führen, was sich an hohen Sauerstoffgehalten und bis zum Grund niedrigen Nährstoffgehalten zeigt. Auch hier führt dies wie schon im Vorabschnitt diskutiert zu einem Maximum des Rohwertes der Sauerstoffsättigung von 234% bei 7,5 m. Auch hier erfolgte keine Druckkompensation der Rohwerte, zudem zeigte das Sauerstoffmeßgerät von WTW Fehlfunktionen und die Werte wurden parallel mit einem „No Name“-Gerät gemessen, wobei das Maximum im Mittelwasser reproduziert werden konnte. Man geht davon aus, daß ein Teil des gelösten Sauerstoffs ausgast.

Die Produktion von Biomasse, festzustellen an den sehr hohen Sauerstoff- und geringen Nährstoffgehalten im See, scheint im See an dieser Stelle hocheffizient; auch in Grundnähe sind keine Anstiege der Nährstoffwerte festzustellen, was für sofortige Konsumption in der Nahrungskette spricht. Wie im Bereich Regattabahn Start Ost finden sich im Mittelwasser meßbare Nitratgehalte, was nicht nur hier für eine Phosphatlimitierung in der lichtdurchfluteten Zone spricht.

Tab. 7: Physikalisch-chemische Messungen im Fühlinger See, See 1 am 28.06.2023

Datum			
28.06.2023	**Wetter**		
Gewässer	**Fühlinger See, See 1**	Luft-Temperatur (°C)	22
Ort der Probenahme	**siehe Karte, hinter Ende pipeline**	Wolken	bewölkt
Sichttiefe (m)	**7,2**	Niederschläge	-
Uhrzeit	19:40	Wind	1
Sedimentdicke (m)	0,16	Windrichtung	SO

Wassertiefe		**0,1**	**2,5**	**5**	**7,5**	**10**	**10,5**
							0,5 > Grund
	Einheit	**m**	**m**	**m**	**m**	**m**	**m**
Aussehen der Probe	-	klar	klar	klar	etw. Trüb	etw. Trüb	trüb
Geruch der Probe	-	unauffällig	unauffällig	unauffällig	leicht muffig	leicht muffig	leicht muffig
Wasser-Temperatur	°C	22,5	22,5	21,9	20,4	18,0	17,7
O_2-Gehalt	mg/l	11,33	11,75	13,54	16,15	13,28	10,40
	%	148,0	150,0	174,4	196,4	158,0	124,2
Leitfähigkeit	µS/cm	707	718	721	731	728	736
pH-Wert	-	9,06	9,02	8,91	8,63	8,50	8,33
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	0,3
Nitrit-Gehalt	mg/l	0,03	0,03	0,03	<0,02	0,07	0,03
Nitrat-Gehalt	mg/l	4	4,3	5,1	4,4	<4,0	<4,0
Eisen-Gehalt	mg/l	<0,04	<0,04	0,1	<0,04	<0,04	0,1
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	16,0	18,0	18,0	16,0	17,0	18,0
Carbonathärte	°dH	9,0	9,0	9,0	11,0	11,0	12,0
Chlorid	mg/ml						

© VASA Köln e.V.

Im vom Auslaufsee weit entfernt liegenden **See 1** wurde 8 Tage später eine Sichttiefe mit 7,2 m bei einer Wassertiefe von 11 m festgestellt. Licht kann somit auch hier bis in die tieferen Wasserschichten durchdringen. Die lichtdurchflutete Schicht und damit die Produktionsschicht von Sauerstoff und Biomasse reichen bis auf Grund und es wurde neuerlich mit dem Ersatz-Meßgerät ein Maximum des Rohwertes der Sauerstoffsättigung von 196,4 % auf 7,5 m gefunden. Die Sauerstoffsättigung liegt auch über Grund noch bei über 100% und es ist davon auszugehen, daß ein Teil des gelösten Sauerstoffs ausgast.
Die Produktion von Biomasse, festzustellen an den sehr hohen Sauerstoff- und geringen Nährstoffgehalten im See, scheint im Teilsee wie in anderen Teilseen allgemein sehr effizient, da remineralisierte Nährstoffe unmittelbar wieder in Biomasse umgewandelt werden und somit nicht bzw. (Nitrat) kaum messbar sind.

Tab. 8: Physikalisch-chemische Messungen im Fühlinger See, See 6 am 13.07.2023

Datum			
23.06.2022	**Wetter**		
Gewässer	**Fühlinger See, See 6**	Luft-Temperatur (°C)	22,7
Ort der Probenahme	Seemitte	Wolken	bewölkt
Sichttiefe (m)	**6,8**	Niederschläge	-
Uhrzeit	13.07.2023 19:50	Wind	3
Sedimentdicke (m)	0,38	Windrichtung	-

Wassertiefe		**0,1 ***	**2,5**	**5**	**7,5**	**10**	**12,5**
							0,5 > Grund
	Einheit	**m**	**m**	**m**	**m**	**m**	**m**
Aussehen der Probe	-	klar	klar	klar	klar	trüb	trüb
Geruch der Probe	-	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig
Wasser-Temperatur	°C	20,3	20,6	19,4	16,4	15,9	15,0
O_2-Gehalt	mg/l	12,70	12,40	15,50	13,00	11,30	5,20
	%	146,0	146,1	172,4	133,3	119,5	54,9
Leitfähigkeit	µS/cm	699	703	840	965	983	1033
pH-Wert	-	9,10	8,88	7,81	7,56	7,51	7,33
Dichte	g/ml	1,001	1,001	1,002	1,002	1,003	1,003
Ammonium-Gehalt	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2
Nitrit-Gehalt	mg/l	0,03	0,03	0,05	0,06	0,09	0,11
Nitrat-Gehalt	mg/l	<4	<4	10,6	19,4	23,3	23,3
Eisen-Gehalt	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Phosphat-Gehalt	mg/l	<0,6	<0,6	1,5	1,4	3,0	3,5
Sulfid-Gehalt	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Gesamthärte	°dH	15,0	14,0	18,0	26,0	30,0	34,0
Carbonathärte	°dH	8,0	9,0	14,0	17,0	17,0	18,0
Chlorid	mg/ml						

© VASA Köln e.V.

Im **See 6** wurde eine Sichttiefe von 6,8 m bei einer Wassertiefe von ca. 13 m festgestellt. Licht kann somit bis in die tieferen Wasserschichten durchdringen. Die lichtdurchflutete Schicht und damit die Produktionsschicht von Sauerstoff und Biomasse reichen bis auf Tiefen jenseits von 10 m, mit einem Maximum des Rohwertes der Sauerstoffsättigung mit 172,4 mg/l bei 5 m Tiefe. Die Sauerstoffsättigung liegt bis 10 m Tiefe bei über 100%, so daß davon auszugehen ist, daß ein Teil des gelösten Sauerstoffs ausgast. Über Grund sinkt die Sauerstoffsättigung auf 54,9 % und die Nitratwerte sind gegenüber der restlichen Wassersäule stark und die Phosphatwerte leicht erhöht. Der Betrieb der Tiefenbelüftungsanlage TIBEAN wurde nicht überprüft.
Man muß annehmen, daß die Produktion von Biomasse in diesem Teilsee nicht in der gesamten Wassersäule effizient ist, da nicht durch Photosynthese genutzte Nährstoffe bereits ab dem Mittelwasser messbar sind. Hiermit einhergehend werden in diesem Teilsee deutlichere Sprünge des pH und der Carbonathärte über die Wassersäule gefunden, was mit nicht für die Produktion nachgefragtem Carbonat als CO_2-Äquivalent in der Tiefe erklärbar wird. See 6 ist wie in den vergangenen Jahren ein nicht vollständig verstandener Sonderfall mit u.a. extremer Gesamthärte.

Tab. 9: Physikalisch-chemische Messungen im Fühlinger See, Regattabahn Mitte West am 01.08.2023

Gewässer

Fühlinger See, Regatta Mitte West	Luft-Temperatur (°C)	20	
Ort der Probenahme	**„mitten im See“**	Wolken	wolkig
Sichttiefe (m)	8,3	Niederschläge	Schauerneigung
Uhrzeit	20:00	Wind	2-3
Sedimentdicke (m)	0,57	Windrichtung	SW

Wassertiefe		**0,1**	**2,5**	**5**	**7,5**	**1ß**	**15,3**
	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	19,1	19,1	19,1	19	18,3	16,6
O_2-Gehalt	mg/l	11,20	11,30	10,30	10,60	15,10	2,90
	%	122,4	123,4	115,9	113,4	173,5	28,4
Leitfähigkeit	µS/cm	677	678	678	683	760	746
pH-Wert	-	8,58	8,58	8,56	8,55	8,15	7,86
Dichte	g/ml	1,000	1,000	1,001	1,001	1,001	1,002
Ammonium-Gehalt	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,01	0,1
Nitrit-Gehalt	mg/l	0,12	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03
Nitrat-Gehalt	mg/l	<4	<4	<4	<4	<4	<4
Eisen-Gehalt	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	0,28
Phosphat-Gehalt	mg/l	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	6,0	2,0
Sulfid-Gehalt	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

© VASA Köln e.V.

Gesamthärte	°dH	18,0	17,0	16,0	15,0	21,0	22,0
Carbonathärte	°dH	8,0	8,0	8,0	8,0	11,0	11,0
Chlorid	mg/ml						

Im **Bereich Regattabahn Mitte West** wurde eine Sichttiefe von 8,3 m bei einer Wassertiefe von fast 16 m festgestellt. Licht kann somit auch hier bis in die tieferen Wasserschichten durchdringen. Die lichtdurchflutete Schicht und damit die Produktionsschicht von Sauerstoff und Biomasse reichen bis über 10 m Tiefe mit einem Maximum des Rohwertes der Sauerstoffsättigung von 173,5% bei 10 m. Auf den folgenden 5 m sinkt die Sauerstoffsättigung drastisch auf ca. 28%. Es ist davon auszugehen, daß in der freien Wassersäule ein Teil des gelösten Sauerstoffs ausgast.

Die Produktion von Biomasse, festzustellen an den sehr hohen Sauerstoff- und geringen Nährstoffgehalten im See, scheint im See allgemein sehr effizient, da remineralisierte Nährstoffe unmittelbar wieder in Biomasse umgewandelt werden und somit auch über das Mittelwasser hinaus kaum messbar sind. Auch grundnah scheint, folgernd aus den geringen Nährstoffgehalten, noch Produktion stattzufinden und wir vermuten, daß aerober Detritusabbau hier zu einer Sauerstoffzehrung führt. Eine mit 0,57 m Dicke vermessene Schlammdecke des Grundes bietet hierfür genügend Substrat. Die Regattabahn ist dafür bekannt, daß der Wind über die große und langgezogene Wasseroberfläche eine gute Angriffsfläche hat und so effektiver als in den kleinen Teilseen für Durchmischung sorgen kann. Hier scheint diese durchmischende Wirkung bis jenseits des Mittelwassers zu greifen und nur der grundnahe Bereich scheint beruhigter zu sein.

© VASA Köln e.V.

Tab. 10: Physikalisch-chemische Messungen im Fühlinger See, See 3 am 09.08.2023

Gewässer	**See 3**	Luft-Temperatur (°C)	19
Ort der Probenahme	**im See Grenze Abschn. 4/5**	Wolken	bewölkt
Sichttiefe (m)	**6,4**	Niederschläge	-
Uhrzeit	20:00	Wind	-
Sedimentdicke (m)	0,89	Windrichtung	-

Wassertiefe		**0,1**	**2,5**	**5**	**7,5**	**10**	**10,5**
							0,5 > Grund
	Einheit	**m**	**m**	**m**	**m**	**m**	**m**
Aussehen der Probe	-	klar	klar	klar	klar	trüb	trüb
Geruch der Probe	-	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig	leicht muffig	leicht muffig
Wasser-Temperatur	°C	18,9	18,9	18,8	17,1	16,8	
O_2-Gehalt	mg/l	14,60	14,70	15,40	16,00	4,00	
	%	164,3	159,0	166,9	164,9	39,3	
Leitfähigkeit	µS/cm	658	680	691	738	752	
pH-Wert	-	8,61	8,58	8,50	8,04	7,90	
Dichte	g/ml	1,000	1,001	1,001	1,001	1,001	
Ammonium-Gehalt	mg/l	< 0,1	< 0,1	0,2	0,1	1,1	
Nitrit-Gehalt	mg/l	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04	
Nitrat-Gehalt	mg/l	< 4,0	4,1	< 4,0	5,9	< 4,0	
Eisen-Gehalt	mg/l	< 0,04	0,0	0,1	0,1	0,1	
Phosphat-Gehalt	mg/l	< 0,6	< 0,6	2,70	0,70	0,90	
Sulfid-Gehalt	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Gesamthärte	°dH	19,0	17,0	17,0	19,0	21,0	
Carbonathärte	°dH	9,0	9,0	10,0	11,0	13,0	
Chlorid	mg/ml						

Im **See 3** wurde eine Sichttiefe von 6,4 m bei einer Wassertiefe von knapp 10 m festgestellt. Licht kann somit auch bis in die tieferen Wasserschichten durchdringen. Die lichtdurchflutete Schicht und damit die Produktionsschicht von Sauerstoff und Biomasse enden zwischen 7,5 und 10 m, die Rohwerte der Sauerstoffsättigungen liegen in der freien Wassersäule bis 7,5 m Tiefe über 100% mit einem Maximum von 166,9% bei 5 m, so daß davon auszugehen ist, daß ein Teil des gelösten Sauerstoffs ausgast.

Die Produktion von Biomasse, festzustellen an den sehr hohen Sauerstoff- und geringen Nährstoffgehalten im See, scheint im See allgemein im Mittelwasser und beginnenden Tiefwasser effizient, da remineralisierte Nährstoffe unmittelbar wieder in Biomasse umgewandelt werden und somit nicht messbar sind. Grundnah fällt der Rohwert der

© VASA Köln e.V.

Sauerstoffsättigung dann auf etwa 40%, was nur mit einer geringfügigen Erhöhung der Nährstoffwerte einhergeht, so daß auch hier von noch ablaufender Produktion bei gleichzeitiger aerober Zehrung von Detritus ausgegangen wird. Die Sedimentschicht ist mit 0,89 m relativ mächtig und bietet für diese Zehrungen Substrat.

Tab. 11: Physikalisch-chemische Messungen im Fühlinger See, See 4 am 17.08.2023

Datum	17.08.2023	**Wetter**	
Gewässer	**See 4**	Luft-Temperatur (°C)	23,3
Ort der Probenahme	**Abschn. 8 etwas ab vom Ufer**	Wolken	leicht bewölkt
Sichttiefe (m)	**5,3**	Niederschläge	-
Uhrzeit	20:00	Wind	2-3
Sedimentdicke (m)	0,9	Windrichtung	NW

Wassertiefe		**0**	**2,5**	**5**	**7,5**	**10**	**11**
							0,5 > Grund
	Einheit	**m**	**m**	**m**	**m**	**m**	**m**
Aussehen der Probe	-	klar	klar	klar	klar	trüb	sehr trüb
Geruch der Probe	-	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig	sehr leicht muffig
Wasser-Temperatur	°C	20,1	20,0	19,6	18,8	18,1	17,7
O_2-Gehalt	mg/l	11,3	11,5	11,6	10,9	4,7	2,2
	%	110,80	126,80	130,90	113,80	51,7	23,4
Leitfähigkeit	µS/cm	673	680	698	764	779	769
pH-Wert	-	8,35	8,27	8,32	8,00	8,20	7,74
Dichte	g/ml	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,002
Ammonium-Gehalt	mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,4	0,7	1,9
Nitrit-Gehalt	mg/l	0,03	0,03	0,03	0,05	0,09	< 0,02
Nitrat-Gehalt	mg/l	4,8	< 4,0	5,8	6,6	< 4,0	< 4,0
Eisen-Gehalt	mg/l	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,5
Phosphat-Gehalt	mg/l	< 0,6	< 0,6	< 0,6	2,0	2,1	3,0
Sulfid-Gehalt	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,28
Gesamthärte	°dH	13,0	12,0	16,0	17,0	18,0	17,0
Carbonathärte	°dH	8,0	8,0	8,0	10,0	11,0	13,0
Chlorid	mg/ml						

Im **See 4** wurde eine Sichttiefe von nur 5,3 m bei einer Wassertiefe von 11,5 m festgestellt. Licht kann somit begrenzt bis in die tieferen Wasserschichten eindringen. Die lichtdurchflutete Schicht und damit die Produktionsschicht von Sauerstoff und Biomasse scheinen zwischen 7,5 und 10 m zu enden, das Maximum des Rohwertes der Sauerstoffsättigung ist mit 130,9 % auf 5 m zu finden. Von dort sinkt sie über die nächsten 2,5m auf 51,7%, um 1,5m tiefer grundnah 23,4% zu erreichen, wobei Nitrat- und Nitritwerte niedrig bleiben und Phosphat nur geringfügig ansteigt. Wir gehen auch hier bis zum tiefen Mittelwasser von einer gewissen Entgasung des Sauerstoffüberschusses aus. Anders als in den anderen Teilseen ist nun in diesem Teilsee ein

© VASA Köln e.V.

Anstieg der Ammoniumwerte auf grundnah fast 2 mg/l zu verzeichnen, der bereits im Mittelwasser beginnt. Der oxidative Abbau des Ammoniums könnte in diesem Teilgewässer leicht gehemmt zu sein. Der pH- und Carbonathärtesprung ist in diesem Teilgewässer eher gering ausgeprägt, was für eine geringere CO_2-Nachfrage in der ganzen Wassersäule spricht. Die Produktion von Biomasse scheint in diesem Teilsee im Vergleich dementsprechend etwas weniger effizient zu sein. Die den Grund bedeckende Sedimentschicht ist mit 0,9 m recht mächtig.

Tab. 12: Physikalisch-chemische Messungen im Fühlinger See, See 2 am 21.08.2023

Datum			
21.08.2023	**Wetter**		
Gewässer	**Fühlinger See**	Luft-Temperatur °C	26
Ort der Probenahme	**See 2**	Wolken	sonnig
Sichttiefe (m)	**7,2**	Niederschläge	keine
Uhrzeit	19:30	Wind	2
Sedimentdicke (m)	0,63	Windrichtung	N

Wassertiefe		**0,1**	**2,5**	**5**	**7,5**	**10**
	Einheit	**m**	**m**	**m**	**m**	**m**
Aussehen der Probe	-	klar	klar	klar	klar	klar
Geruch der Probe	-	geruchlos	geruchlos	geruchlos	geruchlos	geruchlos
Wasser-Temperatur	°C	23,2	23,0	22,3	21,5	20,7
O_2-Gehalt	mg/l	11,80	13,40	13,10	6,30	6,40
	%	144,0	146,0	146,2	70,3	66,3
Leitfähigkeit	µS/cm	626	650	655	687	706
pH-Wert	-	8,85	8,81	8,86	8,44	8,11
Dichte	g/ml	1,0010	1,0010	1,0010	1,0020	1,0020
Ammonium-Gehalt	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1
Nitrit-Gehalt	mg/l	0,0	<0,02	0,02	0,02	<0,02
Nitrat-Gehalt	mg/l	<4	<4	<4	<4	<4
Eisen-Gehalt	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	<0,05	<0,06
Phosphat-Gehalt	mg/l	<0,6	<0,7	<0,8	0,7	0,6
Sulfid-Gehalt	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Gesamthärte	°dH	16,0	13,0	14,0	14,0	15,0
Carbonathärte	°dH	7,0	7,0	7,0	8,0	9,0
Chlorid	mg/ml					

Im **See 2** wurde eine Sichttiefe von 7,2 m bei einer Wassertiefe von gut 10 m festgestellt. Licht kann somit bis in die tieferen Wasserschichten dieses Wasserkörpers eindringen. Die lichtdurchflutete Schicht und damit die Produktionsschicht von Sauerstoff und Biomasse reichen bis auf ca. 7 m. Das Maximum des Rohwertes der Sauerstoffsättigung wurde mit 146,2% auf 5 m Tiefe ermittelt. Unterhalb dieser Tiefe sank dieser Rohwert der Sauerstoffsättigung dann auf Werte um 70%, so daß davon auszugehen ist, daß bis zum tiefen Mittelwassers ein Teil des gelösten Sauerstoffs ausgast und in der ganzen Wassersäule Produktion von Biomasse

© VASA Köln e.V.

stattfindet. Eine Abnahme dieser Produktionsrate in der Tiefe ist neben der zurückgehenden Sauerstoffsättigung nur durch sehr moderate Anstiege von Phosphat und Carbonat festzustellen und die Produktion scheint in diesem Teilsee allgemein sehr effizient zu sein. Geruchlose Tiefwasserproben und eine Sedimentschichtdicke von 0,63 m unterstreichen dies.

Tab. 13: Physikalisch-chemische Messungen im Fühlinger See, See 5 am 06.09.2023

Datum	06.09.23	**Wetter**	
Gewässer	**See 5**	Luft-Temperatur (°C)	26,9
Ort der Probenahme	**Skizze, vom Ponton Richtung Seemitte**	Wolken	keine
Sichttiefe (m)	**5,8**	Niederschläge	
Uhrzeit	1930	Wind	1
Sedimentdicke (m)	0,33	Windrichtung	O

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	21,6	20,8	19,8	18,7	17,1	16,5
O_2-Gehalt	mg/l	10,40	10,70	12,90	12,90	9,30	4,00
	%	118,6	119,9	141,5	139,3	97,2	42,1
Leitfähigkeit	µS/cm	680	695	751	785	917	967
pH-Wert	-	8,78	8,55	8,04	7,85	7,40	7,19
Dichte	g/ml	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ammonium-Gehalt	mg/l	0,3	0,1	<0,1	<0,1	0,3	1,0
Nitrit-Gehalt	mg/l	0,03	0,03	0,04	0,04	0,07	0,15
Nitrat-Gehalt	mg/l	5,0	4,2	5,3	6,6	10,7	7,3
Eisen-Gehalt	mg/l	0,1	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Phosphat-Gehalt	mg/l	<0,6	<0,6	1,00	2,10	2,50	3,10
Sulfid-Gehalt	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Gesamthärte	°dH	16,0	15,0	15,0	19,0	23,0	26,0
Carbonathärte	°dH	8,0	9,0	11,0	11,0	17,0	17,0
Chlorid	mg/ml						

Im besonders im Focus des öffentlichen Interesses stehenden **See 5** wurde spät in der Saison bei einem Nachholtermin eine Sichttiefe von 5,8 m bei einer lokalen Wassertiefe von gut 11 m festgestellt. Licht kann somit bis tiefere Wasserschichten dieses Wasserkörpers eindringen. Die lichtdurchflutete Schicht und damit die Produktionsschicht von Sauerstoff und Biomasse reichen bis auf etwa 10 m bei einem Maximum des Rohwertes der Sauerstoffsättigung von 141,5 % auf 5 m. Ab etwa 10 m Tiefe geht der Rohwert des Sauerstoffgehalts in die Untersättigung, um grundnah dann etwa 42% zu erreichen. Es ist davon auszugehen, daß ein Teil des gelösten Sauerstoffs in der Wassersäule ausgast.

© VASA Köln e.V.

Die Produktion von Biomasse scheint im See allgemein effizient und zeitigt bis in die Tiefe niedrige Nährstoffgehalte.

Jenseits von 10 m Tiefe steigen alle Anzeiger dafür, daß nun spät in der Vegetationsperiode Nährstoffüberschüsse verbleiben, spürbar an. Namentlich die Nitrate sind in der gesamten Wassersäule und insbesondere auf und jenseits von 10 m Tiefe sehr hoch, was bei niedrigen Nitritwerten auf eine gut funktionierende Nitrifikation schließen läßt und auch auf einen gewissen exogenen Eintrag hinweisen könnte.

Die sehr hohe Wasserhärte im gesamten Fühlinger See zeigt klar hohe Calcium- und Magnesiumkonzentrationen an, welche im Rheineinzugsgebiet geogen bedingt (Kalk-, Gips- oder Dolomitschichten im Boden) durch natürliche Mineralisierung im Grundwasser sehr hoch sind. Der Fühlinger See wird größtenteils durch Grundwasser gespeist, welches abhängig vom Rheinpegel mehr oder weniger stark in den See gedrückt wird.

Im Sommer 2023 wurde wiederum im vorliegenden Seensystem mit hohen pH-Werten (> 7) angesichts der bei höheren Temperaturen geringeren Sauerstofflöslichkeit der Gehalt an Ammonium kritisch verfolgt, da ab einer Konzentration von 0,3 mg/l Ammonium in das fischgiftige Ammoniak dissoziieren kann. Diese Schwelle wurde 2023 an einigen wenigen Meßpunkten erreicht oder überschritten.

4.4. Sonstige Beobachtungen

In den untersuchten Teilseen wurden Flussbarsche (Perca fluvatilis), Sonnenbarsche (Familie der Centrarchidae), Hechte (Esox lucius), Aale (Anguilla anguilla), Zander (Sander lucioperca, Syn.: Stizostedion lucioperca, Lucioperca sandra), Weißfische (wahrscheinlich Rotauge, (Rutilus rutilus)), Karpfen (Cyprinus carpio) und die inzwischen etablierte Neozoe Schwarzmundgrundel (Neogobius melanostomus) bei Kartierungen erfasst. Zusätzlich wurden in allen Teilseen zahlreiche Jungfische gesichtet, so daß von einer guten Populationsentwicklung ausgegangen werden kann. Anders als in den Vorjahren wurden bei den Kartierungen keine Welse (Silurus glanis) beobachtet, das Vorkommen dieser Spezies ist aber durch Sichtungen bei anderen Tauchgängen gesichert. Bilddokumente der jährlichen Kongregation großer Welse im See 5 im April sind zahlreich im Internet zu finden. Aus der Regattabahn wurde eine Sichtung der Schleie (Tinca tinca) gemeldet.
Teichmuscheln (Anodonta cygnea), Körbchenmuscheln (Corbiculidae) und Dreikantmuscheln (Dreissena polymorpha) wurden in allen untersuchten Gebieten in geringer Häufigkeit bzw. oft als Totfund gesichtet. Das Vorkommen der Dreikantmuschel scheint kontinuierlich zurückzugehen, wofür derzeit eine Erklärung aussteht.
Andere Tiere wie Rote Süßwassermilben waren in allen Teilseen mäßig häufig.

© VASA Köln e.V.

Ebenfalls wurden vereinzelt Sichtungen von Großkrebsen ohne Artangabe gemeldet. Höchstwahrscheinlich handelte es sich hierbei um Kamberkrebse (Orconectes limosus).
Darüber hinaus wurden in den Monaten Juli und August häufig Süßwassermedusen (Craspedacusta sowerbyi) gesehen.
In allen Untersuchungsgebieten wurde Müll gefunden. Dazu gehörten Plastik, Angelzubehör und Flaschen.

© VASA Köln e.V.

5. 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 die physikalisch-chemischen Parameter.

In allen untersuchten Teilseen und der Regattabahn wurde eine Vielfalt an Unterwasserpflanzen gefunden. Die Indikatorpflanzen für saubere, nährstoffärmere Gewässer wie die Armleuchteralge sind gegenüber den letzten Erfassungen in der Dichte annähernd gleich hoch und die Indikatorpflanzen für stark oder sehr stark nährstoffbelastete Gewässer (u.a. Ceratophyllum und Elodea) sind tendenziell eher gering.

Die chemisch-physikalischen Bestimmungen zeigten überwiegend normale bis gute Sauerstoffverhältnisse (Konzentration und Sättigung) zusammen mit niedrigen bis moderaten Nährstoffkonzentrationen auf.

Im See 6 waren die Nitritwerte und weiteren Nährstoffgehalte nur noch sehr leicht erhöht, und damit gegenüber z.B. 2020 deutlich rückläufig. Die Teilseen 3, 4, 5 und 6 zeigten 2023 grundnah Ansätze von Sauerstoffknappheit, die möglicherweise verschiedene Ursachen hat und die auch nicht in jedem Jahr in diesen Teilseen auftritt. Der Teilsee 7 hat sich weiterhin positiv entwickelt; so wurden dort bis auf Grund gute Sauerstoffsättigungen vorgefunden.

Das massenhafte Vorkommen der pontokaspischen Grundeln ist kritisch zu sehen, weil diese Grundfische mit anderen Klenfischen in Nahrungskonkurrenz stehen. Ihr Einfluß auf die Nahrungsketten speziell im Fühlinger See ist derzeit noch nicht gut verstanden.

© VASA Köln e.V.

6. 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.

Der See 6 zeigte 2023 zum Messzeitpunkt eine sehr gute Sauerstofftiefenbelüftung, so daß über der Gewässersohle aerobe Bedingungen herrschen, die normale mikrobiologische Nährstoffumsetzung ermöglichen. Dieser wird durch die installierte TiBeAn erreicht. In den letzten Jahren zeigten sich jedoch immer wieder, daß auch anaerobe Bedingungen dort herrschen können und zu Phosphor- und Eisenrücklösung und Schwefelbildung sowie zu einer Zunahme der Mächtigkeit der Schlammdicke führen. Der See sollte daher weiter untersucht werden und die Wirksamkeit der TiBeAn somit kontrolliert werden.

Die Neuentdeckung aus 2014, die Schwarzmundgrundel, wurde für 2023 wieder bestätigt. Die Population hat sich inzwischen im See massenhaft ausgebreitet und kann als etabliert gelten. 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. Bisher ist noch nicht sicher zu schließen, daß andere Arten in ihrer Dichte und Häufigkeit zurückgehen. Die zuletzt niedrig erscheinenden Kamberkrebsbestände stehen unter Beobachtung, gleichzeitig muß das Vorkommen des Marmorkrebses aufmerksam 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.

© VASA Köln e.V.

7. Literatur

GEW-STUDIE „GEWÄSSERZUSTAND DES FÜHLINGER SEES - ABSCHLUßBERICHT“, GAS-, ELEKTRIZITÄTS- UND WASSERWERKE KÖLN AKTIENGESELLSCHAFT, 1996

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

OLDORF, S. ET AL. (2015): Untersuchung von Abgrabungsgewässern in NRW – Ergebnisse der Exkursion des DGL-Arbeitskreises Tauchen in der Limnologie in Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL), Erweiterte Zusammenfassungen der Jahrestagung 2015 (Duisburg-Essen), Hardegsen 2016

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, Armleuchteralgen 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, Armleuchteralgen und Moose) in Deutschland. Band 2: Abbildungen. Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Land Brandenburg, 2011

© VASA Köln e.V.

Danksagung

Ein herzlicher Dank gebührt den Taucherinnen und Tauchern der VASA-Mitgliedsvereine und den Gasttauchern 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.

Speziell dem Förderverein Fühlinger See e.V. sei für die unbürokratische und schnelle Beschaffung und Überlassung der Dauerleihgabe „Oximeter“ sehr herzlich gedankt!

© VASA Köln e.V.