

**Limnologische Einschätzung des
Fühlinger Sees in Köln
aufgrund von Tauchgängen und
physikalisch-chemischen Untersuchungen im Jahr
2021
durch den VASA Köln e.V.**

Köln, den 27.04.2022

Autor: Dr. Andreas Küver, Werner Hommer

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

Geschäftsstelle: Stefanstr. 8a, 51145 Köln

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| 1. EINLEITUNG | 3 |
| 2. AUSGANGSLAGE | 4 |
| 3. UNTERSUCHUNGSMETHODE UND UNTERSUCHUNGSGEBIETE 2021 | 5 |
| 4. ERGEBNISSE DER TAUCHKARTIERUNGEN IM JAHR 2021 | 8 |
| 4.1 Makrophytenverbreitung | 8 |
| 4.2. Die Tiefenverbreitung der Makrophyten..... | 16 |
| 4.3. Physikalisch-chemische Untersuchung | 17 |
| 4.4. Sonstige Beobachtungen..... | 26 |
| 5. ZUSAMMENFASSUNG | 28 |
| 6. FAZIT UND AUSBLICK..... | 29 |
| 7. LITERATUR..... | 30 |

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 Gewässeränderung geben.

2021 wurden im Rahmen der Tauchkartierungen die Wasserpflanzenbestände sowie die physikalisch-chemischen Parameter in den Teilseen 1, 2, 3, 5, 6 und 7 sowie in Abschnitten auf der Westseite der Regattastrecke (Regatta Start Westufer, Regatta West Mitte) kartiert.



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

2. Ausgangslage

Der Fühlinger See, im Norden Kölns, ist als Naherholungsgebiet 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 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 Interpretation momentan erhobener Daten ist dementsprechend die Tatsache, dass die Seen durchflossen werden, zu berücksichtigen.

Der Sommer im Jahr 2021 zeichnete sich durch einen unterdurchschnittlich kühlen Start im Mai, einen sehr heißen und trotzdem niederschlagsreichen Juni, einen durchschnittlich warmen Juli mit Starkregenereignissen und einen durchwachsenen August aus. Die Temperaturmittelwerte der Teilseen lagen etwa 2 Grad unter denen des heißen Vorjahres 2020 und auch ca. 1 Grad unter denen von 2019, was das Leben im Fühlinger See beeinflusst haben kann.

3. Untersuchungsmethode und Untersuchungsgebiete 2021

Im Jahr 2021 wurden im Rahmen der Tauchkartierungen Uferabschnitte der Regattastrecke sowie die Teilseen 1, 2, 3, 5, 6 und 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.

Die Kartierung der Armelechteralge stellt eine Besonderheit in der Methodik dar. Im Unterschied zu anderen Makrophyten sind Armelechteralgen 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 Armelechterarten gemeinsam betrachtet.

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

Für die Wasserproben wurden jeweils 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. ca. 18 m jeweils im Rasterabstand von 2,5 m.

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 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 (Tab. 1). Die Bestimmung mittels photometrischer und titrimetrischer 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 im Umgebungslicht 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 diese fungierte während des Einstechens in den Schlamm als Schleppzeiger. Es wurde jeweils nur ein einzelner Wert aufgenommen. Die Proben werden seit Jahren in jedem Teilsee an den selben Stellen entnommen. Diese Stellen sind VASA-intern in Karten verzeichnet und werden vor Ort zur Feinbestimmung durch die Taucher per Sonar als tiefste Stellen geortet.

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 |

Die Untersuchungstermine können Abb. 2 entnommen werden.

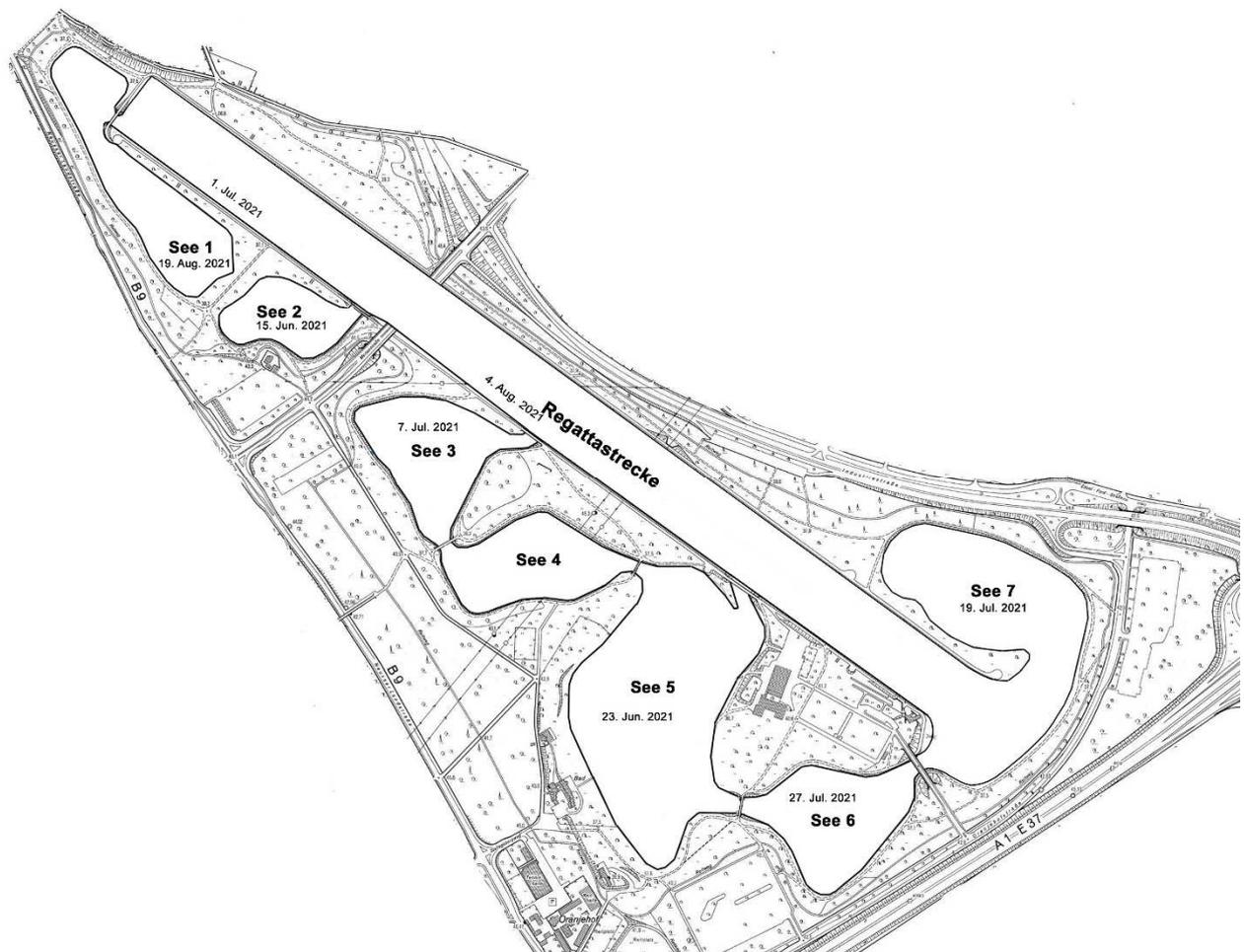


Abb. 2: Untersuchungsgebiete und -termine

4. Ergebnisse der Tauchkartierungen im Jahr 2021

4.1 Makrophytenverbreitung

Im Jahr 2021 wurden die **Armleuchteralgen** (Characeen) in der Regattabahn, aber auch in Teilen aller untersuchten Seen erneut in dicht bis massenhaft vorkommenden Beständen gefunden. Das Vorkommen der Art erstreckt sich in der Regattabahn, wie auch in den vergangenen Jahren, über alle kartierten Tiefen (ca. 8 m). Die heimische Art, welche in der Regel in sauberen, nährstoffarmen, kalkhaltigen Gewässern vorkommt, tritt, 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 insgesamt weitgehend gleichbleibend mit einem in der Ausnahme zu verzeichnenden zahlreicheren Vorkommen im See 7 (siehe den bildlichen Jahresvergleich 2021 vs. 2020).

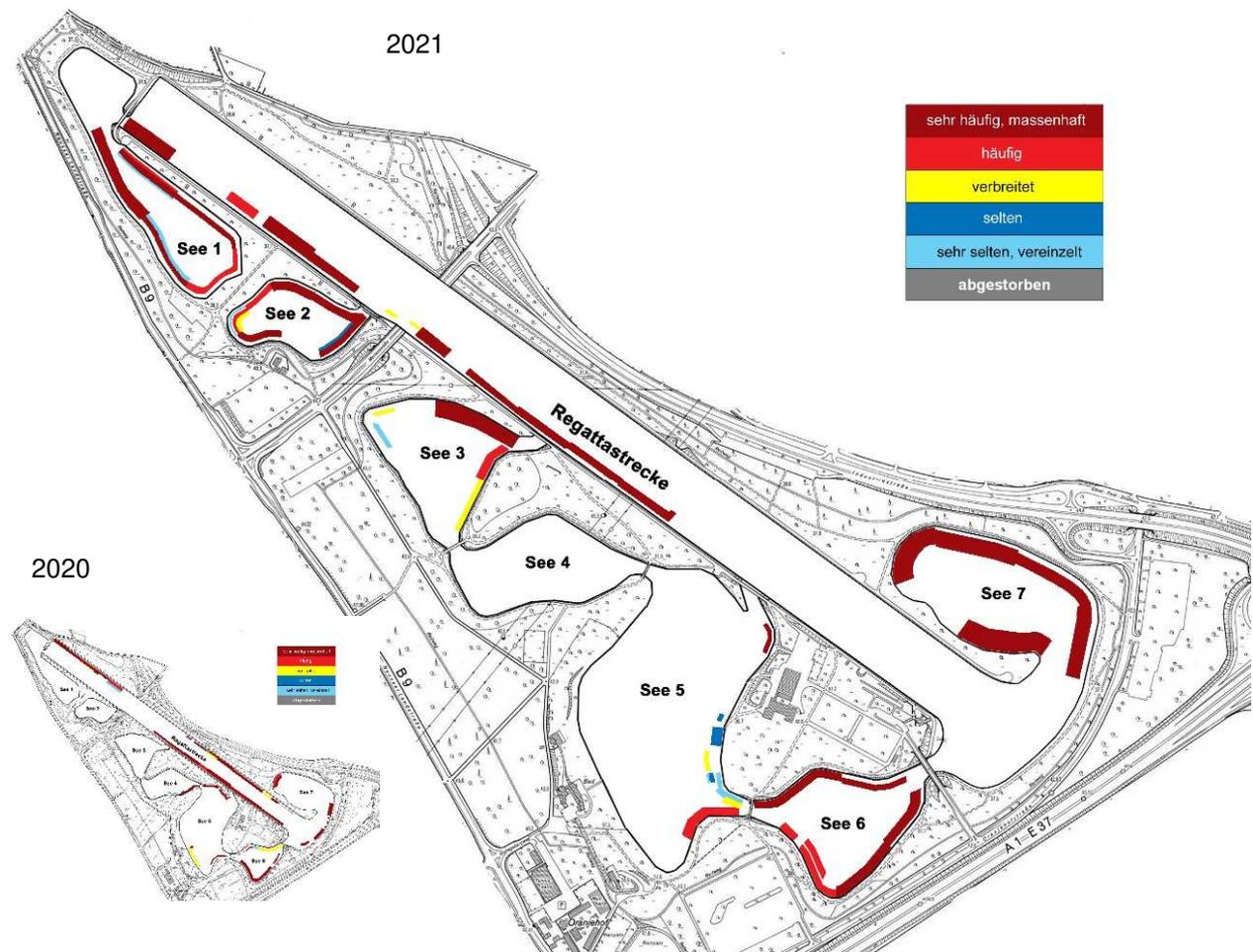


Abb. 3: Verbreitung der Armleuchteralgen in den Untersuchungsgebieten inkl. Vorjahresvergleich

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. Hierbei gilt es den Trend der nächsten Jahre zu beobachten, um von einem dauerhaften Bestandsrückgang sprechen zu können. In den Teilseen 5 und 7 wurden in 2021 weiterhin insgesamt geringe Bestände mit lokalem Massenvorkommen (Regattabahn) gefunden.

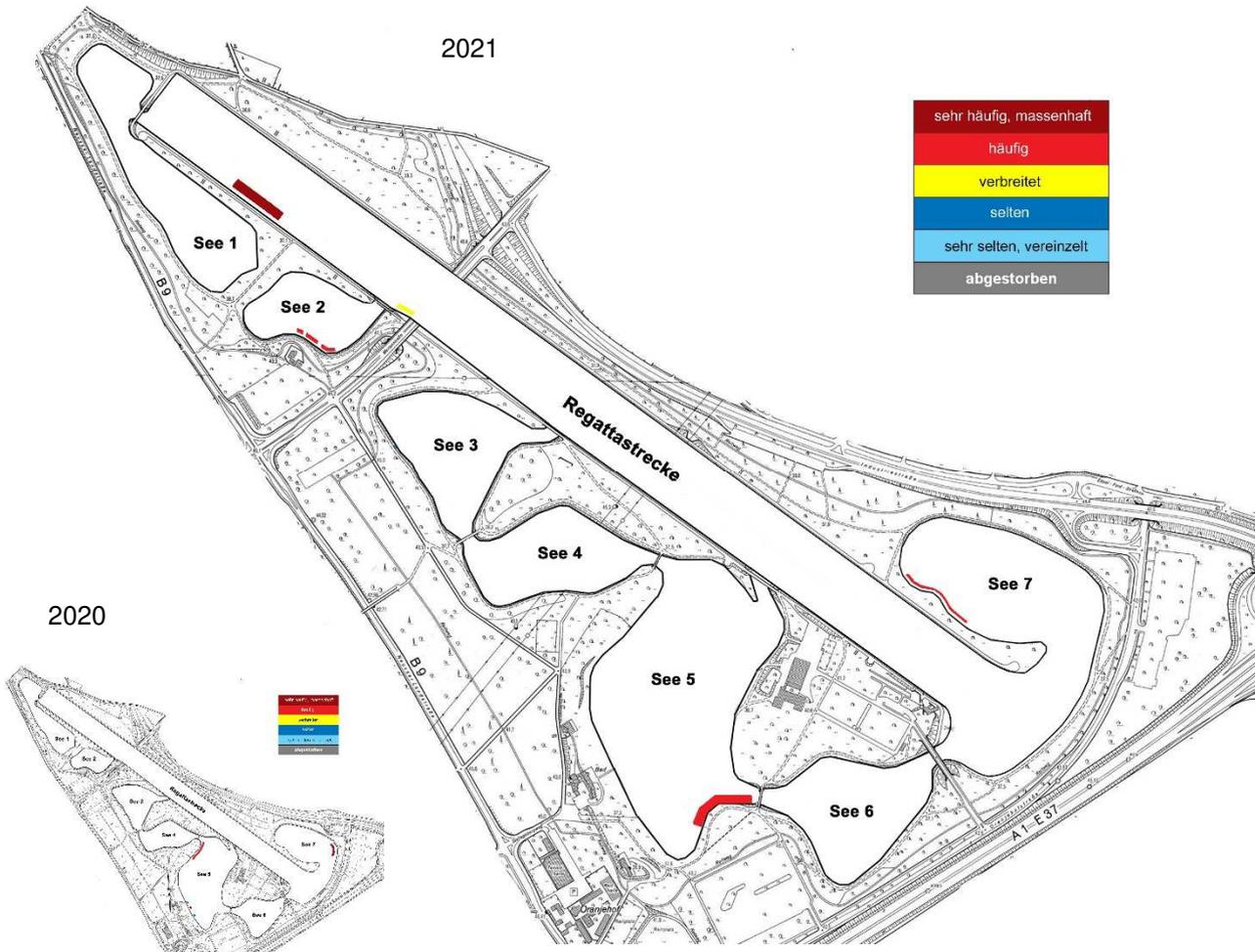


Abb. 4: Verbreitung des Nadelkrauts in den Untersuchungsgebieten inkl. Vorjahresvergleich

Das **Raue Hornblatt** (*Ceratophyllum demersum*) wurde in etwas geringeren Dichten als im letzten Jahr und überwiegend vereinzelt gefunden. Das Raue Hornblatt ist in nährstoffreichen stehenden oder langsam fließenden Gewässern in ganz Deutschland verbreitet und wächst auf humösen Schlammböden, welche im Fühlinger See in den letzten Jahren immer mächtiger wurden.

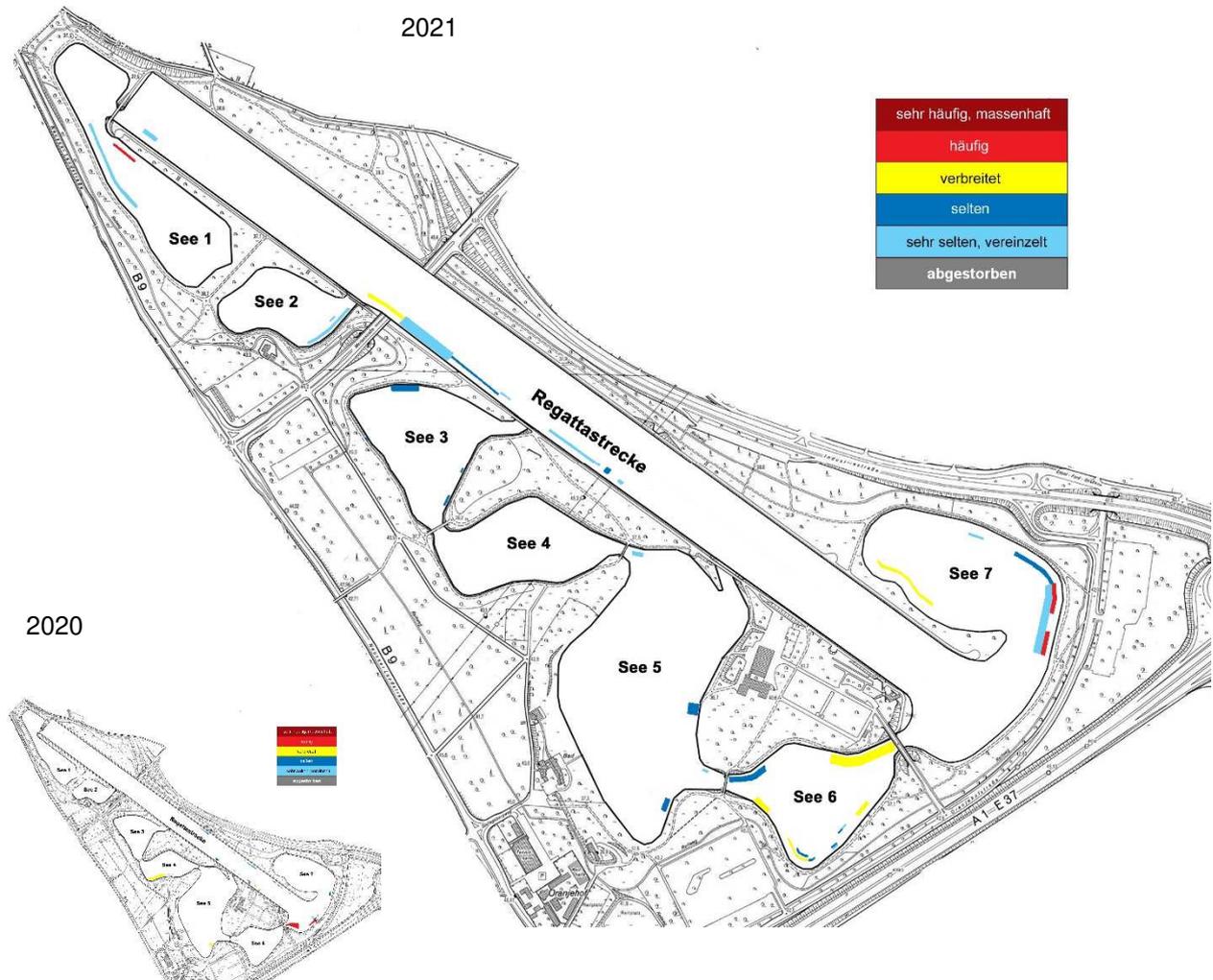


Abb. 5: Verbreitung des Rauhen Hornblatts in den Untersuchungsgebieten inkl. Vorjahresvergleich

Das eutraphente **Kammlaichkraut** (*Potamogeton pectinatus*) wurde seit 2018 in vergleichbaren, seltenen bis vereinzelt Dichten und Häufigkeiten gefunden (Abb. 6). Nur im See 6 traten bisher auch Massenbestände auf, die 2021 aber nur noch als verbreitet zu beurteilen sind. Es ist sowohl in oligo- als auch in eutrophen langsam fließenden oder stehenden Gewässern zu finden und wächst auf Schlammböden.

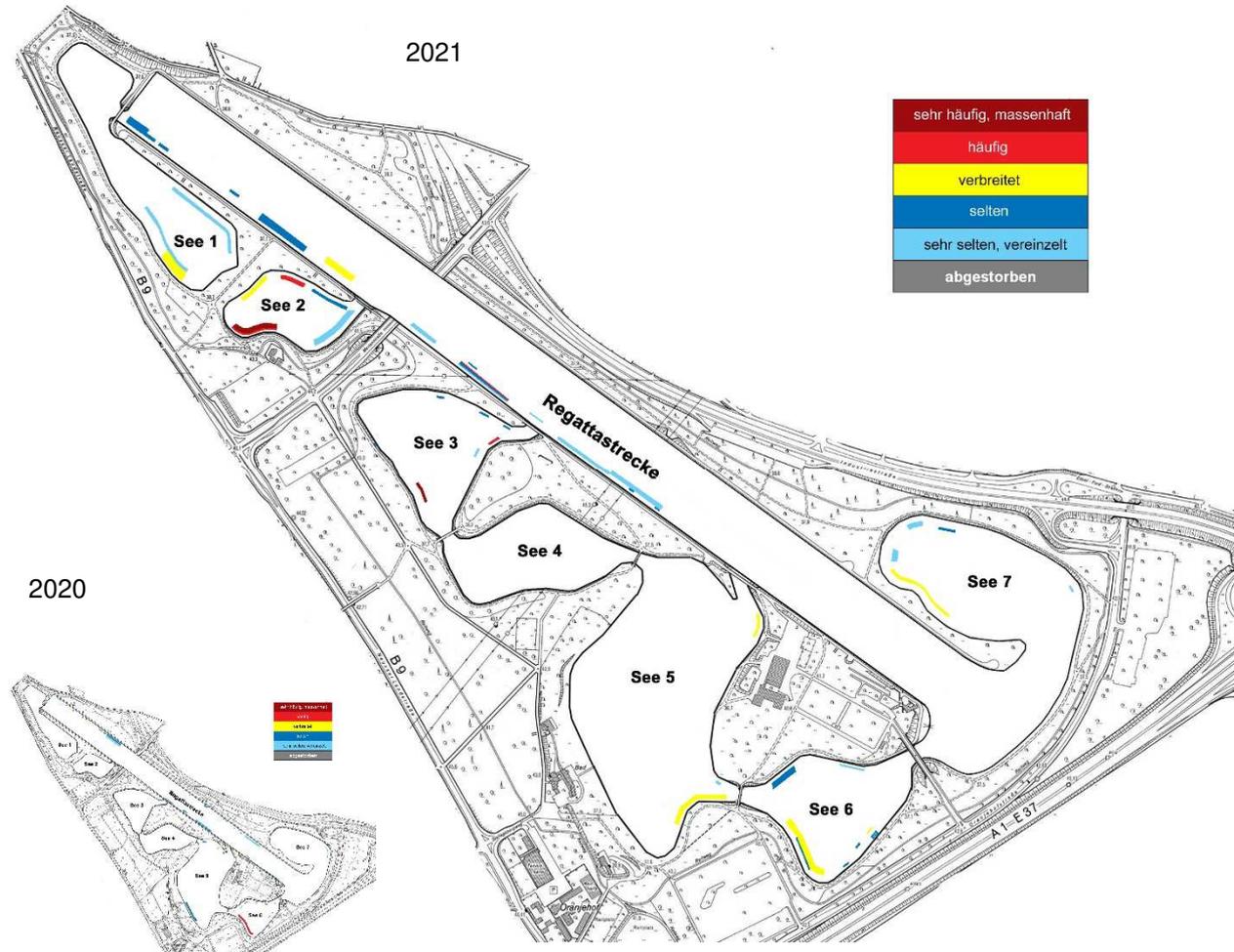


Abb. 6: Verbreitung des Kammlaichkrautes in den Untersuchungsgebieten inkl. Vorjahresvergleich

Das **Durchwachsene Laichkraut** (*Potamogeton perfoliatus*) wurde in ähnlichen Dichten und Häufigkeiten gefunden wie in den letzten Jahren. Die Art wurde im Rahmen der im Jahr 2021 nicht alle Teilseen umfassenden Kartierungen weiterhin in den Seen 5, 6 und 7 und Teilen der Regattabahn in überwiegend seltenem Auftreten gefunden (Abb. 7). Die Art kommt in stehenden und langsam fließenden, nährstoffreichen Gewässern mit humösem Schlamm Boden vor. Bei starker Eutrophierung verschwindet die Pflanze.

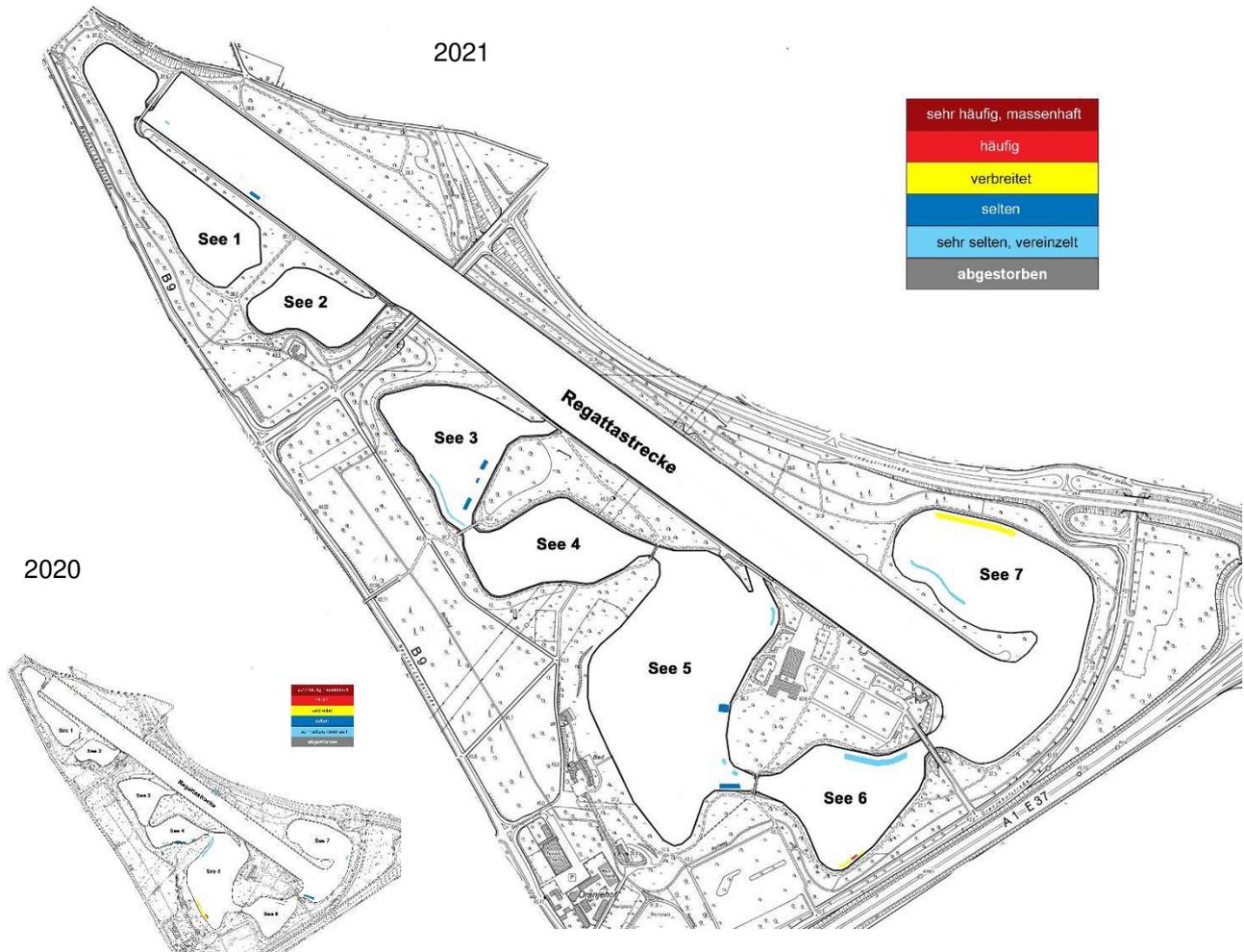


Abb. 7: Verbreitung des Durchwachsenen Laichkrautes in den Untersuchungsgebieten inkl. Vorjahresvergleich

Das **Glänzende Laichkraut** (*Potamogeton lucens*) wurde ebenfalls in ähnlichen Dichten und Häufigkeiten gefunden wie 2020. Die in den Vorjahren am Südufer des See 5 gefundenen Massenbestände konnten bestätigt werden, lediglich am Übergang zum See 6 sind diese offenkundig nun weniger mächtig gediehen; der Auslauf der Regattabahn, in dem 2019 ein isoliertes Massenvorkommen zu finden war, wurde 2021 nicht untersucht. In See 3 ist die Pflanze lokal selten bis häufig zu finden, im Ostuferbereich des See 7 nun häufig gegenüber einem in 2019 gefundenen seltenen Vorkommen. Das Glänzende Laichkraut wächst ähnlich wie das Durchwachsene Laichkraut in nährstoffreichen Gewässern.

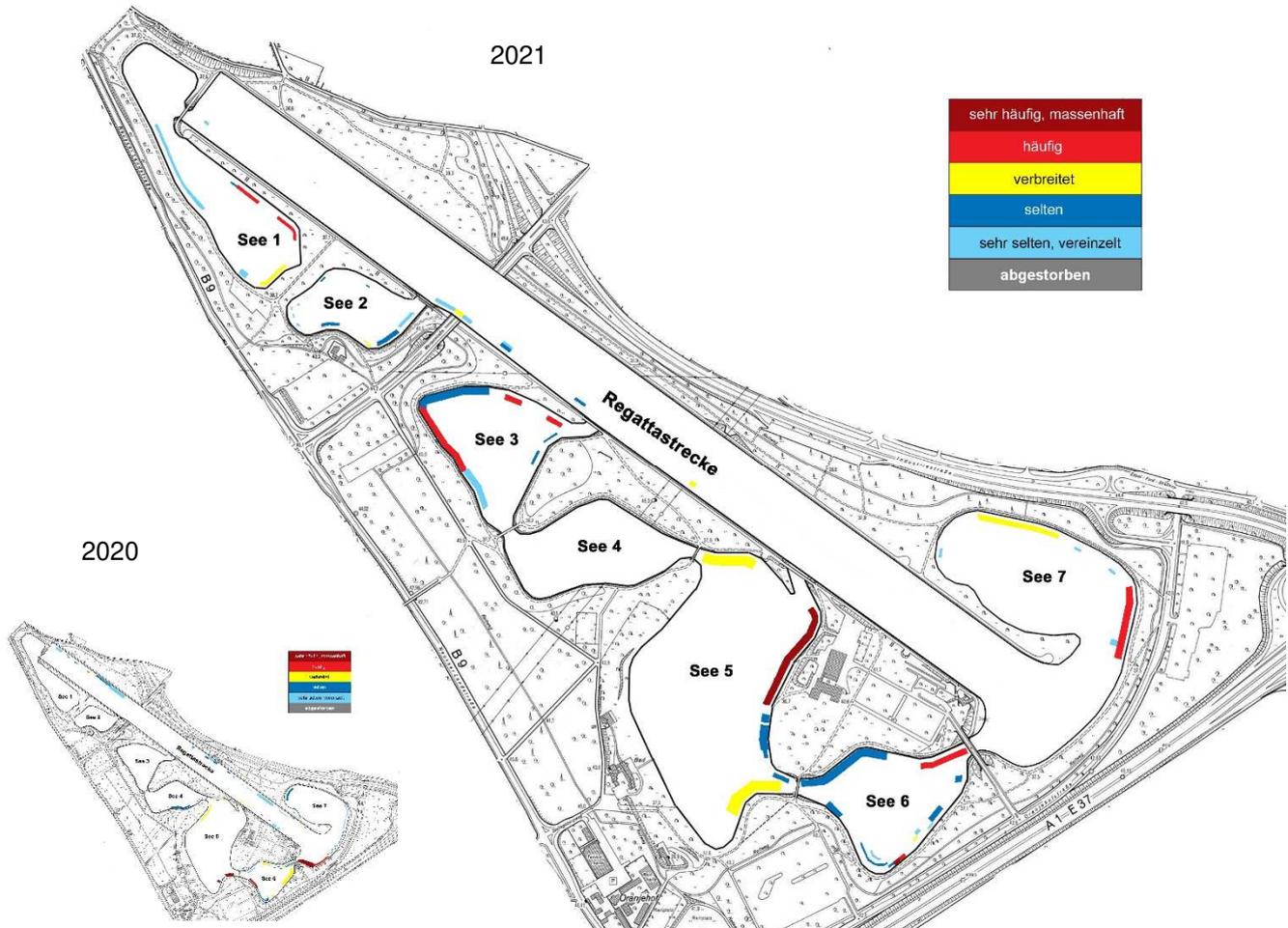


Abb. 8: Verbreitung des Glänzenden Laichkrautes in den Untersuchungsgebieten inkl. Vorjahresvergleich

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 des schon

früher berichteten Einzelvorkommens der exotischen Art Indischer Wasserfreund (*Hygrophila polysperma*) in See 6 wurde bestätigt. Im See 3 wurde ein Vorkommen von Seerosen (*Nuphar sp.*) gefunden.

Insgesamt wurde in den meisten untersuchten Teilseen eine tendenziell gute Pflanzenvielfalt mit einer überwiegend zum Vorjahr vergleichbaren Tendenz festgestellt. Die Entwicklung zu zahlenmäßig höheren Vorkommen insbesondere der Armleuchteralgen im See 7 wird weiter beobachtet.

Die Vorkommen von insgesamt 29 höheren Pflanzenarten und sechs verschiedenen Armleuchteralgen-Arten konnten bis zum Jahr 2021 für den Fühlinger See dokumentiert werden (

Tab. 2). In 2015 wurden Abgrabungsgewässer in NRW durch den DGL-Arbeitskreis Tauchen in der Limnologie gemäß dem offiziellen vom BfN angewandten Bewertungsschema für den FFH-Lebensraumtyp „FFH-Lebensraumtyp 3140: Kalkreiche, nährstoffarme Stillgewässer mit Armleuchteralgen“ untersucht (FFH = Flora, Fauna, Habitat) untersucht und eingeteilt. Im Fühlinger See fand man eine geringere Anzahl lebensraumtypischer Arten (v.a. Characeen, Algen wie *Vaucheria* sp.) als in anderen Abgrabungen und der Fühlinger See wurde (s. Oldorf et al.) als „naturschutzfachlich wertvoller See in NRW“ mit im Bereich des Westufers einem „noch guten Erhaltungszustand“ (B)“ bewertet.

Tab. 2: Bisher 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>Sagittaria</i> sp. | Pfeilkraut |
| <i>Callitriche</i> sp. | Wasserstern |
| <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>Utricularia</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 |
| <i>Nuphar lutea</i> , Syn. <i>Nuphar luteum</i> | Gelbe Teichrose |

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 festgestellten Maximaltiefen Rückschlüsse auf den Belastungszustand des Gewässers geben (s. Tab. 3).

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 2021 gemäß der Tauchkartierung meist bis in ca. 5-6 m Tiefe, vereinzelt (Arملهuchteralgen) bis in ca. 7-9 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, sodass der See insgesamt als stabil eingestuft werden kann.

In allen Untersuchungsabschnitten wurden ab einer Tiefe von ca. 3 m (im Bereich Regattabahn West vereinzelt schon flacher) zum Teil eine deutliche Schlammschicht auf der Sohle und organische Auflagen auf den Wasserpflanzen gefunden, welche für eine hohe Nährstoffumsetzung im System, auch bedingt durch exogene Einträge sprechen. Hierfür sprechen auch mineralische (weiße) Überzüge auf Pflanzen infolge einer biogenen Entkalkung, die bei gutem Nährstoff- und Lichtangebot auftreten kann. Dabei entziehen Wasserpflanzen den benötigten Kohlenstoff zur Photosynthese dem Calciumbikarbonat, wenn das gelöste CO₂ im Wasser aufgebraucht ist und es fällt Kalk aus, wobei der pH-Wert ansteigt.

Durch das sehr harte Wasser im Fühlinger See, teilweise mit einer Carbonathärte von > 20 dH, ist dieser Prozess im See an Arملهuchteralgen und auch an anderen Makrophyten wie bereits in den letzten Jahren zu beobachten.

4.3. Physikalisch-chemische Untersuchung

Im westlichen **Startbereich der Regattastrecke** wurde eine Sichttiefe mit 8,6 m bei einer Wassertiefe von 9,7 m festgestellt. Licht kann somit begrenzt bis in die tieferen Wasserschichten durchdringen. Die lichtdurchflutete Schicht und damit die Produktionsschicht von Sauerstoff und Biomasse reichen bis zum Grund (Maximum des Sauerstoffgehaltes mit ca. 15,6 mg/l bei 7,5 m). Die Sauerstoffsättigung liegt gerade ab 5 m bei über 100% (Maximum von 152 % bei 7,5 m, s.o.), sodass 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 sehr effizient, da remineralisierte Nährstoffe unmittelbar wieder in Biomasse umgewandelt werden und somit nicht messbar sind.

Tab. 4: Physikalisch-chemische Messungen im Fühlinger See, Regatta Start Westufer am 01.07.2021

| | | | | | | |
|------------------------|--|-------------|----------------------|-------------|------------------|-------------|
| Datum | 01.07.2021 | | Wetter | | | |
| Gewässer | Fühlinger See, Regatta-Start-West | | Luft-Temperatur (°C) | | 27 | |
| Ort der Probenahme | s. Karte | | Wolken | | sehr bedeckt | |
| Sichttiefe (m) | 8,6 | | Niederschläge | | strömender Regen | |
| Uhrzeit | 20:00 | | Wind | | keiner | |
| Sedimentdicke (m) | 1 | | Windrichtung | | keine | |
| Wassertiefe / m | | 0,1 | 2,5 | 5 | 7,5 | 9,7 |
| | Einheit | m | m | m | m | m |
| Aussehen der Probe | - | klar | klar | klar | klar | klar |
| Geruch der Probe | - | unauffällig | unauffällig | unauffällig | unauffällig | unauffällig |
| Wasser-Temperatur | °C | 19,80 | 19,90 | 17,00 | 14,7 | 13,8 |
| O ₂ -Gehalt | mg/l | 9,20 | 9,10 | 10,60 | 15,60 | 14,70 |
| | % | 101,0 | 99,0 | 110,0 | 152,0 | 142,0 |
| Leitfähigkeit | µS/cm | 705 | 707 | 728 | 716 | 730 |
| pH-Wert | - | 8,75 | 8,45 | 8,30 | 8,15 | 8,09 |
| Dichte | g/ml | 1,000 | 1,002 | 1,003 | 1,003 | 1,003 |
| Ammonium-Gehalt | mg/l | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,2 |
| Nitrit-Gehalt | mg/l | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,03 |
| Nitrat-Gehalt | mg/l | 4,9 | 5,1 | 5,4 | 6,4 | 4,8 |
| Eisen-Gehalt | mg/l | <0,04 | 0,1 | <0,04 | <0,04 | <0,04 |
| Phosphat-Gehalt | mg/l | <0,6 | <0,6 | <0,6 | 1,2 | <0,6 |
| Sulfid-Gehalt | mg/l | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Gesamthärte | °dH | 17,0 | 16,0 | 18,0 | 18,0 | 18,0 |
| Carbonathärte | °dH | 10,0 | 10,0 | 11,0 | 11,0 | 12,0 |

Im **Mittelbereich des Westufers der Regattastrecke** wurde eine Sichttiefe von 7,4 m bei einer Wassertiefe von 12,5 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 über 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. Merkbare Ammonium- und hohe Phosphatgehalte über der Sohle deuten auf diese abbauenden, respiratorischen Prozesse hin, was einer normalen mikrobiologischen Nährstoffumsetzung im Gewässer entspricht.

Die Sauerstoffsättigung liegt zwischen 104 und 150%, sodass davon auszugehen ist, dass ein Teil des gelösten Sauerstoffs ausgast.

Tab. 5: Physikalisch-chemische Messungen im Fühlinger See, Regatta Mitte Westufer am 04.08.2021

| | | | |
|--------------------|-------------------------------|----------------------|---------|
| Datum | 04.08.2021 | Wetter | |
| Gewässer | Regattabahn West Mitte | Luft-Temperatur (°C) | 20 |
| Ort der Probenahme | bei Laterne 23 | Wolken | bewölkt |
| Sichttiefe (m) | 7,4 | Niederschläge | keine |
| Uhrzeit | 19:50 | Wind | wenig |
| Sedimentdicke (m) | 0,7 | Windrichtung | |

| Wassertiefe / m | | 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 | leicht trüb | klar |
| Geruch der Probe | - | unauffällig | unauffällig | unauffällig | unauffällig | unauffällig | unauffällig |
| Wasser-Temperatur | °C | 21,9 | 21,5 | 19,3 | 15,2 | 15,2 | 15,1 |
| O ₂ -Gehalt | mg/l | 9,45 | 9,38 | 9,60 | 15,06 | 13,40 | 12,66 |
| | % | 108,2 | 106,3 | 104,1 | 149,9 | 134,3 | 125,9 |
| Leitfähigkeit | µS/cm | 656 | 670 | 746 | 808 | 866 | 904 |
| pH-Wert | - | 8,60 | 8,50 | 8,00 | 7,70 | 7,50 | 7,40 |
| Dichte | g/ml | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,001 |
| Ammonium-Gehalt | mg/l | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| Nitrit-Gehalt | mg/l | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,08 | 0,11 |
| Nitrat-Gehalt | mg/l | < 4 | < 4 | 4,8 | 5,9 | 6,7 | 8,3 |
| Eisen-Gehalt | mg/l | < 0,04 | < 0,04 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | < 0,04 |
| Phosphat-Gehalt | mg/l | 1,0 | 1,2 | 1,1 | 2,1 | 2,6 | 2,8 |
| Sulfid-Gehalt | mg/l | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 |
| Gesamthärte | °dH | 16,0 | 18,0 | 20,0 | 21,0 | 23,0 | 24,0 |
| Carbonathärte | °dH | 12,0 | 13,0 | 14,0 | 14,0 | 16,0 | 17,0 |

Im **See 2** wurde eine Sichttiefe von 3,5 m bei einer Wassertiefe von ca. 10,5 m festgestellt. Anhand der Sauerstoff- und Temperaturwerte ist zu sehen, dass es zum Zeitpunkt der Kartierung keine echte Sprungschicht gab, da die Sauerstoffproduktion bis zur Gewässersohle auf über 12 mg/l ansteigt. Die hohen Sauerstoffkonzentrationen werden vermutlich durch hohe Bestände von Makrophyten erzeugt (vgl. Kap. 4.1). Das spricht für eine gute Tiefenbelüftung und aeroben Stoffabbau. Sinkende Sauerstoff- und hohe Phosphatgehalte sind für eine funktionierende mikrobielle Stoffumsetzung ein Indiz.

Die Sauerstoffsättigung liegt überall über 100 % mit in der Spitze 156 % auf 5 m, sodass davon auszugehen ist, dass ein Teil des gelösten Sauerstoffs ausgast.

Tab. 6: Physikalisch-chemische Messungen im Fühlinger See, See 2 am 15.06.2021

| | | | |
|--------------------|-----------------|----------------------|--------------------------|
| Datum | 15.06.2021 | Wetter | |
| Gewässer | See 2 | Luft-Temperatur (°C) | 28,5 |
| Ort der Probenahme | s. Karte | Wolken | leichte Schleierwolken |
| Sichttiefe (m) | 3,5 | Niederschläge | |
| Uhrzeit | 19:30 | Wind | leichter bis böiger Wind |
| Sedimentdicke (m) | 0,35 | Windrichtung | West |

| Wassertiefe | | 0,1 | 2,5 | 5 | 7,5 | 9,5 | 10 |
|------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------|
| | | | | | | | 0,5 > Grund |
| | Einheit | m | m | m | m | m | m |
| Aussehen der Probe | - | klar | klar | klar | klar | leicht trüb | klar |
| Geruch der Probe | - | unauffällig | unauffällig | unauffällig | unauffällig | unauffällig | unauffällig |
| Wasser-Temperatur | °C | 24,4 | 22,3 | 17,4 | 15,2 | 14,1 | 14,8 |
| O ₂ -Gehalt | mg/l | 8,68 | 11,76 | 15,01 | 14,27 | 12,90 | 12,20 |
| | % | 107,00 | 133,50 | 155,80 | 141,60 | 124,20 | 119,80 |
| Leitfähigkeit | µS/cm | 752 | 740 | 737 | 735 | 737 | 751 |
| pH-Wert | - | 8,65 | 8,48 | 8,52 | 8,63 | 8,37 | 8,11 |
| Dichte | g/ml | 1,000 | 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 | <0,02 | 0,02 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,07 |
| Nitrat-Gehalt | mg/l | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 |
| Eisen-Gehalt | mg/l | <0,04 | <0,04 | <0,04 | 0,1 | <0,04 | <0,04 |
| Phosphat-Gehalt | mg/l | 1,8 | 1,5 | 1,1 | 0,7 | 1,6 | 1,8 |
| Sulfid-Gehalt | mg/l | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Gesamthärte | °dH | 20,0 | 20,0 | 19,0 | 20,0 | 19,0 | 20,0 |
| Carbonathärte | °dH | 11,0 | 11,0 | 13,0 | 13,0 | 15,0 | 13,0 |

Im **See 5** wurde eine Sichttiefe von 5,5 m bei einer Wassertiefe von über 14 m bestimmt. Die lichtdurchflutete Schicht und damit die Produktionsschicht von Sauerstoff und Biomasse reicht zwar bis auf die Gewässersohle, die Sauerstoffgehalte liegen aber tiefer als 7,5 m unterhalb der Sättigung (Maximum des Sauerstoffgehaltes mit 11,6 mg/l). Die Sauerstoffsättigung liegt bis in mittlere Tiefen über 100 %, sodass davon auszugehen ist, dass ein Teil des gelösten Sauerstoffs ausgast. Die Sauerstoffversorgung bis zum Grund sowie steigende Phosphat- und Nitratgehalte mit zunehmender Tiefe deuten hier auf abbauende, respiratorische Prozesse hin. Das abnehmende Sauerstoffangebot in der Tiefe scheint die vollständige oxidative Mineralisierung des Ammoniumstickstoffs zum Nitrat zu erschweren, da erhöhte Ammonium- und Nitritgehalte über Grund vorliegen, während der Nitratgehalt dort niedriger als in den mittleren Wasserschichten ist.

Tab. 7: Physikalisch-chemische Messungen im Fühlinger See, See 5 am 23.06.2021

| | | | | | | | | |
|------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------|------------------------------|
| Datum | 23.06.2021 | | | | | | | Wetter |
| Gewässer | Fühlinger See, See 5 | | | | | | | Luft-Temperatur 22,1 (°C) |
| Ort der Probenahme | Abschnitt 1 | | | | | | | Wolken leichte Bewölkung |
| Sichttiefe (m) | 5,5 | | | | | | | Niederschläge |
| Uhrzeit | 19:30 | | | | | | | Wind 1-2 Bft |
| Sedimentdicke (m) | 0,1 | | | | | | | Windrichtung N |
| Wassertiefe | | 0,1 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 13,6 | |
| | | | | | | | 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 | unauffällig | leicht muffig | |
| Wasser-Temperatur | °C | 22,5 | 22,5 | 18,4 | 13,2 | 11,2 | 11,1 | |
| O ₂ -Gehalt | mg/l | 9,10 | 8,85 | 10,20 | 11,57 | 8,25 | 6,61 | |
| | % | 104,4 | 101,6 | 108,3 | 110,1 | 75,0 | 60,0 | |
| Leitfähigkeit | µS/cm | 741 | 746 | 789 | 800 | 845 | 971 | |
| pH-Wert | - | 8,50 | 8,42 | 8,02 | 7,87 | 7,50 | 7,41 | |
| Dichte | g/ml | 1,002 | 1,001 | 1,002 | 1,002 | 1,002 | 1,003 | |
| Ammonium-Gehalt | mg/l | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,2 | 0,8 | |
| Nitrit-Gehalt | mg/l | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,11 | >0,5 | |
| Nitrat-Gehalt | mg/l | <4,0 | <4,0 | <4,0 | 5,3 | 4,9 | <4,0 | |
| Eisen-Gehalt | mg/l | <0,04 | <0,04 | <0,04 | <0,04 | <0,04 | 0,5 | |
| Phosphat-Gehalt | mg/l | 1,1 | 0,9 | 1,2 | 1,5 | 2,6 | 3,4 | |
| Sulfid-Gehalt | mg/l | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | |
| Gesamthärte | °dH | 15,0 | 16,0 | 17,0 | 19,0 | 21,0 | 22,0 | |
| Carbonathärte | °dH | 10,0 | 9,0 | 11,0 | 13,0 | 14,0 | 15,0 | |

Im **See 3** wurde eine Sichttiefe mit 7,5 m bei einer Wassertiefe von 10,5 m festgestellt. Licht kann somit bis in die tieferen Wasserschichten durchdringen. Die lichtdurchflutete Schicht und damit die Produktionsschicht von Sauerstoff und Biomasse reichen bis in die Tiefe und zeitigen durchweg hohe Sauerstoffgehalte (Maximum des Sauerstoffgehaltes mit 15,56 mg/l auf 7,5 m Tiefe).

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 überwiegend nicht messbar sind. Merkliche Ammonium- und leicht erhöhte Phosphatgehalte über der Sohle deuten auf diese abbauenden, respiratorischen Prozesse hin, was einer normalen mikrobiologischen Nährstoffumsetzung im Gewässer entspricht.

Tab. 8: Physikalisch-chemische Messungen im Fühlinger See, See 3 am 07.07.2021

| | | | | | | | |
|------------------------|-----------------------------|-------------|----------------------|-------------|----------------|-------------|-----------------------|
| Datum | 07.07.2021 | | Wetter | | | | |
| Gewässer | Fühlinger See, See 3 | | Luft-Temperatur (°C) | | 21,4 | | |
| Ort der Probenahme | s. Karte | | Wolken | | leicht bewölkt | | |
| Sichttiefe (m) | 7,5 | | Niederschläge | | - | | |
| Uhrzeit | 20:34 | | Wind | | - | | |
| Sedimentdicke (m) | 1,2 | | Windrichtung | | - | | |
| Wassertiefe | | 0,1 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 10 |
| | | | | | | | 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 | unauffällig | unauffällig | unauffällig |
| Wasser-Temperatur | °C | 19,7 | 19,1 | 17,2 | 15,0 | 13,4 | 13,0 |
| O ₂ -Gehalt | mg/l | 8,95 | 8,20 | 13,21 | 15,56 | 12,52 | 12,78 |
| | % | 96,4 | 88,8 | 136,5 | 154,1 | 120,1 | 121,5 |
| Leitfähigkeit | µS/cm | 705 | 730 | 762 | 754 | 761 | 759 |
| pH-Wert | - | 8,37 | 8,15 | 8,17 | 8,04 | 7,70 | 7,84 |
| Dichte | g/ml | 1,001 | 1,001 | 1,002 | 1,002 | 1,002 | 1,002 |
| Ammonium-Gehalt | mg/l | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,5 | 0,4 |
| Nitrit-Gehalt | mg/l | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,04 |
| Nitrat-Gehalt | mg/l | 4 | 4 | 5,1 | 5,3 | 4 | 4,7 |
| Eisen-Gehalt | mg/l | <0,04 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,1 |
| Phosphat-Gehalt | mg/l | 1,2 | 0,9 | 1,8 | 1,3 | 1,4 | 1,4 |
| Sulfid-Gehalt | mg/l | <0,05 | <0,05 | <0,05 | 0,08 | 0,06 | <0,05 |
| Gesamthärte | °dH | 16,0 | 16,0 | 17,0 | 17,0 | 18,0 | 19,0 |
| Carbonathärte | °dH | 10,0 | 10,0 | 11,0 | 11,0 | 11,0 | 11,0 |

Im **See 7** wurde eine Sichttiefe von 7 m bei einer Wassertiefe von ca. 10,3 m bestimmt. Die lichtdurchflutete Schicht und damit die Produktionsschicht von Sauerstoff und Biomasse erstreckt

sich bis zur Gewässersohle. Die Sauerstoffsättigung liegt bei maximal 112 % auf 7,5 m, sodass davon auszugehen ist, dass ein Teil des gelösten Sauerstoffs ausgast.

Die gute Sauerstoffversorgung sowie steigende Phosphatgehalte mit zunehmender Tiefe deuten hier wiederum auf abbauende, respiratorische Prozesse hin.

Tab. 9: Physikalisch-chemische Messungen im Fühlinger See, See 7 am 23.07.2021

| | | | |
|--------------------|--------------------|----------------------|----------------|
| Datum | 23.07.2019 | Wetter | |
| Gewässer | See 7 | Luft-Temperatur (°C) | 21,1 |
| Ort der Probenahme | Abschn. 3/4 | Wolken | leicht dunstig |
| Sichttiefe (m) | 7 | Niederschläge | |
| Uhrzeit | 19:50 | Wind | 0 |
| Sedimentdicke (m) | 1,35 | Windrichtung | 0 |

| Wassertiefe | | 0,1 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 9,8 |
|------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------|
| | | | | | | | 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 | 22,2 | 22,4 | 19,6 | 16,8 | 16,1 | 16,1 |
| O ₂ -Gehalt | mg/l | 8,51 | 8,81 | 7,67 | 7,95 | 10,89 | 10,97 |
| | % | 96,8 | 93,7 | 82,5 | 111,9 | 110,6 | 103,3 |
| Leitfähigkeit | µS/cm | 668 | 685 | 737 | 764 | 765 | 775 |
| pH-Wert | - | 8,53 | 8,50 | 8,00 | 7,80 | 7,64 | 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 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Nitrit-Gehalt | mg/l | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | < 0,02 | 0,03 |
| 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 | 0,1 | 0,04 |
| Phosphat-Gehalt | mg/l | 0,6 | 0,8 | 1,3 | 2,2 | 1,7 | 0,7 |
| Sulfid-Gehalt | mg/l | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 |
| Gesamthärte | °dH | 16,0 | 15,0 | 17,0 | 17,0 | 18,0 | 17,0 |
| Carbonathärte | °dH | 11,0 | 11,0 | 12,0 | 14,0 | 13,0 | 14,0 |

Im **See 6** wurde im Bereich der Tiefenbelüftungsanlage (TiBeAn) eine Sichttiefe von 5 m bei einer Maximaltiefe von 15,9 m bestimmt. Demnach reicht die lichtdurchflutete Schicht und damit die Produktionsschicht von Sauerstoff und Biomasse bis zu einer Tiefe von ca. 7,5 m (Maximum des Sauerstoffgehaltes mit 22,4 mg/l). Die Sauerstoffsättigung liegt in diesem Teilsee bei enormen 125 - 225 % mit noch 217 % über Grund, sodass davon auszugehen ist, dass ein Teil des gelösten Sauerstoffs ausgast. Die 2021 im See 6 bestimmten Sauerstoffgehalte sind die höchsten, die dort jemals gemessen wurden. Das Phänomen ist noch nicht verstanden und bleibt unter Beobachtung. Wie im Vorjahr werden eine hohe Schlammdicke (0,7 m) und hohe Nitrat- und Phosphat-Gehalte mit zunehmender Tiefe gefunden, so dass die hohen Sauerstoffgehalte in der Tiefe wohl nicht mehr allein über den Pflanzenstoffwechsel, sondern auch einen Beitrag der Tiefenbelüftung erklärt werden müssen.

Die hohen Nitritkonzentrationen könnten für einen beeinträchtigten Nitrifikationsprozess sprechen, was bereits im letzten Jahr unter Beobachtung gestellt worden war, da hohe Nitritkonzentrationen toxisch wirken können. Die Nitritwerte überschritten 2021 allerdings mit max. 0,14 mg/l in See 6 nur noch sehr leicht die noch als unkritisch angesehene Schwelle von 0,05 mg/l. Im See 6 wurden die höchsten Gesamthärtegrade mit Werten über 30 °dH beobachtet, während die Karbonathärten bei entsprechend alkalischen pH-Werten in der Tiefe bis °dH 16 laufen, was nicht dem Maximum der in den Teilseen gemessenen Karbonathärten entspricht. Hohe Gesamthärten entstehen, wenn viel Biomasse zerfällt und dabei wieder Erdalkalien in die Umgebung abgegeben werden. Dies mag in See 6 bedingt durch das hohe Sauerstoffangebot bei gleichzeitig fehlendem Licht besonders der Fall gewesen sein. Der vergleichsweise hohe, an der Oberfläche gemessene Sulfidgehalt wird als Ausreißer bzw. Messfehler angesehen.

Tab. 10: Physikalisch-chemische Messungen im Fühlinger See, See 6 am 27.07.2021

| | | | |
|--------------------|------------------------------------|----------------------|-------------------|
| Datum | 27.07.2021 | Wetter | |
| Gewässer | See 6 | Luft-Temperatur (°C) | 19,6 |
| Ort der Probenahme | Landzunge, zw. Abs. 3 und 4 | Wolken | stark bewölkt |
| Sichttiefe (m) | 5 | Niederschläge | leichte |
| Uhrzeit | 20:25 | Wind | keiner bis leicht |
| Sedimentdicke (m) | > 0,7 | Windrichtung | |

| Wassertiefe | | 0,1 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15,4 |
|------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------|
| | | | | | | | 0,5 > Grund |
| | Einheit | m | m | m | m | m | m |
| Aussehen der Probe | - | klar | trüb | klar | klar | klar | klar |
| Geruch der Probe | - | unauffällig | unauffällig | unauffällig | unauffällig | unauffällig | unauffällig |
| Wasser-Temperatur | °C | 20,6 | 19,8 | 19,3 | 15,5 | 15,6 | 15,6 |
| O ₂ -Gehalt | mg/l | 11,23 | 12,38 | 12,39 | 22,4 | 22,30 | 21,60 |
| | % | 125,00 | 136,20 | 134,70 | 225,00 | 224,00 | 217,00 |
| Leitfähigkeit | µS/cm | 652 | 654 | 723 | 986 | 982 | 987 |
| pH-Wert | - | 8,51 | 8,60 | 7,98 | 7,36 | 7,30 | 7,26 |
| Dichte | g/ml | 1,001 | 1,002 | 1,002 | 1,002 | 1,003 | 1,003 |
| Ammonium-Gehalt | mg/l | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | 0,2 | < 0,1 | < 0,1 |
| Nitrit-Gehalt | mg/l | 0,03 | < 0,02 | 0,03 | 0,14 | 0,08 | 0,08 |
| Nitrat-Gehalt | mg/l | < 4,0 | < 4,0 | 5,8 | 31,6 | 29,3 | 36,2 |
| Eisen-Gehalt | mg/l | < 0,04 | 0,1 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 |
| Phosphat-Gehalt | mg/l | < 0,6 | < 0,6 | 0,8 | 2,8 | 3,0 | 2,9 |
| Sulfid-Gehalt | mg/l | 0,1 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 |
| Gesamthärte | °dH | 18,0 | 17,0 | 21,0 | 32,0 | 26,0 | 29,0 |
| Carbonathärte | °dH | 9,0 | 8,0 | 10,0 | 16,0 | 15,0 | 16,0 |

Im **See 1** wurde eine Sichttiefe von 5,4 m bei einer bei einer Wassertiefe von ca. 11,3 m festgestellt. Anhand der Sauerstoff- und Temperaturwerte ist zu sehen, dass es zum Zeitpunkt der Kartierung keine echte Sprungschicht gab, da die Sauerstoffproduktion bis zur Gewässersohle auf über 15 mg/l ansteigt. Die hohen Sauerstoffkonzentrationen werden vermutlich durch hohe Bestände von Makrophyten erzeugt (vgl. Kap. 4.1). Das spricht für eine gute Tiefenbelüftung und aeroben Stoffabbau. Leicht sinkende Sauerstoff- und erhöhte Phosphatgehalte sind für eine funktionierende mikrobielle Stoffumsetzung ein Indiz.

Die Sauerstoffsättigung liegt überall über 100 % mit in der Spitze 143 % auf 7,5 m, sodass davon auszugehen ist, dass ein Teil des gelösten Sauerstoffs ausgast.

Tab. 11: Physikalisch-chemische Messungen im Fühlinger See, See 1 am 19.08.2021

| | | | | | | | |
|------------------------|-------------------------------|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|
| Datum | 19.08.21 | Wetter | | | | | |
| Gewässer | Fühlinger See See 1 | Luft-Temperatur (°C) | | 19,1 | | | |
| Ort der Probenahme | bei Abschn. 2 s. Karte | Wolken | | bewölkt | | | |
| Sichttiefe (m) | 5,4 | Niederschläge | | keine | | | |
| Uhrzeit | 1940 | Wind | | leicht | | | |
| Sedimentdicke (m) | 0,3 | Windrichtung | | - | | | |
| Wassertiefe | | 0,1 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 10,8 |
| | | | | | | | 0,5 > Grund |
| | Einheit | m | m | m | m | m | m |
| Aussehen der Probe | - | klar | klar | klar | klar | klar | klar |
| Geruch der Probe | - | leicht modrig | leicht modrig | leicht modrig | leicht modrig | leicht modrig | leicht modrig |
| Wasser-Temperatur | °C | 19,8 | 19,8 | 18,2 | 16,1 | 15,8 | 15,6 |
| O ₂ -Gehalt | mg/l | 10,3 | 10,4 | 11,2 | 14,2 | 14,1 | 15,1 |
| | % | 112,2 | 113,3 | 118,4 | 143,2 | 142,0 | 141,1 |
| Leitfähigkeit | µS/cm | 656,0 | 677,0 | 729,0 | 741,0 | 748,0 | 741,0 |
| pH-Wert | - | 8,5 | 8,6 | 8,1 | 7,9 | 7,8 | 7,7 |
| Dichte | g/ml | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Ammonium-Gehalt | mg/l | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| Nitrit-Gehalt | mg/l | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Nitrat-Gehalt | mg/l | < 4 | 4,6 | 4,4 | 4,5 | 4,2 | < 4 |
| Eisen-Gehalt | mg/l | < 0,04 | < 0,04 | 0,1 | < 0,04 | 0,1 | < 0,04 |
| Phosphat-Gehalt | mg/l | 0,8 | 0,7 | 1,0 | 1,5 | 1,2 | 1,0 |
| Sulfid-Gehalt | mg/l | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 |
| Gesamthärte | °dH | 16,00 | 15,00 | 16,00 | 16,00 | 19,00 | 16,00 |
| Carbonathärte | °dH | 8,00 | 8,00 | 10,00 | 9,00 | 11,00 | 12,00 |

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.

Im Sommer sollte insbesondere in Wässern mit hohen pH-Werten (> 7) angesichts der bei höheren Temperaturen geringeren Sauerstofflöslichkeit der Gehalt an Ammonium beobachtet werden, da ab einer Konzentration von 0,3 mg/l Ammonium merklich das fischgiftige Ammoniak gebildet werden kann.

4.4. Sonstige Beobachtungen

In den untersuchten Teilseen wurden Flussbarsche (*Perca fluviatilis*), Sonnenbarsche (Familie der *Centrarchidae*), Hechte (*Esox lucius*), Aale (*Anguilla anguilla*), Zander (*Sander lucioperca*, Syn.: *Stizostedion lucioperca*, *Lucioperca sandra*), Weißfische (wahrscheinlich Rotaugen, (*Rutilus rutilus*)) 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*) und Schleien (*Tinca tinca*) und lediglich ein Zierkarpfen (Koi-Karpfen, (*Cyprinus carpio*)) beobachtet, die Vorkommen dieser Spezies sind aber durch Sichtungen bei anderen Tauchgängen gesichert. Bilddokumente der jährlichen Kongregation großer Welse im See 5 im frühen April sind zahlreich im Internet zu finden.

Teichmuscheln (*Anodonta cygnea*), Körbchenmuscheln (*Corbiculidae*) und Dreikantmuscheln (*Dreissena polymorpha*) wurden in allen untersuchten Gebieten in geringer Häufigkeit gesichtet. Das Vorkommen der Dreikantmuschel scheint kontinuierlich zurückzugehen, wofür derzeit eine Erklärung aussteht.

Andere Tiere wie Rote Süßwassermilben waren in allen Teilseen häufig.

Anders als in den Vorjahren wurde nur der Fund der Hülle eines Kamberkrebsses (*Orconectes limosus*) gemeldet. Außerhalb der Kartierungskampagne kam es zu Kamberkrebssichtungen und am 22.2.22 durch einen qualifizierten Krebskartierer des VASA zu einer ersten Sichtung des Marmorkrebsses (*Procambarus fallax*). Dieser Krebs breitet sich aufgrund des Phänomens der „Jungferzeugung“ oft explosionsartig aus und die weitere Entwicklung muss aufmerksam begleitet werden. Die VASA-Kartierer werden hierfür in Zusammenarbeit mit dem Edelkrebsprojekt NRW entsprechend fortgebildet.

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

Ab Juni 2021 wurde von Sporttauchern im See 5 verbreitet ein „Schwarzwassereffekt“ (kleinste dunkle Partikel im klaren Wasser) berichtet. Später konnte unter Mithilfe einer niederländischen Kartierergruppe bei der Kartierung des Teilsees 1 durch Entnahme von Planktonproben geklärt werden, dass im freien Wasser Ciliaten vorkommen. Diese Wimpertierchen mit dem Pantoffeltierchen als prominentestem Vertreter sind hochentwickelte und z.T. großwüchsige Einzeller, was die optische Wahrnehmung der Taucher erklärt.

In allen Untersuchungsgebieten wurde Müll gefunden. Dazu gehörten Plastik, Angelzubehör und Flaschen.

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 der Indikatorpflanzen für stark oder sehr stark nährstoffbelastete Gewässer (u.a. Ceratophyllum und Elodea) sind tendenziell eher gering.

Die chemisch-physikalischen Bestimmungen zeigten bis auf den See 5 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 2020 deutlich rückläufig. Der See 5 zeigte 2021 als einziger See aufgrund seiner Tiefe und wohl auch des hohen Influx an Grundwasser in der Tiefe Ansätze von Sauerstoffknappheit, die anscheinend mit einer Phosphatrücklösung einhergeht, aber noch nicht ausgeprägt genug ist, um eine Schwefelwasserstoffbildung zu zeitigen. Der Teilsee 7 hat sich im Vergleich zur letzten Kartierung in 2019 positiv entwickelt; so wurden dort bis auf Grund gute Sauerstoffsättigungen vorgefunden, während dieser Bereich 2019 eine Sauerstoffuntersättigung aufwies.

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 im Jahr 2021 zum Messzeitpunkt eine sehr gute Sauerstofftiefenbelüftung, sodass über der Gewässersohle aerobe Bedingungen herrschen, die eine normale mikrobiologische Nährstoffumsetzung ermöglichen. Dieser wird durch die installierte TiBeAn erreicht. In den letzten Jahren zeigte sich jedoch auch immer wieder, dass auch anaerobe Bedingungen 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 Funktion der TiBeAn somit kontrolliert werden.

Die Neuentdeckung aus 2014, die Schwarzmundgrundel, wurde für 2021 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 Kamberkrebbsbestände stehen unter Beobachtung, gleichzeitig muss das Vorkommen des Marmorkrebbses 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.

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), Hardeggen, 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

Danksagung

Ein herzlicher Dank gebührt den Taucherinnen und Tauchern der VASA-Mitgliedsvereine für ihre Begeisterung und tatkräftige Unterstützung bei den Kartierungen und Analysen. 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.