

MAKO – FFH Ville Seen

FFH-Gebiet Waldseenbereich Theresia
DE-5107-302

Gewässerökologischer Fachbeitrag 2020:
Trophie und Makrophyten

- Bewertung und Handlungsempfehlung -



für den
Rhein-Erft-Kreis

29.10.2020



DIE GEWÄSSER-EXPERTEN!

Dipl.-Geogr. Ingo Nienhaus

Im Alten Breidt 1, 53797 Lohmar

Tel. 02246-925 60 79

Impressum

Auftragnehmer



DIE **GEWÄSSER**-EXPERTEN!

Inhaber: Dipl.-Geogr. Ingo Nienhaus

Im Alten Breidt 1, 53797 Lohmar

Tel.: 02246 – 925 60 79 – FAX: 02246 – 925 44 07

www.gewaesser-experten.de, info@gewaesser-experten.de

Mitwirkende an der Projektarbeit

Dipl.-Geogr. Frauke Kramer

Projektleiterin

Dipl.-Geogr. Ingo Nienhaus

Projektmitarbeiter Bereich Makrophyten

B. Sc. Geographie Katja Trefz

Projektmitarbeiterin Bereich Trophie

M. Sc. Naturschutz und Landschaftsplanung
Constanze Mächling

Projektmitarbeiterin Daten und Support

Auftraggeber



Rhein-Erft-Kreis

Amt für Kreisentwicklung und Ökologie 61/21 Kreisplanung

Biodiversität / Vertragsnaturschutz / Landwirtschaft

Titelfoto: Der Hürther Waldsee im Jahr 2020 (DIE GEWÄSSER-EXPERTEN! 2020).

Inhalt

1	Einleitung	4
1.1	Ziel.....	4
1.2	Gebietsbeschreibung	4
2	Methodisches Vorgehen	7
2.1	Trophie	7
2.2	Untersuchung der Makrophyten.....	8
3	Ergebnisse	10
3.1	Seebeprobung und Analytik.....	10
3.1.1	Temperatur	10
3.1.2	Elektrische Leitfähigkeit	11
3.1.3	Sauerstoff.....	11
3.1.4	pH-Wert	13
3.1.6	Chlorophyll a und Sichttiefen.....	14
3.1.8	Nährstoffsituation	15
3.1.9	Zusammenfassung der relevanten Ergebnisse für die Trophiebewertung.....	16
3.2	Makrophyten	17
4	Bewertung	19
4.1	Trophie des Hürther Waldsees	19
4.2	Bewertung der Makrophyten des LRT 3140	20
5	Handlungsempfehlungen zum Schutz und Erhalt der Armelechteralgenbestände.....	22
	Literatur	23
	Abbildungsverzeichnis	25
	Tabellenverzeichnis	26

1 Einleitung

1.1 Ziel

Der gewässerökologische Fachbeitrag ist eine vertiefende Ergänzung in Vorbereitung auf das Maßnahmenkonzept (MAKO) für das FFH-Gebiet „DE-5107-302 Waldseenbereich Theresia“ mit besonderem Augenmerk auf die Makrophyten und die Trophie. Ziel des Fachbeitrags ist es, die spezifischen Erfordernisse der Gewässerökologie bei der Entwicklung von Zielen und Maßnahmen des MAKO zu berücksichtigen und Hintergrundinformationen ergänzend zu den Maßnahmenkonzepten bereitzustellen.

1.2 Gebietsbeschreibung

Beim Waldseenbereich Theresia handelt es sich um ein 41,05 ha großes FFH-Gebiet (DE-5107-302 Waldseenbereich Theresia), das mit dem Hürther Waldsee ein durch Braunkohle Tagebau entstandenes, naturnah angelegtes Gewässer mit ausgedehnter Flachwasserzone im Westen enthält. Das Gebiet wird gesäumt von Vorwäldern, die zum einen aus überwiegend standortgerechten Anpflanzungen und zum anderen durch Sukzession offen gelassener Flächen entstanden sind (LANUV (2013)). Es ist Teil des Naturparks Rheinland im Wald-Seen-Komplex der Ville und liegt südlich von Köln auf dem Gebiet der Stadt Hürth zwischen dem Ortsteil Knapsack im Süden und dem nördlichen Alstädten-Burbach (s. Abb. 1 und Abb. 2, S. 5).

Das Gewässer hat eine Ausdehnung von 13,6 ha und eine maximale Tiefe von 8 Metern. Der See entstand erst im Jahr 1988 im Rahmen von Rekultivierungsmaßnahmen im Südrevier des Rheinischen Braunkohlenrevieres und umfasst neben dem von einem Unterwasserdamm und zwei Inseln unterteilten Hauptsee noch drei Nebenteiche sowie größere Röhrichtbestände. Das Gewässer verfügt über zwei oberflächliche Zuflüsse und wird auch aus Grundwasser gespeist. Eine Beeinflussung des Gewässers durch Braunkohleaschen ist für den See wahrscheinlich. Es gibt eine Altlast am südlichen Ufer (STRAUSS 2015). Der Hürther Waldsee entwässert in den Burbacher Bach im Norden (FORSCHUNGSSTELLE REKULTIVIERUNG 2017).

Der Standarddatenbogen (LANUV NRW 2013a) zur Gebietskennzeichnung klassifiziert folgende Lebensraumklassen:

- 37 % N06 Binnengewässer (stehend und fließend) und
- 63 % N08 Heide, Gestrüpp, Macchia, Garrigue, Phrygana.

Im mesotrophen Gewässer finden sich Characeenrasen (Deckungsgrad unter 25%), u. a. mit Beständen der in NRW zum Zeitpunkt der Ausweisung als ausgestorben geltenden Art *Nitellopsis obtusa*, sowie u. a. *Nitella opaca*, *Chara globularis* und *Ch. Contraria* (s. Abb. 3, S. 6). Darüber hinaus bietet das Gewässer Lebensraum für zahlreiche brütende und durchziehende Wasservögel und andere Wassertiere und ist somit auch als Trittstein für den Biotopverbund bedeutsam (LANUV 2013).

Im Natura 2000 Meldedokument (LANUV 2019a) wird aufgrund der Armleuchteralgenbestände für das FFH-Gebiet der Lebensraumtyp (LRT) „Nährstoffarme bis mäßig nährstoffreiche kalkhaltige Stillgewässer mit Armleuchteralgen“ (Code 3140) als wertgebend ausgewiesen. Dieser LRT nimmt einen Anteil von ca. 33 % an der Gesamtfläche des FFH-Gebiets von 41,05 ha ein (s. Abb. 2, S. 5). Das Vorkommen des Lebensraumtyps ist insbesondere aufgrund seiner Bedeutung als eines von nur fünf Vorkommen in der FFH-Gebietskulisse der atlantischen biogeographischen Region in NRW, sowie aufgrund seiner besonderen Repräsentanz für die atlantische biogeographische Region in NRW und seiner Bedeutung im Biotopverbund zu erhalten.



Abb. 1: Lage des FFH-Gebiets Waldseenbereich Theresia - DE-5107-302 im Stadtgebiet Hürth zwischen den Ortsteilen Knapsack im Süden und Alstädten-Burbach im Norden.

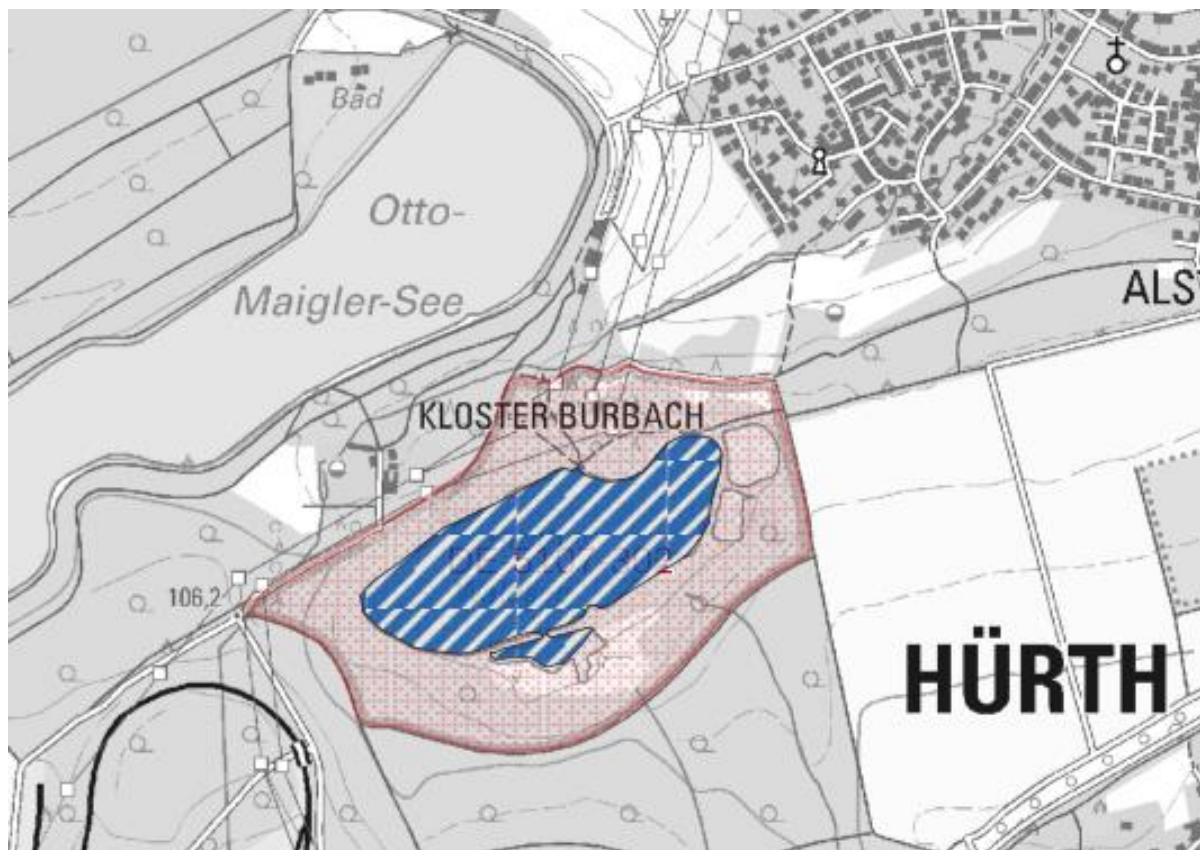


Abb. 2: Anteil des LRT 3140 (ca. 33 %) am FFH-Gebiet Waldseenbereich Theresia.

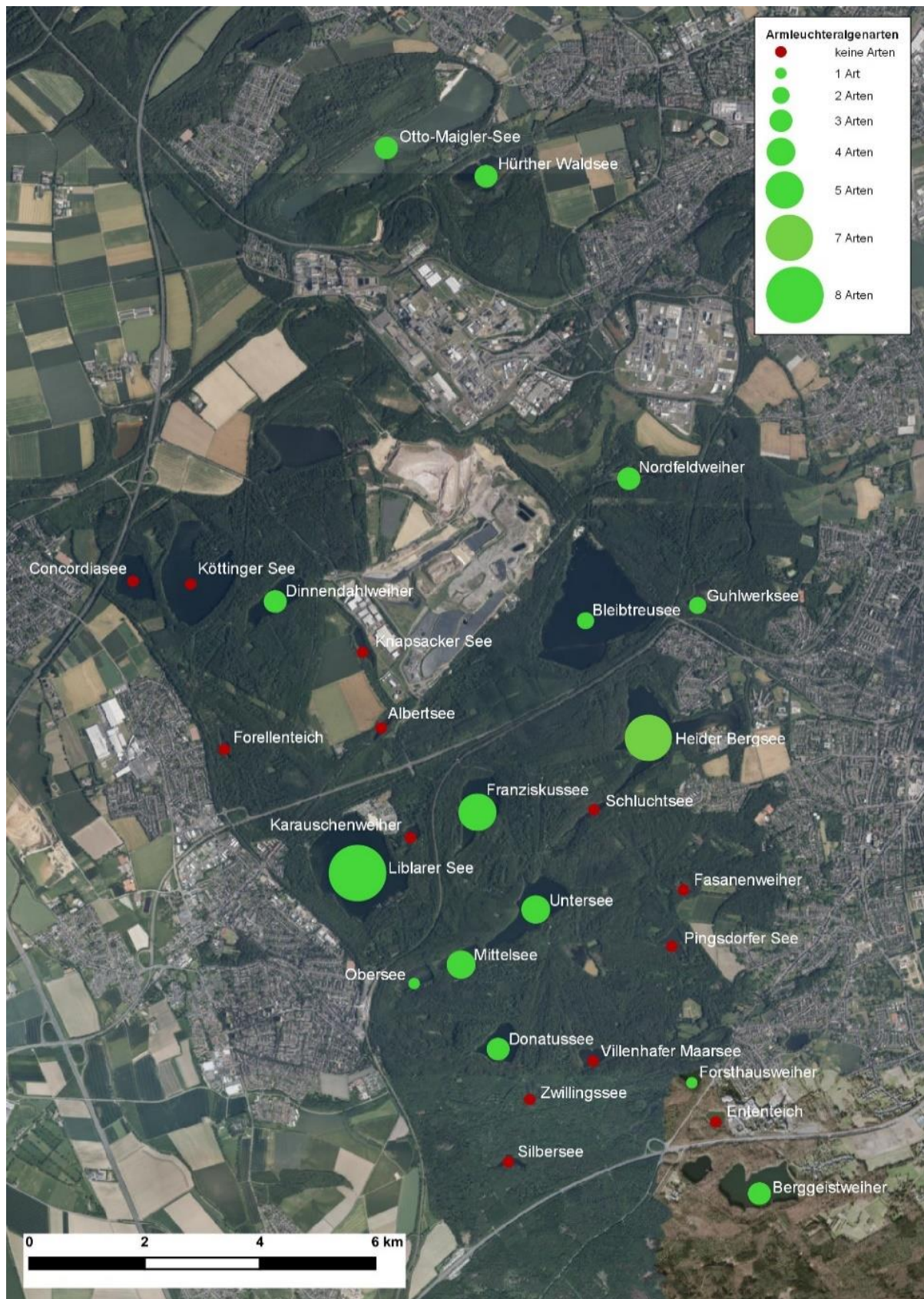


Abb. 3: Regionale Verbreitung der Armlauchteralgen (Artenanzahl) in den Ville-Seen (Quelle: GEWÄSSER-EXPERTEN (2014), verändert).

2 Methodisches Vorgehen

2.1 Trophie

Zur Bestimmung der Trophie wurden im Jahr 2019 im Zeitraum von April bis September vier Termine der Seeprobenahme durchgeführt.

Die Probenahme beinhaltete eine Beprobung während der Frühjahrszirkulation im April (Startsituation). Hierbei kann der theoretisch zur Verfügung stehende Gesamtvorrat der Nährstoffe erfasst und abgebildet werden. Des Weiteren wurden drei Analysetermine innerhalb der sich anschließenden sommerlichen Vegetationsphase durchgeführt (Juni, August, September).

Geländearbeit und Analytik:

Zur Beurteilung der Nährstoffsituation eines Stillgewässers wird das Verfahren „Trophieklassifikation von Seen. Richtlinie zur Ermittlung des Trophie-Index nach LAWA für natürliche Seen, Baggerseen, Talsperren und Speicherseen“ der LAWA herangezogen (LAWA, 2014).

Wesentliche Kenngröße zur Bewertung der Trophie ist die Gesamt-Phosphorkonzentration, da eine Zunahme des Eutrophierungsgrades auf eine höhere Phosphorverfügbarkeit zurückzuführen ist. Des Weiteren werden nach der oben genannten Richtlinie die Sichttiefe in Meter und der Gehalt von Chlorophyll a in µg/l zur Einschätzung der Trophie berücksichtigt.

Die Untersuchung erfolgt vom Boot aus über der tiefsten Stelle des Gewässers. Die tiefste Stelle wird zuvor mittels Echolotung ermittelt. Für die Beschreibung der physikalischen Wassereigenschaften und Beurteilung des Schichtungs- und Sauerstoffverhaltens werden unter Benutzung von Messsonden die Parameter Wassertemperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoffgehalt (in mg/l) und Sauerstoffsättigung (in %) über die gesamte Wassersäule in 1 m-Schritten gemessen.

Die Wasserentnahme für die spätere Analytik im Labor erfolgt in speziell vorbereiteten Probenahmegefäßen. Tab. 1 zeigt, welche Parameter zusätzlich im Labor untersucht wurden.

Tab. 1: Untersuchte Parameter in der Wasseranalytik.

Parameter	Einheit
Säurekapazität (KS)	mmol/l
Calcium (Ca)	mg/l
Sulfate (SO ₄)	mg/l
Chlorid (Cl ⁻)	mg/l
Phosphat (PO ₄)	mg/l
Ammonium (NH ₄)	mg/l
Nitrat (NO ₃)	mg/l
Phosphor, gesamt	mg/l
Nitrit (NO ₂)	mg/l
Eisen (Fe)	mg/l
Mangan (Mn)	mg/l
Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC)	mg/l
Nitrit-Stickstoff (NO ₂ – N)	mg/l
Nitrat-Stickstoff (NO ₃ – N)	mg/l
Ammonium-Stickstoff (NH ₄ – N)	mg/l
Gelöster reaktiver Phosphor (SRP)	mg/l
Chlorophyll-a (Chl a)	µg/l

Trophiebewertung:

Das Ausmaß der pflanzlichen Primärproduktion wird als Trophie bezeichnet. Je höher der Nährstoffgehalt, desto höher die Trophie. Kenngrößen zur vollständigen Trophieklassifikation nach LAWA (2014) sind die Saisonmittelwerte von Chlorophyll-a, Gesamtphosphor, der Gesamtphosphor-Frühjahrswert und der Sichttiefe in unterschiedlichen Gewichtungen. Die Ergebnisse der Trophieuntersuchung werden in Kap. 4.1 (s. S. 19) dargestellt.

Der Gesamt-Trophie-Index wird mit folgender Formel berechnet:

$$\frac{Chl\ a_{Ind} * Wf + ST_{Ind} * Wf + GesPSais_{Ind} * Wf + GesPF_{Ind} * Wf}{\Sigma Wf}$$

Chl a_{Ind} = Chlorophyll a Index
ST_{Ind} = Sichttiefenindex
GesPSais_{Ind} = Gesamtphosphor-Saisonmittelwert Index
GesPF_{Ind} = Gesamtphosphor-Frühjahrswert Index
Wf = Wichtungsfaktor = Je nach Schichtungsverhalten und Größe des Sees, werden die Kenngrößen jeweils unterschiedlich gewichtet.

Abb. 4: Formel zur Berechnung der Trophie nach LAWA (2014).

Der Gesamtphosphor-Frühjahrswert soll einen Eindruck über die „Startsituation“ und die Höhe des Gesamtvorrats an Nährstoffen im See geben. Da er im April gemessen wurde und damit in der Vegetationsperiode von März bis November liegt, wird der Wert auch in den Saisonmittelwert mit einberechnet und somit zweimal berücksichtigt (LAWA, 2014).

2.2 Untersuchung der Makrophyten

Die Erfassung der Makrophyten erfolgte im Jahr 2019 an zuvor festgelegten Transekten. Die verorteten Transektstandorte wurden mittels GPS-Gerät erneut aufgesucht.

Die Linientransekte wurden in Anlehnung an Melzer et al. (1986, 1988) auf einer Breite von ca. 30 – 50 m senkrecht zur Uferlinie untersucht. Sofern es erforderlich erschien (z. B. wenn weitere Arten entdeckt wurden), wurde die Breite auf über 50 m erweitert. Eine flächendeckende Erfassung der Makrophyten unter Wasser ist nicht praktikabel, die repräsentativen Transekte geben ein belastbares Bild der Besiedlung des Gewässergrundes mit Armleuchteralgen und höheren Makrophyten wieder.

Je Art und See wurde für das MAKO die Gesamtdeckung aus den Transekten auf das gesamte Gewässer hochgerechnet.

Die Sichtverhältnisse waren ausreichend für eine Erfassung der Makrophyten durch Tauchuntersuchungen. Alle Transekte wurden im Schlauchboot mit Elektromotor-Antrieb angefahren, die Tauchuntersuchungen wurden mit modifizierter Sporttauchausrüstung durchgeführt. Im Flachwasser wurden Arten auch schnorchelnd ohne den Einsatz von Pressluft erfasst.

Die vertikale Unterteilung der Transekte erfolgte nach Tiefenzonen in Anlehnung sowohl an das PHYLIV-Verfahren (SCHAUMBURG ET AL. 2011, 2014), als auch an das NRW-Monitoring (MUNLV 2009). Die Makrophyten wurden getrennt nach Tiefenzonen halbquantitativ erfasst (0-1 m, 1-2 m, 2-4 m, 4-6 m usw. bis zur Makrophyten-Tiefengrenze).

Für jede Tiefenzone wurde die Häufigkeit der Makrophyten anhand der von KOHLER (1978) beschriebenen Skala (s. Tab. 2, S. 9) und der Deckungsgrad in Prozent (gem. FFH-Verfahren) erfasst.

In jedem Transekt wurde der Bedeckungsgrad der besiedelbaren Fläche mit Armleuchteralgen anhand der Klassen > 50 %, > 25 - 50 %, > 10 - 25 %, 5 - 10 % und < 5 % erfasst. Aus den einzelnen Werten der Bedeckungsgrade wurde eine Gesamtdeckung für jeden See geschätzt.

Alle Arten wurden unter Wasser direkt bestimmt und ihre Häufigkeit in den Tiefenzonen auf einer Schreibtafel erfasst.

Tab. 2: Schätzskala der Häufigkeiten
nach KOHLER (1978).

Häufigkeitsklasse	Beschreibung
1	sehr selten
2	selten
3	verbreitet
4	häufig
5	sehr häufig bis massenhaft

Sofern eine Bestimmung unter Wasser nicht direkt möglich war (z. B. bei Armleuchteralgen, Kleinaichkrauten oder Moosen), wurden Proben entnommen und in beschrifteten Tüten für die spätere Bestimmung im Feldlabor verpackt.

Bestimmung der Makrophyten:

Die Bestimmung der Makrophyten erfolgte im Wesentlichen nach dem aktuellen Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armleuchteralgen und Moose) in Deutschland Band 1 und Band 2 (LFU 2018 a und b). Darüber hinaus wurden für die Bestimmung weitere Standardwerke eingesetzt:

Farne und Blütenpflanzen:

CASPER, S.J. U. H.-D. KRAUSCH (2008a): Pteridophyta und Anthophyta Teil 1. In: Ettl, H., Gerloff, J. U. H. Heynig (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 23: G. Fischer Jena.

Gefäßpflanzen:

Rothmaler, W. (1999): Exkursionsflora von Deutschland Band 2: Gefäßpflanzen.

Moose:

Frahm, J.-P. U. W. Frey (2004): Moosflora (4. Auflage). Ulmer Verlag.

Armlauchteralgen und Makrophyten:

Krause, W. (1997): Charales (Charophyceae). In: Ettl, H., Gärtner, G., Heynig, H. U. D. Mollenhauer (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa 18: 202 S., G. Fischer Jena.

Landesamt für Umwelt des Landes Brandenburg (2018): Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armleuchteralgen und Moose) in Deutschland. Band 1: Bestimmungsschlüssel, 2. Aktualisierte Auflage

Landesamt für Umwelt des Landes Brandenburg (2018): Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armleuchteralgen und Moose) in Deutschland. Band 2: Abbildungen, 2. Aktualisierte Auflage.

3 Ergebnisse

3.1 Seebeprobung und Analytik

Im Hürther Waldsee wurden im Jahr 2019 insgesamt 4 Probenahmeterminale durchgeführt, im April (Frühjahrszirkulation) und in den Monaten Juni, August und September (Sommerstratifikation). Nachfolgend wird das Temperatur- und Schichtungsverhalten, die Sauerstoffverhältnisse, die pH-Entwicklung und die Leitfähigkeit, Chlorophyll a und Sichttiefen und die Nährstoffsituation beschrieben. Die Bewertung der Trophie erfolgt in Kap. 4.1 (s. S. 19).

3.1.1 Temperatur

Die Temperatur eines stehenden Gewässers ist eine entscheidende Steuergröße für alle im Gewässer stattfindenden Prozesse.

Zur Charakterisierung des Wasserkörpers ist zu prüfen, ob eine Schichtung ausgebildet ist. Die mögliche Ausbildung einer Schichtung im Wasserkörper beeinflusst den Stoffhaushalt und die Lebensbedingungen im Gewässer in vielfältiger Weise. Der hierzu relevante Parameter ist die Wassertemperatur im Vertikalprofil.

Die Temperaturkurven des Hürther Waldsees zeigen bereits im April eine leichte Temperaturschichtung, die über den Sommer anhält. Somit wird der Hürther Waldsee als „geschichtet“ eingestuft.

Die Sprungschicht setzt sich mit zunehmender Außentemperatur in die Tiefe ab. Im April befindet sie sich bei ca. -2 m, im September bei -5 m. Die tiefste Messung der Sprungschicht wurde im Hürther Waldsee bei -7 m durchgeführt.

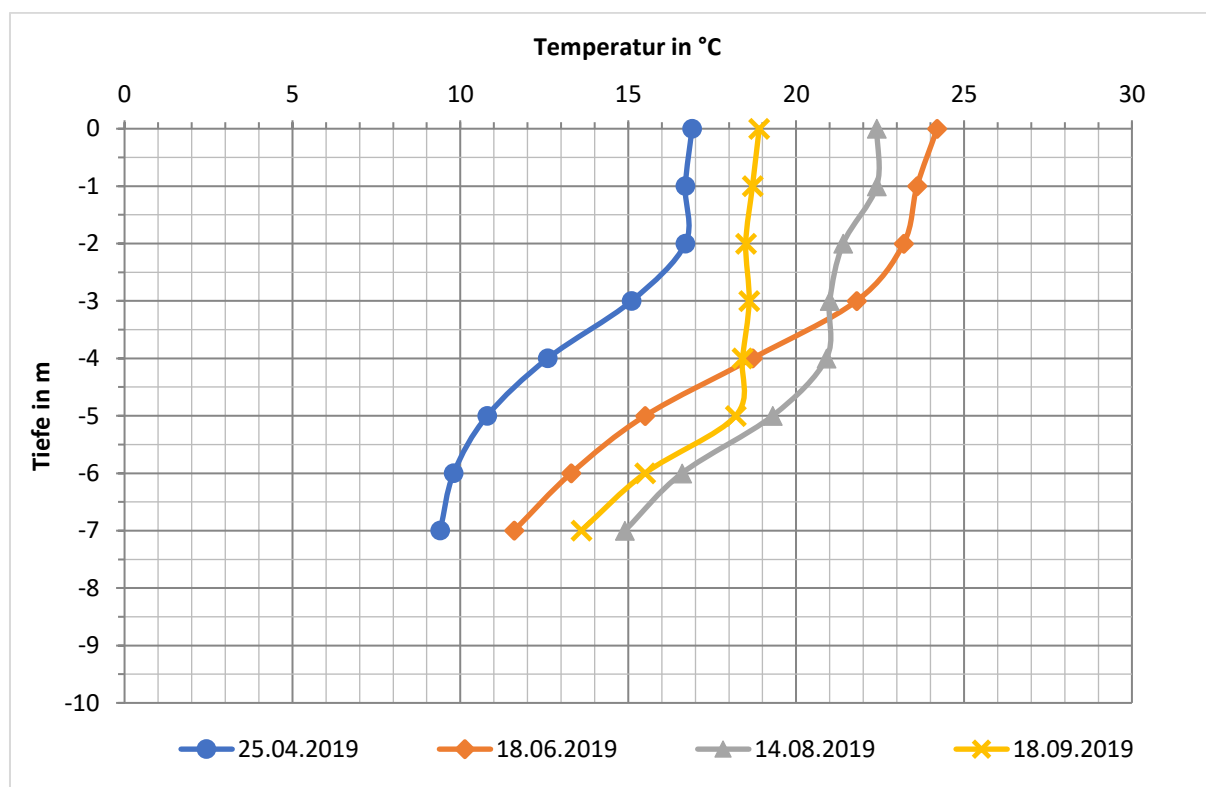


Abb. 5: Hürther Waldsee – Temperatur im Tiefenprofil.

3.1.2 Elektrische Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit ist ein Summenparameter für gelöste, dissoziierte Salze und hängt von der Konzentration und dem Dissoziationsgrad der im Wasser enthaltenen Ionen sowie von der Temperatur ab. Steigt die Temperatur, steigt häufig auch die Leitfähigkeit, da vermehrt wasserlösliche Stoffe gelöst werden. Die Leitfähigkeit gibt keinen Hinweis auf bestimmte Stoffe, eignet sich allerdings gut zur Erfassung von Mischungsverhältnissen der gelösten Stoffe im Tiefenprofil (KÖLLE 2010).

Die elektrische Leitfähigkeit liegt im Hürther Waldsee zwischen 600 bis 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Während sie im April im Tiefenprofil noch gleichmäßig gemessen wurde, steigt sie in den Sommermonaten in der Tiefe an. Der Anstieg der gelösten Stoffe im Hypolimnion ist ein Zeichen für eine Temperaturschichtung, da das Wasser nicht mehr vollständig zirkuliert und so die gelösten Stoffe im Tiefenprofil nicht mehr gleichmäßig verteilt sind.

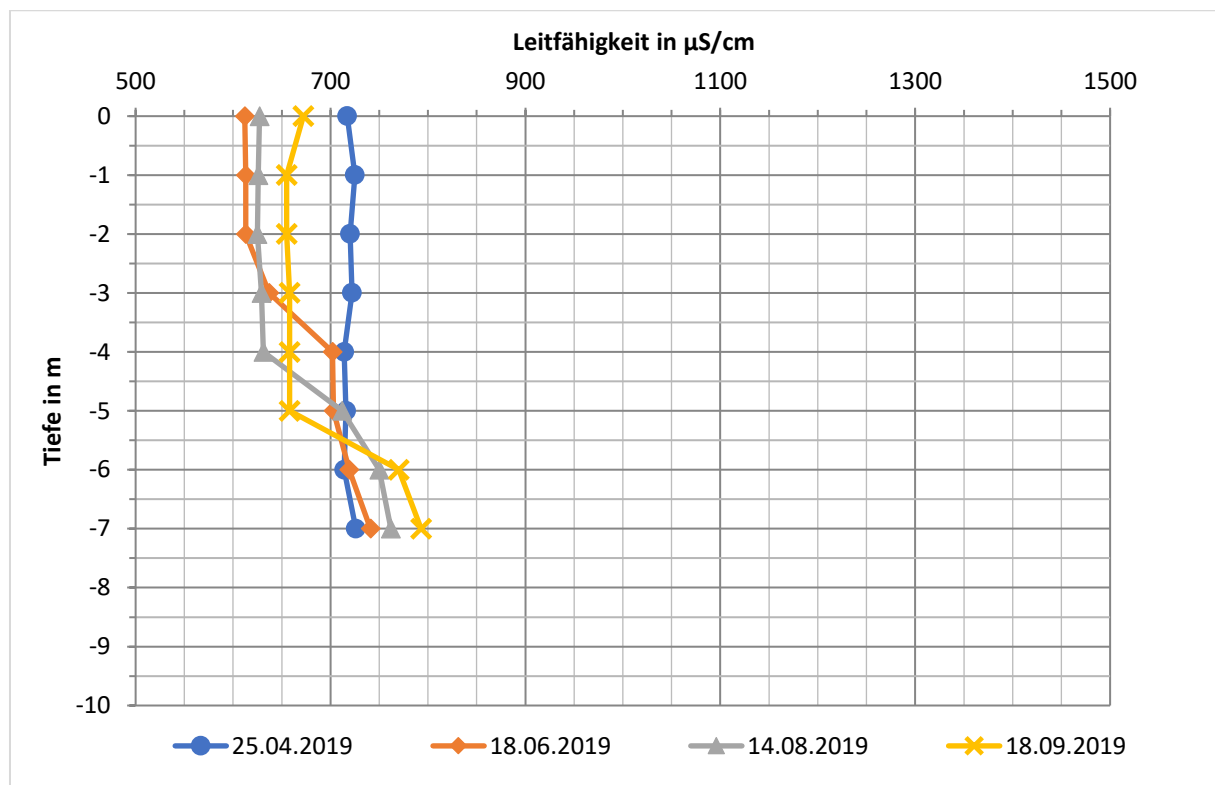


Abb. 6: Hürther Waldsee – Elektrische Leitfähigkeit im Tiefenprofil.

3.1.3 Sauerstoff

In Verbindung mit steigender Temperatur steigt die Sauerstoffsättigung ebenfalls an, was auf eine hohe biologische Produktivität schließen lässt.

Der Sauerstoffgehalt ist neben der Temperatur einer der wichtigsten Steuerungsfaktoren in einem Gewässer. Er steuert u. a. die Stoffumsätze sowie die Besiedlung im Pelagial (Freiwasser), Profundal (bodennaher Bereich) und Benthos (Gewässergrund).

Das organische Material in einem See unterliegt Stoffwechselprozessen und wird so mineralisiert. Diese Prozesse laufen sauerstoffzehrend ab. Für Partikel, die auf dem Weg zum Sediment nicht vollständig mineralisiert wurden, ist an der Sedimentoberfläche Sauerstoff zur Umsetzung erforderlich.

Anhand der Sauerstoffkurven des Hürther Waldsees ist eine starke Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser zu erkennen. Diese führt im Juni, August und September zu einem Sauerstoffdefizit im Hypolimnion.

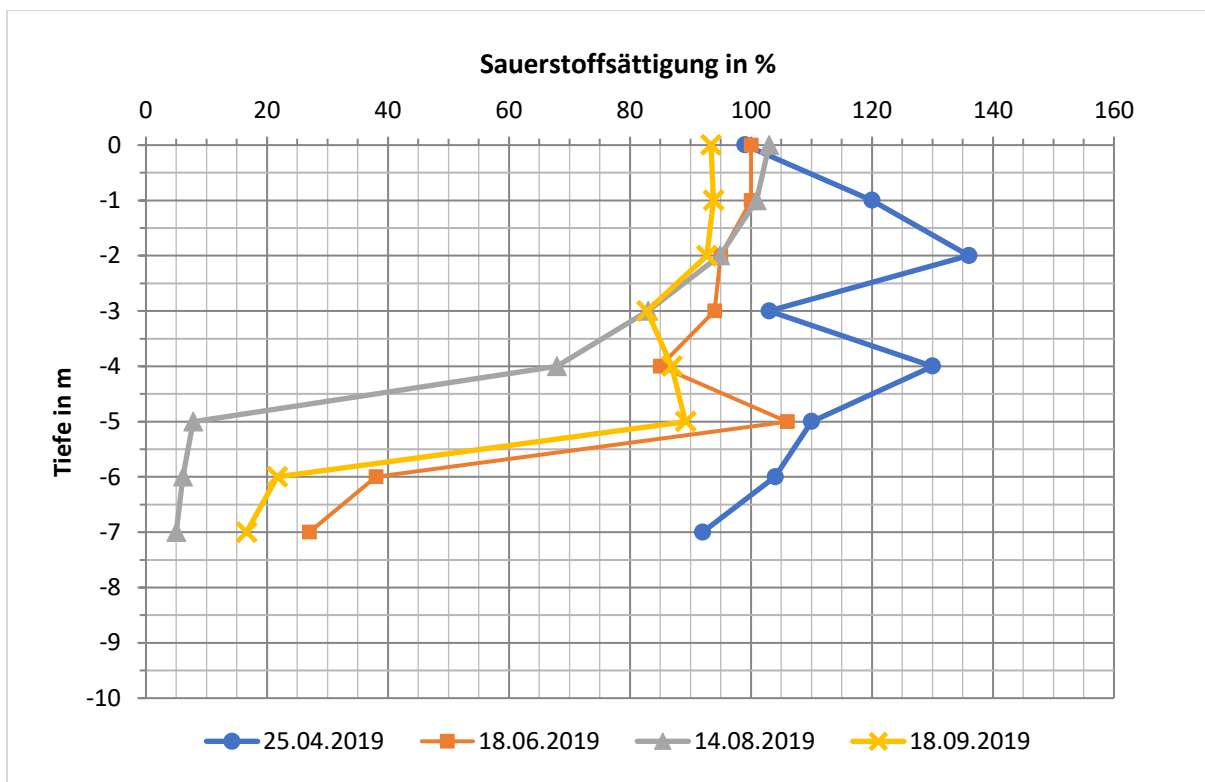


Abb. 7: Hürther Waldsee – Sauerstoffsättigung im Tiefenprofil.

In Tab. 3 werden die Sauerstoffwerte in mg/l dargestellt:

Tab. 3: Hürther Waldsee – Sauerstoffgehalt in mg/l.

Tiefe [m]	25.04.2019	18.06.2019	14.08.2019	18.09.2019
0	9,5	8,3	8,7	8,7
-1	11,5	8,4	8,7	8,8
-2	13,1	8,0	8,4	8,7
-3	10,2	8,2	7,4	7,8
-4	13,6	7,8	6,9	8,2
-5	12,0	10,4	0,72	8,4
-6	11,7	3,9	0,59	2,2
-7	10,4	2,9	0,49	1,8

Auch die Sauerstoffwerte in mg/l zeigen ein starkes Sauerstoffdefizit im Juli, August und September ab -6 m. Im August stehen in einer Tiefe von -7 m lediglich 0,49 mg/l Sauerstoff zur Verfügung. Der für Fische kritisch werdende Grenzwert liegt bei 3,3 mg/l.

3.1.4 pH-Wert

Der pH-Wert gibt den sauren oder alkalischen Charakter des Wassers an und beeinflusst viele chemische und biologische Prozesse. Der pH-Wert 7 entspricht einer neutralen Lösung, darunter zeigt er saure Verhältnisse an. Die pH-Werte über 7 zeigen basische Verhältnisse an. Stark saure und alkalische Verhältnisse wirken toxisch auf Organismen. Nach der Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016) liegt der Normalbereich bei Seen bei einem pH-Wert von 6,5 bis 8,5. Für die meisten Organismen ist ein Bereich zwischen pH-Wert 6 und 9 unproblematisch.

Die pH-Werte im Hürther Waldsee variieren an der Oberfläche zwischen 8 und 9 und überschreiten den Normalbereich minimal. Im Hypolimnion sinken die pH-Werte und verlaufen bei ca. pH-Wert 8 zusammen. Die Abnahme der pH-Werte während der sommerlichen Stagnationsphase im Hypolimnion ist eng an den Sauerstoffhaushalt gebunden.

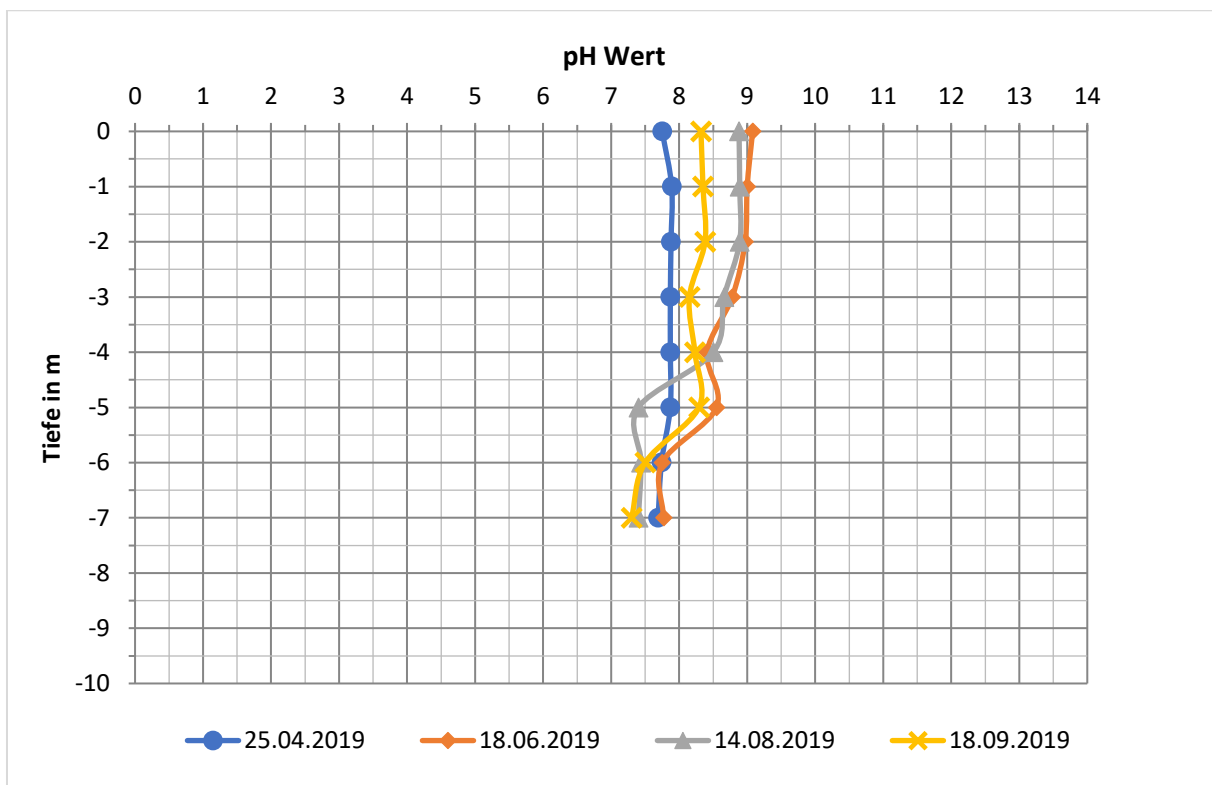


Abb. 8: Hürther Waldsee – pH-Werte im Tiefenprofil.

3.1.6 Chlorophyll a und Sichttiefen

Chlorophyll a ist ein Indikator für die Phytoplanktonproduktion eines Gewässers. Je mehr Phytoplankton vorhanden ist, desto höher sind die Werte für Chlorophyll a. Dementsprechend verhält sich die Sichttiefe entgegengesetzt. Je weniger Chlorophyll a im Wasser vorhanden ist, desto höher sollte die Sichttiefe sein. Dies trifft auch für den Hürther Waldsee zu.

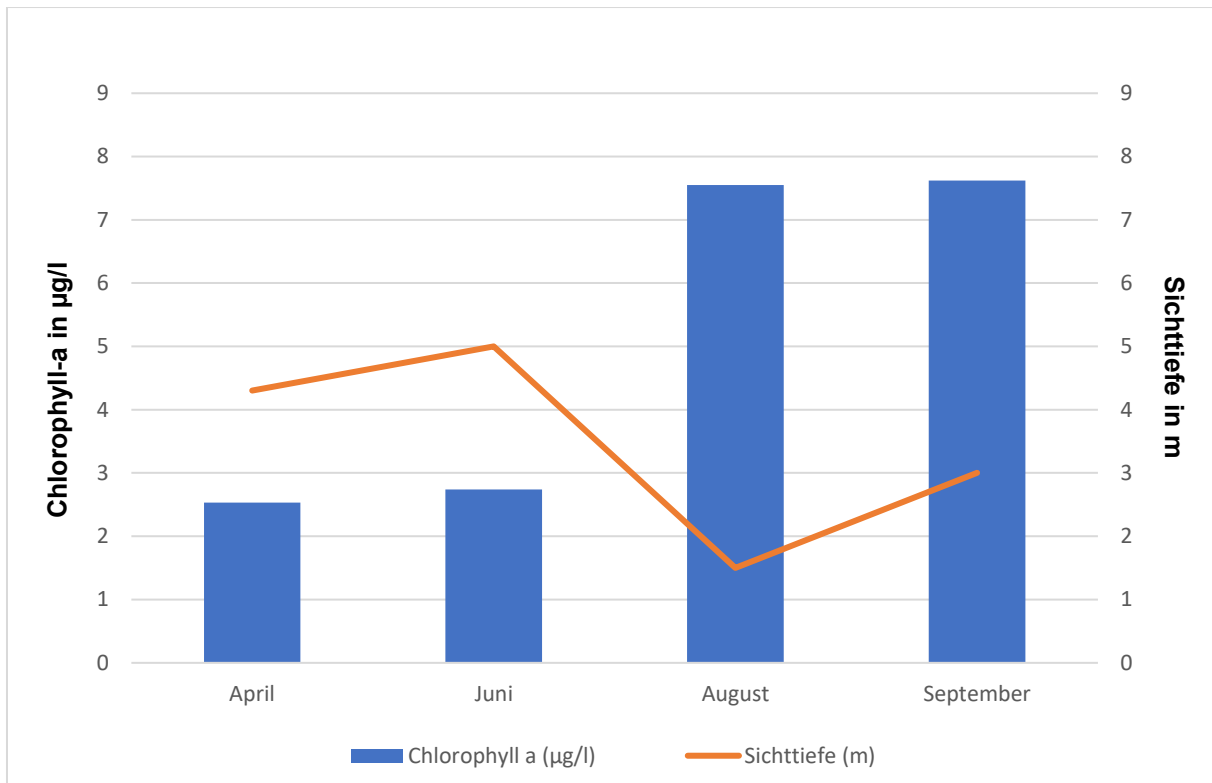


Abb. 9: Hürther Waldsee – Verhältnis Chlorophyll-a zu Sichttiefe.

3.1.8 Nährstoffsituation

Die Ergebnisse der Laboranalytik zeigen im September einen deutlich höheren Chloridwert als in den restlichen Monaten. Chlorid ist als Bestandteil von Salzen weit verbreitet und kann auf punktuelle Abwassereinleitungen, Belastungen aus Deponien, Streusalzeinflüsse oder den Einsatz von Düngemitteln hinweisen. Auch eine atmosphärische Deposition aus einer nahe gelegenen Industrieanlage ist vorstellbar. Hierzu liegen allerdings keine Erkenntnisse vor. Eine geogene Belastung hingegen kann aufgrund der temporären Überschreitung im September 2019 und einer fehlenden geogenen Quelle ausgeschlossen werden.

Der Schwellenwert für Chlorid beträgt nach OGewV (Anlage 7) ≤ 200 mg/l. Es bleibt festzuhalten, dass die Ursache für den hohen Chloridanstieg im September nicht geklärt werden kann, im Rahmen einer folgenden Trophieuntersuchung im Zusammenhang mit der Umsetzung des MAKO sollten die Chloridwert weiter im Auge behalten werden.

Ebenfalls deutlich erhöht im Vergleich zu den vorherigen Messterminen sind die anorganischen Wasserinhaltsstoffe Ammonium, Nitrat, Mangan und Phosphat. Sulfat hingegen ist stark gesunken. In Sedimenten werden natürlicherweise hohe Konzentrationen Ammonium fixiert, genau wie bei Mangan und Phosphat. Daher ist eine Resuspension aus dem Sediment aufgrund des starken Sauerstoffmangels nicht auszuschließen. Ob es sich bei dem Anstieg der Nährstoffe um eine einmalige Messung handelt oder eine dauerhafte Situation beschreibt, kann anhand der jetzigen Daten nicht festgestellt werden. Auch hier sollte die weitere Entwicklung im Rahmen der anstehenden Trophieuntersuchungen beobachtet werden.

Tab. 4: Hürther Waldsee – Ergebnisse der Wasseranalyse im Labor

		25.04.2019	18.06.2019		14.08.2019	18.09.2019
Parameter	Einheit	Mischprobe	oben	unten	Mischprobe	Mischprobe
Ammonium-Stickstoff (NH ₄ -N)	mg/l	0,17	0,05	0,2	0,22	0,95
Nitrat-Stickstoff (NO ₃ -N)	mg/l	< 0,51	< 0,51	< 0,51	< 0,51	0,93
Nitrit-Stickstoff (NO ₂ -N)	mg/l	< 0,01	< 0,01	0,03	< 0,01	< 0,01
Ammonium (NH ₄)	mg/l	0,21	0,07	0,26	0,28	1,23
Nitrat (NO ₃)	mg/l	< 2,26	< 2,26	< 2,26	< 2,26	4,12
Nitrit (NO ₂)	mg/l	< 0,03	< 0,03	0,11	< 0,03	< 0,03
Gesamtposphor (P _{ges})	mg/l	0,059	0,021	0,143	0,026	0,18
Phosphat (PO ₄)	mg/l	0,049	< 0,009	0,224	0,067	0,451
Calcium (Ca)	mg/l	78,5	62,4	80,5	59,8	64,2
gelöster reaktiver Phosphor (SRP)	mg/l	0,016	< 0,003	0,073	0,022	0,147
Sulfate (SO ₄)	mg/l	98	100	98,3	92	21,3
Eisen (Fe)	mg/l	0,036	< 0,02	< 0,02	0,03	0,033
Mangan (Mn)	mg/l	0,408	0,024	0,649	0,595	2,64
Chlorid (Cl ⁻)	mg/l	86	87,2	88,5	89,4	262
Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC)	mg/l	9,9	10,8	11,4	10,9	16,6
Säurekapazität 4,3 (Ks)	mmol/l	2,75	2,12	2,97	1,91	2,36
Chlorophyll a (Chl a)	µg/l	2,53	2,74	6,84	7,55	7,62
Chlorophyll b (Ch b)	µg/l	0,13	0,17	0,37	1,07	1,17

3.1.9 Zusammenfassung der relevanten Ergebnisse für die Trophiebewertung

Je nach Schichtungsverhalten fallen die vier Parameter unterschiedlich ins Gewicht. Der Hürther Waldsee wird mit einer Größe ≥ 5 ha und einer mittleren Tiefe ≤ 3 m als „geschichtet“ eingestuft. Daher wird der Gesamt-Trophie-Index für den See mit folgender Formel berechnet:

$$\frac{Chl\ a_{Ind} * 10 + ST_{Ind} * 6 + GesPSais_{Ind} * 6 + GesPF_{Ind} * 4}{26}$$

$Chl\ a_{Ind}$ = Chlorophyll a Index
 ST_{Ind} = Sichttiefenindex
 $GesPSais_{Ind}$ = Gesamtphosphor-Saisonmittelwert Index
 $GesPF_{Ind}$ = Gesamtphosphor-Frühjahrswert Index
 Zahlen in Rot = unterschiedliche Gewichtungen

Abb. 10: Angepasste Formel zur Ermittlung der Trophie für den Hürther Waldsee nach LAWA (2013).

Die relevanten Ergebnisse für die Berechnung der Trophie sind in Tab. 5 aufgelistet. Aus den Werten von Chlorophyll a, Sichttiefe und dem Phosphor Gesamtwert geht jeweils das arithmetische Mittel in die Berechnung ein. Die Laborwerte von Phosphor werden in $\mu\text{g/l}$ umgewandelt.

Tab. 5: Ergebnisse der erhobenen Daten zur Bestimmung der Trophie nach LAWA (2014) im Hürther Waldsee

Datum	Probe	Chl-a ($\mu\text{g/l}$)	Pgesamt ($\mu\text{g/l}$)	P-Frühjahrswert ($\mu\text{g/l}$)	Sichttiefe (m)
25.04.2019	Mischprobe	2,53	59	59	4,3
18.06.2019	Epilimnion	2,74	21	-	5
14.08.2019	Mischprobe	7,55	26	-	1,5
18.09.2019	Mischprobe	7,62	180	-	3
	Mittelwerte:	5,11	71,5	59	3,45

Aus den arithmetischen Mittelwerten von Chlorophyll a und Gesamtphosphor sowie dem Mittelwert der Sichttiefe und dem Phosphor Frühjahrswert werden zunächst nach Anleitung der LAWA (2014) Indices berechnet, die anschließend in die Formel zur Berechnung der Trophie eingesetzt werden. Daraus ergibt sich folgende Berechnung:

$$\frac{1,96*10+1,76*6+3,37*6+3,36*4}{26} = 2,37$$

Abb. 11: Berechnung des Trophieindex für den Hürther Waldsee.

Das Ergebnis wird in Kapitel 4.1 S. 19 klassifiziert und bewertet.

3.2 Makrophyten

Im Hürther Waldsee wurden im Jahr 2019 insgesamt 2 Transekte untersucht. Aus fachlichen Gründen wurden die Standorte der Untersuchung verlegt. Die Untersuchung erfolgte jeweils am Gegenufer. Insgesamt liefern beide Untersuchungsjahre, also 2019 und 2016, vergleichbare Ergebnisse. Frühere Ergebnisse liegen derzeit nicht vor.

Bei der Untersuchung im Jahr 2019 konnten insgesamt 8 Makrophytenarten nachgewiesen werden, die Hälfte davon – 4 Arten – sind Armleuchteralgenarten. Das ist eine Art mehr als im Jahr 2016.

Im ersten Transekt sind die höheren Makrophyten *Ceratophyllum demersum* und *Myriophyllum verticillatum* dominant bis zur Makrophytentiefengrenze von 4,7 m. Lediglich im Flachwasserbereich bis 2 m Wassertiefe kommt im Transekt 1 die Armleuchteralge *Chara contraria* untergeordnet vor.

Das zweite Transekt stellt sich insgesamt anders dar, hier überwiegt tatsächlich die Dominanz der Armleuchteralgen. Erklärt werden kann dies durch das Vorhandensein der für die Besiedlung günstigen Flachwasserbereiche bis 1,5 m. Als dominante Art kommt *Chara globularis* in der Verteilung häufig vor. Immer wieder sind weitere Armleuchteralgen im Mosaikmuster zwischengeschaltet, es sei insbesondere auf die Arten *Nitellopsis obtusa* und *Nitella opaca* hingewiesen. Höhere Makrophyten spielen in diesem Transekt eine untergeordnete Rolle.

Vergleicht man die Deckungsgrade der Armleuchteralgen aus 2019 und 2016 so fällt auf, dass der östliche Seeteil des Hürther Waldsees insgesamt höhere Deckungsgrade aufweist als der durch einen Unterwasserdamm abgegrenzte westliche Seeteil. Es werden Deckungsgrade von mehr als 50 % mit Armleuchteralgen festgestellt. Dies liegt vor allem in der Topographie des Gewässergrundes begründet.

Insgesamt wird der Deckungsgrad mit Armleuchteralgen für den gesamten See mit 10-25 % eingestuft, ebenso wie der Anteil der Störzeiger.

Die Makrophyten-Tiefengrenze wird nur im neuen Transekt 1 erreicht, sie liegt im Jahr 2019 bei 4,7 m.

Tab. 6: Vergleich von Makrophyten-Tiefengrenze im Hürther Waldsee und Armleuchteralgendeckung der Jahre 2019 und 2016.

	Transekt 1	Transekt 2
Makrophyten-Tiefengrenze 2016	max. 3,0 m	max. 3,0 m
Makrophyten-Tiefengrenze 2019	4,7 m	max. 1,5 m
ArMLEUCHTERALGendeckung 2016	25-50 %	25-50 %
ArMLEUCHTERALGendeckung 2019	< 5	25-50 %

Tab. 7: Artenlisten des Hürther Waldsees der Untersuchungsjahre 2016 und 2019 im Vergleich.

Art	2016	2019	Status RL
Armleuchteralgen			
<i>Chara contraria</i>	x	x	*
<i>Chara globularis</i>		x	*
<i>Chara vulgaris</i>	x		*
<i>Nitella opaca</i>		x	3
<i>Nitellopsis obtusa</i>	x	x	V
Anzahl Armleuchteralgen:	3	4	
Höhere Makrophyten			
<i>Ceratophyllum demersum</i>	x	x	*
<i>Elodea nuttallii</i>	x		*
<i>Myriophyllum verticillatum</i>		x	2
<i>Potamogeton pectinatus</i>	x	x	*
<i>Potamogeton trichoides</i>	x	x	2
Anzahl der höheren Makrophyten:	4	4	
Arten insgesamt:	7	8	
1 = vom Aussterben bedroht 2 = stark gefährdet 3 = gefährdet * =ungefährdet			

3 der 8 im Jahr 2019 nachgewiesenen Arten sind in den Roten Listen NRW als gefährdet oder als stark gefährdet eingestuft (s. Tab. 9).

4 Bewertung

Die Bewertung der erhobenen Daten findet getrennt nach den Bereichen Trophie und Makrophyten statt.

4.1 Trophie des Hürther Waldsees

Aus der Berechnung in Kapitel 3.1.9 (S. 16) ergibt sich für den Hürther Waldsee die in Tab. 8 dargestellte Trophiebewertung. Der Hürther Waldsee wird mit der **Trophieklasse III „mesotroph 2“** bewertet. Der Gesamt-Trophie-Index befindet sich im mittleren Bereich dieser Klasse.

Mesotrophe Gewässer haben eine höhere Nährstoffverfügbarkeit als oligotrophe Gewässer und damit eine höhere biologische Produktion. Die Phytoplanktonentwicklung ist mäßig, mit einem Maximum im Frühjahr. In mesotrophen Seen kommt es im Metalimnion im Bereich der Sprungschicht häufig zu einer Sauerstoffzehrung, weshalb im Hypolimnion ein Sauerstoffmangel auftreten kann. Auch im Hürther Waldsee kommt es im Juni, August und September zu einem starken Sauerstoffdefizit im Hypolimnion.

Tab. 8: Hürther Waldsee - Ergebnis der Trophieuntersuchung nach LAWA (2014)

Bezeichnung	Jahr	Anzahl Messtermine	Gesamt-Trophie-Index	Trophieklasse
Hürther Waldsee	2019	4	2,37	Mesotroph 2

Im Vergleich zu früheren Trophieergebnissen aus den Jahren 1980, 2001 und 2012, die freundlicherweise vom Landesamt für Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV NRW) zur Verfügung gestellt wurden, hat sich der Hürther Waldsee von einem oligotrophen zu einem mesotrophen Gewässer entwickelt (s. Tab. 9). Sofern möglich wurden die Trophie-Altdaten mit dem neuen Verfahren LAWA (2014) nachgerechnet und verifiziert.

Die mittleren Chlorophyll a und Phosphorwerte sind seit 2012 stark angestiegen.

Tab. 9: Hürther Waldsee - Trophieergebnisse im Vergleich 1980 bis 2019

Jahr	2019 ¹	2012 ²	2001 ³	1980er ⁴
Trophieklasse	Mesotroph 2	Mesotroph 2	Oligo-mesotroph	Oligotroph
Trophie-Index	2,37	2,1	- *	- *
\bar{X} Chlorophyll a (µg/l)	5,11	3,82	- *	- *
\bar{X} Phosphor ((µg/l)	71,5	22,71	- *	- *
¹ Quelle: Eigene Erhebung, DIE GEWÄSSER-EXPERTEN! 2019 ^{2, 3} Quelle: Trophieuntersuchung LANUV NRW ⁴ Quelle: Ville-Seen Gutachten aus den 1980er Jahren * Hinweis: es liegen keine detaillierten Daten vor				

4.2 Bewertung der Makrophyten des LRT 3140

Die Bewertung der Makrophytenvegetation für den LRT 3140 erfolgt nach den aktuellen Vorgaben des LANUV NRW und kann der Tab. 10 entnommen werden. Neben der Bedeckung des besiedelbaren Gewässergrundes mit Armleuchteralgen-Unterwasserrasen und der Vollständigkeit des Lebensraum-typischen Arteninventars (Kenn- und Trennarten) werden verschiedene Beeinträchtigungen in die Bewertung einbezogen.

Tab. 10: Bewertungskriterien des LRT 3140 gem. LANUV 2020.

Kriterien für die Bewertung des Erhaltungszustandes LRT Oligo- bis mesotrophe kalkhaltige Gewässer mit benthischer Vegetation aus Armleuchteralgen (3140)			
LR-typische Strukturen (nur Characeenvegetation)	A – hervorragend	B – gut	C- mittel bis schlecht
	Feld 1: Vegetationsstrukturelemente: Bedeckungsgrad des besiedelbaren Gewässergrundes mit Characeen-Unterwasserrasen		
	> 50 %	25 - 50%	10 - 25 %
Vollständigkeit des LR-typischen Arteninventars	Feld 1: Kenn- und Trennarten		
	> 5	4 – 5	1 – 3
Beeinträchtigungen*	Feld 1: Untere Makrophytengrenze		
	> 8 m	4 - 8 m	2,5 - < 4
	Feld 2: Anteil Störanzeiger an der Wasserpflanzenvegetation wie <i>Elodea canadensis</i> , <i>Elodea nuttallii</i> , <i>Potamogeton pectinatus</i> , <i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Lemna minor</i> [%]		
	< 10	10 - 25	> 25 - 50
	Feld 3: Anteil der durch benthivore Fischarten, v.a. Karpfen, gestörten Wasserpflanzenvegetation [%]		
	< 10	10 - 25	25 - 50
*Die Gesamtbewertung der Beeinträchtigungen wird durch die niedrigste Bewertung eines Teilparameters bestimmt			

Innerhalb des Bewertungskriteriums Beeinträchtigungen wird die Gesamtbewertung durch die schlechteste (niedrigste) Bewertung eines Teilparameters bestimmt.

Die drei Bewertungskriterien LR-typische Strukturen, Vollständigkeit des LR-typischen Arteninventars und Beeinträchtigung werden unter Mittelwertbildung miteinander verrechnet, um den Erhaltungszustand des LRT 3140 zu ermitteln.

Bewertung des Hürther Waldsees:

Der Deckungsgrad des besiedelbaren Gewässergrundes mit Armleuchteralgen-Unterwasserrasen im Hürther Waldsee liegt bei 10-25 % (s. Tab. 11, S. 21). Im Vergleich zum den Untersuchungsjahren 2016 kann ein leichter Rückgang des Deckungsgrades verzeichnet werden. Jedoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass dieser mit der Veränderung der Lage der Transekte zu tun hat. Der Erhaltungszustand des Kriteriums „LR-typische Strukturen“ wird sowohl 2019, als auch 2016 als „**C – mittel bis schlecht**“ bewertet.

In Bezug auf das Bewertungskriterium „Vollständigkeit des LR-typischen Arteninventars“ wurden im Untersuchungsjahr 2019 insgesamt nur **4** Kenn- und Trennarten nachgewiesen. Der Erhaltungszustand des Kriteriums „Vollständigkeit des LR-typischen Arteninventars“ wird demnach mit „**B – gut**“ bewertet.

Der Anteil der Störzeiger an der Wasserpflanzenvegetation ist durch die einzige vorkommende Art *Potamogeton pectinatus* vergleichsweise gering mit 10-15 %, das Kriterium „Beeinträchtigungen“ wird daher ebenfalls mit „B – gut“ bewertet.

Schäden durch benthivore Fischarten konnten nicht bzw. kaum verzeichnet werden, so dass dieses Kriterium im Referenzzustand mit „A – hervorragend“ bewertet wird.

Insgesamt kann der LRT 3140 für den Hürther Waldsee mit „B – gut“ bewertet werden.

Tab. 11: Bewertung des LRT 3140 nach den Vorgaben des FFH-Verfahrens in NRW für den Hürther Waldsee.

Kriterien für die Bewertung des Erhaltungszustandes LRT Nährstoffärmere kalkhaltige Stillgewässer (3140)			
	A – hervorragend	B – gut	C- mittel bis schlecht
LR-typische Strukturen (nur Characeenvegetation)	Feld 1: Vegetationsstrukturelemente: Bedeckungsgrad des besiedelbaren Gewässergrundes mit Characeen-Unterwasserrasen		
	> 50 %	> 25-50%	10-25 %
			10%-25%
Vollständigkeit des LR-typischen Arteninventars	Kenn- und Trennarten (diagnostisch relevante Arten): Gefäßpflanzen: <i>Potamogeton coloratus</i> - Algen: <i>Chara aspera</i> , <i>Chara aculeolata</i> , <i>Chara contraria</i> , <i>Chara globularis</i> , <i>Chara hispida</i> , <i>Chara polyacantha</i> , <i>Nitella capillaris</i> , <i>Nitella mucronata</i> , <i>Nitella opaca</i> , <i>Nitella syncarpa</i> , <i>Nitella tenuissima</i> , <i>Nitellopsis obtusa</i> , <i>Tolypella glomerata</i> , <i>Tolypella intricata</i>		
	Feld 1: Kenn- und Trennarten		
	> 5	4 – 5	1 – 3
		<i>Chara contraria</i> , <i>Chara globularis</i> , <i>Nitella opaca</i> , <i>Nitellopsis obtusa</i>	
		4	
Beeinträchtigungen	Feld 1: Untere Makrophytengrenze		
	> 8 m	> 4 -8 m	2,5 - 4 m
		4,7 m	
	Feld 2: Anteil Störanzeiger an der Wasserpflanzenvegetation wie <i>Potamogeton pectinatus</i> , <i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Lemna minor</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i> , <i>Elodea nuttallii</i> , <i>Elodea canadensis</i> [%]		
	< 10	10 - 25	> 25 -50
		10 – 15 %	
	Feld 3: Anteil der durch benthivore Fischarten, v.a. Karpfen, gestörten Wasserpflanzenvegetation [%]		
	< 10	10 - 25	> 25-50
	X		
Gesamtbewertung		B	

5 Handlungsempfehlungen zum Schutz und Erhalt der Armleuchteralgenbestände

Der Schutz der Armleuchteralgen als Untergruppe der aquatischen Makrophyten ist im Lebensraum Hürther Waldsee von essentieller Bedeutung. Armleuchteralgen sind die charakteristischen Kenn- und Trennarten des ausgewiesenen Lebensraumtyps LRT 3140. Die Untersuchungen im Jahr 2019 haben gezeigt, dass die Population der Armleuchteralgen in einem „guten Erhaltungszustand“ ist. Grundsätzlich sollten daher Maßnahmen zum Schutz und Erhalt der Armleuchteralgen im Hürther Waldsee nur dann ausgewählt werden, wenn die Gefahr einer Verschlechterung des Erhaltungszustands besteht

Die Makrophytenvegetation des Hürther Waldsees stellt sich insgesamt als ausgewogen dar, der Erhaltungszustand des LRT 3140 wird unter Einbeziehung der Untersuchungen aus 2019 mit „B – gut“ bewertet. Aus Sicht der Makrophyten sind daher keine Maßnahmen vorzusehen.

ArMLEUCHTERALGENBESTÄNDE sind grundsätzlich empfindlich gegenüber Veränderungen der trophischen Verhältnisse, der Gewässertrübung, dem Eintrag von Nährstoffen und der Zunahme nutzungsbedingter Beeinträchtigungen. Zu den letzteren zählen vor allem Beeinträchtigungen durch Nutzungen, die dazu führen, dass infolge von Sedimentaufwirbelung, Re-Suspension etc. eine Eintrübung des Gewässers stattfinden.

Schutzmöglichkeiten bestehen daher in einer den Nährstoffeintrag und die Trübung der Gewässer minimierenden Nutzung (KORSCH 2016).

Aus Sicht der Gewässerökologie sollte die Trophie des Waldseenbereichs Theresia weiter beobachtet werden, um einen möglicherweise eintretenden Verschlechterungstrend ausschließen zu können. Weitergehende Handlungsempfehlungen werden derzeit für den Waldseenbereich Theresia aus gewässerökologischer Sicht nicht gegeben.

Literatur

BUNDESAMT FÜR UMWELT (BAFU) (2016): Wie funktioniert ein See? Zur Limnologie von Seen. (abrufbar unter: www.bafu.admin.ch)

BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ UND FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ (BMJV) (2016): OGewV - Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer. (abrufbar unter: http://www.gesetze-im-internet.de/ogewv_2016/BJNR137310016.html)

BUSCHMANN, W., GILSON N. & RINN B. (2008): Braunkohlenbergbau im Rheinland (aus: Die Bau- und Kunstdenkmäler von Nordrhein-Westfalen 1: Rheinland). Hrsg: Landschaftsverband Rheinland und MBV-NRW. Wernersche Verlagsgesellschaft, Worms, S. 276 u. 322.

CASPER, S.J. U. H.-D. KRAUSCH (2008a): Pteridophyta und Anthophyta Teil 1. In: Ettl, H., Gerloff, J. U. H. Heynig (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 23: G. Fischer Jena.

FORSCHUNGSSTELLE REKULTIVIERUNG (2017): Die Bedeutung von Gewässern in der Rekultivierung des Rheinischen Braunkohlentagebaus für Vögel und Libellen. Zusammenfassender Ergebnisbericht. Unveröffentlicht.

FRAHM, J.-P. U. W. FREY (2004): Moosflora (4. Auflage). Ulmer Verlag.

KOHLER, A. (1978): Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. - Landschaft + Stadt 10: 23-85.

KÖLLE, W. (2010): Wasseranalysen – richtig beurteilt: Grundlagen, Parameter, Wassertypen, Inhaltsstoffe. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 3. Auflage.

KRAUSE, W. (1997): Charales (Charophyceae). In: Ettl, H., Gärtner, G., Heynig, H. U. D. Mollenhauer (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa 18: 202 S., G. Fischer Jena.

LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (Hrsg.) (2014): Trophieklassifikation von Seen. Richtlinie zur Ermittlung des Trophie-Index nach LAWA für natürliche Seen, Baggerseen, Talsperren und Speicherseen. Kulturbuch-Verlag Berlin GmbH. Hannover.

Landesamt für Umwelt des Landes Brandenburg LfU (2018a): Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armleuchteralgen und Moose) in Deutschland. Band 1: Bestimmungsschlüssel, 2. Aktualisierte Auflage

Landesamt für Umwelt des Landes Brandenburg LfU (2018b): Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armleuchteralgen und Moose) in Deutschland. Band 2: Abbildungen, 2. Aktualisierte Auflage.

LANUV (2013): <https://natura2000-meldedok.naturschutzinformationen.nrw.de/natura2000-meldedok/de/fachinfo/listen/meldedok/DE-5107-302>

LANUV (2019): <https://natura2000-meldedok.naturschutzinformationen.nrw.de/natura2000-meldedok/web/babel/media/zdok/DE-5107-302.pdf>

LANUV (2020): Bewertungskriterien des LRT 3140. Abruf auf www.lanuv.nrw.de am 25.06.2020.

MELZER, A., HARLACHER, R., HELD, K., SIRCH, R. U. E. VOGT (1986): Die Makrophytenvegetation des Chiemsees. – Informationsber. Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft 4/86. München

MELZER, A., HARLACHER, R., HELD, K., SIRCH, R. U. E. VOGT (1988): Die Makrophytenvegetation des Ammer-, Würth- und Pilsensees sowie des Weißlinger Sees. – Informationsber. Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft 1/88. München.

MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NRW (MUNLV NRW) (2009): Leitfaden Monitoring Oberflächengewässer. Integriertes Monitoringskonzept der landesspezifischen, nationalen und internationalen Messprogramme – Teil A: Durchführung des Monitorings.

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (NLWKN) (o.J.): Güteparameter – Grundprogramm des NLWKN. (abrufbar unter: https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/wasser/grundwasser/grundwasserbericht_niedersachsen/grundwasserbeschaffenheit/guteparameter/grundprogramm_des_nlwkn/)

OGEWV (2016): Oberflächengewässerverordnung vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373), die durch Artikel 255 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328).

ROTHMALER, W. (1999): Exkursionsflora von Deutschland Band 2: Gefäßpflanzen.

SCHAUMBURG, J., SCHRANZ, C., STELZER, (2014): Bewertung von Seen mit Makrophyten & Phytobenthos für künstliche und natürliche Gewässer sowie Unterstützung der Interkalibrierung. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Endbericht im Auftrag der LAWA (Projekt Nr. O 10.10), 163 S, Augsburg/Wielenbach.

SCHAUMBURG, J., SCHRANZ, C., STELZER, D. (2011): Bewertung von Seen mit Makrophyten & Phytobenthos gemäß EG-WRRL – Anpassung des Verfahrens für natürliche und künstliche Gewässer sowie Unterstützung der Interkalibrierung. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Endbericht im Auftrag der LAWA (Projekt Nr. O 10.09), 161 S, Augsburg/Wielenbach.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Lage des FFH-Gebiets Waldseenbereich Theresia - DE-5107-302 im Stadtgebiet Hürth zwischen den Ortsteilen Knapsack im Süden und Alstädten-Burbach im Norden.....	5
Abb. 2: Anteil des LRT 3140 (ca. 33 %) am FFH-Gebiet Waldseenbereich Theresia.	5
Abb. 3: Regionale Verbreitung der Armleuchteralgen (Artenanzahl) in den Ville-Seen (Quelle: GEWÄSSER-EXPERTEN (2014), verändert).	6
Abb. 4: Formel zur Berechnung der Trophie nach LAWA (2014).	8
Abb. 5: Hürther Waldsee – Temperatur im Tiefenprofil.	10
Abb. 6: Hürther Waldsee – Elektrische Leitfähigkeit im Tiefenprofil.	11
Abb. 7: Hürther Waldsee – Sauerstoffsättigung im Tiefenprofil.	12
Abb. 8: Hürther Waldsee – pH-Werte im Tiefenprofil.	13
Abb. 9: Hürther Waldsee – Verhältnis Chlorophyll-a zu Sichttiefe.....	14
Abb. 10: Angepasste Formel zur Ermittlung der Trophie für den Hürther Waldsee nach LAWA (2013).	16
Abb. 11: Berechnung des Trophieindex für den Hürther Waldsee.	16

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Untersuchte Parameter in der Wasseranalytik.....	7
Tab. 2: Schätzskala der Häufigkeiten nach KOHLER (1978).	9
Tab. 3: Hürther Waldsee – Sauerstoffgehalt in mg/l.	12
Tab. 4: Hürther Waldsee – Ergebnisse der Wasseranalyse im Labor	15
Tab. 5: Ergebnisse der erhobenen Daten zur Bestimmung der Trophie nach LAWA (2014) im Hürther Waldsee.....	16
Tab. 6: Vergleich von Makrophyten-Tiefengrenze im Hürther Waldsee und Armleuchteralgendeckung der Jahre 2019 und 2016.....	17
Tab. 7: Artenlisten des Hürther Waldsees der Untersuchungsjahre 2016 und 2019 im Vergleich.	18
Tab. 8: Hürther Waldsee - Ergebnis der Trophieuntersuchung nach LAWA (2014)	19
Tab. 9: Hürther Waldsee - Trophieergebnisse im Vergleich 1980 bis 2019.....	19
Tab. 10: Bewertungskriterien des LRT 3140 gem. LANUV 2020.	20
Tab. 11: Bewertung des LRT 3140 nach den Vorgaben des FFH-Verfahrens in NRW für den Hürther Waldsee.....	21