

MAKO – FFH Ville Seen

FFH-Gebiet Heider Bergsee und Schluchtsee
DE-5107-304

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: Taucher über Myriophyllum-Beständen (Nienhaus 2019).

Inhalt

1	Einleitung	4
1.1	Ziel.....	4
1.2	Gebietsbeschreibung	4
2	Methodisches Vorgehen	7
2.1	Ermittlung der Trophie.....	7
2.2	Untersuchung der Makrophyten.....	8
3	Ergebnisse	10
3.1	Seebeprobung und Analytik.....	10
3.1.1	Heider Bergsee	10
3.1.2	Schluchtsee	17
3.2	Makrophyten	24
3.2.1	Heider Bergsee	24
3.2.2	Schluchtsee	28
4	Bewertung	30
4.1	Trophie	30
4.1.1	Heider Bergsee	30
4.1.2	Schluchtsee	31
4.2	Bewertung der Makrophyten des LRT 3140	32
4.2.1	Heider Bergsee	33
5	Handlungsempfehlungen zum Schutz und Erhalt der Armelechteralgenbestände.....	36
	Literatur	38
	Abbildungsverzeichnis	40
	Tabellenverzeichnis	41

1 Einleitung

1.1 Ziel

Der gewässerökologische Fachbeitrag ist eine vertiefende Ergänzung in Vorbereitung auf das Maßnahmenkonzept (MAKO) für das FFH-Gebiet „DE-5107-304 Heider Bergsee und Schluchtsee in der Ville-Seenkette“ mit besonderem Augenmerk auf die Trophie und die Makrophyten. Ziel des Fachbeitrags ist es, die spezifischen Erfordernisse der Gewässerökologie bei der Entwicklung von Zielen und Maßnahmen des MAKO zu berücksichtigen und Hintergrundinformationen als Grundlage zu den Maßnahmenkonzepten bereitzustellen.

1.2 Gebietsbeschreibung

Das 26,28 ha große FFH-Gebiet „DE-5107-304 Heider Bergsee und Schluchtsee in der Ville-Seenkette“ (Brühl) ist Teil des Naturparks Rheinland im Wald-Seen-Komplex der Ville, der insgesamt über 40 Seen verfügt. Das Gebiet beinhaltet den westlichen Teil des Heider Bergsees und den Schluchtsee; beides Tagebaurestgewässer mit Flachwasserzonen im Rheinischen Braunkohlenrevier südlich von Köln auf dem Gebiet der Stadt Brühl im Rhein-Erft-Kreis. Beide Seen werden gesäumt von Nutzwäldern mit überwiegend standorttypischen Gehölzen.

Der Heider Bergsee befindet sich südwestlich des angrenzenden Brühler Stadtteiles Heide, der Schluchtsee schließt sich unmittelbar südwestlich an (s. Abb. 1, S. 5). Der Heider Bergsee hat eine Fläche von ca. 35 ha und eine maximale Wassertiefe von etwa 8,6 m. Der mit 2,3 ha recht kleine angrenzende, lang gestreckte Schluchtsee ist im Mittel nur 0,90 m, maximal jedoch ca. 4,1 m tief.

Ein Zufluss im Süden des Schluchtsees sorgt für kontinuierliche Durchströmung des Sees; zum Heider Bergsee gibt es einen Überlauf (NIXDORF ET AL 2001). Der Zufluss zum Schluchtsee kommt aus dem Untersee und entwässert insgesamt 6 weitere Seen (Donatussee, Entenweiher, Pingsdorfer See, Franziskussee sowie Mittel- und Obersee).

Der Bleibtreusee entwässert im nördlichen Seeteil direkt in den Heider Bergsee. Ein Abfluss besteht im Heider Bergsee, dieser entwässert bei einem festen Stauziel in die Brühler Schlossteiche und damit in den Palmersdorfer Bach.

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

- 5 % N20 Kunstforsten (z.B. Pappelbestände oder exotische Gehölze)
- 85 % N06 Binnengewässer (stehend und fließend)
- 5 % N16 Laubwald
- 5 % N08 Heide, Gestrüpp, Macchia, Garrigue, Phrygana

Im mesotrophen Heider Bergsee finden sich ausgedehnte Characeenrasen (Armleuchteralgen) mit Beständen aus verschiedenen Armleuchteralgenarten. Er ist überregional von sehr hoher Bedeutung (s. Abb. 3, S. 6). Darüber hinaus bietet das Gewässer Lebensraum für zahlreiche brütende und durchziehende Wasservögel und andere Wassertiere und ist somit auch für den Biotopverbund bedeutsam. (LANUV 2013b).

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) ausgewiesen.

Dieser LRT nimmt einen Anteil von ca. 73 % an der Gesamtfläche des FFH-Gebiets von 26,28 ha ein (s. Abb. 2, S. 5), jedoch nur einen Teil des gesamten Heider Bergsees.

Das Entwicklungsziel für das Gebiet ist die Erhaltung und Sicherung der überregional bedeutenden und stark gefährdeten Armleuchteralgenrasen.

Darüber hinaus soll auch der Lebensraum für zahlreiche rastende und wandernde Wasservögel und andere Wassertiere erhalten und optimiert werden sowie die Trittsteinfunktion des Gebietes für zahlreiche durchziehende Vogelarten gesteigert werden.

Das Vorkommen des LRT 3140 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.

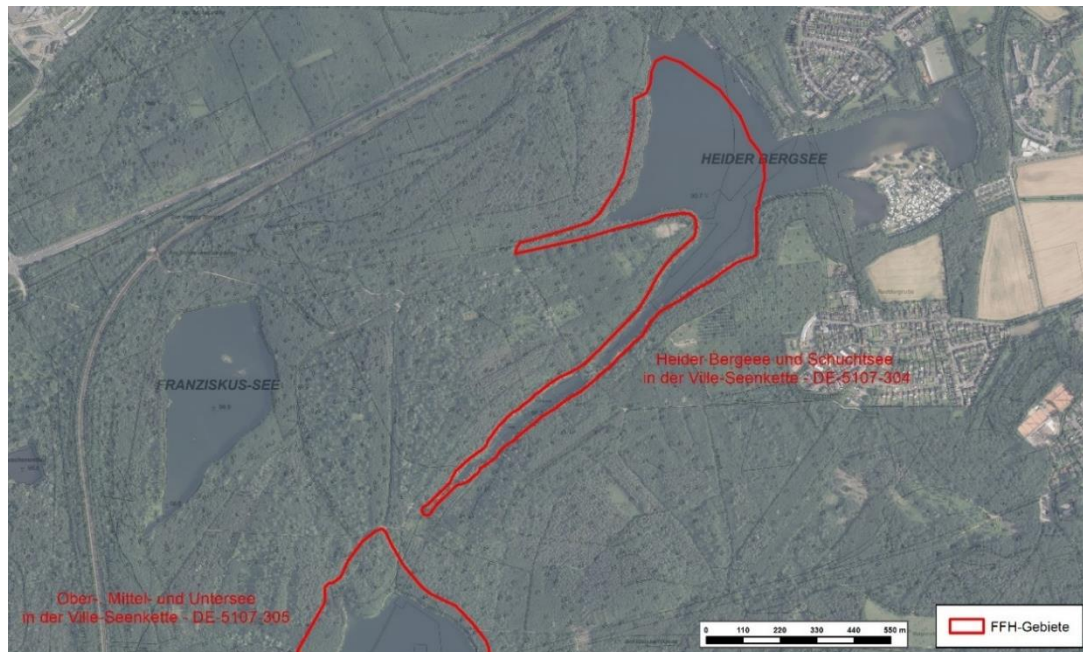


Abb. 1: Lage des FFH-Gebiets Heider Bergsee und Schluchtsee in der Ville-Seenkette DE-5107-304 bei Brühl-Heide.



Abb. 2: Anteil des LRT 3140 am FFH-Gebiet Heider Bergsee und Schluchtsee in der Ville-Seenkette bzw. an der Gesamtfläche des Heider Bergsees.

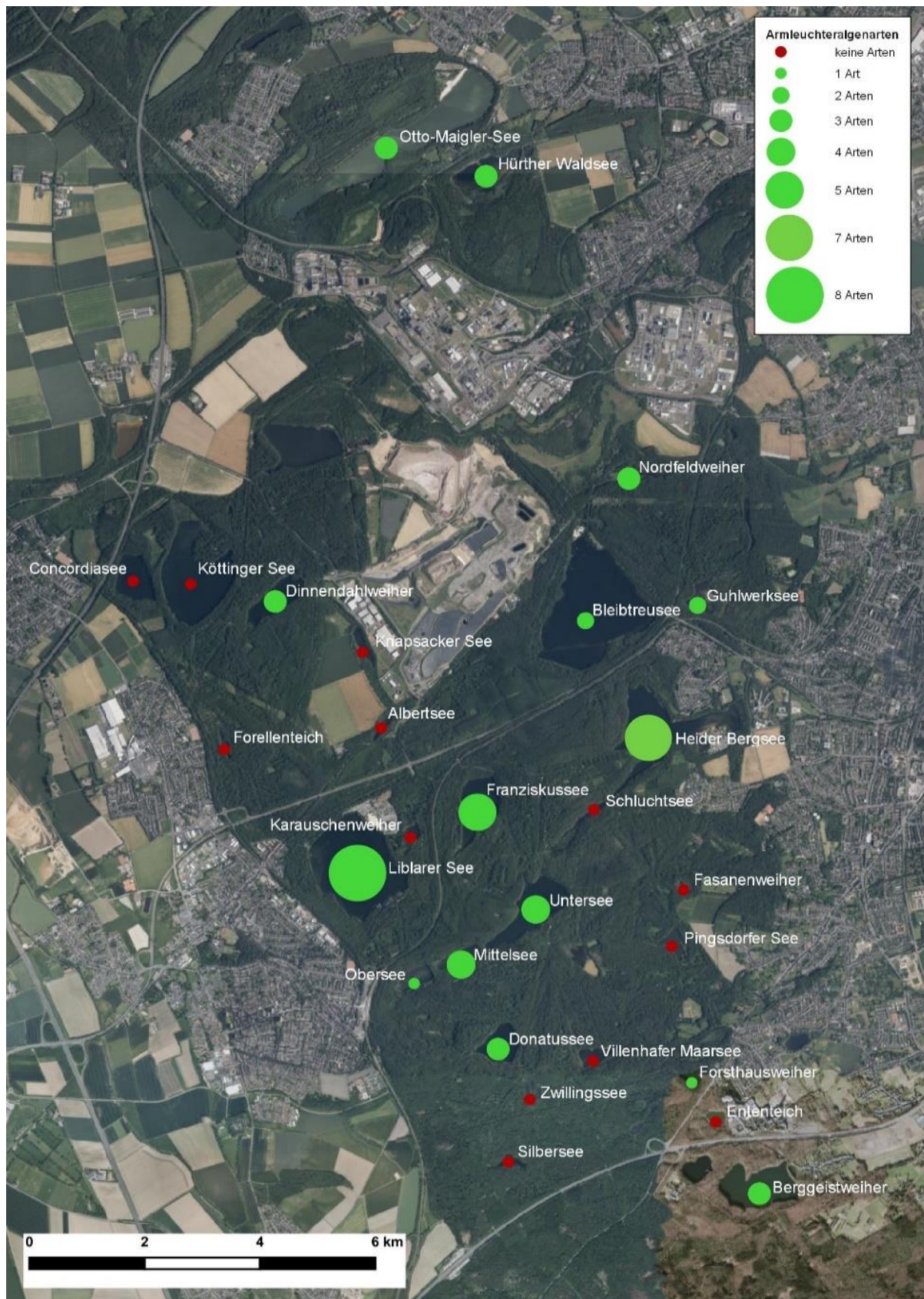


Abb. 3: Regionale Verbreitung der Armlauchteralgen (Artenanzahl) in den Ville-Seen (Quelle: GEWÄSSER-EXPERTEN (2014), verändert).

2 Methodisches Vorgehen

2.1 Ermittlung der Trophie

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

Die Probenahme beinhaltet 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 zur „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

Bewertung der Trophie:

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 die Sichttiefe in unterschiedlichen Gewichtungen. Die Ergebnisse der Trophieuntersuchung werden in Kapitel 4 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. Einen Überblick gibt Tabelle 3.

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.

In allen Gewässern waren die Sichtverhältnisse 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, Kleinlaichkrauten 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 20218 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.

ArMLEUCHTERALGEN 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

3.1.1 Heider Bergsee

Im Heider Bergsee 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. 30).

3.1.1.1 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 Heider Bergsees zeigen im April und Juni eine Schichtung. Im August ist die Schichtung bei einer Tiefe von -6 m noch angedeutet, löst sich im September allerdings vollständig auf, sodass sich der Heider Bergsee im Spätsommer bereits wieder in der Vollzirkulation befindet. Da nicht eindeutig bewiesen werden kann, dass die Temperaturschichtung über 3 Monate konstant andauert, wird der Heider Bergsee als „ungeschichtet“ eingestuft. Die tiefste Messung wurde im Juni bei -8 m durchgeführt.

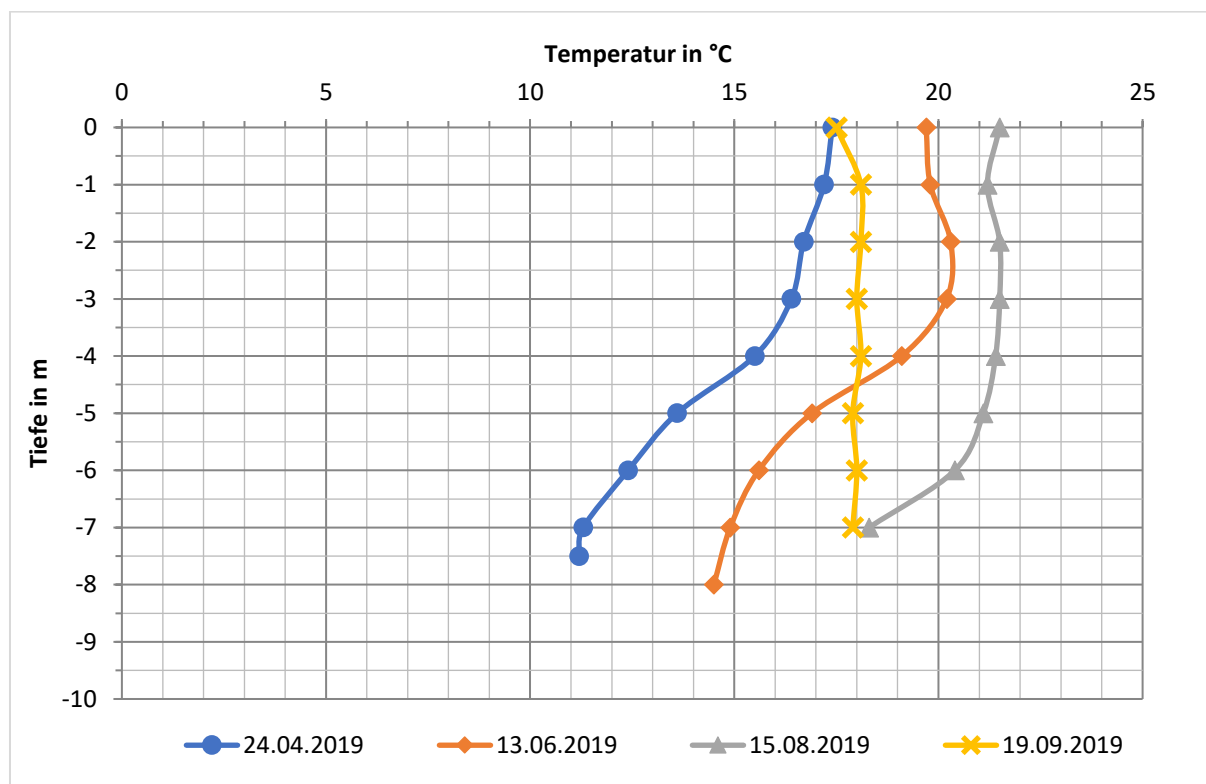


Abb. 5: Heider Bergsee – Temperatur im Tiefenprofil.

3.1.1.2 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).

Im gesamten Untersuchungszeitraum liegt die Leitfähigkeit im Heider Bergsee bei ca. 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Lediglich im August steigt sie in der Tiefe minimal an. Die Werte sind im normalen Bereich und bestätigen die Einstufung des Sees als „ungeschichtet“. Die gelösten Stoffe sinken in die Tiefe ab und können sich aufgrund der unterschiedlichen Temperaturverhältnisse nicht mehr mit dem Seewasser anderer Schichten vermischen. Dementsprechend steigt die Leitfähigkeit bei geschichteten Seen in der Tiefe viel stärker. In diesem Fall ist die Leitfähigkeit im gesamten Untersuchungszeitraum im Tiefenprofil gleich.

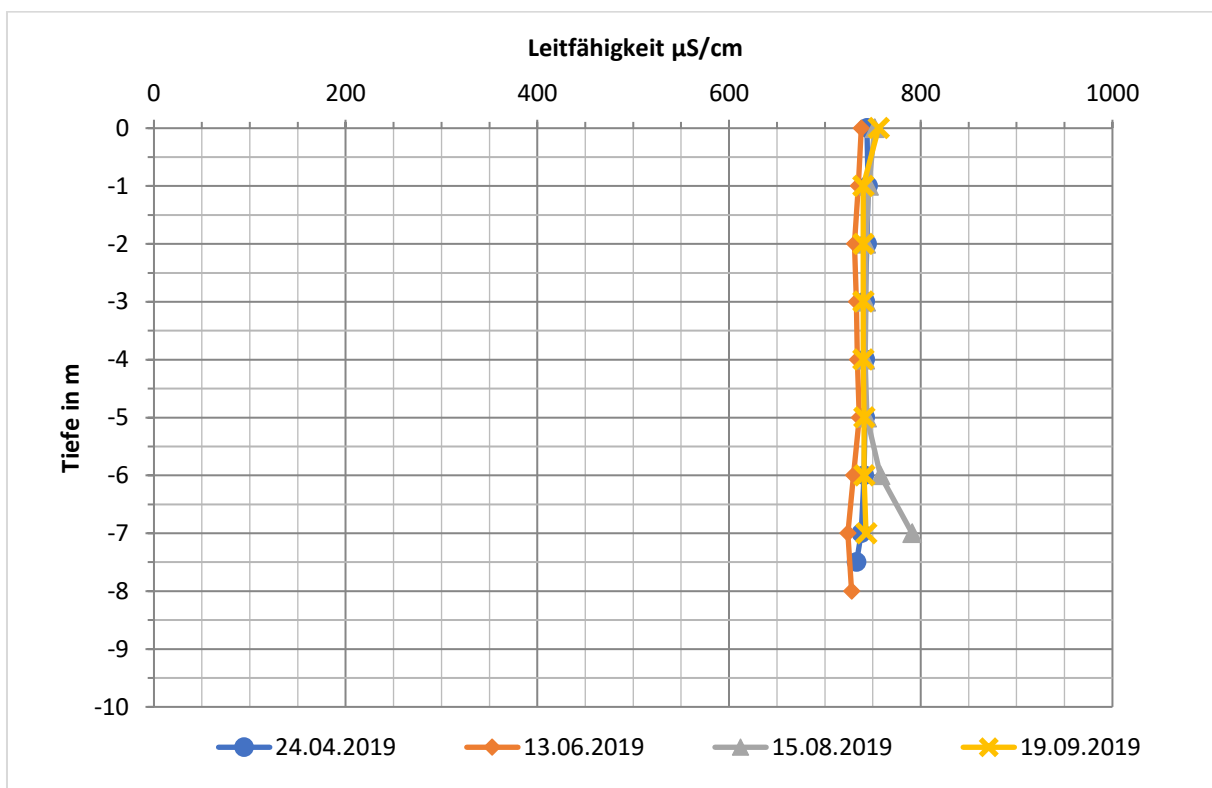


Abb. 6: Heider Bergsee – Leitfähigkeit im Tiefenprofil.

3.1.1.3 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.

Während sich die Sauerstoffsättigung im April noch um die 100 % bewegt, ist im Juni ein Anstieg auf 160 % zu beobachten, sodass von einer hohen biologischen Produktivität ausgegangen werden kann. Im August kommt es im Hypolimnion zu einer Sauerstoffzehrung, bei der ein Minimum von 7 % Sauerstoffsättigung bleibt.

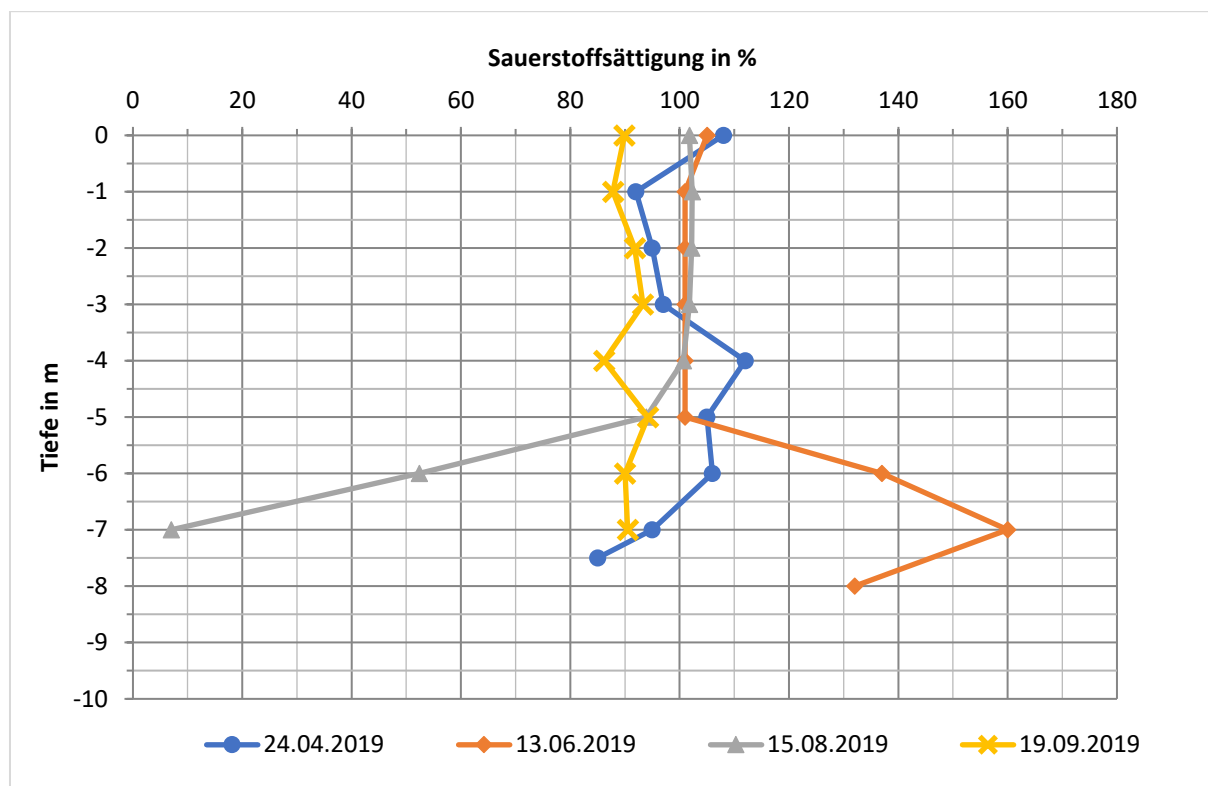


Abb. 7: Heider Bergsee – Sauerstoffsättigung im Tiefenprofil.

In Tab. 3 werden die Sauerstoffgehalte in mg/l dargestellt, die einzelnen Kurven verhalten sich ähnlich wie der in Abb. 7.

Tab. 3: Heider Bergsee – Sauerstoffgehalt in mg/l.

Tiefe [m]	24.04.2019	13.06.2019	15.08.2019	19.09.2019
0	10,21	9,48	8,91	8,74
-1	8,74	9,10	8,97	8,38
-2	9,12	9,01	8,94	8,79
-3	9,37	9,03	8,90	8,92
-4	11,02	9,23	8,82	8,23
-5	10,77	9,65	8,27	9,00
-6	11,18	13,46	4,66	8,60
-7	10,27	15,95	0,70	8,69
-8	9,21	13,30	-	-

Auch die Sauerstoffwerte in mg/l zeigen ein starkes Sauerstoffdefizit im August. In einer Tiefe von -7 m stehen nur 0,705 mg/l Sauerstoff zur Verfügung. Der für Fische kritisch werdende Grenzwert liegt bei 3,3 mg/l.

3.1.1.4 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. pH-Werte über 7 zeigen basische Verhältnisse. 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 Heider Bergsee bewegen sich im gesamten Untersuchungszeitraum um pH 8 herum und befinden sich damit noch im Normalbereich. Im April waren die pH-Werte am höchsten und sanken im Laufe des Sommers. Auch im Tiefenprofil sind die pH-Werte relativ gleich gemessen worden. Lediglich im August sinken die Werte ab einer Tiefe von -5 m. Diese Entwicklung passt mit den Messungen der Leitfähigkeit im August zusammen. Dort steigt die Menge der gelösten Stoffe ebenfalls ab einer Tiefe von -5 m. Auch die gemessenen pH-Werte sind ein Indikator dafür, dass der Heider Bergsee als „ungeschichtet“ eingestuft werden sollte.

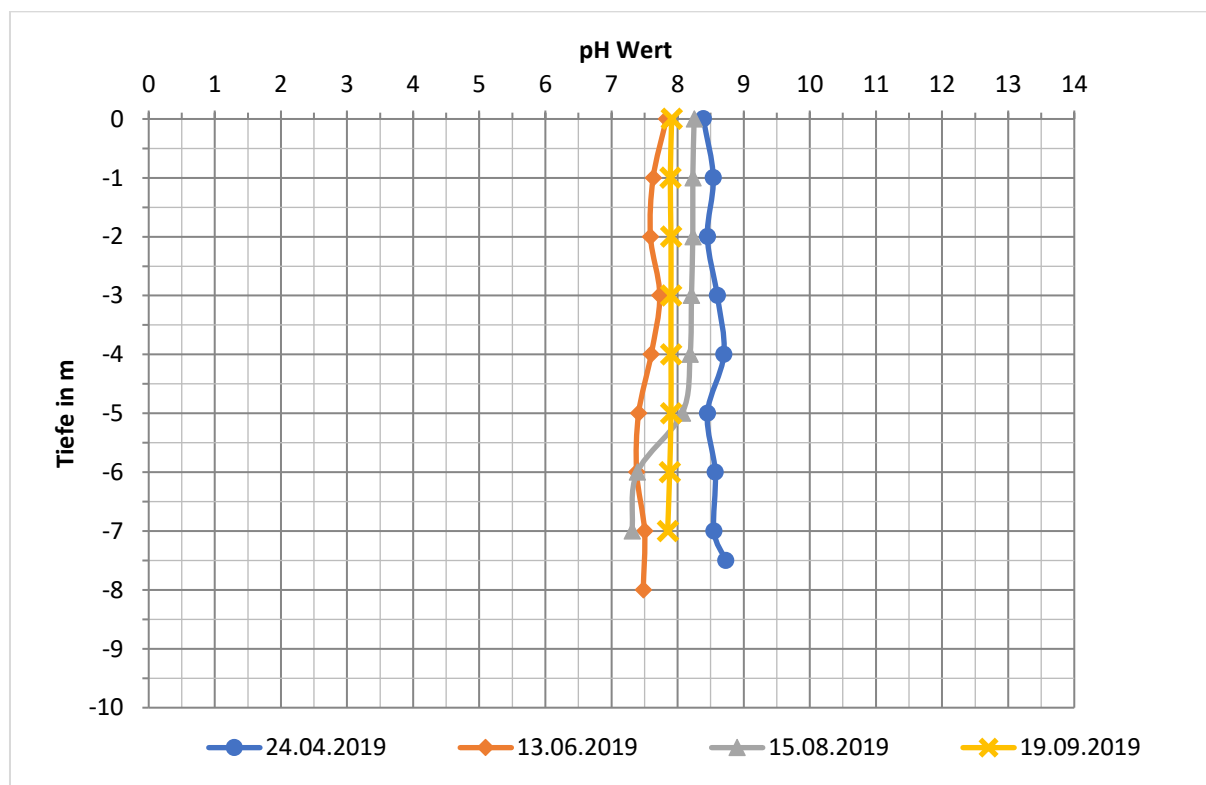


Abb. 8: Heider Bergsee – pH-Werte im Tiefenprofil.

3.1.1.5 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. Diese Faustregel trifft auch auf den Heider Bergsee zu.

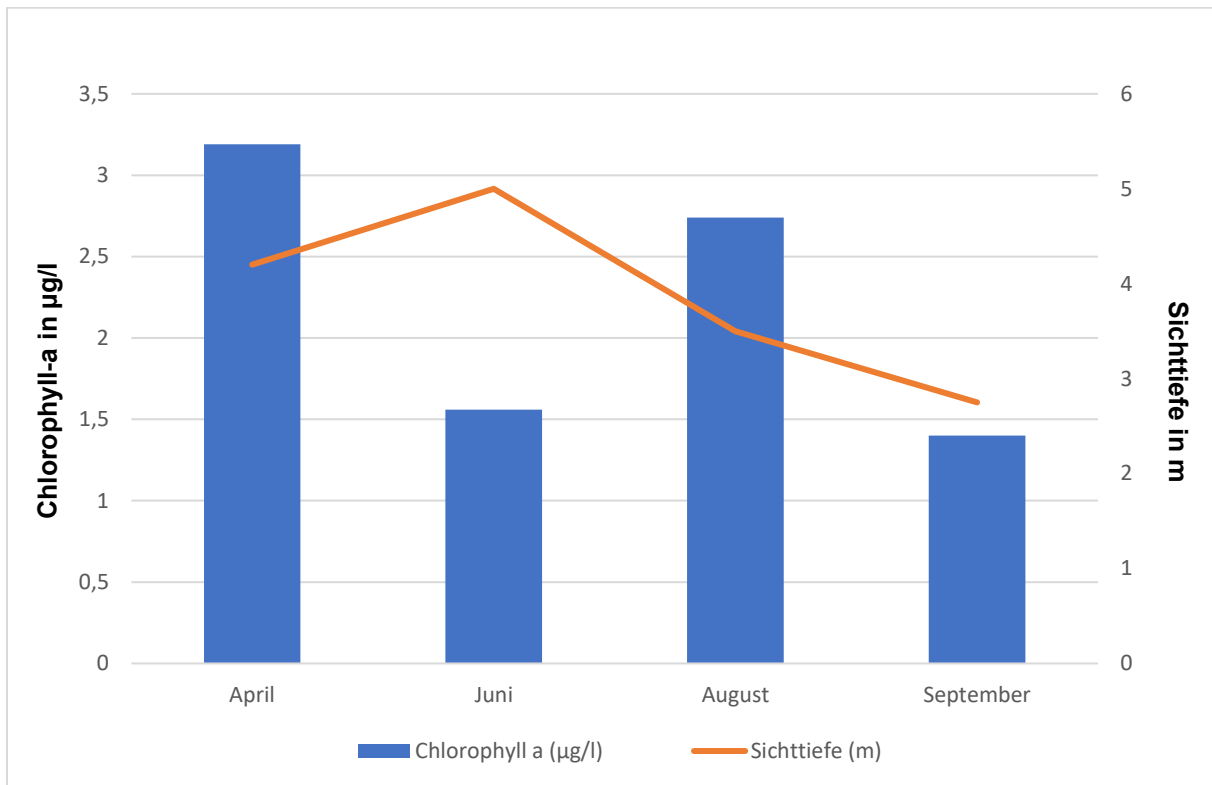


Abb. 9: Heider Bergsee – Verhältnis Chlorophyll-a zu Sichttiefe.

3.1.1.6 Nährstoffe, Minerale und Metalle

Die Ergebnisse der Laboranalyse zeigen keine nennenswerten Auffälligkeiten. Alle Parameter befinden sich im Normalbereich. Die Sulfatwerte sind erhöht aufgrund eines höheren Sulfatgehalts im Grundwasser. Die Ergebnisse der Wasseranalysen können der nachfolgenden Tab. 4 entnommen werden.

Tab. 4: Heider Bergsee – Ergebnisse der Wasseranalyse im Labor.

		24.04.2019	13.06.2019		15.08.2019	19.09.2019
Parameter	Einheit	Mischprobe	oben	unten	Mischprobe	Mischprobe
Ammonium-Stickstoff (NH ₄ -N)	mg/l	0,05	0,03	0,05	0,1	0,12
Nitrat-Stickstoff (NO ₃ -N)	mg/l	< 0,51	< 0,51	< 0,51	< 0,51	< 0,51
Nitrit-Stickstoff (NO ₂ -N)	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Ammonium (NH ₄)	mg/l	0,07	< 0,04	0,07	0,13	0,15
Nitrat (NO ₃)	mg/l	< 2,26	< 2,26	< 2,26	< 2,26	< 2,26
Nitrit (NO ₂)	mg/l	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Gesamtposphor (P _{ges})	mg/l	0,007	0,011	0,015	0,004	0,008
Phosphat (PO ₄)	mg/l	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009
Calcium (Ca)	mg/l	105	100	99,8	104	95,2
gelöster reaktiver Phosphor (SRP)	mg/l	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Sulfate (SO ₄)	mg/l	207	207	211	128	204
Eisen (Fe)	mg/l	0,021	< 0,02	0,038	0,969	0,04
Mangan (Mn)	mg/l	0,016	0,017	0,026	0,035	0,113
Chlorid (Cl ⁻)	mg/l	24,7	25,2	25,9	24,7	26,3
Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC)	mg/l	12,2	14,3	13,1	14,7	14,8
Säurekapazität 4,3 (Ks)	mmol/l	3,47	3,3	3,33	3,5	2,96
Chlorophyll a (Chl a)	µg/l	3,19	1,56	1,27	2,74	1,4
Chlorophyll b (Ch b)	µg/l	0,07	0,26	0,1	0,3	0,12

3.1.1.7 Zusammenfassung der relevanten Ergebnisse für die Trophiebewertung

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

$$\frac{Chl\ a_{Ind} * 10 + ST_{Ind} * 7 + GesPSais_{Ind} * 5 + GesPF_{Ind} * 6}{26}$$

$Chl\ a_{Ind}$ = 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 Heider Bergsee 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 Heider Bergsee

Datum	Probe	Chl-a ($\mu\text{g/l}$)	Pgesamt ($\mu\text{g/l}$)	P-Frühjahrswert ($\mu\text{g/l}$)	Sichttiefe (m)
24.04.2019	Mischprobe	3,19	7	7	4,2
13.06.2019	Epilimnion	1,56	11	-	5
15.08.2019	Mischprobe	2,74	4	-	3,5
19.09.2019	Mischprobe	1,4	8	-	2,75
	Mittelwerte:	2,22	7,5	7	3,86

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:

$$\frac{1,24*10+1,83*7+1,07*5+0,64*4}{26} = 1,27$$

Abb. 11: Berechnung des Trophieindex für den Heider Bergsee.

Das Ergebnis wird in Kap. 4.1 (s. S. 30) klassifiziert und bewertet.

3.1.2 Schluchtsee

Im Schluchtsee wurden im Jahr 2019 insgesamt 4 Probenahmetermine durchgeführt, im April (Frühjahrszirkulation) und in den Monaten Juni, August und September (Sommerstagnation). 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. 30).

3.1.2.1 Temperatur

Auch der Schluchtsee weist im April und Juni Anzeichen einer Schichtung auf. Allerdings ist der Zeitraum wie beim Heider Bergsee zu kurz, um als konstante Temperaturschichtung betitelt zu werden. Daher wird auch der Schluchtsee als „ungeschichtet“ eingestuft. Die tiefste Stelle wurde im April bei -4 m gemessen.

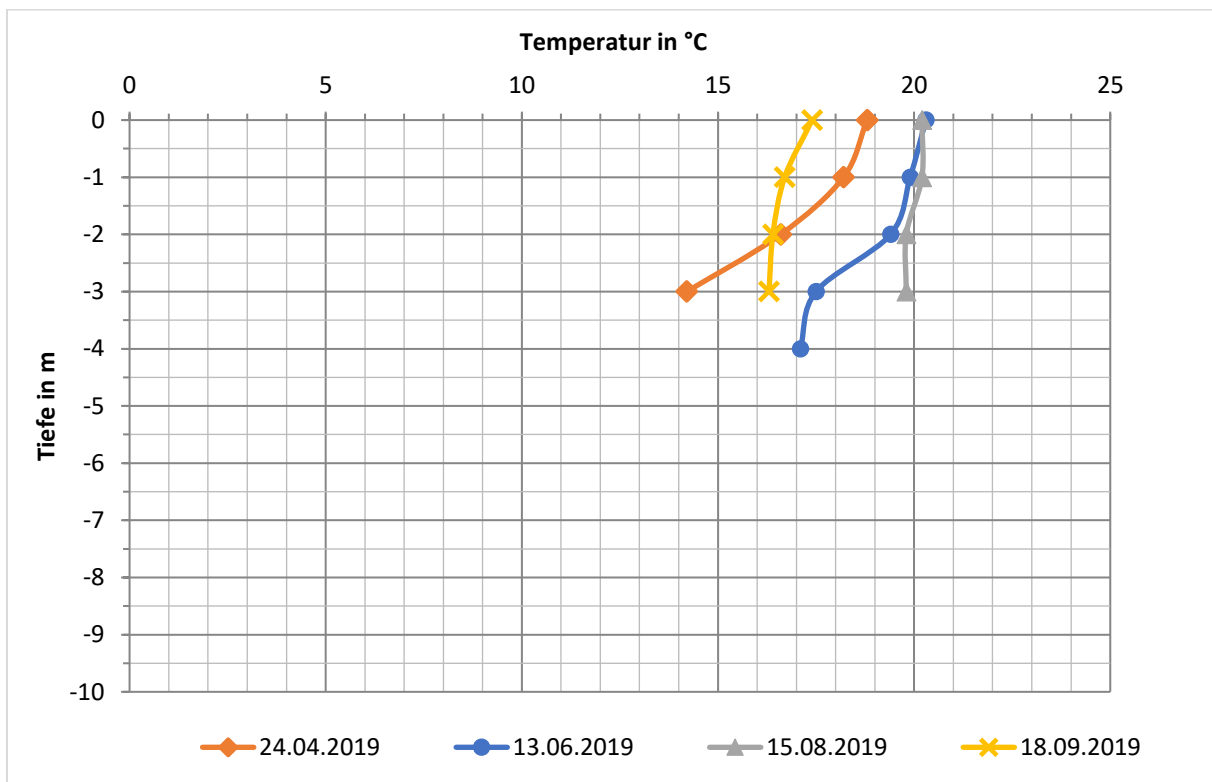


Abb. 12: Schluchtsee – Temperatur im Tiefenprofil.

3.1.2.2 Elektrische Leitfähigkeit

Die Leitfähigkeit im Schluchtsee liegt mit ca. 850 $\mu\text{S}/\text{cm}$ etwas höher als im Heider Bergsee, aber immer noch im Normalbereich. Die Menge der gelösten Stoffe ist im gesamten Untersuchungszeitraum im Tiefenprofil gleichverteilt. Dementsprechend kann davon ausgegangen werden, dass die Wassersäule ganzjährig in Bewegung ist.

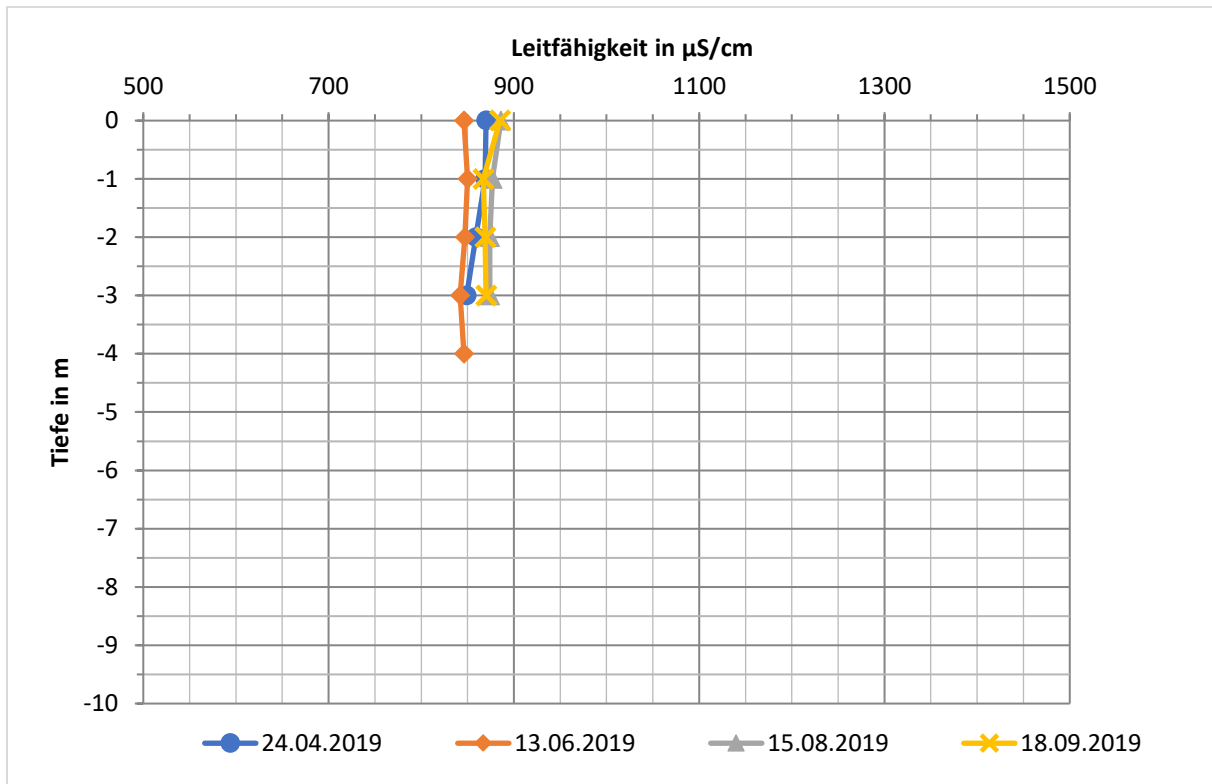


Abb. 13: Schluchtsee – Leitfähigkeit im Tiefenprofil.

3.1.2.3 Sauerstoff

Die Sauerstoffsättigung fällt im Hypolimnion stark ab, was auf sauerstoffzehrende Prozesse hinweist, fällt aber nie unter 40 %, sodass kein Sauerstoffdefizit auftritt. Im September ist die Kurve annähernd konstant, was ebenfalls gegen eine Temperaturschichtung spricht. Die Werte sind alle im Normalbereich.

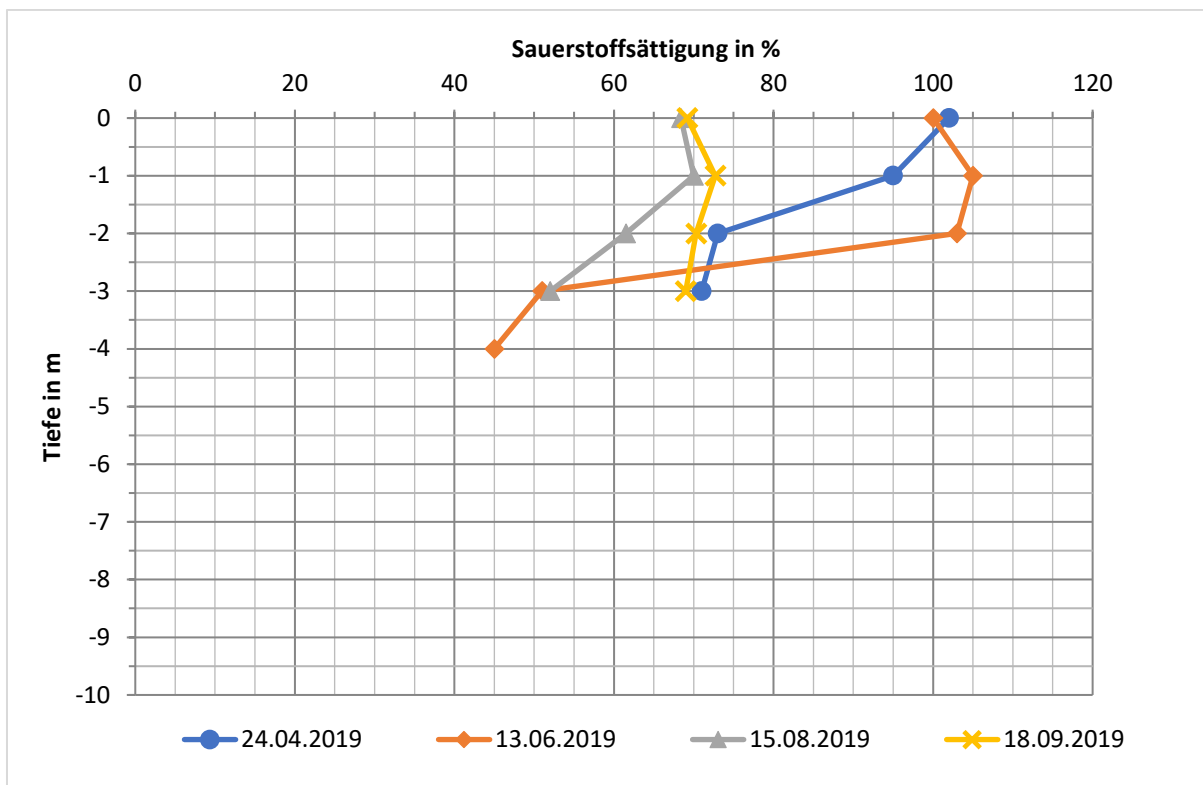


Abb. 14: Schluchtsee – Sauerstoffsättigung im Tiefenprofil.

In Tab. 6 werden die Sauerstoffgehalte in mg/l dargestellt, die einzelnen Kurven verhalten sich wie der in Abb. 14.

Tab. 6: Schluchtsee – Sauerstoffgehalt in mg/l.

Tiefe [m]	24.04.2019	13.06.2019	15.08.2019	18.09.2019
0	9,40	8,92	6,07	6,63
-1	8,80	9,44	6,19	7,06
-2	7,00	9,35	5,50	6,89
-3	7,20	4,85	4,67	6,75
-4	-	4,28	-	-

3.1.2.4 pH-Wert

Die pH-Werte im Schluchtsee befinden sich ganzjährig zwischen 7 und 8. Somit ist das Wasser leicht basisch. Im Tiefenprofil sind die Werte nahezu konstant, was ebenfalls zu einer ganzjährigen Vollzirkulation passt. Die Werte sind alle im Normalbereich.

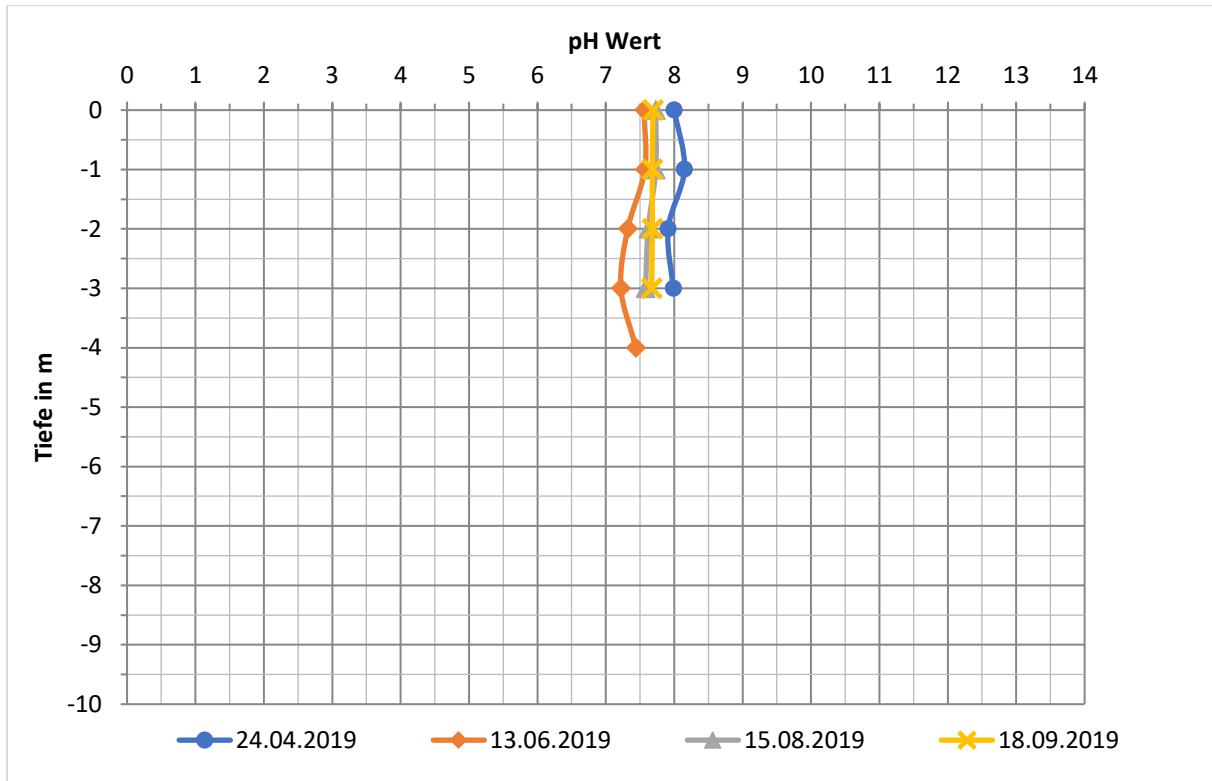


Abb. 15: Schluchtsee – pH-Werte im Tiefenprofil.

3.1.2.5 Chlorophyll-a und Sichttiefe

Die Sichttiefe bleibt im Schluchtsee annähernd konstant, auch wenn sich die Chlorophyll a Werte halbieren.

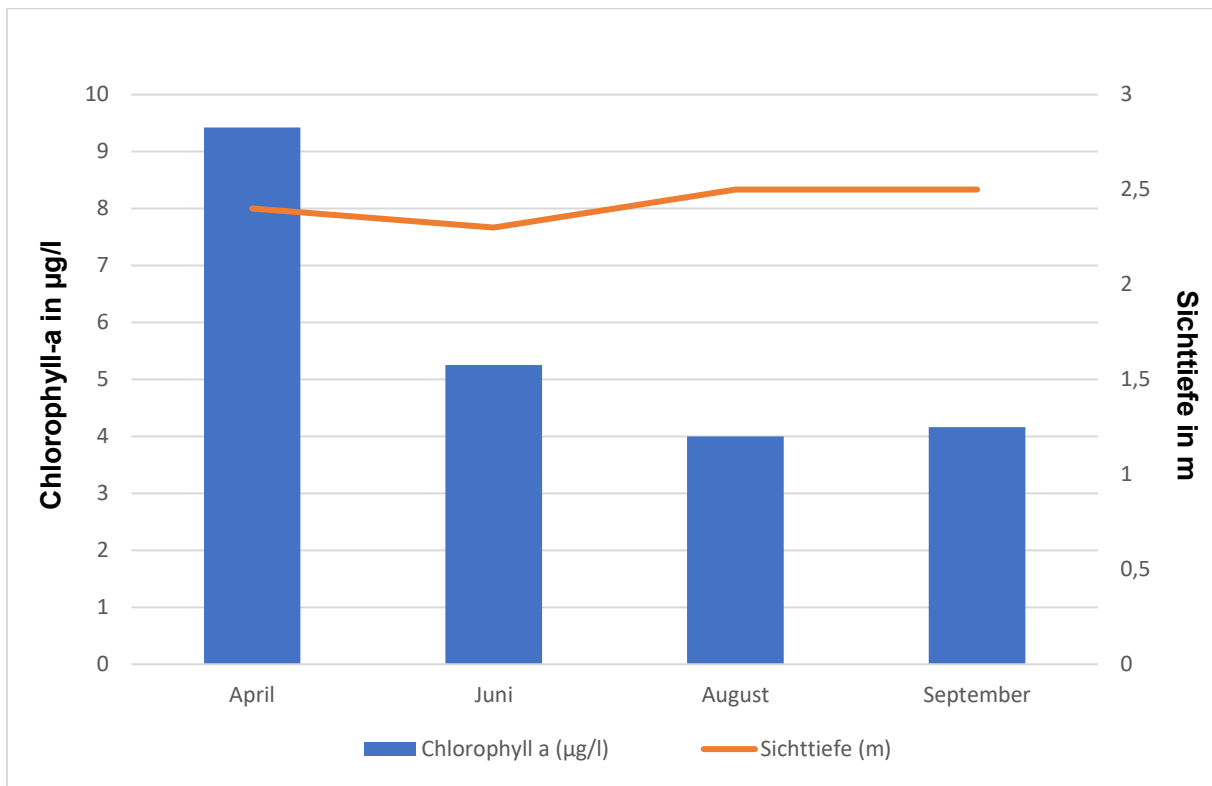


Abb. 16: Schluchtsee – Verhältnis Chlorophyll-a zu Sichttiefe.

3.1.2.7 Nährstoffsituation

Die Ergebnisse der Wasseranalytik im Labor aus Tab. 8 sind unauffällig und im Normalbereich. Lediglich die Sulfatwerte sind im April und im Juni sehr hoch und übersteigen den Grenzwert von 250 mg/l, sinken aber über den Sommer stark ab. Die Chlorophyll a Werte sind relativ hoch, sodass mit einer höheren Trophieklasse gerechnet werden kann.

Tab. 7: Schluchtsee – Ergebnisse der Wasseranalytik im Labor.

		24.04.2019	13.06.2019	15.08.2019	18.09.2019
Parameter	Einheit	Mischprobe	Mischprobe	Mischprobe	Mischprobe
Ammonium-Stickstoff (NH ₄ -N)	mg/l	0,03	0,04	0,08	0,12
Nitrat-Stickstoff (NO ₃ -N)	mg/l	< 0,51	< 0,51	< 0,51	< 0,51
Nitrit-Stickstoff (NO ₂ -N)	mg/l	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Ammonium (NH ₄)	mg/l	< 0,04	0,05	0,1	0,15
Nitrat (NO ₃)	mg/l	< 2,26	< 2,26	< 2,26	< 2,26
Nitrit (NO ₂)	mg/l	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Gesamtphosphor (P _{ges})	mg/l	0,017	0,017	0,004	0,014
Phosphat (PO ₄)	mg/l	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009
Calcium (Ca)	mg/l	139	131	139	127
gelöster reaktiver Phosphor (SRP)	mg/l	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Sulfate (SO ₄)	mg/l	279	264	124	91,6
Eisen (Fe)	mg/l	0,103	0,115	0,161	0,104
Mangan (Mn)	mg/l	0,214	0,447	0,197	0,163
Chlorid (Cl ⁻)	mg/l	21,9	22,3	21,2	90,3
DOC	mg/l	13,9	16,2	16,1	12,4
Säurekapazität 4,3 (Ks)	mmol/l	3,89	3,82	4,11	3,77
Chlorophyll a (Chl a)	µg/l	9,42	5,25	4	4,16
Chlorophyll b (Ch b)	µg/l	0,36	0,09	0,19	0,12

3.1.2.8 Zusammenfassung der relevanten Ergebnisse für die Trophiebewertung

Je nach Schichtungsverhalten fallen die vier Parameter unterschiedlich ins Gewicht. Der Schluchtsee wird mit einer Größe < 5 ha und einer mittleren Tiefe von ≤ 3 m als „ungeschichtet“ eingestuft. Daher wird der Gesamt-Trophie-Index für den Schluchtsee 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. 17: Angepasste Formel zur Ermittlung der Trophie für den Schluchtsee nach LAWA (2013).

Die relevanten Ergebnisse für die Berechnung der Trophie sind in Tab. 7 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 µg/l umgewandelt.

Tab. 8: Ergebnisse der erhobenen Daten zur Bestimmung der Trophie nach LAWA (2014) im Schluchtsee.

Datum	Probe	Chl-a (µg/l)	Pgesamt (µg/l)	P-Frühjahrswert (µg/l)	Sichttiefe (m)
24.04.2019	Mischprobe	9,42	17	17	2,40
13.06.2019	Mischprobe	5,25	17	-	2,30
15.08.2019	Mischprobe	4,00	4	-	2,50
18.09.2019	Mischprobe	4,16	14	-	2,50
	Mittelwerte:	5,71	13	17	2,43

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:

$$\frac{2,05*10+2,2*6+1,58*6+1,92*4}{26} = 1,96$$

Abb. 18: Berechnung des Trophieindex für den Hürther Waldsee.

Das Ergebnis wird in Kapitel 4.2 S. 31 klassifiziert und bewertet.

3.2 Makrophyten

3.2.1 Heider Bergsee

Im Heider Bergsee wurden im Jahr 2019 insgesamt vier Transekte untersucht, ein Transekt mehr als bei den vorangegangenen Untersuchungen. Die Untersuchung erfolgte für die Transekte 1 bis 3 an denselben Standorten wie in den vorangegangenen Untersuchungsjahren. Zusätzlich wurden die Uferbereiche im Jahr 2020 mit einem Boot abgefahren.

Bei der Untersuchung konnten insgesamt 17 Makrophytenarten und ein Wassermooos nachgewiesen werden, davon gehörten 7 Arten zur Gruppe der Armleuchteralgen. Im Vergleich zum Untersuchungsjahr 2014 konnten mehr Arten nachgewiesen werden (s. Tab. 9, S. 25), was allerdings in der erstmaligen Untersuchung des zusätzlichen Transekts 4 begründet liegt. Werden die Artenanzahlen der Transekte 1 bis 3 mit den Untersuchungen der Jahre 2014 und 2015 verglichen, so ist das Arteninventar nahezu konstant mit wenigen Veränderungen.

In allen Transekten dominieren die höheren Makrophyten *Myriophyllum heterophyllum*, *Myriophyllum verticillatum*, *Potamogeton pectinatus* und *Elodea nuttallii*. Untergeordnet kommen insgesamt 7 Armleuchteralgen vor, diese finden sich vorwiegend im Flachwasserbereich und in der Tiefe und bilden lockere, mosaikartige Bestände. Zusammenhängende Armleuchteralgenrasen finden sich innerhalb der Transekten nicht.

Im Heider Bergsee stehen *Myriophyllum heterophyllum* und *Myriophyllum verticillatum* eng vergesellschaftet, in anderen Bereichen finden sich Monobestände. Der Flachwasserbereich bis 2 m Wassertiefe ist in allen Transekten nahezu frei von Armleuchteralgen. Der Hauptverbreitungsbereich der Armleuchteralgen liegt zwischen 2 und 4 m, sie kommen aber auch bis zur untersuchten Tiefe von 6,8 m vor.

Bei der Bootsbefahrung im Jahr 2020 wurden allerdings zusammenhängende und ausge dehnte Bestände von *Chara aspera* im Flachwasserbereich der Badebucht nachgewiesen (Deckungsgrad > 50 %). Diese liegen sowohl außerhalb der Transektstandorte als auch außerhalb des FFH-Gebietes und des LRT 3140 und bedürfen einer besonderen Beobachtung.

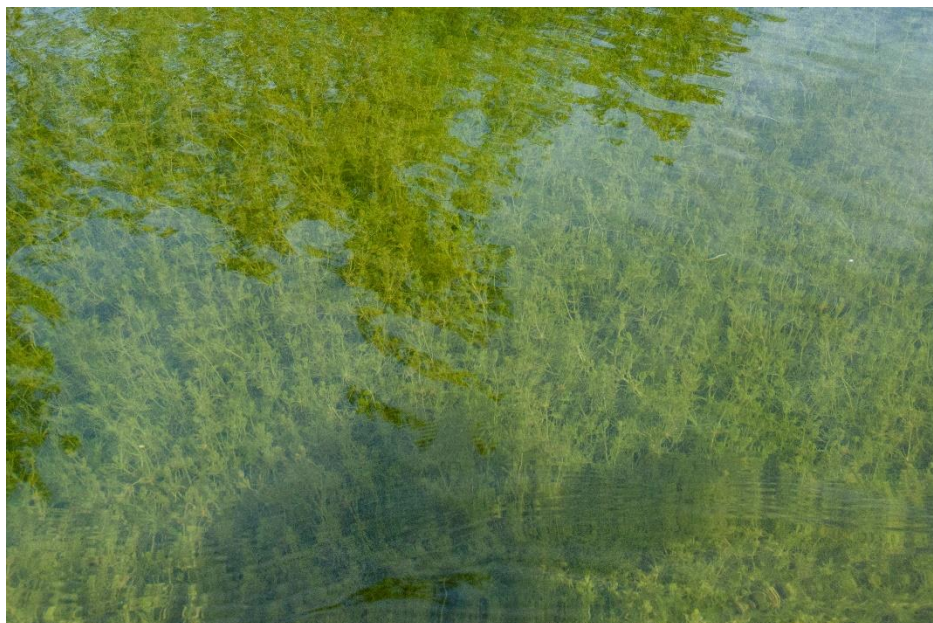


Abb. 19: Armleuchteralgenrasen aus *Chara aspera* in der Badebucht.

Tab. 9: Artenlisten des Heider Bergsees der Untersuchungsjahre 2005, 2011, 2014 und 2019 im Vergleich.

Art	2005 ¹	2011 ²	2014 ²	2019 ²	Status RL
Armleuchteralgen					
<i>Chara aculeolata</i> ⁴				x	2
<i>Chara aspera</i>				x	2
<i>Chara contraria</i>	x			x	*
<i>Chara globularis</i>	x			x	*
<i>Chara virgata</i>		x			*
<i>Nitella mucronata</i>	x	x		x	*
<i>Nitella opaca</i>		x	x	x	3
<i>Nitellopsis obtusa</i>	x		x	x	V
Anzahl Armleuchteralgen:	4	3	2	7	
Höhere Makrophyten					
<i>Ceratophyllum demersum</i>	x	x	x	x	*
<i>Elodea nuttallii</i>				x	*
<i>Hippuris vulgaris</i>	x	x	x	x	2
<i>Myriophyllum heterophyllum</i>	x	x	x	x	*
<i>Myriophyllum spicatum</i>	x				*
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	x	x	x	x	2
<i>Nuphar lutea</i> ³	x	x			*
<i>Potamogeton crispus</i>				x	*
<i>Potamogeton pectinatus</i>	x	x	x	x	*
<i>Potamogeton pusillus</i>				x	*
<i>Utricularia australis</i> agg	x	x	x	x	3
Anzahl der höheren Makrophyten:	8	7	6	9	
Moose:					
<i>Fontinalis antipyretica</i> ³	x		x	x	*
Arten insgesamt:	13	10	9	17	
¹ Quelle: Hussner, A., Nienhaus, I. und T. Krause (2005): Zur Verbreitung von <i>Myriophyllum heterophyllum</i> Michx. In Nord-rhein-Westfalen ² Quelle: DIE GEWÄSSER-EXPERTEN! 2014 und 2019. ³ Nachweis außerhalb der Transektstandorte ⁴ vormalis <i>Chara polyacantha</i> V: Vorwarnliste der Roten Liste 2010 *: ungefährdet 2: stark gefährdet 3: gefährdet					

Aus der Gruppe der Armleuchteralgen sind drei Arten in der Roten Liste NRW (2010) mit einem Gefährdungsstatus eingestuft und eine Art steht auf der Vorwarnliste:

- *Chara aculeolata* stark gefährdet (2)
- *Chara aspera* stark gefährdet (2)
- *Nitella opaca* gefährdet (3)
- *Nitellopsis obtusa* Vorwarnliste (V)

Aus der Gruppe der höheren Makrophyten sind drei Arten in der Roten Liste NRW (2010) mit einem Gefährdungsstatus eingestuft:

- *Hippuris vulgaris* stark gefährdet (2)
- *Myriophyllum verticillatum* stark gefährdet (2)
- *Utricularia australis* agg. gefährdet (3)

Die Deckungsgrade mit Armleuchteralgenrasen sind je nach Transekt unterschiedlich und hängen zum einen von der Topographie des Seebodens, zum anderen von den Dominanzbeständen der höheren Makrophyten ab (hier ist vor allem *Myriophyllum heterophyllum* zu nennen). In den Transekten 1 bis 3 liegen die Deckungsgrade zwischen „< 5 %“ und „10-25 %“ und schwanken nur leicht im Vergleich zu den Voruntersuchungen. Lediglich im Transekt 4 und im Bereich der Badebucht liegt der Deckungsgrad deutlich höher. Im Mittel gehen wir davon aus, dass der Deckungsgrad einen Anteil von 5-10 % nicht übersteigt (s. Tab. 10).

Tab. 10: Deckungsgrade des besiedelbaren Gewässergrundes mit Unterwasser-Armlleuchteralgenrasen in den Jahren 2019, 2014, 2011 und 2005.

	Transekt 1	Transekt 2	Transekt 3	Transekt 4	Mittelwert im See:
2005	5-10 %	< 5 %			< 5 %
2011	5-10 %	< 5 %	< 5 %		< 5 %
2014	< 5 %	< 5 %	< 5 %	-	< 5 %
2019	5-10 %	10-25 %	< 5 %	25-50 %	10-25 %

Die Makrophytentiefengrenze wird in keinem der Transekte erreicht. Der Heider Bergsee ist flächendeckend – wenn auch in einer Tiefe von mehr als 6 m spärlich – bewachsen.

Fototafel Heider Bergsee



Utricularia australis agg.



Myriophyllum heterophyllum



Hippuris vulgaris im Vordergrund



Myriophyllum verticillatum



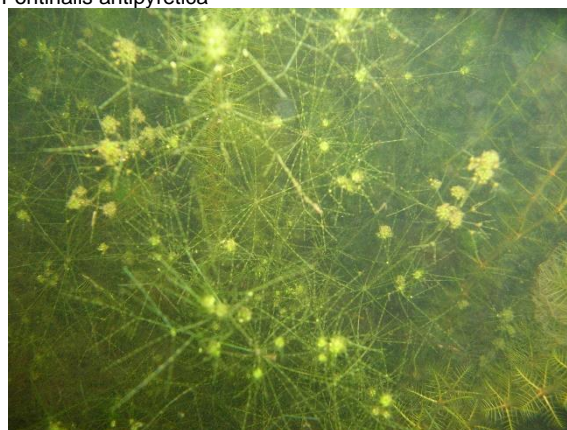
Potamogeton pectinatus



Fontinalis antipyretica



Nitellopsis obtusa unter Sediment



Nitella mucronata / *Nitella opaca*

3.2.2 Schluchtsee

Im Schluchtsee wurde im Jahr 2019 ein Transekt mittels Tauchkartierung untersucht. Zusätzlich fand eine Befahrung mit dem Boot auf der gesamten Länge statt, um ggf. außerhalb des Transektes vorkommende Arten aufzunehmen

Der Makrophytenbestand des Schluchtsees besteht aus *Myriophyllum heterophyllum*, *Myriophyllum verticillatum* und *Nuphar lutea*. Weitere – noch in den 1980er Jahren – nachgewiesene Arten wurden sowohl 2014 als auch 2019 nicht gefunden. Armleuchteralgen kommen im Schluchtsee derzeit nicht vor. Die drei vorkommenden höheren Makrophytenarten bilden ein Mosaik und wechseln sich immer wieder ab.

Eine Tiefengrenze konnte aufgrund der schlechten Sicht nicht ermittelt werden, wir gehen aber davon aus, dass der Schluchtsee bis auf wenige Bereiche am tiefsten Punkt nahe dem Überlauf zum Heider Bergsee vollständig bewachsen ist.

Die einzige Makrophytenart mit RL-Status ist *Myriophyllum verticillatum*, dass gem. RL-NRW als „stark gefährdet“ (2) eingestuft ist.

Tab. 11: Artenlisten des Schluchtsees der Untersuchungsjahre 2019 und 1980er Jahre im Vergleich.

Art	1980er ¹	2014 ²	2019 ²	Status RL
Armlauchteralgen				
<i>Chara globularis</i>	x			*
Anzahl Armlauchteralgen:	1	0	0	
Höhere Makrophyten				
<i>Elodea canadensis</i>	x			*
<i>Myriophyllum heterophyllum</i>	x	x	x	*
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	x	x	x	2
<i>Nuphar lutea</i>	x	x	x	*
<i>Nymphaea spec.</i>	x			
<i>Potamogeton berchtoldii</i>	x			*
<i>Potamogeton natans</i>	x			*
<i>Potamogeton pusillus</i>	x			*
Anzahl der höheren Makrophyten:	8	3	3	
Arten insgesamt:	9	3	3	
¹ Quelle: Ville-Seen Gutachten aus den 1980er Jahren ² Quelle: DIE GEWÄSSER-EXPERTEN! 2019. *: ungefährdet 2: stark gefährdet				



Abb. 20: Mosaik aus *Myriophyllum* und *Nuphar lutea*.

4 Bewertung

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

4.1 Trophie

4.1.1 Heider Bergsee

Aus der Berechnung in Kapitel 3.1.1.7 (S. 16) ergibt sich für den Heider Bergsee die in Tab. 12 dargestellte Trophiebewertung:

Tab. 12: Heider Bergsee - Ergebnis der Trophieuntersuchung nach LAWA (2014).

Bezeichnung	Jahr	Anzahl Messtermine	Gesamt-Trophie-Index	Trophieklasse
Heider Bergsee	2019	4	1,27	Oligotroph

Der Heider Bergsee wird mit der **Trophieklasse I „oligotroph“** bewertet. Der Gesamt-Trophie-Index befindet sich im mittleren Bereich dieser Klasse.

Oligotrophe Gewässer haben ein geringes Nährstoffangebot und sind daher von geringer biologischer Produktion. Das geringe Aufkommen von Phosphor limitiert das Pflanzen- und Algenwachstum. Phyto- und Zooplankton sind zwar artenreich vorhanden, jedoch individuenarm.

Im Vergleich zu früheren Trophieergebnissen aus den Jahren 2003 und 2013, die freundlicherweise vom Landesamt für Natur-, Umwelt- und Verbraucherschutz (LANUV) und für 2015 vom Rheinischen Fischereiverband 1880 e.V. zur Verfügung gestellt wurden, befindet sich der Heider Bergsee mit Schwankungen im oligotrophen Bereich (s. Tab. 13). Die Saisonmittelwerte von Chlorophyll a und Phosphor sind im Vergleich zu 2015 gesunken.

Tab. 13: Heider Bergsee - Trophieergebnisse im Vergleich 2003 bis 2019.

Jahr	2019 ¹	2015 ²	2013 ²	2003 ²
Trophieklasse	oligotroph	oligotroph	oligotroph	Oligo - mesotroph
Trophie-Index	1,27	1,49*	1,20	- *
\bar{X} Chlorophyll a (µg/l)	2,22	3,2	1,42	- *
\bar{X} Phosphor ((µg/l)	7,5	10,5	15	- *
¹ Quelle: Eigene Erhebung, DIE GEWÄSSER-EXPERTEN! 2019 ² Quelle: Trophieuntersuchung LANUV NRW * Hinweis: es liegen keine detaillierten Daten vor				

4.1.2 Schluchtsee

Aus der Berechnung in Kapitel 3.1.2.8 (S. 23) ergibt sich für den Schluchtsee die in Tab. 14 dargestellte Trophiebewertung:

Tab. 14: Schluchtsee - Ergebnis der Trophieuntersuchung nach LAWA (2014).

Bezeichnung	Jahr	Anzahl Messtermine	Gesamt-Trophie-Index	Trophieklasse
Schluchtsee	2019	4	1,96	Mesotroph 1

Der Schluchtsee wird mit der **Trophieklasse II „mesotroph 1“** bewertet. Der Gesamt-Trophie-Index befindet sich im Grenzbereich zu Trophieklasse III „mesotroph 2“.

Mesotrophe Gewässer haben eine höhere Nährstoffverfügbarkeit und damit eine höhere biologische Produktion als oligotrophe Gewässer. Die Phytoplanktonentwicklung ist mäßig, mit einem Maximum im Frühjahr, weist jedoch eine hohe Artenvielfalt auf, die im oligotrophen Gewässer allerdings meist deutlich individuenärmer auftritt. In mesotrophen Seen kann es im Metalimnion, im Bereich der Sprungschicht häufig zu einer Sauerstoffzehrung kommen, weshalb im Hypolimnion ein Sauerstoffmangel auftreten kann.

Im Vergleich zu früheren Trophieergebnissen aus den Jahren 1980 und 2000 hat sich der Schluchtsee von einem oligo – mesotrophen Gewässer zu einem mesotrophen Gewässer entwickelt (s. Tab. 15). Die Phosphorkonzentration ist seit 2000 angestiegen, während Chlorophyll a nahezu gleichgeblieben ist.

Tab. 15: Schluchtsee - Trophieergebnisse im Vergleich 1980 bis 2019.

Jahr	2019 1	2000 2	1980er 3
Trophieklasse	Mesotroph 1	mesotroph	Oligo-mesotroph
Trophie-Index	1,96	1,69	- *
\bar{X} Chlorophyll a ($\mu\text{g/l}$)	5,71	5,36	- *
\bar{X} Phosphor ($\mu\text{g/l}$)	13	10,57	- *
¹ Quelle: Eigene Erhebung, DIE GEWÄSSER-EXPERTEN! 2019 ² Quelle: Trophieuntersuchung LANUV NRW ³ 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. 16 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. 16: 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

In Rücksprache mit dem LANUV NRW (Herr Dr. Hetzel, 18.06.2020) und nach gutachterlicher Abschätzung fließen bei der Bewertung des Heider Bergsees zusätzliche Störzeiger in das Beeinträchtigungskriterium mit ein:

- *Ceratophyllum demersum* (Charakterart Myriophyllo-Nupharetum)
- *Hippuris vulgaris* (bevorzugt nährstoffreiche Gewässer)
- *Myriophyllum heterophyllum* (Neophyt)
- *Nuphar lutea* (Charakterart Myriophyllo-Nupharetum)
- *Elodea nuttallii* (Neophyt)

Alle Arten stehen in starker Konkurrenz zu den charakteristischen Kenn- und Trennarten des LRT 3140. Die Art *Myriophyllum verticillatum* wird nicht als Störzeiger angesehen, da es sich um eine endemische und vor allem nach Roter Liste NRW gefährdeter Art handelt.

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.

Für den Schluchtsee erfolgt keine Bewertung. Er liegt zwar im FFH-Gebiet, dennoch ist er kein ausgewiesener LRT 3140. Auch die jetzigen Untersuchungen geben keine Hinweise darauf, dass er als LRT 3140 eingestuft werden kann, da der Deckungsgrad des besiedelten Gewässergrundes mit Armelechteralgen-Unterwasserrasen bei 0% liegt. Für ein LRT 3140-Gewässer ist eine Besiedelung von 10% des Gewässergrundes Voraussetzung.

Für den Schluchtsee macht eine Bewertung nach den Kriterien des LRT 3140 fachlich keinen Sinn, da im Gewässer keine Armelechteralgen nachgewiesen wurden und das Mindestkriterium von 10 % Deckungsgrad mit Armelechteralgen nicht erreicht.

4.2.1 Heider Bergsee

Der Deckungsgrad des besiedelbaren Gewässergrundes mit Armelechteralgen-Unterwasserrasen im Heider Bergsee schwankt von Transekt zu Transekt stark (s. Tab. 10, S. 26). Insgesamt wird gutachterlich von einem Deckungsgrad im gesamten Gewässer von 10-25 % ausgegangen. Im Vergleich zu den Untersuchungsjahren 2014, 2011 und 2005 kann eine Zunahme des Deckungsgrades verzeichnet werden. Diese Zunahme kann allerdings nicht zweifelsfrei als Verbesserung gewertet werden. Die Hinzunahme des Transektes 4 für eine repräsentativere Verteilung und die Einbeziehung des Vorkommens in der Badebucht führt zu dieser Einstufung. Es sei darauf hingewiesen, dass die höheren Deckungsgrade außerhalb der Abgrenzung des FFH-Gebietes nachgewiesen wurden. Wir gehen davon aus, dass es sich bei der Ausweisung der Grenze des FFH-Gebietes und damit des Lebensraumtyps 3140 um eine politische Entscheidung gehandelt hat.

Für einen LRT 3140 hat der Heider Bergsee allerdings einen recht niedrigen Deckungsgrad mit Armelechteralgen-Unterwasserrasen, was nicht zuletzt durch die vorhandenen konkurrenzstarken Arten zu erklären ist. Interessant wäre die Fragestellung, ob die Nutzungen (Badenutzung, Mähboot, eingeschränkte Badenutzung in 2020) einen positiven Effekt auf die Verdrängung von z. B. *Myriophyllum heterophyllum* und damit einer Begünstigung der Armelechteralgen haben könnte. Insbesondere in Bezug auf Maßnahmen könnte ein gezieltes Management der Störzeiger zu einer Förderung der Armelechteralgen führen.

Der Erhaltungszustand des Kriteriums „LR-typische Strukturen“ wird gem. den Bewertungskriterien als „C – mittel bis schlecht“ bewertet.

In Bezug auf das Bewertungskriterium „Vollständigkeit des LR-typischen Arteninventars“ wurden im Untersuchungsjahr 2019 insgesamt 7 Kenn- und Trennarten nachgewiesen. Der Nachweis von *Chara aspera* und *Chara aculeolata* (vorm. *polyacantha*) ist nach vorliegenden Untersuchungsdaten erstmals gelungen. Beide Arten gelten in NRW gem. Roter Liste als „stark gefährdet“. *Chara aspera* wurde zudem 2020 insbesondere in der Badebucht in ausgedehnten Beständen nachgewiesen. Die nachgewiesenen 7 Armelechteralgen stellen in der Untersuchungsfolge 2005, 2011, 2014 und 2019 mit Abstand die höchste Anzahl dar.

Der Erhaltungszustand des Kriteriums „Vollständigkeit des LR-typischen Arteninventars“ wird demnach mit „A – hervorragend“ bewertet.

Ein geringer Anteil der durch benthivore Fischarten (<10 %) gestörten Wasserpflanzenvegetation und eine relativ große „untere Makrophytengrenze von mind. 6,8 m werden im Kriterium Beeinträchtigungen mit „A – hervorragend“ bzw. „B – gut“ bewertet. Da für das Kriterium Beeinträchtigungen aber die Gesamtbewertung durch die niedrigste Bewertung eines Teilparameters das Ergebnis bestimmt, wird durch den hohen Anteil an Störzeigern (25-50 %) und der entsprechenden Bewertung „C – mittel bis schlecht“ herabgesenkt.

Insgesamt kann der LRT 3140 für den Heider Bergsee mit „2 – gut“, allerdings an der Grenze zu „3 – mittel bis schlecht“ bewertet werden.

Tab. 17: Bewertung des LRT 3140 nach den Vorgaben des FFH-Verfahrens in NRW für den Heider Bergsee.

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: Potamogeton coloratus - Algen: Chara aspera, Chara aculeolata, Chara contraria, Chara globularis, Chara hispida, Chara polyacantha, Nitella capillaris, Nitella mucronata, Nitella opaca, Nitella syncarpa, Nitella tenuissima, Nitellopsis obtusa, Tolypella glomerata, Tolypella intricata		
	Feld 1: Kenn- und Trennarten		
	> 5	4 – 5	1 – 3
	Chara aspera, Chara aculeolata, Chara contraria, Chara globularis, Nitellopsis obtusa, Nitella mucronata, Nitella opaca		
	7		
Beeinträchtigungen	Feld 1: Untere Makrophytengrenze		
	> 8 m	> 4 -8 m	2,5 - 4 m
		mind. 6,8 m	
	Feld 2: Anteil Störanzeiger an der Wasserpflanzenvegetation wie Potamogeton pectinatus, Myriophyllum spicatum, Lemna minor, Ceratophyllum demersum, Elodea nuttallii, Elodea canadensis [%]		
	< 10	10 - 25	> 25 -50
			Ceratophyllum demersum, Hippuris vulgaris, Myriophyllum heterophyllum, Nuphar lutea, Elodea nuttallii
			25-50 %
	Feld 3: Anteil der durch benthivore Fischarten, v.a. Karpfen, gestörten Wasserpflanzenvegetation [%]		
	< 10	10 - 25	> 25-50
	x		
Gesamtbewertung		X	

4.2.1.1 Schluchtsee

Durch das Fehlen der Voraussetzungen zur Bewertung als LRT 3140 wird der Schluchtsee nicht nach dem FFH-Verfahren für LRT 3140 bewertet. Es wird nicht davon ausgegangen, dass sich zukünftig wesentliche Bestände an Armeuchteralgen entwickeln werden.

5 Handlungsempfehlungen zum Schutz und Erhalt der Armleuchteralgenbestände

Der Schutz der Armleuchteralgen als Untergruppe der aquatischen Makrophyten ist im Lebensraum Heider Bergsee von essentieller Bedeutung. Armleuchteralgen sind die charakteristischen Kenn- und Trennarten des ausgewiesenen Lebensraumtyps LRT 3140. Im Heider Bergsee besteht die Besonderheit, dass nicht das gesamte Gewässer, sondern nur ein Teil als LRT 3140 ausgewiesen wurde. Die Untersuchungen im Jahr 2019 haben aber gezeigt, dass sich die Population der Armleuchteralgen erwartungsgemäß nicht an die künstlich gezogene Grenze des Lebensraumtyps hält. Grundsätzlich sollten daher Maßnahmen zum Schutz der Armleuchteralgen im Heider Bergsee also für das gesamte Gewässer und nicht nur für den ausgewiesenen Lebensraumtyp geplant werden.

Bei den Untersuchungen im Jahr 2019, 2014, 2011 und 2005 wurden insgesamt 8 Armleuchteralgen nachgewiesen, die zum Teil sehr unterschiedliche Ansprüche an ein Gewässer haben. Daraus und aus der Bestandssituation in Europa ergibt sich ein artspezifisch unterschiedlicher Maßnahmenbedarf. Einen Überblick hierzu bietet Tab. 18 (s. S. 37). Grundsätzlich sei an dieser Stelle festgehalten, dass im Rahmen des „Gewässerökologischen Fachbeitrags“ lediglich geeignete Maßnahmen zum grundsätzlichen Schutz der Armleuchteralgen, also Handlungsempfehlungen, nicht aber konkrete für den Heider Bergsee zutreffende Maßnahmen aufgeführt werden. Die Konkretisierung und räumlichen Verortung von Maßnahmen ist dann Gegenstand der Erarbeitung des MAKO für das FFH-Gebiet.

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, Resuspension etc. eine Eintrübung des Gewässers stattfinden.

Schutzmöglichkeiten bestehen daher in einer den Nährstoffeintrag und die Trübung der Gewässer minimierenden Nutzung (KORSCH 2016). Vor allem die Begrenzung der Besatzdichte mit wühlenden Fischen (z. B. Karpfen) hat sehr positive Auswirkungen auf die Armleuchteralgenbestände. Die völlige Aufgabe der fischereilichen Nutzung kann allerdings zur Folge haben, dass eine einsetzende Sukzession meist nach wenigen Jahren zum Verschwinden der Armleuchteralgen führt. Ein weitgehend gewässertypspezifischer Besatz und eine entsprechende Hege fördern daher den Bestand an Armleuchteralgen.

Auch eine aktive Förderung der Armleuchteralgen durch die Reduzierung des Konkurrenzdrucks in einigen Bereichen des Sees wäre vorstellbar: Hierzu könnten, ähnlich wie im Phönix-See in Dortmund betrieben, nach Räumung von kleineren Bereichen Sand-Vliese zur Förderung von Armleuchteralgenbeständen ausgebracht werden. An dieser Stelle sei auf einschlägige Literatur, v. a. VAN DE WEYER ET AL (2012) verwiesen.

Ein besonderes Augenmerk sollte auf den Schutz der ausgedehnten *Chara aspera*-Bestände im Bereich des Bades und der östlichen Bucht gelegt werden. Hier sind aus gutachterlicher Sicht Schutzmaßnahmen unabdingbar.

Auch die – zumindest bei älteren Untersuchungen, nicht 2019 nachgewiesenen – *Nitella opaca*-Bestände in der Tiefe bedürfen einer besonderen Betrachtung, da diese schnell durch ggf. nur eine leichte Trübung verschwinden können.

Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass im Sediment genügend Oosporen (Überdauerungsorgane) vorhanden sind, so dass bei einer Verbesserung / Veränderung der Situation eine Wiederbesiedlung innerhalb von einem oder wenigen Jahren stattfinden kann.

Tab. 18: Überblick über Standortansprüche, Gefährdung und geeignete Schutzmaßnahmen für die im Heider Bergsee nachgewiesenen Armleuchteralgen.

Art	RL-Status	Sediment			
<i>Chara aculeolata</i>	2	Sand- und Kiesflächen, selten Schlamm	oligo-mesotroph	flach bis tief	Schutz vor Eutrophierung, insb. Vermeidung einer intensiven fischereilichen Nutzung
<i>Chara aspera</i>	2	sandige und kiesige Sedimente	oligo-mesotroph	0-3 m präferiert	Gefährdung durch Eutrophierung, v.a. Verringerung der Durchleuchtung durch Zunahme des Phytoplanktons, Ausbreitung von Röhrichten, Überwuchern durch größere bzw. konkurrenzstärkere Makrophyten
<i>Chara contraria</i>	*	breites Spektrum	euthrophierungstolerant	Nachweise bis 24 m	Erhalt von mesotrophen bis maximal schwach eutrophen Verhältnissen. Vermeidung direkter Biotopzerstörung, Reduzierung der Nähr- und Schadstoffeinträge, Vermeidung nutzungsbedingter Beeinträchtigung, schonende Entkrautung
<i>Chara globularis</i>	*	breites Spektrum	nährstofftolerant	0-10 m	Vermeidung direkter Biotopzerstörung, Reduzierung der Nähr- und Schadstoffeinträge, Vermeidung nutzungsbedingter Beeinträchtigung, schonende Entkrautung
<i>Chara virgata</i>	*	sandige, schluffige, organische Sedimente	oligo-mesotroph	Schwerpunkt flach	Vermeidung direkter Biotopzerstörung, Reduzierung der Nähr- und Schadstoffeinträge, Vermeidung nutzungsbedingter Beeinträchtigung, schonende Entkrautung
<i>Nitella mucronata</i>	*	feinkörnige Substrate wie Sand bis Schlamm	besiedelt fast das gesamte Trophie-spektrum	flache Gewässer, selten in größeren Tiefen	Durch die Fähigkeit, auch in relativ eutrophen Gewässern zu wachsen, ist die Gefährdung geringer als bei anderen Arten. Fördermaßnahmen bestehen durch die Entkrautung und Entschlammung besiedelter Gewässer
<i>Nitella opaca</i>	3	sandige, kiesige, schlammige Substrate	oligo – mesotroph	bis in große Tiefen, besiedelt häufig tiefe Bereiche	Gefährdung durch Eutrophierung und Verunreinigung infolge von Stoffeinträgen aus Landwirtschaft, Fischerei und/oder Badenutzung, Zunahme der Trübung, Änderung des Wasserregimes, Grundwasserabsenkungen, Intensivierung der Nutzung. Art bildet häufig die Untergrenze der Vegetation und ist daher insb. durch eine Zunahme der Trübung, intensive Wühltätigkeit durch Fische, Verringerung des Lichtdargebots in der Tiefe, gefährdet. Maßnahmen: Vermeidung/Reduzierung von Nähr- und Schadstoffeinträgen, Vermeidung/Verminderung nutzungsbedingter Beeinträchtigungen, Sicherung/Optimierung des Wasserregimes
<i>Nitellopsis obtusa</i>	V	Kalkmudden, aber auch sandige Substrate	oligo – mesotroph	bildet meist ab 5 m Wassertiefe typische Tiefengesellschaften	Präferenz von Klarwasserseen, bei zunehmender Eutrophierung werden vermehrt flachere Bereiche besiedelt. Gefährdung durch Eutrophierung in Folge von Nährstoffeinträgen, Zunahme der Trübung, Re-Suspension von Sedimenten durch wühlende Fischarten

Literatur

- ARBEITSGRUPPE CHARACEEN DEUTSCHLANDS (HRSG.) (2016): Armleuchteralgen – Die Characeen Deutschlands. Springer.
- 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)
- 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.
- KORSCH, H. (2016): Armleuchteralgen (Characea) – Bestandsentwicklung. In: Frank, D. & Schnitter, P. (Hrsg.) (2016): Pflanzen und Tiere in Sachsen-Anhalt. Ein Kompendium der Biodiversität. – Natur+Text, Rangsdorf, 1.132 S.
- 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 (2018a): Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armleuchteralgen und Moose) in Deutschland. Band 1: Bestimmungsschlüssel, 2. Aktualisierte Auflage
- LANDESAMT FÜR UMWELT DES LANDES BRANDENBURG (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-5107-304>
- LANUV (2019): <https://natura2000-meldedok.naturschutzinformationen.nrw.de/natura2000-meldedok/web/babel/media/zdok/DE-5107-304.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-, Wörth- 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/)

NIXDORF, B., HEMM, M., SCHLUNDT, A., KAPFER, M. & KRUMBECK, H. (2001): Braunkohlentagebauseen in Deutschland - Gegenwärtiger Kenntnisstand über wasserwirtschaftliche Belange von Braunkohlentagebaurestlöchern. Abschlussbericht BTU Cottbus.

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.

VAN DE WEYER, K., DIETL, K. U. M. HEUßEN (2012): See-Sohlbelegung mit einem Sand-Vlies zum Management von Makrophyten-Massenentwicklungen im Großen De Wittsee (Niederrhein). In: Korrespondenz Wasserwirtschaft, Heft 5, 2012. DWA Hennef.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Lage des FFH-Gebiets Heider Bergsee und Schluchtsee in der Ville-Seenkette DE-5107-304 bei Brühl-Heide.	5
Abb. 2: Anteil des LRT 3140 am FFH-Gebiet Heider Bergsee und Schluchtsee in der Ville-Seenkette bzw. an der Gesamtfläche des Heider Bergsees.	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: Heider Bergsee – Temperatur im Tiefenprofil.	10
Abb. 6: Heider Bergsee – Leitfähigkeit im Tiefenprofil.	11
Abb. 7: Heider Bergsee – Sauerstoffsättigung im Tiefenprofil.	12
Abb. 8: Heider Bergsee – pH-Werte im Tiefenprofil.	13
Abb. 9: Heider Bergsee – Verhältnis Chlorophyll-a zu Sichttiefe.	14
Abb. 10: Angepasste Formel zur Ermittlung der Trophie für den Heider Bergsee nach LAWA (2013).	16
Abb. 11: Berechnung des Trophieindex für den Heider Bergsee.	16
Abb. 12: Schluchtsee – Temperatur im Tiefenprofil.	17
Abb. 13: Schluchtsee – Leitfähigkeit im Tiefenprofil.	18
Abb. 14: Schluchtsee – Sauerstoffsättigung im Tiefenprofil.	19
Abb. 15: Schluchtsee – pH-Werte im Tiefenprofil.	20
Abb. 16: Schluchtsee – Verhältnis Chlorophyll-a zu Sichttiefe.	21
Abb. 17: Angepasste Formel zur Ermittlung der Trophie für den Schluchtsee nach LAWA (2013).	23
Abb. 18: Berechnung des Trophieindex für den Hürther Waldsee.	23
Abb. 19: Armleuchteralgenrasen aus <i>Chara aspera</i> in der Badebucht.	24
Abb. 20: Mosaik aus <i>Myriophyllum</i> und <i>Nuphar lutea</i>	29

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Untersuchte Parameter in der Wasseranalytik.	7
Tab. 2: Schätzskala der Häufigkeiten nach KOHLER (1978).	9
Tab. 3: Heider Bergsee – Sauerstoffgehalt in mg/l.	12
Tab. 4: Heider Bergsee – Ergebnisse der Wasseranalyse im Labor.	15
Tab. 5: Ergebnisse der erhobenen Daten zur Bestimmung der Trophie nach LAWA (2014) im Heider Bergsee.	16
Tab. 6: Schluchtsee – Sauerstoffgehalt in mg/l.	19
Tab. 7: Schluchtsee – Ergebnisse der Wasseranalytik im Labor.	22
Tab. 8: Ergebnisse der erhobenen Daten zur Bestimmung der Trophie nach LAWA (2014) im Schluchtsee.	23
Tab. 9: Artenlisten des Heider Bergsees der Untersuchungsjahre 2005, 2011, 2014 und 2019 im Vergleich.	25
Tab. 10: Deckungsgrade des besiedelbaren Gewässergrundes mit Unterwasser-Armleuchteralgenrasen in den Jahren 2019, 2014, 2011 und 2005.	26
Tab. 11: Artenlisten des Schluchtsees der Untersuchungsjahre 2019 und 1980er Jahre im Vergleich.	28
Tab. 12: Heider Bergsee - Ergebnis der Trophieuntersuchung nach LAWA (2014).	30
Tab. 13: Heider Bergsee - Trophieergebnisse im Vergleich 2003 bis 2019.	30
Tab. 14: Schluchtsee - Ergebnis der Trophieuntersuchung nach LAWA (2014).	31
Tab. 15: Schluchtsee - Trophieergebnisse im Vergleich 1980 bis 2019.	31
Tab. 16: Bewertungskriterien des LRT 3140 gem. LANUV 2020.	32
Tab. 17: Bewertung des LRT 3140 nach den Vorgaben des FFH-Verfahrens in NRW für den Heider Bergsee.	34
Tab. 18: Überblick über Standortansprüche, Gefährdung und geeignete Schutzmaßnahmen für die im Heider Bergsee nachgewiesenen Armleuchteralgen.	37