

Für die Lausitz Energie Bergbau AG



Monitoring zur Flutung des Cottbuser Ostsees

Jahresbericht 2022

Bestellnummer E64-4504310925 vom 23.04.2021
Projektnummer IWB 07/21



Blick auf den Randschlauch Merzdorf und den Südlandschlauch
(Foto: LEAG, April 2022)

Dresden, am 09.08.2023

Für die Lausitz Energie Bergbau AG



Monitoring zur Flutung des Cottbuser Ostsees

Jahresbericht 2022

Auftraggeber: LEAG Lausitz Energie Bergbau AG
Hauptverwaltung
Leagplatz 1, 03050 Cottbus

Bestellnummer: E64-4504310925 vom 23.04.2021

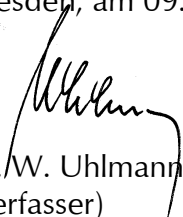
Verantwortlicher: Dipl.-Geologin Andrea Schapp

Auftragnehmer: Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann
Lungkwitzer Str. 12, 01259 Dresden

Projektnummer: 07/21

Bearbeiter: Dr. Wilfried Uhlmann
M. Sc. Fanny Schubert
Dipl.-Hydrologe Kai Zimmermann

Dresden, am 09.08.2023


Dr./W. Uhlmann
(Verfasser)



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
Bilderverzeichnis	1
Tabellenverzeichnis	2
Abkürzungsverzeichnis	3
Zusammenfassung	5
1 Veranlassung und Aufgabenstellung	8
2 Umfang der Untersuchungen im Jahr 2022	9
2.1 Untersuchungsgebiet	9
2.2 Flutungswasser	9
2.3 Seewasserstand	11
2.4 Seewasserbeschaffenheit	11
3 Ergebnisse	14
3.1 Witterung im Jahr 2022	14
3.2 Ereignisse	20
3.3 Morphometrie	21
3.4 Wasserbilanz	23
3.4.1 Flutung	23
3.4.2 Entwicklung des Wasserstandes und Volumenzuwachs	24
3.4.3 Wasserbilanz	27
3.5 Wasserbeschaffenheit	29
3.5.1 Flutungswasser	29
3.5.2 Cottbuser Ostsee	32
3.5.3 Kiesesee Maust	42
4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen	43
5 Quellenverzeichnis	44

Bilderverzeichnis

Bild 1: Überblick über das Untersuchungsgebiet zum Monitoring der Flutung des Cottbuser Ostsees im Jahr 2022.	9
Bild 2: Lage der Messstellen für das Flutungswasser am Cottbuser Ostsee im Monitoringjahr 2022.	10
Bild 3: Übersicht der Seemessstellen im Cottbuser Ostsee im Monitoringjahr 2022 gemäß [LEAG 2020].	12
Bild 4: Ganglinie der Tagesmitteltemperatur sowie der Spanne zwischen dem täglichen Temperaturmaximum und Temperaturminimum im Monitoringjahr 2022 im Vergleich mit den Monatsmitteln der Lufttemperatur für die 30-jährige Reihe von 1993 bis 2022 an der DWD-Wetterstation Cottbus.	15
Bild 5: Vergleich der Monatsmittel der Lufttemperatur im Monitoringjahr 2022 mit den Monatsmitteln der Lufttemperatur für die 30-jährige Reihe von 1993 bis 2022 an der DWD-Wetterstation Cottbus.	15



Bild 6:	Vergleich der Monatssummen des korrigierten Niederschlags im Monitoringjahr 2022 mit den mittleren Monatssummen der 30-jährige Reihe von 1993 bis 2022 an der DWD-Wetterstation Cottbus.	16
Bild 7:	Tagessummen des korrigierten Niederschlags an der DWD-Wetterstation Cottbus im Monitoringjahr 2022.	17
Bild 8:	Ganglinie der Tagesmittelwerte der Windgeschwindigkeit in 2 Meter Höhe an der DWD-Wetterstation Cottbus im Monitoringjahr 2022.	17
Bild 9:	Windrose mit Windrichtung und Windgeschwindigkeit in 2 Meter Höhe an der DWD-Wetterstation Cottbus im Monitoringjahr 2022 (Datenbasis: Stundenwerte).	18
Bild 10:	Monatssummen der für die Teilbecken des Cottbuser Ostsees nach DALTON berechneten Gewässerverdunstung im Monitoringjahr 2022.	19
Bild 11:	Bathymetrie des Cottbuser Ostsees bei dem Zielwasserstand von +62,5 m NHN auf der Grundlage des morphologischen Ausgangszustandes der Hohlform des Tagebaus Cottbus-Nord (Stand 22.02.2019).	22
Bild 12:	Wasserstand-Volumen-Flächen-Beziehung für den Cottbuser Ostsee, abgeleitet aus den Daten der Vermessung der Morphometrie vom 22.02.2019.	23
Bild 13:	Ganglinien der in das Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch) des Cottbuser Ostsees aus dem Hammergraben und den Randriegeln (Ableiter 1 NRS, Ableiter 2 NRS) im Monitoringjahr 2022 eingeleiteten Wassermengen.	24
Bild 14:	Ganglinien des Wasserstandes in den Teilbecken des zukünftigen Cottbuser Ostsees und Flutungsmengen in den Jahren 2019 bis 2022.	25
Bild 15:	Entwicklung des Seevolumens in den Teilbecken des zukünftigen Cottbuser Ostsees und Flutungsmengen in den Jahren 2019 bis 2021.	26
Bild 16:	Messwerte des pH-Wertes im Hammergraben an der Messstelle CB-Flut-01 und Flutungswassermenge an der Messstelle CB-Flut-Zuleiter im Monitoringjahr 2022.	30
Bild 17:	Messwerte der Eisenkonzentration im Hammergraben an der Messstelle CB-Flut-01 und Flutungswassermenge an der Messstelle CB-Flut-Zuleiter im Monitoringjahr 2022.	30
Bild 18:	Messwerte des pH-Wertes in den Randriegeln an der Messstelle Sammelleitung RR West 6 und Flutungswassermenge der Ableiter 1 NRS und Ableiter 2 NRS im Monitoringjahr 2022.	32
Bild 19:	Messwerte der Eisenkonzentration in den Randriegeln an der Messstelle Sammelleitung RR West 6 und Flutungswassermenge der Ableiter 1 NRS und Ableiter 2 NRS im Monitoringjahr 2022.	32
Bild 20:	Tiefenprofile der Kennwerte Wassertemperatur, Trübung, Sauerstoffkonzentration und -sättigung, pH-Wert, Redoxpotential und elektrische Leitfähigkeit in den Teilbecken des Cottbuser Ostsees zum Termin der Beprobung am 08.09.2022.	34
Bild 21:	Befunde für die Kennwerte pH-Wert, $K_{S_{4,3}}$, Eisen und Sulfat im Teilbecken Willmersdorf (Mst. CB-See-04) in allen beprobten Tiefenstufen im Zeitraum von 2014 bis 2022.	37
Bild 22:	Befunde für die Kennwerte pH-Wert, $K_{S_{4,3}}$, Eisen und Sulfat im Teilbecken Merzdorf (Mst. CB-See-02) in allen beprobten Tiefenstufen im Zeitraum von 2019 bis 2022.	38
Bild 23:	Befunde für die Kennwerte pH-Wert, $K_{B_{4,3}}$, Eisen und Aluminium im Teilbecken Schlichow (Mst. CB-See-01) in allen beprobten Tiefenstufen im Zeitraum von 2019 bis 2022.	39
Bild 24:	Phytoplanktonbefunde in den drei Teilbecken im Jahr 2022.	41

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Bezeichnung der Teilbecken und Teilbereiche des Cottbuser Ostsees.	9
Tabelle 2:	Messstellen, Kenngrößen und Turnus für das Monitoring des Flutungswassers des Cottbuser Ostsees im Monitoringjahr 2022 gemäß [LEAG 2020].	11



Tabelle 3:	Messungen des Wasserstandes in den Teilbecken des künftigen Cottbuser Ostsees im Monitoringjahr 2022.	11
Tabelle 4:	Übersicht über das Seewassermonitoring zum Cottbuser Ostsee im Monitoringjahr 2022.	13
Tabelle 5:	Eckzahlen der maßgeblichen Witterungsgrößen an der DWD-Wetterstation Cottbus für das Monitoringjahr 2022 und für die 30-jährige Referenzperiode von 1993 bis 2022.	14
Tabelle 6:	Monatssummen der für die Teilbecken des Cottbuser Ostsees nach DALTON berechneten Gewässerverdunstung im Monitoringjahr 2022.	19
Tabelle 7:	Chronologie der maßgeblichen Ereignisse bei der Flutung des Cottbuser Ostsees seit Flutungsbeginn im Jahr 2019.	20
Tabelle 8:	Mittlere Volumenströme und summarische Kubaturen der Einleitungen aus dem Hammergraben und den Randriegeln in das Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch) des Cottbuser Ostsees im Monitoringjahr 2022.	24
Tabelle 9:	Wasserspiegelanstieg und Volumenzuwachs in den einzelnen Teilbecken des zukünftigen Cottbuser Ostsees im Zeitraum vom 12.04.2019 (Flutungsbeginn) bis 21.12.2022 (letzte Wasserspiegelmessung in 2022).	26
Tabelle 10:	Wasserbilanz der Teilbecken des zukünftigen Cottbuser Ostsees für die Bilanzzeiträume der vier Monitoringjahre 2019 bis 2022.	27
Tabelle 11:	Statistische Kenngrößen der maßgeblichen chemischen Kennwerte des Flutungswassers aus dem Hammergraben (Mst. CB-Flut-01) im Jahr 2022.	29
Tabelle 12:	Statistische Kenngrößen der maßgeblichen chemischen Kennwerte des Grundwassers aus den Randriegeln (Mst. Sammelleitung RR West 6) im Jahr 2022.	31
Tabelle 13:	Limnologische Eigenschaften der Teilbecken des Cottbuser Ostsees zu den Messterminen im Jahr 2022.	33
Tabelle 14:	Ergebnisse der Wasseruntersuchungen des Epilimnions in den einzelnen Teilbecken des zukünftigen Cottbuser Ostsees am 08.09.2022.	35
Tabelle 15:	Relevante Kennwerte und Planktongehalte im den drei Teilbecken des Cottbuser Ostsee.	40
Tabelle 16:	Ergebnisse der oberflächennahen Wasserbeprobung des Kiessee Maust am 02.06.2022.	42

Abkürzungsverzeichnis

CB	.....	Cottbus
DOC	.....	<i>dissolved organic carbon</i> (gelöster organischer Kohlenstoff)
FZL	.....	Flutungszentrale Lausitz
GP	.....	Grundprogramm
GWA	.....	Grubenwasserableiter
IWB	.....	Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann
KBA	.....	Kohlebahnausfahrt
KP	.....	Kurzprogramm
LE-B	.....	Lausitz Energie Bergbau AG
LEAG	.....	übergeordnete Dachmarke der beiden Unternehmen Lausitz Energie Bergbau AG und Lausitz Energie Kraftwerke AG (seit 10/2016)
Mst	.....	Messstelle
NB	.....	Nebenbestimmung
PRR	.....	Programm Randriegel
RR	.....	Randriegel



SGSSGS Analytics LAG GmbH Schwarze Pumpe
TOC *total organic carbon* (gesamter organischer Kohlenstoff)
ZPBZusatzprogramm Biologie



Zusammenfassung

- (1) Im Rahmen der planmäßigen Wiedernutzbarmachung und Rekultivierung des Tagebaus Cottbus-Nord stellt die Lausitz Energie Bergbau AG (LE-B) in der bergbaulichen Hohlform den Cottbuser Ostsee her. Der Cottbuser Ostsee wird mit Spreewasser über den Hammergraben geflutet. Die Flutung ist gemäß dem Planfeststellungsbeschluss, Nebenbestimmung 1.3.4.1, durch ein Monitoring zu begleiten. Das flutungsbegleitende Monitoring wurde mit Beginn der Wassereinleitung in den Cottbuser Ostsee im April 2019 aufgenommen.
- (2) Zum Monitoring der Flutung des Cottbuser Ostsees sind Jahresberichte zu erstellen. In den Berichten sollen die meteorologische Situation, das Flutungsgeschehen, der Wasserspiegelanstieg im See, die hydrochemische Beschaffenheit des Flutungs- und Seewassers, die limnologische und biologische Entwicklung sowie sonstige Ereignisse dokumentiert und interpretiert werden.
- (3) Im Monitoringjahr 2022 wurde der Cottbuser Ostsee mit ca. 29,1 Mio. m³ aus dem Hammergraben und mit ca. 4,2 Mio. m³ aus der Randriegelleitung geflutet. Der **Volumenzuwachs** betrug im Jahr 2022 in Summe 11,8 Mio. m³. Die Flutungswirksamkeit des eingeleiteten Oberflächenwassers betrug damit ca. 35 %. Mit Stand vom 21.12.2022 betrug das Wasservolumen des zukünftigen Cottbuser Ostsees 49,5 Mio. m³. Das entspricht rund 39 % des geplanten Gesamtvolumens von 126 Mio. m³.
- (4) Infolge der großen Flutungswassermengen sowie durch die Beseitigung einer Geländeerhöhung zwischen den Teilbecken stieg der Wasserstand im Monitoringjahr 2022 in den Teilbecken Willmersdorf und Merzdorf so weit an, dass es im März 2022 zum Überlauf in das Teilbecken Schlichow kam. Bis zum September 2022 entwickelte sich der Wasserspiegel in den drei Teilbecken synchron. Ende September 2022 wurde die Verbindung zwischen den Teilbecken Merzdorf und Schlichow aufgrund des sinkenden Wasserspiegels wieder unterbrochen. Zum Ende des Monitoringjahres 2022 wurde in den Teilbecken Willmersdorf und Merzdorf ein Wasserstand von +56,2 m NHN und im Teilbecken Schlichow ein Wasserstand von +56,1 m NHN verzeichnet. Der Zielwasserstand des Cottbuser Ostsees liegt bei +62,5 m NHN.
- (5) Die **Wasserbilanz** des Cottbuser Ostsees wurde im vorliegenden Bericht für den Zeitraum von November 2021 bis Dezember 2022 für die einzelnen Teilbecken ausgewiesen. Die klimatische Wasserbilanz aller drei Teilbecken (Nettobetrag der Gewässerverdunstung) war im Jahr 2022 mit -334 mm bzw. rund -1,4 Mio. m³ defizitär.



- (6) Das Teilbecken Willmersdorf wies im Unterschied zu den anderen Teilbecken eine defizitäre **Grundwasserbilanz** auf. Rund 17% des in das Teilbecken Willmersdorf eingeleiteten Flutungswassers wurde volumenwirksam zur Auffüllung des Teilbeckens. Der überwiegende Teil versickerte ins Grundwasser bzw. den Porenraum der Innenkippe oder strömte im Zuge der Vereinigung mit dem Teilbecken Merzdorf (November 2021) und dem Teilbecken Schlichow (März 2022) in diese Teilbecken ab. Die exakten Anteile können aus der Mengenzbilanz nicht sicher abgeleitet werden. Es ist aber davon auszugehen, dass der Abstrom in den Absenkungstrichter, insbesondere in den Porenraum der Innenkippe, aufgrund der gewachsenen Kontaktfläche im Vergleich zu den Vorjahren zugenommen hat.
- (7) Das **Flutungswasser** aus dem Hammergraben bzw. aus der Spree war neutral und gut gepuffert. Die Sulfatkonzentration betrug im Mittel 360 mg/L. Die Konzentrationen von Eisen und Mangan waren im Hammergraben stabil niedrig. Mit dem Flutungswasser wurden unspezifische organische Stoffe (TOC, DOC) und Nährstoffe aus dem Hammergraben eingetragen. Das Grundwasser aus den Randriegeln war im Vergleich zum Flutungswasser des Hammergrabens schwach sauer. Die Sulfatkonzentration lag bei 400 mg/L. Die Acidität als $K_{B8,2}$ war höher als im Hammergraben, bedingt durch höhere Konzentrationen an Kohlensäure, Eisen und Aluminium.
- (8) Zum Zeitpunkt der hydrochemischen Beprobungen im März und September 2022 waren die drei Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch), Merzdorf (Randschlauch Merzdorf) und Schlichow (Südrandschlauch) hydraulisch miteinander verbunden. Die tiefen Teilbecken Willmersdorf und Schlichow waren im Sommer thermisch stabil geschichtet. Aufgrund der Gewässertiefe (knapp 20 Meter) ist von einem dimiktischen Schichtungsverhalten auszugehen. Auch das Teilbecken Merzdorf wies 2022 erstmals eine thermische Schichtung auf. Das Teilbecken Merzdorf war im September 2022 ca. 10 Meter tief. Aufgrund der Gewässertiefe ist das Teilbecken Merzdorf als instabil dimiktisch einzustufen.
- (9) Das **Teilbecken Willmersdorf** (Nordrandschlauch) wurde überwiegend mit Oberflächenwasser geflutet. Bislang erfolgte ein Grundwasserabstrom in die Innenkippe oder in die angrenzenden gewachsenen Grundwasserleiter. Die Wasserbeschaffenheit im See ähnelte daher dem Flutungswasser. Das Wasser im Teilbecken Nordrandschlauch war neutral und mit $K_{S4,3} \approx 1,4$ mmol/L gut gepuffert.
- (10) Das **Teilbecken Schlichow** (Südrandschlauch) hatte sich bisher ausschließlich durch Grundwasseraufgang gefüllt. Bisher war das Teilbecken Schlichow stark sauer. Die Acidität verbarg sich in hohen Konzentrationen der pedogenen Metalle Eisen und Aluminium. Mit dem Überlaufen von Seewasser aus dem Teilbecken Willmersdorf/Merzdorf veränderte sich die Wasserbeschaffenheit im Teilbecken Schlichow. Die Acidität des Wassers nahm ab, ebenso die Konzentration der pedogenen Metalle Eisen, Sulfat und Aluminium.



- (11) Aufgrund eines verstärkten Grundwasserzstrom aus der Innenkippe war das **Teilbecken Merzdorf** im Jahr 2021 versauert. Aufgrund des starken Wasserpiegelaufstiegs im benachbarten Nordrandschlauch stiegen der hydraulische Gradient und damit der Zufluss. Im November 2021 vereinigten sich die Wasserflächen des Nordrandschlauchs und des Randschlauchs Merzdorf. Mit der Ausspiegelung hat sich der hydraulische Gradient verringert. Seitdem ist das Wasser im Teilbecken Merzdorf durch die Beschaffenheit des Flutungswassers aus der Spree geprägt. Das Wasser war zum Probennahmetermin neutral, die Eisen und Sulfatkonzentrationen waren gering.
- (12) Die **biologische Besiedlung** war in den neutralen Teilbecken Willmersdorf und Merzdorf größer als im sauren Teilbecken Schlichow. Das Phytoplankton war im Teilbecken Willmersdorf/Merzdorf mit rund 30 Arten vertreten. Beim Zooplankton wurden 50 bzw. knapp 90 Individuen pro Liter erfasst.
- (13) Der **Kiessee Maust** liegt nördlich des Cottbuser Ostsees und wird als Bade- und Angelgewässer genutzt. Er wird einmal jährlich vom Ufer aus beprobt. Der See war neutral und gut gepuffert. Die Sulfatkonzentration lag bei 400 mg/L. Die Eisenkonzentration lag unter 0,1 mg/L. Die Konzentrationen der Schwermetalle lagen unter den spezifischen laboranalytischen Bestimmungsgrenzen. Im Vergleich zum Vorjahr hatte sich die Wasserbeschaffenheit nicht verändert. Der Kiessee erfährt durch die Dichtwand an der West- und Nordwestmarkscheide des ehem. Tagebaus Cottbus-Nord keinen Grundwasserzstrom aus dem Bereich des Cottbuser Ostsees.



1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Im Zuge des Gewässerausbaus Cottbuser See wird in der Nebenbestimmung (NB) 1.3.4.1 zum wasserrechtlichen Planfeststellungsbeschluss vom 12.04.2019 ein regelmäßiges und systematisches Monitoring zur Begleitung und langfristigen Überwachung der Flutung und der Wasserbeschaffenheitsentwicklung gefordert.

Das Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann (Dresden) wurde von der LE-B mit der Bestellnummer E64-4504310925 vom 23.04.2021 mit der Planung und fachlichen Begleitung des Monitorings zur Flutung des Cottbuser Ostsees beauftragt. Im Rahmen des Monitorings sind die Probenahmen zu koordinieren, die erhobenen Daten auszuwerten und in einem Jahresbericht zusammenzufassen.

Die Umsetzung des Monitorings erfolgt auf der Grundlage des Monitoringkonzeptes vom 10.01.2020 [LEAG 2020]. Die methodischen Grundlagen zum Monitoring des Cottbuser Ostsees sind in [IWB 2020] umfassend dargestellt. Die technischen- und Laborleistungen des Monitorings wurden in einem gesonderten Auftrag vergeben. Mit der Beprobung des Cottbuser Ostsees wurde die LUG Engineering GmbH Cottbus (kurz: LUG) als Nachauftragnehmer beauftragt. Von der LUG wurden wiederum als Nachauftragnehmer die Firma AEROHELI International GmbH & Co. KG für die Durchführung der Hubschrauberbeprobung gebunden. Für die biologischen Untersuchungen wurde die Spezial- und Bergbau-Servicegesellschaft Lauchhammer mbH (kurz: SGL) als Nachauftragnehmer der LUG beauftragt. Die chemischen Untersuchungen wurden im Auftrag der LE-B von der SGS Analytics LAG GmbH Schwarze Pumpe (kurz: SGS) durchgeführt.

Im vorliegenden Monitoringbericht werden die Monitoringergebnisse des Kalenderjahres 2022 dokumentiert und bewertet.

Der Berichtszeitraum beginnt am 01.01.2022 und endet auftragsgemäß am 31.12.2022. Das Monitoring ist durch LE-B kalenderjährlich bis zum 30. Juni gegenüber den Genehmigungsbehörden zu rapportieren. Die von den diversen Auftragnehmern der LE-B im Jahr 2022 erhobenen hydrologischen, hydrochemischen und sonstigen Daten zum Flutungswasser und zum Cottbuser Ostsee wurden erfasst, visualisiert, auf Plausibilität geprüft und bewertet.

Folgende Aspekte werden im vorliegenden Bericht erläutert:

- die Erstellung einer Wasserbilanz für den Cottbuser Ostsee unter Einbeziehung des Wasserspiegelanstiegs, der Flutungswassermengen und der Witterungsdaten sowie die Erklärung von Differenzen in der Wasserbilanz (Zustrom, Versickerung etc.),
- eine Bewertung der hydrochemischen Analysen des Flutungs- und Seewassers hinsichtlich Acidität und Pufferung, Ionenmuster, Nährstoffe, Schadstoffe, Stoffeinträge, Stoffübergänge und weiterer Zustandsgrößen und Kennwerte,
- die Interpretation der Tiefenprofilmessungen in den Teilbecken bzw. im See hinsichtlich der Mixis unter Berücksichtigung der Witterungsverhältnisse zum Beprobungstermin.

2 Umfang der Untersuchungen im Jahr 2022

2.1 Untersuchungsgebiet

Die Randschläuche des ehemaligen Tagebaus Cottbus-Nord werden bei der Flutung unterschiedlich schnell mit Wasser gefüllt. Für die entstandenen Teilbecken (Bild 1) werden im vorliegenden Monitoringbericht folgende Bezeichnungen verwendet:

Tabelle 1: Bezeichnung der Teilbecken und Teilbereiche des Cottbuser Ostsees.

Teilbecken	Randschlauch
Schlichow	Südrandschlauch
Merzdorf	Randschlauch Merzdorf
Willmersdorf	Nordrandschlauch

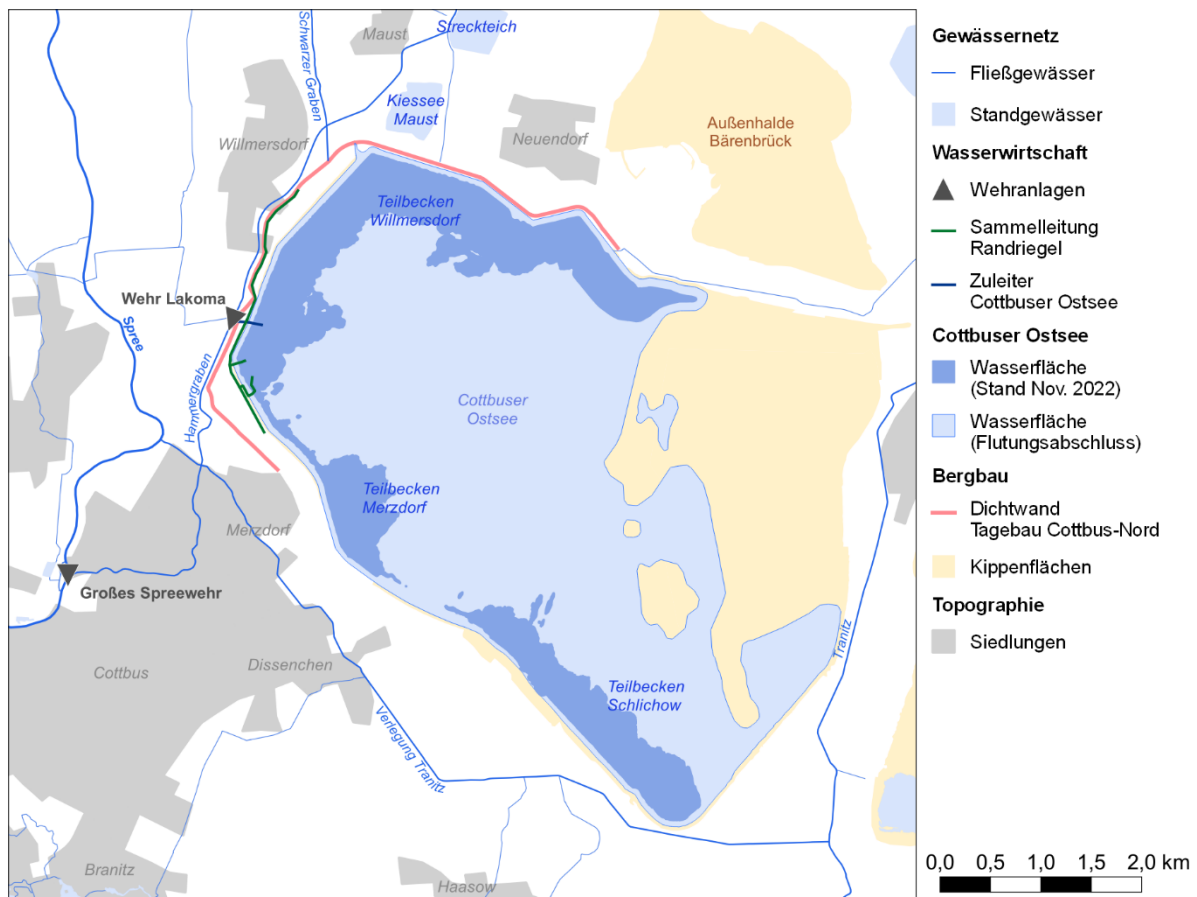


Bild 1: Überblick über das Untersuchungsgebiet zum Monitoring der Flutung des Cottbuser Ostsees im Jahr 2022.

2.2 Flutungswasser

Die Flutungswassermenge aus dem **Hammergraben** wird kontinuierlich an der Messstelle CB-Flut-Zuleiter gemessen und als Tagesmittelwerte ausgegeben (Tabelle 2). Die Beschaffenheit des Flutungswassers wurde im Monitoringjahr 2022 monatlich als Stichtagsbeprobung an der Messstelle CB-Flut-01 (Bild 2) analytisch untersucht. Der Messturnus und die Analytik richten sich nach dem Monitoringkonzept [LEAG 2020].

Während der aktiven Flutung wurde von Januar bis Juni 2022 das Grundprogramm (GP) durchgeführt. Von Juli bis Dezember, als die Flutung ausgesetzt war, kam das Kurzprogramm (KP) zur Anwendung.

Die eingeleiteten Wassermengen aus den **Randriegelleitungen** werden an den Flutungsleitungen Ableiter 1 NRS und Ableiter 2 NRS kontinuierlich erfasst. Sie liegen als Tagesmittelwerte vor (Tabelle 2). Gleichzeitig erfolgt monatlich die Beprobung des Randriegelwassers aus der Randriegelleitung an den Messstellen Sammelleitung Randriegel West 6 und Abschlag GWA 2 (uh. RR KBA). Zur Bewertung der Beschaffenheit des eingeleiteten Randriegelwassers sind die Daten der Messstelle Randriegel West 6 maßgeblich. Im Jahr 2022 fanden im November und Dezember an der Sammelleitung Randriegel West 6 keine Probennahmen statt. Es lagen deshalb nur zehn Messwerte vor. Das Untersuchungsprogramm ist in [LBGR 2021] vorgegeben.

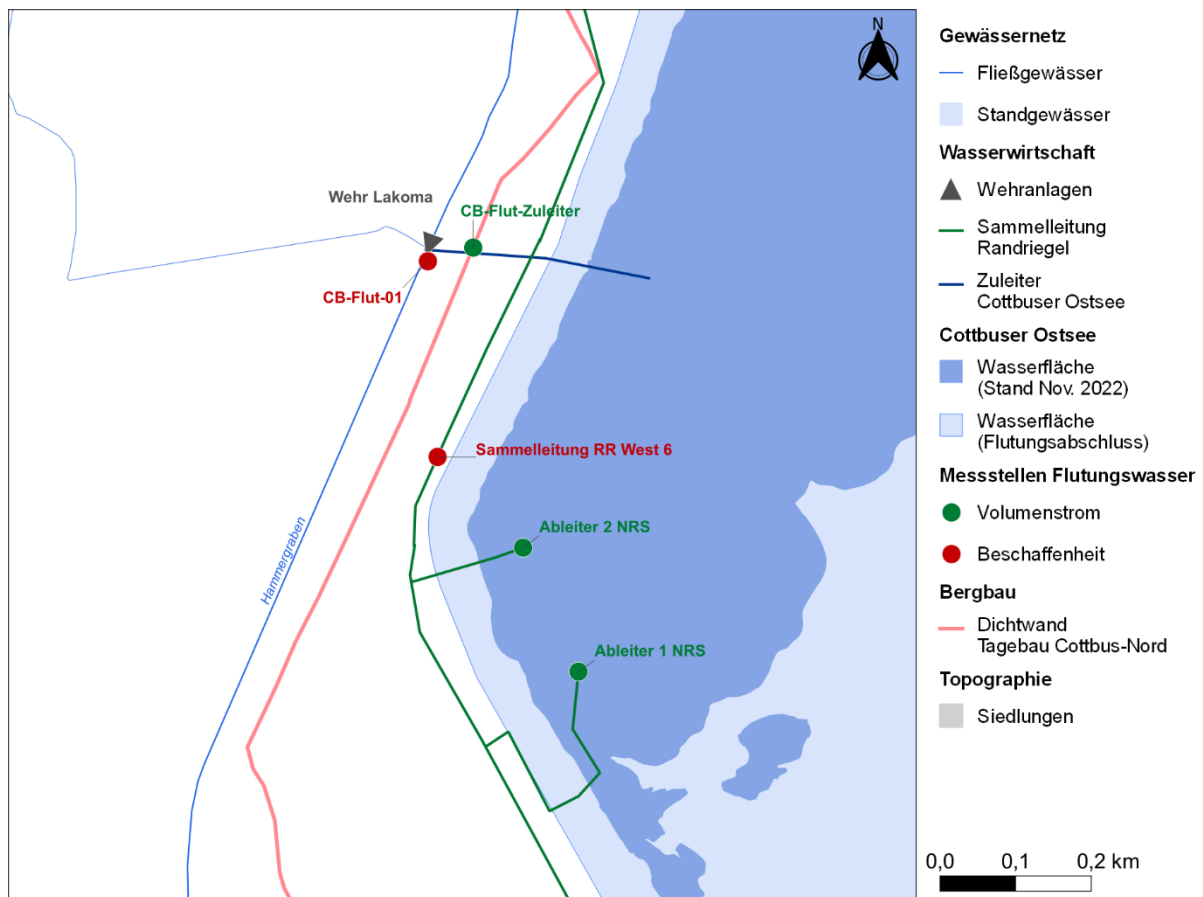


Bild 2: Lage der Messstellen für das Flutungswasser am Cottbuser Ostsee im Monitoringjahr 2022.

Tabelle 2: Messstellen, Kenngrößen und Turnus für das Monitoring des Flutungswassers des Cottbuser Ostsees im Monitoringjahr 2022 gemäß [LEAG 2020].

Messstelle	Codierung	Messgröße	Messmethode	Turnus	Anzahl 2022
Entnahmestelle Hammergraben	CB-Flut-Zuleiter	Volumenstrom	IDM	Kontinuierlich (Tagesmittelwerte)	365
	CB-Flut-01	Beschaffenheit	Stichproben	Monatlich	6 x GP 6 x KP ¹⁾
Randriegel	Ableiter 1 NRS	Volumenstrom	IDM	Kontinuierlich (Tagesmittelwerte)	365
	Ableiter 2 NRS	Volumenstrom	IDM	Kontinuierlich (Tagesmittelwerte)	365
	Sammelleitung RR West 6	Beschaffenheit	Stichproben	Monatlich	10 x PRR ²⁾

Erläuterung:

GP	Grundprogramm gemäß [LEAG 2020]
KP	Kurzprogramm gemäß [LEAG 2020]
PRR	Programm Randriegel

1) gemäß [LEAG 2020] bei ausgesetzter Flutung nur Kurzprogramm (KP), sonst Grundprogramm (GP)

2) keine Probennahme im November und Dezember 2022

3) keine Probennahme im Januar und Juli 2022

2.3 Seewasserstand

In der Regel wird in den Teilbecken des künftigen Cottbuser Ostsees der Wasserstand als monatliche Stichtagsmessung entsprechend der Tabelle 3 erfasst. Bei Bedarf bzw. zur Kontrolle geotechnischer Sachverhalte wird häufiger gemessen.

Tabelle 3: Messungen des Wasserstandes in den Teilbecken des künftigen Cottbuser Ostsees im Monitoringjahr 2022.

Teilbecken	Messturnus	Anzahl der Messwerte 2022	Bemerkung
Teilbecken Schlichow (Süddrandschlauch)	monatlich	36	▪ Mehrfach monatlich bis Oktober
Teilbecken Merzdorf (Randschlauch Merzdorf)	monatlich	4	▪ Davon 3 x im Januar/Februar und ▪ 1x im August
Teilbecken Willmersdorf (Norddrandschlauch-Nord)	monatlich	20	▪ Bis März 4 x monatlich, ▪ April-Juli Pause, ▪ August und September 4 x monatlich ▪ 1 x im Oktober ▪ November-Dezember Pause

2.4 Seewasserbeschaffenheit

Für das Monitoring des Cottbuser Ostsees gelten im Jahr 2022 die Vorgaben für den Flutungsbetrieb gemäß [LEAG 2020]. Das Untersuchungsspektrum richtete sich nach dem Monitoringkonzept [LEAG 2020]. Die drei wassergefüllten Teilbecken wurden an jeweils einer bzw. im Teilbecken Willmersdorf an zwei Messstelle untersucht (Bild 3 und Tabelle 4). Im Jahr 2022 fanden die Probennahmen an zwei Terminen, im März

und im September mit dem Helikopter statt, in Summe wurden 22 Proben hydrochemisch untersucht (Tabelle 4).

Während der Zirkulationsphase im Frühjahr 2022 erfolgte die Probennahme als Profilmischprobe in diskreten Abständen über eine Wassertiefe bis 10 Meter in den tiefen Teilbecken Willmersdorf und Schlichow bzw. bis 7 Meter im flachen Teilbecken Merzdorf. Zudem wurde jeweils grundnah, ca. 1 Meter über dem Seeboden, eine Grundprobe als Stichprobe entnommen. Im Frühjahr 2022 wurden in den drei Teilbecken biologische Kennwerte erhoben (Tabelle 4). Während der Stagnationsphase im September 2022 wurden tiefenorientierte Stichproben aus dem Epilimnion, Hypolimnion und über Grund entnommen.

Nördlich des Cottbuser Ostsees befindet sich im Einflussbereich der Dichtwand der Kiessee Maust (Bild 3). Der See wird als Bade- und Angelgewässer genutzt. Zur Überwachung eines möglichen Einflusses auf die Hydrochemie im See, durch die Flutung des Cottbuser Ostsees, wird der See jährlich beprobt. Die Probennahme erfolgt während der Sommerstagnation an einer Messstelle vom Ufer aus (Tabelle 4).

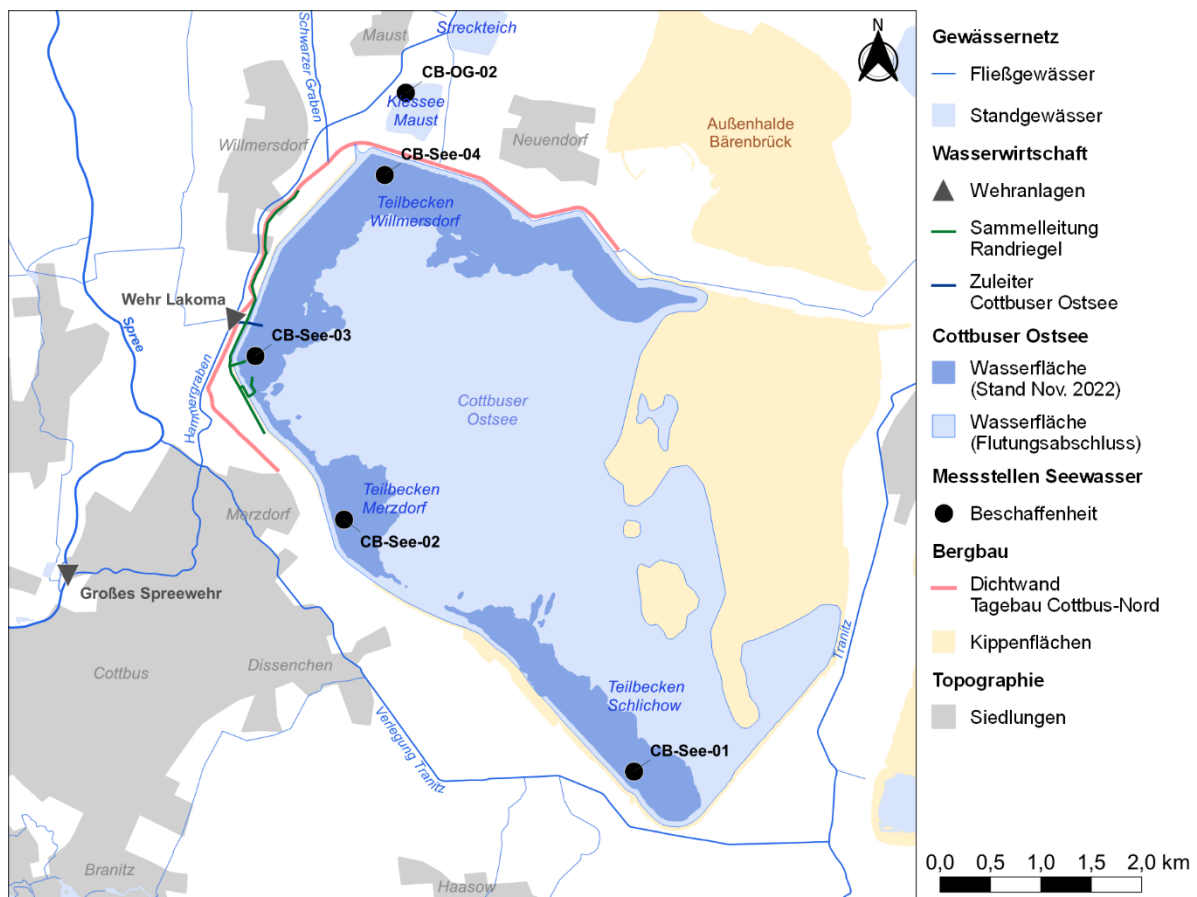


Bild 3: Übersicht der Seemesstellen im Cottbuser Ostsee im Monitoringjahr 2022 gemäß [LEAG 2020].



Tabelle 4: Übersicht über das Seewassermonitoring zum Cottbuser Ostsee im Monitoringjahr 2022.

Messstelle	Teilbecken	Datum	Hydro- chemie	Bio- logie	Gelotete Tiefe [m]	Limno- logische Zuordnung	Proben- anzahl
CB-See-01	Schlichow (Südlandschlauch)	30.03.2022	■	■	20,0	i-g	2+1
		08.09.2022	■		19,0	e-h-g	3
CB-See-02	Merzdorf (Randschlauch Merzdorf)	30.03.2022	■	■	9,9	i-g	2+1
		08.09.2022	■		9,4	e-h-g	3
CB-See-03	Willmersdorf- Lakoma (Nordrand- schlauch West)	30.03.2022	■	■	17,8	i-g	2+1
		08.09.2022	■		16,2	e-h-g	3
CB-See-04	Willmersdorf-Auslauf (Nordrand-schlauch Nord)	30.03.2022	■		20,2	i-g	2
		08.09.2022	■		18,9	e-h-g	3
CB-OG-02	Kiessee Maust	02.06.2022	■		---	o	2

Erläuterung:

i	Profilmischprobe
e	Epilimnion
h	Hypolimnion
g	grundnah
o	oberflächennah

GP	Grundprogramm gemäß [LEAG 2020]
ZPB	Zusatzprogramm Biologie gemäß [LEAG 2020]

3 Ergebnisse

3.1 Witterung im Jahr 2022

Zur Charakterisierung der Witterungsverhältnisse am Cottbuser Ostsee werden die Daten der ca. 10 Kilometer entfernten DWD-Wetterstation Cottbus genutzt, vgl. [IWB 2020]. Die Eckzahlen der maßgeblichen Witterungsgrößen im Monitoringjahr 2022 sind im Vergleich mit der 30-jährigen Referenzperiode 1993 bis 2022 in der Tabelle 5 zusammengestellt. Als Referenz- bzw. Vergleichsperiode wird hier im Unterschied zur gängigen Definition einer Klimanormalperiode die letzten 30 Jahre einschließlich des Berichtsjahres verwendet. Das Berichtsjahr ist Bestandteil der Referenz- bzw. Vergleichsperiode, wodurch der Vergleich überhaupt erst sinnvoll wird.

Tabelle 5: Eckzahlen der maßgeblichen Witterungsgrößen an der DWD-Wetterstation Cottbus für das Monitoringjahr 2022 und für die 30-jährige Referenzperiode von 1993 bis 2022.

Klimatische Größe	Monitoringjahr 2022	Referenzperiode 1993-2022	Einheit
Jahresniederschlag, korrigiert	476	631	mm
Mittelwert der relativen Luftfeuchte	71	74	%
Mittelwert der Windgeschwindigkeit (2 m Höhe)	1,8	1,9	m/s
Mittelwert der Lufttemperatur	+10,8	+10,1	°C
Maximum der Lufttemperatur	+39,2	---	°C
Minimum der Lufttemperatur	-10,1	---	°C
Anzahl Eistage ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$)	9	17	Tage/Jahr
Anzahl Frosttage ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$)	76	79	Tage/Jahr
Anzahl Sommertage ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$)	66	52	Tage/Jahr
Anzahl heiße Tage ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$)	20	14	Tage/Jahr

Das arithmetische Mittel der **Lufttemperatur** an der Station Cottbus lag im Monitoringjahr 2022 bei +10,8 °C und damit 0,7 Kelvin über dem 30-jährigen Durchschnitt (Tabelle 5). Die Monatsmittel der Lufttemperatur lagen in den Monaten Januar bis August 2022 sowie im Oktober und November 2022 über bzw. auf dem Niveau der Monatsmittelwerte der langjährigen Reihe. Nur in den Monaten April, September und Dezember 2022 lagen die Monatsmittel der Lufttemperatur unter dem langjährigen Durchschnitt (Bild 5). Das absolute Minimum der Lufttemperatur von -10,1 °C wurde während eines ca. dreiwöchigen Kälteeinbruchs im Dezember 2022 erfasst (Bild 4). Das Maximum der Lufttemperatur wurde mit +39,2 °C im Juni 2022 gemessen (Bild 4). Die Anzahl der im Monitoringjahr 2022 erfassten Eistage lag deutlich und die Anzahl der Frosttage geringfügig unter dem Niveau der 30-jährigen Reihe. Die Anzahl der Sommertage und heißen Tagen lag im Monitoringjahr 2022 deutlich über dem langjährigen Durchschnitt (Tabelle 5).

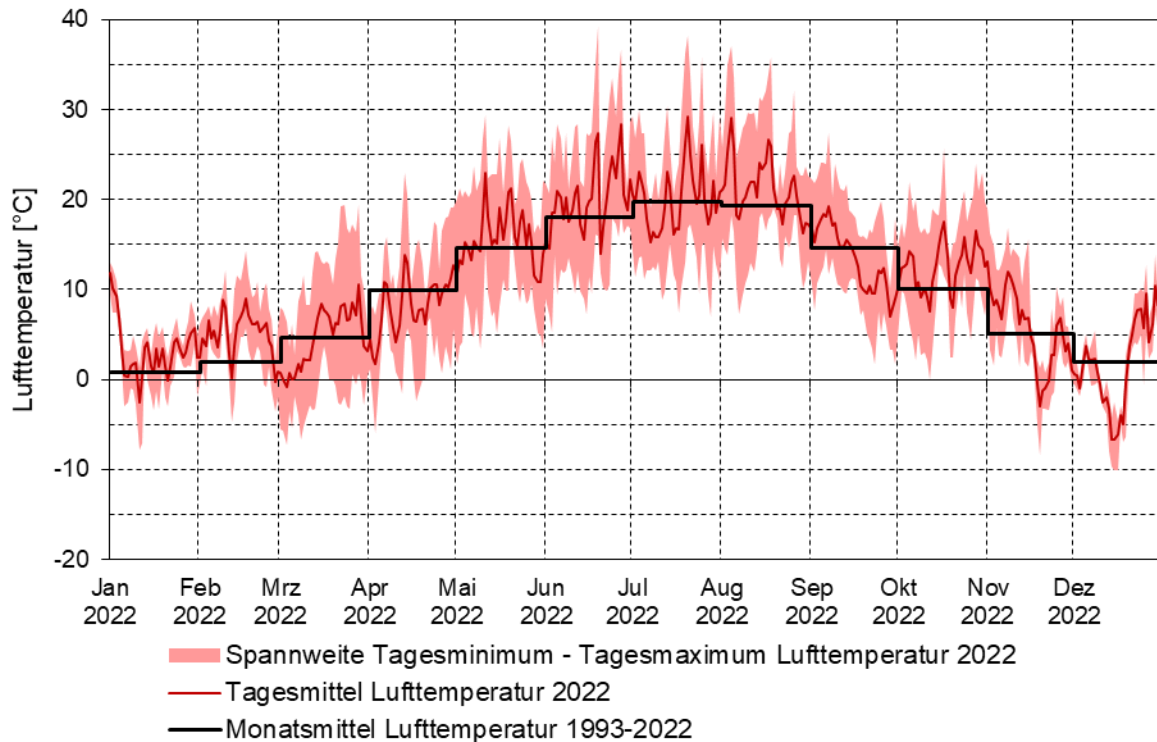


Bild 4: Ganglinie der Tagesmitteltemperatur sowie der Spanne zwischen dem täglichen Temperaturmaximum und Temperaturminimum im Monitoringjahr 2022 im Vergleich mit den Monatsmitteln der Lufttemperatur für die 30-jährige Reihe von 1993 bis 2022 an der DWD-Wetterstation Cottbus.

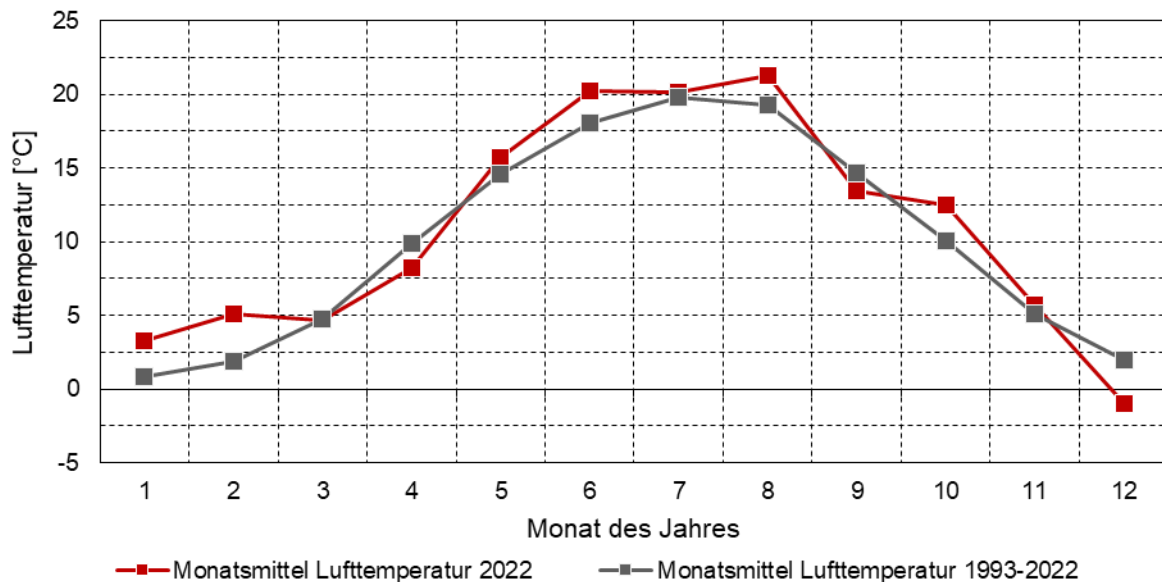


Bild 5: Vergleich der Monatsmittel der Lufttemperatur im Monitoringjahr 2022 mit den Monatsmitteln der Lufttemperatur für die 30-jährige Reihe von 1993 bis 2022 an der DWD-Wetterstation Cottbus.

Die Jahressumme des korrigierten **Niederschlags** an der Station Cottbus lag im Monitoringjahr 2022 bei 476 mm und damit 155 mm unter dem Durchschnitt der 30-jährigen Vergleichsreihe von 1993 bis 2022 (Tabelle 5). In den Monaten Februar, April,

August und September des Jahres 2022 lagen die monatlichen Niederschlagssummen über und in den anderen Monaten des Jahres unter dem langjährigen Durchschnitt (Bild 6). Der niederschlagsreichste Monat war der August 2022 mit 91 mm. Der März 2022 war mit 3 mm der niederschlagsärmste Monat (Bild 6). Im Monitoringjahr 2022 wurde an 11 Tagen Niederschlagssummen über 10 mm erfasst. Die höchste Tagessumme des Niederschlags wurde mit 33 mm am 27.08.2022 erfasst (Bild 7).

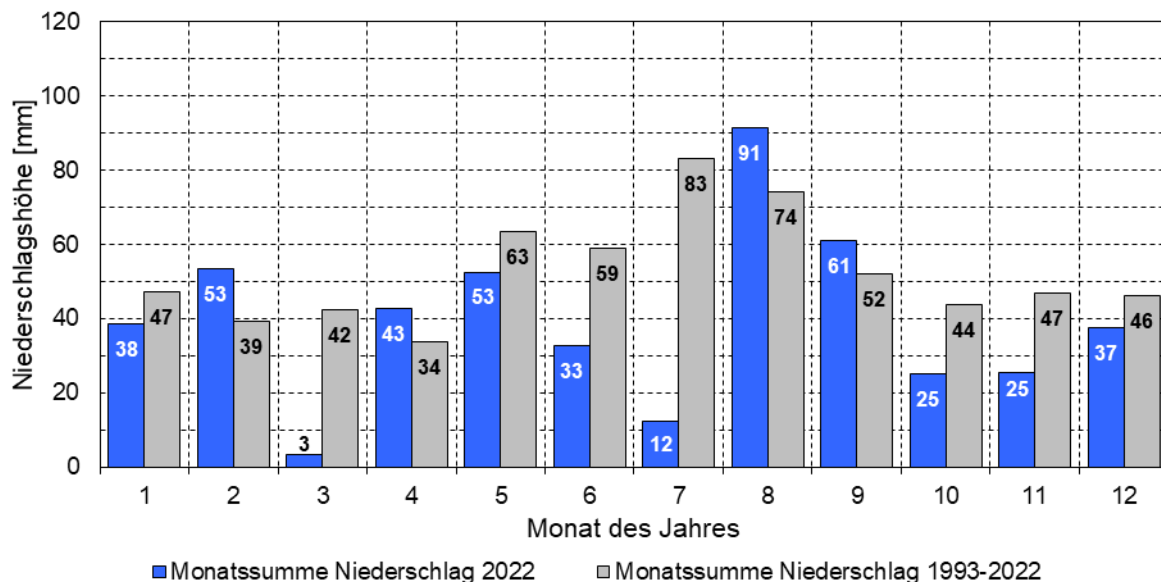


Bild 6: Vergleich der Monatssummen des korrigierten Niederschlags im Monitoringjahr 2022 mit den mittleren Monatssummen der 30-jährige Reihe von 1993 bis 2022 an der DWD-Wetterstation Cottbus.

Die kumulative Kurve des Niederschlags (Bild 7) zeigt **niederschlagsreiche Phasen**

- von Januar bis Ende Februar 2022 über nahezu acht Wochen mit rund 100 mm Niederschlag,
- von Mitte Mai bis Anfang Juni 2022 über ca. 14 Tage mit rund 62 mm Niederschlag,
- von Mitte August bis Ende August 2022 über ca. 14 Tage mit rund 90 mm Niederschlag und
- von Anfang bis Ende September 2022 über ca. drei Wochen mit rund 66 mm sowie

ausgesprochen **niederschlagsarme Phasen**

- von Ende Februar bis Anfang April 2022 über ca. fünf Wochen mit einer kumulativen Niederschlagssumme von rund 5 mm,
- von Anfang Juli bis Mitte August 2022 über ca. sechs Wochen mit einer kumulativen Niederschlagssumme von rund 15 mm und
- von Anfang November bis Mitte Dezember 2022 über rund sechs Wochen mit einer kumulativen Niederschlagssumme von rund 20 mm.

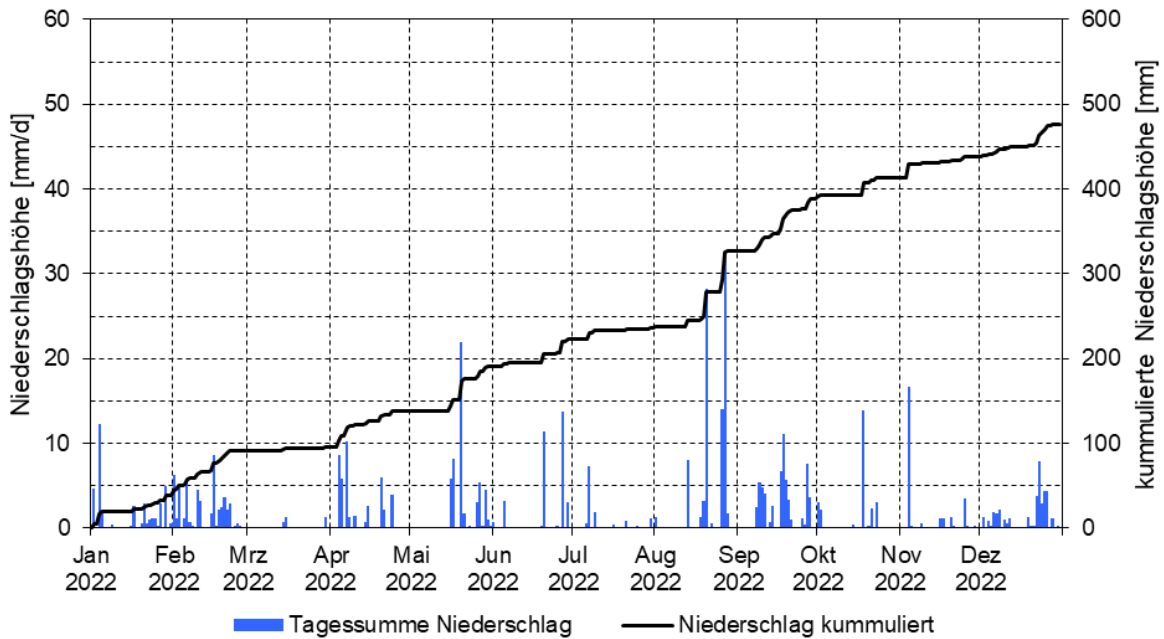


Bild 7: Tagessummen des korrigierten Niederschlags an der DWD-Wetterstation Cottbus im Monitoringjahr 2022.

Der **Wind** wehte im Monitoringjahr 2022 hauptsächlich aus südwestlicher, westlicher, und östlicher Richtung (Bild 9). Das Mittel der Windgeschwindigkeit in 2 Meter Höhe lag im Monitoringjahr bei 1,8 m/s (Tabelle 5). Das Maximum der Windgeschwindigkeit wurde mit 18,3 m/s am 18.02.2022 erfasst. Die höheren Windgeschwindigkeiten traten überwiegend bei Wind aus südwestlicher Richtung (Bild 9) und in Verbindung mit Niederschlagsereignissen auf (vgl. Bild 7 und Bild 8).

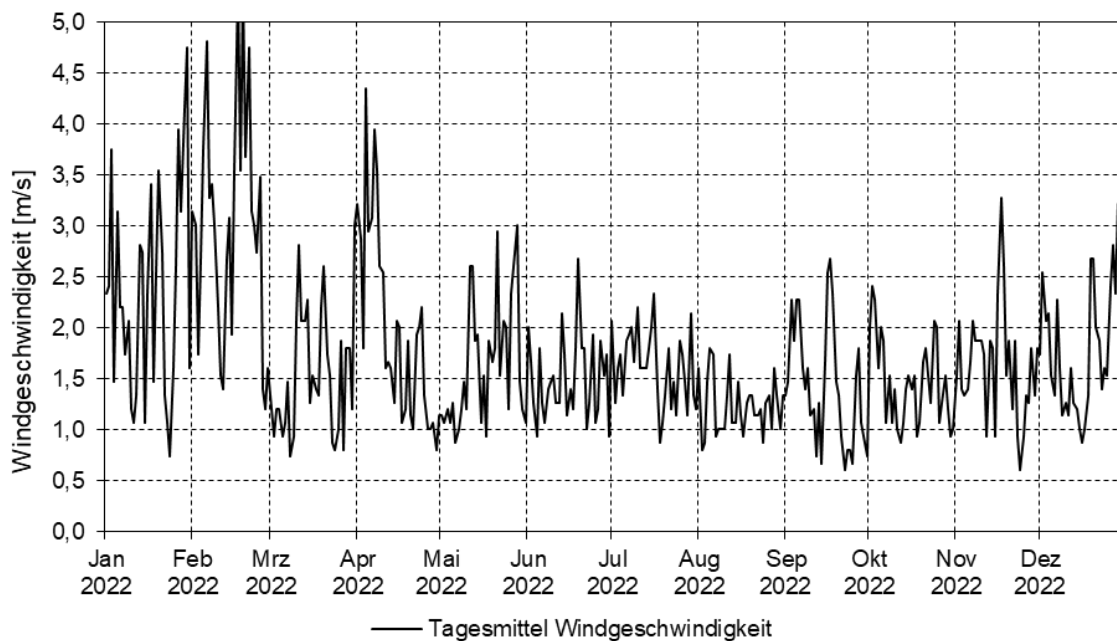


Bild 8: Ganglinie der Tagesmittelwerte der Windgeschwindigkeit in 2 Meter Höhe an der DWD-Wetterstation Cottbus im Monitoringjahr 2022.

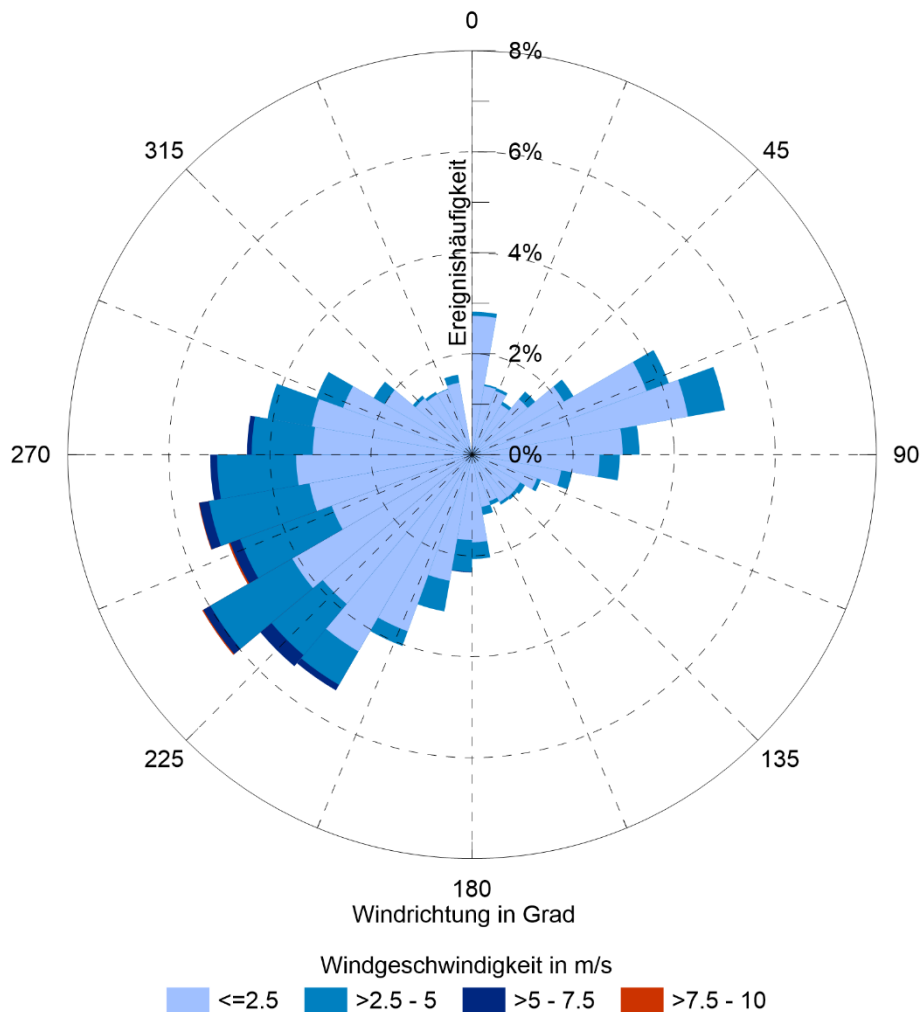


Bild 9: Windrose mit Windrichtung und Windgeschwindigkeit in 2 Meter Höhe an der DWD-Wetterstation Cottbus im Monitoringjahr 2022 (Datenbasis: Stundenwerte).

Die **Gewässerverdunstung** wurde nach dem Dalton-Verfahren [DVWK 1996] berechnet. Sie folgte in den Teilbecken des Cottbuser Ostsees dem Jahresgang der Lufttemperatur mit hohen Verdunstungsraten in den Sommermonaten und geringen Verdunstungsraten in den Frühjahrs- und Wintermonaten (vgl. Bild 5 und Bild 10). Die Verdunstungshöhen nahmen zwischen Januar 2022 und Juli 2022 zu und nachfolgend bis Dezember 2022 wieder ab (Bild 10). Die Zunahmen bzw. Abnahme der Verdunstungshöhen erfolgte nicht stetig, sondern teils in Sprüngen. So erhöhte sich die Verdunstungshöhen im Mai bzw. Juli 2022 im Vergleich zum Vormonat um rund 40 % bzw. 50 %. Im Oktober 2022 gingen die Verdunstungshöhen um rund 70 % im Vergleich zum Vormonat zurück (Bild 10 und Tabelle 6). Die teils starken Sprünge der monatlichen Verdunstungssummen sind ein Artefakt des Berechnungsverfahrens. Die zur Berechnung der Gewässerverdunstung notwendige Wasseroberflächentemperatur wird näherungsweise aus dem 17-tägigen rückwirkenden gleitenden Mittel der Lufttemperatur ermittelt. Dadurch wirken sich Phasen mit anhaltend hohen oder niedrigen Lufttemperaturen in einem Monat (vgl. Bild 4) auf die berechneten Wassertemperaturen sowie die daraus abgeleiteten Verdunstungshöhen des Folgemonats aus.

Die jährlichen Verdunstungssummen der Teilbecken unterschieden sich nicht mehr wesentlich (Tabelle 6). Dies traf größtenteils auch auf die Verdunstungssummen in den Einzelmonaten zu (Bild 10 und Tabelle 6). Die Angleichung der jährlichen und der monatlichen Verdunstungssummen in den drei Teilbecken des Cottbuser Ostsees wurde bereits im Monitoringjahr 2021 festgestellt [IWB 2022] und ist auf den Volumenzuwachs und die Zunahme der Wassertiefe in den Teilbecken zurückzuführen.

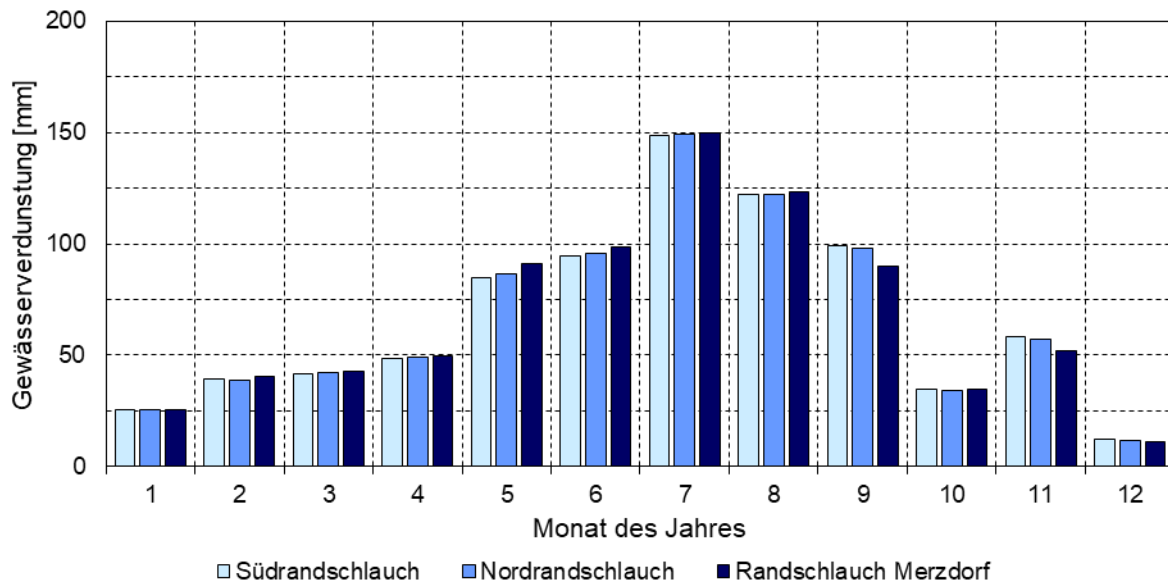


Bild 10: Monatssummen der für die Teilbecken des Cottbuser Ostsees nach DALTON berechneten Gewässerverdunstung im Monitoringjahr 2022.

Tabelle 6: Monatssummen der für die Teilbecken des Cottbuser Ostsees nach DALTON berechneten Gewässerverdunstung im Monitoringjahr 2022.

Monat	Südrand-schlauch	Nordrand-schlauch	Randschlauch Merzdorf
	mm	mm	mm
Januar	25	25	25
Februar	39	39	40
März	42	42	43
April	49	49	50
Mai	85	87	91
Juni	94	95	99
Juli	149	149	150
August	122	122	123
September	99	98	90
Oktober	34	34	35
November	58	57	52
Dezember	12	12	11
Jahressumme	809	809	808

3.2 Ereignisse

Mitte November 2021 kam es zum Überlauf des Seewassers vom Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch) über den Verbindungsgraben in das Teilbecken Merzdorf (Randschlauch Merzdorf). Im Februar 2022 folgte dann die Verbindung der Teilbecken Willmersdorf und Merzdorf mit dem Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch). Anfang März 2022 waren alle drei Teilbecken ausgespiegelt (Tabelle 7). Im ersten Quartal 2022 erfolgten mehrere Böschungsumbildungen an den gewachsenen Uferbereichen im Teilbecken Schlichow im Bereich des Lärmschutzdammes, im Teilbecken Merzdorf im Vorland des Linienverbau („Kaimauer“) und im Teilbecken Willmersdorf 500 Meter südlich des Einlaufbauwerkes. Seit Mai 2022 pausiert die Flutung aus dem Hammergraben. Infolgedessen sank der Wasserspiegel in den drei Teilbecken. Durch Windwellenerosion und wechselnde Seewasserstände traten auch an den gewachsenen Böschungen Kliffbildungen auf. Infolgedessen wurde die Uferlinie teilweise rückverlagert. Im September 2022 waren die Teilbecken Willmersdorf/Merzdorf und Schlichow wieder voneinander getrennt. Im Dezember 2022 kam es erneut zu einer Böschungsbewegung im Teilbecken Willmersdorf ca. 400 Meter südlich des Einlaufbauwerkes.

Tabelle 7: Chronologie der maßgeblichen Ereignisse bei der Flutung des Cottbuser Ostsees seit Flutungsbeginn im Jahr 2019.

Datum	Ereignis
15.01.2019	Erprobungsbetrieb des Einlaufbauwerkes aus dem Hammergraben
21.01.2019	
12.04.2019	Flutungsbeginn
28.04.2019	Unterbrechung der Flutung aus dem Hammergraben
14.06.2019	Setzungsfleißrutschung im Teilbecken Willmersdorf
18.06.2019	Setzungsfleißrutschung im Teilbecken Willmersdorf
29.08.2019	Setzungsfleißrutschung im Teilbecken Willmersdorf
02.09.2019	Setzungsfleißrutschung im Teilbecken Willmersdorf
13.11.2019	Setzungsfleißrutschung im Teilbecken Merzdorf
26.11.2019	Setzungsfleißrutschung im Teilbecken Willmersdorf
17.12.2019	Wiederaufnahme der Flutung aus dem Hammergraben
30.03.2020	Unterbrechung der Flutung aus dem Hammergraben
30.06.2020	Setzungsfleißrutschung im Teilbecken Willmersdorf
29.09.2020	Setzungsfleißrutschung im Teilbecken Willmersdorf
06.11.2020	Setzungsfleißrutschung im Teilbecken Merzdorf
23.12.2020	Wiederaufnahme der Flutung aus dem Hammergraben
26.01.2021	Setzungsfleißrutschung im Teilbecken Willmersdorf, Wiederaufnahme der Flutung aus dem Hammergraben
10.03.2021	Privatvideo: Setzungsfleißrutschung im Teilbecken Willmersdorf
28.05.2021	Unterbrechung der Flutung aus dem Hammergraben
16.09.2021	Wiederaufnahme der Flutung aus dem Hammergraben
23.09.2021	Setzungsfleißrutschung im Teilbecken Merzdorf
18.11.2021- 25.11.2021	Überlauf von Nordrandschlauch in das Teilbecken Merzdorf, Drohnenvideo vom 17.11.2021
12.02.2022	Überlauf vom Teilbecken Nordrandschlauch/Randschlauch Merzdorf in das Teilbecken Südrandschlauch



Datum	Ereignis
09.03.2022	Wasserstand der drei Teilbecken ausgespiegelt bei +56,7 m NHN
01.01.2022- 28.02.2022	Mehrere Böschungsumbildungen an gewachsenen Uferbereichen im Südrandschlauch im Bereich des Lärmschutzdammes bei Schlichow
14.01.2022	Böschungsbewegung an gewachsenen Uferbereichen im Randschlauch Merzdorf
06.04.2022	Böschungsbewegung an gewachsenen Uferbereichen im Nordrandschlauch ca. 500m südlich des Einlaufbauwerks
seit 09.05.2022-	Flutungspause, dadurch Absinken des Wasserspiegels und erosive Abflachung der Böschungen
Sept. 2022	Verbindung zwischen den Teilbecken Nordrandschlauch/Randschlauch Merzdorf und Teilbecken Südrandschlauch wieder unterbrochen
20.12.2022	Böschungsabbruch im Nordrandschlauch ca. 420 m südlich des Einlaufbauwerks

3.3 Morphometrie

Die Morphologie des Cottbuser Ostsees im Ausgangszustand vor der Flutung ist in Bild 11 dargestellt. Die Vermessung der Seemorphometrie erfolgte durch Airborne-Laserscanning am 22.02.2019. Markant sind die tiefen Randschläuche und die flache Oberfläche der Innenkippe. Die dazugehörigen Wasserstand-Volumen- und Wasserstand-Flächen-Funktionen für den gesamten Cottbuser Ostsee sind in Bild 12 dargestellt.

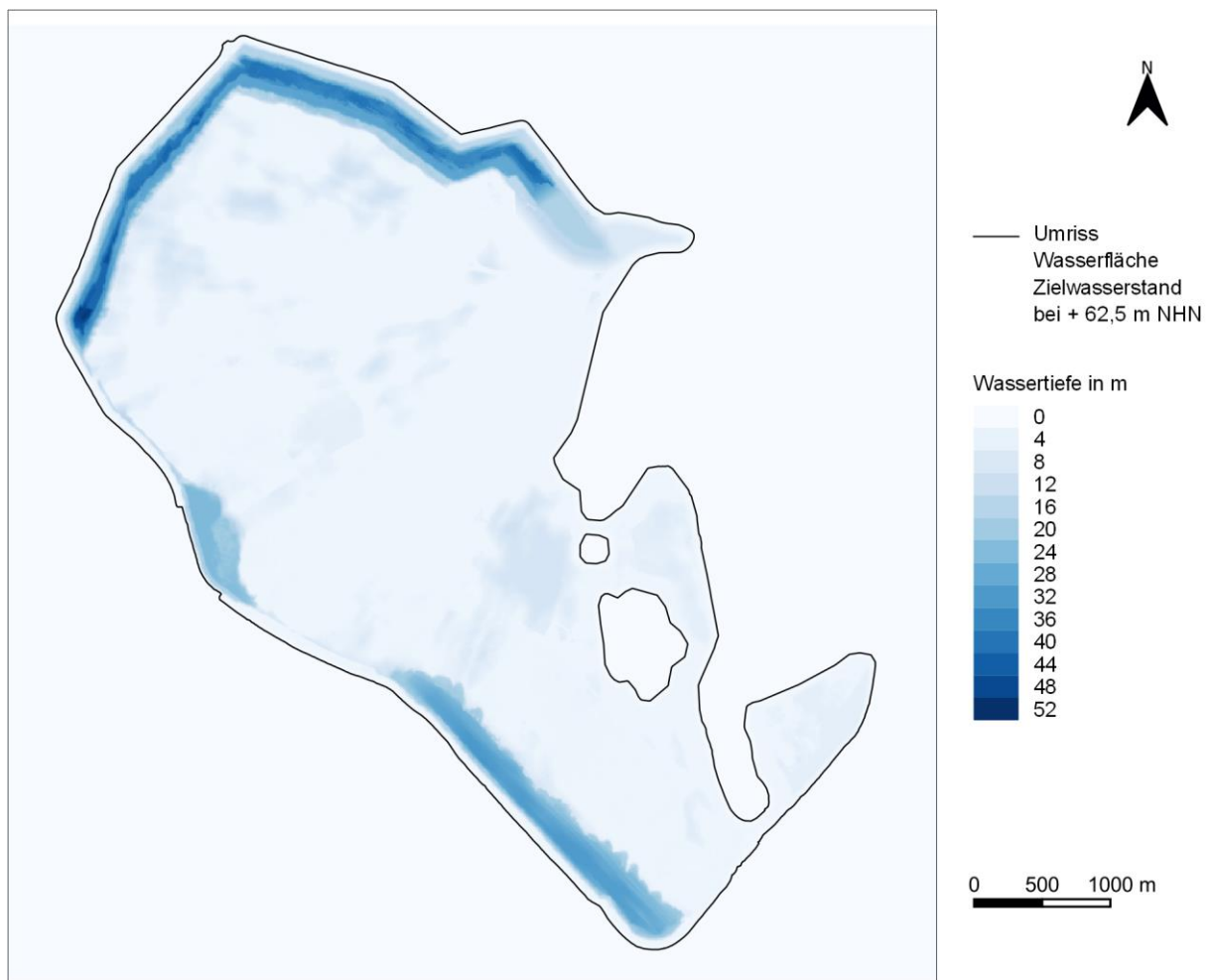


Bild 11: Bathymetrie des Cottbuser Ostsees bei dem Zielwasserstand von +62,5 m NHN auf der Grundlage des morphologischen Ausgangszustandes der Hohlform des Tagebaus Cottbus-Nord (Stand 22.02.2019).

Mit Abschluss der Flutung wird der Cottbuser Ostsee bei einem Zielwasserstand von +62,5 m NHN eine Seevolumen von rund 126 Mio. m³ und eine Seefläche von rund 19 km² aufweisen.

Während die Seefläche und das Seevolumen für den Zielwasserstand robuste Größen darstellen, verformen sich im Zuge der Flutung die Wasserstand-Volumen- und die Wasserstand-Fläche-Funktionen. Grund sind insbesondere die Rutschungen an den unverdichteten Kippenböschungen, die einerseits zur Aufhöhung der Gewässersohle in den Randschläuchen, andererseits aber auch zu einer Vertiefung der dahinter liegenden Kippenoberfläche führen (vgl. Tabelle 7 in Abschnitt 3.2). Durch Wellenwirkung und Rutschungen gibt es auch lokale Verformungen an den gewachsenen Böschungen. Eine erneute Vermessung der Seemorphometrie ist gemäß der Nebenbestimmung 1.3.5.5 des Planfeststellungsbeschlusses für den Cottbuser Ostsee [LBGR 2019a] ab einem Wasserstand von +61 m NHN vorgesehen.

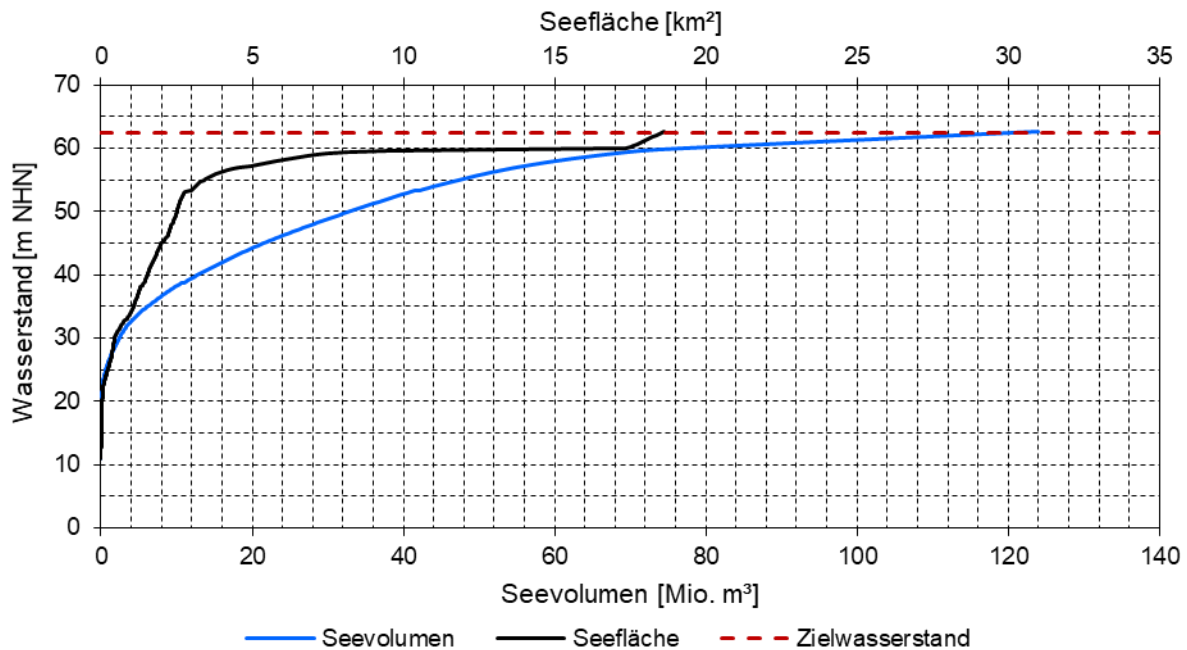


Bild 12: Wasserstand-Volumen-Flächen-Beziehung für den Cottbuser Ostsee, abgeleitet aus den Daten der Vermessung der Morphometrie vom 22.02.2019.

3.4 Wasserbilanz

3.4.1 Flutung

Im Monitoringjahr 2022 wurden in Summe rund 33,3 Mio. m³ Wasser (im Jahr 2021: 32,6 Mio. m³) in das Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch) eingeleitet (Tabelle 8). Davon stammten rund 29,1 Mio. m³ bzw. im Mittel rund 0,92 m³/s aus dem Hammergraben. Die Flutung aus dem Hammergraben erfolgte in den dargebotsreichen Monaten von Anfang Januar bis Mitte Mai mit maximalen Einleitmengen von 4,9 m³/s am 26. und 27.02.2022 (Bild 13). Das für die Flutung nutzbare Wasserdargebot der Spree wurde wöchentlich entsprechend den Grundsätzen der länderübergreifenden Bewirtschaftung der Flussgebiete Spree, Schwarze Elster und Lausitzer Neiße der Arbeitsgemeinschaft „Flussgebietsbewirtschaftung Spree-Schwarze Elster“ durch eine Steueranweisung der Flutungszentrale Lausitz (FZL) vorgegeben.

Die Flutungswassermenge aus der Randriegelleitung ist entsprechend der Anordnung nachträglicher Auflagen zum ABP zur Durchführung von Entwässerungsmaßnahmen im Bereich des Tagebaues Cottbus-Nord auf maximal 6,7 Mio. m³/a limitiert [LBGR 2021]. Im Jahr 2022 wurden rund 4,2 Mio. m³ Wasser eingeleitet. Die Einleitung erfolgte mit durchschnittlich 0,08 m³/s aus dem Ableiter 1 und 0,05 m³/s aus dem Ableiter 2 (Tabelle 8). In Einleitungen unterlagen ab Mitte März 2022 betriebsbedingten Schwankungen.

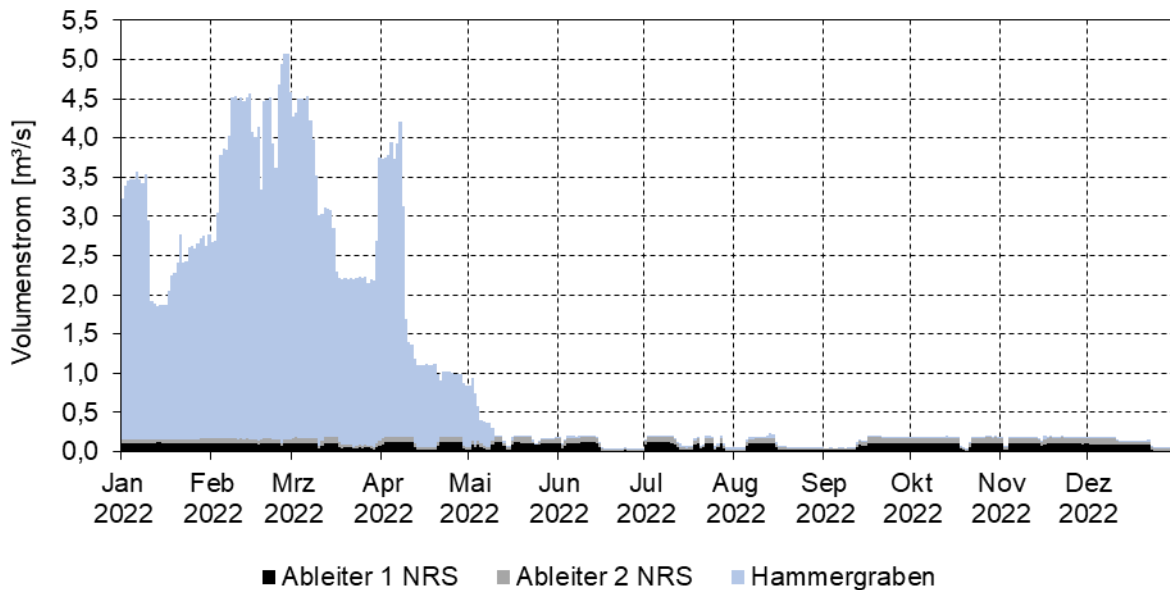


Bild 13: Ganglinien der in das Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch) des Cottbuser Ostsees aus dem Hammergraben und den Randriegeln (Ableiter 1 NRS, Ableiter 2 NRS) im Monitoringjahr 2022 eingeleiteten Wassermengen.

Tabelle 8: Mittlere Volumenströme und summarische Kubaturen der Einleitungen aus dem Hammergraben und den Randriegeln in das Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch) des Cottbuser Ostsees im Monitoringjahr 2022.

Einleitung	Mittlerer Volumenstrom	Kumulatives Volumen
	[m³/s]	[m³]
Hammergraben	0,923	29.099.300
Ableiter 1 NRS	0,082	2.594.400
Ableiter 2 NRS	0,050	1.586.900
Summe	1,055	33.280.600

3.4.2 Entwicklung des Wasserstandes und Volumenzuwachs

Die **Teilbecken Willmersdorf und Merzdorf** vereinigten sich im November 2021. Der Wasserstand in den beiden Teilbecken entwickelt sich seit der Vereinigung synchron (Bild 14). Zwischen Anfang Januar und Mitte Februar 2022 stieg der Wasserstand in beiden Teilbecken aufgrund der Einleitung aus dem Hammergraben (vgl. Abschnitt 3.4.1) um 2,2 Meter auf +56,8 m NHN. Im Bereich zwischen den Teilbecken Willmersdorf und Merzdorf wurde aus Sicherheitsgründen eine ehemalige Rampenüberfahrt beseitigt. Infolge der verringerten Geländehöhe vereinigten sich zwischen Mitte Februar und Anfang März 2022 die Teilbecken Willmersdorf und Merzdorf mit dem **Teilbecken Schlichow**. Im Zuge der Vereinigung sank der Wasserstand in den Teilbecken Willmersdorf und Merzdorf um rund 0,5 Meter. Der Wasserstand im Teilbecken Schlichow stieg im gleichen Zeitraum um rund 5,5 Meter (Bild 14). Zwischen Anfang März und Mitte April 2022 stieg der Wasserstand in den drei Teilbecken aufgrund der Einleitung aus dem Hammergraben um 0,7 Meter auf +57,4 m NHN. Nach Einstellung der Flutung im Mai 2022 sank der Wasserstand in den drei Teilbecken kontinuierlich um 1,2 Meter auf +56,2 m NHN im September 2022

(Bild 14). Ende September 2022 wurde in Folge des sinkenden Wasserspiegels die Verbindung zwischen den Teilbecken Wilmersdorf und Merzdorf und dem Teilbecken Schlichow unterbrochen. Die Wasserspiegel in den Teilbecken entwickeln sich seitdem wieder unabhängig voneinander. Zum Ende des Monitoringjahres 2022 wurde in den Teilbecken Wilmersdorf und Merzdorf ein Wasserstand von +56,2 m NHN und im Teilbecken Schlichow ein Wasserstand von +56,1 m NHN verzeichnet (Bild 14).

Die Entwicklung des Wasservolumens in den Teilbecken des zukünftigen Cottbuser Ostsees im Monitoringjahr 2022 folgte der zuvor beschriebenen Entwicklung des Wasserstands (Bild 15). Das gefüllte Wasservolumen des Cottbuser Ostsees nahm im Jahr 2022 um 11,8 Mio. m³ auf 49,5 Mio. m³ im Dezember 2022 zu (Tabelle 9). Das entspricht in Summe rund 39 % des geplanten Gesamtvolumens von 126 Mio. m³.

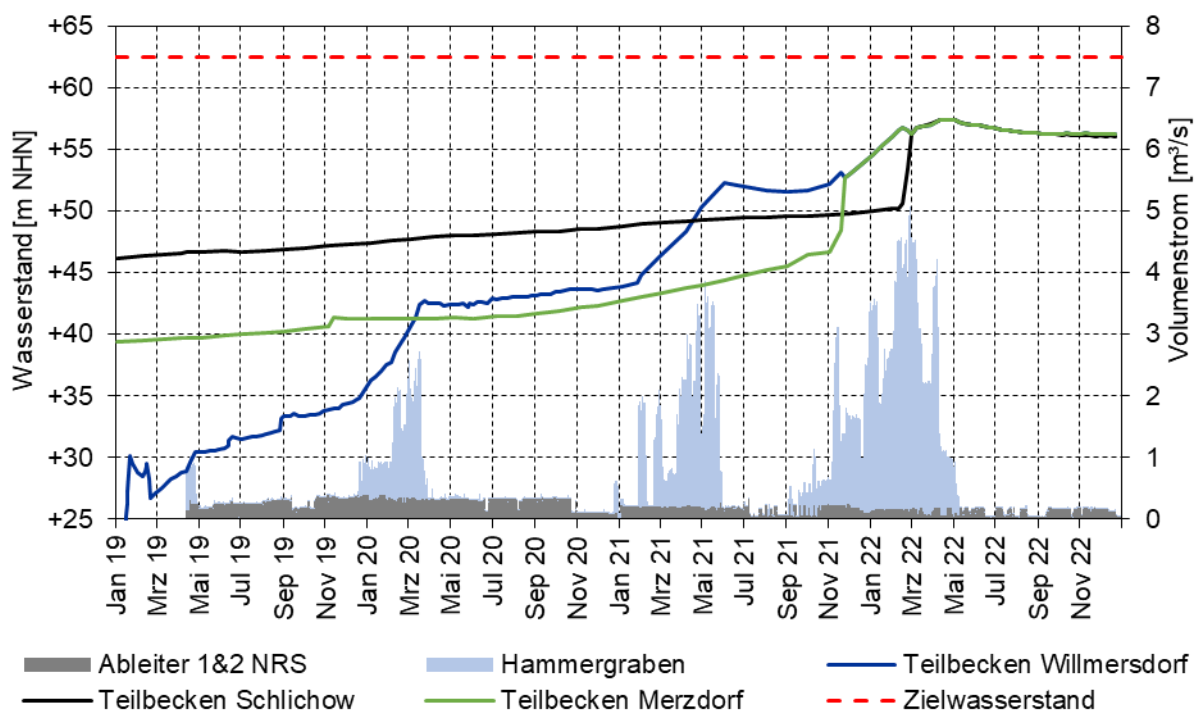


Bild 14: Ganglinien des Wasserstandes in den Teilbecken des zukünftigen Cottbuser Ostsees und Flutungsmengen in den Jahren 2019 bis 2022.

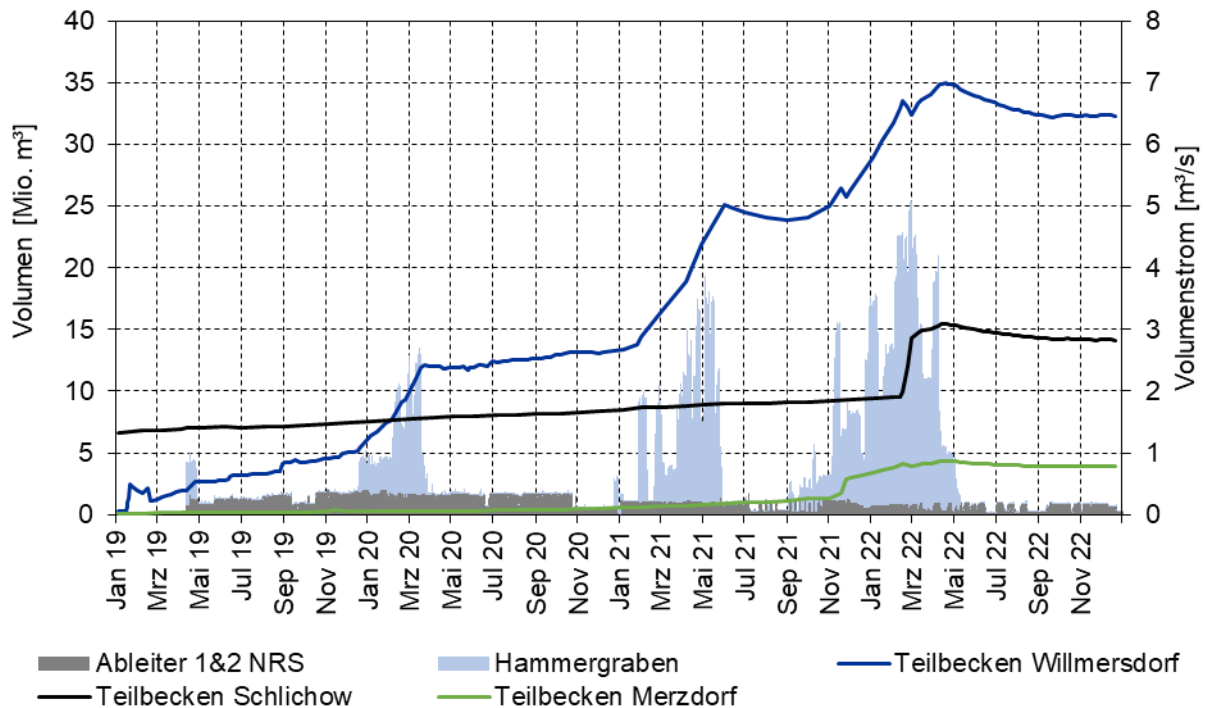


Bild 15: Entwicklung des Seevolumens in den Teilbecken des zukünftigen Cottbuser Ostsees und Flutungsmengen in den Jahren 2019 bis 2021.

Tabelle 9: Wasserspiegelanstieg und Volumenzuwachs in den einzelnen Teilbecken des zukünftigen Cottbuser Ostsees im Zeitraum vom 12.04.2019 (Flutungsbeginn) bis 21.12.2022 (letzte Wasserspiegelmessung in 2022).

Datum	Tage	Wasserstand m NHN	Änderung des Wasserstandes		Volumen nach HVA Mio. m ³
	d		m	cm/d	
Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch)					
12.04.2019	---	+46,63	---	---	6,99
03.12.2019	236	+47,25	0,62	0,26	7,43
01.12.2020	365	+48,58	1,33	0,36	8,37
02.12.2021	367	+49,82	1,24	0,34	9,27
21.12.2022	386	+56,06	6,24	1,66	14,15
Teilbecken Merzdorf (Randschlauch Merzdorf)					
12.04.2019	---	+39,70	---	---	0,13
03.12.2019	236	+41,23	1,53	0,64	0,20
01.12.2020	365	+42,35	1,12	0,31	0,29
02.12.2021	367	+53,00	10,65	2,90	2,74
21.12.2022	386	+56,25	3,25	0,85	3,71
Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch)					
12.04.2019	---	+28,87	---	---	1,92
20.12.2019	253	+34,86	5,99	2,37	4,35
07.12.2020	354	+43,62	8,76	2,47	12,44
02.12.2021	367	+52,98	9,36	2,55	25,54
21.12.2022	386	+56,25	3,27	0,85	31,64

3.4.3 Wasserbilanz

Die Wasserbilanz für das Monitoringjahr 2022 wurde für die einzelnen Teilbecken berechnet. Die Wasserbilanz für den Cottbuser Ostsee wurde durch Zusammenführung der Wasserbilanzen der Teilbecken ermittelt.

In das **Teilbecken Willmersdorf** (Nordrandschlauch) wurden im Bilanzzeitraum 2021/2022 in Summe 44,4 Mio. m³ bzw. rund 106.800 m³/d Wasser aus dem Hammergraben und aus der Randriegelleitung in das Teilbecken Nordrandschlauch eingeleitet. Die klimatische Wasserbilanz des Teilbeckens war mit -0,9 Mio. m³ bzw. -2.130 m³/d defizitär. Das Volumen des Teilbeckens nahm um rund 7,4 Mio. m³ bzw. 17.670 m³/d zu. Rund 17 % des in das Teilbecken eingeleiteten Flutungswassers wurde somit volumenwirksam (Tabelle 10). Der überwiegende Teil versickerte ins Grundwasser oder strömte im Zuge der Vereinigung mit dem Teilbecken Merzdorf (November 2021) bzw. dem Teilbecken Schlichow (März 2022) in diese Teilbecken ab. Die exakten Anteile können aus der Mengenbilanz nicht abgeleitet werden. Die Grundwasserbilanz im Monitoringjahr 2022 ist jedoch immer noch defizitär, da weiterhin Seewasser in die angrenzenden gewachsenen Grundwasserleitern und insbesondere in die Innenkippe abströmt und dort den Porenraum auffüllt. Der Abstrom in den Absenkungstrichter hat aufgrund des zunehmenden Gradienten und der gewachsenen Kontaktfläche im Vergleich zu den Vorjahren sogar zugenommen (Tabelle 10).

Tabelle 10: Wasserbilanz der Teilbecken des zukünftigen Cottbuser Ostsees für die Bilanzzeiträume der vier Monitoringjahre 2019 bis 2022.

Bilanzgröße Bilanzierungszeitraum	Niederschlag	Verdunstung	Ableiter 1	Ableiter 2	Hammergraben	Volumenänderung	Grundwasserbilanz
	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d
Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch)							
04/2019-12/2019	+630	-1.600	+15.020	+7.270	+5.490	+10.790	-16.020
12/2019-12/2020	+1.490	-2.190	+17.290	+9.240	+24.390	+22.010	-28.220
12/2020-11/2021	+2.330	-2.910	+9.460	+4.870	+56.350	+35.480	-34.630
11/2021-12/2022	+2.830	-4.960	+8.540	+4.980	+93.280	+17.670	-87.010 ¹⁾
Teilbecken Merzdorf (Randschlauch Merzdorf)							
04/2019-12/2019	+130	-370	0	0	0	+330	+570
12/2019-12/2020	+230	-370	0	0	0	+220	+360
12/2020-11/2021	+320	-400	0	0	0	+2.590	+2.670
11/2021-12/2022	+430	-740	0	0	0	+6.130	+6.440 ²⁾
Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch)							
04/2019-12/2019	+840	-2.040	0	0	0	+2.140	+3.340



Bilanzgröße Bilanzierungszeitraum	Niederschlag	Verdunstung	Ableiter 1	Ableiter 2	Hammergraben	Volumenänderung	Grundwasserbilanz
	m³/d	m³/d	m³/d	m³/d	m³/d	m³/d	m³/d
12/2019-12/2020	+1.110	-1.630	0	0	0	+2.580	+3.090
12/2020-11/2021	+1.160	-1.460	0	0	0	+2.410	+2.710
11/2021-12/2022	+1.170	-2.050	0	0	0	+11.950	+12.830 ³⁾
Cottbuser Ostsee							
11/2021-12/2022	+4.430	-7.750	+8.540	+4.980	+93.280	+35.750	-67.740

1) beinhaltet die seit der Vereinigung mit den Teilbecken Merzdorf und Schlichow auftretenden Oberflächenabströme

2) beinhaltet die seit der Vereinigung mit dem Teilbecken Willmersdorf auftretenden Oberflächenzuströme

3) beinhaltet die seit der Vereinigung mit den Teilbecken Willmersdorf und Merzdorf auftretenden Oberflächenzuströme

Die klimatische Wasserbilanz des **Teilbeckens Merzdorf** war im Betrachtungszeitraum 2021/2022 mit -0,13 Mio. m³ bzw. -310 m³/d defizitär. Das Volumen des Teilbeckens nahm im Betrachtungszeitraum um 2,6 Mio. m³ bzw. 6.130 m³/d zu (Tabelle 10). Die Volumenzunahme des Teilbeckens Merzdorf speiste sich aus dem Grundwasserzustrom und seit der Vereinigung mit dem Teilbecken Willmersdorf im November 2021 (vgl. Abschnitt 3.4.3) aus dem Zufluss aus dem Teilbecken Willmersdorf. Die zwei Bilanzanteile können aus der Wassermengenbilanz nicht differenziert werden.

Die klimatische Wasserbilanz des **Teilbeckens Schlichow** (Südrandschlauch) war im Betrachtungszeitraum 2021/2022 mit -0,37 Mio. m³ bzw. -880 m³/d ebenfalls defizitär (Tabelle 10). Die Volumenzunahme von rund 5 Mio. m³ bzw. 11.950 m³/d speiste sich wie im Teilbecken Merzdorf aus dem Grundwasserzustrom und während der zeitweiligen Vereinigung mit den Teilbecken Merzdorf und Willmerdorf zwischen März und September (vgl. Abschnitt 3.4.3) zusätzlich aus dem Zufluss aus den benachbarten Teilbecken. Die zwei Bilanzanteile können aus der Wassermengenbilanz nicht differenziert werden.

Die klimatische Wasserbilanz des Cottbuser Ostsees war im Betrachtungszeitraum 2021/2022 mit rund -1,4 Mio. m³ bzw. -3.320 m³/d defizitär (Tabelle 10). Rund 44,4 Mio. m³ bzw. 106.800 m³/d wurden aus dem Hammergraben und aus der Randriegelleitung in den Cottbuser See eingeleitet. Das Volumen des Cottbuser Ostsees nahm im Betrachtungszeitraum um rund 14,9 Mio. m³ bzw. 35.750 m³/d zu. Der Abstrom ins Grundwasser wurde aus der Wasserbilanz mit -28,2 Mio. m³ bzw. -67.740 m³/d ermittelt. Somit wurden 33 % des in den Cottbuser Ostsee eingeleiteten Flutungswassers volumenwirksam. Der größere Anteil des Flutungswassers von ca. 64 % versickerte überwiegend in den Porenraum der Innenkippe bzw. ins Grundwasser oder verdunstete (ca. 3 %).

3.5 Wasserbeschaffenheit

3.5.1 Flutungswasser

3.5.1.1 Hammergraben

Das eingeleitete Flutungswasser aus dem Hammergraben entstammt der Spree. Die Wasserbeschaffenheit an der Messstelle CB-Flut-01 hat sich seit Flutungsbeginn im Jahr 2019 kaum verändert. Das Flutungswasser war auch 2022 neutral und gut gepuffert (Tabelle 11). Am 01.09.2022 wurde einmalig pH=6,4 gemessen (Bild 16). Die Sulfatkonzentration betrug im Mittel 360 mg/L. Die Konzentrationen von Eisen (Bild 17) und Mangan waren im Hammergraben niedrig. Mit dem Flutungswasser aus dem Hammergraben wurden unspezifische organische Zehrstoffe (TOC, DOC) und Nährstoffe in das Teilbecken eingetragen.

Tabelle 11: Statistische Kenngrößen der maßgeblichen chemischen Kennwerte des Flutungswassers aus dem Hammergraben (Mst. CB-Flut-01) im Jahr 2022.

Kennwert	Einheit	Anzahl der Werte	Minimum	Mittelwert	Maximum
Elektrische Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	12	770	930	1.000
pH-Wert	-	12	6,4	7,7	8,0
Säurekapazität $K_{S4.3}$	mmol/L	6	1,5	1,8	2,0
Basenkapazität $K_{B8.2}$	mmol/L	6	0,03	0,07	0,12
TOC	mg/L	6	4,8	5,7	6,4
DOC	mg/L	6	4,4	5,0	5,6
TIC	mg/L	6	16,0	16,8	18,0
Chlorid	mg/L	6	34,0	36,0	38,9
Sulfat	mg/L	12	270	360	400
Natrium	mg/L	6	22,4	24,9	27,5
Kalium	mg/L	6	5,4	6,3	7,1
Magnesium	mg/L	6	17,5	22,9	27,4
Calcium	mg/L	6	105	126	144
Eisen, gesamt	mg/L	12	0,15	0,42	0,76
Eisen, gelöst	mg/L	12	0,01	0,15	0,38
Eisen-II, gelöst	mg/L	6	0,01	0,03	0,06
Mangan	mg/L	6	0,16	0,21	0,25
Aluminium	µg/L	6	20	78	210
Ammonium-N	mg/L	6	0,08	0,13	0,17
Nitrat-N	mg/L	6	0,690	1,468	2,400
Nitrit-N	mg/L	6	0,01	0,02	0,02
Phosphor, ges.	µg/L	6	10	34	53
Phosphat-P	µg/L	0	---	---	---
Arsen	µg/L	6	---	<10,0	---
Kupfer	µg/L	6	---	<5	---
Nickel	µg/L	6	5	6	7
Zink	µg/L	6	2	5	11

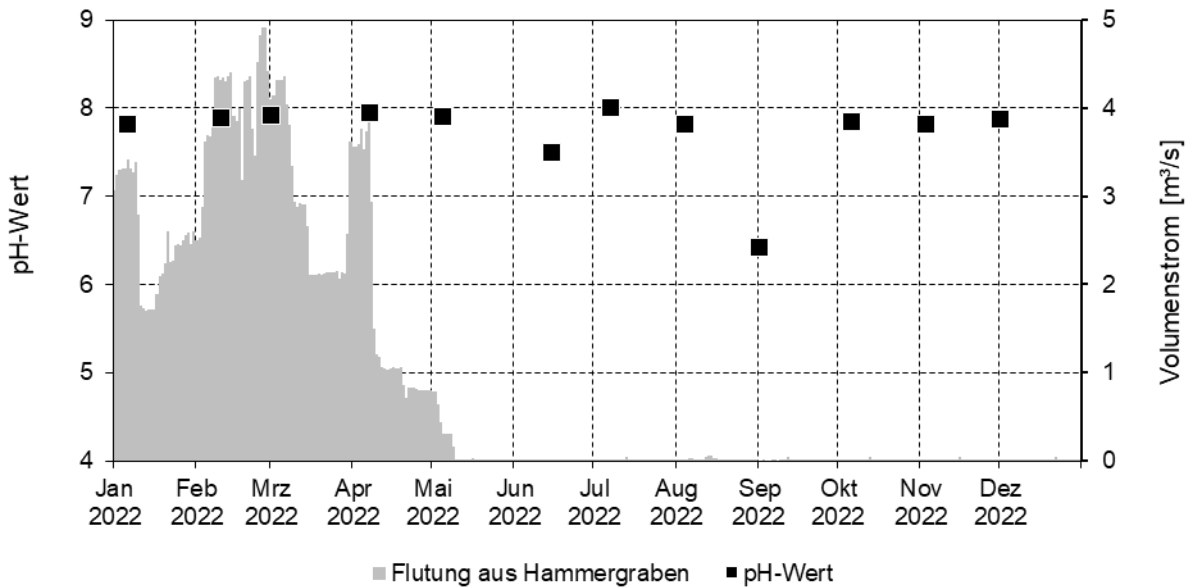


Bild 16: Messwerte des pH-Wertes im Hammergraben an der Messstelle CB-Flut-01 und Flutungswassermenge an der Messstelle CB-Flut-Zuleiter im Monitoringjahr 2022.

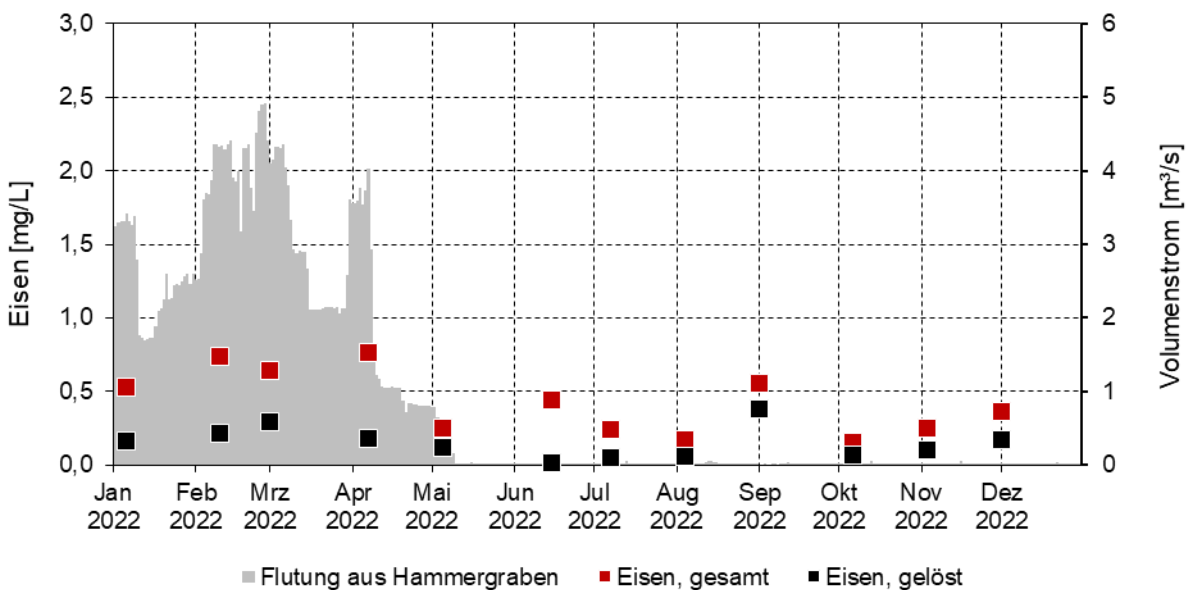


Bild 17: Messwerte der Eisenkonzentration im Hammergraben an der Messstelle CB-Flut-01 und Flutungswassermenge an der Messstelle CB-Flut-Zuleiter im Monitoringjahr 2022.

3.5.1.2 Randriegel

Das Grundwasser aus den Randriegeln war im Vergleich zum Flutungswasser aus dem Hammergraben schwach sauer (Bild 18), aber nicht versauerungsdisponiert (Tabelle 12). Die Acidität $K_{B8,2}$ war höher als im Hammergraben, bedingt durch höhere Konzentrationen der Kohlensäure, des Eisens (Bild 19) und des Aluminiums. Die Ammoniumstickstoffkonzentration war im anaeroben Grundwasser höher als im Hammergraben. Nitrat und Nitrit lagen unter der jeweiligen Bestimmungsgrenze.

Tabelle 12: Statistische Kenngrößen der maßgeblichen chemischen Kennwerte des Grundwassers aus den Randriegeln (Mst. Sammelleitung RR West 6) im Jahr 2022.

Kennwert	Einheit	Anzahl der Werte	Minimum	Mittelwert	Maximum
Elektrische Leitfähigkeit bei +25°C	µS/cm	10	990	1.070	1.120
pH-Wert	-	10	6,3	6,5	6,7
Säurekapazität $K_{S4.3}$	mmol/L	10	1,1	1,8	2,2
Basenkapazität $K_{B8.2}$	mmol/L	10	0,7	1,2	1,7
TOC	mg/L	9	2,6	4,0	5,7
DOC	mg/L	1	---	3,7	---
Chlorid	mg/L	10	31	37	42
Sulfat	mg/L	10	340	400	450
Natrium	mg/L	1	---	22	---
Kalium	mg/L	1	---	6,9	---
Magnesium	mg/L	1	---	28	---
Calcium	mg/L	1	---	213	---
Eisen, gesamt	mg/L	10	6,4	30,4	47,3
Eisen, gelöst	mg/L	10	4,7	25,3	39,0
Eisen-II, gelöst	mg/L	10	0,0	20,3	32,2
Mangan	mg/L	1	---	1,9	---
Aluminium	µg/L	1	---	750	---
Ammonium-N	mg/L	1	---	0,75	---
Nitrat-N	mg/L	1	---	<0,125	---
Nitrit-N	mg/L	1	---	0,01	---
Phosphor, gesamt	µg/L	1	---	17	---
Orthophosphat-P	µg/L	1	---	10	---
Arsen	µg/L	1	---	<10,0	---
Kupfer	µg/L	1	---	<5	---
Nickel	µg/L	1	---	26	---
Zink	µg/L	1	---	38	---

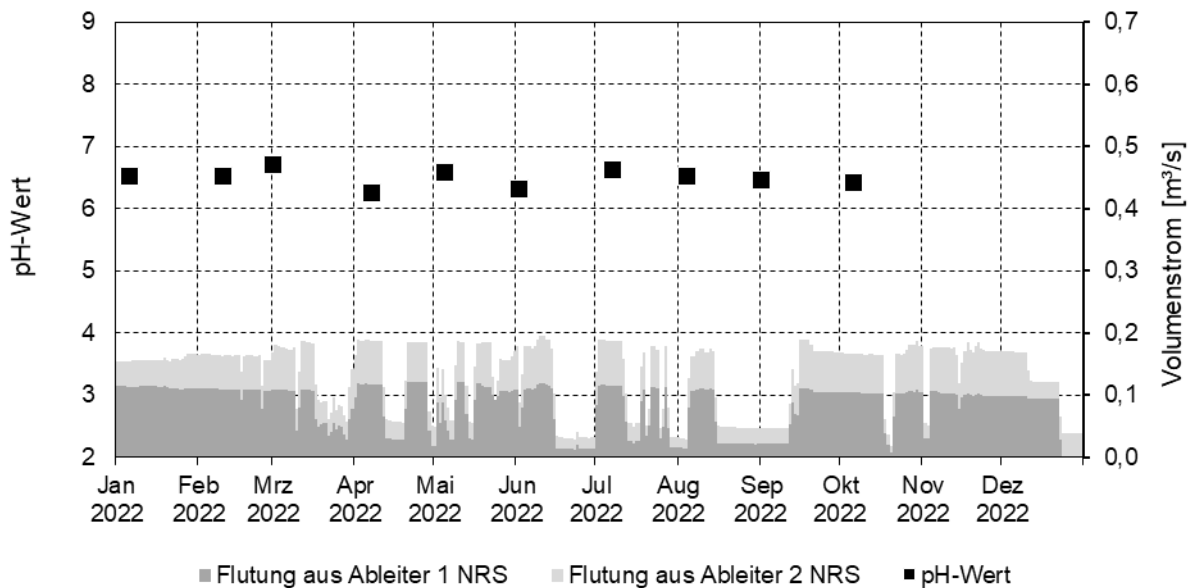


Bild 18: Messwerte des pH-Wertes in den Randriegeln an der Messstelle Sammelleitung RR West 6 und Flutungswassermenge der Ableiter 1 NRS und Ableiter 2 NRS im Monitoringjahr 2022.

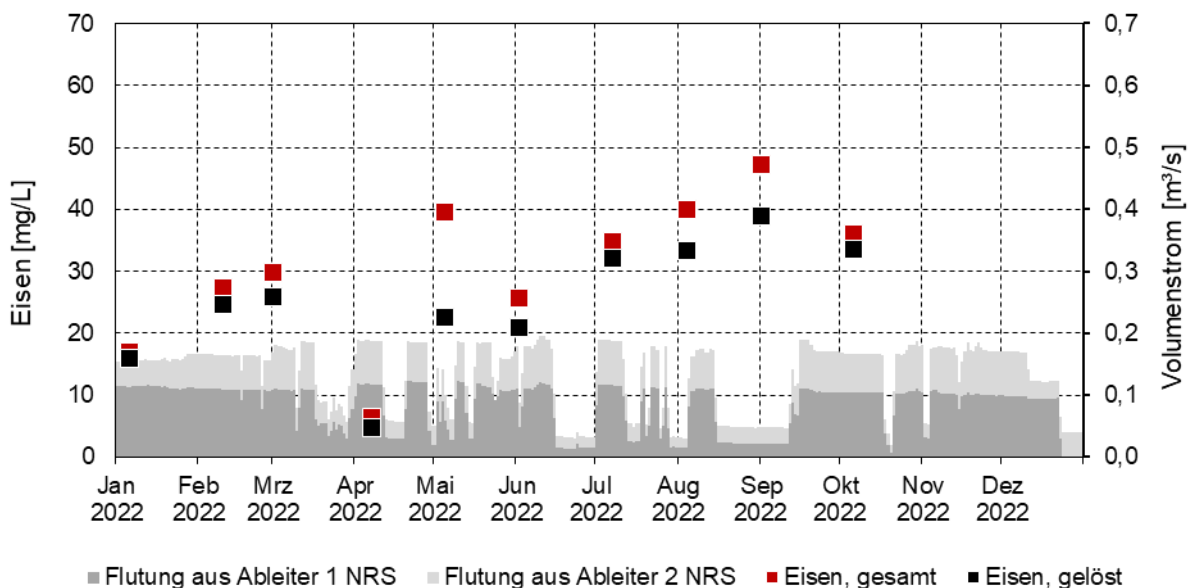


Bild 19: Messwerte der Eisenkonzentration in den Randriegeln an der Messstelle Sammelleitung RR West 6 und Flutungswassermenge der Ableiter 1 NRS und Ableiter 2 NRS im Monitoringjahr 2022.

3.5.2 Cottbuser Ostsee

3.5.2.1 Schichtungsverhalten

Infolge der voranschreitenden Flutung nahm die Wassertiefe in den verschiedenen Teilbecken des zukünftigen Cottbuser Ostsees auch im Monitoringjahr 2022 deutlich zu. Das Teilbecken Willmersdorf (Norddrandschlauch) ist knapp 20 Meter tief und war bisher das tiefste Teilbecken (Tabelle 13). Seit dem Überlaufen des Wassers aus dem Teilbecken Willmersdorf in das Teilbecken **Merzdorf** im November 2021 ist der

Wasserstand im Teilbecken Merzdorf sprunghaft um rund sechs Meter gestiegen (Abschnitt 3.4.2). Im September 2022 war das Teilbecken Merzdorf knapp 10 Meter tief. Aufgrund der zunehmenden Wassertiefe wurde im September 2022 erstmals ein Temperaturgradient im Teilbecken Merzdorf erfasst (Bild 20). Das Epilimnion hatte eine Mächtigkeit von rund 4 Meter. Es wurde eine sehr starke hypolimnische Sauerstoffzehrung festgestellt. Über Grund war der Sauerstoff komplett aufgebraucht. Die hypolimnische Sauerstoffzehrung wird vorrangig auf den Grundwasserzufluss zurückgeführt.

Bisher erfolgte die Flutung des Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch) ausschließlich durch Grundwasseraufgang. Mit dem Zusammenschluss der Teilbecken **Willmersdorf/Merzdorf** und **Schlichow** im Februar 2022 ist der Wasserstand im Teilbecken Schlichow um rund sieben Meter gestiegen. An der Messstelle im Teilbecken Schlichow wurde im Jahr 2022 eine Wassertiefe von knapp 20 Meter gemessen. Zur Sommerbeprobung am 08.09.2022 waren die beiden Teilbecken Willmersdorf und Schlichow thermisch stabil geschichtet. Die Epilimnionmächtigkeit lag zwischen 7 und 8 Meter. Über die Profiltiefe wurde ein Gradient der Sauerstoffkonzentration festgestellt. Während das Epilimnion sauerstoffgesättigt war, lag die Sauerstoffsättigung im grundnahen Bereich im Teilbecken Willmersdorf bei 20 % und im Teilbecken Schlichow bei 40 %. Die Tiefenprofile der beiden Messstellen im Teilbecken Willmersdorf sind nahezu identisch.

Die Trübung war in allen drei Teilbecken über die gesamte Profiltiefe leicht erhöht. Die erhöhte Trübung wurde an beiden Messterminen im März und im September 2022 festgestellt. Die Flutung aus dem Hammergraben war zum Zeitpunkt der Messung am 08.09.2022 nicht in Betrieb.

Tabelle 13: Limnologische Eigenschaften der Teilbecken des Cottbuser Ostsees zu den Messterminen im Jahr 2022.

Teilbecken	Mst.	Maximale Tiefe [m]		Schichtungsverhalten	Epilimnionmächtigkeit [m]	O ₂ -Sättigung über Grund	Besonderheiten im Jahr 2022
		30.03.	08.09.				
Schlichow	CB-See-01	20,0	19,0	dimiktisch	8	> 40%	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Trübung erhöht ▪ Hypolimnische Zehrung
Merzdorf	CB-See-02	9,9	9,4	polymiktisch	4	≥ 0%	<ul style="list-style-type: none"> ▪ erstmals Schichtung ▪ Trübung erhöht ▪ Starke hypolimnische Zehrung
Willmersdorf	CB-See-03	17,8	16,2	dimiktisch	6	> 20%	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Trübung erhöht ▪ Hypolimnische Zehrung
	CB-See-04	20,2	18,9		7	> 20%	

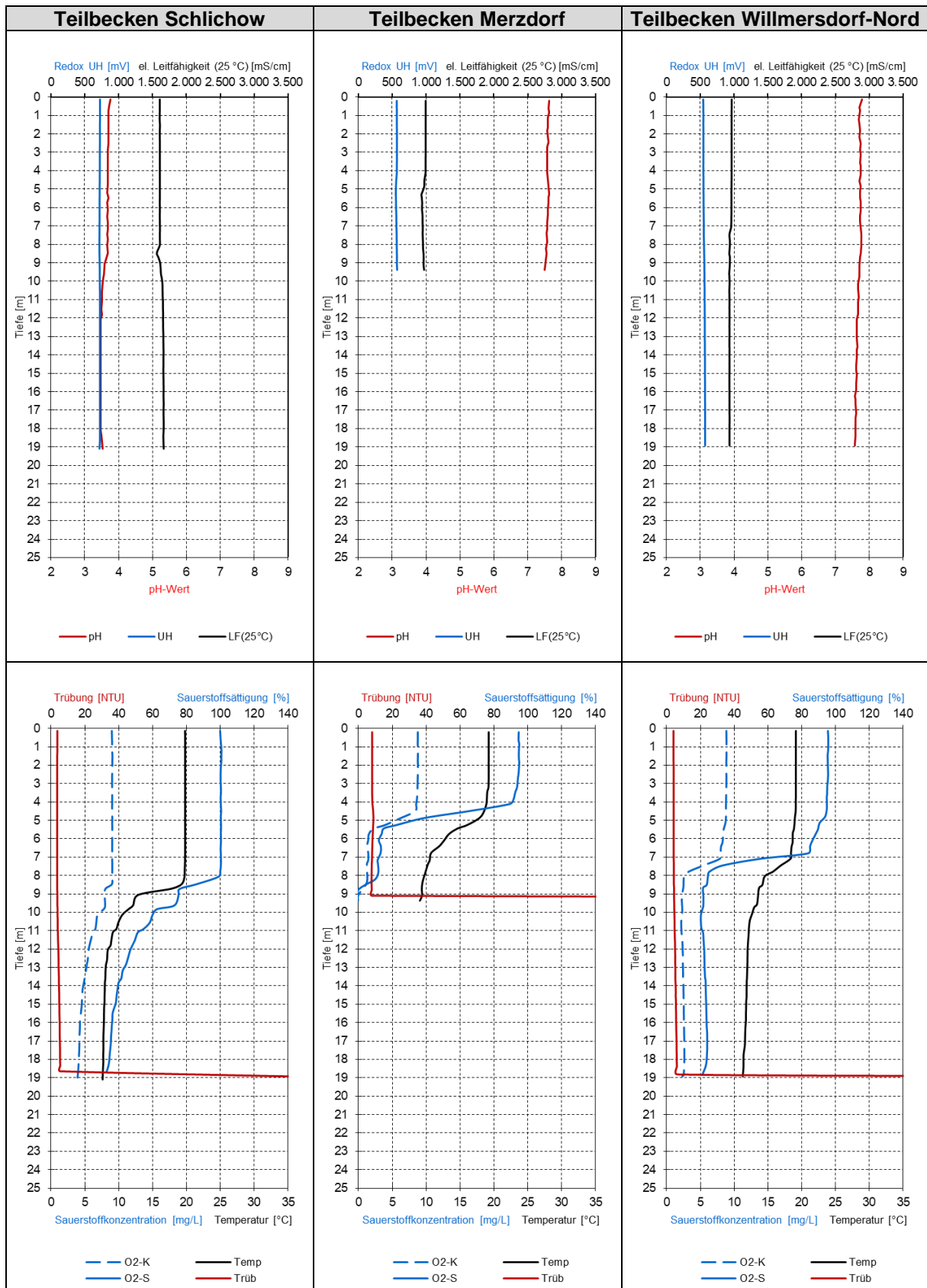


Bild 20: Tiefenprofile der Kennwerte Wassertemperatur, Trübung, Sauerstoffkonzentration und -sättigung, pH-Wert, Redoxpotential und elektrische Leitfähigkeit in den Teilbecken des Cottbuser Ostsees zum Termin der Beprobung am 08.09.2022.

3.5.2.2 Wasserbeschaffenheit

Im Monitoringjahr 2022 waren die drei Teilbecken zum Zeitpunkt der hydrochemischen Beprobung erstmals hydraulisch verbunden (Abschnitt 3.2). Die Befunde der Analytik während der Spätsommernkampagne 2022 sind in der Tabelle 14 dargestellt.

Tabelle 14: Ergebnisse der Wasseruntersuchungen des Epilimnions in den einzelnen Teilbecken des zukünftigen Cottbuser Ostsees am 08.09.2022.

Kennwerte	Einheit	Schlichow	Merzdorf	Willmersdorf- West	Willmersdorf- Nord
		CB-See-01	CB-See-02	CB-See-03	CB-See-04
Vor Ort					
Entnahmetiefe	m	4,0	2,0	3,0	3,0
Gelotete Tiefe	m	19,0	9,4	16,2	18,9
Sichttiefe	m	5,6	1,9	2,6	3,1
Elektrische Leitfähigkeit +25°C	µS/cm	1.590	990	960	960
pH-Wert	---	3,6	7,2	7,7	7,8
Sauerstoffkonzentration	mg/L	9,0	8,7	9,1	8,8
Sauerstoffsättigung	%	99	94	100	96
Labor					
pH-Wert	---	3,5	7,3	8,2	8,0
Elektrische Leitfähigkeit +25°C	µS/cm	1.590	990	960	960
Säurekapazität $K_{S4,3}$	mmol/L	---	1,0	1,5	1,4
Basenkapazität $K_{B4,3}$	mmol/L	0,5	---	---	---
Basenkapazität $K_{B8,2}$	mmol/L	1,4	0,2	0,1	0,1
Chlorid	mg/L	30,5	36,4	35,5	35,7
Sulfat	mg/L	790	410	370	370
Natrium	mg/L	22,2	27,5	28,0	26,9
Kalium	mg/L	6,7	6,9	6,6	6,6
Magnesium	mg/L	33,8	23,7	24,3	23,4
Calcium	mg/L	239	149	143	142
Eisen-gesamt	mg/L	1,7	0,5	0,1	0,1
Eisen(II), gelöst	mg/L	0,18	<0,01	<0,01	<0,01
Eisen(III), gelöst	mg/L	1,11	0,01	0,02	<0,01
Mangan-gelöst	mg/L	2,49	0,07	0,01	0,01
Aluminium	mg/L	6,61	0,06	0,07	0,09
Arsen	µg/L	<10	<10	<10	<10
Blei	µg/L	<10	<10	<10	<10
Cadmium	µg/L	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Chrom-gesamt	µg/L	<5	<5	<5	<5
Nickel	µg/L	58	11	<5	<5
Kupfer	µg/L	<5	<5	<5	<5
Zink	µg/L	154	8	<1	<1
Ammonium-N	mg/L	0,53	0,05	<0,05	<0,05
Nitrat-N	mg/L	<0,01	<0,01	0,02	0,02



Kennwerte	Einheit	Schlichow	Merzdorf	Willmersdorf- West	Willmersdorf- Nord
		CB-See-01	CB-See-02	CB-See-03	CB-See-04
Vor Ort					
Nitrit-N	mg/L	0,85	0,92	0,96	1,04
Phosphor-gesamt	µg/L	13	11	13	18
ortho-Phosphat-P	µg/L	<10	<10	<10	<10

Erläuterung der Farbgebung:

pH < 5	pH > 5
--------	--------

Das Teilbecken **Willmersdorf** wurde überwiegend mit Spreewasser geflutet (Abschnitt 3.4.1). Ein Großteil des in das Teilbecken Willmersdorf eingeleiteten Wassers versickerte entweder ins Grundwasser, insbesondere in die Innenkippe, oder strömte im Zuge der Vereinigung in die Teilbecken Merzdorf und Schlichow (Abschnitt 3.4.3). Es ist praktisch kein Grundwassereinfluss im Teilbecken Willmersdorf zu erkennen. Die Wasserbeschaffenheit glich daher weitgehend dem Flutungswasser (vgl. Tabelle 11).

Das Wasser im Teilbecken Willmersdorf-Nord (Mst. CB-See-04) war neutral und mit $K_{S4,3} = 1,4$ mmol/L gut gepuffert (Tabelle 14). Die Sulfatkonzentration war im Vergleich zu den anderen Teilbecken mit 370 mg/L niedrig, ebenso die Konzentrationen der pedogenen Metalle Eisen, Mangan und Aluminium. Die Konzentrationen der relevanten Spurenmetalle Arsen, Blei, Cadmium, Chrom-gesamt, Nickel, Kupfer und Zink lagen unter der jeweiligen laboranalytischen Bestimmungsgrenze. Im Vergleich zu den Vorjahren hat sich die Beschaffenheit im Teilbecken Willmersdorf nicht verändert (Bild 21).

Sowohl die Tiefenprofile (Abschnitt 3.5.2.1) als auch die hydrochemischen Analyseergebnisse der beiden Messstellen im Teilbecken Willmersdorf (Mst. CB-See-03 und CB-See-04) unterscheiden sich kaum (Tabelle 14). Aus gutachterlicher Sicht ist die Messstelle CB-See-04 am zukünftigen Auslaufbauwerk ausreichend repräsentativ. Auf die Messstelle CB-See-03 kann künftig verzichtet werden.

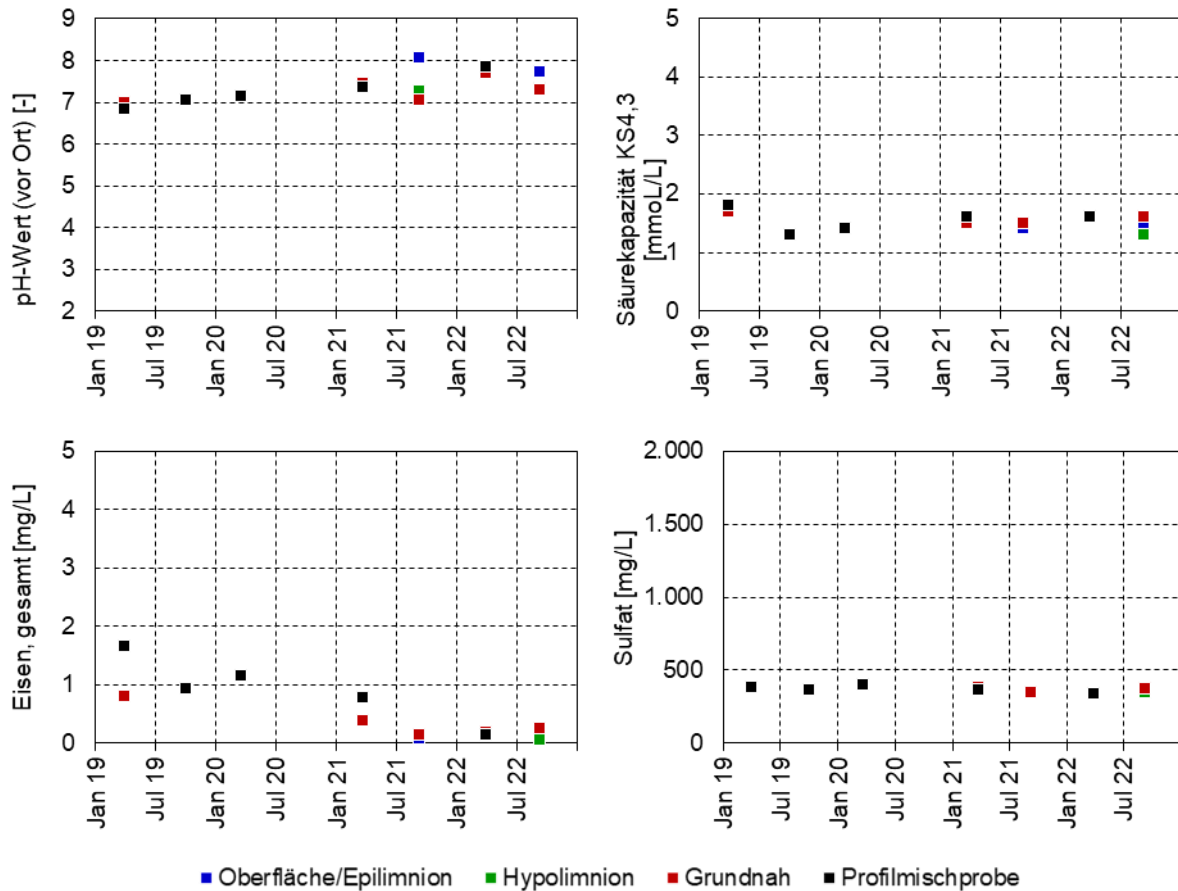


Bild 21: Befunde für die Kennwerte pH-Wert, $K_{S_{4,3}}$, Eisen und Sulfat im Teilbecken Willmersdorf (Mst. CB-See-04) in allen beprobten Tiefenstufen im Zeitraum von 2014 bis 2022.

Bisher wurde die Wasserbeschaffenheit des Teilbeckens **Merzdorf** ausschließlich durch Grund- und Niederschlagswasser beeinflusst. Im Jahr 2021 nahm der Kippenwasserzustrom zum Teilbecken Merzdorf zu, sodass es im Laufe des Jahres 2021 versauerte (Bild 22).

Seit dem Überlauf von Wasser aus dem Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch) in das Teilbecken Merzdorf im November 2021 war die Wasserbeschaffenheit durch das Flutungswasser der Spree geprägt (Bild 22 und Tabelle 14).

Der pH-Wert lag bei 7,2 und der $K_{S_{4,3}}$ bei 1,0 mmol/L. Die Sulfatkonzentration war im Vergleich zum Spreewasser leicht erhöht und lag im Herbst 2022 bei 410 mg/L. Die Eisenkonzentration war mit < 1 mg/L niedrig. Von den Spurenmetallen waren lediglich Nickel und Zink nachweisbar.

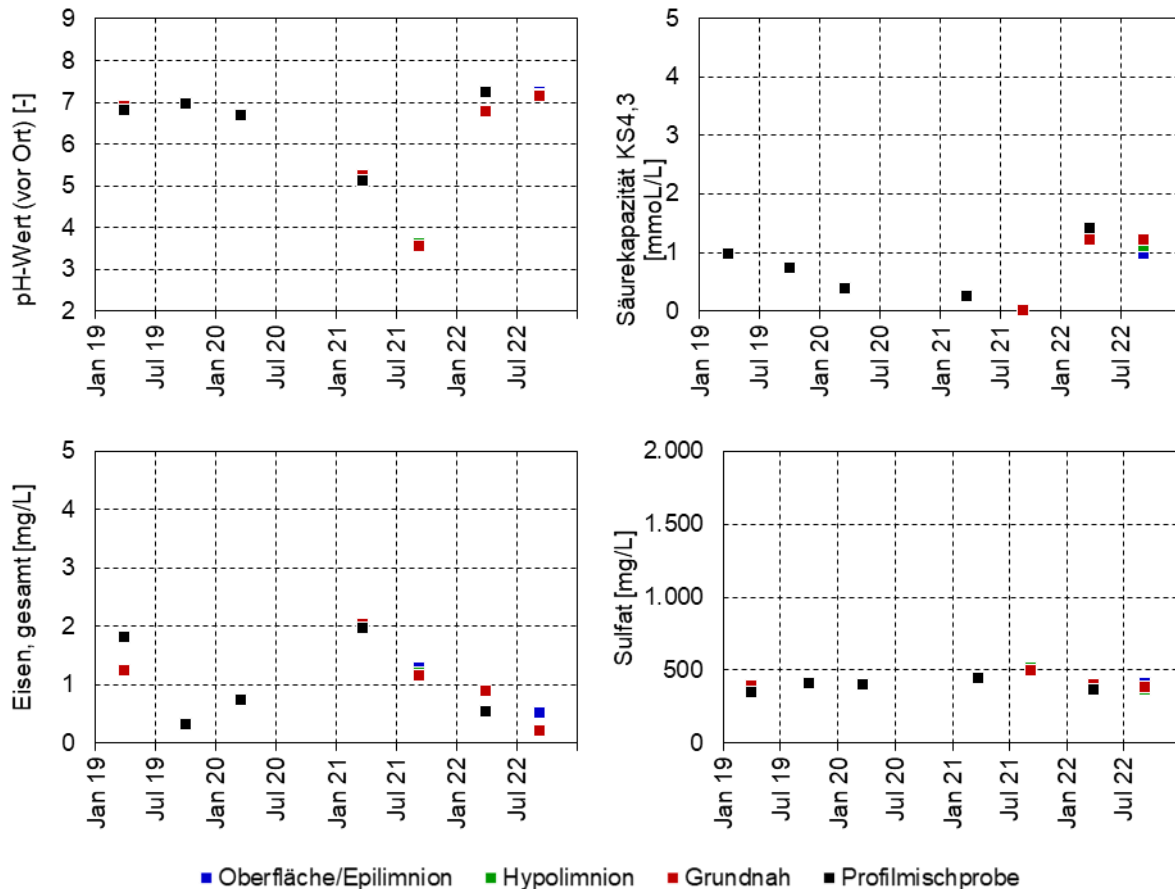


Bild 22: Befunde für die Kennwerte pH-Wert, $K_{S4,3}$, Eisen und Sulfat im Teilbecken Merzdorf (Mst. CB-See-02) in allen beprobten Tiefenstufen im Zeitraum von 2019 bis 2022.

Das Teilbecken **Schlichow** wurde bis Februar 2022 ausschließlich durch Grundwassereigenaufgang gefüllt (Abschnitt 3.4.2).

Das Teilbecken war bisher mit $\text{pH} = 2,9$ und $K_{B4,3} \approx 3 \text{ mmol/L}$ stark sauer (Bild 23). Die Acidität verbarg sich in hohen Konzentrationen der pedogenen Metalle Eisen und Aluminium. Das Eisen lag im sauren Seewasser dominant als gelöstes dreiwertiges Eisen vor. Das Wasser war stark mineralisiert und wies eine Sulfatkonzentration von 1.200 mg/L auf. Aufgrund des niedrigen pH-Wertes wurden auch die Spurenmetalle, insbesondere Kupfer, Nickel und Zink, mit erhöhten Konzentrationen gemessen.

Seit dem Zufluss von Seewasser aus dem Teilbecken Willmersdorf/Merzdorf im Februar 2022 hat sich die Wasserbeschaffenheit im Teilbecken Schlichow verändert (Bild 23). Die Basenkapazität als $K_{B4,3}$ ist auf $\approx 0,5 \text{ mmol/L}$ gesunken, der pH-Wert leicht gestiegen. Eisen-gesamt wurde im September 2022 mit lediglich $1,7 \text{ mg/L}$ gemessen (Tabelle 14) und auch die Aluminiumkonzentration hat sich halbiert. Die Sulfatkonzentration ist auf 790 mg/L zurückgegangen. Bei den Spurenmetallen lagen nur noch Nickel und Zink in nachweisbaren Konzentrationen vor.

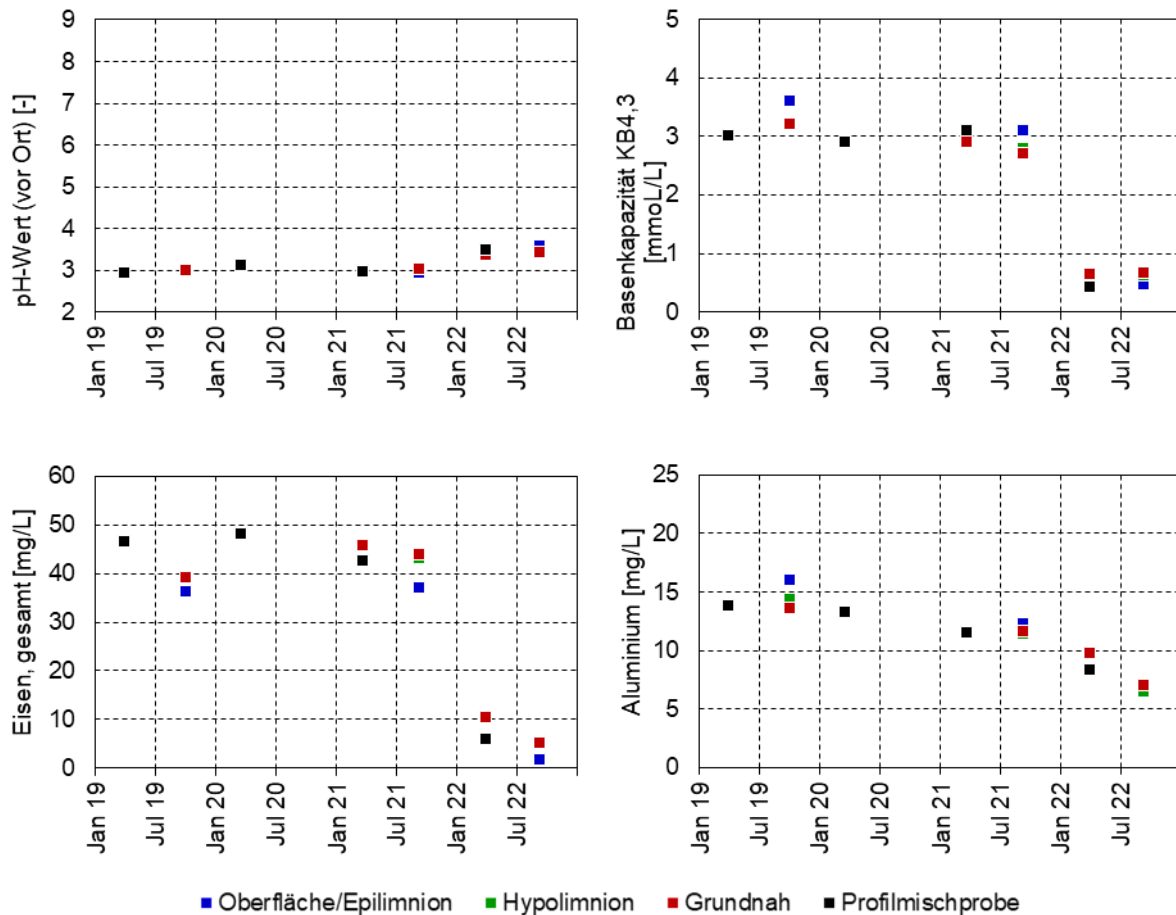


Bild 23: Befunde für die Kennwerte pH-Wert, $KB_{4,3}$, Eisen und Aluminium im Teilbecken Schlichow (Mst. CB-See-01) in allen beprobten Tiefenstufen im Zeitraum von 2019 bis 2022.

3.5.2.3 Biologie

Zur Frühjahrsbeprobung 2022 wurden in den einzelnen Teilbecken ausgewählte biologische Kennwerte erhoben. Die Abundanzen des Phyto- und Zooplanktons sind an die Entwicklung der Wasserbeschaffenheit gebunden. Aufgrund des ungleichmäßigen Flutungsregimes in den einzelnen Teilbecken durch Fremdflutung und Grundwasseraufgang ist die biologische Entwicklung sehr spezifisch. Zum Zeitpunkt der Beprobung am 30.03.2022 waren die Teilbecken Willmersdorf und Merzdorf bereits verbunden. Es herrschte ein starker pH-Gradient von neutral im Teilbecken Willmersdorf/Merzdorf bis stark sauer im Südrandschlauch.

Im neutralen, mit Spreewasser gefluteten Teilbecken Willmersdorf/Merzdorf wurde mit $0,4 \text{ mm}^3/\text{L}$ das höchste Phytoplanktonaufkommen gefunden (Tabelle 15). Auch die Diversität war mit rund 30 Phytoplanktonarten im neutralen Seewasser des Teilbecken Willmersdorf/Merzdorf größer als im sauren Seewasser des Teilbecken Schlichow mit lediglich zwei Arten. In den Teilbecken Willmersdorf und Merzdorf wurden neben Goldalgen, Kryptomonaden, Kieselalgen, Grünalgen und vereinzelt Dinoflagellaten auch Blaualgen nachgewiesen (Bild 24). Im Teilbecken Schlichow kamen nur Goldalgen und Grünalgen mit jeweils einer Art vor.



Das Zooplanktonaufkommen ergab sich in Abhängigkeit vom Phytoplanktonaufkommen. In den Teilbecken Willmersdorf und Merzdorf waren im Jahr 2022 Ruderfußkrebse, Rädertiere und vereinzelte Wimpertiere nachweisbar. Im Teilbecken Schlichow hingegen wurden lediglich zwei Arten von Wimpertieren gefunden.

Tabelle 15: Relevante Kennwerte und Planktongehalte im den drei Teilbecken des Cottbuser Ostsee.

Jahr	pH-Wert	Sichttiefe	Phosphor gesamt	Chloro- phyll a	Phyto- plankton	Zoo- plankton
	---	[m]	[µg/L]	[µg/L]	[mm ³ /L]	[Ind/L]
Teilbecken Willmersdorf (CB-See-03)						
29.03.2019	7,2	0,5	21	2,7	0,242	78
23.03.2021	7,4	1,0	16	4,6	0,461	423
30.03.2022	7,9	2,1	18	3,9	0,351	49
Teilbecken Merzdorf (CB-See-02)						
29.03.2019	6,7	1,6	14	5,8	1,830	78
23.03.2021	5,1	1,5	<10	2,2	0,115	2,2
30.03.2022	7,2	1,9	19	2,9	0,431	86
Teilbecken Schlichow (CB-See-01)						
29.03.2019	3,1	3,0	14	0,6	0,077	0
23.03.2021	3,0	1,9	18	0,6	0,025	1,6
30.03.2022	3,5	2,3	15	0,3	0,083	5

Erläuterung der Farbgebung:

pH < 5	pH > 5
--------	--------

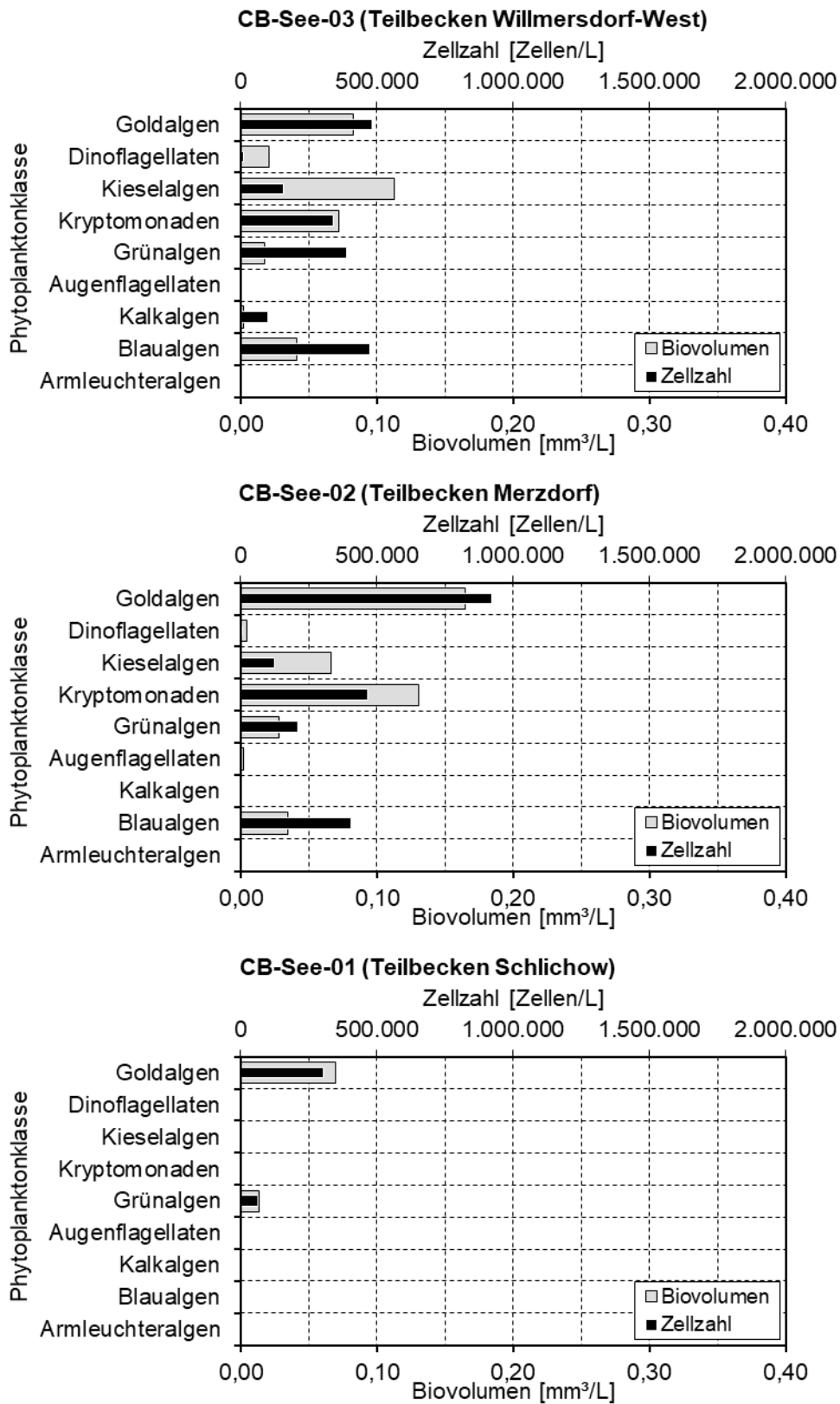


Bild 24: Phytoplanktonbefunde in den drei Teilbecken im Jahr 2022.

3.5.3 Kiessee Maust

Der Kiessee Maust wird als Bade- und Angelgewässer genutzt. Er war auch im Jahr 2022 neutral und mit $K_{S4,3} = 1,4$ mmol/L gut gepuffert (Tabelle 16). Die Sulfatkonzentration lag im Bereich des Wassers im Hammergraben. Die Metallkonzentrationen waren auch im Jahr 2022 niedrig, die Spurenmetalle lagen allesamt unter der Bestimmungsgrenze. Im Vergleich zur Beprobung im Jahr 2021 hat sich die Wasserbeschaffenheit nicht wesentlich verändert.

Tabelle 16: Ergebnisse der oberflächennahen Wasserbeprobung des Kiessee Maust am 02.06.2022.

Kennwerte	Einheit	Kiessee Maust
		CB-OG-02
Vor Ort		
Entnahmetiefe	m	0,2
Gelotete Tiefe	m	k.A.
Sichttiefe	m	---
Elektrische Leitfähigkeit +25°C	µS/cm	1.020
pH-Wert	---	8,2
Sauerstoffkonzentration	mg/L	9,9
Sauerstoffsättigung	%	104
Labor		
pH-Wert	---	7,5
Elektrische Leitfähigkeit +25°C	µS/cm	1.020
Säurekapazität $K_{S4,3}$	mmol/L	1,4
Basenkapazität $K_{B4,3}$	mmol/L	---
Basenkapazität $K_{B8,2}$	mmol/L	0,1
Chlorid	mg/L	33,9
Sulfat	mg/L	430
Natrium	mg/L	27,1
Kalium	mg/L	8,1
Magnesium	mg/L	29,1
Calcium	mg/L	150
Eisen-gesamt	mg/L	0,0
Eisen(II), gelöst	mg/L	0,03
Eisen(III), gelöst	mg/L	---
Mangan-gelöst	mg/L	0,02
Aluminium	mg/L	0,02
Arsen	µg/L	<10
Blei	µg/L	<10
Cadmium	µg/L	<1,0
Chrom-gesamt	µg/L	<5
Nickel	µg/L	<5
Kupfer	µg/L	<5
Zink	µg/L	<1
Ammonium-N	mg/L	0,13
Nitrat-N	mg/L	<0,01



Kennwerte	Einheit	Kiessee Maust
		CB-OG-02
Vor Ort		
Nitrit-N	mg/L	<0,05
Phosphor-gesamt	µg/L	30
ortho-Phosphat-P	µg/L	<10
Erläuterung der Farbgebung:		
pH < 5	pH > 5	

4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Das derzeitige Untersuchungsprogramm für das Monitoring der Flutung des Cottbuser Ostsees ist fachlich umfassend ausgestattet. Mit den verfügbaren Messdaten lassen sich die Wasserbilanz sowie die hydrochemische und limnologische Entwicklung des Sees bzw. seiner Teilbecken ausreichend genau beschreiben.

Im Teilbecken Willmersdorf ist die Messstelle CB-See-03 aus fachlicher Sicht redundant (siehe Abschnitt 3.5.2.2). Die Mst. CB-See-04 am zukünftigen Auslaufbauwerk ist für das Teilbecken Willmersdorf ausreichend repräsentativ.

Am 09.03.2022 waren die drei Randschläuche des Cottbuser Ostsees nachweislich verbunden. Der Wasserstand lag in allen drei Teilbecken einheitlich bei +56,7 m NHN. In den Jahren 2021 und 2022 wurden mehrere Böschungsumbildungen dokumentiert, in deren Folge sich die H-V-A-Beziehung verändert hat. Die H-V-A-Beziehung des Cottbuser Ostsees sollte überprüft werden, sobald die Innenkippen geflutet und die Böschungsumbildungen weitestgehend abgeschlossen sind.



5 Quellenverzeichnis

- [DVWK 1996] Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK). Merkblätter zur Wasserwirtschaft, Nr. 238/1996.
- [IWB 2020] Monitoring zur Flutung des Cottbuser Ostsees - Jahresbericht 2019. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 30.06.2020.
- [IWB 2021] Monitoring zur Flutung des Cottbuser Ostsees - Jahresbericht 2020. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 26.07.2021.
- [IWB 2022] Monitoring zur Flutung des Cottbuser Ostsees - Jahresbericht 2021. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 08.07.2022.
- [LBGR 2019a] Planfeststellungsbeschluss für das Vorhaben „Gewässerausbau Cottbuser See, Teilvorhaben 2 - Herstellung des Cottbuser Sees“. Az: C10-8.2-1-2 vom 12.04.2019. Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, Cottbus.
- [LBGR 2019b] 2. Ergänzung zur wasserrechtlichen Erlaubnis für das Entnehmen und Zutagefördern sowie das Einleiten von Grundwasser in die Trinitz zwischen den Tagebauen und den Trinitz-Altlauf im Zusammenhang mit dem Betrieb des Tagebaues Cottbus-Nord vom 29.12.1998 mit 1. Ergänzung vom 21.10.2003 und 2. Ergänzung vom 01.08.2019. Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, Cottbus, GZ: 31.1-2-3.
- [LBGR 2021] 2. Änderung der nachträglich angeordneten Auflage 51 vom 28.12.2020 zur Zulassung des ABP Tagebau Cottbus-Nord vom 08. Oktober 2012. Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe, 21.12.2021, GZ: 10-1.4-1-2.
- [LEAG 2020] Monitoring-Konzept für den Cottbuser Ostsee. Wasserrechtlicher Planfeststellungsbeschluss „Gewässerausbau Cottbuser See, Teilvorhaben 2 – Herstellung des Cottbuser Sees“ (Gz: c10-8.2-1-2) Erfüllung der Nebenbestimmung 1.3.4.1. 10.01.2020. Cottbus.