

Für die Lausitz Energie Bergbau AG



Monitoring zur Flutung des Cottbuser Ostsees - Jahresbericht 2019 -

Bestellnummer E73-4504184652 vom 15.05.2020
Projektnummer IWB 05/20



Einlaufbauwerk in den Cottbuser Ostsee in Lakoma (Foto: Denke, 28.05.2020)

Dresden, am 30.06.2020

Für die Lausitz Energie Bergbau AG



Monitoring zur Flutung des Cottbuser Ostsees

Jahresbericht 2019

Auftraggeber: LEAG Lausitz Energie Bergbau AG
Hauptverwaltung
Vom-Stein-Straße 39, 03050 Cottbus

Bestellnummer: E73-4504184652 vom 15.05.2020

Verantwortlicher: Dipl.-Geologin Andrea Schapp

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

Projektnummer: 05/20

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

Dresden, am 30.06.2020


Dr. W. Uhlmann
(Verfasser)



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
Bilderverzeichnis	2
Tabellenverzeichnis	3
Abkürzungsverzeichnis	4
Zusammenfassung	5
1 Veranlassung und Aufgabenstellung	8
2 Methodik und Datengrundlagen	9
2.1 Monitoring der Wasserbilanz des Cottbuser Ostsees	9
2.1.1 Überblick	9
2.1.2 Erforderliche Größen	10
2.1.3 Witterung	10
2.1.4 Gewässerverdunstung	11
2.1.5 Flutungswasser	11
2.1.6 Wasserstand	11
2.1.7 Morphometrie und Seevolumen	12
2.1.8 Grundwasserwechselwirkung	12
2.2 Monitoring der Wasserbeschaffenheit	13
2.2.1 Probennahme	13
2.2.2 Analytik	13
2.3 Monitoring der Biologie	15
3 Umfang der Untersuchungen im Jahr 2019	16
3.1 Ereignisse	16
3.2 Flutungswasser	16
3.3 Seewasserstand	18
3.4 Seewasserbeschaffenheit	18
4 Ergebnisse	21
4.1 Witterung	21
4.2 Morphometrie	27
4.3 Wasserbilanz	30
4.3.1 Flutung	30
4.3.2 Entwicklung des Wasserstandes und Volumenzuwachs	31
4.3.3 Wasserbilanz	34
4.4 Wasserbeschaffenheit	36
4.4.1 Flutungswasser	36
4.4.2 Cottbuser Ostsee	40
4.5 Biologie und Trophie	50
5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen	53
6 Quellenverzeichnis	54



Bilderverzeichnis

Bild 1:	Überblick über das Untersuchungsgebiet zum Monitoring der Flutung des Cottbuser Ostsees.	9
Bild 2:	Lage der DWD-Wetterstation zum Cottbuser Ostsee.	10
Bild 3:	Karte der Messstellen für das Flutungswasser am Cottbuser Ostsee.	17
Bild 4:	Übersicht der Seemessstellen am Cottbuser Ostsee gemäß [LEAG 2020a].	19
Bild 5:	Ganglinie der Tagesmitteltemperatur sowie der Spanne zwischen dem täglichen Temperaturmaximum und Temperaturminimum an der DWD-Wetterstation Cottbus im Monitoringzeitraum von Januar bis Dezember 2019.	21
Bild 6:	Vergleich der Monatsmittel der Lufttemperatur im Monitoringzeitraum von Januar bis Dezember 2019 mit den Monatsmitteln der Lufttemperatur für die 30-jährige Reihe von 1990 bis 2019 an der DWD-Wetterstation Cottbus.	22
Bild 7:	Tagessummen des Niederschlags an der DWD-Wetterstation Cottbus im Monitoringzeitraum von Januar bis Dezember 2019.	23
Bild 8:	Vergleich der Monatssummen des Niederschlags im Monitoringzeitraum von Januar bis Dezember 2019 mit den mittleren Monatssummen der 30-jährige Reihe von 1990 bis 2019 an der DWD-Wetterstation Cottbus.	23
Bild 9:	Ganglinie der Tagesmittelwerte der relativen Luftfeuchte an der DWD-Wetterstation Cottbus im Monitoringzeitraum von Januar bis Dezember 2019.	24
Bild 10:	Ganglinie der Tagesmittelwerte der Windgeschwindigkeit in 2 Meter Höhe an der DWD-Wetterstation Cottbus im Monitoringzeitraum von Januar bis Dezember 2019.	24
Bild 11:	Windrose mit Windrichtung und Windgeschwindigkeit in 2 Meter Höhe an der DWD-Wetterstation Cottbus im Monitoringzeitraum von Januar bis Dezember 2019 (Datenbasis: Stundenwerte).	25
Bild 12:	Monatssummen der für die Teilbecken des Cottbuser Ostsees nach DALTON berechneten Gewässerverdunstung im Monitoringzeitraum von Januar bis Dezember 2019.	26
Bild 13:	Wassertiefen im Cottbuser Ostsees bei dem Zielwasserstand von +62,5 m NHN.	27
Bild 14:	Wasserstand-Volumen-Seeflächen-Beziehung für den Cottbuser Ostsee abgeleitet aus den Daten der Vermessung der Seemorphometrie vom 22.02.2019.	28
Bild 15:	Wasserfläche und Morphometrie des Teilbeckens Schlichow (Südrandschlauch) im Oktober 2019.	28
Bild 16:	Wasserfläche und Morphometrie des Teilbeckens Merzdorf (Randschlauch Merzdorf) im Oktober 2019.	29
Bild 17:	Wasserfläche und Morphometrie des Teilbeckens Willmersdorf (Nordrandschlauch) im Oktober 2019.	29
Bild 18:	Ganglinien der in das Teilbecken Nordrandschlauch des Cottbuser Ostsees aus dem Hammergraben und den Randriegeln (Ableiter 1 NRS, Ableiter 2 NRS) im Monitoringzeitraum 2019 eingeleiteten Wassermengen.	30
Bild 19:	Ganglinien des Wasserstandes und des Seevolumens im Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch) des Cottbuser Ostsees.	31
Bild 20:	Ganglinien des Wasserstandes und des Seevolumens im Teilbecken Merzdorf (Randschlauch Merzdorf) des Cottbuser Ostsees im Jahr 2019.	32
Bild 21:	Ganglinien des Wasserstandes und des Seevolumens im Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch) des Cottbuser Ostsees im Jahr 2019.	33
Bild 22:	Sulfatkonzentration und Einleitmengen des Flutungswassers aus dem Hammergraben vom April 2019 (Flutungsbeginn) bis Dezember 2019.	37
Bild 23:	Elektrischen Leitfähigkeit und Einleitmengen des Flutungswassers aus dem Hammergraben vom April 2019 (Flutungsbeginn) bis Dezember 2019.	37



Bild 24:	Eisen-gelöst und Eisen-gesamt-Konzentrationen sowie Einleitmengen des Flutungswassers aus dem Hammergraben vom April 2019 (Flutungsbeginn) bis Dezember 2019.....	38
Bild 25:	Messwerte der Gesamtphosphorkonzentration sowie der täglichen Einleitmenge des im Zeitraum von April 2019 (Flutungsbeginn) bis Dezember 2019 in den Cottbuser Ostsee eingeleiteten Wassers aus dem Hammergraben.....	39
Bild 26:	Tiefenprofile für die Kennwerte Wassertemperatur, Trübung, Sauerstoffkonzentration und -sättigung, pH-Wert, Redoxpotential und elektrische Leitfähigkeit im Teilbecken Willmersdorf (Südrandschlauch) an der Messstelle CB-See-01 zum Termin der Seewasserbeprobung am 01.10.2019.....	41
Bild 27:	Biovolumen und Zellzahl der Phytoplanktonklassen im Teilbecken Merzdorf (CB-See-02) zum Termin der Probennahme am 29.03.2019.....	51
Bild 28:	Biovolumen und Individuenzahl der Zooplanktonklassen im Teilbecken Merzdorf (CB-See-02) zum Termin der Probennahme am 29.03.2019.....	51
Bild 29:	Biovolumen und Zellzahl der Phytoplanktonklassen im Teilbecken Nordrandschlauch (CB-See-03) zum Termin der Probennahme am 29.03.2019.....	52

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Seebecken bzw. Teilbereiche des Cottbuser Ostsee.....	9
Tabelle 2:	Kennwertespektrum und Nachweisverfahren der einzelnen Analytikprogramme.....	13
Tabelle 3:	Chronologie der maßgeblichen Ereignisse zur Flutung des Cottbuser Ostsees seit April 2019.....	16
Tabelle 4:	Messstellen für das Flutungswasser des Cottbuser Ostsees im Jahr 2019.....	17
Tabelle 5:	Übersicht des Monitorings zur Flutungswasserbeschaffenheit für den künftigen Cottbuser Ostsee im Jahr 2019.....	17
Tabelle 6:	Messungen des Seewasserstandes in den Teilbecken des künftigen Cottbuser Ostsees im Monitoringzeitraum 2019.....	18
Tabelle 7:	Übersicht über das Seewassermonitoring zum Cottbuser Ostsee im Jahr 2019.....	20
Tabelle 8:	Monatssummen der für die Teilbecken des Cottbuser Ostsees nach Dalton berechneten Gewässerverdunstung im Monitoringjahr 2019.....	26
Tabelle 9:	Mittlere Volumenströme und summarische Kubaturen im Zeitraum zwischen dem 12.04.2019 (Flutungsbeginn) und dem 31.12.2019 für die Einleitungen aus dem Hammergraben und den Randriegeln in das Teilbecken Nordrandschlauch des Cottbuser Ostsees.....	30
Tabelle 10:	Wasserspiegelanstieg und Volumenzuwachs im Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch) im Zeitraum zwischen dem 12.04.2019 (Flutungsbeginn) und dem 03.12.2019 (letzter Terminwert der Wasserspiegelmessung).....	31
Tabelle 11:	Wasserspiegelanstieg und Volumenzuwachs im Teilbecken Merzdorf (Randschlauch Merzdorf) im Zeitraum zwischen dem 12.04.2019 (Flutungsbeginn) und dem 03.12.2019 (letzter Terminwert der Wasserspiegelmessung).....	32
Tabelle 12:	Wasserspiegelanstieg und Volumenzuwachs im Teilbecken Willmersdorf (Nordrandlauch) im Zeitraum zwischen dem 12.04.2019 (Flutungsbeginn) und dem 20.12.2019 (letzter Terminwert der Wasserspiegelmessung).....	33
Tabelle 13:	Wasserbilanz des Teilbeckens Schlichow (Südrandschlauch) für den Zeitraum vom 12.04.2019 (Flutungsbeginn) bis zum 03.12.2019 (letzter Terminwert der Wasserspiegelmessung).....	34



Tabelle 14:	Wasserbilanz des Teilbeckens Merzdorf (Randschlauch Merzdorf) für den Zeitraum vom 12.04.2019 (Flutungsbeginn) bis zum 03.12.2019 (letzter Terminwert der Wasserspiegelmessung).....	34
Tabelle 15:	Wasserbilanz des Teilbeckens Willmersdorf (Nordrandschlauch) für den Zeitraum vom 12.04.2019 (Flutungsbeginn) bis zum 20.12.2019 (letzter Terminwert Wasserspiegel). ..	35
Tabelle 16:	Statistische Kenngrößen der maßgeblichen chemischen Kennwerte des Flutungswassers aus dem Hammergraben im Monitoringzeitraum von April bis Dezember 2019.	36
Tabelle 17:	Statistische Kenngrößen der maßgeblichen chemischen Kennwerte des Sumpfungswassers aus den Randriegeln im Monitoringzeitraum von August bis Dezember 2019.....	39
Tabelle 18:	Limnologischen Eigenschaften der Teilbecken des Cottbuser Ostsees im Jahr 2019.....	41
Tabelle 19:	Ergebnisse der Seewasserbeprobung im Teilbeckens Schlichow (Südrandschlauch) an der Mst. CB-See-01 im Jahr 2019.	43
Tabelle 20:	Ergebnisse der Wasserbeprobung des Teilbeckens Merzdorf (Randschlauch Merzdorf) an der Mst. CB-See-02 im Jahr 2019.	44
Tabelle 21:	Ergebnisse der Seewasserbeprobung des Teilbeckens Willmersdorf (Nordrandschlauch-West) an der Mst. CB-See-03 im Jahr 2019.....	46
Tabelle 22:	Ergebnisse der Wasserbeprobung des Teilbeckens Willmersdorf (Nordrandschlauch-Nord) an der Mst. CB-See-04 und CB-See-04b im Jahr 2019.	47
Tabelle 23:	Vergleich der hydrochemischen Befunde zwischen den Teilbecken des künftigen Cottbuser Ostsees zur Herbstbeprobung 2019.	49
Tabelle 24:	Ergebnisse der Seewasserbeprobung zur Biologie in den Teilbecken des Cottbuser Ostsee am 29.03.2019.....	50

Abkürzungsverzeichnis

GP	Grundprogramm
GWM	Grundwassermessstelle
IWB.....	Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann
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)
PFB	Planfeststellungsbeschluss
SYNLAB	SYNLAB Analytics & Services LAG GmbH Schwarze Pumpe
ZPN	Zusatzprogramm besondere Indikation
ZPB	Zusatzprogramm Biologie
ZPV	Zusatzprogramm Versauerung



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 jährliche Berichte zu erstellen. In den Berichten sollen die meteorologische Situation, das Flutungsgeschehen, der Wasserspiegelanstieg im See, die hydrochemische und biologische Beschaffenheit des Flutungs- und Seewassers sowie sonstige Ereignisse interpretiert werden.
- (3) Die Witterung wurde anhand der Daten der DWD-Station Cottbus bewertet. Im Monitoringzeitraum 2019 (= Kalenderjahr 2019) lag der Mittelwert der **Lufttemperatur** bei +11,4 °C. Das Maximum der Lufttemperatur wurde mit +38,1 °C am 26.06.2019 und das Minimum von -9,4 °C am 22.01.2019 erfasst. Im Monitoringzeitraum 2019 wurden 64 Frost- und 4 Eistage erfasst.
- (4) An der DWD-Wetterstation Cottbus wurden im Monitoringjahr 2019 insgesamt 445 mm **Niederschlag** registriert. Der Januar 2019 war mit 69 mm der niederschlagsreichste und der Juni 2019 war mit 16 mm der niederschlagsärmste Monat. Die höchste Tagessumme des Niederschlags wurde mit 21 mm am 04.10.2019 erfasst.
- (5) Der zukünftige Cottbuser Ostsee besteht derzeit noch aus den drei getrennten Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch), Merzdorf (Randschlauch Merzdorf) und Willmersdorf (Nordrandschlauch). Die **Gewässerverdunstung** der Teilbecken im Monitoringzeitraum 2019 wurde nach dem Dalton-Verfahren auf der Grundlage meteorologischer Tageswerte berechnet. Für die Teilbecken Schlichow und Willmersdorf wurden eine summarische Gewässerverdunstung von rund 860 mm und für das Teilbecken Merzdorf von 980 mm ermittelt.
- (6) Der Nordrandschlauch des künftigen Cottbuser Ostsees wurde im Monitoringjahr 2019 mit ca. 1,4 Mio. m³ aus dem Hammergraben und mit ca. 6,2 Mio. m³ aus Randriegeln geflutet. Die **Flutung** des Cottbuser Ostsees aus dem Hammergraben begann am 12.04.2019. Die Flutung aus dem Hammergraben erfolgte bislang lediglich über zwei Wochen im Frühjahr 2019 und über zwei Wochen im Dezember 2019. Sie war vom 28.04.2019 bis zum 17.12.2019 mangels Wasserdargebot unterbrochen.
- (7) Die Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch) und Merzdorf (Randschlauch Merzdorf) bestehen bereits seit vielen Jahren. Sie waren Ende 2019 mit ca. 7,4 Mio. m³ bzw. 0,3 Mio. m³ gefüllt. Der Anstieg des Wasserspiegels betrug im Jahr 2019 +1,53 bzw. +0,62 Meter. Hier geht bislang ausschließlich Grundwasser auf.



- (8) Der **Wasserspiegel** im Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch) des zukünftigen Cottbuser Ostsees stieg vom April 2019 bis Ende Dezember 2019 um ca. 6 Meter auf +34,86 m NHN. Ein Teil des Wasserspiegelanstieges im Nordrandschlauch wurde durch Wasserverdrängung infolge von Setzungsfließrutschungen der kippenseitigen Randschlauchböschungen verursacht.
- (9) Die Zuflüsse und Abflüsse sowie die Änderung des Speicherinhaltes des Teilbeckens Willmersdorf (Nordrandschlauch) wurden zu einer **Wasserbilanz** zusammengeführt. Danach erfuhr das Teilbecken Willmersdorf vom April 2019 bis Dezember 2019 einen Volumenzuwachs von ca. 2,79 Mio. m³. Davon gehen 1,3 Mio. m³ bzw. 5,95 Mio. m³ auf die Flutung aus dem Hammergraben bzw. aus den Randriegeln zurück. Die klimatische Wasserbilanz wurde mit einem Defizit von 0,25 Mio. m³ beziffert. Der Abstrom ins Grundwasser wurde mit 4,25 Mio. m³ bilanziert. Im Monitoringzeitraum 2019 wurden etwa 38 % des eingeleiteten Flutungswassers volumenwirksam.
- (10) Das **Flutungswasser** aus dem Hammergraben ist neutral und gut gepuffert. Die Mineralisation des Wassers ist mit einer Sulfatkonzentration von durchschnittlich 430 mg/L leicht erhöht. Die Eisen-gesamt-Konzentration lag im Monitoringjahr 2019 stets unter 0,4 mg/L. Das Wasser aus den Randriegeln hat bzgl. der Sulfatkonzentration und dem Säure-Basen-Zustand eine ähnliche Beschaffenheit wie der Hammergraben. Die Eisen-gesamt-Konzentration ist mit durchschnittlich 13 mg/L etwas höher als im Hammergraben. Die Nährstoffkonzentrationen (Stickstoff und Phosphor) sind deutlich niedriger als im Hammergraben.
- (11) Das Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch) ist mit einer Tiefe von 13,4 Meter das tiefste Teilbecken und zeigt ein dimiktisches **Schichtungsverhalten**. Die Teilbecken Merzdorf (Randschlauch Merzdorf) und Willmersdorf (Nordrandschlauch) sind maximal 3 bzw. 7 Meter tief und bislang polymiktisch.
- (12) Die **Beschaffenheit des Seewassers** ist in den Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch) und Merzdorf ähnlich. Sie sind neutral, aber schwach gepuffert. Mit einer Sulfatkonzentration um 500 mg/L ist die Mineralisation moderat und dem Flutungswasser ähnlich. Im Vergleich dazu ist das Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch) versauerungsdisponiert und mit 1.200 mg/L Sulfat stärker mineralisiert. Eisen-gesamt wurde hier mit 36 mg/L gemessen. Mangan und Aluminium waren ebenfalls erhöht. Bei den Spurenmetallen sind Nickel und Zink in erhöhten Konzentrationen gemessen worden. In allen Teilbecken kommt Stickstoff ausschließlich als Ammonium-Stickstoff in niedrigen Konzentrationen vor. Die zum Teil sehr hohen Gesamtphosphorkonzentrationen (bis 102 µg/L) zur Herbstbeprobung sind nicht plausibel.
- (13) Die trophische Situation der Teilbecken des künftigen Cottbuser Ostsees kann aktuell als mesotroph eingeschätzt werden. Die Besiedlungsdichte durch das Phyto- und Zooplankton ist vor allem im sauren Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch) gering. Die neutralen Teilbecken Merzdorf und Nordrandschlauch weisen eine vergleichsweise hohe Artenvielfalt auf, wobei das Biovolumen insgesamt gering ist.



- (14) Mit dem **Untersuchungsprogramm** in der derzeitigen Auslegung können die Wasserbilanz und die Wasserbeschaffenheit des künftigen Cottbuser Ostsees gut charakterisiert und nachvollzogen werden. Mit zunehmender Wassertiefe in den Teilbecken wird die Aufnahme der Tiefenprofile zum Ende der Sommerstagnation empfohlen. Beispielsweise zeigte das Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch) zur Herbstbeprobung 2019 eine sich in Auflösung befindliche sommerliche Schichtung.



1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Im Zuge des Gewässerausbaus Cottbuser See wurde in der Nebenbestimmung (NB) 1.3.4.1 zum wasserrechtlichen Planfeststellungsbeschluss (PFB) vom 12.04.2019 ein regelmäßiges und systematisches Monitoring zur Begleitung und langfristigen Überwachung der Flutungs- und Wasserbeschaffenheitsentwicklung gefordert. Die Umsetzung des Monitorings erfolgt auf Grundlage des Monitoringkonzeptes vom 10.01.2020 [LEAG 2020a]. Das Monitoring ist kalenderjährlich bis zum 30. Juni gegenüber der Genehmigungsbehörde zu rapportieren.

Das Monitoring des Cottbuser Ostsees wird im Auftrag der LE-B von der SYNLAB Analytics & Services LAG GmbH (kurz: SYNLAB) gemeinsam mit der Spezial- und Bergbau-Servicegesellschaft Lauchhammer mbH (kurz: SGL) durchgeführt. Die Beprobung des Sees erfolgte durch die LUG Engineering GmbH Cottbus (kurz: LUG).

Das Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann wurde von der LE-B mit der Bestellnummer E73-4504184652 vom 15.05.2020 mit der Erstellung eines Jahresberichtes zum Monitoring der Flutung des Cottbuser Ostsees im Jahr 2019 beauftragt.

Im vorliegenden Monitoringbericht werden die Monitoringergebnisse des Kalenderjahres 2019 dokumentiert und bewertet.

Der Berichtszeitraum beginnt im März 2019 mit dem Nullmonitoring vor Flutungsbeginn am 12.04.2020 und endet auftragsgemäß am 31.12.2019. Die von den diversen Auftragnehmern der LE-B im Jahr 2019 erhobenen hydrologischen, hydrochemischen, biologischen und sonstigen Daten zum Flutungswasser und zum Cottbuser Ostsee wurden erfasst, visualisiert, auf Plausibilität geprüft und bewertet.

Folgende Aspekte werden im Bericht erläutert:

- die Erstellung einer Wasserbilanz für den Cottbuser Ostsee unter Einbeziehung 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,
- eine Bewertung der biologischen Untersuchungen hinsichtlich des Trophiestatus sowie
- die Veränderung der Morphometrie des Seebeckens im Laufe der Flutung anhand morphometrischer Daten des Auftraggebers.

Aufgrund der Tiefenlage des Wasserspiegels erfolgte im Jahr 2019 noch keine Ausleitung in die Vorflut. Der Zielwasserstand wird bei einem Seewasserspiegel von +62,5 m NHN erreicht.

2 Methodik und Datengrundlagen

2.1 Monitoring der Wasserbilanz des Cottbuser Ostsees

2.1.1 Überblick

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 Seenamen verwendet:

Tabelle 1: Seebecken bzw. Teilbereiche des Cottbuser Ostsee.

Teilbecken	Randschlauch
Schlichow	Südrandschlauch
Merzdorf	Randschlauch Merzdorf
Nordrandschlauch	Nordrandschlauch
Teilbereich Willmersdorf-Lakoma	Nordrandschlauch-West (vor dem Einlaufbauwerk)
Teilbereich Willmersdorf-Neuendorf/Auslauf	Nordrandschlauch-Nord (vor dem Auslaufbauwerk)

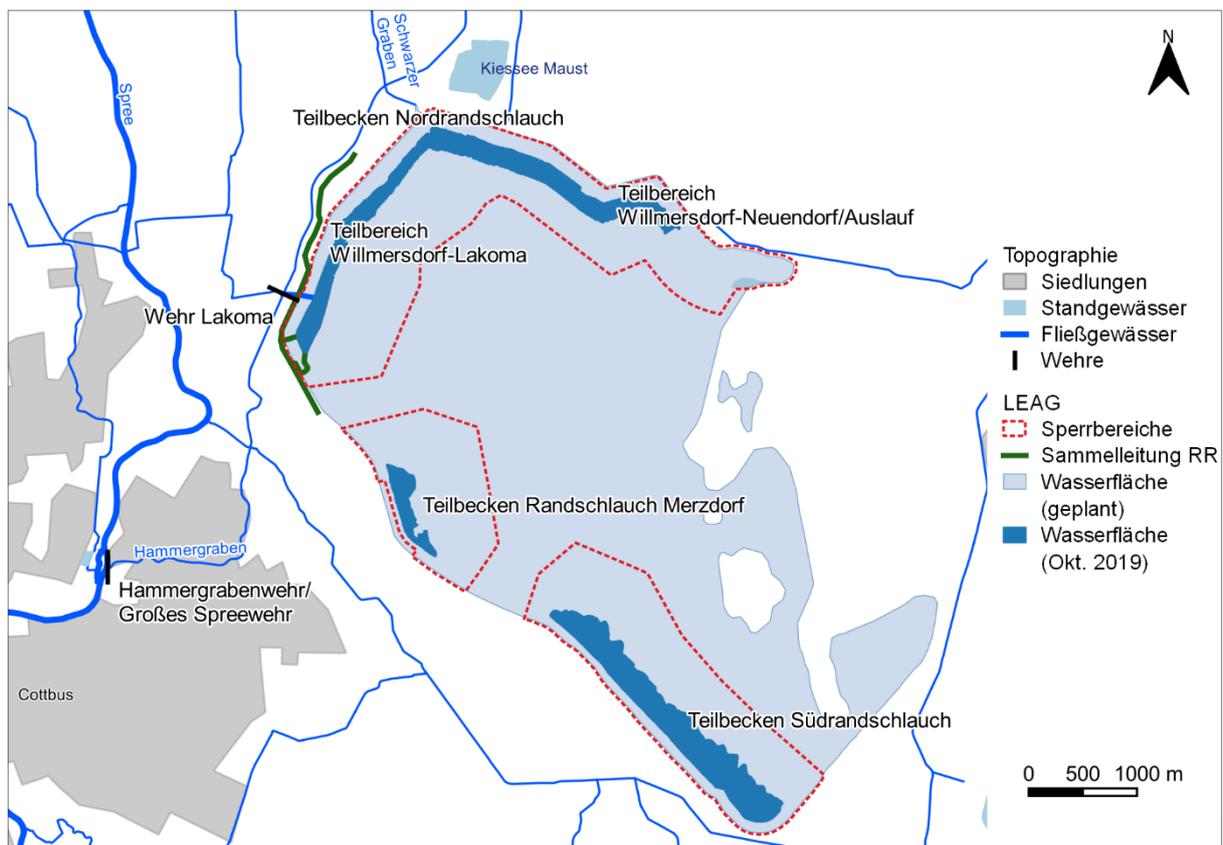


Bild 1: Überblick über das Untersuchungsgebiet zum Monitoring der Flutung des Cottbuser Ostsees.

2.1.2 Erforderliche Größen

Die Flutung des Cottbuser Ostsees soll durch eine gleitende Wassermengenbilanzierung begleitet werden. Zur Erarbeitung der Wassermengenbilanz für den Cottbuser Ostsee sind folgende Bilanzgrößen einzubeziehen bzw. zu ermitteln:

- die Witterung, vor allem der Niederschlag, sowie weitere relevante meteorologische Größen zur Berechnung
- der Gewässerverdunstung,
- die Volumenströme des eingeleiteten Flutungswassers,
- die Lage des Wasserspiegels in den Teilbecken,
- die Wasservolumina in den Teilbecken sowie
- die Grundwasserwechselwirkungen.

2.1.3 Witterung

Zur Charakterisierung der Witterungsverhältnisse am Cottbuser Ostsee werden die Daten der ca. 10 Kilometer entfernten DWD-Wetterstation Cottbus genutzt (Bild 2).

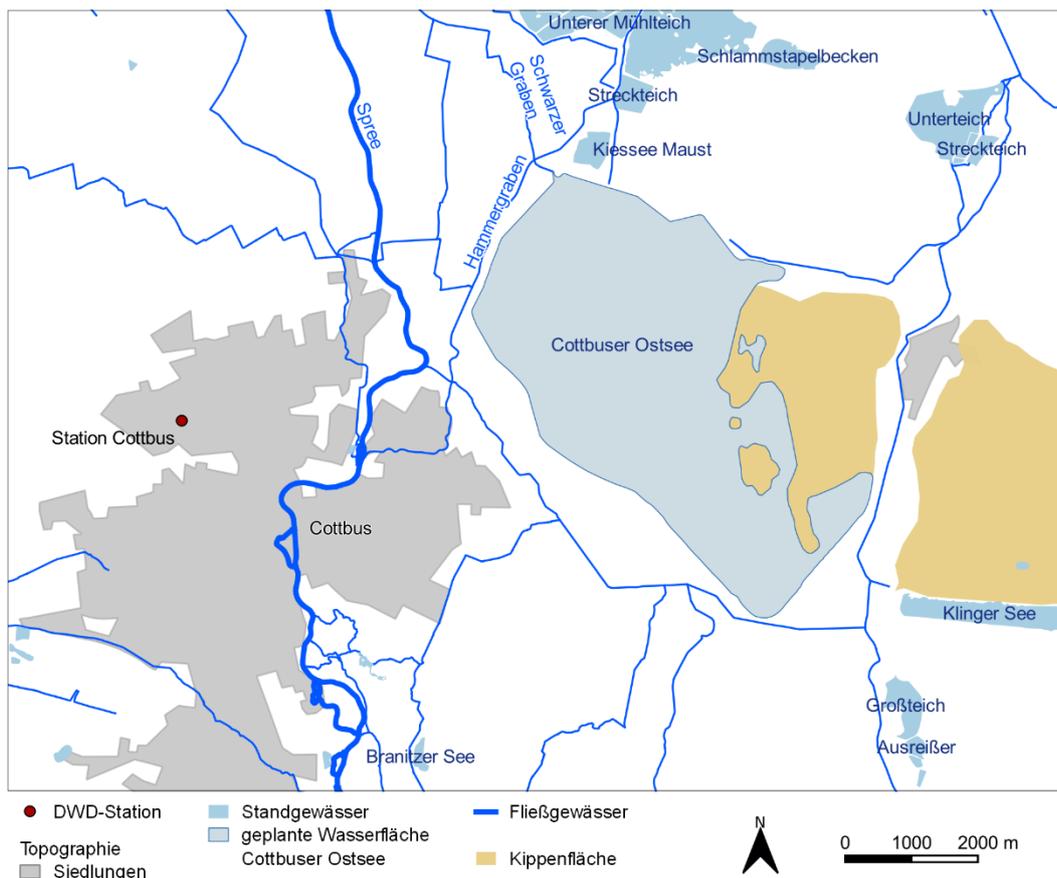


Bild 2: Lage der DWD-Wetterstation zum Cottbuser Ostsee.

Die Daten der DWD-Wetterstation Cottbus sind frei verfügbar. Die Witterungsverhältnisse im Monitoringzeitraum werden in Abschnitt 4.1 anhand der folgenden meteorologischen Kennwerte beschrieben:



- die Lufttemperatur,
- der Niederschlag,
- die relative Luftfeuchte,
- die Windrichtung und
- die Windgeschwindigkeit.

2.1.4 Gewässerverdunstung

Die Gewässerverdunstung des Cottbuser Ostsees wird indirekt aus meteorologischen Größen nach dem DALTON-Ansatz berechnet [DVWK 1996]. Die Berechnung der Gewässerverdunstung erfolgt dabei separat für die drei Teilbecken des Cottbuser Ostsees auf Grundlage von Tagesmittelwerte der an der DWD-Station Cottbus erfassten Witterungsgrößen Lufttemperatur, Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit (vgl. Abschnitt 2.1.3).

2.1.5 Flutungswasser

Der Cottbuser Ostsee wird mit Spreewasser aus dem Hammergraben sowie übergangsweise mit Wasser aus Randriegeln des ehemaligen Tagebaus Cottbus-Nord geflutet. Die Entnahme des Spreewassers erfolgt über ein Abschlagbauwerk im Hammergraben oberhalb des Wehres Lakoma. Das Wasser fließt von dort im freien Gefälle durch ein Zuleiterrohr zum Einlaufgerinne am Nordrandschlauch des Cottbuser Ostsees (Bild 1). Der Zuleiter aus dem Hammergraben hat eine Kapazität von 5 m³/s.

Das Wasser aus der Randriegelleitung wird über zwei separate Rohrleitungen in den Nordrandschlauch des Cottbuser Ostsees eingeleitet. Die Einleitstellen liegen im südlichen Bereich des Teilbeckens Willmersdorf (Nordrandschlauch, Bild 1). Das Ziel der Einleitung von Randriegelwasser ist der Ausschluss wellenerosiver Zerstörung der zur Gewährleistung der öffentlichen Sicherheit angelegten Stützkörper vor allem in Phasen mit Flutungsunterbrechung. Das ist durch den 2. Ergänzungsbescheid vom 01.08.2019 zur Wasserrechtlichen Erlaubnis des Tagebaues Cottbus-Nord vom 29.12.1998 genehmigt worden [LEAG 2019]. Die Angaben dazu tragen nachrichtlichen Charakter, werden aber aus Bilanzgründen mit betrachtet. Bei den Einleitstellen Ableiter 1 und Ableiter 2 handelt es sich um die ehemaligen Zuleiter der Wasserhaltungen Nord und des Kippenriegels in die Randriegelsammelleitung. Zum Erhalt der Funktionsfähigkeit nach Außerbetriebnahme der Wasserhaltungen waren Systemregulierungen erforderlich, die ebenfalls als Zuflüsse in den Nordrandschlauch mit bilanziert werden (vgl. Abschnitt 4.3.1).

Die aus dem Hammergraben sowie den Randriegeln eingeleiteten Wassermengen werden von der LE-B seit Flutungsbeginn kontinuierlich erfasst. Die Flutungswassermengen wurden als Tagesmittelwerte ausgewertet.

2.1.6 Wasserstand

Die Wasserstände in den Teilbecken Nordrandschlauch, Südrandschlauch und Randschlauch Merzdorf (Bild 1) des künftigen Cottbuser Ostsees werden von der LE-B als Terminmessungen in einem zeitlich engen Turnus erfasst. In den Teilbecken Südrandschlauch und Randschlauch Merzdorf wird der Wasserstand monatlich gemessen. Im Teilbecken Nordrandschlauch erfolgt die Messung des Wasserstandes wöchentlich.



2.1.7 Morphometrie und Seevolumen

Die Morphometrie des künftigen Cottbuser Ostsees wurde vor dem Flutungsbeginn mittels flugzeuggestütztem Laserscanning flächendeckend vermessen. Daraus wurden Wasserstand-Volumen- und Wasserstand-Flächen-Beziehungen für den Cottbuser Ostsee und seine Teilbecken abgeleitet. Über diese Beziehungen kann aus dem gemessenen Seewasserstand der Volumenzuwachs oder, bei zeitweilig sinkendem Wasserspiegel, auch der Volumenverlust abgeleitet werden.

2.1.8 Grundwasserwechselwirkung

Die Wechselwirkungen des Cottbuser Ostsees mit dem Grundwasser können nicht direkt gemessen werden. Sie müssen rechnerisch aus der Wassermengenbilanz des Cottbuser Ostsees abgeleitet werden (Gleichung 1). Die ggf. räumlich differenzierten Grundwasserwechselwirkungen können dabei nur als Nettogröße bestimmt werden (Gleichung 2). Eine separate Ausweisung der Volumenströme des Grundwasserzustroms und der Versickerung ist mit dem Bilanzansatz nicht möglich.

Gleichung 1: Instationäre Wasserbilanz des Cottbuser Ostsees bzw. seiner Teilbecken.

$$\frac{dV(h(t))}{dt} = Q_{FL}(t) + Q_{RR}(t) + P(t) \cdot A(h(t)) - E(t) \cdot A(h(t)) + Q_{EZG}(t) \pm Q_{GW}(h(t))$$

V(h)	Wasserspiegelabhängiges Wasservolumen des Cottbuser Ostsees bzw. eines Teilbeckens	[m ³]
$\frac{dV(h(t))}{dt}$	Änderung des Wasservolumens im Cottbuser Ostsee bzw. in einem Teilbecken pro Zeiteinheit	[m ³ /s]
A(h)	Wasserspiegelabhängige Wasserfläche des Cottbuser Ostsee bzw. eines Teilbeckens	[m ²]
Q _{FL} (t)	Volumenstrom des Flutungswassers aus dem Hammergraben ..	[m ³ /s]
Q _{RR} (t)	Volumenstrom des Flutungswassers aus den Randriegeln	[m ³ /s]
Q _{EZG} (t)	Volumenstrom des Zuflusses aus dem Einzugsgebiet	[m ³ /s]
Q _{GW} (h)	Nettovolumenstrom der Grundwasserwechselwirkung (positiv: Zustrom, negativ: Versickerung)	[m ³ /s]
P(t)	Niederschlagshöhe	[mm]
E(t)	Gewässerverdunstungshöhe	[mm]
h(t)	Zeitabhängiger Wasserspiegel im Cottbuser Ostsee bzw. in einem Teilbecken	[m]
t	Zeitvariable	[s]

Gleichung 2: Ermittlung der Grundwasserwechselwirkungen aus der Wasserbilanzgleichung des Cottbuser Ostsees bzw. seiner Teilbecken.

$$Q_{GW}(h(t)) = Q_{FL}(t) + Q_{RR}(t) + P(t) \cdot A(h(t)) - E(t) \cdot A(h(t)) + Q_{EZG}(t) - \frac{dV(h(t))}{dt}$$



2.2 Monitoring der Wasserbeschaffenheit

2.2.1 Probennahme

Die Methodik des Monitorings der Beschaffenheit des Flutungs- und Seewassers der LE-B zum Cottbuser Ostsee lehnt sich am LMBV-Merkblatt „Montanhydrologisches Monitoring der LMBV mbH“ (MHM) [MHM 2018] an und ist ausführlich im Monitoringkonzept zum Cottbuser Ostsee dargestellt [LEAG 2020a].

Der Cottbuser Ostsee wird mit Wasser aus dem **Hammergraben** geflutet. Dieses Wasser stammt aus der Spree. Die Wasserbeschaffenheit des Flutungswassers erfolgt monatlich als Stichtagsmessung am Abschlagwehr Lakoma.

Gemäß der 2. Ergänzung zur Sumpfungserlaubnis [LEAG 2019] wird zusätzlich Filterbrunnenwasser aus der **Randriegelleitung** in das Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch) des künftigen Cottbuser Ostsees eingeleitet. In der wasserrechtlichen Erlaubnis sind die Probennahme und der Analytikumfang geregelt. Für den Planfeststellungsbeschluss (PFB) haben die Ergebnisse der Randriegeluntersuchung zwar nachrichtlichen Charakter, stellen aber eine wichtige Eingangsgröße für die Wasserbilanz und Wasserbeschaffenheit des Seewassers dar.

Wegen der geotechnischen Gefahren wurden die einzelnen **Teilbecken** des künftigen Cottbuser Ostsees mit dem Hubschrauber beprobt. Zur Orientierung auf dem See wurde ein GPS-Gerät eingesetzt. Die Wassertiefe an der Probennahmestelle wurde gelotet.

Die Seebeprobungen beinhalteten die Aufnahme der physikalisch-chemischen Tiefenprofile und die Ermittlung der Sichttiefe. Die gewonnenen Wasserproben wurden vor Ort organoleptisch beschrieben und gasblasenfrei in die vom Labor zum Teil vorgelegten Kunststoff- und Glasgefäße abgefüllt. Die Probenübergabe an das analytische Labor SYNLAB erfolgte arbeitstäglich.

2.2.2 Analytik

Das Kennwertespektrum der analytischen Untersuchungen und die kennwertespezifischen Bestimmungsgrenzen für das Seewasser und das Flutungswasser nach [LEAG 2020a] sind in der Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2: Kennwertespektrum und Nachweisverfahren der einzelnen Analytikprogramme.

Kennwert	Nachweisverfahren	See- wasser	Flutungs- wasser	MBG *)
Vor-Ort-Kennwerte				
Lufttemperatur		■	■	
Wassertemperatur	DIN 38404-4	■	■	-
pH-Wert	DIN EN ISO 10523	■	■	-
Elektrische Leitfähigkeit	DIN EN 27888	■	■	-
Sauerstoff	DIN EN ISO 5814	■	■	-
Redoxpotential U_H	DIN 38404-6	■	■	-
Trübung	DIN EN ISO 7027	■	■	-
Geruch	---	■	■	-



Kennwert	Nachweisverfahren	See- wasser	Flutungs- wasser	MBG *)
Farbe	---	■	■	-
Schwebstoffe	---	■	■	-
Sichttiefe	DIN EN ISO 7027	■		-
Grundprogramm (GP)				
Wassertemperatur	DIN EN ISO 10523	■	■	-
pH-Wert	DIN EN ISO 10523	■	■	-
Elektrische Leitfähigkeit	DIN EN ISO 27888	■	■	-
Alkalinität $K_{S4,3}$ und/oder $K_{S8,2}$	DIN 38409-H7	■	■	0,01 mmol/L
Acidität $K_{B4,3}$ und/oder $K_{B8,2}$	DIN 38409-H7	■	■	0,01 mmol/L
Karbonathärte	DIN 38409-H7	■	■	0,1 mmol/L
Gesamthärte (berechnet)	DIN 38409-6	■	■	0,1 mmol/L
TOC	DIN EN 1484	■	■	0,5 mg/L
DOC	DIN EN 1484	■	■	0,5 mg/L
TIC	DIN EN 1484	■	■	1,0 mg/L
Ammonium-N	DIN EN ISO 11732 (FIA)	■	■	0,04 mg/L
Nitrit-N	DIN EN 26777 (fotometr.)	■		0,03 mg/L
Nitrat-N	DIN EN ISO 10304 (IC)	■	■	0,2 mg/L
Ortho-Phosphat-Phosphor	DIN EN ISO 6878 (fotometrisch)	■	■	5 µg/L
Phosphor-gesamt	DIN EN ISO 6878 (fotometrisch)	■	■	10 µg/L
Calcium	DIN 38409-H6	■	■	0,5 mg/L
Magnesium	DIN 38409-H6	■	■	0,5 mg/L
Natrium	DIN EN ISO 11885 (ICP)	■	■	0,5 mg/L
Kalium	DIN EN ISO 11885 (ICP)	■	■	0,5 mg/L
Fluorid	DIN 38405-4	■	■	
Chlorid	DIN EN ISO 10304-1	■	■	10 mg/L
Sulfat	DIN EN ISO 10304-1	■	■	20 mg/L
Eisen-gesamt	DIN EN ISO 11885	■	■	0,1 mg/L
Eisen-gesamt-gelöst	DIN EN ISO 11885	■	■	0,1 mg/L
Eisen(II)	DIN 38406	■	■	
Kurzprogramm Flutungswasser (KP)				
Wassertemperatur	DIN 38404-4		■	-
pH-Wert	DIN EN ISO 10523		■	-
Elektrische Leitfähigkeit	DIN EN 27888		■	-
Sulfat	DIN EN ISO 10304-1		■	20 mg/L
Eisen-gesamt	DIN EN ISO 11885		■	0,1 mg/L
Eisen-gesamt-gelöst	DIN EN ISO 11885		■	0,1 mg/L
Versauerungsprogramm (ZPV)				
Eisen(III)	DIN 38406-1	■	■	0,1 mg/L
Aluminium	DIN EN ISO 11885	■	■	0,1 mg/L
Arsen	DIN EN ISO 17294-2	■	■	5 µg/L
Blei	DIN EN ISO 17294-2	■	■	5 µg/L
Cadmium	DIN EN ISO 17294-2	■	■	0,25 µg/L
Chrom	DIN EN ISO 17294-2	■	■	50 µg/L
Kupfer	DIN EN ISO 17294-2	■	■	20 µg/L
Nickel	DIN EN ISO 17294-2	■	■	20 µg/L



Kennwert	Nachweisverfahren	See- wasser	Flutungs- wasser	MBG *)
Zink	DIN EN ISO 17294-2	■	■	0,3 mg/L
Mangan	DIN EN ISO 11885	■	■	0,1 mg/L
Besondere Indikation (ZPN)				
Silizium	DIN EN ISO 11885	■	■	0,5 mg/L
Biologieprogramm (ZPB)				
Chlorophyll a	DIN 38412-16	■		0,1 µg/L
Phaeophytin	DIN 38412-16	■		0,1 µg/L
Zellzahl Phytoplankton	-	■		-
Biovolumen Phytoplankton	-	■		-
Abundanz Zooplankton	-	■		-
Biovolumen Zooplankton	-	■		-

*) Mindestbestimmungsgrenze (MBG) nach [MHM 2018]

2.3 Monitoring der Biologie

Ab einem Seewasserspiegel über +45,0 m NHN wird an den Messstellen der drei Teilbecken des künftigen Cottbuser Ostsees das Phyto- und Zooplankton gemäß der Tabelle 2 untersucht. Für eine erste Bestandsaufnahme wurde die biologische Besiedlung im Jahr 2019 im Rahmen des „Nullmonitorings“ untersucht.

3 Umfang der Untersuchungen im Jahr 2019

3.1 Ereignisse

Im Monitoringjahr 2019 startete die Fremdflutung des Teilbeckens Willmersdorf aus dem Hammergraben. Aufgrund von Limitierungen des Wasserdargebots in der Spree wurde die Fremdflutung nach zwei Wochen ausgesetzt und erst in der zweiten Dezemberhälfte 2019 wieder in Betrieb genommen. In den ehemaligen Randschläuchen des Tagebaus Cottbus-Nord bestanden zum Jahresende 2019 drei separate Wasserflächen mit unterschiedlichem Wasserspiegel. Im Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch) sind auch während der Flutungspause zahlreiche Setzungsfließrutschungen gegangen. In der Tabelle 3 sind die maßgeblichen Ereignisse zur Flutung des Cottbuser Ostsees im Monitoringzeitraum 2019 chronologisch aufgeführt.

Tabelle 3: Chronologie der maßgeblichen Ereignisse zur Flutung des Cottbuser Ostsees seit April 2019.

Datum	Ereignis
15.01.2019	Erprobungsbetrieb des Einlaufbauwerk aus dem Hammergraben
21.01.2019	
12.04.2020	Flutungsbeginn
28.04.2019	Unterbrechung der Flutung aus dem Hammergraben
14.06.2019	Setzungsfließrutschung im Teilbecken Nordrandschlauch
18.06.2019	Setzungsfließrutschung im Teilbecken Nordrandschlauch
29.08.2019	Setzungsfließrutschung im Teilbecken Nordrandschlauch
02.09.2019	Setzungsfließrutschung im Teilbecken Nordrandschlauch
13.11.2019	Setzungsfließrutschung im Teilbecken Randschlauch Merzdorf
26.11.2019	Setzungsfließrutschung im Teilbecken Nordrandschlauch
17.12.2019	Wiederaufnahme der Flutung aus dem Hammergraben

3.2 Flutungswasser

Die Flutungswassermenge aus dem **Hammergraben** wird kontinuierlich an der Messstelle CB-Flut-Zuleiter gemessen und als Tagesmittelwerte ausgegeben (Tabelle 4). Die Wasserbeschaffenheit des Flutungswassers wurde mit Beginn der Flutung am 12.04.2019 monatlich als Stichtagsbeprobung an der Messstelle CB-Flut-01 (Bild 3) analytisch untersucht. Das Untersuchungsprogramm richtet sich nach dem Monitoringkonzept [LEAG 2020a] und ist für das Jahr 2019 in der Tabelle 5 zusammengefasst. In den Flutungspausen wird nur ein orientierendes Kurzprogramm untersucht.

Die eingeleitete Wassermenge aus der **Randriegelleitung** wird an den Flutungsleitungen Ableiter 1 NRS und Ableiter 2 NRS kontinuierlich erfasst und liegt als Tagesmittelwerte vor (Tabelle 4). Seit August 2019 erfolgte monatlich die Beprobung des zur Einleitung vorgesehenen Randriegelwassers aus der Randriegelleitung (Mst. Sammelleitung Randriegel West 6). Am 12.09.2019 wurde ersatzweise der „Abschlag GWA 2 (uh. RR KBA)“ beprobt. Da es sich prinzipiell um dasselbe Wasser handelt, wird der Befund vom September 2019 in die Datenreihe zur Messstelle „Sammelleitung Randriegel West 6“ mitgeführt.

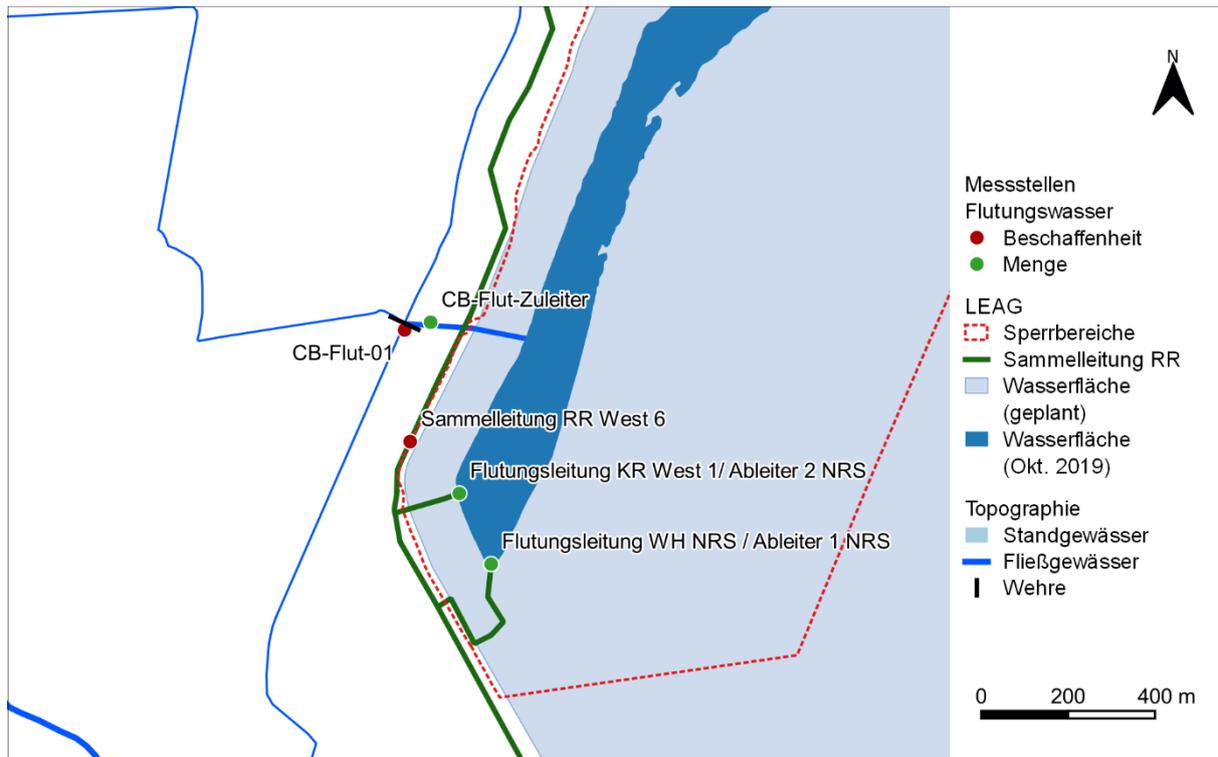


Bild 3: Karte der Messstellen für das Flutungswasser am Cottbuser Ostsee.

Tabelle 4: Messstellen für das Flutungswasser des Cottbuser Ostsees im Jahr 2019.

Messstelle	Codierung	Messgröße	Messtechnik bzw. Methode	Turnus
Entnahmestelle Hammergraben	CB-Flut-Zuleiter	Volumenstrom	IDM	Kontinuierlich (Tagesmittelwerte)
	CB-Flut-01	Beschaffenheit	Stichproben	monatlich
Randriegel	Ableiter 1 NRS	Volumenstrom	IDM	Kontinuierlich (Tagesmittelwerte)
	Ableiter 2 NRS	Volumenstrom	IDM	Kontinuierlich (Tagesmittelwerte)
	Sammelleitung RR West 6	Beschaffenheit	Stichproben	monatlich

Tabelle 5: Übersicht des Monitorings zur Flutungswasserbeschaffenheit für den künftigen Cottbuser Ostsee im Jahr 2019.

Messstelle	Gewässer	Datum	Programm ¹⁾
CB-Flut-01	Hammergraben	12.04.2019	GP
CB-Flut-01	Hammergraben	21.05.2019	GP, ZPB
CB-Flut-01	Hammergraben	17.06.2019	GP
CB-Flut-01	Hammergraben	25.07.2019	GP
CB-Flut-01	Hammergraben	27.08.2019	KP
CB-Flut-01	Hammergraben	23.09.2019	KP
CB-Flut-01	Hammergraben	20.11.2019	GP
CB-Flut-01	Hammergraben	19.12.2019	GP
Sammelleitung RR West 6	Randriegel	15.08.2019	---
Abschlag GWA 2 (uh. RR KBA)	Randriegel	12.09.2019	---



Messstelle	Gewässer	Datum	Programm ¹⁾
Sammelleitung Randriegel West 6	Randriegel	10.10.2019	---
Sammelleitung Randriegel West 6	Randriegel	14.11.2019	---
Sammelleitung Randriegel West 6	Randriegel	27.12.2019	---

Erläuterung:

GP	Grundprogramm
KP	Kurzprogramm
ZPB	Zusatzprogramm Biologie

Im August und September 2019 war die Flutung ausgesetzt, sodass nur das Kurzprogramm zur Anwendung kam. Im Oktober 2019 erfolgte keine Probennahme.

3.3 Seewasserstand

Im Monitoringzeitraum 2019 wurde in den Teilbecken des künftigen Cottbuser Ostsees der Seewasserstand entsprechend der Tabelle 6 erfasst. Da sich zum Beginn des Monitoringzeitraums im Teilbecken Nordrandschlauch noch keine durchgehende Wasserfläche ausgebildet hatte, wurde der Wasserstand in den wassergefüllten Teilbereichen Nordrandschlauch Nord und Nordrandschlauch-West separat erfasst. Ende Februar 2019 hatte sich im Nordrandschlauch eine durchgehende Wasserfläche gebildet. Deshalb wurde die zusätzliche Wasserstandsmessung im Teilbereich Nordrandschlauch-Nord im Mai 2019 eingestellt.

Tabelle 6: Messungen des Seewasserstandes in den Teilbecken des künftigen Cottbuser Ostsees im Monitoringzeitraum 2019.

Teilbecken	Messturnus	Anzahl der Messwerte	Bemerkung
Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch-West)	wöchentlich	64	zusätzliche Messungen nach Rutschungen
Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch-Nord)	wöchentlich	12	Separate Messungen ab Mai 2019 eingestellt, da durchgehende Wasserfläche im Nordrandschlauch. Nur mit einem Messwert für Teilbecken Willmersdorf fortgeführt (NRS-West).
Teilbecken Merzdorf (Randschlauch Merzdorf)	monatlich	14	zusätzliche Messungen nach Rutschungen
Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch)	monatlich	13	---

3.4 Seewasserbeschaffenheit

Im Jahr 2019 gelten für das Monitoring des Cottbuser Ostsees die Vorgaben für den Flutungsbetrieb gemäß [LEAG 2020a]. Die Wasserbeschaffenheit wird jeweils separat in den wassergefüllten Teilbecken untersucht bzw. gemessen (Bild 4).

- Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch).....(CB-See-01)
- Teilbecken Merzdorf (Randschlauch Merzdorf).....(CB-See-02)
- Teilbecken Willmersdorf-Lakoma (Nordrandschlauch-West)(CB-See-03)
- Teilbecken Willmersdorf-Auslauf (Nordrandschlauch-Nord)(CB-See-04)
- Teilbecken Willmersdorf-Neuendorf (Nordrandschlauch-Nord).....(CB-See-04b)

Im Jahr 2019 wurde zusätzlich zum Monitoringkonzept [LEAG 2020a] die Messstelle CB-See-04b im Teilbereich Willmersdorf-Neuendorf (Nordrandschlauch-Nord) beprobt (Bild 4).

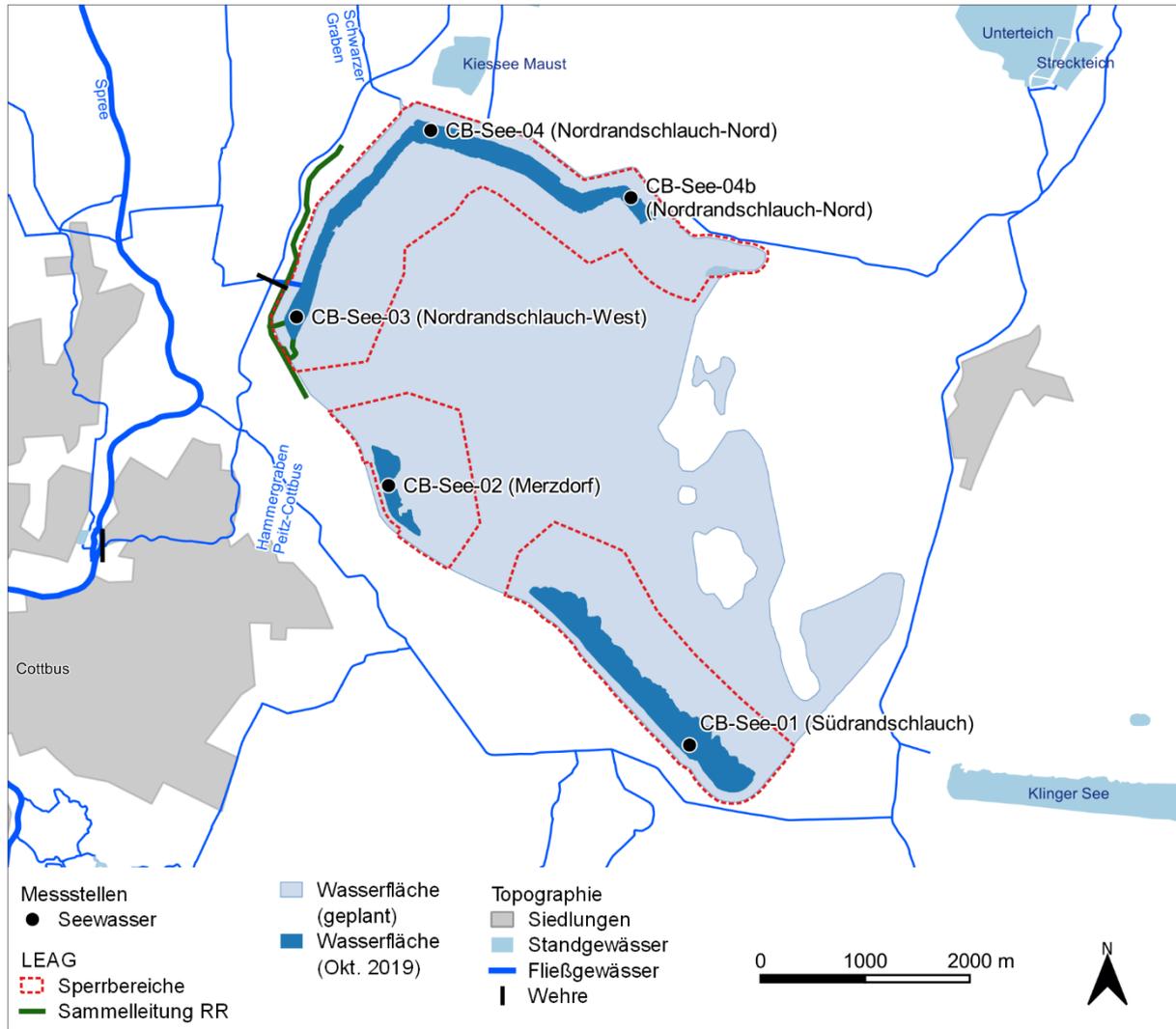


Bild 4: Übersicht der Seemessstellen am Cottbuser Ostsee gemäß [LEAG 2020a].

Im Jahr 2019 wurden zu zwei Terminen tiefenorientierte Beprobungen des Seewassers in den Teilbecken durchgeführt (Tabelle 7):

- am 29.03.2019 während der Frühjahrszirkulation als sogenanntes „Null-monitoring“ vor Flutungsbeginn und
- am 01.10.2019 zum Ende der Sommerstagnation bzw. zur beginnenden Herbstzirkulation.

Da die Probennahmen während der Zirkulationsphasen stattfanden, erfolgte die Probennahme in diskreten Abständen über die gesamte Wassertiefe als Mischprobe (i), mit Ausnahme des grundnahen Bereichs (Tabelle 7). Die Anzahl der Teilproben richtete sich nach der Wassertiefe an der jeweiligen Probennahmestelle. Außerdem wurden in den Teilbecken Südrandschlauch, Merzdorf und Nordrandschlauch-West zusätzlich grundnahe Proben (g) entnommen. Da am 01.10.2019 an der Messstelle



CB-See-01 (Südrandschlauch) Rudimente der thermischen Schichtung erfasst wurden, wurden tiefendiskrete Stichproben entsprechend der limnologischen Untergliederung des Sees aus dem Epilimnion (e), Hypolimnion (h) und grundnahen Bereich (g) entnommen (Tabelle 7). Die konkreten Entnahmetiefen wurden vor Ort anhand des aufgezeichneten Tiefenprofils der Wassertemperatur festgelegt. Für die Untersuchung der biologischen Kennwerte wurden Mischproben aus der euphotischen Zone entnommen.

Das Untersuchungsspektrum richtet sich nach dem Monitoringkonzept [LEAG 2020a] (Tabelle 2). An allen Wasserproben wurde das Grundprogramm (GP), das Zusatzprogramm Versauerung (ZPV) und das Zusatzprogramm für besondere Indikation (ZPN) durchgeführt (Tabelle 7). Das Zusatzprogramm Biologie (ZPB) kam am 29.02.2019 an drei Messstellen zur Anwendung.

Tabelle 7: Übersicht über das Seewassermonitoring zum Cottbuser Ostsee im Jahr 2019.

Messstelle	Teilbecken	Datum	GP	ZPV	ZPN	ZPB	Gelotete Tiefe [m]	Entnahmetiefe [m]	Limnologische Zuordnung
CB-See-01	Schlichow (Südrandschlauch)	29.03.2019	■	■	■	■	13,4	0,5-8,0 12,8	i g
		01.10.2019	■	■	■		13,4	4,0 10,0 12,5	e h g
CB-See-02	Merzdorf (Randschlauch Merzdorf)	29.03.2019	■	■	■	■	2,3	0,5-1,0 2,0	i g
		01.10.2019	■	■	■		3,1	1,0-2,5	i
CB-See-03	Willmersdorf-Lakoma (Nordrandschlauch West)	29.03.2019	■	■	■	■	3,4	0,5-1,5 3,0	i g
		01.10.2019	■	■	■		6,7	1,0-6,0	i
CB-See-04	Willmersdorf-Auslauf (Nordrandschlauch Nord)	29.03.2019	■	■	■		5,6	0,5-5,0	i
		01.10.2019	■	■	■		2,8	1,0	e
CB-See-04b	Willmersdorf-Neuendorf (Nordrandschlauch Nord)	29.03.2019	■	■	■		3,8	0,5-3,0	i

Erläuterung:

i	Profilmischprobe
e	Epilimnion
g	grundnahe Probe

GP	Grundprogramm
ZPV	Zusatzprogramm Versauerung
ZPN	Zusatzprogramm besondere Indikation
ZPB	Zusatzprogramm Biologie

4 Ergebnisse

4.1 Witterung

Das arithmetische Mittel der **Lufttemperatur** an der DWD-Wetterstation Cottbus lag im Monitoringzeitraum 2019 bei +11,4 °C und damit +1,4 °C über dem Jahresdurchschnitt der 30-jährigen Reihe von 1990 bis 2019 (+10,0 °C). Die höchste Lufttemperatur wurde mit +38,1 °C am 26.06.2019 und die niedrigste Lufttemperatur mit -9,4 °C am 22.01.2019 erfasst (Bild 5). Die innertägliche Spanne der Lufttemperatur (Differenz zwischen Tagesminimum und Tagesmaximum) ist in den Sommermonaten von Juni bis August mit durchschnittlich 13,9 Grad deutlich größer als in den Frühjahrsmonaten Januar und Februar (7,4 Grad) und in den Wintermonaten November und Dezember (6,4 Grad) (Bild 5).

Die Lufttemperatur zeigt im Monitoringjahr 2019 einen typischen Jahresgang mit hohen Temperaturen in den Sommermonaten und niedrigen Temperaturen in den Frühjahrs- und Wintermonaten (Bild 5). Im ersten Halbjahr 2019 wurden insgesamt 47 Frosttage und 4 Eistage erfasst. Der letzte Eistag wurde am 25.01.2019 und der letzte Frosttag am 06.05.2019 verzeichnet. Der erste Frosttag im zweiten Halbjahr 2019 wurde am 06.10.2019 verzeichnet. Bis zum Jahresende wurden 22 weitere Frosttage erfasst. Im gesamten Monitoringzeitraum 2019 wurden damit insgesamt 64 Frost- und 4 Eistage verzeichnet (Bild 5).

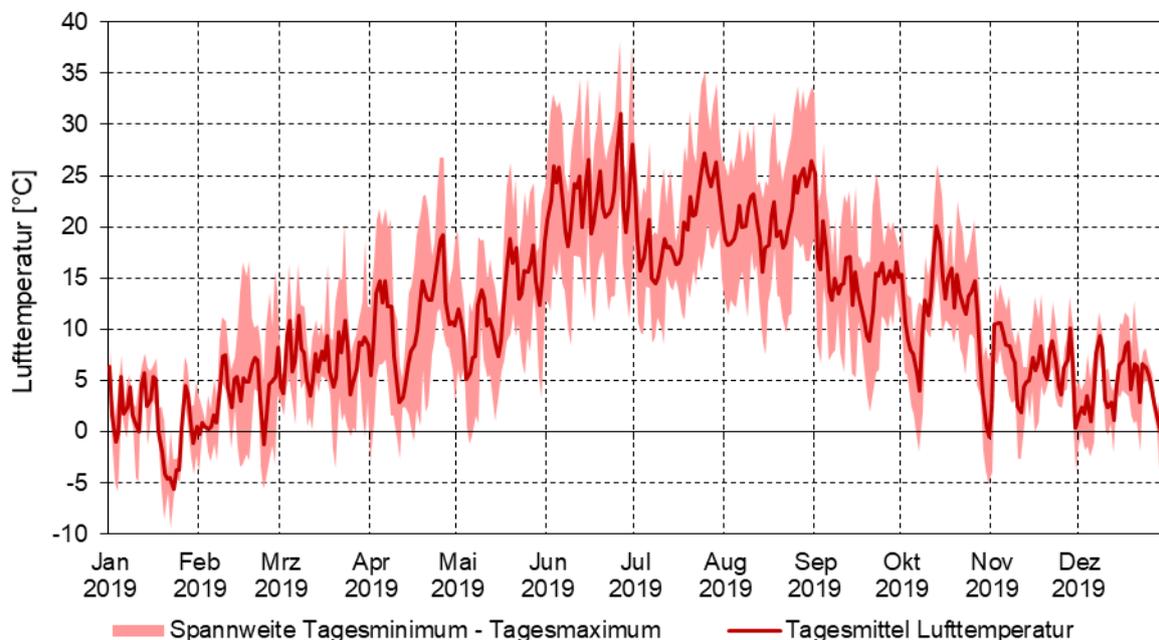


Bild 5: Ganglinie der Tagesmitteltemperatur sowie der Spanne zwischen dem täglichen Temperaturmaximum und Temperaturminimum an der DWD-Wetterstation Cottbus im Monitoringzeitraum von Januar bis Dezember 2019.

Im Monitoringzeitraum 2019 lagen die Monatsmittel der Lufttemperatur an der DWD-Station Cottbus nahezu durchgehend über den Monatsmittelwerten der 30-jährigen Reihe von 1990 bis 2019 (Bild 6). Nur im Mai 2019 lag das Monatsmittel der Lufttemperatur -2,1 Grad unter dem 30-jährigen Durchschnitt. Im Juni 2019 (+23,1 °C)

wurde mit +5,3 Grad die maximale Abweichung zum 30-jährigen Durchschnitt (+17,8 °C) festgestellt. In den anderen Monaten lagen die Monatsmittelwert der Lufttemperatur zwischen +0,2 und +2,8 Grad über der 30-jährigen Reihe (Bild 6).

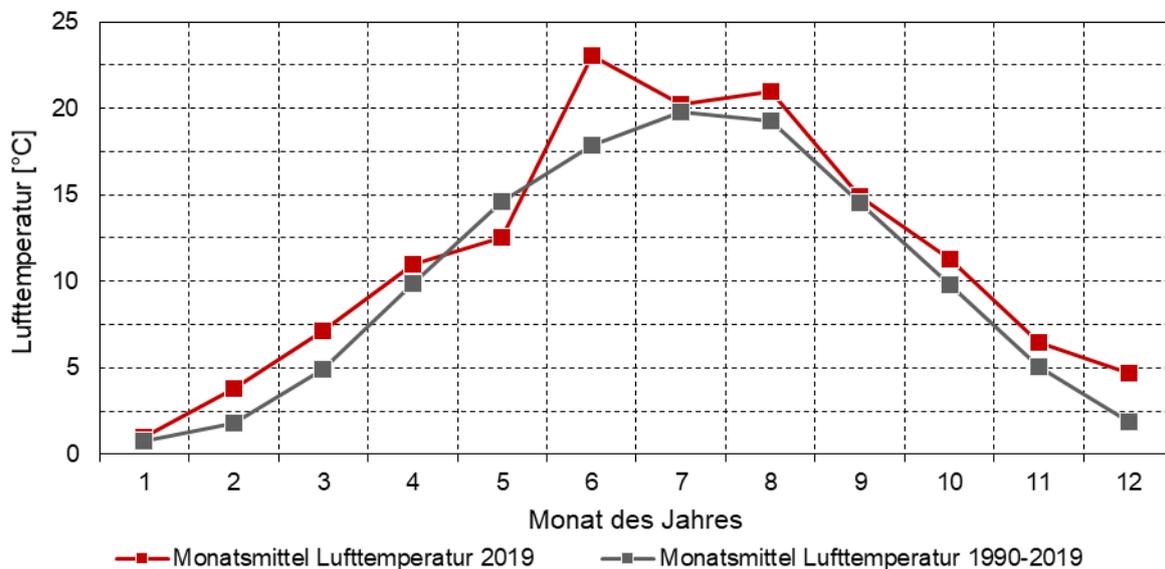


Bild 6: Vergleich der Monatsmittel der Lufttemperatur im Monitoringzeitraum von Januar bis Dezember 2019 mit den Monatsmitteln der Lufttemperatur für die 30-jährige Reihe von 1990 bis 2019 an der DWD-Wetterstation Cottbus.

Im Monitoringzeitraum 2019 wurden an der DWD-Station Cottbus insgesamt 445 mm **Niederschlag** registriert. Dies sind -185 mm bzw. 30 % weniger als im 30-jährigen Durchschnitt (629 mm). Der Januar war mit 69 mm der niederschlagsreichste und der Juni war mit 16 mm der niederschlagsärmste Monat im Monitoringjahr 2019 (Bild 8). Die höchsten Tagesniederschlagssummen wurden mit 21 mm am 04.10.2019 und mit 14 mm am 26.04. und am 09.09.2019 erfasst. Ansonsten lagen die täglichen Niederschlagssummen größtenteils unter 10 mm (Bild 7). In den Monaten April, Juni, Juli, August, November und Dezember des Jahres 2019 lagen die monatlichen Niederschlagssummen an der DWD-Station Cottbus deutlich unter dem Durchschnitt der 30-jährigen Reihe. Die größte Unterschreitung wurde dabei mit -56 mm für den Juli 2019 ermittelt. Im Januar und März 2019 lagen die Monatssummen des Niederschlages dagegen über dem langjährigen Mittel. In den Monaten Februar, Mai, September und Oktober 2019 lagen die monatlichen Niederschlagssummen etwa auf dem Niveau des 30-jährigen Durchschnitts (Bild 8).

Der Mittelwert der **relativen Luftfeuchte** lag im Monitoringjahr 2019 bei 71 % mit einer Spanne zwischen 38 % und 100 %. In den Sommermonaten lag die relative Luftfeuchte meist unter und in den Frühjahrs- und Wintermonaten meist über dem Jahresdurchschnitt (Bild 9). Die innerjährliche Dynamik der relativen Luftfeuchte erklärt sich hauptsächlich aus dem Zusammenhang zwischen der Lufttemperatur und dem Sättigungsdampfdruck der Luft. Bei steigender Lufttemperatur nimmt der Sättigungsdampfdruck der Luft zu, wodurch bei gleichbleibendem Feuchtgehalt der Luft die relative Luftfeuchte abnimmt. Entsprechend spiegelt sich im Jahresgang der relativen Luftfeuchte der inverse Jahresgang der Lufttemperatur wider (vgl. Bild 5 und Bild 9).

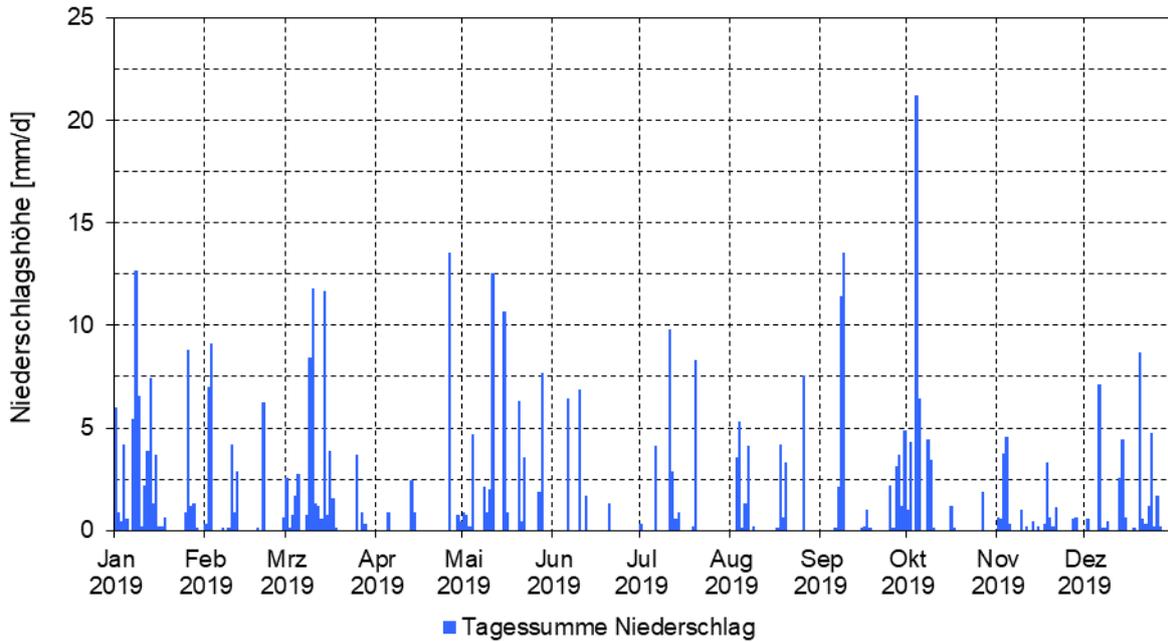


Bild 7: Tagessummen des Niederschlags an der DWD-Wetterstation Cottbus im Monitoringzeitraum von Januar bis Dezember 2019.

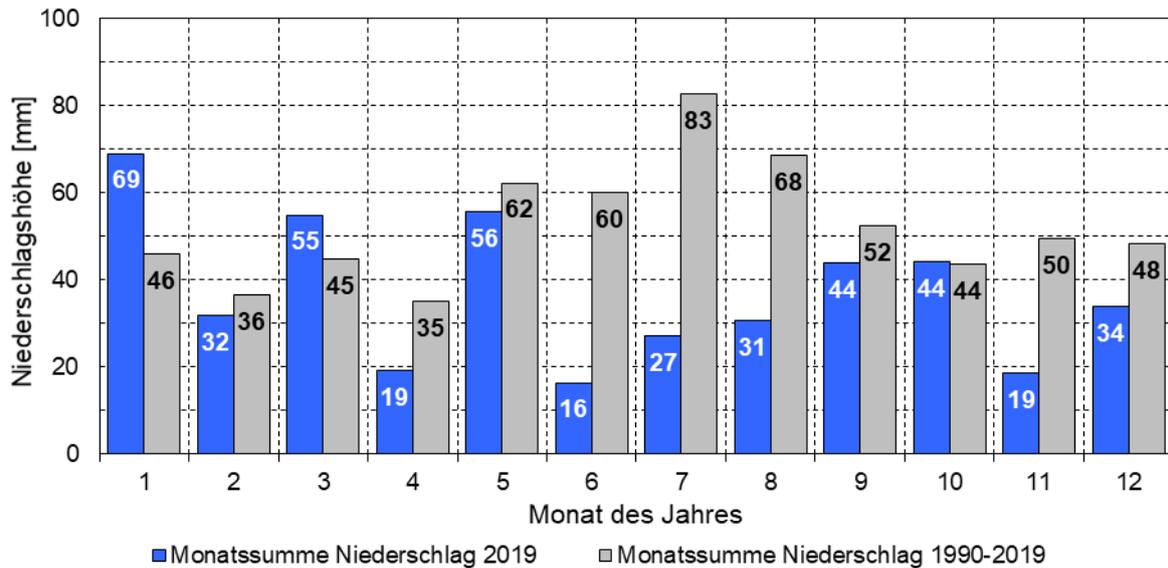


Bild 8: Vergleich der Monatssummen des Niederschlags im Monitoringzeitraum von Januar bis Dezember 2019 mit den mittleren Monatssummen der 30-jährige Reihe von 1990 bis 2019 an der DWD-Wetterstation Cottbus.

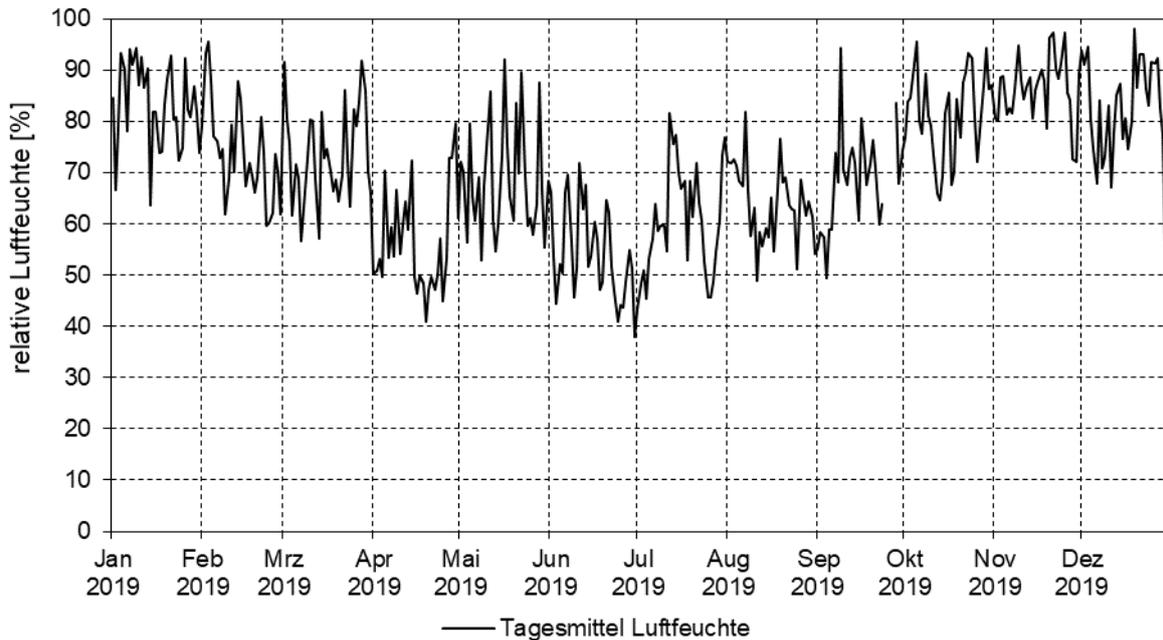


Bild 9: Ganglinie der Tagesmittelwerte der relativen Luftfeuchte an der DWD-Wetterstation Cottbus im Monitoringzeitraum von Januar bis Dezember 2019.

Der **Wind** wehte im Monitoringjahr 2019 hauptsächlich aus westlicher, südwestlicher und östlicher Richtung (Bild 11). Das Mittel der Windgeschwindigkeit in 2 Meter Höhe lag im Monitoringjahr bei 1,9 m/s. Das Maximum der Windgeschwindigkeit wurde mit 7,4 m/s am 30.09.2019 erfasst. Die höheren Windgeschwindigkeiten traten überwiegend in den Frühjahrs- und Wintermonaten bei Wind aus südwestlicher Richtung und in Verbindung mit Niederschlagsereignissen auf (Bild 10 und Bild 11).

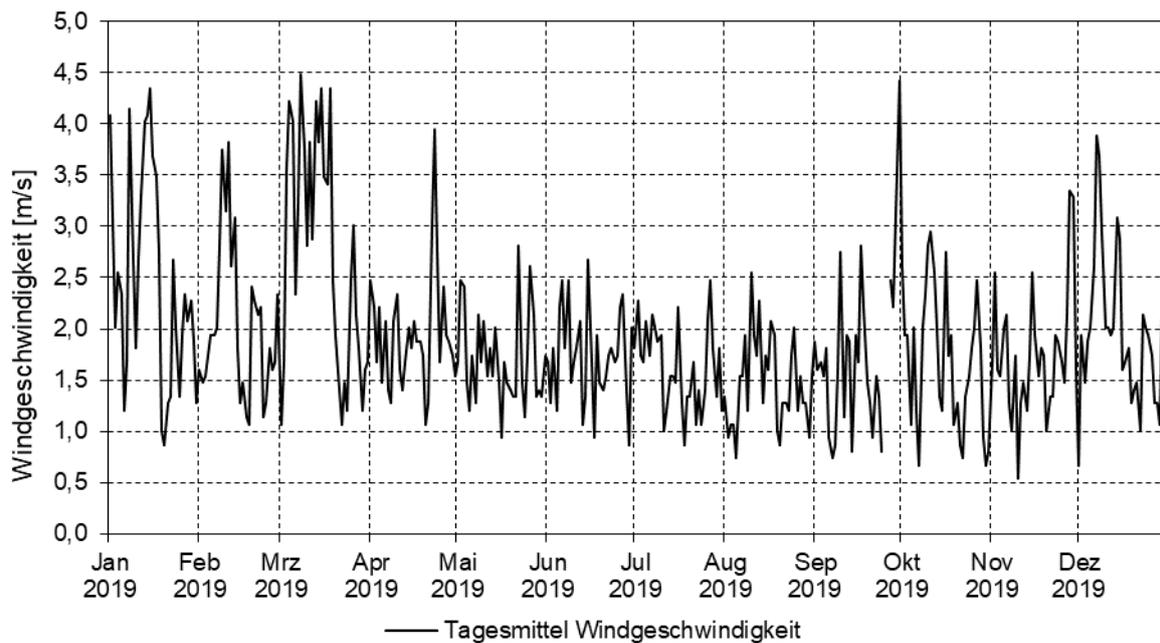


Bild 10: Ganglinie der Tagesmittelwerte der Windgeschwindigkeit in 2 Meter Höhe an der DWD-Wetterstation Cottbus im Monitoringzeitraum von Januar bis Dezember 2019.

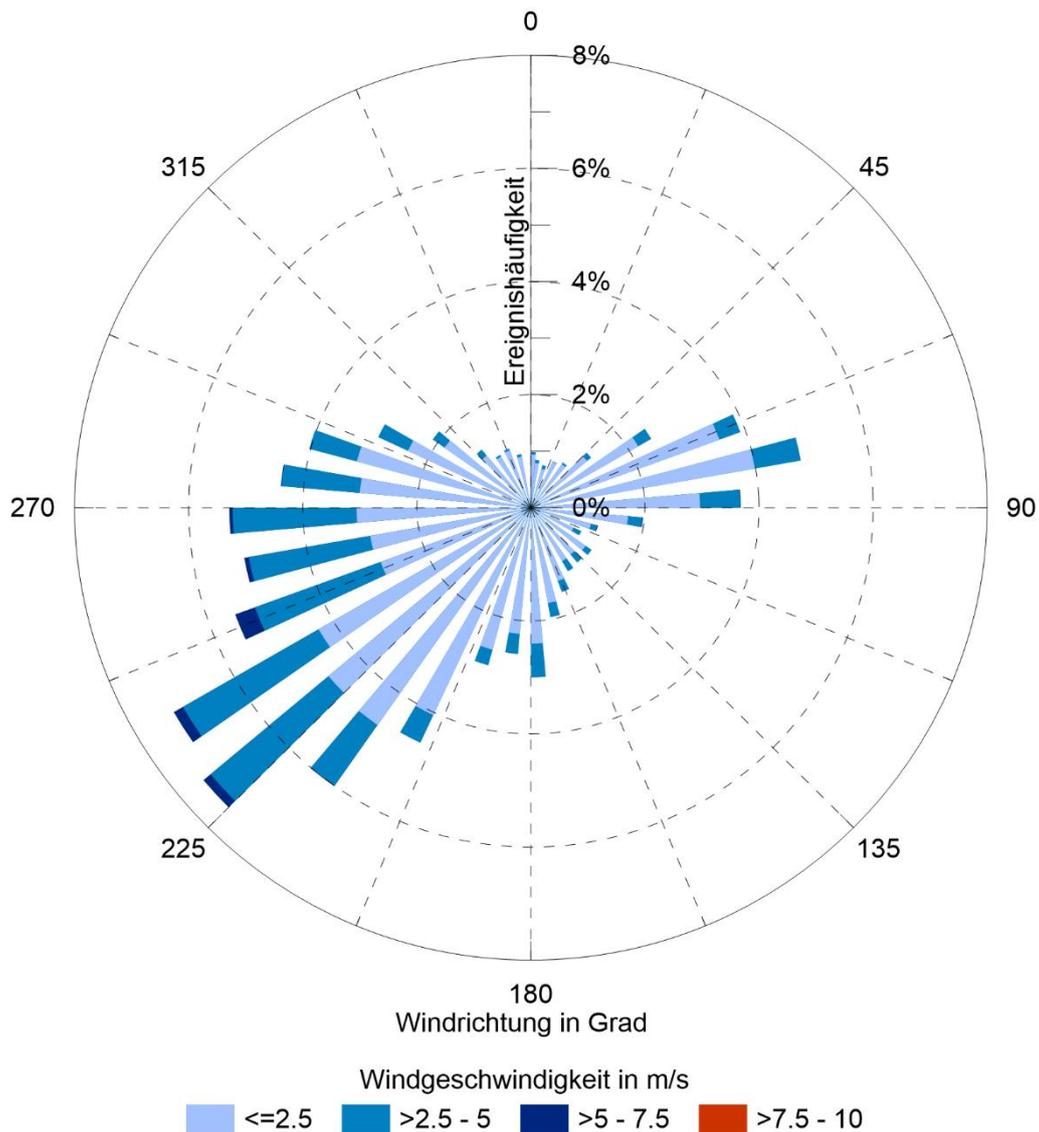


Bild 11: Windrose mit Windrichtung und Windgeschwindigkeit in 2 Meter Höhe an der DWD-Wetterstation Cottbus im Monitoringzeitraum von Januar bis Dezember 2019 (Datenbasis: Stundenwerte).

Die **Gewässerverdunstung** in den Teilbecken des Cottbuser Ostsees folgt dem Jahresgang der Lufttemperatur mit hohen Verdunstungsraten in den Sommermonaten und geringen Verdunstungsraten in den Frühjahrs- und Wintermonaten (vgl. Bild 6 und Bild 12). Im ersten Halbjahr 2019 nahmen die Verdunstungshöhen über die Monate allerdings nicht stetig, sondern sprunghaft zu. So verdoppelten sich zwischen Februar und März sowie zwischen Mai und Juni jeweils die Verdunstungshöhen (Bild 12 und Tabelle 8). Die Sprünge erklären sich aus der innerjährlichen Entwicklung der Lufttemperatur (vgl. Bild 6 und Bild 12). Die Abnahme der Verdunstungshöhen in der zweiten Jahreshälfte zwischen Juli und Dezember erfolgte dagegen weitgehend stetig (Bild 12 und Tabelle 8).

Beim Vergleich der jährlichen Verdunstungssummen der Teilbecken wird deutlich, dass aus dem Randschlauch Merzdorf deutlich mehr Wasser verdunstet (982 mm) als aus dem Südrandschlauch (861 mm) bzw. aus dem Nordrandschlauch (868 mm)

(Tabelle 8). Weiterhin zeigt sich, dass die Verdunstung aus dem Randschlauch Merzdorf in den Sommermonaten am höchsten und in den Frühjahrs- und Wintermonaten am niedrigsten ist (Bild 12 und Tabelle 8). Dies erklärt sich aus der Morphometrie des Teilbeckens. Im Unterschied zu den Teilbecken Südrandschlauch und Nordrandschlauch hat der Randschlauch Merzdorf ein geringes Wasservolumen, aber eine große Wasserfläche und eine entsprechend geringere mittlere Tiefe. Dadurch erwärmt sich das Wasser im Randschlauch Merzdorf in den Sommermonaten stärker und kühlt in den Wintermonaten stärker ab als in den anderen Teilbecken. Dies wirkt sich entsprechend auf die Gewässerverdunstung aus.

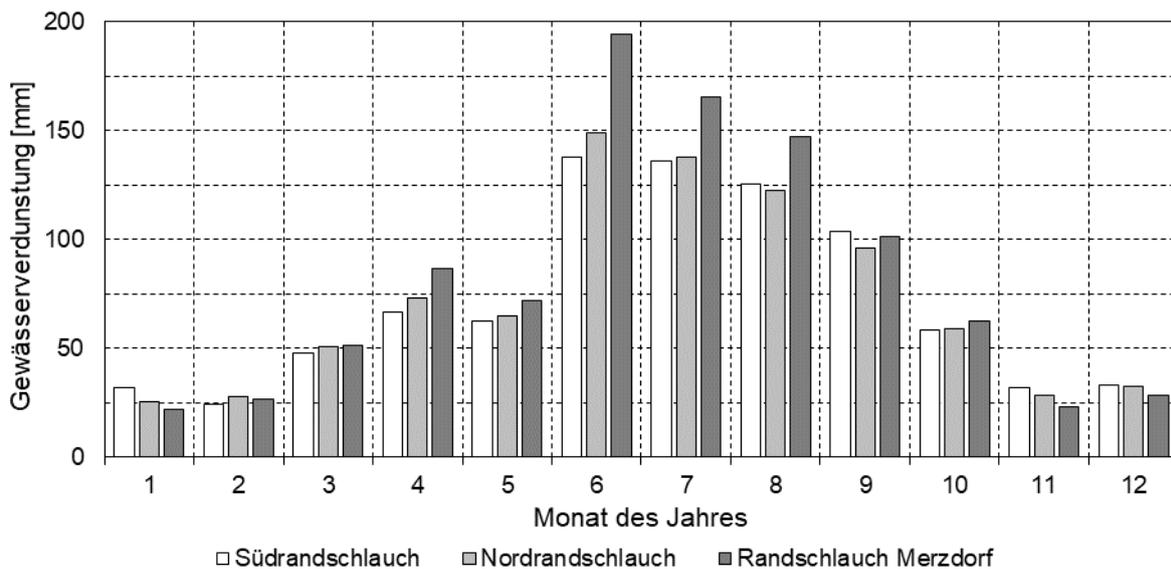


Bild 12: Monatssummen der für die Teilbecken des Cottbuser Ostsees nach DALTON berechneten Gewässerverdunstung im Monitoringzeitraum von Januar bis Dezember 2019.

Tabelle 8: Monatssummen der für die Teilbecken des Cottbuser Ostsees nach Dalton berechneten Gewässerverdunstung im Monitoringjahr 2019.

Verfahren	Südrand-schlauch	Randschlauch Merzdorf	Nordrand-schlauch
Monat	[mm/Mon.]	[mm/Mon.]	[mm/Mon.]
Januar	32	22	26
Februar	24	27	28
März	48	52	51
April	67	87	73
Mai	62	72	65
Juni	138	195	149
Juli	136	165	138
August	126	147	123
September	104	101	96
Oktober	59	63	59
November	32	23	28
Dezember	33	28	32
Summe	861	982	868

4.2 Morphometrie

Die Morphologie des Cottbuser Ostsees im Ausgangszustand vor der Flutung ist in Bild 13 dargestellt. Die Vermessung der Seemorphometrie erfolgte durch Airborne-Laserscanning am 22.02.2019. Markant sind die tiefen Randschläuche und die flache Kippenoberfläche. Die dazugehörigen Wasserstand-Volumen- und Wasserstand-Flächen-Funktionen für den gesamten Cottbuser Ostsee sind in Bild 14 dargestellt.

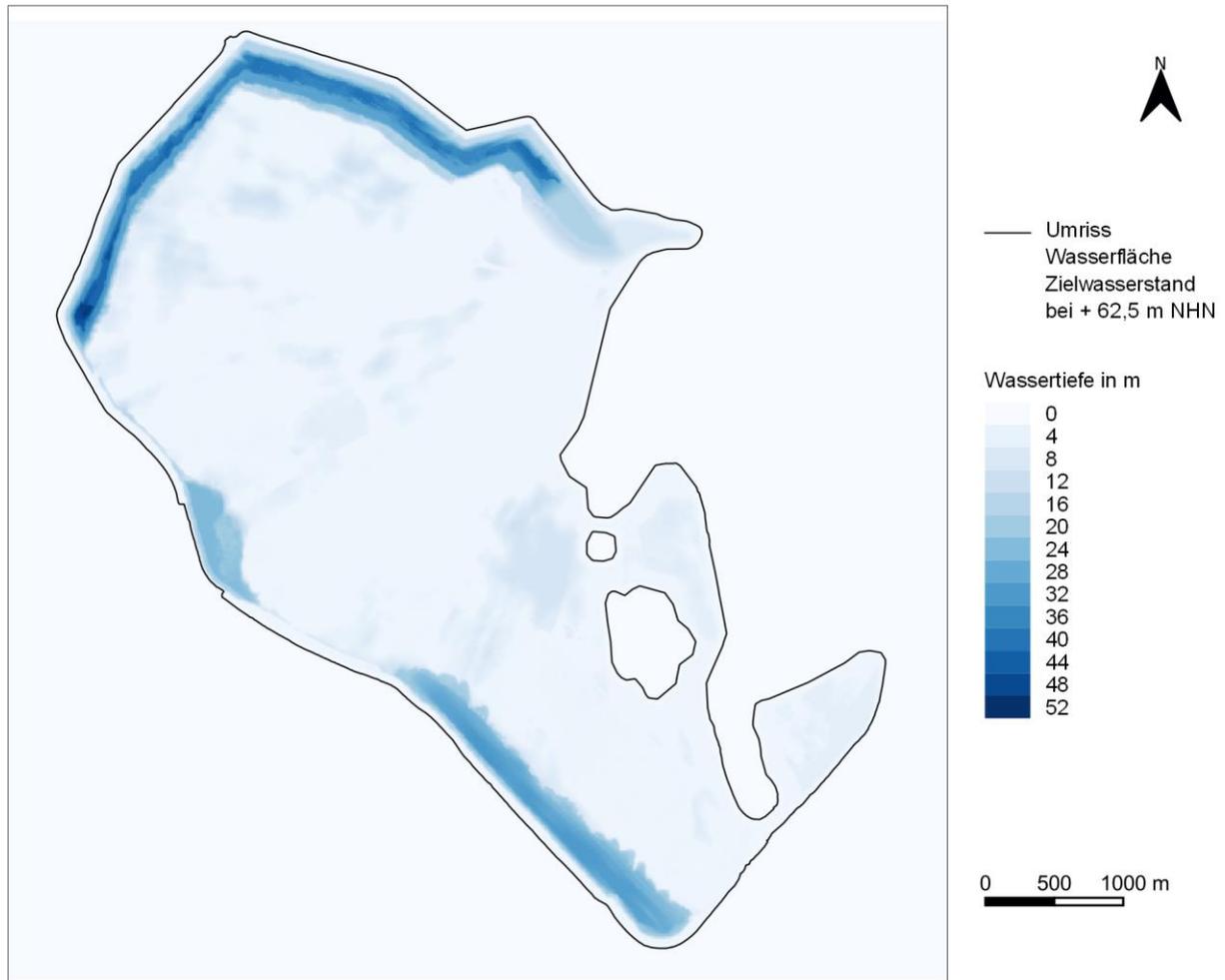


Bild 13: Wassertiefen im Cottbuser Ostsees bei dem Zielwasserstand von +62,5 m NHN.

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, werden sich im Zuge der Flutung die Wasserstand-Volumen- und Wasserstand-Flächen-Funktionen verformen. Grund sind die Rutschungen der kippenseitigen Randschlauchböschungen, die einerseits zur Aufhöhung der Randschlauchsohle, andererseits aber auch zu einer Vertiefung der dahinter liegenden Kippenoberfläche führen (vgl. Tabelle 3 in Abschn. 3.1), vor allem an den Kippenböschungen.

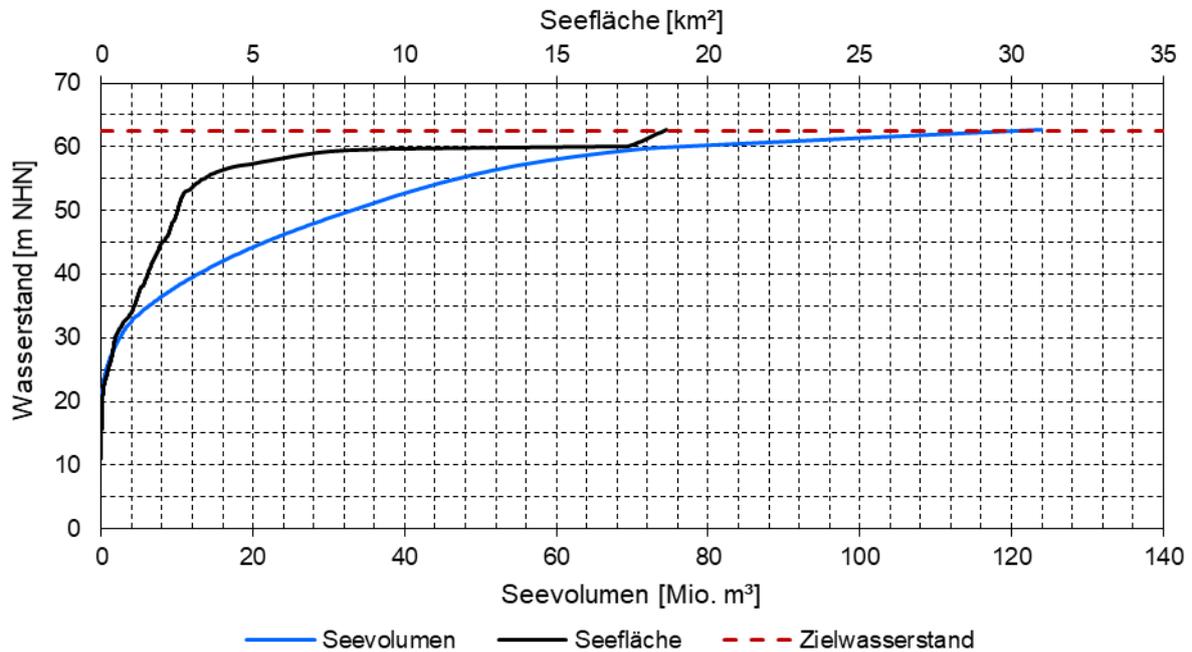


Bild 14: Wasserstand-Volumen-Seeflächen-Beziehung für den Cottbuser Ostsee abgeleitet aus den Daten der Vermessung der Seemorphometrie vom 22.02.2019.

Die Wasserflächen und Morphometrien der Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch), Merzdorf (Randschlauch Merzdorf) und Willmersdorf (Nordrandschlauch) stellten sich Ende Oktober 2019 wie folgt dar: Bild 15, Bild 16 bzw. Bild 17.



Bild 15: Wasserfläche und Morphometrie des Teilbeckens Schlichow (Südrandschlauch) im Oktober 2019.

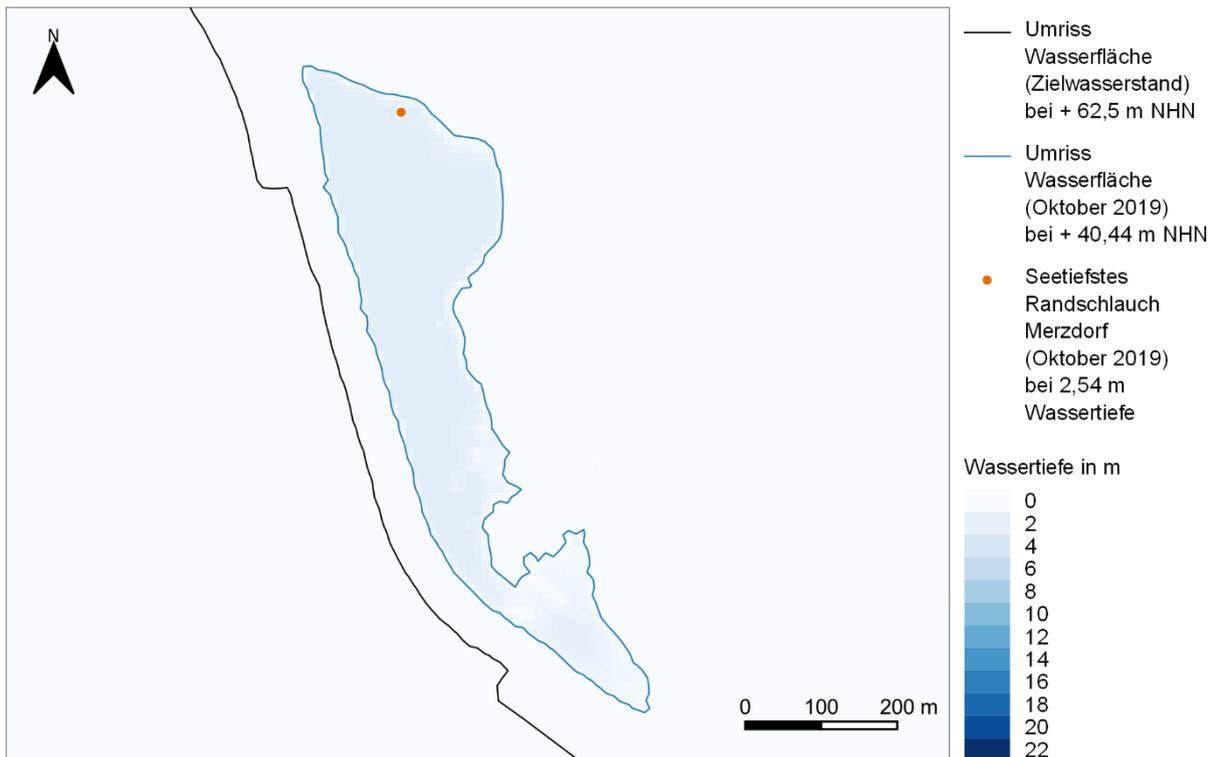


Bild 16: Wasserfläche und Morphometrie des Teilbeckens Merzdorf (Randschlauch Merzdorf) im Oktober 2019.

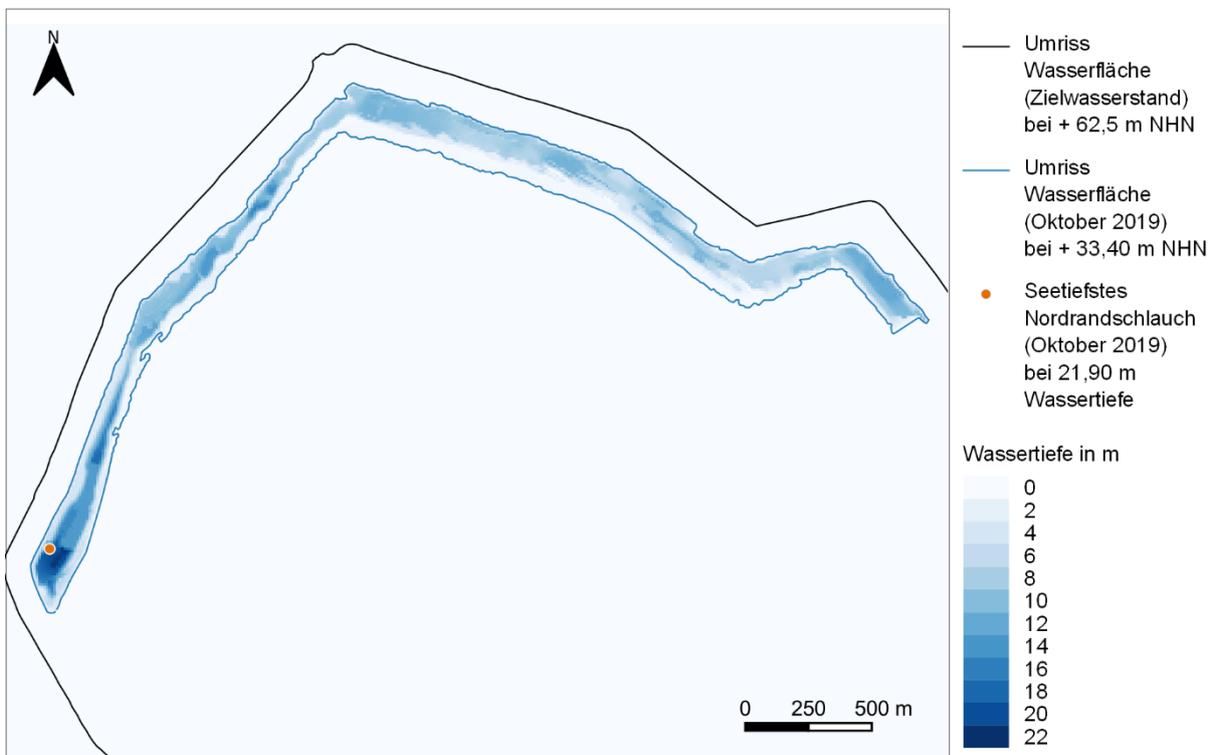


Bild 17: Wasserfläche und Morphometrie des Teilbeckens Willmersdorf (Nordrandschlauch) im Oktober 2019.

4.3 Wasserbilanz

4.3.1 Flutung

In Bild 18 ist die Chronik der Flutung des Cottbuser Sees im Jahr 2019 dargestellt. Über den Zeitraum von ca. 8,5 Monaten zwischen dem 12.04.2019 (Flutungsbeginn) und dem 31.12.2019 wurden im Mittel 0,342 m³/s Wasser in das Teilbecken Willmersdorf eingeleitet (Tabelle 9). Davon stammen etwa 20 % aus dem Hammergraben und 80 % aus dem Randriegel und dessen Systemregulierung. In Summe wurden fast 8 Mio. m³ in den Cottbuser Ostsee eingeleitet.

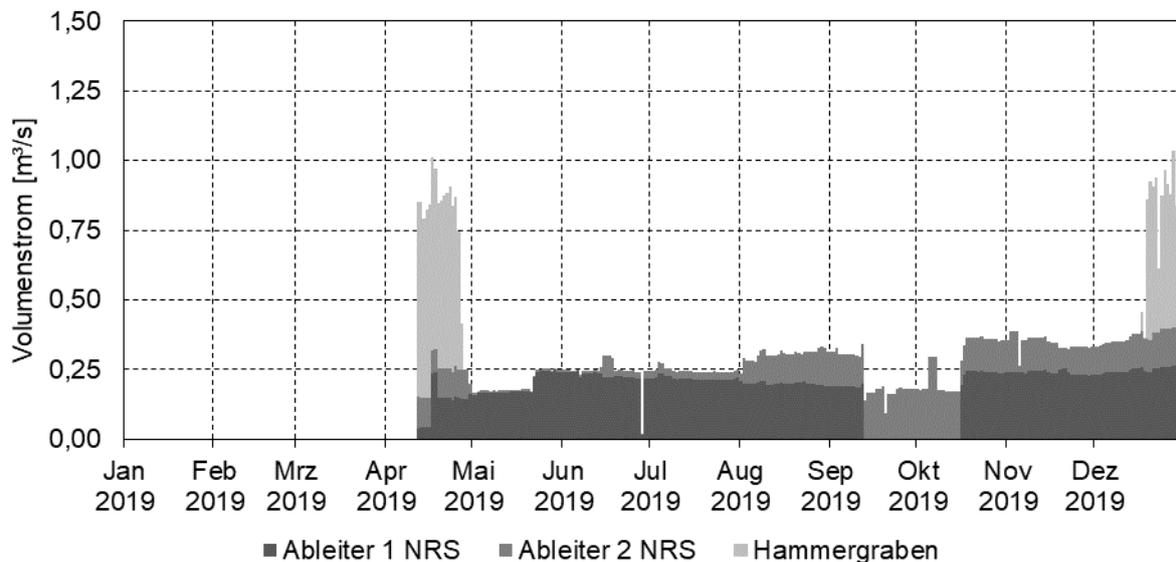


Bild 18: Ganglinien der in das Teilbecken Nordrandschlauch des Cottbuser Ostsees aus dem Hammergraben und den Randriegeln (Ableiter 1 NRS, Ableiter 2 NRS) im Monitoringzeitraum 2019 eingeleiteten Wassermengen.

Tabelle 9: Mittlere Volumenströme und summarische Kubaturen im Zeitraum zwischen dem 12.04.2019 (Flutungsbeginn) und dem 31.12.2019 für die Einleitungen aus dem Hammergraben und den Randriegeln in das Teilbecken Nordrandschlauch des Cottbuser Ostsees.

Einleitung	Mittlerer Volumenstrom	Volumen
	[m ³ /s]	[Mio. m ³]
Hammergraben	0,061	1.400.000
Ableiter 1 NRS	0,186	4.234.000
Ableiter 2 NRS	0,088	2.012.000
Summe	0,335	7.646.000

4.3.2 Entwicklung des Wasserstandes und Volumenzuwachs

4.3.2.1 Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch)

Der Anstieg des Wasserspiegels und der Volumenzuwachs im Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch) ist in Bild 19 dargestellt. Markante Eckzahlen der Flutung des Teilbeckens Schlichow (Südrandschlauch) im Jahr 2019 enthält die Tabelle 10.

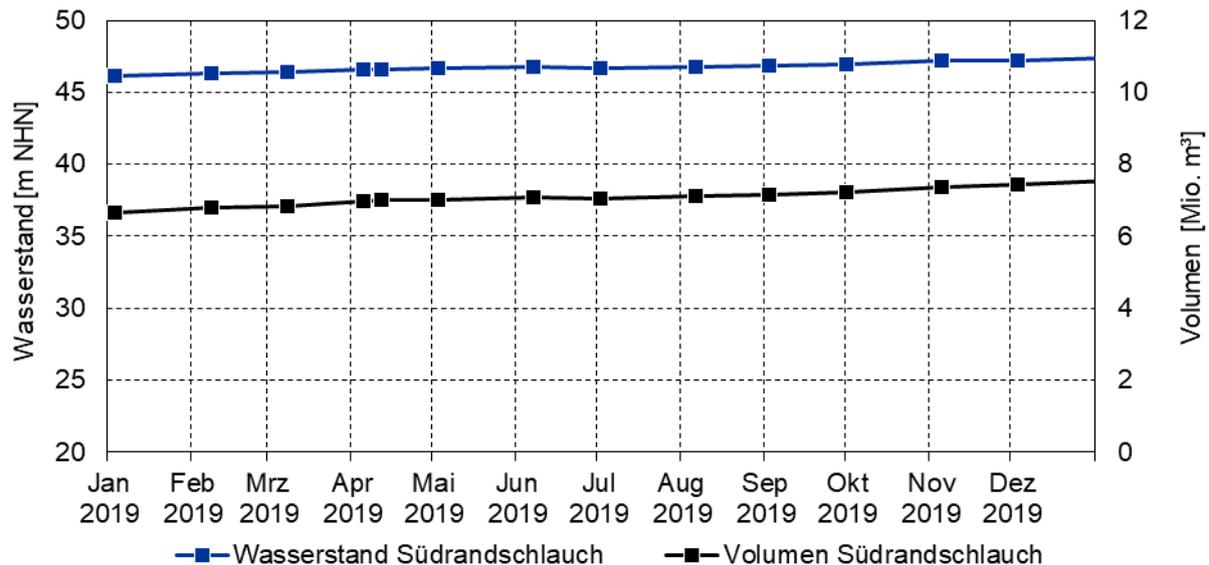


Bild 19: Ganglinien des Wasserstandes und des Seevolumens im Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch) des Cottbuser Ostsees.

Tabelle 10: Wasserspiegelanstieg und Volumenzuwachs im Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch) im Zeitraum zwischen dem 12.04.2019 (Flutungsbeginn) und dem 03.12.2019 (letzter Terminwert der Wasserspiegelmessung).

Datum	Tage	Wasserstand	Wasserspiegelanstieg		Volumen	Volumenzuwachs	
	d	m NHN	m	cm/d	Mio. m³	Mio. m³	m³/d
12.04.2019		+46,63			6,99		
03.12.2019	236	+47,25	0,62	0,26	7,43	+0,43	+1.840

Der Anstieg des Wasserspiegels im Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch) ist im Jahr 2019 allein auf den Grundwasserzustrom zurückzuführen.

4.3.2.2 Teilbecken Merzdorf (Randschlauch Merzdorf)

Der Anstieg des Wasserspiegels und der Volumenzuwachs im Teilbecken Merzdorf (Randschlauch Merzdorf) ist in Bild 20 dargestellt. Markante Eckzahlen der Flutung des Teilbeckens Merzdorf (Randschlauch Merzdorf) im Jahr 2019 enthält die Tabelle 11.

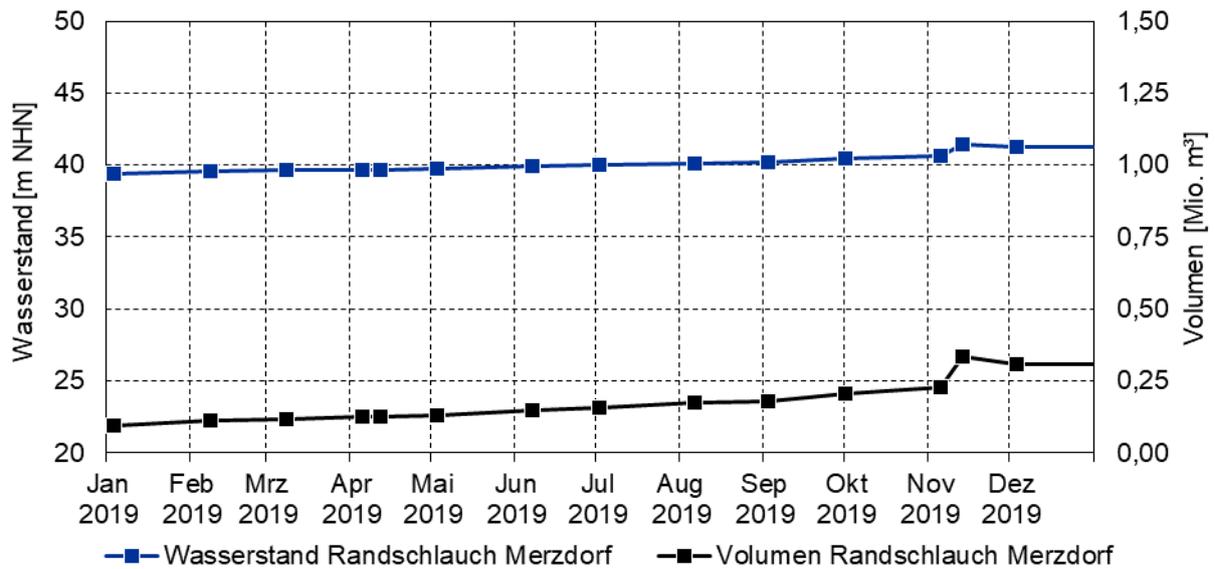


Bild 20: Ganglinien des Wasserstandes und des Seevolumens im Teilbecken Merzdorf (Randschlauch Merzdorf) des Cottbuser Ostsees im Jahr 2019.

Tabelle 11: Wasserspiegelanstieg und Volumenzuwachs im Teilbecken Merzdorf (Randschlauch Merzdorf) im Zeitraum zwischen dem 12.04.2019 (Flutungsbeginn) und dem 03.12.2019 (letzter Terminwert der Wasserspiegelmessung).

Datum	Tage	Wasserstand m NHN	Wasserspiegelanstieg		Volumen Mio. m³	Volumenzuwachs	
	d		m	cm/d		Mio. m³	m³/d
12.04.2019		+39,70			0,13		
03.12.2019	236	+41,23	1,53	0,64	0,31	+0,18	+765
Volumen der Setzungsfleißrutschungen						-0,10	---
Korrigierte Volumenzunahme im Teilbecken						+0,08	+324

Der sprunghafte Anstieg des Wasserspiegels im November 2019 ist auf eine Rutschung zurückzuführen (Bild 20 und Tabelle 3). Das erfordert eine Korrektur der Wasserstand-Volumen-Funktion. Die rutschungsbedingte Volumenzunahme wird aus den Bilanzdaten mit ca. 100.000 m³ abgeschätzt. Der Zuwachs des Wasservolumens im Teilbecken wird um diesen Betrag korrigiert (Tabelle 11). Der Anstieg des Wasserspiegels im Teilbecken Merzdorf ist bislang ausschließlich auf den Grundwasserzustrom und auf Rutschungen zurückzuführen. Das Flutungswasser erreicht das Teilbecken Merzdorf bislang nicht.

4.3.2.3 Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch)

Der Anstieg des Wasserspiegels und der Volumenzuwachs im Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch) ist in Bild 21 dargestellt. Markante Eckzahlen der Flutung des Teilbeckens Willmersdorf (Nordrandschlauch) im Jahr 2019 enthält die Tabelle 12. Der Wasserspiegelanstieg erfolgte bis zum Februar 2019 in den Teilbereichen Nord und West getrennt. Durch eine gezielte Beseitigung eines trennenden Erddammes wurden beide Teilbereiche zum Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch) vereint. Eine Aussage zur Entwicklung des Seevolumens wird deshalb erst ab Anfang März 2019 getroffen (Tabelle 12).

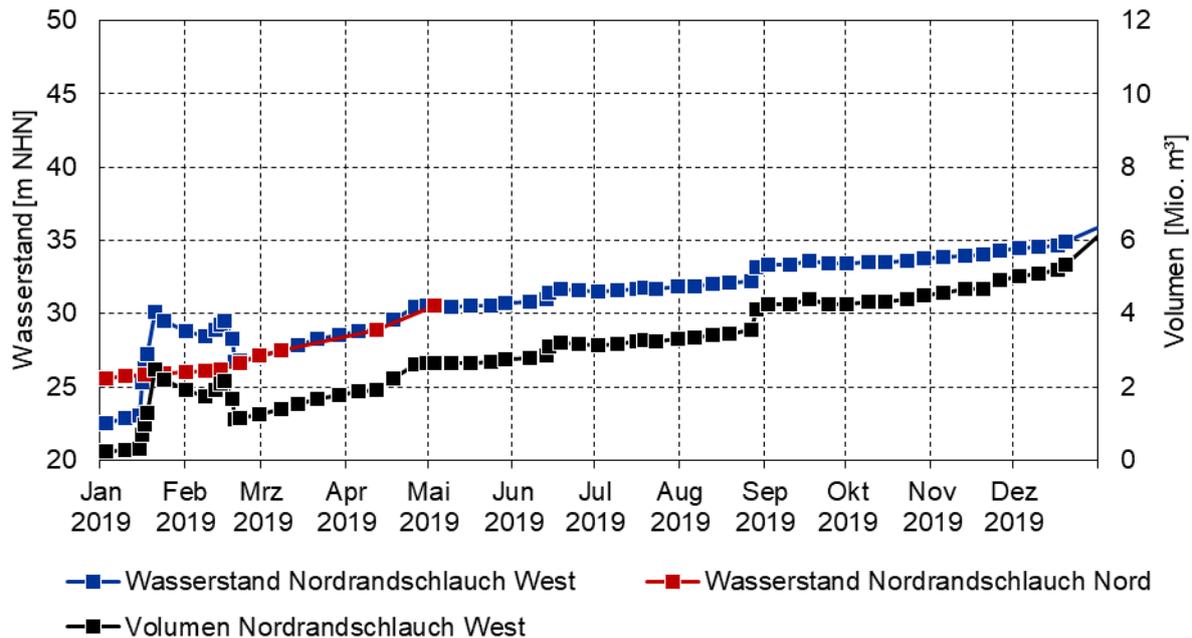


Bild 21: Ganglinien des Wasserstandes und des Seevolumens im Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch) des Cottbuser Ostsees im Jahr 2019.

Tabelle 12: Wasserspiegelanstieg und Volumenzuwachs im Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch) im Zeitraum zwischen dem 12.04.2019 (Flutungsbeginn) und dem 20.12.2019 (letzter Terminwert der Wasserspiegelmessung).

Datum	Tage	Wasserstand m NHN	Wasserspiegelanstieg		Volumen Mio. m ³	Volumenzuwachs	
	d		m	cm/d		Mio. m ³	m ³ /d
12.04.2019		+28,87			1,92		
20.12.2019	253	+34,86	5,99	2,37	5,33	+3,41	+13.490
Volumen der Setzungsfließrutschungen						-0,65	---
Korrigierte Volumenzunahme im Teilbecken						+2,76	+10.900

Anfang 2019 wurde ein kurzzeitiger starker Anstieg des Wasserspiegels im NRS West Mitte Januar und nachfolgend von Mitte Januar bis Mitte Februar ein leichter Rückgang beobachtet. Der Anstieg ist auf die Wassereinleitung beim Test der Flutungsanlage zurückzuführen.

Der Anstieg des Wasserspiegels im Teilbecken Willmersdorf ist auf die Wassereinleitungen aus dem Hammergraben und aus den Randriegeln zurückzuführen. Zum Anstieg des Seewasserspiegels haben außerdem mehrere Setzungsfließrutschungen beigetragen. Das ist an den spontanen Veränderungen des Wasserspiegels z. B. Mitte Juni und Ende August zu erkennen (Bild 21 und Tabelle 3). Diese Setzungsfließrutschungen erfordern eine Korrektur der Wasserstand-Volumen-Funktion (siehe Abschn. 4.2). Das summarische Volumen der Rutschungen wird aus den Bilanzdaten mit rund 650.000 m³ abgeschätzt. Der Zuwachs des Wasservolumens im Teilbecken ist um diesen Betrag zu korrigieren (Tabelle 12).

4.3.3 Wasserbilanz

4.3.3.1 Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch)

Die maßgeblichen Wassermengenbilanzgrößen für das Teilbecken Schlichow sind in Tabelle 13 zusammengestellt. Das wassergefüllte Volumen im Teilbecken hat im Zeitraum zwischen dem 12.04.2019 (Flutungsbeginn) und dem 03.12.2019 (letzter Terminwert der Wasserspiegelmessung) um 0,49 Mio. m³ bzw. 1.840 m³/d zugenommen. Die klimatische Wasserbilanz im Zeitraum ist mit -0,32 Mio. m³ bzw. mit -1.370 m³/d defizitär. Die Nettogrundwasserbilanz des Teilbeckens Schlichow ist im Bilanzzeitraum mit +0,75 Mio. m³ bzw. +3.210 m³/d positiv. Die Volumenzunahme des Teilbeckens speist sich demnach allein aus dem Grundwasserzustrom.

Tabelle 13: Wasserbilanz des Teilbeckens Schlichow (Südrandschlauch) für den Zeitraum vom 12.04.2019 (Flutungsbeginn) bis zum 03.12.2019 (letzter Terminwert der Wasserspiegelmessung).

Bilanzgröße	Volumen	Volumenstrom
	[Mio. m ³]	[m ³ /d]
Niederschlag	+0,18	+760
Verdunstung	-0,50	-2.130
Volumenänderung	+0,43	+1.840
Grundwasserwechselwirkung	+0,75	+3.210

4.3.3.2 Teilbecken Merzdorf (Randschlauch Merzdorf)

Die Wassermengenbilanz des Teilbeckens Merzdorf im Bilanzzeitraum zwischen dem 12.04.2019 (Flutungsbeginn) und dem 03.12.2019 (letzter Terminwert der Wasserspiegelmessung) ist in der Tabelle 14 aufgestellt. Das wassergefüllte Volumen des Teilbeckens hat im Bilanzzeitraum um 0,08 Mio. m³ bzw. 325 m³/d zugenommen. Die klimatische Wasserbilanz im Zeitraum ist mit -0,06 Mio. m³ bzw. -270 m³/d negativ. Die Nettogrundwasserbilanz des Teilbeckens Merzdorf wurde für den Bilanzzeitraum mit +0,14 Mio. m³ bzw. +600 m³/d ermittelt. Der Volumenzuwachs im Teilbecken Merzdorf ist demnach allein auf den Grundwasserzustrom zurückzuführen.

Tabelle 14: Wasserbilanz des Teilbeckens Merzdorf (Randschlauch Merzdorf) für den Zeitraum vom 12.04.2019 (Flutungsbeginn) bis zum 03.12.2019 (letzter Terminwert der Wasserspiegelmessung).

Bilanzgröße	Volumen	Volumenstrom
	[Mio. m ³]	[m ³ /d]
Niederschlag	+0,03	+120
Verdunstung	-0,09	-390
Volumenänderung ¹⁾	+0,08	+330
Grundwasserwechselwirkung	+0,14	+600

¹⁾ um die Setzungsfließrutschungen korrigierte Volumenzunahme des Teilbeckens (vgl. Tabelle 11)

4.3.3.3 Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch)

Die Wassermengenbilanz des Teilbeckens Willmersdorf ist in der Tabelle 15 zusammengefasst. Für den Bilanzzeitraum zwischen dem 12.04.2019 (Flutungsbeginn) und dem 20.12.2019 (letzter Terminwert der Wasserspiegelmessung) wurde eine effektive Zunahme des wassergefüllte Seevolumens von 2,75 Mio. m³ bzw. 10.960 m³/d ermittelt. Die klimatische Wasserbilanz des Teilbeckens ist mit -0,25 Mio. m³ bzw. mit -1.000 m³/d defizitär. Im Bilanzzeitraum wurden insgesamt 7,25 Mio. m³ bzw. rund 29.000 m³/d Wasser aus dem Hammergraben und den Randriegeln in das Teilbecken eingeleitet. Die Nettogrundwasserbilanz ist im Bilanzzeitraum mit -4,25 Mio. m³ bzw. -17.500 m³/d defizitär, da auch die entwässerten Porenräume der angrenzenden Grundwasserleiter und der Innenkippe aufgefüllt werden. Die Volumenzunahme im Teilbecken Willmersdorf ist somit allein auf die Wassereinleitungen aus dem Hammergraben und den Randriegeln zurückzuführen.

Tabelle 15: Wasserbilanz des Teilbeckens Willmersdorf (Nordrandschlauch) für den Zeitraum vom 12.04.2019 (Flutungsbeginn) bis zum 20.12.2019 (letzter Terminwert Wasserspiegel).

Bilanzgröße	Volumen	Volumenstrom
	[Mio. m ³]	[m ³ /d]
Niederschlag	+0,17	+660
Verdunstung	-0,42	-1.660
Einleitung Ableiter 1 NRS	+4,01	+15.910
Einleitung Ableiter 2 NRS	+1,94	+7.700
Einleitung Hammergraben	+1,30	+5.200
Volumenänderung ¹⁾	+2,75	+10.960
Grundwasserwechselwirkung	-4,25	-16.850

¹⁾ um die Setzungsfließrutschungen korrigierte Volumenzunahme des Teilbeckens (vgl. Tabelle 12)

4.4 Wasserbeschaffenheit

4.4.1 Flutungswasser

4.4.1.1 Hammergraben

Die statistischen Kenngrößen der maßgeblichen chemischen Kennwerte des im Monitoringjahr 2019 in den Cottbuser Ostsee eingeleiteten Flutungswassers aus dem Hammergraben sind in der Tabelle 16 aufgeführt. Die Beschaffenheit des Hammergrabens variiert im Verlaufe des Jahres 2019 nur wenig.

Tabelle 16: Statistische Kenngrößen der maßgeblichen chemischen Kennwerte des Flutungswassers aus dem Hammergraben im Monitoringzeitraum von April bis Dezember 2019.

Kennwert	Einheit	Anzahl der Werte	Minimum	Mittelwert	Maximum
Elektrische Leitfähigkeit bei +25°C	µS/cm	8	860	990	1.080
pH-Wert	---	8	7,8	7,8	7,9
Säurekapazität $K_{S4,3}$	mmol/L	6	1,5	1,6	1,7
Basenkapazität $K_{B8,2}$	mmol/L	6	0,05	0,08	0,14
TIC	mg/L	6	12,0	14,2	15,0
TOC	mg/L	6	4,3	4,9	6,0
DOC	mg/L	6	4,0	4,7	5,8
Chlorid	mg/L	6	28,2	31,0	34,3
Sulfat	mg/L	8	380	430	490
Natrium	mg/L	6	17,8	22,6	24,5
Kalium	mg/L	6	5,5	6,9	7,6
Magnesium	mg/L	6	25,8	28,0	29,9
Calcium	mg/L	6	141	151	156
Eisen-gesamt	mg/L	8	0,13	0,26	0,39
Eisen-gelöst	mg/L	8	0,01	0,08	0,19
Eisen-II-gelöst	mg/L	6	0,01	0,05	0,10
Mangan	mg/L	6	0,01	0,16	0,27
Aluminium	mg/L	6	0,020	0,023	0,030
Silicium	mg/L	6	1,2	3,2	5,0
Ammonium-N	mg/L	6	0,09	0,13	0,18
Nitrat-N	mg/L	6	0,05	0,75	1,50
Nitrit-N	mg/L	6	0,01	0,02	0,05
Phosphor-gesamt	µg/L	6	12	22	30
Phosphat-P	µg/L	6	3	8	10
Arsen	µg/L	6	---	<10	---
Kupfer	µg/L	6	---	<5	---
Nickel	µg/L	6	6	7	9
Zink	µg/L	6	1	11	38

Der **pH-Wert** des Hammergrabens lag im Monitoringjahr 2019 im Mittel bei $\text{pH} \approx 7,8$ (Tabelle 16). Er schwankte nur sehr gering. Das Wasser ist mit einer Säurekapazität zwischen $K_{S4,3} \approx 1,5$ und $1,7$ mmol/L für ein Fließgewässer typisch gepuffert.

Die **Sulfatkonzentration** des Hammergrabens lag im Monitoringjahr 2019 im Mittel bei 430 mg/L (Tabelle 16). Die Sulfatkonzentration schwankte nur gering (Bild 22).

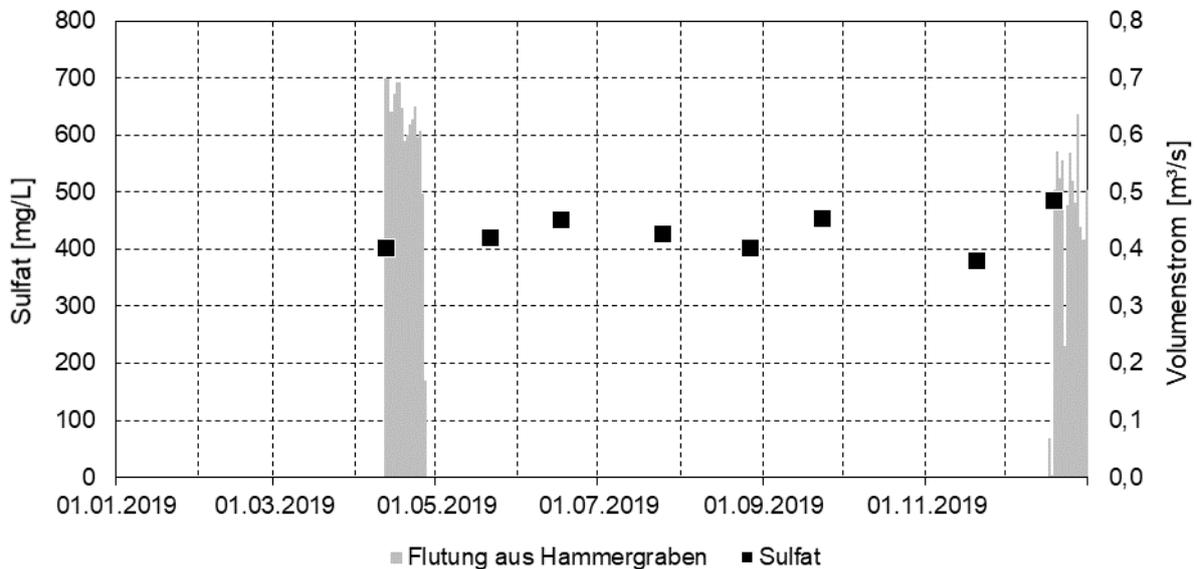


Bild 22: Sulfatkonzentration und Einleitmengen des Flutungswassers aus dem Hammergraben vom April 2019 (Flutungsbeginn) bis Dezember 2019.

Die **elektrische Leitfähigkeit** als Maß der Gesamtmineralisation wird im Hammergraben maßgeblich von der Sulfat- und Calciumkonzentration bestimmt. Im Monitoringjahr 2019 lag die elektrische Leitfähigkeit im Mittel bei 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mit einer geringen Spanne zwischen 860 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und 1.080 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tabelle 16). Eine signifikante jahreszeitliche Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit ist aufgrund der stabil niedrigen Durchflüsse im Jahr 2019 nicht erkennbar (Bild 23).

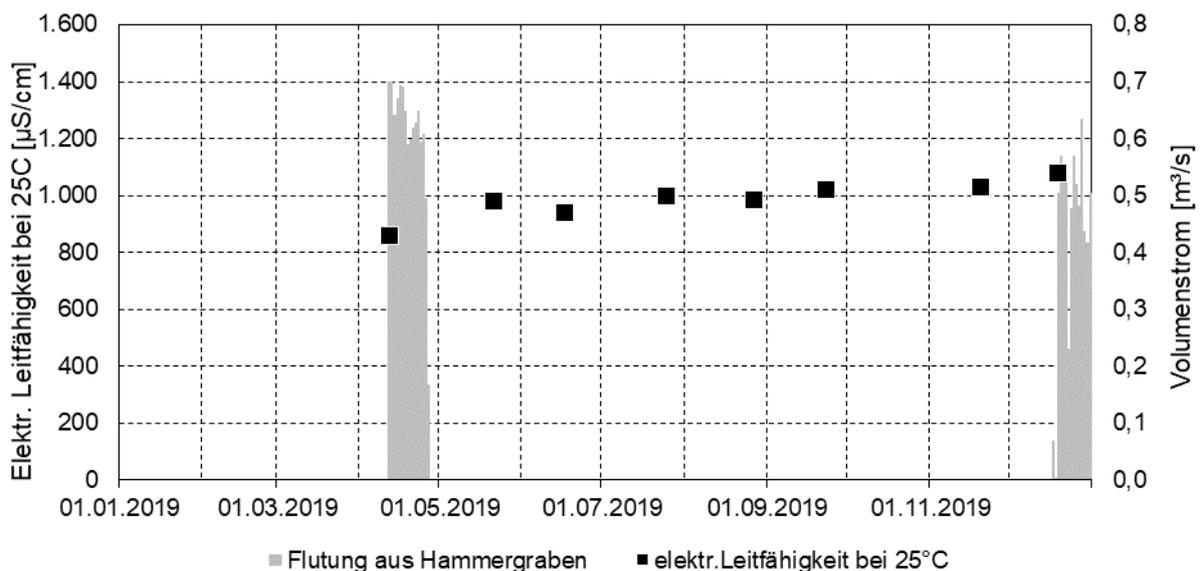


Bild 23: Elektrischen Leitfähigkeit und Einleitmengen des Flutungswassers aus dem Hammergraben vom April 2019 (Flutungsbeginn) bis Dezember 2019.

Die **Eisen-gesamt-Konzentration** lag im Monitoringjahr 2019 im Hammergraben im Mittel unter 0,3 mg/L mit einer kleinen Spanne von 0,1 bis 0,4 mg/L (Tabelle 16 und Bild 24). Die **Eisen-gelöst-Konzentration** im lag im Durchschnitt des Monitoringjahres 2019 unter 0,1 mg/L und schwankte nur gering (Bild 24). Das Maximum der Eisen-gelöst-Konzentration wurde mit 0,19 mg/L bestimmt (Tabelle 16).

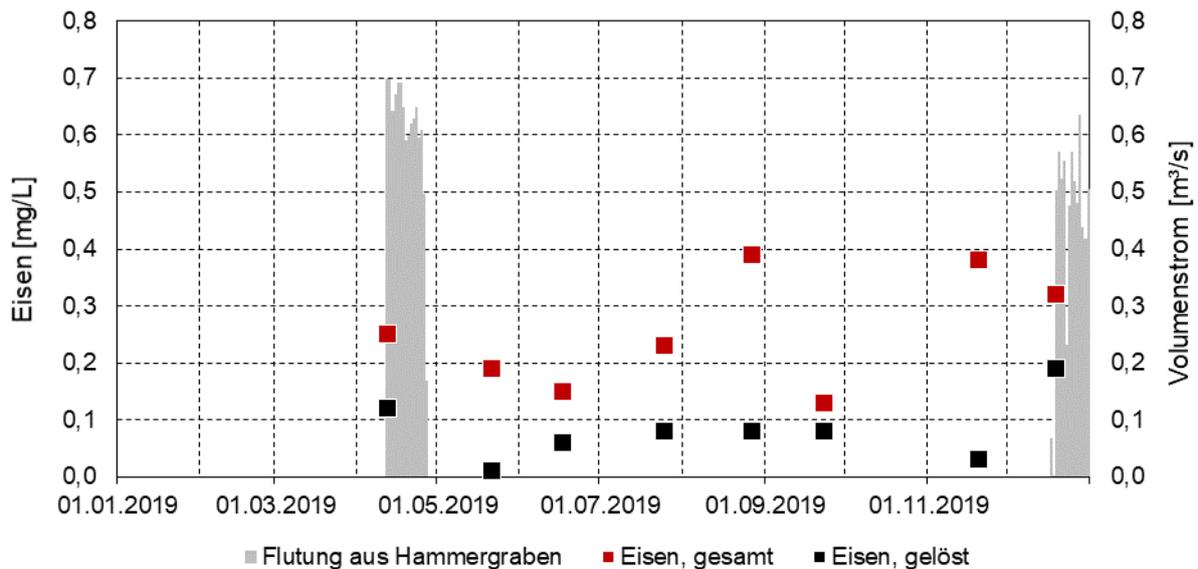


Bild 24: Eisen-gelöst und Eisen-gesamt-Konzentrationen sowie Einleitmengen des Flutungswassers aus dem Hammergraben vom April 2019 (Flutungsbeginn) bis Dezember 2019.

Die **Phosphorkonzentration** im Hammergraben lag in einem Band zwischen 10 und 30 µg/L (Tabelle 16 und Bild 25). Die Messwerte im Hammergraben sind stets kleiner als der Hintergrundwert von 50 µg/L Gesamtphosphor als Anforderung an den sehr guten ökologischen Zustand für Fließgewässer [OGewV 2016].

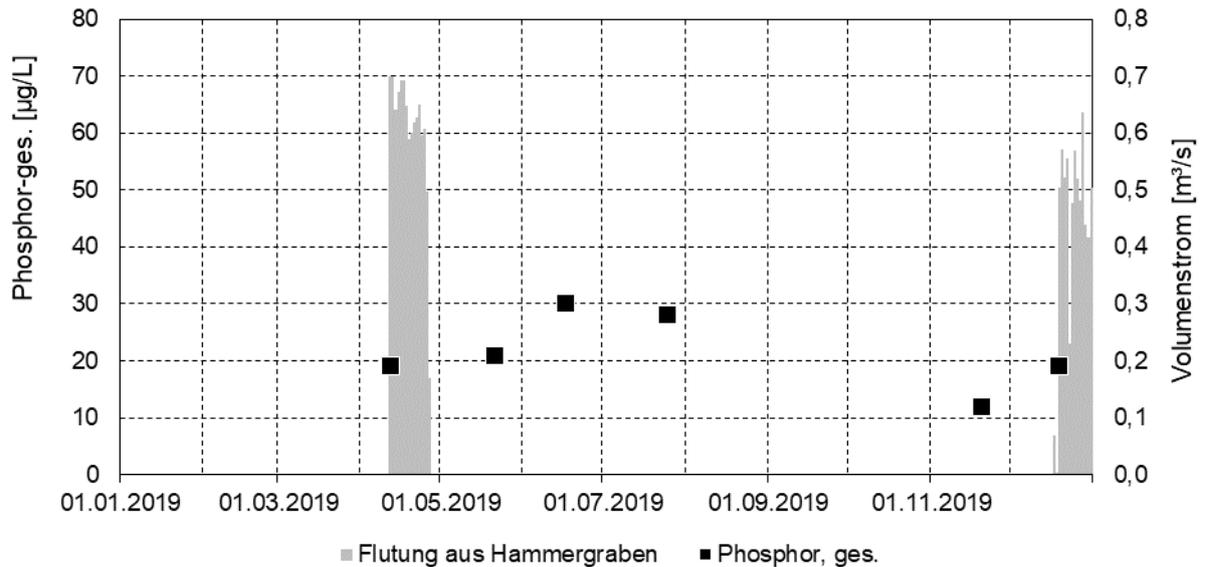


Bild 25: Messwerte der Gesamtphosphorkonzentration sowie der täglichen Einleitmenge des im Zeitraum von April 2019 (Flutungsbeginn) bis Dezember 2019 in den Cottbuser Ostsee eingeleiteten Wassers aus dem Hammergraben.

4.4.1.2 Randriegel

Die Wasserbeschaffenheit in den Randriegel ist in der Tabelle 16 gekennzeichnet.

Tabelle 17: Statistische Kenngrößen der maßgeblichen chemischen Kennwerte des Sumpfungswassers aus den Randriegeln im Monitoringzeitraum von August bis Dezember 2019.

Kennwert	Einheit	Anzahl der Werte	Minimum	Mittelwert	Maximum
Abfiltrierbare Stoffe	mg/L	5	10,0	20,4	32,0
Sauerstoff, gelöst	mg/L	5	3,7	5,6	8,6
Elektrische Leitfähigkeit bei +25°C	µS/cm	5	960	1.140	1.520
pH-Wert	-	5	6,7	6,9	7,1
Alkalinität als $K_{S4,3}$	mmol/L	5	1,9	2,6	4,4
Acidität als $K_{B8,2}$	mmol/L	5	0,55	0,71	0,92
TOC	mg/L	3	3,2	6,0	11,0
DOC	mg/L	2	4,9	5,1	5,3
TIC	mg/L	2	23,0	25,0	27,0
Chlorid	mg/L	5	32,9	39,2	48,6
Sulfat	mg/L	5	290	410	650
Natrium	mg/L	2	37,2	37,8	38,3
Kalium	mg/L	2	5,7	6,3	6,9
Magnesium	mg/L	2	20,5	25,5	30,5
Calcium	mg/L	2	127	153	179
Eisen-gesamt	mg/L	5	12,0	13,4	14,5
Eisen-gelöst	mg/L	5	5,93	8,97	14,1
Eisen-II-gelöst	mg/L	5	5,93	8,67	13,3
Mangan	mg/L	2	1,02	1,39	1,76

Kennwert	Einheit	Anzahl der Werte	Minimum	Mittelwert	Maximum
Aluminium	mg/L	2	0,01	0,10	0,19
Ammonium-N	mg/L	2	0,69	0,73	0,76
Nitrat-N	mg/L	2	---	<0,125	---
Nitrit-N	mg/L	2	0,01	0,01	0,01
Phosphor-gesamt	µg/L	2	11	14	16
Phosphat-P	µg/L	2	10	12	14
Arsen	µg/L	2	---	<10,0	---
Blei	µg/L	2	---	<10	---
Cadmium	µg/L	2	---	<1,0	---
Kobalt	µg/L	2	6,0	8,0	10,0
Kupfer	µg/L	2	5	10	15
Nickel	µg/L	2	5	7	8
Chrom-gesamt	µg/L	2	---	<5	---
Quecksilber	µg/L	2	---	<1	---
Zink	µg/L	2	28	50	72
Zinn	µg/L	2	---	<10	---

Das Wasser aus den Randriegeln ist nicht wesentlich stärker mineralisiert als das Flutungswasser aus dem Hammergraben (vgl. Tabelle 16). Der Mittelwert der Sulfatkonzentration des Sumpfungswassers entspricht nahezu exakt dem Mittelwert der Sulfatkonzentration im Hammergraben. Lediglich die Eisen- und Mangankonzentrationen sind leicht erhöht. Das Wasser aus den Randriegeln ist jedoch nicht versauerungsdisponiert. Die Nährstoffkonzentrationen (Stickstoff und Phosphor) sind deutlich niedriger als im Hammergraben. Die sonstigen Halbmetalle und Schwermetalle sind unauffällig.

4.4.2 Cottbuser Ostsee

4.4.2.1 Schichtungsverhalten

Das Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch) ist mit einer geloteten maximalen Wassertiefe von 13,4 Meter das derzeit tiefste Teilbecken des zukünftigen Cottbuser Ostsees (Tabelle 18). Die anderen Teilbecken sind zwischen 2,3 Meter (Teilbecken Merzdorf) und 6,7 Meter (Teilbecken Willmersdorf) tief. Bei den flachen Teilbecken ist davon auszugehen, dass diese auch in den Sommermonaten mehrfach vollständig durchmischt werden. Ihr Schichtungsverhalten wird deshalb als polymiktisch eingestuft. Die Kennwerte weisen zu den Beprobungsterminen am 29.03. und 01.10.2019 von der Oberfläche bis zum Grund annähernd dieselben Messwerte auf. Die hydrochemische Beschreibung der Teilbecken erfolgt in Abschn. 4.4.2.2.

Das Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch; CB-See-01) ist mit 13,4 Meter vergleichsweise tief. Zum Messtermin am 01.10.2019 war die Sommerstagnation fast vollständig aufgelöst. Hier ist von einem dimiktischen Schichtungsverhalten auszugehen (Bild 26). Aufgrund von Zehrprozessen ist die Sauerstoffkonzentration im grundnahen Bereich auf 40 % gesunken.

Tabelle 18: Limnologischen Eigenschaften der Teilbecken des Cottbuser Ostsees im Jahr 2019.

Teilbecken	Mst.	Maximale Tiefe [m]	Schichtungsverhalten	Besonderheiten
Schlichow (Südrandschlauch)	CB-See-01	13,4	dimiktisch	Sauerstoffzehrung im Hypolimnion
Merzdorf (Randschlauch Merzdorf)	CB-See-02	3,1	polymiktisch	
Willmersdorf (Nordrandschlauch)	CB-See-03	6,7	polymiktisch	
	CB-See-04	2,8		
	CB-See-04b	3,8		

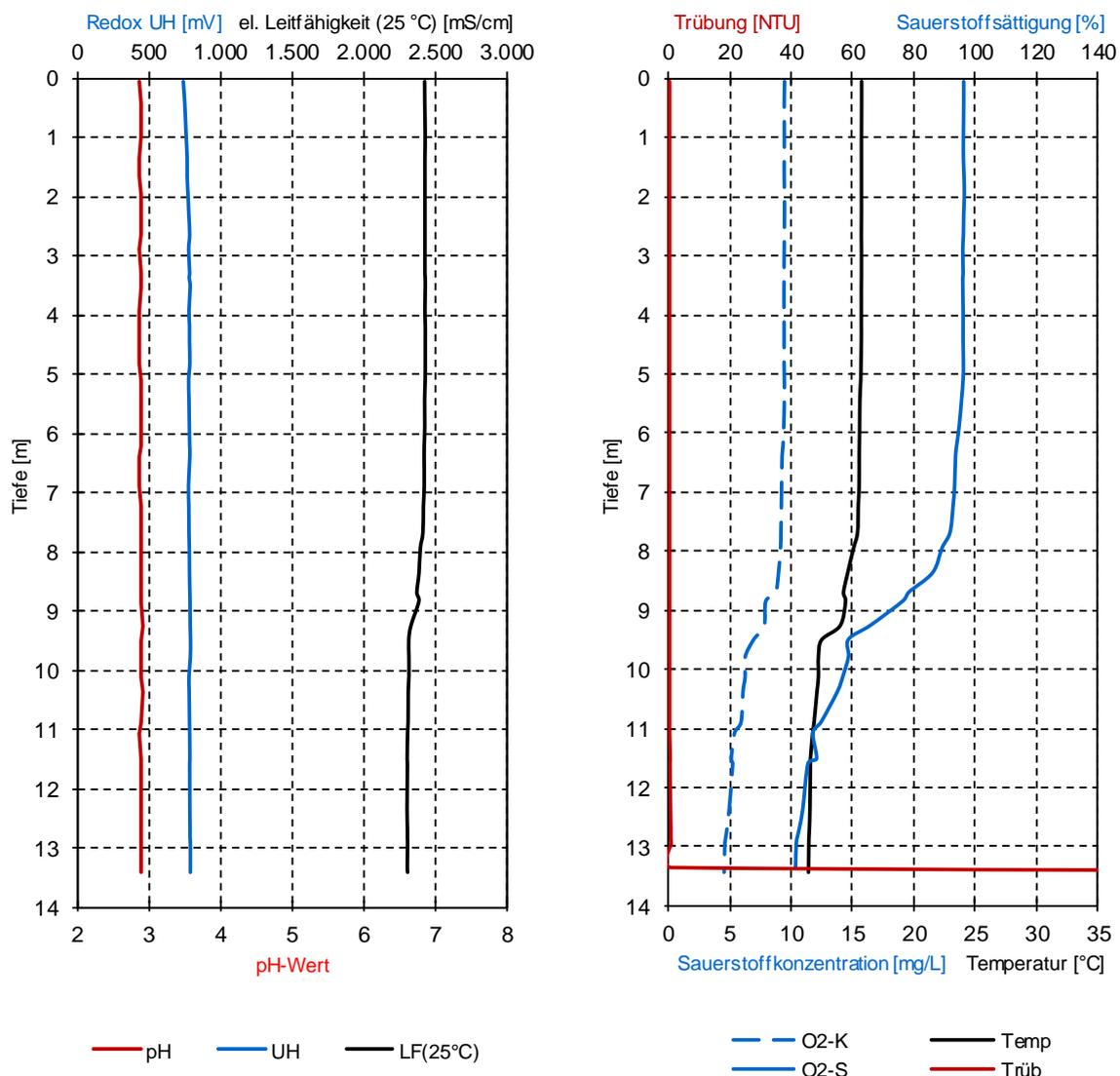


Bild 26: Tiefenprofile für die Kennwerte Wassertemperatur, Trübung, Sauerstoffkonzentration und -sättigung, pH-Wert, Redoxpotential und elektrische Leitfähigkeit im Teilbecken Willmersdorf (Südrandschlauch) an der Messstelle CB-See-01 zum Termin der Seewasserbeprobung am 01.10.2019.

4.4.2.2 Hydrochemische Entwicklung

In den folgenden Tabellen sind die hydrochemischen Befunde der Beprobungen des in Flutung befindlichen Cottbuser Ostsees zusammengefasst. Die Tabellen enthalten jeweils die Befunde für die einzelnen Probennahmestellen. Die Kennwerte in den Tabellen sind zunächst nach den in situ erfassten Kennwerten und den Labor-kennwerten differenziert. Die Laborkennwerte sind weiterhin gruppiert und durch Doppelstrich unterschieden nach:

- den Milieukennwerten (pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit), den Kennwerten des Säure-Basen-Status bzw. der Pufferung (pH-Wert, Säure- und Basenkapazitäten), dem Kalk-Kohlensäure-Status (pH-Wert, Säure- und Basenkapazitäten, TIC) und der Kohlenstoffbindungsformen (TOC, TIC und DOC),
- den wesentlichen Anionen (Chlorid und Sulfat) und Kationen (Natrium, Kalium, Magnesium und Calcium),
- den pedogenen Metallen (Eisen, Mangan und Aluminium) einschließlich der Bindungsformen (gesamt bzw. gelöst) und Redoxformen des Eisens (zweiwertiges bzw. dreiwertiges),
- den relevanten Spurenmetallen (Arsen, Blei, Cadmium, Chrom-gesamt, Nickel, Kupfer und Zink) sowie
- dem limnobiologisch relevanten Silizium und den Nährstoffen (Stickstoffverbindungen und Phosphor).

Das **Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch) CB-See-01** ist mit $\text{pH} \approx 3$ und mit einem $\text{K}_{\text{B}4,3} \approx 3$ mmol/L stark sauer (Tabelle 19). Die Acidität verbirgt sich in hohen Eisen- (36 bis 46 mg/L) und Aluminiumkonzentrationen (13 und 16 mg/L). Das Eisen liegt im sauren Seewasser dominant als gelöstes dreiwertiges Eisen vor. Des Weiteren ist die Mangankonzentration mit rund 5 mg/L hoch. Das Wasser ist stark mineralisiert und weist eine Sulfatkonzentration zwischen 1.200 und 1.300 mg/L auf.

Die thermische Schichtung des Teilbeckens Schlichow war am 01.10.2019 fast vollständig aufgelöst (siehe Abschnitt: 4.4.2.1). Im Hypolimnion war der Sauerstoff bis auf 50 % gezehrt. Im Frühjahr war der Sauerstoff im Mixolimnion gesättigt.

Aufgrund des niedrigen pH-Wertes wurden die Spurenmetalle mit vergleichsweise hoher Konzentration gemessen. Nickel wurde mit 140 bis 170 $\mu\text{g/L}$ und Zink mit 390 bis 440 $\mu\text{g/L}$ gemessen. Bei den Nährstoffen liegen Nitrat- und Nitrit-Stickstoff unter der Nachweisgrenze. Stickstoff liegt ausschließlich als Ammonium-Stickstoff mit $< 1,8$ mg/L vor. Die Gesamt-Phosphorkonzentration ist mit 14 bis 30 $\mu\text{g/L}$ ungewöhnlich hoch.

Im Jahr 2019 wurden keine signifikanten hydrochemischen Entwicklungstrends festgestellt. Es gibt ambivalente Verschiebungen zwischen den Hauptionen. Während sich Sulfat und Eisen verringern, steigen Magnesium und Calcium an. Auf die Acidität wirkt sich diese Verschiebung bislang nicht aus.

Tabelle 19: Ergebnisse der Seewasserbeprobung im Teilbeckens Schlichow (Südrand-schlauch) an der Mst. CB-See-01 im Jahr 2019.

Kennwerte	Einheit	CB-See-01			
		29.03.2019		01.10.2019	
		Mischprobe	grundnah	Epilimnion	grundnah
Vor Ort					
Entnahmetiefe	m	8,0	12,8	4,0	12,5
Gelotete Tiefe	m	13,4	13,4	13,4	13,4
Sichttiefe	m	1,6	---	1,5	---
Lufttemperatur	°C	+8,0	---	+16,0	---
Wassertemperatur	°C	+7,3	+6,6	+15,7	+11,6
Elektrische Leitfähigkeit +25°C	µS/cm	2.280	2.290	2.430	2.290
pH-Wert	---	2,9	3,0	3,0	3,0
Sauerstoffkonzentration	mg/L	12,1	12,1	9,3	5,0
Sauerstoffsättigung	%	101	100	95	50
Redoxpotential U _H	mV	+779	+775	+782	+786
Labor					
pH-Wert	---	2,9	2,9	2,9	3,0
Temperatur (pH-Messung)	°C	+10,8	+10,0	+17,9	+13,3
Elektrische Leitfähigkeit +25°C	µS/cm	2.290	2.290	2.500	2.380
Säurekapazität K _{S4,3}	mmol/L	---	---	---	---
Basenkapazität K _{B4,3}	mmol/L	3,0	3,0	3,6	3,2
Basenkapazität K _{B8,2}	mmol/L	5,5	6,0	5,9	5,7
TOC	mg/L	4,5	2,6	2,4	2,9
DOC	mg/L	2,7	2,5	2,4	2,2
TIC	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Chlorid	mg/L	25,1	25,4	22,2	20,6
Sulfat	mg/L	1.280	1.300	1.210	1.170
Natrium	mg/L	16,7	17,0	17,7	15,5
Kalium	mg/L	6,8	6,9	6,8	5,9
Magnesium	mg/L	43,3	43,5	53,8	48,6
Calcium	mg/L	324	330	367	360
Eisen-gesamt	mg/L	46,5	46,5	36,2	39,0
Eisen-gelöst	mg/L	43,1	44,1	33,9	38,5
Eisen(II)-gelöst	mg/L	1,0	0,5	0,7	0,5
<i>Eisen(III)-gelöst</i>	<i>mg/L</i>	<i>42,1</i>	<i>43,6</i>	<i>33,2</i>	<i>38,0</i>
Mangan-gelöst	mg/L	5,15	5,36	5,24	4,97
Aluminium	mg/L	13,8	13,8	16,0	13,6
Arsen	µg/L	<10	<10	<5	<5
Blei	µg/L	<10	<10	<5	<5
Cadmium	µg/L	1,3	1,3	1,5	1,4
Chrom-gesamt	µg/L	<5	<5	<5	<5
Nickel	µg/L	147	142	171	159
Kupfer	µg/L	16	14	18	16
Zink	µg/L	391	392	438	388
Silicium	mg/L	18,2	18,9	22,3	22,9
Ammonium-N	mg/L	1,50	0,54	1,40	1,80
Nitrat-N	mg/L	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Nitrit-N	mg/L	<0,01	<0,01	0,02	<0,01
Phosphor-gesamt	µg/L	14	16	30	30
ortho-Phosphat-P	µg/L	<10	<10	<10	<10

Kursiv: berechnete Werte

Das **Teilbecken Merzdorf (Randschlauch Merzdorf) CB-See-02** ist mit $\text{pH} \approx 7$ neutral und mit einem $\text{K}_{\text{S4,3}} \approx 0,7 \dots 1,0$ mmol/L schwach gepuffert (Tabelle 20). Das



Wasser ist mit Sulfat um 400 mg/L im Vergleich zum Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch) deutlich schwächer mineralisiert.

Die Konzentration bergbaubürtiger Wasserinhaltsstoffe ist gering. Eisen-gesamt liegt unter < 2 mg/L. Mangan und Aluminium sind mit <0,2 mg/L nicht relevant. Die Spurenmetalle sind allesamt niedrig. Lediglich für Nickel und Zink wurden Konzentrationen geringfügig über der Bestimmungsgrenze gemessen.

Das Teilbecken Merzdorf war knapp 3 Meter tief und wurde regelmäßig bis zum Grund durchmischt. In allen Wasserproben war das Wasser sauerstoffgesättigt.

Von den Nährstoffen war Stickstoff ausschließlich als Ammonium-Stickstoff in geringen Konzentrationen < 1,4 mg/L nachweisbar. Gesamtphosphor lag im Jahr 2019 zwischen 11 und 37 µg/L. Der höchste Wert wurde zuletzt im Herbst 2019 gemessen.

Im Verlauf des Jahres 2019 war eine leichte Zunahme der Mineralisation (Sulfat, Magnesium und Calcium) festzustellen. Zum Herbst 2019 war die Eisenkonzentration gesunken, jedoch bei einem insgesamt niedrigen Niveau.

Tabelle 20: Ergebnisse der Wasserbeprobung des Teilbeckens Merzdorf (Randschlauch Merzdorf) an der Mst. CB-See-02 im Jahr 2019.

Kennwerte	Einheit	CB-See-02		
		29.03.2019		01.10.2019
		Mischprobe	grundnah	Mischprobe
Vor Ort				
Entnahmetiefe	m	1,0	2,0	2,5
Gelotete Tiefe	m	2,3	2,3	3,1
Sichttiefe	m	0,5	0,5	1,8
Lufttemperatur	°C	+8,0	+8,0	+16,0
Wassertemperatur	°C	+9,5	+8,8	+15,0
Elektrische Leitfähigkeit +25°C	µS/cm	870	860	1.000
pH-Wert	---	6,8	6,9	7,0
Sauerstoffkonzentration	mg/L	12,0	11,8	8,9
Sauerstoffsättigung	%	105	102	96
Redoxpotential U _H	mV	+489	+522	+489
Labor				
pH-Wert	---	6,6	6,8	6,8
Temperatur (pH-Messung)	°C	+11,5	+11,5	+13,4
Elektrische Leitfähigkeit +25°C	µS/cm	940	880	1.040
Säurekapazität K _{S4.3}	mmol/L	1,0	1,0	0,7
Basenkapazität K _{B4.3}	mmol/L	---	---	---
Basenkapazität K _{B8.2}	mmol/L	0,4	0,5	0,3
TOC	mg/L	6,6	5,7	4,0
DOC	mg/L	5,0	4,7	4,0
TIC	mg/L	6,8	6,8	5,5
Chlorid	mg/L	30,9	34,7	30,5
Sulfat	mg/L	340	390	410
Natrium	mg/L	23,1	24,5	26,7
Kalium	mg/L	8,2	9,5	8,2
Magnesium	mg/L	18,6	20,0	22,2
Calcium	mg/L	122	120	146



Kennwerte	Einheit	CB-See-02		
		29.03.2019		01.10.2019
		Mischprobe	grundnah	Mischprobe
Eisen-gesamt	mg/L	1,8	1,2	0,32
Eisen-gelöst	mg/L	0,05	0,17	0,10
Eisen(II)-gelöst	mg/L	<0,01	0,10	0,07
<i>Eisen(III)-gelöst</i>	<i>mg/L</i>	---	---	0,03
Mangan-gelöst	mg/L	0,09	0,13	0,19
Aluminium	mg/L	0,13	0,04	0,03
Arsen	µg/L	<10	<10	<5
Blei	µg/L	<10	<10	<5
Cadmium	µg/L	<1	<1	<0,3
Chrom-gesamt	µg/L	27	<5	<5
Nickel	µg/L	<5	<5	10
Kupfer	µg/L	<5	<5	<5
Zink	µg/L	17	11	7
Silicium	mg/L	3,8	3,8	1,7
Ammonium-N	mg/L	1,40	0,12	0,28
Nitrat-N	mg/L	<0,05	<0,05	<0,13
Nitrit-N	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01
Phosphor-gesamt	µg/L	14	11	37
ortho-Phosphat-P	µg/L	<10	<10	<10

Kursiv: berechnete Werte

Das **Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch-West) CB-See-03** ist mit $\text{pH} \approx 7$ neutral und mit einem $K_{\text{S}4,3} \approx 1,3 \dots 1,8 \text{ mmol/L}$ stärker gepuffert als das Flutungswasser sowie die Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch) und Merzdorf (Tabelle 20). Die Eisenkonzentration war in der Mischprobe am 29.03.2019 mit 1,65 mg/L am höchsten. Über Grund sowie im Herbst 2019 wurde Eisen-gesamt ansonsten $< 1 \text{ mg/L}$ gemessen.

Die Mangankonzentration betrug knapp 1 mg/L. Das Wasser war mit Sulfat zwischen 360 und 380 mg/L moderat belastet und nahezu identisch mit dem Flutungswasser (Tabelle 16 und Tabelle 17). Von den Spurenmitteln lagen bis auf Zink mit etwa 10 µg/L alle Befunde unter der Bestimmungsgrenze.

Im Oktober 2019 war im knapp 7 Meter tiefen und regelmäßig durchmischten Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch-West) das Seewasser mit Sauerstoff gesättigt und teilweise sogar übersättigt.

Auch im Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch-West) sind von den Nährstoffen nur Ammonium-Stickstoff mit $< 0,8 \text{ mg/L}$ nachweisbar. Andere Stickstoffverbindungen (Nitrit- und Nitrat-N) liegen unter der Nachweisgrenze. Gesamtphosphor wurde zwischen 16 und 49 µg/L gemessen. Auch beim zuletzt höchsten Wert im Oktober 2019 lag Ortho-Phosphat-Phosphor unter der Bestimmungsgrenze.

Im Jahr 2019 wurden keine hydrochemischen Entwicklungstrends festgestellt. Bei einer geringen Grundbelastung nahmen lediglich Eisen und Aluminium leicht ab.

Tabelle 21: Ergebnisse der Seewasserbeprobung des Teilbeckens Willmersdorf (Nordrandschlauch-West) an der Mst. CB-See-03 im Jahr 2019.

Kennwerte	Einheit	CB-See-03		
		29.03.2019		01.10.2019
		Mischprobe	grundnah	Mischprobe
Vor Ort				
Entnahmetiefe	m	1,5	3,0	6,0
Gelotete Tiefe	m	3,4	3,4	6,7
Sichttiefe	m	0,3	0,3	1,0
Lufttemperatur	°C	+8,0	+8,0	+16,0
Wassertemperatur	°C	+10,7	+10,7	+15,0
Elektrische Leitfähigkeit +25°C	µS/cm	910	920	990
pH-Wert	---	6,8	7,0	7,1
Sauerstoffkonzentration	mg/L	14,6	14,5	8,9
Sauerstoffsättigung	%	131	129	96
Redoxpotential U _H	mV	+509	+519	+447
Labor				
pH-Wert	---	6,8	6,9	6,8
Temperatur (pH-Messung)	°C	+10,8	+11,0	+12,6
Elektrische Leitfähigkeit +25°C	µS/cm	940	940	1.030
Säurekapazität K _{S4.3}	mmol/L	1,8	1,7	1,3
Basenkapazität K _{B4.3}	mmol/L	---	---	---
Basenkapazität K _{B8.2}	mmol/L	0,7	0,4	0,3
TOC	mg/L	5,0 ¹⁾	6,0	4,8
DOC	mg/L	6,4 ¹⁾	5,1	4,8
TIC	mg/L	18,0	15,0	12,0
Chlorid	mg/L	42,2	40,2	33,3
Sulfat	mg/L	380	380	360
Natrium	mg/L	26,3	26,7	26,8
Kalium	mg/L	6,6	6,6	5,7
Magnesium	mg/L	21,9	21,9	22,5
Calcium	mg/L	125	131	141
Eisen-gesamt	mg/L	1,65	0,79	0,93
Eisen-gelöst	mg/L	0,49	0,01	0,19
Eisen(II)-gelöst	mg/L	<0,01	<0,01	0,04
<i>Eisen(III)-gelöst</i>	<i>mg/L</i>	<i>0,48</i>	<i><0,01</i>	<i>0,15</i>
Mangan-gelöst	mg/L	0,93	0,97	0,82
Aluminium	mg/L	0,25	0,10	0,08
Arsen	µg/L	<10	<10	<5
Blei	µg/L	<10	<10	<5
Cadmium	µg/L	<1,0	<1,0	<0,3
Chrom, gesamt	µg/L	<5	<5	<5
Nickel	µg/L	<5	<5	<5
Kupfer	µg/L	<5	<5	<5
Zink	µg/L	13	15	9
Silicium	mg/L	6,9	7,0	6,8
Ammonium-N	mg/L	0,17	0,78	0,49
Nitrat-N	mg/L	<0,05	<0,05	<0,13
Nitrit-N	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01
Phosphor-gesamt	µg/L	21	16	49
ortho-Phosphat-P	µg/L	<10	<10	<10

Kursiv: berechnete Werte

1) Wert unplausibel: TOC < DOC



Das **Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch-Nord) CB-See-04** war zuletzt (Herbst 2019) mit $\text{pH} \approx 7$ neutral und mit einem $\text{K}_{\text{S}_{4,3}} \approx 0,4$ mmol/L aber nur schwach gepuffert (Tabelle 20). Die zusätzliche Messstelle **CB-See-04b** zeigte im März 2019 eine schwach saure Indikation mit $\text{pH} \approx 4$.

Die Eisen-gesamt-Konzentration war an der Messstelle CB-See-04 mit $<0,3$ mg/L niedrig. Mangan lag mit 1,5 mg/L etwas höher. An der Messstelle CB-See-04b wurden höhere Konzentrationen für Eisen und Mangan gemessen.

Die Sulfatkonzentration wurde an der Messstelle CB-See-04 mit 500 mg/L gemessen. Sie entspricht nahezu dem Flutungswasser. An der Messstelle CB-See-04b liegt die Sulfatkonzentration mit 640 mg/L etwas höher.

Spurenmetalle konnten nicht nachgewiesen werden. Lediglich für Nickel und Zink wurden endliche Befunde geringfügig über der Bestimmungsgrenze gemessen.

Das Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch-Nord) ist knapp 6 Meter tief und wurde bislang regelmäßig durchmischt. Das Wasser war mit Sauerstoff gesättigt.

Von den Nährstoffen kam Stickstoff in geringen Konzentrationen als Ammonium-Stickstoff vor und sank im Herbst 2019 deutlich <1 mg/L. Andere Stickstoffverbindungen (Nitrit- und Nitrat-N) waren nicht nachweisbar. Im Herbst 2019 wurde mit 102 $\mu\text{g/L}$ an der Messstelle CB-See-04 die höchste Gesamtphosphor-Konzentration gemessen. Dem gegenüber stehen nicht nachweisbar niedrige Ortho-Phosphat-P-Konzentrationen <10 $\mu\text{g/L}$. Dieser Befund ist ungewöhnlich und muss in Zukunft geprüft werden.

Hydrochemische Entwicklungstrends zeichnen sich an der Messstelle **CB-See-04** hinsichtlich der Mineralisation bislang nicht ab. Durch die Vereinigung mit dem östlichen Teilbereich war im Herbst 2019 ein leichter Versauerungsschub an der Messstelle **CB-See-04b** zu erkennen. Die pedogenen und Spurenmetalle waren rückläufig, sofern letztere überhaupt über der Bestimmungsgrenze lagen. Von den Nährstoffen war Ammonium-Stickstoff rückläufig, während Gesamtphosphor eine starke Zunahme aufwies. Der Befund muss künftig evaluiert werden.

Tabelle 22: Ergebnisse der Wasserbeprobung des Teilbeckens Willmersdorf (Nordrandschlauch-Nord) an der Mst. CB-See-04 und CB-See-04b im Jahr 2019.

Kennwerte	Einheit	CB-See-04	CB-See-04b	CB-See-04
		29.03.2019		01.10.2019
		Mischprobe	Mischprobe	Epilimnion
Vor Ort				
Entnahmetiefe	m	5,0	3,0	1,0
Gelotete Tiefe	m	5,6	3,8	2,8
Sichttiefe	m	2,1	1,1	1,1
Lufttemperatur	°C	+8,0	+8,0	+16,0
Wassertemperatur	°C	+9,0	+9,0	+15,5
Elektrische Leitfähigkeit +25°C	$\mu\text{S/cm}$	1.110	1.310	1.140
pH-Wert	---	6,4	4,0	7,3
Sauerstoffkonzentration	mg/L	12,4	11,6	10,3
Sauerstoffsättigung	%	105	102	110
Redoxpotential U_{H}	mV	+550	+598	+484



Kennwerte	Einheit	CB-See-04	CB-See-04b	CB-See-04
		29.03.2019		01.10.2019
		Mischprobe	Mischprobe	Epilimnion
Labor				
pH-Wert	---	6,3	4,0	6,9
Temperatur (pH-Messung)	°C	+12,4	+13,1	+14,1
Elektrische Leitfähigkeit +25°C	µS/cm	1.120	1.330	1.180
Säurekapazität $K_{S4.3}$	mmol/L	0,6	---	0,4
Basenkapazität $K_{B4.3}$	mmol/L	---	0,1	---
Basenkapazität $K_{B8.2}$	mmol/L	0,5	1,0	0,2
TOC	mg/L	5,2 ¹⁾	5,3	4,4
DOC	mg/L	5,7 ¹⁾	5,0	4,4
TIC	mg/L	3,7	<0,5	2,5
Chlorid	mg/L	38,9	39,5	35,1
Sulfat	mg/L	500	640	500
Natrium	mg/L	27,3	30,7	27,9
Kalium	mg/L	5,8	6,2	5,9
Magnesium	mg/L	28,3	33,7	26,6
Calcium	mg/L	166	184	170
Eisen-gesamt	mg/L	0,31	1,51	0,33
Eisen-gelöst	mg/L	0,11	0,72	<0,01
Eisen(II)-gelöst	mg/L	0,07	0,31	<0,01
<i>Eisen(III)-gelöst</i>	<i>mg/L</i>	<i>0,04</i>	<i>0,41</i>	<i><0,01</i>
Mangan-gelöst	mg/L	1,52	2,07	0,89
Aluminium	mg/L	0,38	2,59	0,32
Arsen	µg/L	<10	<10	<5
Blei	µg/L	<10	<10	<5
Cadmium	µg/L	<1,0	<1	<0,3
Chrom-gesamt	µg/L	<5	<5	<5
Nickel	µg/L	22	38	10
Kupfer	µg/L	<5	<5	<5
Zink	µg/L	59	114	25
Silicium	mg/L	6,6	7,3	6,5
Ammonium-N	mg/L	1,10	0,61	0,42
Nitrat-N	mg/L	<0,13	<0,13	<0,13
Nitrit-N	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01
Phosphor-gesamt	µg/L	16	19	102
ortho-Phosphat-P	µg/L	<10	<10	<10

Kursiv: berechnete Werte

1) Wert unplausibel: TOC < DOC

Das Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch) ist das tiefste Teilbecken und bislang das einzige, das eine vertikale Schichtung aufweist. Das Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch) ist auch als einziges versauerungsdisponiert und mit Sulfat und Calcium am stärksten mineralisiert (Tabelle 19). Es weist auch die höchsten Konzentrationen pedogener und Spurenmetalle auf.

Die Teilbecken Merzdorf und Nordrandschlauch haben eine ähnliche Wasserbeschaffenheit. Sie sind pH-neutral und schwach gepuffert. Die Mineralisation ist moderat und dem Flutungswasser ähnlich. Eisen liegt zumeist <1 mg/L, Mangan und Aluminium sind vernachlässigbar. Bis auf Nickel und Zink lagen die Spurenmetalle unter der Nachweisgrenze. Stickstoff kommt in geringen Konzentrationen ausschließlich als Ammonium-Stickstoff vor. Die erhöhten Gesamtphosphorkonzentrationen, vor allem zur Herbstbeprobung 2019, sind nicht plausibel.

Tabelle 23: Vergleich der hydrochemischen Befunde zwischen den Teilbecken des künftigen Cottbuser Ostsees zur Herbstbeprobung 2019.

Kennwerte	Einheit	CB-See-01	CB-See-02	CB-See-03	CB-See-04
		01.10.2019			
		Epilimnion	Mischprobe	Mischprobe	Epilimnion
Vor Ort					
Entnahmetiefe	m	4,0	2,5	6,0	1,0
Gelotete Tiefe	m	13,4	3,1	6,7	2,8
Sichttiefe	m	1,5	1,8	1,0	1,1
Lufttemperatur	°C	+16,0	+16,0	+16,0	+16,0
Wassertemperatur	°C	+15,7	+15,0	+15,0	+15,5
Elektrische Leitfähigkeit +25°C	µS/cm	2.430	1.000	990	1.140
pH-Wert	---	3,0	7,0	7,1	7,3
Sauerstoffkonzentration	mg/L	9,3	8,9	8,9	10,3
Sauerstoffsättigung	%	95	96	96	110
Redoxpotential U _H	mV	+782	+506	+447	+484
Labor					
pH-Wert	---	2,9	6,8	6,8	6,9
Temperatur (pH-Messung)	°C	+17,9	+13,4	+12,6	+14,1
Elektrische Leitfähigkeit +25°C	µS/cm	2.500	1.040	1.030	1.180
Säurekapazität K _{S4.3}	mmol/L	---	0,7	1,3	0,4
Basenkapazität K _{B4.3}	mmol/L	3,6	---	---	---
Basenkapazität K _{B8.2}	mmol/L	5,9	0,3	0,3	0,2
TOC	mg/L	2,4	4,0	4,8	4,4
DOC	mg/L	2,4	4,0	4,8	4,4
TIC	mg/L	<0,5	5,5	12,0	2,5
Chlorid	mg/L	22,2	30,5	33,3	35,1
Sulfat	mg/L	1.210	410	360	500
Natrium	mg/L	17,7	26,7	26,8	27,9
Kalium	mg/L	6,8	8,2	5,7	5,9
Magnesium	mg/L	53,8	22,2	22,5	26,6
Calcium	mg/L	367	146	141	170
Eisen-gesamt	mg/L	36,2	0,32	0,93	0,33
Eisen-gelöst	mg/L	33,9	0,10	0,19	<0,01
Eisen(II)-gelöst	mg/L	0,7	0,07	0,04	<0,01
<i>Eisen(III)-gelöst</i>	<i>mg/L</i>	33,2	0,03	0,15	<0,01
Mangan-gelöst	mg/L	5,24	0,19	0,82	0,89
Aluminium	mg/L	16,0	0,03	0,08	0,32
Arsen	µg/L	<5	<5	<5	<5
Blei	µg/L	<5	<5	<5	<5
Cadmium	µg/L	1,5	<0,3	<0,3	<0,3
Chrom-gesamt	µg/L	<5	<5	<5	<5
Nickel	µg/L	171	10	<5	10
Kupfer	µg/L	18	<5	<5	<5
Zink	µg/L	438	7	9	25
Silicium	mg/L	22,3	1,7	6,8	6,5
Ammonium-N	mg/L	1,40	0,28	0,49	0,42
Nitrat-N	mg/L	<0,25	<0,13	<0,13	<0,13
Nitrit-N	mg/L	0,02	<0,01	<0,01	<0,01
Phosphor-gesamt	µg/L	30	37	49	102
ortho-Phosphat-P	µg/L	<10	<10	<10	<10

Kursiv: berechnete Werte

Ein Einfluss von Kippengrundwasser auf die Wasserbeschaffenheit im Teilbecken Willmersdorf ist bislang nicht nachweisbar.

4.5 Biologie und Trophie

Die Befunde zu den trophierelevanten Kennwerten der Frühjahrsbeprobung vom 29.03.2019 sind in der Tabelle 24 zusammengefasst.

In Anbetracht der geringen Sichttiefe wären die drei Teilbecken des künftigen Cottbuser Ostsees formal als eutroph einzustufen. Allerdings ist die Sichttiefe nicht allein von der Planktondichte abhängig, sondern wird ebenso vom Gehalt anderer ungelöster organischer wie anorganischer partikulärer Stoffe bestimmt. Für den Trübstoffgehalt in Bergbaufolgeseen spielen im Unterschied zu natürlichen Seen suspendierte Partikel durch Abschwemmungen von den spärlich bewachsenen Böschungen, Böschungsabbrüche und Rutschungen über und unter dem Wasserspiegel sowie der Eintrag von Eisen aus dem Grundwasser eine Rolle. Das Kriterium Sichttiefe des Trophiemodells der LAWA ist zur Bewertung des Trophiestatus von Bergbaufolgeseen deshalb nur bedingt geeignet. Anhand der Phosphorkonzentration und der geringen Besiedlungsdichte durch das Phyto- und Zooplankton werden die Teilbecken des Cottbuser Ostsees als mesotroph eingestuft

Tabelle 24: Ergebnisse der Seewasserbeprobung zur Biologie in den Teilbecken des Cottbuser Ostsee am 29.03.2019.

Kennwert	Einheit	CB-See-01	CB-See-02	CB-See-03
		Südrandschlauch	Merzdorf	Nordrandschlauch
Mixis		dimiktisch	polymiktisch	polymiktisch
Wasserfläche	ha	~70	~12	~70
pH-Wert ²⁾		2,9	6,8	6,8
Sichttiefe	m	1,6	0,5	0,3
P-gesamt	µg/L	14	14	21
Chlorophyll a	µg/L	0,6	5,8	2,7
Phaeophytin	µg/L	<0,1	2,3	1,7
Phytoplankton	mm ³ /L	0,08	1,80	0,24
	Zellen/L	205.800	3.668.700	987.300
Zooplankton	mm ³ /L	0	0,06	0,01
	Individuen/L	0	78	78
Trophie ¹⁾		mesotroph	mesotroph	mesotroph

1) Gesamt-Trophieklassifikation nach [LAWA 2003]

2) pH-Wert zum Zeitpunkt der Biologieprobennahme in der Mischprobe (i)

Trophieklassifikation nach [LAWA 2003]

oligotroph mesotroph eutroph polytroph/hypertroph

Zur Beprobung am 29.03.2019 war die Besiedlungsdichte durch das Phytoplankton im sauren Teilbecken **Südrandschlauch** (CB-See-01) sehr gering. Vereinzelt wurden Goldalgen (*Ochromonas spec.*) und Grünalgen (*Chlamydomonas spec.*) erfasst. Zooplankton wurde nicht gefunden.

Die Teilbecken **Merzdorf** (CB-See-02) und **Nordrandschlauch** (CB-See-03) sind neutral. Mit 20 erfassten Arten ist das Teilbecken Merzdorf vergleichsweise artenreich und das Biovolumen vergleichsweise groß (Tabelle 24). Das Phytoplankton setzt sich vor allem aus Goldalgen, Kryptomonaden und Blaualgen zusammen (Bild 27). Die Entwicklung der Blaualgen muss in Zukunft weiter beobachtet werden, zumal die Sichttiefe bei gleichzeitig erhöhten Phosphat- und Chlorophyll a-Konzentrationen gering ist [UBA 2003].

Das Vorkommen von Zooplankton ist vom Nahrungsangebot durch das Phytoplankton abhängig. Im Teilbecken Merzdorf wurden eine Art Nauplien der Ruderfußkrebse (*Cyclopoidea spec.*) und drei Arten Rädertiere gefunden (Bild 28). Es wurden 78 Individuen pro Liter erfasst (Tabelle 24).

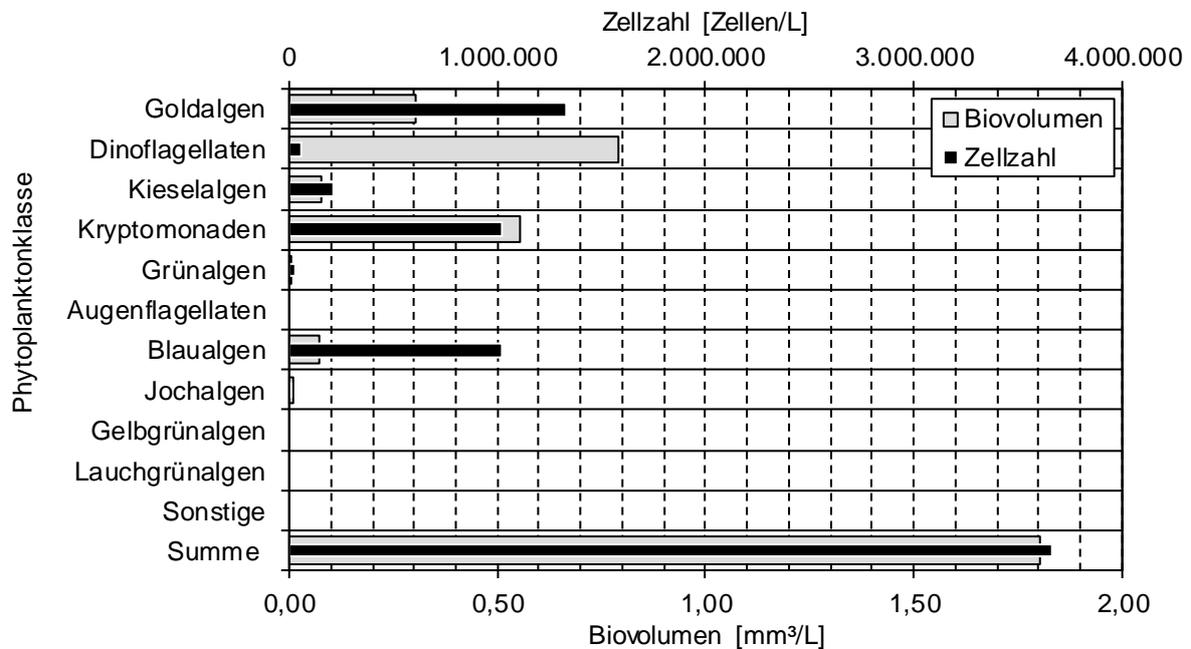


Bild 27: Biovolumen und Zellzahl der Phytoplanktonklassen im Teilbecken Merzdorf (CB-See-02) zum Termin der Probennahme am 29.03.2019.

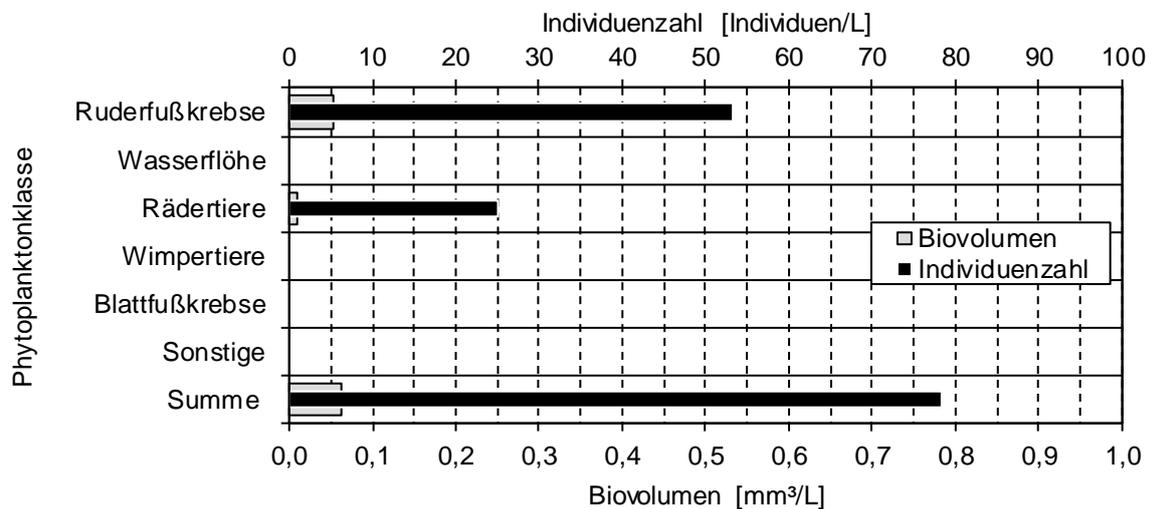


Bild 28: Biovolumen und Individuenzahl der Zooplanktonklassen im Teilbecken Merzdorf (CB-See-02) zum Termin der Probennahme am 29.03.2019.

Im **Nordrandschlauch** (CB-See-03) wurden neun Arten von Phytoplankton gefunden. Das Biovolumen ist mit $< 1 \text{ mm}^3/\text{L}$ insgesamt niedrig. Mit knapp 1 Mio. Individuen pro Liter ist die Abundanz des Phytoplanktons jedoch sehr groß (Tabelle 24). Im Zusammenhang mit dem geringen Biovolumen ist von sehr kleinen Phytoplanktern auszugehen. Am meisten vertreten sind Kryptomonaden (*Rhodomonas lacustris var. Nannoplanctica*), begleitet von Goldalgen (*Chrysooccus biporus*) und vereinzelt



Kieselalgen und Dinoflagellaten (Bild 29). Beim Zooplankton wurden fast ausschließlich Rädertiere der Gattung Synchaeta gefunden.

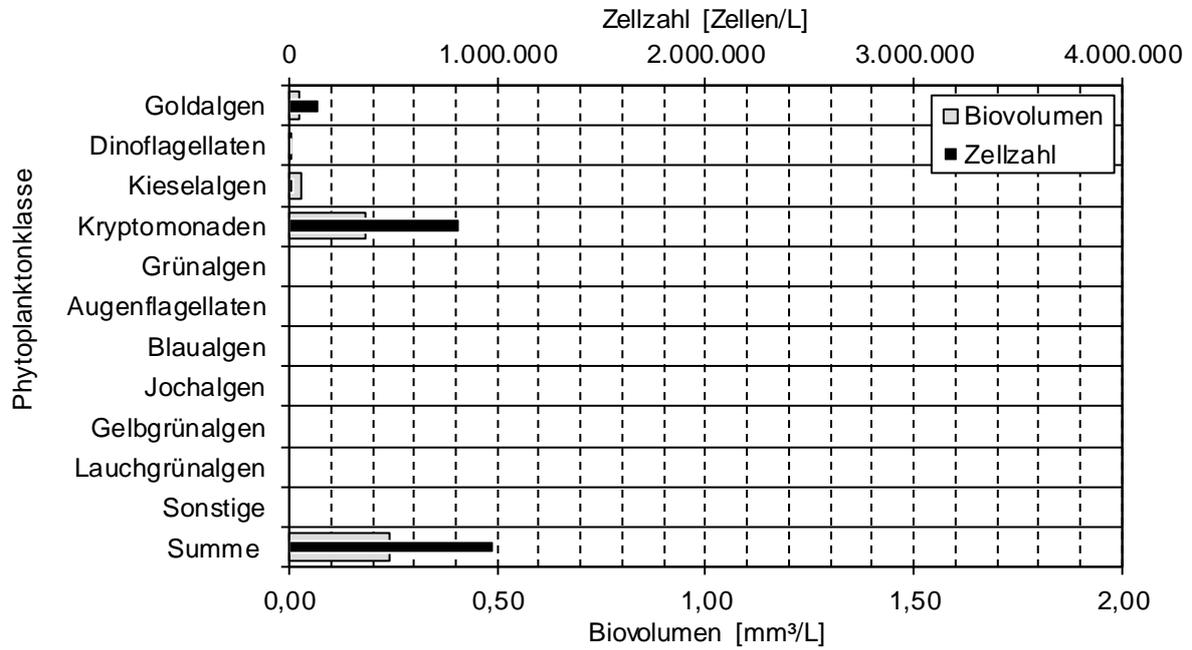


Bild 29: Biovolumen und Zellzahl der Phytoplanktonklassen im Teilbecken Nordrandschlauch (CB-See-03) zum Termin der Probennahme am 29.03.2019.



5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Das Untersuchungsprogramm für das Monitoring der Flutung des Cottbuser Ostsees ist fachlich umfassend ausgestattet. Damit lassen sich die Wasserbilanz sowie die hydrochemische und biologische Entwicklung des Sees ausreichend genau nachvollziehen.

Bei ausreichender großer Seetiefe, wie es bereits im Teilbecken Südrandschlauch der Fall ist, wird die limnologische Entwicklung in den Kompartimenten des thermisch geschichteten Gewässers relevant. Der Einfluss eines höher mineralisierten Kippengrundwassers, eine mögliche Remobilisierung von Nährstoffen aus dem Seeboden sowie die sommerliche Sauerstoffzehrung lassen sich vor allem durch einen Vergleich der Tiefenprofile während der Zirkulationsphase mit denen der Stagnationsphase gut erkennen. Wir empfehlen in diesem Fall, den Zustand der maximalen Sommerstagnation zu beproben. Der günstigste Beprobungstermin für die Sommerstagnation liegt in der Regel Ende August/Anfang September.



6 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.
- [LAWA 2003] Vorläufige Richtlinie für eine Erstbewertung von Baggerseen nach trophischen Kriterien. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). 2003.
- [LEAG 2019] 2. Ergänzung der „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“. Zugelassen am 01.08.2019.
- [LEAG 2020a] Monitoring-Konzept für den Cottbuser Ostsee. Wasserrechtlicher Planfeststellungsbeschluss „Gewässerausbau Cottbuser See, Teilvorhaben 2 – Herstellung des Cottbuser Sees“ (Gz: c10-8.2-1-2) Erfüllung Nebenbestimmung 1.3.4.1. 10.01.2020. Cottbus.
- [LEAG 2020b] Hydrologischer Jahresbericht 2019. Cottbuser Ostsee. Wasserrechtlicher Planfeststellungsbeschluss „Gewässerausbau Cottbuser See, Teilvorhaben 2 – Herstellung des Cottbuser Sees“ (Gz: c10-8.2-1-2) Erfüllung Nebenbestimmung 1.3.4.1, Punkt D. 27.03.2020. Cottbus.
- [MHM 2018] Merkblatt Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV mbH, Stand 2018. LMBV mbH, Senftenberg, 10.04.2019.
- [OGewV 2016] Oberflächengewässerverordnung vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373)
- [UBA 2003] Bundesgesundheitsblatt: Empfehlung zum Schutz von Badenden vor Cyanobakterien-Toxinen, S. 530-538, Umweltbundesamt, 2003.