

Für die Lausitz Energie Bergbau AG



Monitoring zur Flutung des Cottbuser Ostsees

Jahresbericht 2021

Bestellnummer E64-4504310925 vom 23.04.2021
Projektnummer IWB 07/21



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

Dresden, am 08.07.2022

Für die Lausitz Energie Bergbau AG



Monitoring zur Flutung des Cottbuser Ostsees

Jahresbericht 2021

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

Bestellnummer: E64-4504310925 vom 23.04.2021

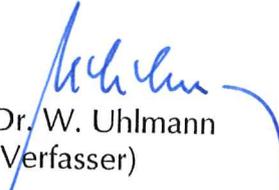
Verantwortlicher: Dipl.-Geologin Andrea Schapp

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

Projektnummer: 07/21

Bearbeiter: Dr. Wilfried Uhlmann
Dr. Yvonne Hillecke
Dipl.-Hydrologe Kai Zimmermann

Dresden, am 08.07.2022


Dr. W. Uhlmann
(Verfasser)



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
Bilderverzeichnis	1
Tabellenverzeichnis	2
Abkürzungsverzeichnis	3
Zusammenfassung	4
1 Veranlassung und Aufgabenstellung	6
2 Umfang der Untersuchungen im Jahr 2021	7
2.1 Überblick	7
2.2 Ereignisse	8
2.3 Flutungswasser	8
2.4 Seewasserstand	11
2.5 Seewasserbeschaffenheit	11
3 Ergebnisse	13
3.1 Witterung	13
3.2 Morphometrie	19
3.3 Wasserbilanz	20
3.3.1 Flutung	20
3.3.2 Entwicklung des Wasserstandes und Volumenzuwachs	21
3.3.3 Wasserbilanz	23
3.4 Wasserbeschaffenheit	25
3.4.1 Flutungswasser	25
3.4.2 Cottbuser Ostsee	27
4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen	34
5 Quellenverzeichnis	35

Bilderverzeichnis

Bild 1:	Überblick über das Untersuchungsgebiet zum Monitoring der Flutung des Cottbuser Ostsees.	7
Bild 2:	Lage der Messstellen für das Flutungswasser am Cottbuser Ostsee. Die Messstelle Abschlag GWA 2 liegt nicht im dargestellten Kartenausschnitt.	9
Bild 3:	Kiessee Maust mit Kraftwerk Jänschwalde am 03.07.2020 (Quelle: LEAG).	11
Bild 4:	Übersicht der Seemessstellen im Cottbuser Ostsee gemäß [LEAG 2020].	12
Bild 5:	Ganglinie der Tagesmitteltemperatur sowie der Spanne zwischen dem täglichen Temperaturmaximum und Temperaturminimum im Monitoringjahr 2021 im Vergleich mit den Monatsmitteln der Lufttemperatur für die 30-jährige Reihe von 1992 bis 2021 an der DWD-Wetterstation Cottbus.	14
Bild 6:	Vergleich der Monatsmittel der Lufttemperatur im Monitoringjahr 2021 mit den Monatsmitteln der Lufttemperatur für die 30-jährige Reihe von 1992 bis 2021 an der DWD-Wetterstation Cottbus.	14



Zusammenfassung

- (1) Im Rahmen der planmäßigen Wiedernutzbarmachung und Rekultivierung des Tagebaus Cottbus-Nord stellt die Lausitz Energie Bergbau AG (LE-B) in der bergbaulichen Hohlform den Cottbuser Ostsee her. Der Cottbuser Ostsee wird mit Spreewasser über den Hammergraben geflutet. Die Flutung ist gemäß dem Planfeststellungsbeschluss, Nebenbestimmung 1.3.4.1, durch ein Monitoring zu begleiten. Das flutungsbegleitende Monitoring wurde mit Beginn der Wassereinleitung in den Cottbuser Ostsee im April 2019 aufgenommen.
- (2) Zum Monitoring der Flutung des Cottbuser Ostsees sind Jahresberichte zu erstellen. In den Berichten sollen die meteorologische Situation, das Flutungsgeschehen, der Wasserspiegelanstieg im See, die hydrochemische Beschaffenheit des Flutungs- und Seewassers, die limnologische und biologische Entwicklung sowie sonstige Ereignisse dokumentiert und interpretiert werden.
- (3) Das Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch) wurde im Monitoringjahr 2021 mit ca. 27,1 Mio. m³ aus dem Hammergraben und mit ca. 5,5 Mio. m³ aus der Randriegelleitung geflutet. Der **Volumenzuwachs** betrug im Jahr 2021 in Summe 16,4 Mio. m³. Die Flutungswirksamkeit des eingeleiteten Oberflächenwassers betrug damit ca. 50 %. Mit Stand vom 02.12.2021 betrug das Wasservolumen des zukünftigen Cottbuser Ostsees 38,4 Mio. m³. Das entspricht rund 31 % des geplanten Gesamtvolumens von 126 Mio. m³.
- (4) Infolge der großen Flutungswassermengen stieg der Wasserstand im Monitoringjahr 2021 im Nordrandschlauch so weit an, dass es im November 2021 zum Überlauf in den Randschlauch Merzdorf kam. In beiden Teilbecken lag der Wasserspiegel am 25.11.2021 bei +52,7 m NHN. Der Wasserstand im Randschlauch Schlichow lag am Ende des Berichtsjahrs bei +49,8 m NHN. Der Zielwasserstand des Cottbuser Ostsees liegt bei +62,5 m NHN.
- (5) Die **Wasserbilanz** des Cottbuser Ostsees wurde im vorliegenden Bericht für den Zeitraum von Dezember 2020 bis November 2021, also noch vor dem Zusammenfluss der Teilbecken Willmersdorf und Merzdorf, für die einzelnen Teilbecken ausgewiesen. Die klimatische Wasserbilanz aller drei Teilbecken war im Jahr 2021 durch die Gewässerverdunstung mit -0,12 Mio. m³ defizitär, jedoch deutlich weniger defizitär als in den vorangegangenen zwei Berichtsjahren mit -0,16 Mio. m³ (2020) bzw. -0,29 Mio. m³ (2019).
- (6) Der geflutete Nordrandschlauch weist im Unterschied zu den anderen Teilbecken eine defizitäre Grundwasserbilanz auf. Diese erklärt sich aus dem aufzufüllenden Porenraum in den angrenzenden Grundwasserleitern und insbesondere in der Innenkippe. Von der im Bilanzzeitraum 2020/2021 eingeleiteten Flutungswassermenge war rund die Hälfte volumenwirksam zur Auffüllung des Teilbeckens, These (3). Die andere Hälfte infiltrierte ins Grundwasser und trug hier zum Grundwasseranstieg bei.



- (7) Der zukünftige Cottbuser Ostsee bestand zum Zeitpunkt der hydrochemischen Beprobungen im März und September 2021 noch aus drei getrennten Teilbecken: Schlichow (Südrandschlauch), Merzdorf (Randschlauch Merzdorf) und Willmersdorf (Nordrandschlauch). Die tiefen Teilbecken Willmersdorf und Schlichow waren im Sommer thermisch stabil geschichtet. Diese Teilbecken verhalten sich bereits dimiktisch. Das Teilbecken Merzdorf war im September 2021 7,6 Meter tief und bis zum Gewässergrund erwärmt. Das Teilbecken Merzdorf verhält sich polymiktisch.
- (8) Das **Flutungswasser** aus dem Hammergraben bzw. aus der Spree war neutral und gut gepuffert. Die Sulfatkonzentration betrug im Mittel 340 mg/L. Die Konzentrationen von Eisen und Mangan waren im Hammergraben stabil niedrig. Mit dem Flutungswasser wurden unspezifische organische Stoffe (TOC, DOC) und Nährstoffe aus dem Hammergraben eingetragen. Das geförderte Grundwasser aus den Randriegeln war im Vergleich zum Flutungswasser des Hammergrabens schwach sauer. Die Sulfatkonzentration lag bei 440 mg/L. Die Acidität als $K_{B8,2}$ war höher als im Hammergraben, bedingt durch höhere Konzentrationen an Kohlensäure, Eisen und Aluminium.
- (9) Der **Nodrandschlauch** wurde überwiegend mit Oberflächenwasser geflutet. Bislang erfolgte kein relevanter Grundwasserzustrom aus der Innenkippe oder den angrenzenden gewachsenen Grundwasserleitern. Die Wasserbeschaffenheit ähnelte daher dem Flutungswasser. Das Wasser im Teilbecken Nordrandschlauch war pH-neutral und mit $K_{S4,3} \approx 1,4$ mmol/L gut gepuffert.
- (10) Der **Südrandschlauch** hatte sich bisher ausschließlich durch Grundwasser-eigenaufgang gefüllt. Das Teilbecken war auch im Monitoringjahr 2021 stark sauer. Die Acidität verbarg sich in hohen Konzentrationen der pedogenen Metalle Eisen und Aluminium.
- (11) Das Wasser im **Randschlauch Merzdorf** war zum Beprobungstermin im September 2021 sauer. Die Ursache war ein verstärkter Grundwasserzustrom aus der Innenkippe. Aufgrund des starken Wasserspiegelanstiegs im benachbarten Nordrandschlauch stiegen der hydraulische Gradient und damit der Zufluss. Im November 2021 vereinigten sich die Wasserflächen des Nordrandschlauchs und des Randschlauchs Merzdorf.
- (12) Der **Kiessee Maust** liegt nördlich des Cottbuser Ostsees und wird als Bade- und Angelgewässer genutzt. Er wird einmal jährlich vom Ufer aus beprobt. Der See war neutral und gut gepuffert. Die Sulfatkonzentration lag bei 400 mg/L. Die Eisenkonzentration lag unter 0,1 mg/L. Die Konzentrationen der Schwermetalle lagen unter der spezifischen laboranalytischen Bestimmungsgrenze. Im Vergleich zum Vorjahr hatte sich die Wasserbeschaffenheit nicht verändert. Der Kiessee erfährt durch die Dichtwand keinen Grundwasserzustrom aus dem Bereich des Cottbuser Ostsees.



1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Im Zuge des Gewässerausbaus Cottbuser See wurde in der Nebenbestimmung (NB) 1.3.4.1 zum wasserrechtlichen Planfeststellungsbeschluss vom 12.04.2019 ein regelmäßiges und systematisches Monitoring zur Begleitung und langfristigen Überwachung der Flutung und der Wasserbeschaffenheitsentwicklung gefordert. Die Umsetzung des Monitorings erfolgt auf der Grundlage des Monitoringkonzeptes vom 10.01.2020 [LEAG 2020]. 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 SGS Analytics LAG GmbH (kurz: SGS) 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 E64-4504310925 vom 23.04.2021 mit der Erstellung des Jahresberichtes zum Monitoring der Flutung des Cottbuser Ostsees im Jahr 2021 beauftragt.

Im vorliegenden Monitoringbericht werden die Monitoringergebnisse des Kalenderjahres 2021 dokumentiert und bewertet.

Der Berichtszeitraum beginnt am 01.01.2021 und endet auftragsgemäß am 31.12.2021. Die von den diversen Auftragnehmern der LE-B im Jahr 2021 erhobenen hydrologischen, hydrochemischen und sonstigen Daten zum Flutungswasser und zum Cottbuser Ostsee wurden erfasst, visualisiert, auf Plausibilität geprüft und bewertet.

Folgende Aspekte werden im vorliegenden Bericht erläutert:

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

Die methodischen Grundlagen zum Monitoring des Cottbuser Ostsees sind in [IWB 2020] umfassend dargestellt.

2 Umfang der Untersuchungen im Jahr 2021

2.1 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 Bezeichnungen verwendet:

Tabelle 1: Seebecken bzw. Teilbereiche des Cottbuser Ostsees.

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

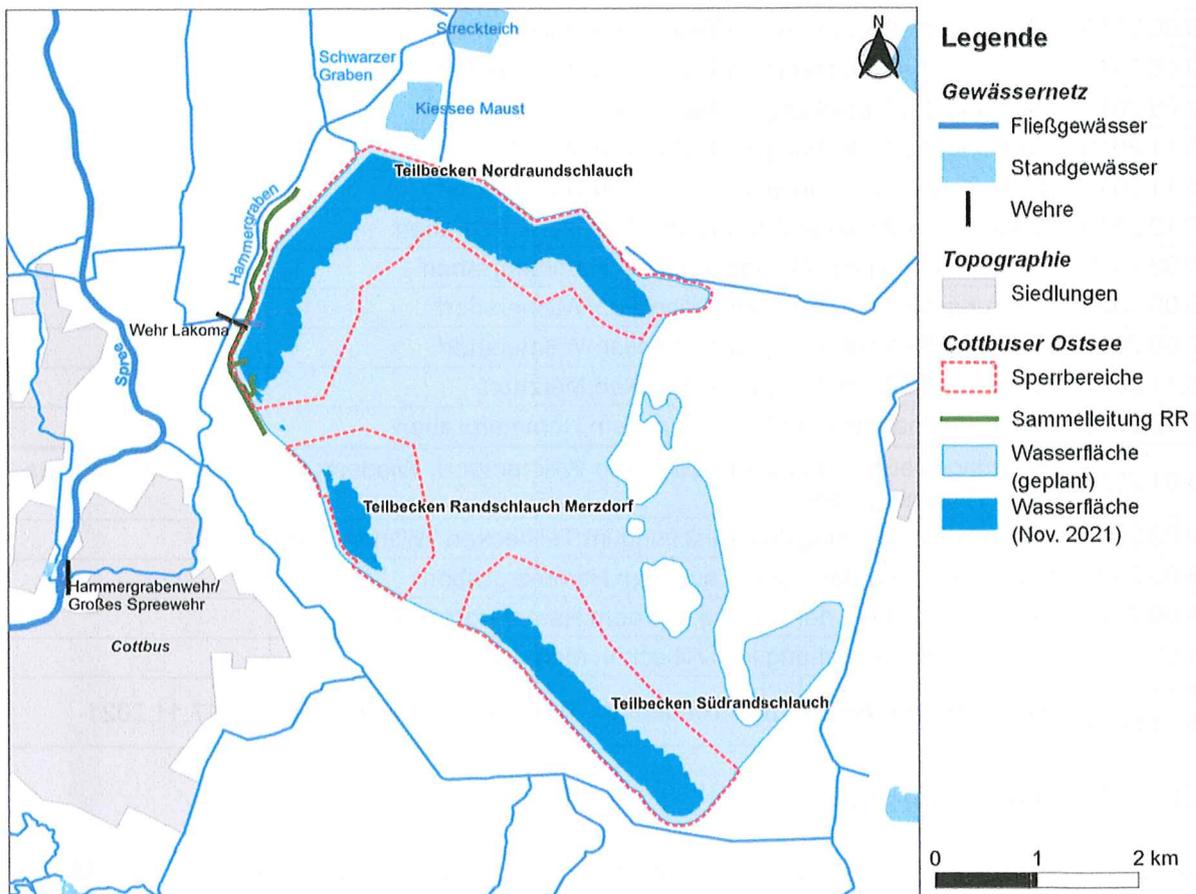


Bild 1: Überblick über das Untersuchungsgebiet zum Monitoring der Flutung des Cottbuser Ostsees.



2.2 Ereignisse

Zu Beginn des Monitoringjahres 2021 wurde das Teilbecken Willmersdorf (Nordrand-schlauch) mit Wasser aus dem Hammergraben geflutet. Aufgrund der Durchfluss-verhältnisse in der Spree wurde die Flutung zum 28.05.2021 ausgesetzt und zum 16.09.2021 wieder aufgenommen. Mitte November 2021 kam es zum Überlauf des Seewassers vom Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch) über den Verbindungs-graben in das Teilbecken Merzdorf (Randschlauch Merzdorf). In beiden Teilbecken wurden im Zuge der Flutung mehrere Setzungsfließrutschungen dokumentiert (Tabelle 2).

Tabelle 2: Chronologie der maßgeblichen Ereignisse zur Flutung des Cottbuser Ostsees seit April 2019.

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

2.3 Flutungswasser

Die Flutungswassermenge aus dem **Hammergraben** wird kontinuierlich an der Mess-stelle CB-Flut-Zuleiter gemessen und als Tagesmittelwerte ausgegeben (Tabelle 3). Die Beschaffenheit des Flutungswassers wurde im Monitoringjahr 2021 monatlich als Stichtagsbeprobung an der Messstelle CB-Flut-01 (Bild 2) analytisch untersucht. Der Messturnus richtet sich nach dem Monitoringkonzept [LEAG 2020] und ist für das Jahr 2021 in der Tabelle 4 zusammengefasst.

Die eingeleiteten Wassermengen aus den **Randriegelleitungen** werden an den Flutungsleitungen Ableiter 1 NRS und Ableiter 2 NRS kontinuierlich erfasst. Sie liegen als Tagesmittelwerte vor (Tabelle 3). Gleichzeitig erfolgt monatlich die Beprobung des Randriegelwassers aus der Randriegelleitung an den Messstellen Sammelleitung Randriegel West 6 und Abschlag GWA 2 (uh. RR KBA). Zur Bewertung der Beschaffenheit des eingeleiteten Randriegelwassers sind die Daten der Messstelle Randriegel West 6 maßgeblich. Das Untersuchungsprogramm ist in der NB h) zur "Anordnung nachträglicher Auflagen zum ABP Tagebau Cottbus-Nord vom 08.10.2021 (GZ c 10-1.4-1-2) zur Durchführung von Entwässerungsmaßnahmen im Bereich des Tagebaues Cottbus-Nord" vom 28.12.2020 vorgegeben.

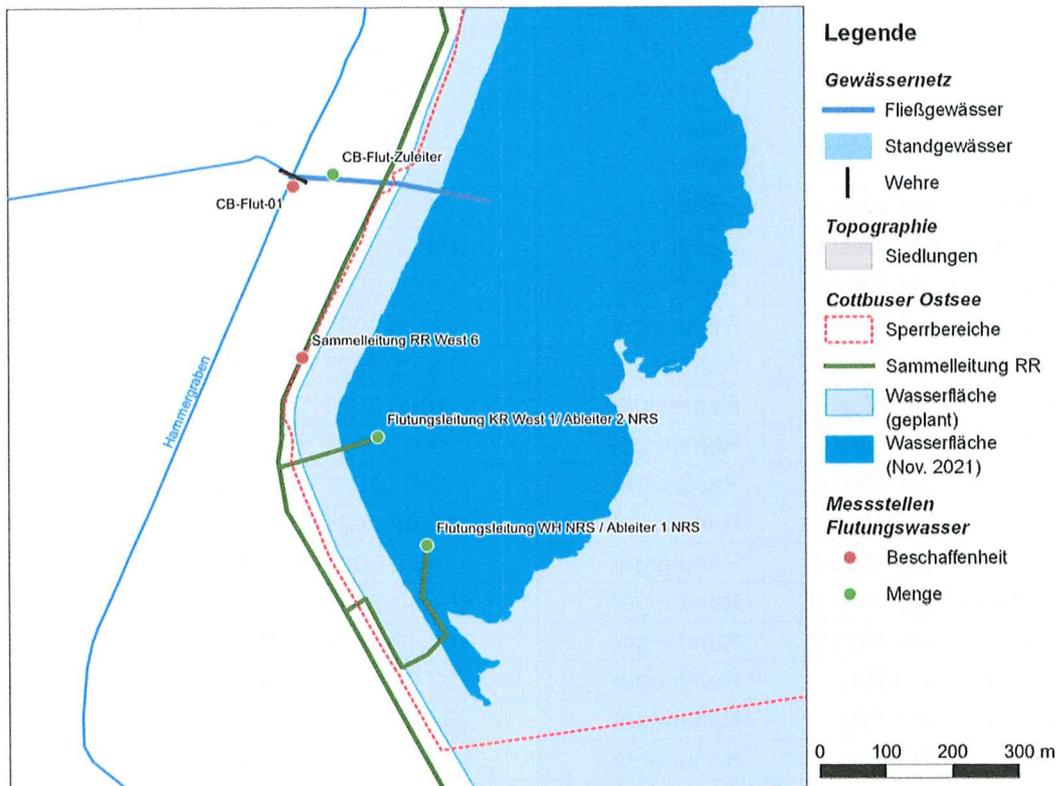


Bild 2: Lage der Messstellen für das Flutungswasser am Cottbuser Ostsee. Die Messstelle Abschlag GWA 2 liegt nicht im dargestellten Kartenausschnitt.

Tabelle 3: Messstellen für das Flutungswasser des Cottbuser Ostsees im Jahr 2021.

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
	Abschlag GWA 2 (uh. RR KBA)	Beschaffenheit	Stichproben	Monatlich



Tabelle 4: Übersicht des Monitorings zur Flutungswasserbeschaffenheit für den künftigen Cottbuser Ostsee im Jahr 2021.

Messstelle	Gewässer	Datum	Messprogramm ¹⁾
CB-Flut-01	Hammergraben	28.01.2021	GP
CB-Flut-01	Hammergraben	18.02.2021	GP
CB-Flut-01	Hammergraben	04.03.2021	GP
CB-Flut-01	Hammergraben	08.04.2021	GP
CB-Flut-01	Hammergraben	20.05.2021	GP
CB-Flut-01	Hammergraben	04.06.2021	GP
CB-Flut-01	Hammergraben	01.07.2021	GP
CB-Flut-01	Hammergraben	05.08.2021	KP
CB-Flut-01	Hammergraben	02.09.2021	GP
CB-Flut-01	Hammergraben	14.10.2021	GP
CB-Flut-01	Hammergraben	04.11.2021	GP
CB-Flut-01	Hammergraben	02.12.2021	GP
Sammelleitung Randriegel West 6	Randriegel	07.01.2021	PRR
Sammelleitung Randriegel West 6	Randriegel	04.02.2021	PRR
Sammelleitung Randriegel West 6	Randriegel	04.03.2021	PRR
Sammelleitung Randriegel West 6	Randriegel	08.04.2021	PRR
Sammelleitung Randriegel West 6	Randriegel	05.05.2021	PRR
Sammelleitung Randriegel West 6	Randriegel	04.06.2021	PRR
Sammelleitung Randriegel West 6	Randriegel	01.07.2021	PRR
Sammelleitung Randriegel West 6	Randriegel	05.08.2021	PRR
Sammelleitung Randriegel West 6	Randriegel	02.09.2021	PRR
Sammelleitung Randriegel West 6	Randriegel	14.10.2021	PRR
Sammelleitung Randriegel West 6	Randriegel	04.11.2021	PRR
Sammelleitung Randriegel West 6	Randriegel	02.12.2021	PRR
Abschlag GWA 2 (uh. RR KBA)	Randriegel	07.01.2021	PRR
Abschlag GWA 2 (uh. RR KBA)	Randriegel	04.02.2021	PRR
Abschlag GWA 2 (uh. RR KBA)	Randriegel	04.03.2021	PRR
Abschlag GWA 2 (uh. RR KBA)	Randriegel	08.04.2021	PRR
Abschlag GWA 2 (uh. RR KBA)	Randriegel	05.05.2021	PRR
Abschlag GWA 2 (uh. RR KBA)	Randriegel	04.06.2021	PRR
Abschlag GWA 2 (uh. RR KBA)	Randriegel	01.07.2021	PRR
Abschlag GWA 2 (uh. RR KBA)	Randriegel	05.08.2021	PRR
Abschlag GWA 2 (uh. RR KBA)	Randriegel	02.09.2021	PRR
Abschlag GWA 2 (uh. RR KBA)	Randriegel	14.10.2021	PRR
Abschlag GWA 2 (uh. RR KBA)	Randriegel	04.11.2021	PRR
Abschlag GWA 2 (uh. RR KBA)	Randriegel	02.12.2021	PRR

¹⁾ Erläuterung zum Messprogramm:

GP	Grundprogramm
KP	Kurzprogramm
PRR	Programm Randriegel

2.4 Seewasserstand

Im Monitoringjahr 2021 wurde in den Teilbecken des künftigen Cottbuser Ostsees der Wasserstand entsprechend der Tabelle 5 erfasst.

Tabelle 5: Messungen des Wasserstandes in den Teilbecken des künftigen Cottbuser Ostsees im Monitoringjahr 2021.

Teilbecken	Messturnus	Anzahl der Messwerte	Bemerkung
Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch-West)	monatlich	16	Davon 3 im November nach dem Zusammenschluss der Teilbecken
Teilbecken Merzdorf (Randschlauch Merzdorf)	monatlich	14	Davon 3 im November nach dem Zusammenschluss der Teilbecken
Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch)	monatlich	12	---

2.5 Seewasserbeschaffenheit

Im Jahr 2021 gelten für das Monitoring des Cottbuser Ostsees die Vorgaben für den Flutungsbetrieb gemäß [LEAG 2020]. Das Untersuchungsspektrum richtete sich nach dem Monitoringkonzept [LEAG 2020]. Die Wasserbeschaffenheit wird jeweils separat in den wassergefüllten Teilbecken untersucht (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)

Während der Zirkulationsphase im Frühjahr 2021 erfolgte die Probennahme in diskreten Abständen über eine Wassertiefe bis 8 Meter in den tiefen Teilbecken bzw. bis 3,5 Meter im flachen Teilbecken als Profilmischprobe. Zudem wurde jeweils grundnah, ca. 1 Meter über dem Seeboden, eine Grundprobe als Stichprobe entnommen. Im Frühjahr 2021 wurden in den drei Teilbecken biologische Kennwerte erhoben (Tabelle 6). Während der Stagnationsphase im September 2021 wurden tiefenorientierte Stichproben aus dem Epilimnion, Hypolimnion und über Grund entnommen.

Am 23.03.2021 wurde aus dem Kiessee Maust erneut eine Schöpfprobe vom Ufer aus entnommen (Bild 4). Der Kiessee war neutral und mit $K_{S4,3} = 1,6$ mmol/L gut gepuffert. Die Sulfatkonzentration lag bei 405 mg/L. Die Metallkonzentrationen waren niedrig. Der See wird als Bade- und Angelgewässer genutzt.



Bild 3: Kiessee Maust mit Kraftwerk Jänschwalde am 03.07.2020 (Quelle: LEAG).

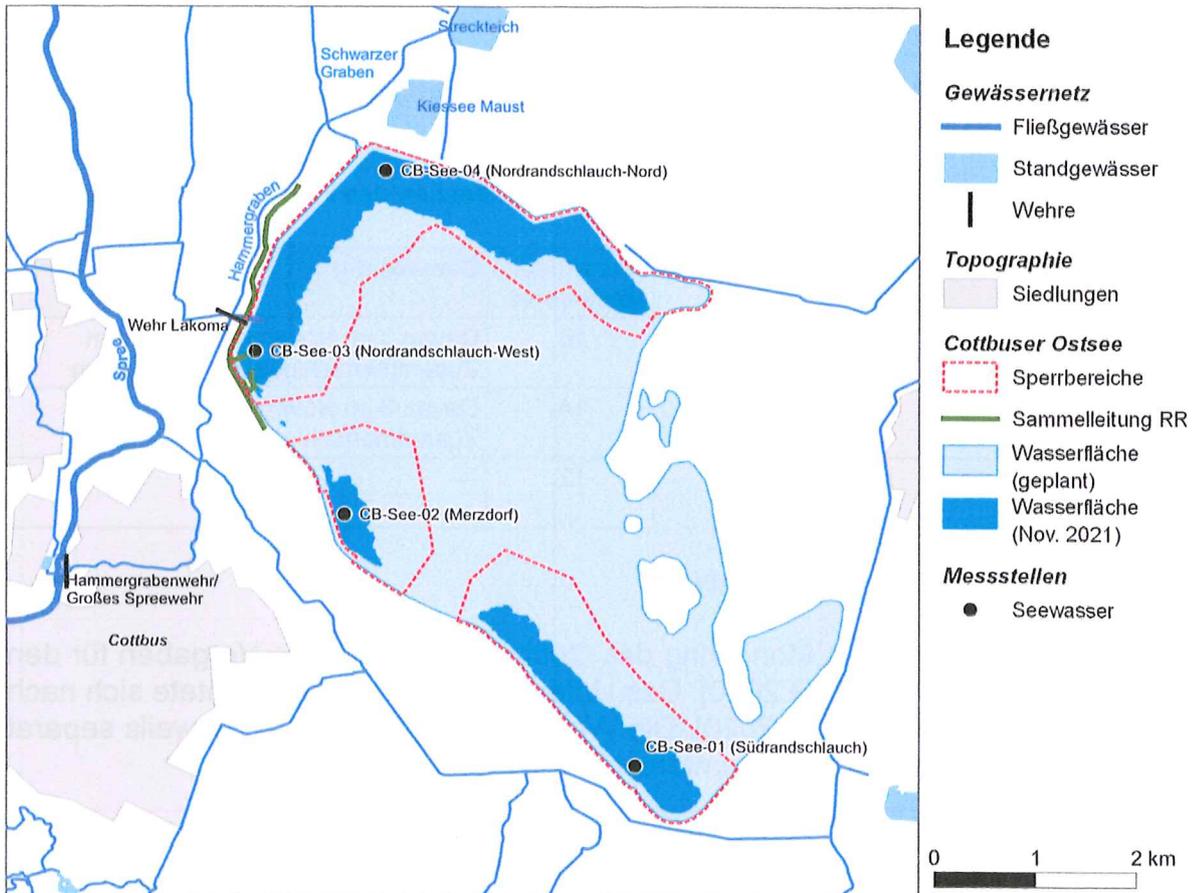


Bild 4: Übersicht der Seemesststellen im Cottbuser Ostsee gemäß [LEAG 2020].

Tabelle 6: Übersicht über das Seewassermonitoring zum Cottbuser Ostsee im Monitoringjahr 2021.

Messstelle	Teilbecken	Datum	GP	ZPB	Gelotete Tiefe [m]	Entnahmetiefe [m]	Limnologische Zuordnung
CB-See-01	Schlichow (Südlandschlauch)	23.03.2021	■	■	14,3	0,5-13,5	i-g
		09.09.2021	■		14,8	1,5-14,0	e-h-g
CB-See-02	Merzdorf (Randschlauch Merzdorf)	23.03.2021	■	■	6,8	0,5-6,0	i-g
		09.09.2021	■		7,6	1,5-7,0	e-h-g
CB-See-03	Willmersdorf-Lakoma (Nordrandschlauch West)	23.03.2021	■	■	14,2	0,5-13,5	i-g
		09.09.2021	■		15,9	2,0-15,0	e-h-g
CB-See-04	Willmersdorf-Auslauf (Nordrandschlauch Nord)	23.03.2021	■		13,8	0,5-13,0	i-g
		09.09.2021	■		18,2	2,0-17,5	e-h-g

Erläuterung:

i	Profilmischprobe
e	Epilimnion
h	Hypolimnion
g	grundnah

GP	Grundprogramm LEAG
ZPB	Zusatzprogramm Biologie

3 Ergebnisse

3.1 Witterung

Zur Charakterisierung der Witterungsverhältnisse am Cottbuser Ostsee werden die Daten der ca. 10 Kilometer entfernten DWD-Wetterstation Cottbus genutzt, vgl. [IWB 2020]. Die Eckzahlen der maßgeblichen Witterungsgrößen im Monitoringjahr 2021 sind im Vergleich mit der 30-jährigen Referenzperiode 1992 bis 2021 in der Tabelle 7 zusammengestellt.

Tabelle 7: Eckzahlen der maßgeblichen Witterungsgrößen an der DWD-Wetterstation Cottbus für das Monitoringjahr 2021 und für die 30-jährige Referenzperiode von 1992 bis 2021.

Klimatische Größe	Monitoringjahr 2021	Referenzperiode 1992-2021	Einheit
Jahresniederschlag, korrigiert	598	633	mm
Mittelwert der relativen Luftfeuchte	77	74	%
Mittelwert der Windgeschwindigkeit (2 m Höhe)	1,7	1,9	m/s
Mittelwert der Lufttemperatur	+9,9	+10,1	°C
Maximum der Lufttemperatur	+36,3	---	°C
Minimum der Lufttemperatur	-17,6	---	°C
Anzahl Eistage ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$)	16	17	Tage/Jahr
Anzahl Frosttage ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$)	77	81	Tage/Jahr
Anzahl Sommertage ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$)	61	54	Tage/Jahr
Anzahl heiße Tage ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$)	15	14	Tage/Jahr

Das arithmetische Mittel der **Lufttemperatur** an der Station Cottbus lag im Monitoringjahr 2021 bei +9,9 °C und damit 0,2 Kelvin unter dem 30-jährigen Durchschnitt (Tabelle 7). Die Monatsmittel der Lufttemperatur lagen zwischen Januar und Mai 2021 durchgehend unter bzw. auf dem Niveau der Monatsmittelwerte der langjährigen Reihe. Im verbleibenden Monitoringjahr lagen die Monatsmittel der Lufttemperatur dann nahezu durchgehend über dem langjährigen Durchschnitt (Bild 6). Das absolute Minimum der Lufttemperatur von -17,6 °C wurde während eines ca. 14-tägigen Kälteeinbruchs im Februar 2021 erfasst (Bild 5). Das absolute Maximum der Lufttemperatur wurde mit +36,3 °C im Juni 2021 gemessen (Bild 5). Die Anzahl der im Monitoringjahr 2021 erfassten Eistage und heißen Tage lag auf dem Niveau der 30-jährigen Reihe. Die Anzahl der Frosttage lag im Monitoringjahr 2021 gering unter und die Anzahl der Sommertage gering über dem langjährigen Durchschnitt (Tabelle 7).

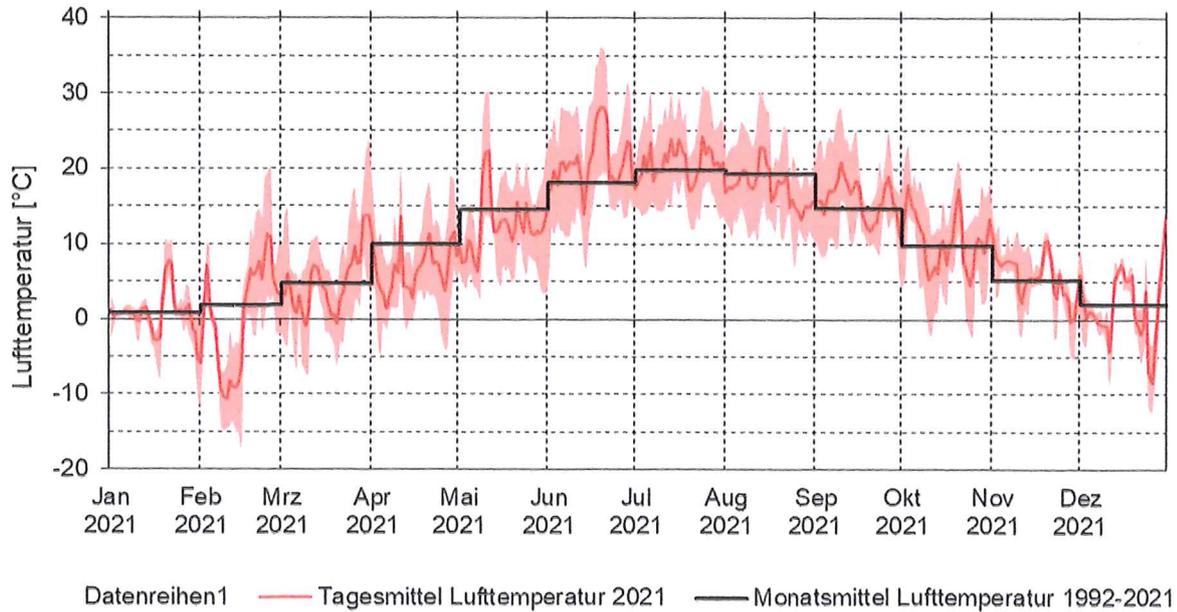


Bild 5: Ganglinie der Tagesmitteltemperatur sowie der Spanne zwischen dem täglichen Temperaturmaximum und Temperaturminimum im Monitoringjahr 2021 im Vergleich mit den Monatsmitteln der Lufttemperatur für die 30-jährige Reihe von 1992 bis 2021 an der DWD-Wetterstation Cottbus.

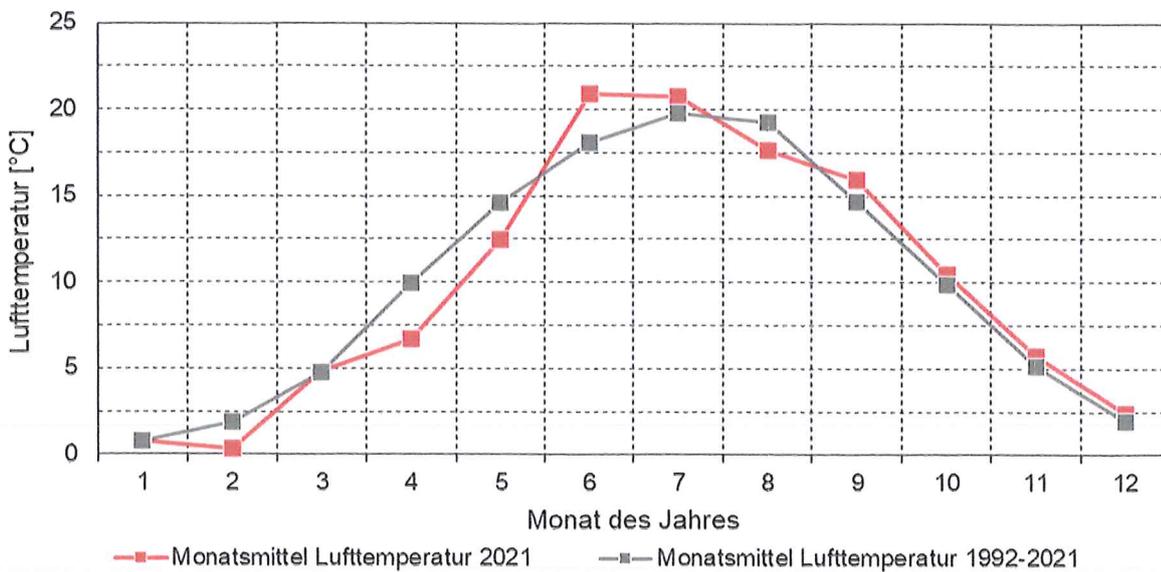


Bild 6: Vergleich der Monatsmittel der Lufttemperatur im Monitoringjahr 2021 mit den Monatsmitteln der Lufttemperatur für die 30-jährige Reihe von 1992 bis 2021 an der DWD-Wetterstation Cottbus.

Die Jahressumme des korrigierten **Niederschlags** an der Station Cottbus lag im Monitoringjahr 2021 bei 598 mm und damit 35 mm unter dem Durchschnitt der 30-jährigen Reihe von 1992 bis 2021 (Tabelle 7). In den Monaten Januar, April, Mai, August und November des Jahres 2021 lagen die monatlichen Niederschlagssummen über und in den anderen Monaten des Jahres unter dem langjährigen Durchschnitt

(Bild 7). Der niederschlagsreichste Monat war der August 2021 mit 104 mm. Der Oktober 2021 war mit 13 mm der niederschlagsärmste Monat (Bild 7). Im Monitoringjahr 2021 wurde an 13 Tagen Niederschlagssummen über 10 mm erfasst. Die höchste Tagessumme des Niederschlags wurde mit 35 mm am 22.08.2021 erfasst (Bild 8).

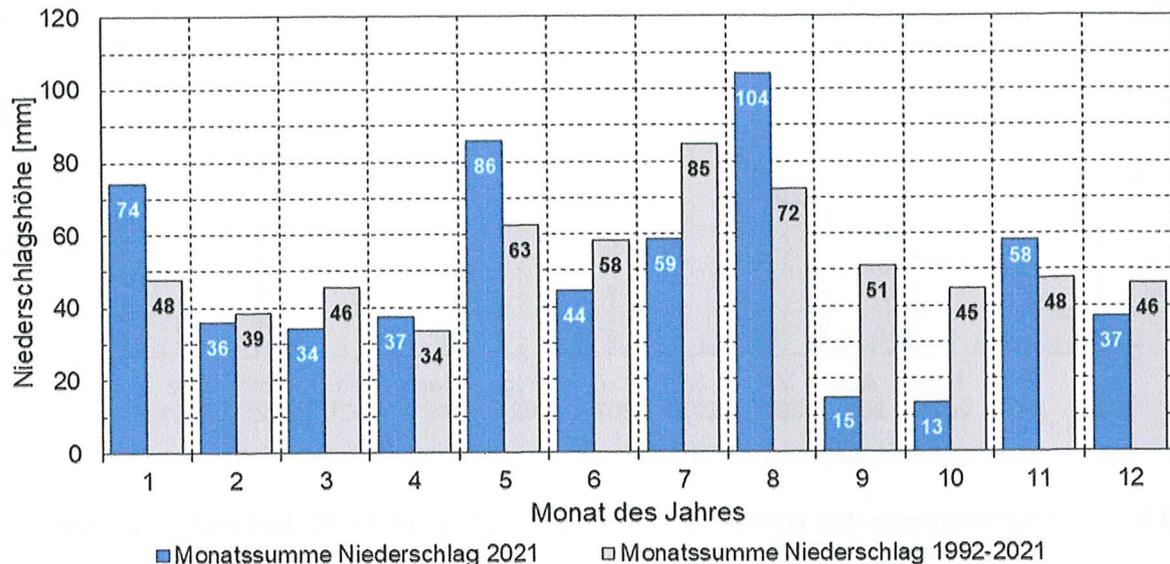


Bild 7: Vergleich der Monatssummen des korrigierten Niederschlags im Monitoringjahr 2021 mit den mittleren Monatssummen der 30-jährige Reihe von 1992 bis 2021 an der DWD-Wetterstation Cottbus.

Die kumulative Kurve des Niederschlags (Bild 8) zeigt **niederschlagsreiche Phasen**

- von Januar bis Mitte Februar 2021 über nahezu sechs Wochen mit rund 100 mm Niederschlag,
- von Mitte März bis Ende Mai 2021 über ca. 10 Wochen mit rund 160 mm Niederschlag,
- von Anfang Juli bis Mitte August 2021 mit rund 100 mm Niederschlag und
- drei mehrtägige Einzelereignisse im Juni, August und November 2021 mit Summen von 30 bis 90 mm sowie

ausgesprochen **niederschlagsarme Phasen**

- von Mitte Februar bis Mitte März 2021 über ca. vier Wochen mit einer kumulativen Niederschlagssumme von rund 10 mm,
- von Ende Mai bis Ende Juni über ca. fünf Wochen mit einer kumulativen Niederschlagssumme von ebenfalls 10 mm und
- von Anfang September bis Anfang November 2021 über rund acht Wochen mit einer kumulativen Niederschlagssumme von lediglich 25 mm.

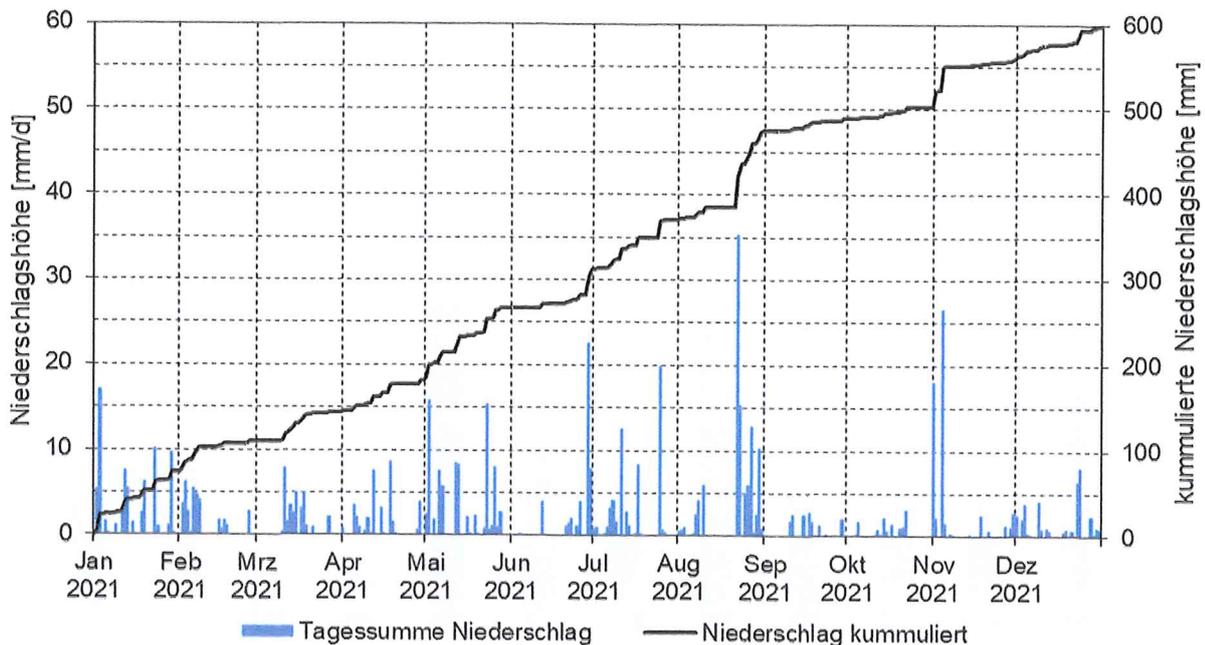


Bild 8: Tagessummen des korrigierten Niederschlags an der DWD-Wetterstation Cottbus im Monitoringjahr 2021.

Der **Wind** wehte im Monitoringjahr 2021 hauptsächlich aus südwestlicher, westlicher, und östlicher Richtung (Bild 10). Das Mittel der Windgeschwindigkeit in 2 Meter Höhe lag im Monitoringjahr bei 1,7 m/s (Tabelle 7). Das Maximum der Windgeschwindigkeit wurde mit 7,6 m/s am 21.10.2021 erfasst. Die höheren Windgeschwindigkeiten traten überwiegend bei Wind aus südwestlicher Richtung (Bild 10) und in Verbindung mit Niederschlagsereignissen auf (vgl. Bild 8 und Bild 9).

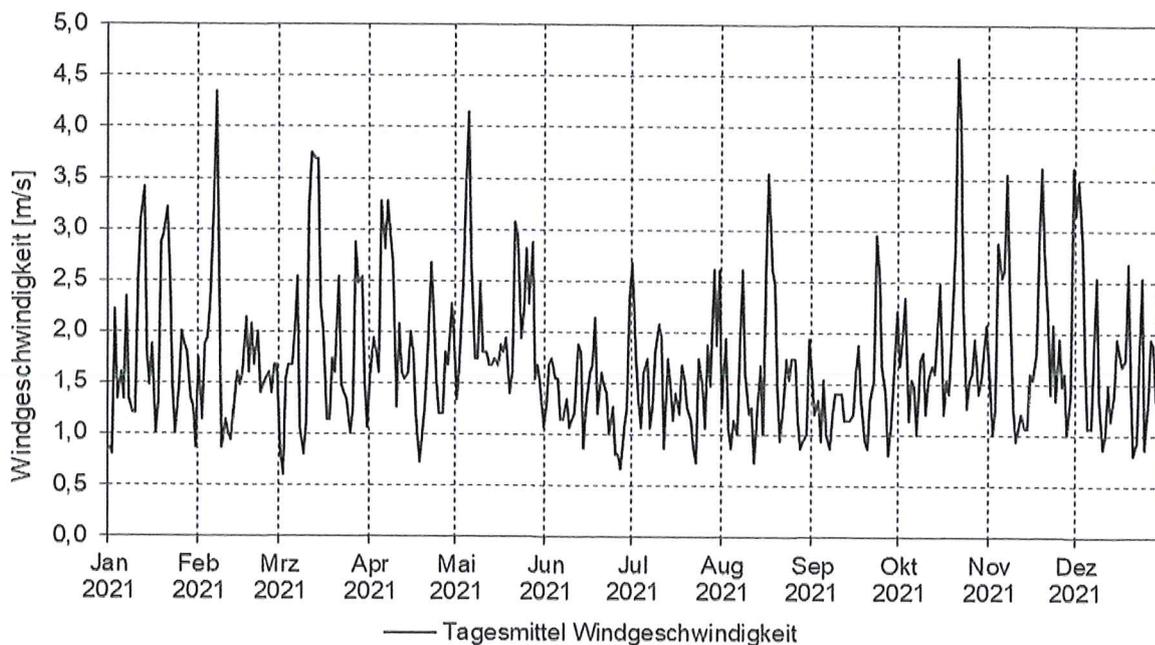


Bild 9: Ganglinie der Tagesmittelwerte der Windgeschwindigkeit in 2 Meter Höhe an der DWD-Wetterstation Cottbus im Monitoringjahr 2021.

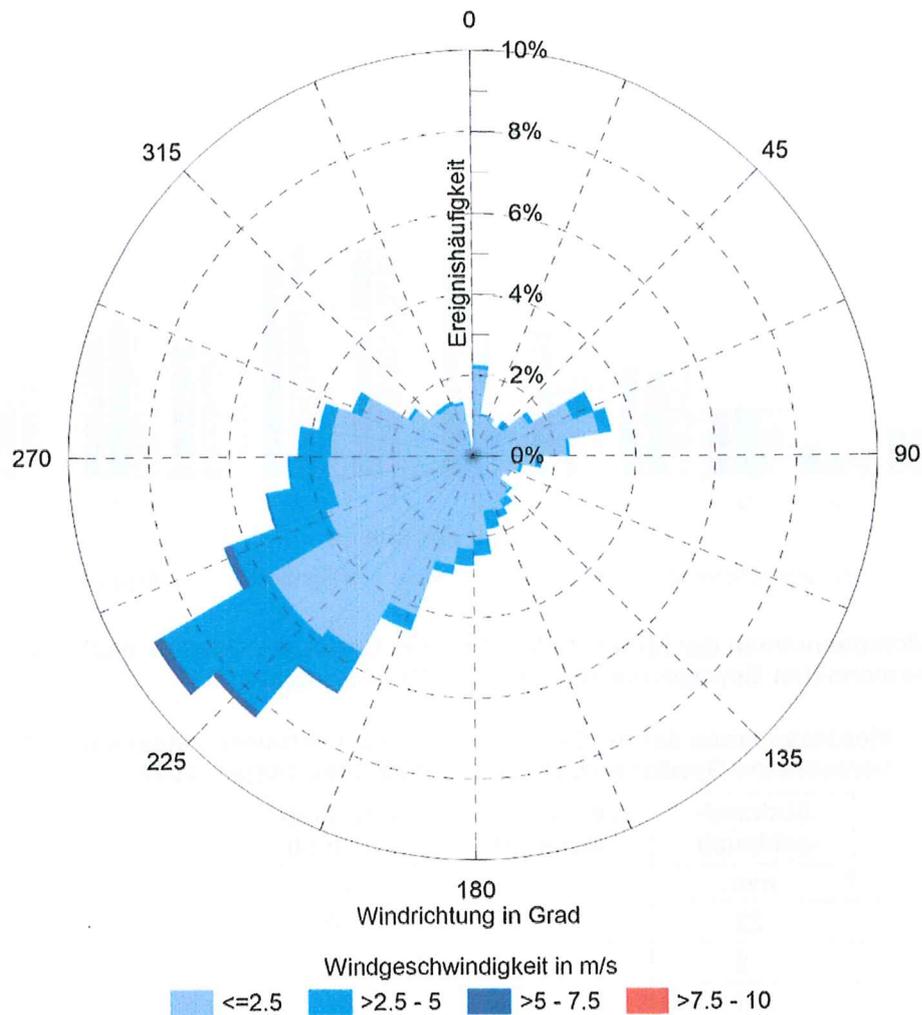


Bild 10: Windrose mit Windrichtung und Windgeschwindigkeit in 2 Meter Höhe an der DWD-Wetterstation Cottbus im Monitoringjahr 2020 (Datenbasis: Stundenwerte).

Die **Gewässerverdunstung** wurde nach dem Dalton-Verfahren [DVWK 1996] berechnet. Sie folgte in den Teilbecken des Cottbuser Ostsees dem Jahrgang der Lufttemperatur mit hohen Verdunstungsraten in den Sommermonaten und geringen Verdunstungsraten in den Frühjahrs- und Wintermonaten (vgl. Bild 6 und Bild 11). Die Verdunstungshöhen nahmen zwischen Januar und Juli 2021 zu (Bild 11). Im September 2021 gingen die Verdunstungshöhen dann um rund 40 % im Vergleich zum Vormonat zurück. Ab Oktober 2021 wurde ein stetiger Rückgang der Verdunstungshöhen verzeichnet (Bild 11 und Tabelle 8).

Die jährlichen Verdunstungssummen der Teilbecken unterschieden sich mit einer Spanne zwischen 660 und 667 mm nur unwesentlich (Tabelle 8). Dies traf größtenteils auch auf die Verdunstungssummen in den Einzelmonaten zu (Bild 11 und Tabelle 8). Im vorangegangenen Monitoringjahr 2020 unterschieden sich die Verdunstungshöhen in den Teilbecken noch deutlich stärker [IWB 2021]. Die Angleichung der Verdunstungshöhen im Monitoringjahr 2021 ist auf den deutlichen Volumenzuwachs und die Zunahme der Wassertiefe der Teilbecken zurückzuführen.

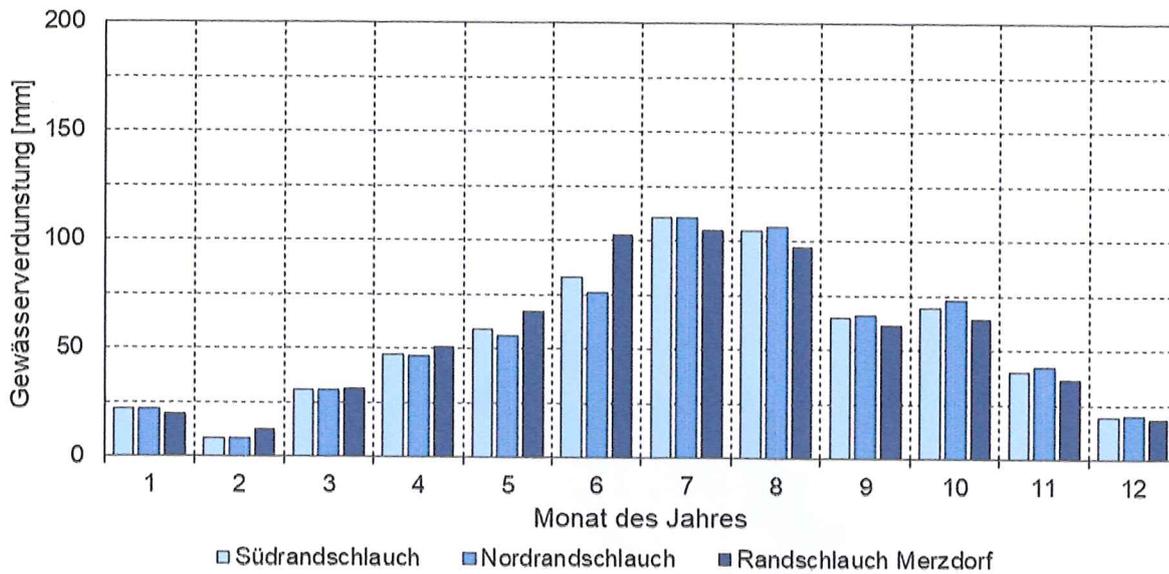


Bild 11: Monatssummen der für die Teilbecken des Cottbuser Ostsees nach DALTON berechneten Gewässerverdunstung im Monitoringjahr 2021.

Tabelle 8: Monatssummen der für die Teilbecken des Cottbuser Ostsees nach DALTON berechneten Gewässerverdunstung im Monitoringjahr 2021.

Monat	Südrand-schlauch	Randschlauch Merzdorf	Nordrand-schlauch
	mm	mm	mm
Januar	22	22	20
Februar	8	8	12
März	31	31	31
April	47	47	51
Mai	59	56	67
Juni	83	76	103
Juli	111	111	105
August	105	107	97
September	65	66	61
Oktober	70	73	64
November	40	42	37
Dezember	20	20	19
Jahressumme	660	660	667

3.2 Morphometrie

Die Morphologie des Cottbuser Ostsees im Ausgangszustand vor der Flutung ist in Bild 12 dargestellt. Die Vermessung der Seemorphometrie erfolgte durch Airborne-Laserscanning am 22.02.2019. Markant sind die tiefen Randschläuche und die flache Oberfläche der Innenkippe. Die dazugehörigen Wasserstand-Volumen- und Wasserstand-Flächen-Funktionen für den gesamten Cottbuser Ostsee sind in Bild 13 dargestellt.

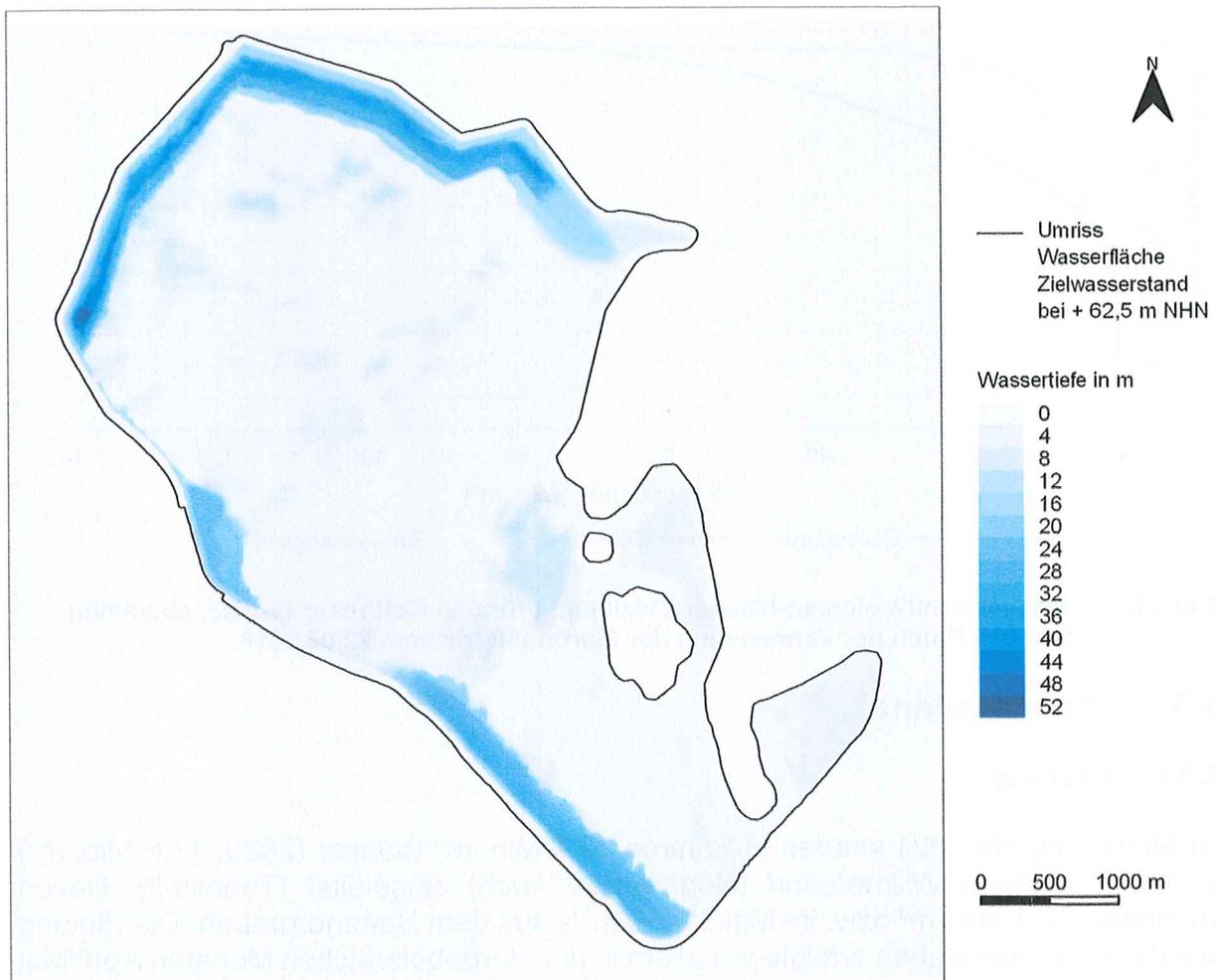


Bild 12: Bathymetrie des Cottbuser Ostsees bei dem Zielwasserstand von +62,5 m NHN auf der Grundlage des morphologischen Ausgangszustandes der Hohlform des Tagebaus Cottbus-Nord.

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

Während die Seefläche und das Seevolumen für den Zielwasserstand robuste Größen darstellen, verformen sich im Zuge der Flutung die Wasserstand-Volumen- und die Wasserstand-Fläche-Funktionen. Grund sind insbesondere die Rutschungen an den unverdichteten kippenseitigen Randschlauchböschungen, die einerseits zur Aufhöhung der Gewässersohle in den Randschläuchen, andererseits aber auch zu einer

Vertiefung der dahinter liegenden Kippenoberfläche führen (vgl. Tabelle 2 in Abschnitt 2.1). Durch Wellenwirkung und lokale Rutschungen gibt es auch lokale Verformungen an den gewachsenen Böschungen. Eine erneute Vermessung der Seemorphometrie ist gemäß der NB 1.3.5.5 des Planfeststellungsbeschlusses für den Cottbuser Ostsee [LBGR 2019a] ab einem Wasserstand von +61 m NHN vorgesehen.

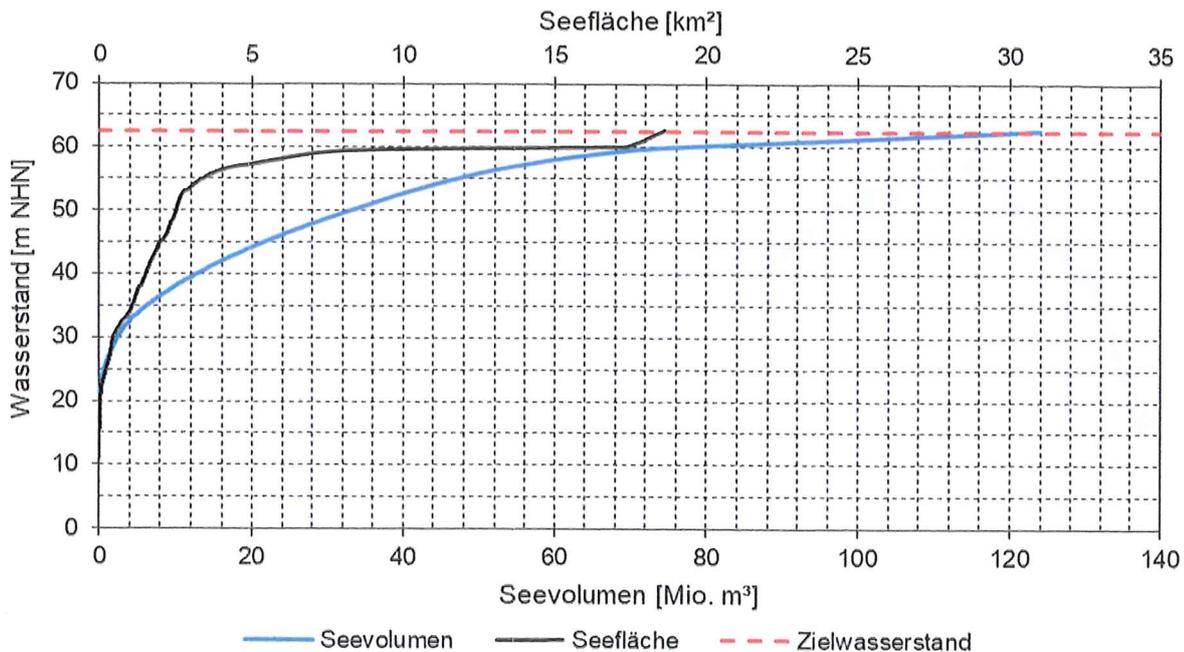


Bild 13: Wasserstand-Volumen-Flächen-Beziehung für den Cottbuser Ostsee, abgeleitet aus den Daten der Vermessung der Morphometrie vom 22.02.2019.

3.3 Wasserbilanz

3.3.1 Flutung

Im Monitoringjahr 2021 wurden in Summe 32,6 Mio. m³ Wasser (2020: 17,6 Mio. m³) in das Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch) eingeleitet (Tabelle 9). Davon stammten 27,1 Mio. m³ bzw. im Mittel 0,86 m³/s aus dem Hammergraben. Die Flutung aus dem Hammergraben erfolgte vor allem in den dargebotsreichen Monaten April/Mai und November/Dezember mit maximalen Einleitmengen von 3,7 m³/s am 05.05.2021 (Bild 14). Das für die Flutung nutzbare Wasserdargebot der Spree wurde wöchentlich entsprechend den Grundsätzen der länderübergreifenden Bewirtschaftung der Flussgebiete Spree, Schwarze Elster und Lausitzer Neiße der Arbeitsgemeinschaft „Flussgebietsbewirtschaftung Spree-Schwarze Elster“ durch eine Steueranweisung der Flutungszentrale Lausitz (FZL) vorgegeben.

Die Flutungswassermenge aus der Randriegelleitung ist entsprechend NB d) der Anordnung nachträglicher Auflagen zum ABP zur Durchführung von Entwässerungsmaßnahmen im Bereich des Tagebaues Cottbus-Nord auf maximal 6,7 Mio. m³/a limitiert. Im Jahr 2021 wurden 5,5 Mio. m³ Wasser eingeleitet. Die Einleitung erfolgte kontinuierlich mit 0,12 m³/s aus dem Ableiter 1 und 0,06 m³/s aus dem Ableiter 2 (Tabelle 9). In den Monaten Juli bis Oktober 2021 schwankten die Einleitmengen kurzzeitig. Die Schwankungen waren betriebsbedingt.

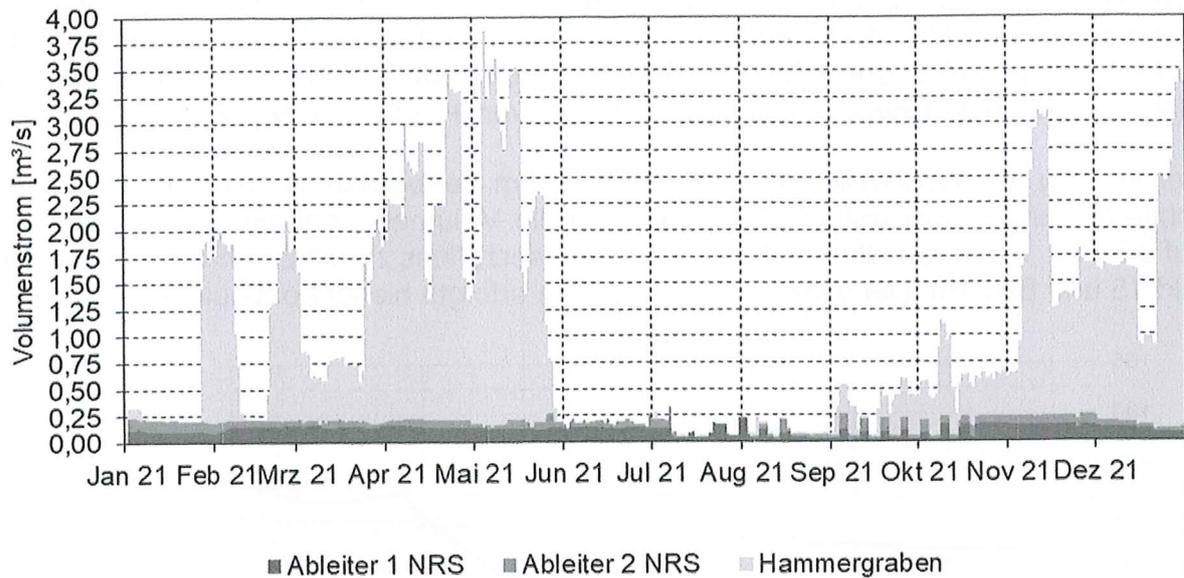


Bild 14: Ganglinien der in das Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch) des Cottbuser Ostsees aus dem Hammergraben und den Randriegeln (Ableiter 1 NRS, Ableiter 2 NRS) im Monitoringjahr 2021 eingeleiteten Wassermengen.

Tabelle 9: Mittlere Volumenströme und summarische Kubaturen der Einleitungen aus dem Hammergraben und den Randriegeln in das Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch) des Cottbuser Ostsees im Monitoringjahr 2021.

Einleitung	Mittlerer Volumenstrom	Kumulatives Volumen
	[m ³ /s]	[m ³]
Hammergraben	0,858	27.069.600
Ableiter 1 NRS	0,116	3.647.300
Ableiter 2 NRS	0,059	1.873.600
Summe	1,033	32.590.500

3.3.2 Entwicklung des Wasserstandes und Volumenzuwachs

In Folge der hohen Einleitmengen aus dem Hammergraben (vgl. Abschnitt. 3.3.1) stieg der Wasserstand im **Teilbecken Willmersdorf** (Nordrandschlauch) in der ersten Jahreshälfte 2021 um 8,1 Meter auf +52,3 m NHN (Bild 15). Nach dem sommerlichen Flutungsstopp sank der Wasserstand wieder leicht. Im September 2021 wurde die Flutung aus dem Hammergraben fortgesetzt. Zwischen dem 18.11.2021 und dem 25.11.2021 vereinigten sich die Teilbecken Merzdorf und Willmersdorf durch Überlauf im Verbindungsgraben. Durch das Überströmen in das TB Merzdorf sank der Wasserspiegel im Nordrandschlauch bis zum Ausgleich zunächst um ca. 0,6 Meter ab. In beiden Teilbecken lag der Wasserstand am 25.11.2021 bei +52,7 m NHN.

Der Wasserspiegelanstieg im **Teilbecken Merzdorf** (Randschlauch Merzdorf) verlief bis zum Sommer 2020 parallel zum Wasserspiegelanstieg im Südrandschlauch. Die Teilbecken füllten sich durch Grundwasserzufluss aus Süden. Danach stieg der Wasserspiegel im Teilbecken Merzdorf deutlich schneller als im Südrandschlauch durch verstärkten Grundwasserzustrom aus der Innenkippe (vgl. Abschnitt 3.3.3). Mit dem deutlichen Anstieg des Wasserspiegels im Nordrandschlauch stieg auch der



Grundwasserstand in der Innenkippe. Im Zuge der Vereinigung der Teilbecken Willmersdorf und Merzdorf stieg der Wasserstand im November 2021 sprunghaft um +6 Meter von +46,7 auf +52,7 m NHN. Bis zum Jahresende 2021 erreichte der Wasserstand in den zwei Teilbecken die Marke von +53,0 m NHN (02.12.2021).

Der Anstieg des Wasserspiegels im Jahr 2021 im **Teilbecken Schlichow** (Südrandschlauch) um +1,2 m auf +49,8 m NHN und die Volumenzunahme um 0,94 Mio. m³ auf 9,3 Mio. m³ waren allein auf den Grundwasserzufluss zurückzuführen (Tabelle 10, Bild 15 und Bild 16). Der Wasserspiegelanstieg erfolgte bisher kontinuierlich.

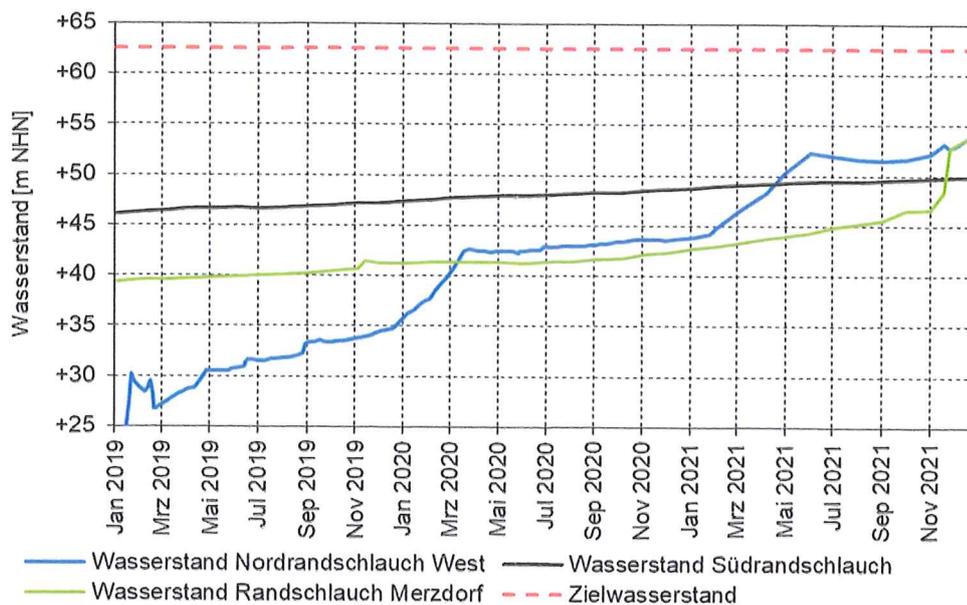


Bild 15: Ganglinien des Wasserstandes in den Teilbecken des zukünftigen Cottbuser Ostsees in den Jahren 2019 bis 2021.

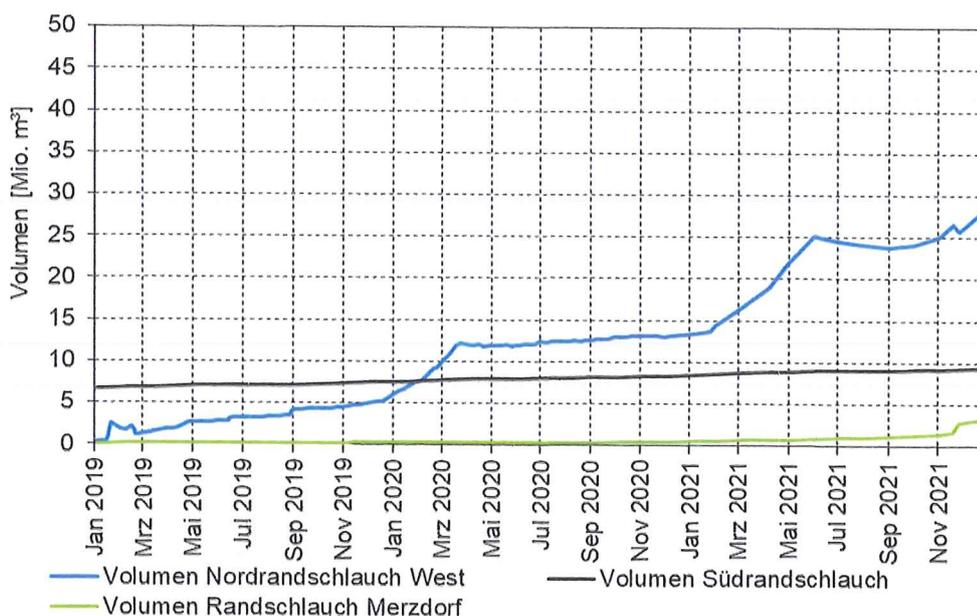


Bild 16: Entwicklung des Seevolumens in den Teilbecken des zukünftigen Cottbuser Ostsees in den Jahren 2019 bis 2021.

Das Wasservolumen in den Teilbecken des zukünftigen Cottbuser Ostsees stieg im Jahr 2021 deutlich an, insbesondere in den vereinigten Teilbecken Merzdorf und Willmersdorf (Tabelle 10). In Summe betrug der Volumenzuwachs im Jahr 2021 16,4 Mio. m³. Mit Stand vom 02.12.2021 betrug das Wasservolumen des zukünftigen Cottbuser Ostsees 38,4 Mio. m³. Das entspricht rund 31 % des Gesamtvolumens von 126 Mio. m³.

Tabelle 10: Wasserspiegelanstieg und Volumenzuwachs in den einzelnen Teilbecken des zukünftigen Cottbuser Ostsees im Zeitraum vom 12.04.2019 (Flutungsbeginn) bis 02.12.2021 (letzte Wasserspiegelmessung in 2021).

Datum	Tage	Wasserstand m NHN	Änderung des Wasserstandes		Volumen nach HVA Mio. m ³
	d		m	cm/d	
Teilbecken Schlichow (Südrandschlauch)					
12.04.2019	---	+46,63	---	---	6,99
03.12.2019	236	+47,25	0,62	0,26	7,43
01.12.2020	365	+48,58	1,33	0,36	8,37
02.12.2021	367	+49,82	1,24	0,34	9,27
Teilbecken Merzdorf (Randschlauch Merzdorf)					
12.04.2019	---	+39,70	---	---	0,13
03.12.2019	236	+41,23	1,53	0,64	0,31
01.12.2020	365	+42,35	1,12	0,31	0,48
02.12.2021	367	+53,00	10,65	2,90	2,93
Teilbecken Willmersdorf (Nordrandschlauch)					
12.04.2019		+28,87			1,92
20.12.2019	253	+34,86	5,99	2,37	5,33
07.12.2020	354	+43,62	8,76	2,47	13,13
02.12.2021	367	+52,98	9,36	2,55	26,24

3.3.3 Wasserbilanz

Die Wasserbilanz für das Monitoringjahr 2021 wurde für die einzelnen Teilbecken berechnet. Die Vereinigung der Teilbecken Willmersdorf und Merzdorf erfolgte zwischen dem 18.11.2021 und 25.11.2021. Die Wasserbilanzbetrachtungen erfolgen daher für den Zeitraum vom 01.12.2020 bis 01.11.2021. Nach dem Zusammenfluss der Teilbecken werden die Bilanzbetrachtungen für den gesamten See vorgenommen.

Die klimatische Wasserbilanz für die einzelnen Teilbecken war im Betrachtungszeitraum 2020 bis 2021 defizitär, wobei das Defizit deutlich niedriger war als in den vergangenen Jahren (Tabelle 11).

Der geflutete **Nodrandschlauch** wies im Gegensatz zu den anderen Teilbecken eine defizitäre Grundwasserbilanz auf. Diese erklärt sich aus dem aufzufüllenden Porenraum in den angrenzenden gewachsenen Grundwasserleitern und insbesondere in der Innenkippe (Tabelle 11). Im Bilanzzeitraum 2020/2021 wurden in Summe 23,8 Mio. m³ bzw. rund 70.700 m³/d Wasser aus dem Hammergraben und aus der Randriegelleitung in das Teilbecken Nordrandschlauch eingeleitet. Davon war rund die Hälfte volumenwirksam zur Auffüllung des Teilbeckens. Die andere Hälfte versickerte ins



Grundwasser. Der Verlust in den Absenkungstrichter nahm im Vergleich zu den Vorjahren aufgrund der gewachsenen Kontaktfläche zunächst weiter zu.

Tabelle 11: Wasserbilanz der Teilbecken des zukünftigen Cottbuser Ostsees für drei Bilanzzeiträume zwischen 04/2019 und 11/2021.

Bilanzgröße Bilanzierungszeitraum	Niederschlag	Verdunstung	Ableiter 1	Ableiter 2	Hammergraben	Volumenänderung	Grundwasserbilanz
	m³/d	m³/d	m³/d	m³/d	m³/d	m³/d	m³/d
Nordrandschlauch							
04/2019-12/2019	+630	-1.600	+15.020	+7.270	+5.490	+10.790	-16.020
12/2019-12/2020	+1.490	-2.190	+17.290	+9.240	+24.390	+22.010	-28.220
12/2020-11/2021	+2.330	-2.910	+9.460	+4.870	+56.350	+35.480	-34.630
Randschlauch Merzdorf							
04/2019-12/2019	+130	-370	0	0	0	+330	+570
12/2019-12/2020	+230	-370	0	0	0	+220	+360
12/2020-11/2021	+320	-400	0	0	0	+2.590	+2.670
Südrandschlauch							
04/2019-12/2019	+840	-2.040	0	0	0	+2.140	+3.340
12/2019-12/2020	+1.110	-1.630	0	0	0	+2.580	+3.090
12/2020-11/2021	+1.160	-1.460	0	0	0	+2.410	+2.710

Der Wasserstand in den Teilbecken Merzdorf und Schlichow stieg im Bilanzzeitraum mit dem Grundwasserstand. Die Teilbecken wurden ausschließlich durch Grundwassereigenaufgang gefüllt.

Im **Randschlauch Merzdorf** nahm der Zufluss aus dem Grundwasser im Vergleich zu den vorherigen zwei Jahren noch einmal deutlich zu. Dies wird auf den starken Wasserspiegelanstieg im benachbarten Nordrandschlauch und entsprechend dem Grundwasseranstieg in seiner Umgebung zurückgeführt. Das Wasser stammt v. a. aus der Innenkippe mit entsprechenden hydrochemischen Eigenschaften, vgl. Abschnitt 3.4.2.2.

Die Volumenzunahme im **Südrandschlauch** erfolgte bisher ausschließlich durch Grundwasserzufluss. Der Volumenzuwachs beträgt seit 2019 weitgehend kontinuierlich etwa 3.000 m³/d.

3.4 Wasserbeschaffenheit

3.4.1 Flutungswasser

3.4.1.1 Hammergraben

Das eingeleitete Flutungswasser aus dem Hammergraben entstammt der Spree. Das Flutungswasser war neutral und mit $K_{S4,3} = 1,6$ mmol/L gepuffert (Tabelle 12). Die Sulfatkonzentration betrug im Mittel 340 mg/L. Die Konzentrationen von Eisen und Mangan waren im Hammergraben niedrig. Mit dem Flutungswasser aus dem Hammergraben wurden unspezifische organische Zehrstoffe (TOC, DOC) und Nährstoffe in das Teilbecken eingetragen.

Tabelle 12: Statistische Kenngrößen der maßgeblichen chemischen Kennwerte des Flutungswassers aus dem Hammergraben im Monitoringjahr 2021.

Kennwert	Einheit	Anzahl der Werte	Minimum	Mittelwert	Maximum
Elektrische Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	12	830	900	990
pH-Wert	-	12	7,6	7,8	8,1
Säurekapazität $K_{S4,3}$	mmol/L	11	1,4	1,6	2,0
Basenkapazität $K_{B8,2}$	mmol/L	11	0,02	0,08	0,19
TOC	mg/L	11	4,5	5,0	5,5
DOC	mg/L	11	4,4	4,9	5,5
TIC	mg/L	11	15,0	16,2	19,0
Chlorid	mg/L	11	24,8	31,6	36,8
Sulfat	mg/L	12	240	340	430
Natrium	mg/L	11	19,8	24,4	27,1
Kalium	mg/L	11	4,9	6,7	7,9
Magnesium	mg/L	11	17,2	22,0	25,2
Calcium	mg/L	11	105	127	150
Eisen, gesamt	mg/L	12	0,20	0,36	0,57
Eisen, gelöst	mg/L	12	0,01	0,14	0,30
Eisen-II, gelöst	mg/L	11	0,01	0,03	0,07
Mangan	mg/L	11	0,09	0,23	0,34
Aluminium	µg/L	11	20	34	59
Ammonium-N	mg/L	11	0,05	0,15	0,28
Nitrat-N	mg/L	11	0,050	1,242	2,700
Nitrit-N	mg/L	11	0,01	0,02	0,04
Phosphor, ges.	µg/L	11	11	31	70
Phosphat-P	µg/L	11	10	12	30
Arsen	µg/L	11	---	<10,0	---
Kupfer	µg/L	11	5	13	56
Nickel	µg/L	11	5	6	9
Zink	µg/L	11	1	3	12



3.4.1.2 Randriegel

Das Grundwasser aus den Randriegeln war im Vergleich zum Flutungswasser aus dem Hammergraben schwach sauer, aber nicht versauerungsdisponiert. Die Acidität $K_{B8,2}$ war höher als im Hammergraben, bedingt durch höhere Konzentrationen der Kohlensäure, des Eisens und des Aluminiums (Tabelle 13). Die Ammoniumstickstoffkonzentration war im anaeroben Grundwasser höher als im Hammergraben. Nitrat und Nitrit lagen unter der jeweiligen Bestimmungsgrenze. Die Phosphor-gesamt Konzentration war mit 106 $\mu\text{g/L}$ ebenfalls höher als im Hammergraben.

Tabelle 13: Statistische Kenngrößen der maßgeblichen chemischen Kennwerte des Sumpfungswassers aus den Randriegeln von Januar bis Dezember 2021. Die Daten der Messstellen Sammelleitung RR West 6 und des Abschlags GWA 2 wurden zusammengefasst.

Kennwert	Einheit	Anzahl der Werte	Minimum	Mittelwert	Maximum
Elektrische Leitfähigkeit bei 25°C	$\mu\text{S/cm}$	24	820	1.150	1.580
pH-Wert	-	24	6,4	6,9	8,1
Säurekapazität $K_{S4,3}$	mmol/L	24	0,5	2,2	3,1
Basenkapazität $K_{B8,2}$	mmol/L	24	0,42	0,72	1,70
TOC	mg/L	22	2,6	4,0	5,5
DOC	mg/L	2	3,6	3,9	4,1
Chlorid	mg/L	24	29,4	39,5	52,9
Sulfat	mg/L	24	320	440	650
Natrium	mg/L	2	26,4	31,8	37,2
Kalium	mg/L	2	7,2	8,0	8,8
Magnesium	mg/L	2	21,4	23,8	26,2
Calcium	mg/L	2	139	147	155
Eisen, gesamt	mg/L	24	9,16	19,64	27,80
Eisen, gelöst	mg/L	24	6,89	12,68	18,00
Eisen-II, gelöst	mg/L	24	6,78	11,98	17,40
Mangan	mg/L	2	1,21	1,35	1,48
Aluminium	$\mu\text{g/L}$	2	140	150	160
Ammonium-N	mg/L	2	0,68	0,72	0,75
Nitrat-N	mg/L	2	---	<0,125	---
Nitrit-N	mg/L	2	---	<0,01	---
Phosphor, gesamt	$\mu\text{g/L}$	2	106	106	106
Phosphat-P	$\mu\text{g/L}$	2	---	<10	---
Arsen	$\mu\text{g/L}$	2	---	<10,0	---
Kupfer	$\mu\text{g/L}$	2	---	<5	---
Nickel	$\mu\text{g/L}$	2	8	17	26
Zink	$\mu\text{g/L}$	2	---	<1	---

3.4.2 Cottbuser Ostsee

3.4.2.1 Schichtungsverhalten

Die Wassertiefe in den verschiedenen Teilbecken des zukünftigen Cottbuser Ostsees nahm im Monitoringjahr 2021 deutlich zu (Tabelle 14). Der Nordrandschlauch ist aktuell mit 18,2 Meter an der Messstelle CB-See-04 und mit 15,9 Meter an der Messstelle CB-See-03 das tiefste Teilbecken. In dem ausschließlich durch Grundwasseraufgang gefüllten Südrandschlauch wurde die Wassertiefe zuletzt mit 14,8 Meter gemessen. Zur Sommerbeprobung am 09.09.2021 waren die zwei Teilbecken thermisch stabil geschichtet (Bild 17). Die Epilimnionmächtigkeit lag bei 9 Meter. Über die Profiltiefe wurde ein Gradient der Sauerstoffkonzentration festgestellt. Während das Epilimnion sauerstoffgesättigt war, lag die Sauerstoffsättigung im Hypolimnion im Nordrandschlauch unter 40 % und im Südrandschlauch unter 60 %. Die hypolimnische Sauerstoffzehrung kann auf Zehrprozesse organischer Stoffe und auf den Grundwasserzufluss zurückgeführt werden. Beide Randschläuche waren zum Zeitpunkt der Messung über die gesamte Profiltiefe klar. Die Flutung aus dem Hammergraben war zum Zeitpunkt der Messung am 09.09.2021 nicht in Betrieb.

Im Sommer 2021 wurde im Teilbecken Merzdorf eine Wassertiefe von 7,6 Meter gelotet. Zum Zeitpunkt der Sommerbeprobung waren die Wasserflächen der Teilbecken Nordrandschlauch und Randschlauch Merzdorf noch nicht verbunden. Der Wasserspiegel im Teilbecken Merzdorf stieg erst im November 2021 sprunghaft um etwa 6 Meter (Abschnitt 3.3.2). Zum Zeitpunkt der Probennahme war die gesamte Wassersäule erwärmt. Daraus lässt sich ein polymiktisches Schichtungsverhalten ableiten.

Tabelle 14: Limnologische Eigenschaften der Teilbecken des Cottbuser Ostsees sowie gemessene Wassertiefen zu den Messterminen.

Teilbecken	Mst.	Maximale Tiefe [m]		Schichtungsverhalten	Besonderheiten
		19.03.2020	09.09.2021		
Schlichow (Südrandschlauch)	CB-See-01	13,9	14,8	dimiktisch	---
Merzdorf (Randschlauch Merzdorf)	CB-See-02	2,2	7,6	polymiktisch	---
Willmersdorf (Nordrandschlauch)	CB-See-03	12,4	15,9	dimiktisch	---
	CB-See-04	10,1	18,2		

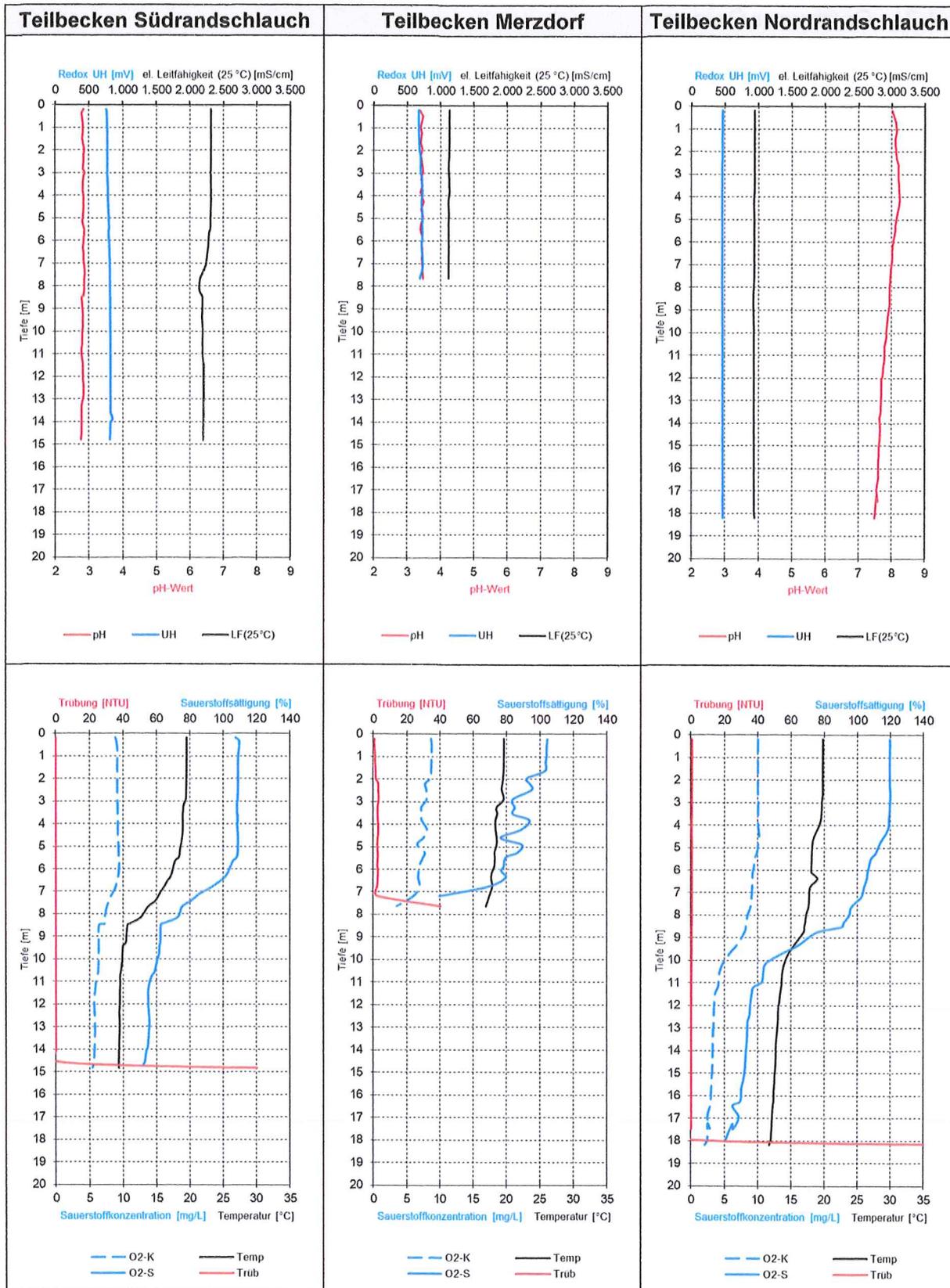


Bild 17: Tiefenprofile für die Kennwerte Wassertemperatur, Trübung, Sauerstoffkonzentration und -sättigung, pH-Wert, Redoxpotential und elektrische Leitfähigkeit in den Teilbecken des Cottbuser Ostsees zum Termin der Beprobung am 09.09.2021.

3.4.2.2 Wasserbeschaffenheit

Im Monitoringjahr 2021 waren zum Zeitpunkt der hydrochemischen Beprobungen noch drei Teilbecken ausgebildet. Die Befunde der hydrochemischen Untersuchungen während der Spätsommernkampagne 2021 sind in der Tabelle 15 dargestellt.

Tabelle 15: Ergebnisse der Wasserbeprobungen in den einzelnen Teilbecken des zukünftigen Cottbuser Ostsees am 09.09.2021.

Kennwerte	Einheit	Südrand- schlauch CB-See-01	Merz- dorf CB-See-02	Nordrand- schlauch CB-See-03	Nordrand- schlauch CB-See-04
		09.09.2021	09.09.2021	09.09.2021	09.09.2021
		Epilimnion	Epilimnion	Epilimnion	Epilimnion
Vor Ort					
Entnahmetiefe	m	1,5	1,5	2,0	2,0
Gelotete Tiefe	m	14,8	7,6	15,9	18,2
Sichttiefe	m	2,8	1,8	3,2	3,2
Elektrische Leitfähigkeit +25°C	µS/cm	2.310	1.130	950	950
pH-Wert	---	2,9	3,6	8,1	8,0
Sauerstoffkonzentration	mg/L	9,1	8,4	9,8	9,5
Sauerstoffsättigung	%	104	98	112	110
Labor					
pH-Wert	---	2,9	3,7	7,8	7,9
Elektrische Leitfähigkeit +25°C	µS/cm	2.300	1.130	950	950
Säurekapazität $K_{S4.3}$	mmol/L	---	---	1,4	1,5
Basenkapazität $K_{B4.3}$	mmol/L	3,1	0,1	---	---
Basenkapazität $K_{B8.2}$	mmol/L	5,5	0,7	0,1	0,0
Chlorid	mg/L	22,1	25,2	29,0	24,6
Sulfat	mg/L	1.170	480	340	390
Natrium	mg/L	17,5	27,8	27,5	28,7
Kalium	mg/L	6,8	8,8	6,4	6,4
Magnesium	mg/L	42,7	24,0	22,2	23,2
Calcium	mg/L	342	159	139	148
Eisen-gesamt	mg/L	37,0	1,3	0,1	0,1
Eisen-gelöst	mg/L	35,30	0,85	0,01	0,05
Mangan-gelöst	mg/L	5,91	2,29	0,01	0,01
Aluminium	mg/L	12,30	1,97	0,04	0,04
Arsen	µg/L	<10	<10	<10	<10
Blei	µg/L	<10	<10	<10	<10
Cadmium	µg/L	1,3	<1,0	<1,0	<1,0
Chrom-gesamt	µg/L	<5	<5	<5	<5
Nickel	µg/L	140	60	<5	<5
Kupfer	µg/L	13	17	<5	<5
Zink	µg/L	348	127	4	<1
Ammonium-N	mg/L	1,20	0,32	0,06	<0,05
Nitrat-N	mg/L	<0,25	<0,13	0,86	0,76
Nitrit-N	mg/L	<0,01	<0,01	0,01	0,01
Phosphor-gesamt	µg/L	13	14	15	14
ortho-Phosphat-P	µg/L	<10	13	13	6

Erläuterung der Farbgebung:

sauer	neutral
-------	---------

Der **Nordrandschlauch** wurde überwiegend mit Spreewasser geflutet (Abschnitt 3.3.1). Bislang erfolgte kein oder nur geringer Grundwasserzufluss aus der Innenkippe zum Nordrandschlauch (Abschnitt 3.3.3). Die Wasserbeschaffenheit glich daher weitgehend dem Flutungswasser (Tabelle 12). Das Wasser im Teilbecken Nordrandschlauch war neutral und mit $K_{S4,3} = 1,4$ mmol/L komfortabel gepuffert (Tabelle 15). Die Sulfatkonzentration war im Vergleich zu den anderen Teilbecken mit 340 mg/L niedrig, ebenso die Konzentrationen der pedogenen Metalle (Eisen, Mangan und Aluminium). Die Konzentrationen der relevanten Spurenmetalle (Arsen, Blei, Cadmium, Chrom-gesamt, Nickel, Kupfer und Zink) lagen unter der jeweiligen laboranalytischen Bestimmungsgrenze. Die Wasserbeschaffenheit an den zwei Messpunkten im Nordrandschlauch CB-See-03 und CB-See-04 war vergleichbar. Lediglich die Sulfatkonzentration war im nördlichen Teilbecken am Messpunkt CB-See-04 mit 390 mg/L geringfügig höher (Tabelle 15). Die Messstelle befindet sich in größerer Entfernung zur Einleitstelle. Die Beschaffenheit im Teilbecken Willmersdorf ist mit den Vorjahren vergleichbar (Bild 18).

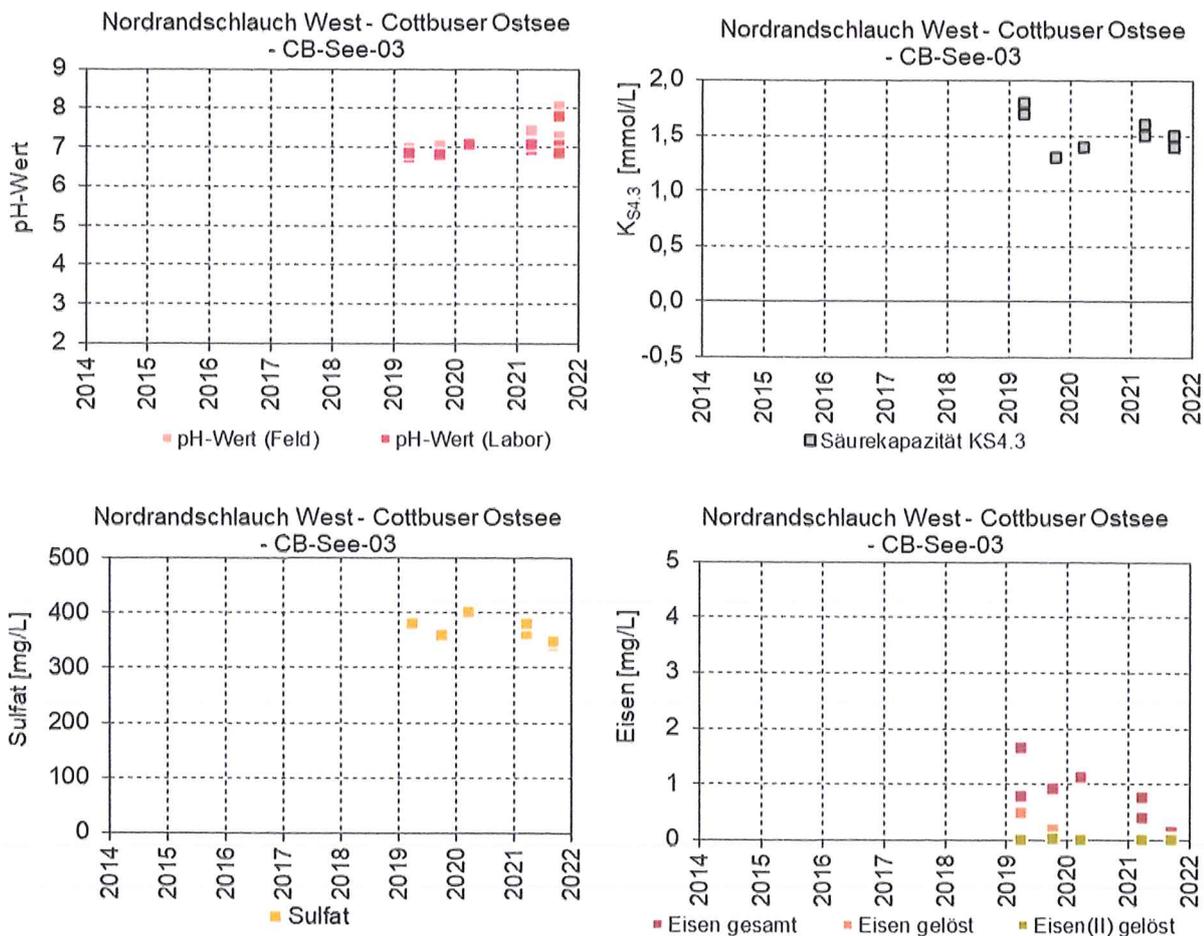


Bild 18: Befunde für die Kennwerte pH-Wert, $K_{S4,3}$, Sulfat und Eisen im Teilbecken Willmersdorf in allen beprobten Tiefenstufen im Zeitraum von 2014 bis 2021.

Der **Südrandschlauch** wurde bisher ausschließlich durch Grundwassereigenaufgang gefüllt (Abschnitt 3.3.3). Das Teilbecken war mit $pH = 2,9$ und $K_{B4,3} \approx 3$ mmol/L stark sauer (Tabelle 15). Die Acidität verbarg sich in hohen Konzentrationen der pedogenen Metalle Eisen und Aluminium. Das Eisen lag im sauren Seewasser dominant als

gelöstes dreiwertiges Eisen vor (Bild 19). Das Wasser war stark mineralisiert und wies eine Sulfatkonzentration von 1.200 mg/L auf. Aufgrund des niedrigen pH-Wertes wurden auch die Spurenmetalle, insbesondere Kuper, Nickel und Zink, mit erhöhten Konzentrationen gemessen. Stickstoff lag ausschließlich als Ammonium-Stickstoff mit 1,2 mg/L vor. Die Wasserbeschaffenheit im Teilbecken Schlichow ist mit den Vorjahren vergleichbar (Bild 19).

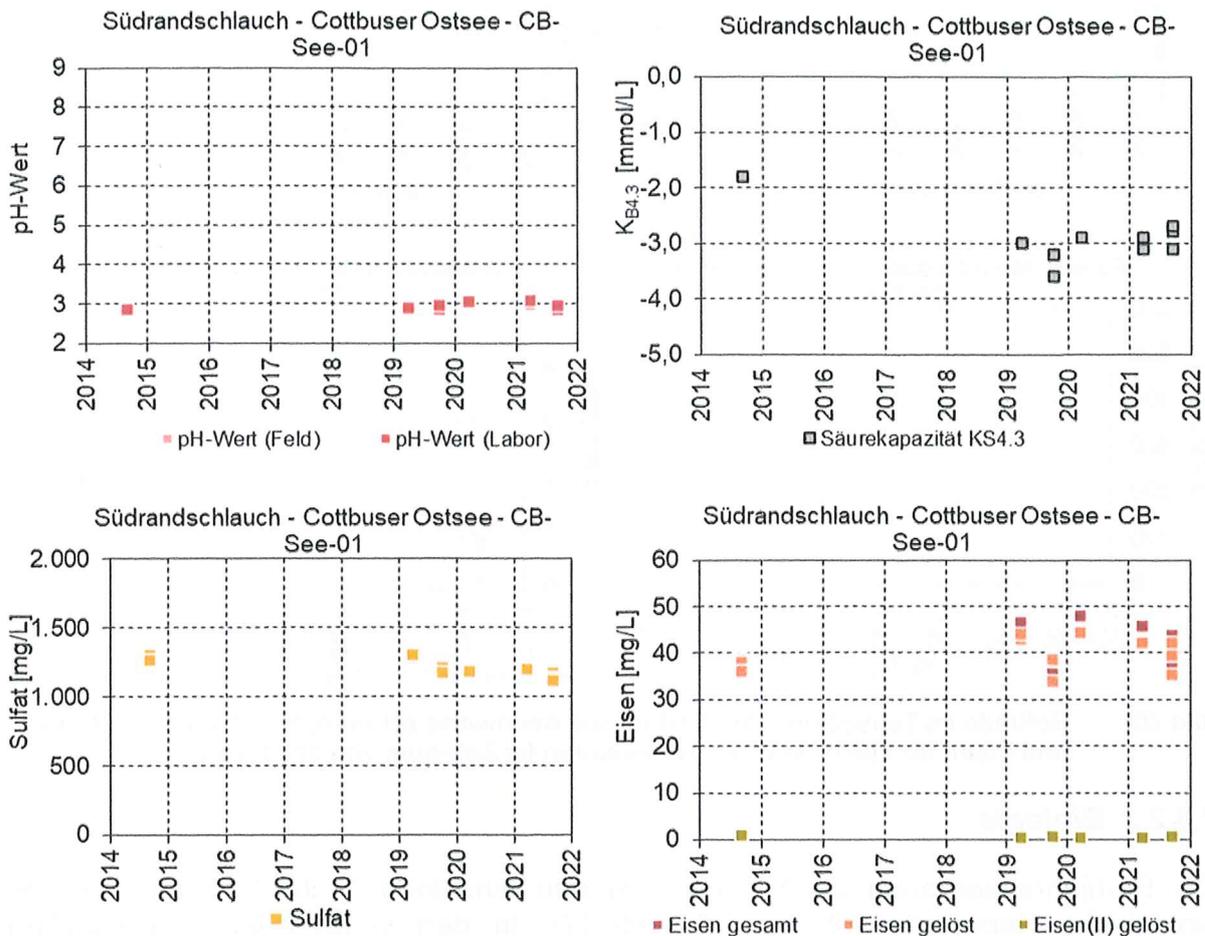


Bild 19: Befunde für die Kennwerte pH-Wert, $K_{B4,3}$, Sulfat und Eisen im Teilbecken Schlichow in allen beprobten Tiefenstufen im Zeitraum von 2014 bis 2021.

Der **Randschlauch Merzdorf** war zur Beprobung im September 2021 durch den erhöhten Kippenwasseranstrom versauert (Tabelle 15 und Abschnitt 3.3.2). Der pH-Wert lag bei 3,6 und der $K_{B4,3}$ bei 0,1 mmol/L. Die Sulfatkonzentration war im Vergleich zum Vorjahr gestiegen und lag im Herbst 2021 bei 480 mg/L (Bild 20). Die Eisenkonzentration war niedrig. Die Spurenmetalle Nickel, Kuper und Zink waren in relevanten Konzentrationen nachweisbar. Durch den Überlauf von Wasser aus dem Nordrandschlauch in den Randschlauch Merzdorf im November 2021 wird zum nächsten Beprobungstermin im März 2022 mit einer deutlich veränderten Wasserbeschaffenheit gerechnet.

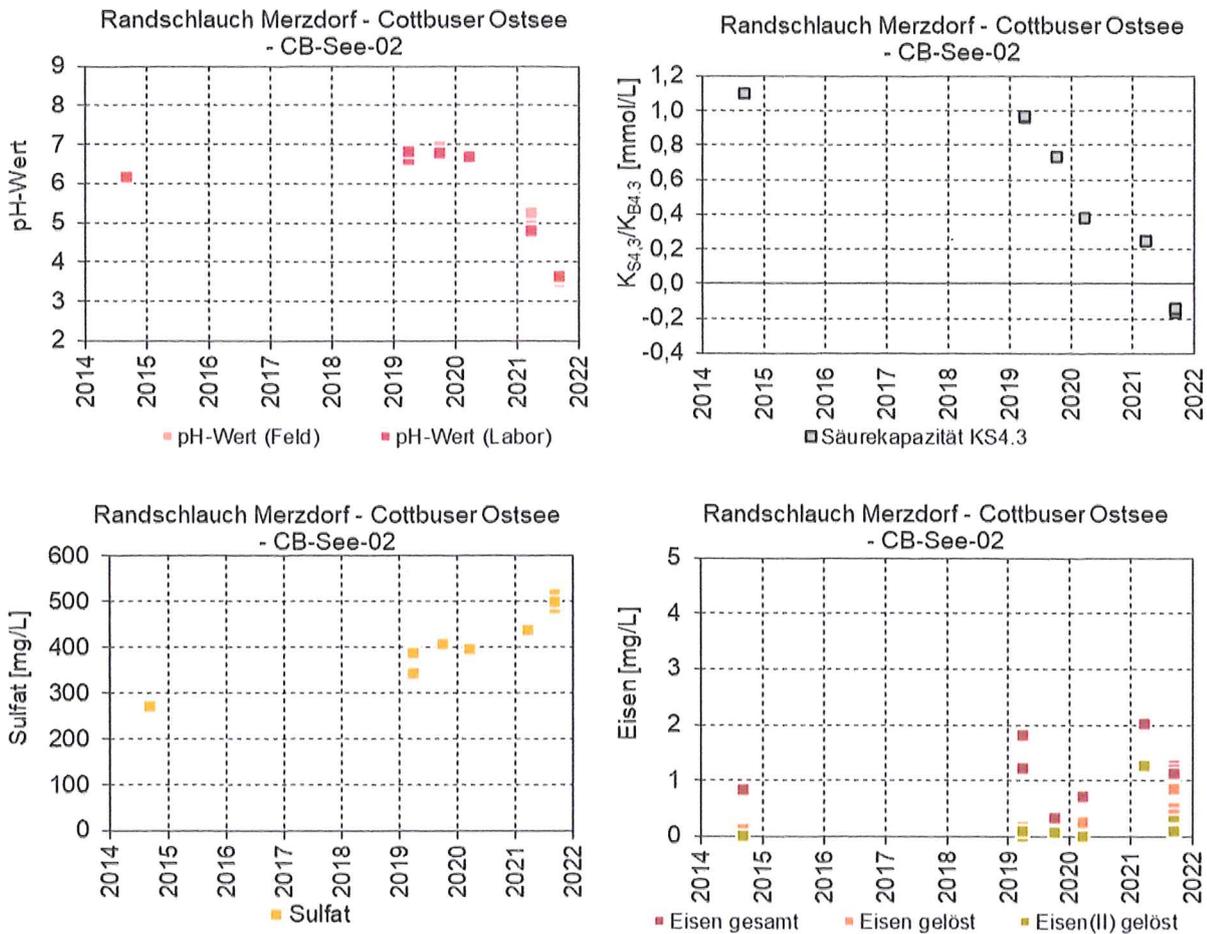


Bild 20: Befunde im Teilbecken Merzdorf für die Kennwerte pH-Wert, $K_{S4,3}$ bzw. $K_{B4,3}$, Sulfat und Eisen für alle beprobten Tiefenstufen im Zeitraum von 2014 bis 2021.

3.4.2.3 Biologie

Zur Frühjahrsbeprobung 2021 wurden in den einzelnen Teilbecken ausgewählte biologische Kennwerte erhoben (Tabelle 17). In den verschiedenen Teilbecken herrschte zum Zeitpunkt der Beprobung ein starker pH-Gradient von neutral im Nordrandschlauch bis stark sauer im Südrandschlauch. Das höchste Phytoplanktonaufkommen wurde mit $0,5 \text{ mm}^3/\text{L}$ im neutralen - mit Spreewasser gefluteten - Nordrandschlauch gemessen. Mit dem Absinken des pH-Wertes in den anderen Teilbecken nahm das Planktonaufkommen ab (Tabelle 17). Die Diversität des Phytoplanktons war im neutralen Seewasser des Nordrandschlauches höher als im sauren Seewasser des Südrandschlauches (Bild 21). Im Nordrandschlauch wurden neben Goldalgen, Kryptomonaden und Kieselalgen auch Blaualgen nachgewiesen. In den anderen Teilbecken dominierten im Wesentlichen Goldalgen. Das Zooplanktonaufkommen ergab sich in Abhängigkeit vom Phytoplanktonaufkommen. Im Nordrandschlauch waren im Jahr 2021 ausschließlich Ruderfußkrebse und Rädertiere nachweisbar.

Im Jahr 2020 erfolgte keine biologische Untersuchung. Im Frühjahr 2019 wurde die höchste Planktondichte mit $1,8 \text{ mm}^3/\text{L}$ erwartungsgemäß im Randschlauch Merzdorf nachgewiesen, der zu diesem Zeitpunkt noch neutral war (Tabelle 16). Das niedrigste Aufkommen wurde wie im Jahr 2021 im sauren Südrandschlauch gemessen. Die

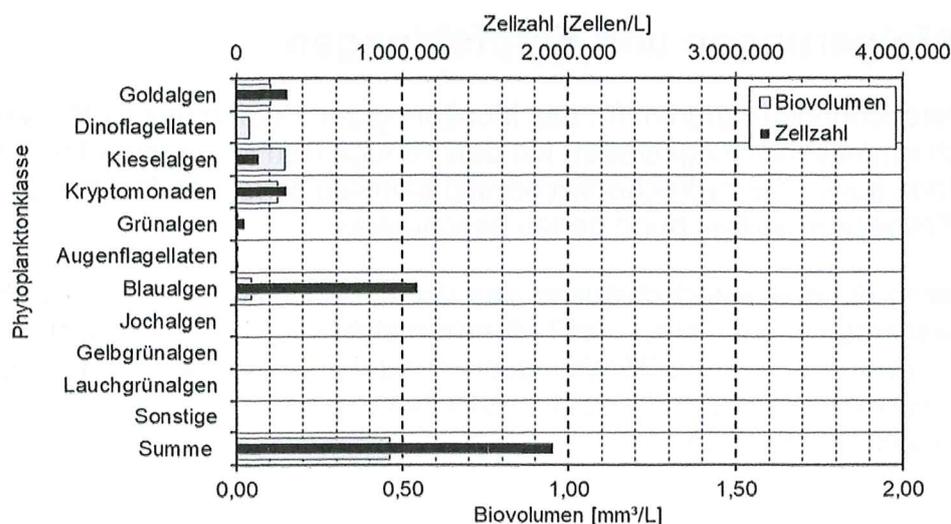
Abundanzen des Phyto- und Zooplanktons sind an die Entwicklung der Wasserbeschaffenheit gebunden. Aufgrund des ungleichmäßigen Flutungsregimes in den einzelnen Teilbecken durch Fremdfutung und Grundwasseraufgang ist die biologische Entwicklung sehr spezifisch. Durch die Verbindung der Teilbecken ist mit einer veränderten hydrochemischen Entwicklung und somit auch mit einer veränderten biologischen Entwicklung zu rechnen. Die im Monitoringjahr 2020 ausgefallenen biologischen Untersuchungen stellen somit keinen wesentlichen Informationsverlust dar.

Tabelle 16: Relevante Kennwerte und Planktongehalte am 29.03.2019.

Tagebausee	Einheit	Nordrand-schlauch (CB-See-03)	Randschlauch Merzdorf (CB-See-02)	Südrand-schlauch (CB-See-01)
Mixis	---	dimiktisch	polymiktisch	dimiktisch
pH-Wert	---	7,2	6,7	3,1
Sichttiefe	[m]	0,5	1,6	3,0
Phosphor	[µg/L]	17	10	12
Chlorophyll a	[µg/L]	2,7	5,8	0,6
Phytoplankton	[mm ³ /L]	0,242	1,803	0,077
Zooplankton	[Ind/L]	78	78	0

Tabelle 17: Relevante Kennwerte und Planktongehalte am 23.03.2021.

Tagebausee	Einheit	Nordrand-schlauch (CB-See-03)	Randschlauch Merzdorf (CB-See-02)	Südrand-schlauch (CB-See-01)
Mixis	---	dimiktisch	polymiktisch	dimiktisch
pH-Wert	---	7,4	5,1	3,0
Sichttiefe	[m]	1,0	1,5	1,9
Phosphor	[µg/L]	17	10	18
Chlorophyll a	[µg/L]	4,6	2,2	0,6
Phytoplankton	[mm ³ /L]	0,461	0,115	0,025
Zooplankton	[Ind/L]	423	2,2	1,6



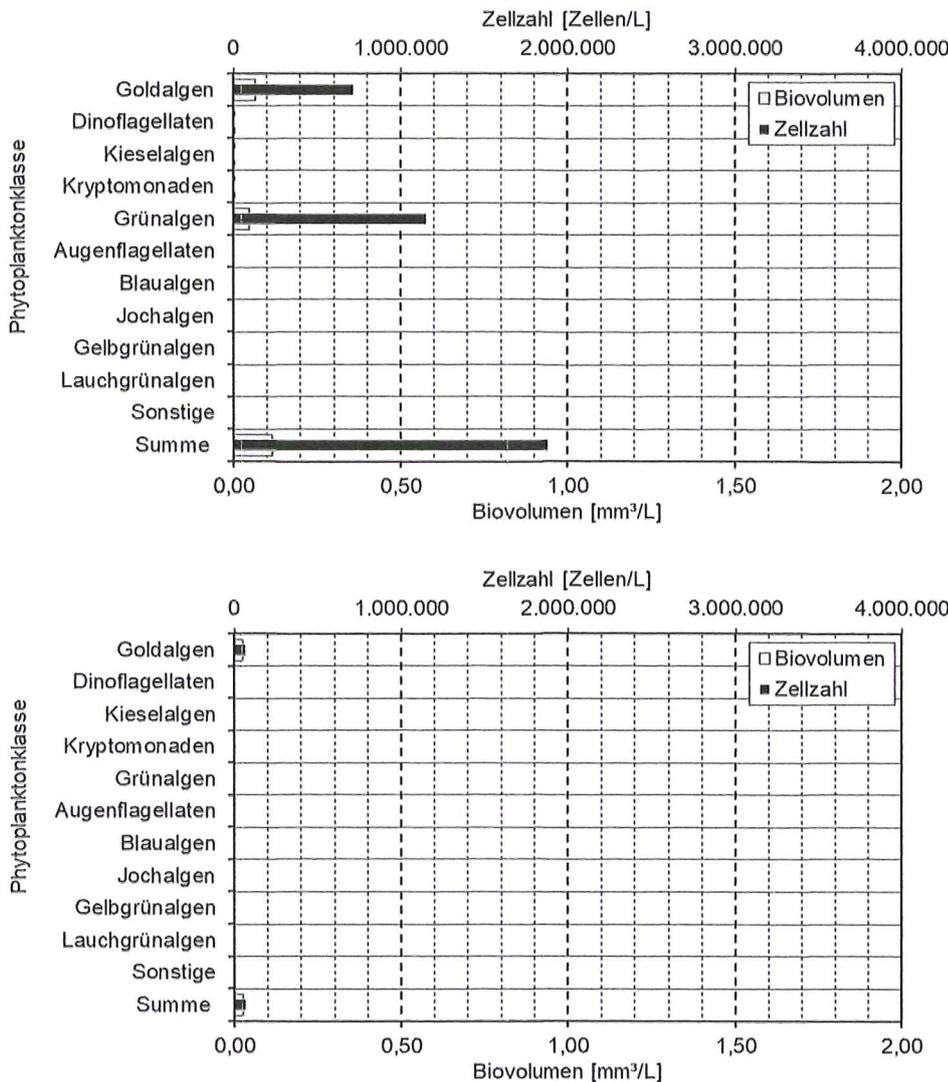


Bild 21: Phytoplanktonbefunde 2021 für die Teilbecken Nordrandschlauch (oben), Merzdorf (Mitte) und Südrandschlauch (unten).

4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

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

Am 09.03.2022 waren die drei Randschläuche des Cottbuser Ostsees nachweislich verbunden. Der Wasserstand lag in allen drei Teilbecken einheitlich bei +56,7 m NHN. Im Kalenderjahr 2021 wurden mehrere Böschungsbrüche dokumentiert, in deren Folge sich die H-V-A-Beziehung verändert hat. Die H-V-A-Beziehung des Cottbuser Ostsees sollte zu gegebener Zeit überprüft werden.



5 Quellenverzeichnis

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

