

Untersuchungen zur Moor-Wiedervernässung in der Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft¹

Von ANNA BEER, THOMAS GRISCHEK, FABIAN MUSCHE,
KRISTIN BABER, JULIAN AHLBORN, SEBASTIAN BUSCHMANN,
MADLENA MITSCHKE und CHRISTIANE M. RITZ

Zusammenfassung

Moore gehören zu den Feuchtgebieten und gelten als sehr sensible Ökosysteme, welche besonders durch großräumige Landnutzungsänderungen, Veränderungen des Nährstoffeintrags und der globalen Erwärmung schwer betroffen sind. Durch die Revitalisierung von Moorböden können verloren gegangene Funktionen (Kohlenstoffsенke, Lebensraum spezialisierter Arten, Klimaregulierung etc.) wiederhergestellt werden. Im Rahmen des Verbundprojekts „MoSaiKTeiL – Moore, Sande, Kiefern und Teiche der Lausitz“ sollen unter anderem Moore wiedervernässt und die einst vorherrschende ursprüngliche Artenvielfalt wiederhergestellt werden. Für drei ausgewählte Moore der Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft sollten dazu die geohydrologischen Bedingungen erfasst und bewertet werden. Die Untersuchungen umfassten Bodensondierungen, Wasserstandsmessungen, Probenahmen zur Untersuchung der Wasserqualität und eine Bewertung der Auswirkungen einer Moor-Wiedervernässung im Kontext sich ändernder klimatischer Bedingungen. Am Zipfelteich, einem verlandeten Gewässer bei Kamenz, behindert eine dicke, tonhaltige Schicht den direkten Kontakt zwischen der aufliegenden Torfschicht und dem Grundwasserleiter. Dies führt zu einer stark eingeschränkten Versickerungsfähigkeit und einem verstärkten Abfluss. Eine dauerhafte Speicherung von Wasser im Torfkörper kann nicht gewährleistet werden, daher ist der Erfolg einer Wiedervernässung unsicher. Im Gegensatz dazu zeigt das Waldmoor in der Baruther Heide ein hohes Potenzial für eine erfolgreiche Wiedervernässung. Der Erfolg hängt hierbei neben der Wasserzufuhr auch von der Durchlässigkeit des Torfs ab. Beim Jäser handelt es sich um eine Feuchtfläche, die einst als natürliche Retentionsfläche des benachbarten Flusses Raklitza diente, jetzt jedoch durch einen Damm von diesem getrennt ist. Es besteht die Möglichkeit einer Wiedervernässung durch die Zufuhr von Flusswasser.

Abstract

Investigations of peatland rewetting in the Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft

Peatlands are wetlands and are considered very sensitive ecosystems that are particularly affected by large-scale changes in land use, changes in nutrient inputs and global warming. The restoration of peatlands can restore lost functions (carbon sink, habitat for specialized species, climate regulation, etc.). As part of the joint project “MoSaiKTeiL – Moore, Sande, Kiefern und Teiche der Lausitz”, wetlands are to be rewetted and the original biodiversity that once prevailed is to be restored. Various investigations were carried out to analyse and assess the prevailing geo-hydrological conditions in three selected wetlands in the Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft.

¹ Vortrag zur 33. Jahrestagung 2023 „Forschungsfacetten in der Lausitz“

These included soil investigations, the installation and implementation of hydrological monitoring, water-quality analyses and the assessment of the effects of peatland rewetting in the context of changing climatic conditions. At the Zipfelteich, a silted-up water body near Kamenz, a thick clay layer prevents direct contact between the peat layer and the aquifer. This leads to a severely limited infiltration capacity and increased runoff. Permanent storage of water in the peat body cannot be guaranteed and the success of rewetting is uncertain. In contrast, the forest bog in the Baruther Heide shows a high potential for successful rewetting. There, success depends not only on the water supply but also on the permeability of the surrounding peat. The Jäser is a wetland that once served as a natural retention area for the neighbouring river Rакlitza but is now separated from it by a dam. There is a possibility of rewetting through the supply of river water.

Keywords: Wetlands, peat, bog, carbon sink, restored, hydrological monitoring, rewetting.

1 Einleitung

Moore bedecken 3 % der Erdoberfläche, speichern aber 30 % des auf der Erde gebundenen Kohlenstoffs (JOOSTEN & SUCCOW 2001, MOORE 2002). Mehr als 95 % der deutschen Moore sind degradiert und sorgen laut dem UBA (2023) für 7 % (Stand 2021) der jährlichen Treibhausgasemissionen (TANNEBERGER et al. 2021, UBA 2023). Großflächige Entwässerungsmaßnahmen in Feuchtgebieten führen zur Zersetzung des anliegenden Torfs und folglich zur Freisetzung von klimawirksamen Treibhausgasen wie CO_2 , CH_4 und N_2O . Diese Tatsachen verdeutlichen die Notwendigkeit von Moorschutz und Moorrevitalisierung. Durch die langjährige Nutzung und intensive Eingriffe in den Wasserhaushalt wurden Moore ihrer Funktionen als Wasserspeicher, Stoffsene und Lebensraum für bestimmte Tiere und Pflanzen etc. beraubt (TAUCHNITZ et al. 2010). Durch die Wiedervernässung und Revitalisierung von Moorböden können diese unter Umständen wiederhergestellt werden.

Moore gehören zu den Feuchtgebieten und sind durch die Akkumulation von unvollständig zersetztem organischem Material in einem langfristig wassergesättigten und somit sauerstoffarmen Milieu charakterisiert. Bestimmende Faktoren intakter Moore sind somit ein langanhaltender Wasserüberschuss und ein stabiles Gleichgewicht zwischen Wasserzufuhr und Wasserabgabe (EDOM 2001). Der Wasserhaushalt wird durch das regionale Niederschlagsmuster, die hydrologischen Verhältnisse im Verbund mit den geologischen Gegebenheiten sowie der Vegetationszusammensetzung geprägt. Um ein gestörtes Moorsystem zu revitalisieren, besteht das Ziel der Wiederher-

stellung von hydrologischen Bedingungen, die der Torfakkumulation förderlich sind: hohe mittlere Wasserstände, geringere Wasserstandsschwankungen und ein erhöhtes Wasserdargebot durch verbesserten Wasserrückhalt. Im Rahmen des Verbundprojekts „MoSaiKTeil – Moore, Sande, Kiefern und Teiche der Lausitz“ (Förderschwerpunkt „Hotspots der biologischen Vielfalt“) sollen unter anderem Moore wiedervernässt und die einst vorherrschende ursprüngliche Artenvielfalt wiederhergestellt werden. Im Hinblick auf den Klimawandel ist die Rückführung zu einem klimaresilienten Ökosystem ein wichtiger Teil von Renaturierungsprojekten. Zur Wiedervernässung der Moore werden in den Jahren 2023/24 bauliche und vegetationsverändernde Maßnahmen umgesetzt, um einen Grundwasseranstieg und somit einen erhöhten Wasserrückhalt zu erreichen. Ein hydrologisches Langzeit-Monitoring soll im Rahmen des Verbundprojekts in Zusammenarbeit mit der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (HTWD) zur Erfolgskontrolle dienen. Diese Arbeit gibt einen Einblick in die hydrologischen und hydrogeologischen Eigenschaften von drei ausgewählten Moorstandorten in der Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft (OHTL) und eine Einschätzung zur Nachhaltigkeit von Wiedervernässungsmaßnahmen unter Berücksichtigung der Zunahme saisonaler Trockenperioden. Dazu wurden folgende Forschungsfragen beantwortet:

1. Wie sieht die hydrologische, hydrogeologische und nutzungstechnische Situation an den drei ausgewählten Moorstandorten aus?
2. Welche Annahmen sind zur Moorentwicklung infolge des Klimawandels zu treffen?

Mit Hilfe verschiedener Methoden wurden Untersuchungen zur Grundwasserdynamik und zum Nährstoffhaushalt durchgeführt.

2 Untersuchungsgebiete

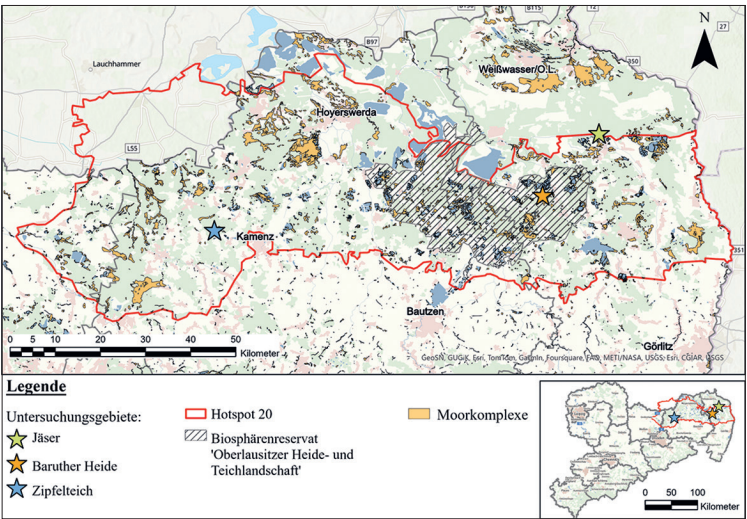
Die Gebiete liegen im südöstlichen Teil des norddeutschen Tieflandes, im nordöstlichen Teil Sachsens. Sie sind Teil des Hotspot 20-Gebiets, einer Region, welche als „Hotspot der biologischen Vielfalt“ ausgewiesen ist (BFN 2023) und den Rahmen des MoSaiKTeil Projektes bestimmt (Abb. 1, Naturschutzstation Neschwitz e.V. 2023). Die drei Untersuchungsstandorte liegen im Einflussbereich des subkontinentalen Binnenklimas Ostdeutschlands, welches sich mit zunehmender Kontinentalität nach Osten hin intensiviert. Grundsätzlich ist ein geringer jährlicher Niederschlag (635 mm/a) mit einem Maximum im Sommer und eine eher angespannte klimatische Wasserbilanz (~50 mm/a) charakteristisch für das Gebiet (RÖDER 2005, BASTIAN et al. 2005, DECKER 2014). Lokalklimatische Abweichungen, wie Wärmeinseln und Konvektionsniederschläge, werden durch die gegensätzlichen Naturräume, wie die Kiefernheide und die großen Teichkomplexe, verursacht. Stark wasserdurchlässige Böden, wie sie in der OHTL hauptsächlich anliegen, tragen ebenfalls zu einer Trockenheitsgefährdung bei. Glaziale und fluvioglaziale Prozesse formten die Land-

schaft maßgeblich. Durch die Bewegungen der Gletschermassen während der letzten Eiszeit wurde die Landschaft geebnet, unzählige Schmelzwasserflüsse und -seen führten zur Bildung weitläufiger sandiger und kiesiger Ablagerungen (MÖBUS 1956). Das weite Flussnetz und dessen Auenlandschaften bildeten lehmig-sandige Wechsellagerungen, welche als Stauschicht und Grundwasserleiter agieren und in den typisch oberflächennahen Grundwasserständen der OHTL resultieren (SMOLNIK & RICHTHOFEN 2010).

Die Bewohner des Oberlausitzer Heide- und Teichgebietes haben sich den Wasserreichtum bereits frühzeitig zu Nutze gemacht, indem sie große Fischteiche anlegten und durch Grabensysteme miteinander verbanden (BÖTTCHER 2013). Im 19. Jahrhundert begann der Rückbau und die Umwandlung von Teichen zu landwirtschaftlichen oder forstwirtschaftlichen Flächen mittels umfangreicher Entwässerungsmaßnahmen.

Die drei ausgewählten Untersuchungsgebiete werden anhand ihrer unterschiedlichen geologischen, hydrologischen sowie vegetationstechnischen Gegebenheiten charakterisiert. Bei der westlichsten Untersuchungsfläche handelt es sich um den Zipfelteich (51°17'N 014°0'E), einen ehemaligen Teich mit weit fortgeschrittener Verlandung und zunehmendem Trockenfallen im Sommer. Das Moor ist etwa 10 ha groß und umfasst großzügig den Zipfelteich (LfULG 2023b). Im Nordosten leiten Entwässerungs-

Abb. 1: Übersichtskarte zum Hotspot-20-Gebiet, zu den ausgewählten Moorstandorten und den vorliegenden Moorkomplexen (LfULG 2023b, 2023c, 2023d)



gräben das Niederschlagswasser aus dem Waldgebiet zum Zipfelteich ab (Abb. 2). Der südöstlich anliegende Rohrbachteich wird über ein Durchlassrohr vom Zipfelteich gespeist. Der Zipfelteich sowie ein Teil des umliegenden Waldes befinden sich im Privatbesitz.

Die Untersuchungsfläche in der Baruther Heide (51°20'N 014°39'E) befindet sich inmitten eines Kiefernforstes im Biosphärenreservat OHTL. Das Moor ist im Besitz des Staatsbetriebs Sachsenforst und ist etwa 12,3 ha groß (LfULG 2023a, KEMPFER 2021, LfULG 2023b). Der Kiefernforst wird von diversen Entwässerungsgräben durchzogen (Abb. 2), welche von KLEIN (2020) und KEMPFER (2021) kartiert und charakterisiert wurden.

Die östlichste Untersuchungsfläche ist Teil der großflächigen Teichgruppe Rietschen, welche stark anthropogen überprägt ist. Der Jäser (51°24'N 014°46'E) liegt im Teileinzugsgebiet der Raklitza, welche im Süden des Gebiets in Richtung Westen läuft und in den Weißen Schöps mündet. Derzeit trennt ein etwa 2 m hoher Damm das offene Feuchtgebiet von der Raklitza und lässt keine natürliche Überschwemmung mehr zu (Abb. 2). Während eines Hochwasserereignisses HQ20/25 gehört der Jäser zum festgesetzten Überschwemmungsgebiet (§ 72 Abs. 2 Nr. 2 SächsWG) der Raklitza. Die Moorfläche ist etwa 13 ha groß (LfULG 2023b).

Maßnahmenplanung

Im Rahmen des Verbundprojekts „MoSaiKTeil Moore, Sande, Kiefern und Teiche der Lausitz“ (Förderschwerpunkt „Hotspots der biologischen Vielfalt“) wurden Maßnahmen zur Wiedervernässung verschiedener Moorstandorte geplant. Die Entwässerung des Zipfelteichs in den Rohrbachteich und einen weiteren Graben soll durch ein festes Schütz unterbunden werden. Aufgrund fortgeschrittener Sukzession auf der Moorfläche werden Entkusselungsaktionen sowie Schilfschnitt mit Beräumung durchgeführt. In der Baruther Heide sollen punktuelle Grabenverfüllungen und die Schaffung kleinflächiger Senken durch autochthone Bodenentnahme umgesetzt werden. Diese Maßnahmen sollen einen Anstieg des Grundwassers und somit eine dauerhafte Vernässung des Torfkörpers initiieren. Die Senken können als Refugien für feuchtigkeitsliebende Organismen dienen. Für die Wiedervernässung des Jäser könnte gege-

benenfalls Oberflächenwasser aus der Raklitza in das Gebiet geleitet werden. Die Machbarkeit muss hinsichtlich des erforderlichen Bauaufwands und der chemischen Kompatibilität geprüft werden.

3 Material und Methoden

Mit Hilfe verschiedener Methoden kann auf den Zustand und die hydrologischen Prozesse des Moores geschlossen werden. Die Untersuchungen an den Moorstandorten starteten am 7.9.2022. Zur Untersuchung der geologischen Eigenschaften des Bodens wurden Bodensondierungen mittels Rammkernsonden durchgeführt. Zur Kontrolle der Wasserdynamik wurden Oberflächenwasser- und Grundwasserpegel installiert, welche die Wasserstandsschwankungen im Gewässer und der oberflächennahen Grundwasserleiter aufzeichnen (Abb. 2). Drucksensoren und Datenlogger nehmen den Wasser- und Luftdruck im 6 h-Messintervall auf. Mit Hilfe eines Nivellements wurden die relativen Höhen der Messpegel mit Bezug auf einen festgelegten Referenzpunkt gemessen. Diese Messmethode macht eine Maßeinteilung bis auf 1 cm Genauigkeit möglich.

Die Grundwasser- und Oberflächenwasserbeschaffenheit wird durch Einzelproben an allen Standorten erfasst und analysiert. Grundwasserproben wurden aus den Messpegeln und Oberflächenwasserproben mit einem Schöpfer entnommen. Ausgewählte physikalische und chemische Parameter wurden mit einem WTW-Multi-Messgerät und entsprechenden Sonden ermittelt (Wassertemperatur, elektrische Leitfähigkeit, gelöster Sauerstoff und pH-Wert). Weitere Wasserinhaltsstoffe wurden im Labor der HTWD bestimmt, Kationen mittels ICP-OES, Anionen mittels Ionenchromatographie. Die nicht flüchtigen organischen Substanzen wurden unter Verwendung einer direkten Methode zur Bestimmung des DOC (dissolved organic carbon) als NPOC (non purgeable organic carbon) mit einem TOC-Analysator gemessen.

Mit Hilfe des Programms Modflow wurde ein Strömungsmodell zur Veranschaulichung der Grundwasserfluktuation erstellt. Der entwässernde Effekt einer Grabenstruktur in der Baruther Heide und das Resultat einer Graben-

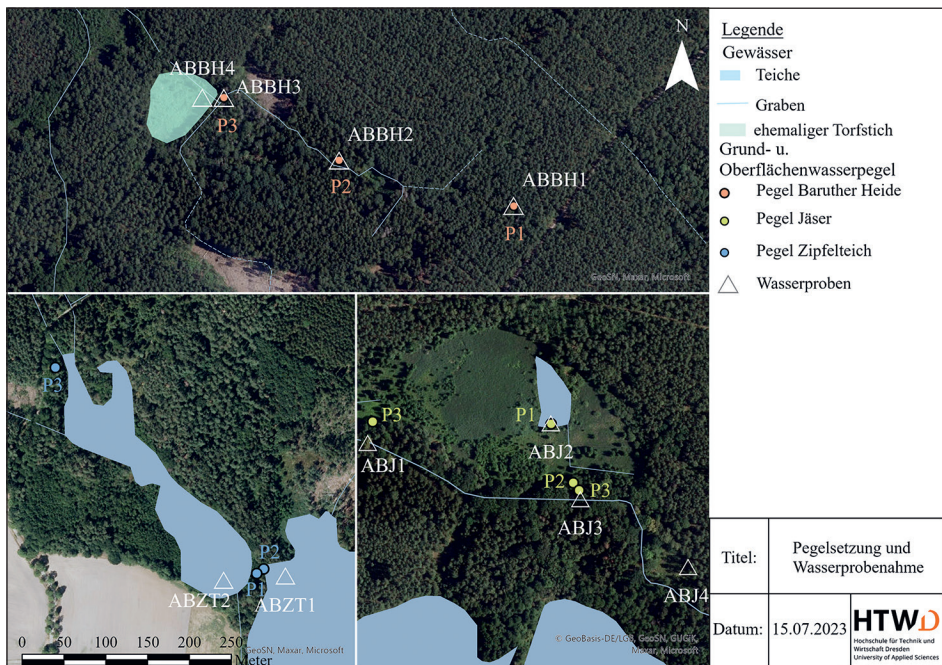


Abb. 2: Übersicht der Pegelstandorte und Probenahmepunkte (oben: Baruther Heide, links: Zipfelteich, rechts: Jäser) (LfULG 2023a)

verfüllung wurden untersucht. Hierfür wurde ein oberirdischer Wasseranstau simuliert, der zum Grundwasseranstieg führen soll.

Klimamodelle dienen der Projektion der sich verändernden Zusammensetzung der Atmosphäre und deren klimatischen Folgen. Die Sachstandsberichte des IPCC bieten seit 1990 den Entwicklungsrahmen. Neben den globalen Klimamodellen mit einer groben Auflösung (ca. 100×100 km) wurden regionale Modelle mit einer feineren Auflösung entwickelt. Unterschiedlichen Ansätzen folgend gibt es dynamische Modelle (CLM und REMO) und statistische Modelle (WETTREG und STAR). WETTREG arbeitet mit beobachteten statistischen Zusammenhängen zwischen dem lokalen Wetter und großräumigen atmosphärischen Zirkulationsmustern. Aus der WETTREG-Methode entwickelte sich die auf Sachsen spezialisierte Instanz „WEREX“ (KREIENKAMP et al. 2011). Das Klimamodell Werex55 wurde zur Veranschaulichung der Klimaentwicklung bis 2100 an den Moorstandorten verwendet.

4 Ergebnisse

Zipfelteich

Die Bodenhorizonte am Zipfelteich weisen ein einheitliches Schichtpaket auf, bestehend aus einer 20–60 cm mächtigen Torfschicht, einer feinsandigen Schluffschicht und einer reinen Schluffschicht oder einer schluffigen, feinsandigen Schicht. Das Geländegefälle beträgt 0,02% mit dem niedrigsten Geländepunkt im Rohrbachteich. Zum Zeitpunkt der Bohrung (September 2022) wurde kein Grundwasser angetroffen. Der Grund- und Oberflächenwasserpegel nordwestlich des Zipfelteichs (P3) sowie der Oberflächenwasserpegel (P1) an der tiefsten Stelle im Zipfelteich zeigen eine eindeutige Reaktion auf Niederschlagsereignisse. Der Wasserstand im Rohrbachteich (P2) erreichte von Januar bis März 2023 einen Plateauwert an der Geländeoberkante, welcher trotz starker und langanhaltender Niederschlagsereignisse unverändert blieb. Daraufhin kam es zu einem deutlichen Anstieg und zu erneuten Reaktionen auf Niederschlagsereignisse. Niedrige Sauerstoffkonzentrationen waren in den Oberflächengewässern des Zipfelteichs (1,1 mg/l)

und Rohrbachteichs (3,1 mg/l) zu verzeichnen. Die höchsten DOC-Konzentrationen wurden grundsätzlich in den Oberflächengewässern nachgewiesen (ZT: 22,7 mg/l, RT: 15,7 mg/l). Hohe DOC-Konzentrationen weisen auf einen hohen Huminstoffgehalt im Wasser hin. Die Eisenkonzentration lag im Rohrbachteich unter der Bestimmungsgrenze und im Zipfelteich bei 4,0 mg/l. Die Konzentrationen von Aluminium, Arsen, Barium, Cadmium, Cobalt, Chrom, Kupfer, Nickel, Blei, Silizium und Strontium lagen an allen Standorten unter der Bestimmungsgrenze oder waren sehr gering.

Baruther Heide

Das Untersuchungsgebiet in der Baruther Heide weist ein Gefälle von 0,5% in Richtung Nordwesten auf. Die Bodenansprache ergibt eine gleichbleibende Schichtung. Auf eine 40–160 cm mächtige Torflage folgt eine Feinsand-/Mittelsandschicht und darunter eine reine Feinsandschicht. Die Mächtigkeit der Torflagen nimmt dem Gefälle folgend zu. Da das hydraulische Gefälle geringer ist als das Geländegefälle, ist der Grundwasserflurabstand am tiefsten Geländepunkt am geringsten. Am 27.10.2022 führte der Grundwasserstand somit zu einer 76%-igen Sättigung der Torfschicht am P2 und zu einer 90%-igen Sättigung der Torfschicht am P3. Die Reaktion des Grundwasserstandes auf Niederschlagsereignisse ist sehr gering. Nur nach intensiven Regenereignissen wie am 4.11.2022 (33,3 mm/18 h) zeigte der Grundwasserstand einen deutlichen Anstieg um 0,09 m. Es kam über 8 Monate zum Grundwasseraustritt am P3. Die Niederschlagsmengen nahmen ab Mai 2023 stark ab, was in einer geringen, aber deutlichen Abnahme der Grundwasserstände resultierte. In der Baruther Heide wurden drei Grundwasserproben und eine Oberflächenwasserprobe aus einem stehenden Gewässer, einem ehemaligen Torfstich, entnommen. Die elektrische Leitfähigkeit dient als Summenparameter für mineralische Einträge. Die elektrische Leitfähigkeit im Grundwasser der Baruther Heide war im Vergleich zu den anderen Standorten am geringsten (105–206 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Relativ niedrige pH-Werte von 5,5–6,2 wurden in der Baruther Heide gemessen. Die niedrigsten DOC-Konzentrationen wurden im Grundwasser mit 3,1 mg/l bis 8,0 mg/l ermittelt, wohingegen ein hoher Wert von 18,6 mg/l im Oberflächenwasser des

Torfstichs ermittelt wurde. Die niedrigsten Calciumwerte wurden in den Wässern der Baruther Heide bestimmt (7,6–24,8 mg/l). Eisenkonzentrationen $>3,4$ mg/l wurden auch im ehemaligen Torfstich erfasst. Zink wurde ausschließlich in der Baruther Heide mit Werten von 2,2 mg/l bis 4,3 mg/l nachgewiesen.

Für die Baruther Heide wurden zwei Szenarien miteinander verglichen: die entwässernde Wirkung eines Grabensystems und die grundwasseranreichernde Wirkung durch Grabenverfüllung und anschließenden Wasseranstau. Die Simulationsergebnisse zeigen, dass die entwässernden Auswirkungen innerhalb von sieben Tagen nach Grabenziehung in einer Grabenentfernung von mindestens 50 m nachweisbar sind. Die stärkste Wirkung hat die Entwässerung in einer Entfernung von 10 m Radius vom Graben mit einer täglichen Absenkung von ~ 2 –3 cm. Das Ergebnis der Simulation einer Anstauung des Grabenwassers inmitten einer Torfschicht mit einem k_f -Wert von 10^{-6} m/s zeigt in den ersten 7 Tagen des Anstaus weiterhin einen entwässernden Effekt. Nach 14 Tagen kommt es zum Grundwasseranstieg in unmittelbarer Nähe des Grabens. Bei einem höheren k_f -Wert von 10^{-5} m/s reagiert das Grundwasser schneller auf die entwässernde Wirkung des Grabens und zeigt weitreichendere Auswirkungen in die Tiefe und die Umgebung. Hier ist in einer Entfernung von 20 m noch eine deutliche Grundwasserstandsabnahme zu erkennen. Das Grundwasserverhalten bei einem niedrigen k_f -Wert von 10^{-7} m/s zeigt nur einen sehr geringen entwässernden Effekt. In einer Entfernung von 20 m ist kaum noch eine Wasserstandsänderung zu verzeichnen.

Jäser

Das Bohrprofil des P1 im Jäser weist ein komplexes Schichtenpaket mit geringen Mächtigkeiten und unterschiedlichen Materialkomponenten auf. In einer Bohrlänge von 4 m sind zwei reine Torfhorizonte zu verzeichnen mit unterschiedlicher Mächtigkeit, Alter (stratigrafisches Prinzip) und Zersetzungsgrad. Tonige, schluffige und somit grundwasserhemmende Schichten wechseln sich mit Mittelsandschichten ab. Der Oberflächenwasserpegel in der Raklitza sowie der Pegel direkt hinter dem Damm im Jäser wiesen einen sehr ähnlichen Wasserstandsverlauf mit starker Abhängigkeit vom Niederschlag auf (Abb. 3).

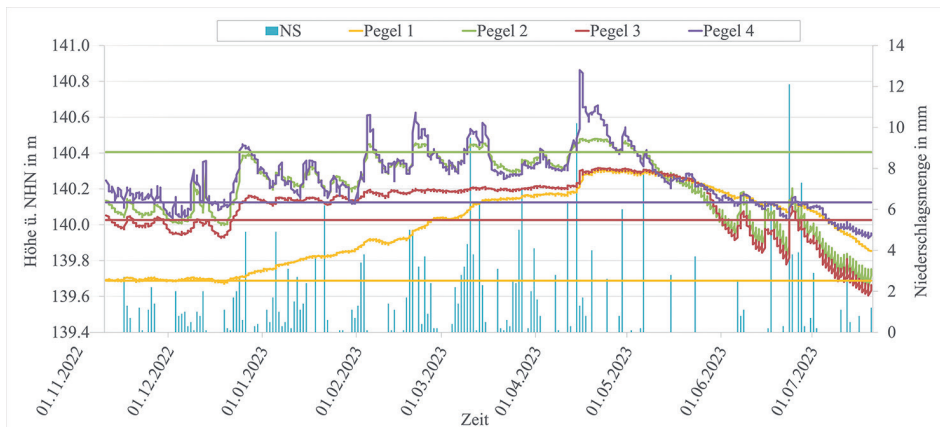


Abb. 3: Ganglinien an den Pegeln P1, P2, P3, P4 und Niederschlagsmengen am Jäser. Quelle: (DWD 2023)

Dem entgegengesetzt reagiert der Wasserstand im Moorzentrum sowie im Nordwesten bei einem Überstand kaum auf Niederschlagsereignisse. In den Winter- und Frühlingsmonaten bildete sich als Folge langanhaltender Niederschläge ein periodisches Gewässer (Abb. 4), dessen Wasserstand bis auf 60 cm ü GOK anstieg, bis er zeitgleich mit der abnehmenden Niederschlagsmenge sank. Am 11.5.2023 sank der Wasserstand der Raklitza erstmalig unter den des periodischen Gewässers im Moorzentrum.

Anders als zuvor zeigten sich ähnliche Trends der Pegelstände entlang des Dammes. Die Ganglinien deuten somit auf eine Umkehr des hydraulischen Gradienten und folglich der Grundwasserfließrichtung im Jäser hin. Die Wasserstands- sowie Abflussganglinien zeigen ab Mitte 2023 eine eindeutige Trendänderung

an. Der Wasserstand fällt ab und hat weniger starke Amplituden.

Im Jäser wurden drei Oberflächenwasserproben (Raklitza und Gewässer im Moorzentrum) und eine Grundwasserprobe aus der Messstelle GWM 3674 entnommen. Die höchsten Werte für die elektrische Leitfähigkeit sind im Jäser zu finden (Höchstwert im Moorzentrum), was auf erhöhte Ionenkonzentrationen hinweist. Der Gehalt an gelöstem Sauerstoff war im Grundwasser nahe null. Der niedrigste pH-Wert wurde mit pH 4,1 im Oberflächenwasser des Moorzentrums gemessen. Die höchste Hydrogencarbonat-Konzentration von 302 mg/l wurde für das Grundwasser im Jäser ermittelt, was eine hohe Pufferkapazität widerspiegelt. Das Gewässer im Moorzentrum des Jäser (ABJ2) enthielt kein Hydrogencarbonat, hier lag der anorganische Kohlenstoff bei dem niedrigen pH-Wert als gelöstes CO_2 vor. Der gelöste Gesamtstickstoff war im Grundwasser des Jäser mit 2,4 mg/l am höchsten und im Moorzentrum am geringsten. Der höchste Calciumwert wurde mit 55,5 mg/l im Grundwasser ermittelt. Der Eisengehalt war im GW mit 7,3 mg/l aufgrund anoxischer, reduzierender Bedingungen am höchsten und die Sulfatkonzentration mit 9,5 mg/l am geringsten. Auch in der Wasserprobe aus dem Moorzentrum war der Eisengehalt $>3,4$ mg/l. Nitrat erreichte nur in der Raklitza einen nennenswerten Wert von 4 mg/l. Beschaffenheitsdaten der Raklitza aus den Jahren 1996 bis 2022 (Messstation OBF25710) zeigen Phasen starker Schwankungen in den chemischen Parametern und Wasserinhaltsstoffen im Jahr



Abb. 4: Oberflächenwasserpegel P1 im Jäser in nördlicher Richtung (links: Dr. J. Ahlborn, Zustand 10.11.2022; rechts: Anna Beer, Zustand 20.7.2023)

2013 und 2022, aber keine großen Abweichungen zu den Werten der einmaligen Probenahme im Rahmen dieser Arbeit.

Änderungen der Wasserbilanzen infolge der Erderwärmung

Einen Einblick in den lokalen Wasserhaushalt gibt die Wasserhaushalts- bzw. Wasserbilanzgleichung:

$$P = ET + R + \Delta S$$

mit den Komponenten P als Niederschlag, ET als Evapotranspiration, R als Abfluss und ΔS als Speicheränderung (über längere Zeiträume zu vernachlässigen). Evapotranspiration vereint die Verdunstung von Wasser aus der Pflanzen- und Tierwelt sowie der Bodenoberfläche. Um die Klimaentwicklung der drei verschiedenen Moorregionen anhand der Modellierung des Wasserhaushaltes zu verstehen, wurde die für Sachsen spezialisierte Klimamodellierung Werex55 innerhalb des KliWES-1.0-Projektes verwendet. Das langjährige Mittel des korrigierten, regionalisierten Niederschlags zeigt für alle drei Standorte eine Abnahme des Jahresniederschlags an. Die Grundwasserneubildung (GWN) nimmt laut dem Klimamodell an allen Standorten in den kommenden 80 Jahren ab. Der Jäser zeigt einen schwach negativen Trend, welcher dennoch in positiven GWN-Werten resultiert. Währenddessen sinkt die GWN im Gebiet der Baruther Heide und des Zipfelteichs in einen negativen Bereich ab, in der Baruther Heide etwas stärker als beim Zipfelteich. Das simulierte langjährige Mittel der realen Verdunstung (ETa) von 2021 bis 2100 zeigt kaum eine Veränderung in der Region um den Zipfelteich an. Die ETa im Bereich der Baruther Heide zeigt hingegen einen ansteigenden Trend mit geringeren Schwankungen. Der Jäser liegt in einem Gebiet, welches eine Absenkung der ETa erfahren könnte.

5 Diskussion

Niedermoore und Übergangsmoore sind in ihrer Hydrologie äußerst komplex, da der Zufluss über unterschiedliche Pfade erfolgt. Die Menge und die chemische Zusammensetzung des zugeführten Wassers bestimmen die Bedingungen für spezialisierte Vegetationsgefüge, welches wiederum die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Torfkörpers bestimmt,

welche sich in Rückkopplung auf den Wasserhaushalt auswirken (DIERSSEN & DIERSSEN 2001). Niedermoore werden durch das aus dem Einzugsgebiet zufließende Grund- und Oberflächenwasser gespeist. Das Moor in der Baruther Heide ist ein solches Beispiel. Die drei Moorstandorte zeichnen drei unterschiedliche Bilder der vorherrschenden Grundwasserdynamik. Diese resultieren aus unterschiedlichen geologischen Bildungen, Wasserverfügbarkeit, Wasserzufuhr, anthropogenem Einfluss und dem Vegetationsgefüge.

Zipfelteich

Durch das nordöstlich befindliche Waldgebiet ziehen sich die Entwässerungsgräben, welche dem umliegenden sandigen Bodenhorizont das oberflächennahe Grundwasser entziehen und dem Gefälle folgend ableiten. Der Zipfelteich wird somit hauptsächlich von den Entwässerungsgräben mit oberflächennahem Grundwasser der Region gespeist. Die mächtige Schluffschicht im Untergrund kann nicht als Grundwasserleiter wirksam sein. Das infiltrierende Regenwasser versickert im torfigen Oberboden und wird angestaut, sodass der Wasserabfluss horizontal dem hydraulischen Gefälle folgt. Bei entsprechendem hydraulischen Gefälle wird der Zipfelteich auch mit Wasser des Rohrbachteichs gespeist (Rückfluss). Aufgrund der Tatsache, dass zum Zeitpunkt der Bohrungen im September 2022 kein Wasser im Bodenprofil ermittelt werden konnte, sich im Laufe der regenreicheren Herbst- und Frühjahrsmonate allerdings ein Wasserstand im Pegel eingestellt hat, handelt es sich beim Zipfelteich um schwebendes Grundwasser. Schwebendes Grundwasser stellt einen Sonderfall dar, denn es ist räumlich stark begrenzt und kann oft nur zeitweise nachgewiesen werden. Es bildet sich über einer Schicht mit geringer Durchlässigkeit, z. B. Ton oder Schluff (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1998, FREEMAN et al. 2016). Ab Mitte Dezember 2023, mit einer erhöhten Niederschlagshäufigkeit, sammelte sich das Wasser an der tiefsten Stelle im Gelände vor dem Durchlass zum Rohrbachteich und bildete für etwa sieben Monate ein periodisches Gewässer, welches nachweislich stark auf Niederschlagsereignisse reagierte. Der gerade Verlauf der Wasserstandsganglinie im Rohrbachteich ist für ein Oberflächengewässer nicht üblich. Hierbei kann es sich um aktives

Eingreifen ins Wasserangebot durch die Teichwirtschaft handeln. An den Zu- und Abläufen sind bewegliche Schütze installiert.

Typisch für Moorwässer verzeichnet die Wasserprobe aus dem Zipfelteich einen geringeren pH-Wert und somit eine niedrigere Hydrogencarbonat-Konzentration und zusätzlich eine höhere DOC-Konzentration als der Rohrbachteich. Niedrige Sauerstoff-Konzentrationen im Zipfelteich und Rohrbachteich weisen auf eine starke Sauerstoffzehrung durch Abbau organischer Stoffe hin. Der hohe Eisengehalt im Zipfelteich resultiert vermutlich aus dem niedrigen pH-Wert und dem geringen Sauerstoffgehalt. Gelöstes Eisen ist in oberirdischen Gewässern natürlicherweise nur vorhanden, wenn die Sauerstoffsättigung $<50\%$ liegt, viel CO_2 gelöst ist, der pH-Wert $<7,5$ und das Wasser durch organisches Material belastet ist (BAUR 1998). Dieser Fall tritt im Zipfelteich auf. Die etwas erhöhten Calciumwerte im Rohrbachteich könnten ihren Ursprung in der Anwendung von Kalk zu Neutralisationszwecken haben. Oberflächengewässer sind von Verdunstungsprozessen beeinflusst, die sich auch in einer erhöhten elektrischen Leitfähigkeit und erhöhten Natrium- und Chlorid-Konzentrationen widerspiegeln können. Das ist im Zipfelteich, Rohrbachteich und den Gewässern des Jäfers zu erkennen.

Infolge der baulichen Maßnahmen zur Verhinderung des Wasseraustauschs zwischen Rohrbachteich und Zipfelteich werden negative Beeinflussungen unterbunden. Das periodische Gewässer, welches über den Untersuchungszeitraum sieben Monate lang einen Teil des Zipfelteichs bedeckte, würde infolge der Maßnahmendurchführung eine größere Fläche einnehmen und somit für eine langfristige Sättigung des Torfes sorgen. Werden zusätzliche Rohrdurchlässe gebaut, kann in kürzerer Zeit mehr Wasser ins Feuchtgebiet gelangen und in den Torfkörper versickern. Eine Reinigung der bestehenden Rohre und die Installation von Rechen kann das Verstopfen der Rohre verhindern. Des Weiteren sollte eine Erweiterung des Rohrumfanges für einen größeren Abfluss in Erwägung gezogen werden.

Baruther Heide

In der Baruther Heide herrscht eine gleichbleibende und schwankungsarme Grundwasserdy-

namik. Die Grundwasserstände zeigten über die regenreichen Monate konstant einen geringen Anstieg. Niederschlagsmengenvariationen zeigten keinen unmittelbaren Einfluss auf die Grundwasserstände, mit Ausnahme überdurchschnittlich hoher Niederschlagsintensität oder langanhaltenden Niederschlagsereignissen, wie beispielsweise 33,3 mm in 18 Stunden. In den regenreichen Monaten im Messzeitraum war die Torfschicht fast vollständig wassergesättigt, nur P1 wies $>50\%$ des Messzeitraums eine ungesättigte Torfschicht auf, die vermutlich über das gesamte Jahr der Mineralisation ausgesetzt ist. Bei einer weiteren Abnahme des Grundwasserstandes im Sommer werden weitere Zentimeter Torf ungesättigt sein. Berücksichtigt man die träge Reaktion des Grundwassers, ist keine extreme Grundwasserstandsabnahme zu erwarten.

Die geringe elektrische Leitfähigkeit in den Wasserproben der Baruther Heide weist auf niedrige Nährstoffgehalte hin, die für Niedermoor und für die anstehenden Sandböden typisch sind. Die Böden der Baruther Heide sind aufgrund der karbonatarmen Sandböden anfällig für Versauerung. Der ehemalige Moorstich weist mit dem niedrigen pH-Wert sowie der erhöhten DOC-Konzentration moortypische Parameter auf. Die hohen Eisengehalte im ehemaligen Torfstich der Baruther Heide resultieren vermutlich aus dem niedrigen pH-Wert und dem geringen Sauerstoffgehalt im Wasser.

Punktueller Grabenverfüllungen können, abhängig vom Durchlässigkeitsbeiwert des Torfs (k_f 10^{-5} bis 10^{-7} m/s), zu einem mehr oder weniger starken Grundwasseranstieg führen. Besitzt der Torf eine hohe Durchlässigkeit von k_f 10^{-5} m/s, ist die entwässernde Wirkung der Gräben stärker, aber es kommt bei einem Wasseranstaue auch schneller zum Grundwasseranstieg. Bei einem mittleren k_f -Wert von 10^{-6} m/s hält die Entwässerungswirkung noch über lange Zeit an, bevor es zum Grundwasseranstieg nahe des Grabens kommt. Bei einem sehr niedrigen Durchlässigkeitsbeiwert von 10^{-7} m/s ist die Wirkung der Entwässerung auf die umliegenden Bodenschichten gering, und es kommt nur in unmittelbarer Nähe zum Graben zu einer Grundwasserstandsabsenkung. Der Erfolg der Wiedervernässungsmaßnahmen hängt somit zu einem großen Teil von der Durchlässigkeit des

Torfes ab sowie von der angestauten Wassermenge nach Grabenverfüllung.

Jäser

Erhöhte Niederschlagsmengen und -dauer ab dem 24.12.2022 führten zur Bildung eines weitflächigen periodischen Gewässers, welches mindestens 7 Monate einen Teil des Moorbodens bedeckte und zu einer vollkommenen Sättigung des dortigen Torfkörpers führte. Die Niederschlagsabnahme im April 2023 wirkte sich stark auf die Grund- und Oberflächenwasserstände sowie auf die Grundwasserfließrichtung aus. Während der regenreichen Monate strömt das Grundwasser zum Moorzentrum, in Richtung Nord-Nordost, bis es durch Niederschlagsabnahme zur Fließrichtungsumkehr kommt. Ein absinkender Wasserstand der Raklitza infolge abnehmender Niederschlagsmengen führt zu einem ebenfalls abnehmenden Grundwasserstand in unmittelbarer Nähe. Bei mittleren bis geringen Flusswasserständen kommt es in der Regel zur Exfiltration von Grundwasser in das Oberflächenwasser und bei Hochwasser zur Infiltration in die Bodenzone (SCHMALZ 2016). Die Raklitza wirkt in regenarmen Monaten also entwässernd. Dieser Effekt nimmt mit zunehmender Entfernung zum Fließgewässer ab. Das Übergangsmoor wird somit während der regenreichen Monate von Grundwasser und Niederschlagswasser gespeist.

Die tiefe Grundwasserprobe am Jäser weist einen typisch hohen Gehalt an gelöstem Eisen in einem sauerstofffreien, reduzierenden Milieu auf. Der hohe Sauerstoffgehalt in der Raklitza und das neutrale Milieu resultieren in Eisenwerten unter der Nachweisgrenze. Bei trockenen, aeroben Bedingungen im Moor nach Grundwasserabsenkung kommt es zur Oxidation und zur Bildung von Sulfat, was die Ionenstärke steigen lässt, den pH-Wert absenkt und die DOC-Löslichkeit vermindert (BOTTRELL et al. 2007, KRÜGER et al. 2011). Hohe Sulfat-Konzentrationen sind daher besonders im Moorzentrum des Jäser zu finden, weil das periodische Gewässer im Sommer bzw. Herbst trockenfällt und das Sulfat so im Boden akkumuliert. Durch die infolge der Wiedervernässung hergestellten anaeroben Verhältnisse ist eine Abnahme der Sulfat-Konzentration durch Sulfat-Reduktion zu erwarten (VELTY et al. 2004). Es wird auch deutlich, dass der Schwefelkreislauf eng ver-

knüpft ist mit dem Kohlenstoffkreislauf und dessen Dynamik. Aufgrund des niedrigen pH-Wertes im Moorzentrum ist kein Hydrogencarbonat mehr nachweisbar.

Für alle Moorstandorte gilt, dass ansteigende Wasserstände nach erfolgreicher Wiedervernässung in veränderten Redoxbedingungen resultieren und zu einer erhöhten Mobilität bestimmter chemischer Verbindungen führen (VELTY et al. 2004, TAUCHNITZ et al. 2010). Nach WORRALL et al. (2007) kommt es zu einem zeitlich begrenzten, kurzzeitig erhöhten DOC-Austrag nach Wasserstandsanhebung, wobei die DOC-Konzentration dann aber wieder absinkt (VELTY et al. 2004). In regenerierenden und nachwachsenden Torfen wirken reduzierende Bedingungen dem Austrag von DOC entgegen (KRÜGER et al. 2011). Der DOC-Gehalt kann somit bei kontinuierlicher Erfassung ein Anzeiger für die Wirkung der Wiedervernässung sein. Anhand der Einzelproben können noch keine Angaben zu Austausch- bzw. Mischverhältnissen und Verdunstungseffekten getroffen werden. Die Wasserbeschaffenheits-Untersuchungen sollten zumindest für die Parameter Anionen, LF, pH und DOC fortgeführt und um die Parameter Gesamt-P (TP) und Orthophosphat ergänzt werden.

Wird ein neuer Zufluss von der Raklitza in den Jäser geplant, müssen besonders folgende Parameter betrachtet werden: Wasserverfügbarkeit und Wasserbeschaffenheit. Aufgrund fehlender Wasserstands- bzw. Durchflussdaten der letzten sieben Jahre und der auffälligen Trendänderung in den letzten aufgezeichneten Jahren (2014/2015) ist keine klare Annahme der derzeitigen Dynamik der Raklitza aufzustellen. Der Bau einer Sohlschwelle im Flusslauf der Raklitza kann aber stromaufwärts für einen erhöhten Wasserstand sorgen und einen Überlauf bzw. Durchlauf in die Moorfläche ermöglichen. Die am 1.6.2023 untersuchte Wasserbeschaffenheit der Raklitza sowie die Mittelwerte der 1996–2022 bestimmten Parameter weisen keine besorgniserregenden Werte auf. Grundsätzlich wird keine Gefahr einer verstärkten Eutrophierung des Moorgewässers gesehen. Dennoch sollte die potenzielle Auswirkung eines erhöhten pH-Wertes bei Flusswasserüberleitung in den Jäser geprüft werden. Auch eine regelmäßige Wiederholung der Wasserprobenahmen und Analysen bei wechselnder Wasserführung der Raklitza

(Niedrigwasser, Mittelwasser, Hochwasser) sind zu empfehlen, bevor ein Zulauf realisiert wird.

Erfolgsbewertung der Moor-Wiedervernässung im Hinblick auf den Klimawandel

Grundwasserneubildung und Abfluss sind stark abhängig vom Klima, dem Grundwasserflurabstand, dem Boden und der Landnutzung sowie dem Vegetationsgefüge (SCHWARZE et al. 2014). In den letzten sechs Jahren sind die Auswirkungen von Trockenheit und Dürre an den oberen Bodenschichten abzulesen. Sie wirken naturgemäß auf die Sickerwasserbildung ein und bestimmen die Tiefenlage der Grundwasseroberfläche des obersten Grundwasserstockwerks (RIEDEL et al. 2021). Bei Annahme abnehmender Niederschläge und steigender Temperaturen und folglich einer erhöhten Verdunstung müssen gegebenenfalls mancherorts Maßnahmen zum Erhalt jener wertvollen Moore durchgeführt werden. Die Temperaturerhöhung infolge der globalen Erwärmung äußert sich unter anderem in einer verlängerten Vegetationsperiode, welche in Deutschland im mittleren Trend seit 1961 um rund zwei Wochen zunahm (SMEKUL 2023). Folgen sind eine Verlängerung der Zehrungsphase der Pflanzen und somit ein geringeres Wasserdargebot (UBA 2019). Zusätzlich weisen Wasserflächen und Nadelwälder im Durchschnitt eine relativ hohe Verdunstung auf (siehe WILL 2023, SCHWARZE et al. 2014). Letztere besitzen einen hohen Interzeptionsspeicher und vermindern somit Versickerung und Abfluss. Die hohe reale Evapotranspiration im Gebiet der Baruther Heide liegt vermutlich am hohen Anteil von Nadelwald und Gewässern (~72 %).

Nach OTIS (1914) ist die Gesamtverdunstung von bewachsenen Flächen meist merklich größer, als die Evaporation von unbewachsenen, offenen Wasserflächen. Laut EICHELMANN et al. (2018) herrscht über dünn bewachsenen Feuchtgebieten eine höhere jährliche Evaporationsrate als über dicht bewachsenen Feuchtgebieten. Die kombinierten Beiträge der Evaporation über dem stehenden Wasser als auch die höhere Transpirationsrate der Vegetation infolge der hohen Wasserverfügbarkeit stellen die Ursachen dar. Der Zipfelteich ist besonders im Bereich des oberflächlich gebildeten Wasserkörpers dicht durch Jungpflanzen des umliegenden Erlenbruchwaldes beschattet. Demnach

ist die Evapotranspirationsrate vermutlich zum Großteil durch Transpiration geprägt. Nach den Wiedervernässungsmaßnahmen wird sich dieser Umstand aufgrund der großräumigen Entkusselung umkehren.

Neueste Untersuchungen von SPANK (2023) beschreiben überraschend niedrige Verdunstungsraten über dem Freiwasserbereich untersuchter Talsperren im Vergleich zu einem nahe liegenden Wiesenstandort bei geringen Windgeschwindigkeiten. Die Haupttreiber der Verdunstung über offenen Wasserflächen sind die oberflächliche Wassertemperatur, der Sättigungsgrad der wasseroberflächennahen Luft und die Diffusionsgeschwindigkeit von Wasserdampf in der Luft (BINDEMANN 1921). Die Verdunstung steigt überproportional an, bei ständigem Luftaustausch von wasserdampfgesättigter Luft und untersättigter Luft infolge zunehmender Windgeschwindigkeiten über der Wasseroberfläche (VIETINGHOFF 2000). Eine Erklärung für die geringe Evaporationsrate über der Wasserfläche können geringe Windgeschwindigkeiten über dem Wasser sein, was die Verdunstung limitieren würde. Kleine Moore haben bei einem hohen umliegenden Wald beispielsweise einen natürlichen Strahlen- und Windschutz (FLEMMING 1964).

Kommt es demnach infolge des unterbundenen Abflusses und der Entkusselung im Zipfelteich und Jäser zur Bildung einer größeren Wasseroberfläche, kann es nach EICHELMANN et al. (2018) zu einer erhöhten Evapotranspiration kommen und das Mikroklima über der Wasserfläche beeinflussen. Berücksichtigt man aber die Untersuchungen von SPANK (2023) und den Einfluss des Windes auf die Verdunstung, fällt der Anstieg der ETa möglicherweise geringer aus als erwartet. Der Zipfelteich ist umgeben von einem dichten Erlenbruchwald, welcher einen weiten Windschatten erzeugen kann und so als Windschutz dient. Es wird nicht zu hohen Windgeschwindigkeiten über dem Zipfelteich kommen. So fehlt ein wichtiger Verdunstungstreiber, und die Moorverdunstung bleibt auf einem niedrigen Niveau (EDOM 1999).

Gemäß der Klimaprojektion bis 2100 erfährt das Gebiet des Jäser keine starken klimatischen Änderungen, welche die Wiedervernässung durch das Ableiten überschüssigen Flusswassers in die feuchte Senke behindern würden. Durch das Einleiten wird das Wasserdargebot

auch hier erhöht und eine länger anhaltendere Wassersättigung des Moorbodens garantiert. Die offene Fläche des Jäfers ist größer als die des Zipfelteichs und somit windanfälliger. Von einer höheren ETa infolge von Entkusselungsmaßnahmen ist auszugehen, aber ebenso von einem erhöhten Wasserdargebot infolge reduzierter Zehrung.

Die Region um das Untersuchungsgebiet in der Baruther Heide wird laut der Klimaprojektion auf einen Anstieg der Evapotranspiration mit einem Rückgang der Grundwasserneubildung reagieren. Nadelwald besitzt aufgrund der ganzjährigen Benadelung einen höheren Interzeptionsspeicher als Laubwald, weshalb übers Jahr mehr Niederschlag an der Blattoberfläche zurückbleibt und verdunstet, anstatt oberflächlich abzufließen oder im Boden zu versickern. Demnach ist die Verdunstung über dem Gebiet der Baruther Heide aufgrund des hohen Flächenanteils an Nadelwald und Gewässer generell hoch (~72%). Aufgrund hoher und stabiler Grundwasserstände wird ein hohes Revitalisierungspotenzial für diese Fläche angenommen. Die tatsächliche Durchlässigkeit des Untergrundes wird einen großen Einfluss auf den Grad des Wiedervernässungserfolges ausüben. Die infolge der globalen Erwärmung zunehmenden Starkregenereignisse können durch die Grabenverfüllungen gut aufgenommen und zurückgehalten werden. Die infolgedessen entstehenden offenen Wasserflächen sind aufgrund der dichten Beschattung keiner größeren Evaporation ausgesetzt. Das Wiedervernässungsprojekt wird als vielversprechend angesehen.

Die Betrachtung der Grundwasserdynamik sowie der Wasserbeschaffenheit im Sommer während des fortlaufenden Projekts wird das Referenzbild vor der Maßnahmendurchführung konkretisieren. Mit Hilfe regelmäßiger Erfolgskontrollen wird geprüft, ob eine Schaffung moortypischer Verhältnisse mit hohen Grundwasserständen gelungen ist. Es ist zu berücksichtigen, dass eine vollständige Revitalisierung von Mooren mehrere Jahrzehnte bis hin zu Jahrhunderten benötigen kann.

Literatur

- BASTIAN, O., H. TH. PORADA, M. RÖDER & R.-U. SYRBE (Hrsg., 2005): Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft. Eine landeskundliche Bestandsaufnahme im Raum Lohsa, Klitten, Großdubrau und Baruth. – Landschaften in Deutschland – Werte der deutschen Heimat **67** – Böhlau Verlag; Köln, Weimar, Wien: 452 S.
- BAUR, W. (1998): Gewässergüte bestimmen und beurteilen. – 3. Aufl., Parey; Berlin: 111 S.
- BFN (Hrsg., 2023): Kurzbeschreibungen der dreißig Hotspots. – (<https://www.bfn.de/thema/bundesprogramm-biologische-vielfalt>), Zugriff am 11.5.2023.
- BINDEMANN, H. (1921): Die Verdunstungsmessungen der Preußischen Landesanstalt für Gewässerkunde auf und an dem Grimnitzsee und am Werbellinsee bei Joachimsthal in der Uckermark. – Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands. Besondere Mitteilungen **3**: 50 S.
- BÖTTCHER, A. (2013): Die Oberlausitz. Ein liebenswertes Stück Deutschland; eine kleine Landeskunde. – Husum Druck- und Verlagsgesellschaft; Husum: 26 S.
- BOTTRELL, S. H., R. J. MORTIMER, M. SPENCE, M. D. KROM, J. M. CLARK & P. J. CHAPMAN (2007): Insights into redox cycling of sulfur and iron in peatlands using high-resolution diffusive equilibrium thin film (DET) gel probe sampling. – Chemical Geology **244**.
- DECKER, A. (2014): 28 Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet (OLH). – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LFULG) (Hrsg.) (https://www.natur.sachsen.de/download/28_Oberlausitzer_Heide_und_Teichgebiet.pdf), Zugriff am 14.5.2023.
- DIERSSEN, K. & B. DIERSSEN (2001): Moore. – Ulmer; Stuttgart: 14 S.
- EDOM, F. (1999): Notwendigkeit des Schutzes und Gefährdungspotentiale für waldumgebene Kleinmoore aus hydrologischer und moorkundlicher Sicht. – In: SCHRACK M. (Hrsg.): Waldmoore und Moorwälder in der Radeburger und Laußnitzer Heide. – Veröffentlichungen des Museums der Westlausitz Kamenz, Sonderheft 1999: 83–94
- EDOM, F. (2001): Hydrologische Eigenheiten. In: SUCCOW, M. & H. JOOSTEN (Hrsg.): Landschaftsökologische Moorkunde. – 2. Aufl., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung; Stuttgart: 17 S.
- EICHELMANN, E., K. S. HEMES, S. H. KNOX, P. Y. OIKAWA, S. D. CHAMBERLAIN, C. STURTEVANT, J. VERFAILLIE & D. D. BALDOCCHI (2018): The effect of land cover type and structure on evapotranspiration from agricultural and wetland sites in the Sacra-

- mento-San Joaquin River Delta, California. – *Agricultural and Forest Meteorology*: 256–257
- FLEMMING, G. (1964): Das Klima an Waldbestandsrändern. – *Abhandlungen des Meteorologischen und Hydrologischen Dienstes der DDR*. – Akademie-Verlag; Berlin: 1–76
- FREEMAN, C., H. BORMANN, K. MIEGEL, M. CASPER, A. BRONSTERT, A. H. SCHUMANN, M. WEILER (Hrsg., 2016): *Hydrologie* – 1. Aufl., Haupt Verlag; Bern: 320 S.
- JOOSTEN, H. & M. SUCCOW (2001): Zum Begriff „Moor“ und vom Wesen der Moore. – In: SUCCOW, M. & H. JOOSTEN (Hrsg.): *Landschaftsökologische Moorkunde* – 2. Aufl., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung; Stuttgart: 2–3
- KEMPFFER, S. (2021): Erhalt von Moorböden im Biosphärenreservat Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft für Biodiversitäts- und Klimaschutz. Untersuchung des aktuellen Zustandes der Moorflächen bei Klein Radisch zur Erarbeitung von Maßnahmen und Bewertung des Klimawandelflusses. – Masterarbeit, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde: 44 S.
- KLEIN, F. (2020): Moorschutzmaßnahmen in der Neudorfer Heide im Biosphärenreservat Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft. – *Landespflegearbeit*.
- KREIENKAMP, F., A. SPEKAT & W. ENKE (2011): WEREX V: Regionale Klimaprojektionen für Sachsen. Bereitstellung eines Ensembles regionaler Klimaprojektionen für Sachsen. – *Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie* (Hrsg.): 10–11
- KRÜGER, A., H. NEUMEISTER, D. TOLKE & J. HEINRICH (2011): Hydrologisch-hydrochemisches Monitoring zu den Folgen der Renaturierung Hochmoor Große Säure, Oberes Westerzgebirge. – *Telma* **41**: 229–244
- LfULG (2023a): – In: LfULG (Hrsg.): iDA-Portal. – (<https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/info-systeme/ida/>), Zugriff am 10.8.2023.
- LfULG (2023b): Sächsisches Informationssystem für Moore und organische Nassstandorte (SIMON). Torfmächtigkeiten. – In: LfULG (Hrsg.): iDA-Portal. – (<https://luis.sachsen.de/arcgis/services/boden/simon/MapServer/WMSServer?request=GetCapabilities&service=WMS>), Zugriff am 8.7.2023.
- LfULG (2023c): Schutzgebiete in Sachsen (Naturschutzgebiete, Naturparke, Nationalparke, Landschaftsschutzgebiete, Biosphärenreservate, Flächennaturdenkmäler). – In: LfULG (Hrsg.): iDA-Portal. – (<https://luis.sachsen.de/arcgis/services/natur/schutzgebiete/MapServer/WMSServer?>), Zugriff am 1.8.2023.
- LfULG (2023d): WebAtlasSN. – In: LfULG (Hrsg.): iDA-Portal. – (https://geodienste.sachsen.de/wms_geosn_webatlas-sn/guest?), Zugriff am 20.7.2023.
- MÖBUS, G. (1956): *Einführung in die geologische Geschichte der Oberlausitz*. – Deutscher Verlag der Wissenschaften; Berlin: 73–86
- MOORE, P. D. (2002): The future of cool temperate bogs. – *Environmental Conservation* **29**
- NATURSCHUTZSTATION NESCHWITZ e.V. (Hrsg.) (2023): MoSaiKTeilL Moore, Sand, Kiefern und Teiche der Lausitz. – (<https://www.mosaikteil.de/>), Zugriff am 12.8.2023.
- OTIS, C. H. (1914): The transpiration of emerged water plants: its measurement and its relationships. – *The Botanical Gazette* **58**: 457–494
- RIEDEL, T., C. NOLTE, T. AUS DER BEEK, J. LIETKE, B. SURES & D. GRABNER (2021): Niedrigwasser, Dürre und Grundwasserneubildung – Bestandsaufnahme zur gegenwärtigen Situation in Deutschland, den Klimaprojektionen und den existierenden Maßnahmen und Strategien. – *Umweltbundesamt*: 17–44
- RÖDER, M. (2005): Klima. – In: BASTIAN, O., H. TH. PORADA, M. RÖDER & R.-U. SYRBE (Hrsg.): *Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft. Eine landeskundliche Bestandsaufnahme im Raum Lohsa, Klitten, Großdubrau und Baruth. Landschaften in Deutschland. – Werte der deutschen Heimat* **67** – Böhlau Verlag; Köln, Weimar, Wien: 24–26
- SCHAEFFER, F. & P. SCHACHTSCHABEL (1998): *Lehrbuch der Bodenkunde* – 14. Aufl., Enke; Stuttgart: 183 S.
- SCHMALZ, B. (2016): Tieflandhydrologie. – In: FREEMAN, C., H. BORMANN, K. MIEGEL, M. CASPER, A. BRONSTERT, A. H. SCHUMANN & M. WEILER (Hrsg.): *Hydrologie*. – 1. Aufl., Haupt Verlag; Bern: 263–275
- SCHWARZE, R., C. HAUFFE, A. BALDY, M. WAGNER & P. WINKLER (2014): *KliWES Klimawandel und Wasserhaushalt in Sachsen. Wasserhaushaltsberechnungen für den Ist-Zustand und verschiedene Klima- bzw. Landnutzungsszenarien*. – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.): 32–53
- SMEKUL (Hrsg., 2023): Dauer der Vegetationsperiode. – (<https://www.umwelt.sachsen.de/dauer-der-vegetationsperiode-30631.html>), Zugriff am 4.8.2023.

- SMOLNIK, R. & J. V. RICHTHOFEN (Hrsg., 2010): Die Oberlausitz. Ausflugsziele zwischen Neiße und Pulsnitz. – Konrad Theiss Verlag; Stuttgart: 256 S.
- SPANK, U. (2023): Verdunstung freier Wasserflächen. Ergebnisse der Forschungsprojekte TREGATA und MEDIWA. – TUD Technische Universität Dresden, CAWR Center for Advanced Water Research (Hrsg.) (<https://www.wasser-cluster-lausitz.de/index.php/veranstaltungen.html>), Zugriff am 21.6.2023.
- TANNEBERGER, F., L. APPULO, S. EWERT, S. LAKNER, N. Ó BROLCHÁIN, J. PETERS & W. WICHTMANN (2021): The Power of Nature-Based Solutions: How Peatlands Can Help Us to Achieve Key EU Sustainability Objectives. – *Advanced Sustainable Systems* 5
- TAUCHNITZ, N., K. OSTERLOH, S. BERNSDORF, R. MEISSNER & H.-U. KISON (2010): Veränderungen der Wasser- und Nährstoffdynamik eines entwässerten Moores im Nationalpark Harz nach Wiedervernässung. – *Telma* 40: 229–244
- UBA, Hrsg. (2019): Monitoringbericht 2019 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. – UBA (www.umweltbundesamt.de/publikationen/monitoringbericht-2019).
- UBA (Hrsg., 2023): Emissionen der Landnutzung, -änderung und Forstwirtschaft. – (www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland/emissionen-der-land-nutzung-aenderung#bedeutung-von-landnutzung-und-forstwirtschaft), Zugriff am 1.8.2023.
- VELTY, S., D. BALLA & J. ZEITZ (2004): Einfluss von Wiedervernässung auf den Stoffhaushalt eines degradierten Niedermoores. – *Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung* 43: 59–86
- VIETINGHOFF, H. 2000: Die Verdunstung freier Wasserflächen. Grundlagen, Einflußfaktoren und Methoden der Ermittlung. – UFO Atelier für Gestaltung & Verlag; Allensbach: 16 S.
- WILL, A. (2023): Ringvorlesung: Physik der Verdunstung über Wasser- und Landoberflächen sowie Ergebnisse hochauflösender Klimamodellierung für die Region Lausitz. – Wassergespräch Lausitz BTU Cottbus-Senftenberg, FG Atmosphärische Prozesse, 9.5.2023 (www.wasser-cluster-lausitz.de/index.php/veranstaltungen.html), Zugriff am 31.7.2023.
- WORRALL, F., A. ARMSTRONG & J. HOLDEN (2007): Short-term impact of peat drain-blocking on water colour, dissolved organic carbon concentration, and water table depth. – *Journal of Hydrology* 337: 3–4

Anschriften der Verfasser

- Anna Beer
E-Mail: anna.beer2@htw-dresden.de
- Prof. Dr.-Ing. Thomas Grischek
E-Mail: thomas.grischek@htw-dresden.de
- Dipl.-Ing. Fabian Musche
E-Mail: fabian.musche@htw-dresden.de
alle: Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
Friedrich-List-Platz 1, 01069 Dresden
- Kristin Baber
E-Mail: kristin.baber@nfgol.de
Naturforschende Gesellschaft der Oberlausitz
Sonnenstr. 19, 02826 Görlitz
- Dr. Julian Ahlborn
E-Mail: julian.ahlborn@senckenberg.de
Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz
Am Museum 1, 02826 Görlitz
- Sebastian Buschmann
E-Mail: sebastian.buschmann@senckenberg.de
Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz
Am Museum 1, 02826 Görlitz
- Madlena Mitschke
E-Mail: madlena.mitschke@naturschutz-neschwitz.org
Naturschutzstation Neschwitz
Park 1, 02699 Neschwitz
- Prof. Dr. Christiane M. Ritz
E-Mail: christiane.ritz@senckenberg.de
Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz
Am Museum 1, 02826 Görlitz

Manuskripteingang	15.3.2024
Manuskriptannahme	28.5.2024
Erschienen	14.10.2024

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Naturforschende Gesellschaft der Oberlausitz](#)

Jahr/Year: 2024

Band/Volume: [32](#)

Autor(en)/Author(s): diverse

Artikel/Article: [Untersuchungen zur Moor-Wiedervernässung in der Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft 209-222](#)