Freistaat
SACHSEN

Tagungsband zur Abschlussveranstaltung im Mitteldeutschen Revier

Groitzsch – 06.11.2026



RegioNet
WasserBoden

Sehr geehrte Damen und Herren,
liebe Tagungsteilnehmerinnen und -teilnehmer,

der jahrzehntelange Braunkohlenabbau hat die sächsischen Kohleregionen tiefgreifend verändert und die Umweltressourcen stark beansprucht. Der beschlossene Ausstieg aus der Braunkohlenförderung und -verstromung bringt große Herausforderungen mit sich, eröffnet aber zugleich die Chance für eine umfassende Neuausrichtung der Regionen.

Diesen Wandel unterstützt das STARK-Vorhaben RegioNet WasserBoden mit einem aktiven Netzwerk aus regionalen und überregionalen Akteuren. Im Projekt werden Fachinformationen aus den Themenbereichen Wasser, Boden und Naturschutz erarbeitet und Entscheidungsträgern im Transformationsprozess zur Verfügung gestellt.

Der vorliegende Tagungsband greift die Themen der Postersession unserer Abschlussveranstaltung auf und gibt einen Einblick in die Vielfalt der bearbeiteten Fragestellungen. Nähere Informationen finden Sie zudem auf der Projekt-Webseite.

Unser herzlicher Dank gilt allen Netzwerkpartnern für die fachlichen Impulse, den konstruktiven Austausch und die vertrauensvolle Zusammenarbeit. Jetzt heißt es, das Netzwerk weiter zu nutzen und gemeinsam tragfähige Lösungen für die Zukunft der sächsischen Braunkohlereviere zu entwickeln.

Ihr Team RegioNet WasserBoden

Inhaltsverzeichnis

Übersicht zu allen RegioNet WasserBoden–Teilprojekten 3

Wasser

Verdunstung von Bergbaufolgeseen 7

Machbarkeitsstudie Hainer See und Pleiße 16

Machbarkeitsstudie Werbener Floßgraben 25

Gewässerbewirtschaftung im Südraum Leipzig 37

Ökologischer Mindestwasserabfluss 49

Energetische Nutzung von Gewässern 58

Wasserhaushaltsmodellierung: vom Modellvergleich zur Modellauswahl 68

Ermittlung Nutzbarer Grundwasserdargebote 78

Boden

Handlungsempfehlung zum Baubegleitenden Bodenschutz nach DIN 19639 87

Flächenbewertung für standortangepasste Nutzungsempfehlungen 93

Naturschutz

Offenland in der Bergbaufolgelandschaft Sachsens 101

Revitalisierung Zwenkauer Eichholz 110

Übersicht zu allen RegioNet WasserBoden – Teilprojekten

Oberflächenwasser-Menge

- Konzeptentwicklung zur modelltechnischen Bestimmung der raumdiskreten Verdunstung von Bergbaufolgeseen unter Berücksichtigung des Umlandes
- Untersuchung der Wirksamkeit und wasserwirtschaftlichen Machbarkeit einer Bewirtschaftung des Hainer Sees hinsichtlich Eisenverdünnung und Niedrigwasseraufhöhung in der Pleiße mit Langfristbewirtschaftungsmodells Weiße Elster
- Erarbeitung einer Machbarkeitsstudie einschließlich Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für die Zukunft des Werbener Floßgrabens in Sachsen ab Elstertrebnitz

Oberflächenwasser-Bewirtschaftung

- Studie zu wasserwirtschaftlichen Optimierungspotenzialen bestehender Talsperren, Wasserspeicher und Bergbaufolgeseen in den Einzugsgebieten der Spree und der Schwarzen Elster
- Studie zu wasserwirtschaftlichen Potenzialen neuer Wasserspeicher in den Einzugsgebieten der Spree und der Schwarzen Elster
- Management des Wasserdargebotes im Kontext der Teichbewirtschaftung in der Oberlausitz unter Berücksichtigung des Strukturwandels
- Studie zur vergleichenden Bewertung von Trassenführungen einer Elbewasserüberleitung in das Lausitzer Revier
- Mindestwasserermittlung für die Oberflächenwasserkörper Weiße Elster Süd (SAL15OW01-00, DEST_SAL15OW11-00) und Weiße Elster-8 (DESN_566-8, DESN_566-11)
- Erstellung einer Messstellenkonzeption zur Schaffung eines funktionalen Mess- und Steuernetzes für die Flussgebietsbewirtschaftung im Mitteldeutschen Revier nach Menge

- Machbarkeit der Einrichtung und des Betriebes einer Bewirtschaftungslamelle im HRB Stöhna zur Niedrigwasseraufhöhung
- Machbarkeitsstudie Wasserspeicher „Groitzscher See“ Gutachten zum Speicherpotential und zur Bewirtschaftung des zukünftigen Bergbaufolgesees des Tagebaus Vereinigtes Schleenhain
- Machbarkeitsstudie Wasserspeicher „Seenverbund Zwenkau-Cospuden“ Gutachten zur Erweiterung des Speicherpotentials und zur Bewirtschaftung des bestehenden Speicherverbundes „Zwenkau-Cospuden“
- Laufendhaltung und Fortschreibung des Modells Langfristbewirtschaftungsmodells Weiße Elster (LBM WE) zur langfristigen Wassermengenbewirtschaftung im Flusseinzugsgebiet der Weißen Elster im Rahmen des Anwenderkreises LBM WE
- Anlagenbezogene Risikoanalyse des Gesamtsystems „Muldewasserüberleitung“ und Ermittlung des Investitionsbedarfes für den Weiterbetrieb
- Vorbereitende Leistungen für eine Machbarkeitsstudie zum Düker Profener Elstermühlgraben in Verbindung mit der Speicherstudie Zwenkau-Cospuden

Oberflächenwasser-Güte

- Ökologischer Mindestwasserabfluss - Herleitung in zwei Gewässern 2. Ordnung nach LAWA-Empfehlung (2020)
- Nutzung von Datenportalen und Fachanwendungen - Umfrage und Überblick im Rahmen von RegioNet WasserBoden
- Darstellung des Modellumfangs und Überprüfung der Einsatzmöglichkeiten verschiedener Softwareprodukte zur Gewässergütemodellierung
- Einordnung des möglichen Einflusses von schwimmenden Photovoltaik-Systemen auf Seeflächen im Kontext ökologischer Auswirkungen
- Marktanalyse von Aquathermiesystemen zur thermischen Nutzung

von Gewässern

Siedlungs- und Grundwasser

- Schaffung einer Schnittstelle und Integration von Wasserhaushaltsdaten für braunkohlegeprägte Gebiete aus KliWES 3.0 in den GWN Viewer
- Arbeitshilfe zur Nutzung des GWN-Viewers
- Anpassung von Grundwasserkörpergrenzen im Landkreis Bautzen
- Erweiterter Modellvergleich von Bodenwasserhaushalt- und Grundwasserströmungsmodellen und Entscheidungsunterstützung zur Modellauswahl
- Erstellung einer Machbarkeitsstudie – Zusammenarbeit in der Abwasserbehandlung in der mittleren Oberlausitz
- Machbarkeitsstudie für die Nutzung aufbereiteter Abwässer als Brauchwasser am Beispiel des Landkreises Görlitz

Hydrogeologie

- Erfassung hydrogeologischer Kennwerte für das sächsische Modellgebiet des geplanten Grundwassermodells Lausitz (Bärwalde – Lohsa – Scheibe)
- Ermittlung Nutzbarer Grundwasserdargebote - Ein Beitrag zur nachhaltigen Nutzung verfügbarer Grundwasserressourcen in den Landkreisen Nordsachsen und Leipzig

Boden

- Flächenbewertungsinstrument für ein nachhaltiges Brach- und Kompensationsflächenmanagement für Gemeinden und Landkreise
- Handlungsempfehlung zum baubegleitenden Bodenschutz nach DIN 19639 für Behörden, Planer und Vorhabenträger

Naturschutz

- Offenland in der Bergbaufolgelandschaft Sachsens - Maßnahmen und Potenziale zu Erhalt und Entwicklung ökologisch wertvoller

Offenlandlebensräume

- Biotopkartierung auf extensiv beweideten Bergbaufolgeflächen im Gebiet Bockwitz
- Machbarkeitsstudie zur Wiedervernässung ehemaliger Moorstandorte im Forstrevier Hermannsdorf
- Begleitstudie zur Wiedervernässung und Revitalisierung des Zwenkauer Eichholz

1 Einführung

Die genaue Quantifizierung der Verdunstung über den Wasserflächen der bereits fertiggestellten, in Flutung befindlichen bzw. geplanten Bergbaufolgeseen ist essentiell für die Bewirtschaftung der verfügbaren bzw. durch Überleitungen bereitgestellten Wasserressourcen in den Bergbaufolgelandschaften des Lausitzer Reviers (LR) und des Mitteldeutschen Reviers (MR) (Tabellle 1). Die künstlich geschaffenen, teilweise sehr großen Gewässer beeinflussen nicht nur während der Flutungsphase den regionalen und bisweilen auch überregionalen Wasserhaushalt. Sie haben des Weiteren während ihrer weiteren dauerhaften Existenz Einfluss auf das hydrologische Regime der Regionen, deren Niederschlagsmenge mit im Mittel nur knapp 600 Millimetern pro Jahr im unteren Bereich der sachsenweiten Niederschlagssummen liegt.

Tabelle 1: Seeflächen im Endstand im Lausitzer Revier (LR) und im Mitteldeutschen Revier (MR), (LMBV, 2026; MIBRAG, 2021; Uhlmann et al., 2023)

Revier	Seeflächen im Endstand
LR	ca. 13.000 ha Seen der LMBV (bezogen auf den mittleren Endwasserstand); zzgl. ca. 8.400 ha durch die Flutung der Tagebaue der LEAG
MR	ca. 11.000 ha Seen der LMBV (bezogen auf den unteren Endwasserstand); zzgl. ca. 3.700 ha durch die Flutung der Tagebaue der MIBRAG

2 Untersuchungsgegenstand

Mit dem Begriff «Bergbaufolgesee» werden im Folgenden Seen bezeichnet, die aus den durch einen ehemaligen Braunkohletagebau erzeugten Hohlformen (Tagebaurestlöcher) nach der Einstellung der bergbaulichen Sümpfungsmaßnahmen hervorgegangen sind. Diese Seen sind zumeist hydrologisch geplant durch Flutung aber auch durch Wiederanstieg von Grundwasser entstanden. Meist unterliegen sie einer gezielten wasserwirtschaftlichen Steuerung und Kontrolle und werden teilweise als Speicher genutzt.

Bergbaufolgeseen haben im Unterschied zu natürlichen Gewässern eine vergleichsweise kurze Entstehungsgeschichte. Ihre hydrochemischen Eigenschaften sind von der vorherigen bergbaulichen Nutzung geprägt.

3 Veranlassung der Studie

Die Ergebnisse der DFG-geförderten Forschungsprojekte «TREGATA» und «MEDIWA» sowie umfangreiche Recherchearbeiten zeigen, dass die gegenwärtig gebräuchlichen Ansätze und Modelle zur Abschätzung und Quantifizierung der über Wasserflächen auftretenden Verdunstungsverluste nicht zu zufriedenstellenden Ergebnissen führen. Tendenziell unterschätzen diese Ansätze massiv die Verdunstung kleiner Wasserflächen. Im Gegensatz dazu führt ihre Anwendung auf große Gewässer, wie den in diesem Projekt adressierten Bergbaufolgeseen, zu unrealistisch hohen Approximationen.

Ein besonderer Aspekt ist dabei, dass die bislang genutzten und von Fachgremien vorgeschlagenen Modellansätze die energetische und aerodynamische Interaktion der Wasserfläche mit umgebenden terrestrischen und semiterrestrischen Flächen nur unzureichend berücksichtigen und daher wichtige verdunstungssteuernde physikalische Prozesse vernachlässigt werden.

Die vorhandenen Berechnungsansätze eignen sich nicht, um die räumliche Variation und Heterogenität der Verdunstung über den Bergbaufolgeseen zu beschreiben und hierbei eine Unterscheidung des Verdunstungsanteils der pflanzenbewachsenen Uferzone (Litoral) und der Freiwasserzone (Pelagial) vorzunehmen.

4 Fragestellung

Ziel des Teilprojektes war die Entwicklung eines Konzepts zur raumdiskreten Modellierung der Verdunstung von Bergbaufolgeseen, das sowohl aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse als auch praktische Aspekte im Sinne von Datenverfügbarkeit berücksichtigt sowie den Anforderungen und Bedürfnissen der wasserwirtschaftlichen Planung Rechnung trägt.

Für die Bearbeitung der Fragestellung wurde durch das LfULG die iamk GmbH beauftragt, die die Studie gemeinsam mit der TU Bergakademie Freiberg sowie mit der TU Dresden bearbeitete. Neben dem LfULG wurde die Durchführung außerdem durch die LMBV, LEAG und LTV fachlich begleitet

5 Methodik

Im Rahmen der Studie wurden bestehende Ansätze zur Bestimmung der Verdunstung über dem Pelagial sowie für das Litoral systematisch aufgearbeitet und bewertet.

Die am besten geeigneten Ansätze wurden in einem Modellkonzept zusammengeführt, welches an einem Pilotgewässer angewandt und getestet werden kann. Für das Pilotgewässer wurde ein hydro-meteorologisches Messkonzept entwickelt. Dieses zielt darauf ab, die Eingangsgrößen für die Berechnung der Gewässerverdunstung zu ermitteln und die Gewässerverdunstung für die Modellkalibrierung und –validierung messtechnisch zu erfassen. Für die Wahl des Pilotgewässers wurden insgesamt 21 Bergbaufolgeseen bewertet (13 im MR und 8 im LR). Es

wurden Kriterien erarbeitet und zur Bewertung herangezogen, die potentielle Einflussfaktoren auf die Gewässerverdunstung und die Zugänglichkeit für die Errichtung und den Betrieb von Messeinrichtungen umfassen. Die Umsetzung des Mess- und Modellkonzeptes waren nicht Gegenstand des Projektes.

Bearbeitungsschritte im Projekt

- Grundlagenbetrachtung (Prozessgrundlagen, raumdiskrete Modellierung, modelltechnische Ansätze)
- Entwicklung des Modellkonzeptes für die gewählte Vorzugsvariante, Erstellung des Messkonzeptes
- Übertragung auf ein Pilotgewässer

6 Ergebnisse

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die verdunstungssteuernden physikalischen Prozesse über Bergbaufolgeseen völlig identisch sind mit den physikalischen Prozessen, die über natürlichen Gewässern auftreten.

Die umfangreichen Recherchearbeiten zeigten, dass sich die Komplexität der Verdunstung über Bergbaufolgeseen aus der vielfältigen Kopplung von Strahlungs-, Energie- und Wasserbilanz auf verschiedenen Raum- und Zeitskalen sowie den spezifischen Bedingungen der Seen und ihrer umgebenden Landschaften ergibt. Hinzu kommen atmosphärische Randeffekte, wie die Wirkung von Advektion, die Stabilität atmosphärischer Schichten, Rauigkeitssprünge am Gewässerrand ebenso wie die Rauigkeitsänderung durch Windwellen und der Einfluss der Topographie der Umgebung.

Hervorzuheben ist die Rolle des Windes. Insgesamt bewirken Wärmespeichereffekte, dass die Gewässerverdunstung im Tages- und Jahresverlauf gegenüber Landflächen zeitlich verzögert und in ihrem Ausmaß

gedämpft ist. Der sensible Wärmestrom kann als zusätzliche Energiequelle für die Verdunstung fungieren, wenn das Gewässer kälter ist als seine Umgebung.

Für eine raumdiskrete Modellierung der Seeverdunstung ist die Unterscheidung von Modellkonzepten für die freie Wasserfläche und für das Litoral erforderlich. Tabelle 2 stellt die im Ergebnis der Recherche als am besten geeignet befundenen Ansätze für die räumlichen Teilbereiche dar. Für die Bestimmung einer realistischen Verdunstung über beiden räumlichen Bereichen ist eine Anpassung der Parametrisierung der Verdunstungsansätze nach Dalton bzw. Penman-Monteith sowie Shuttleworth und Wallace notwendig. Hierbei sind Einflüsse am Gewässerrand sowie die aerodynamische Kopplung mit der Gewässerumgebung zu beachten.

Tabelle 2: Geeignete Modellansätze zur Verdunstungsbestimmung für die offene Wasserfläche und das Litoral

Räumlicher Bereich	Ansatz	Beschreibung
offene Wasserfläche	Bulk-Ansätze (inkl. Dalton)	Berechnung der Verdunstung als Funktion der Windgeschwindigkeit und des Wasserdampfdefizits, als Differenz zwischen Sättigungsdampfdruck bei Wasseroberflächentemperatur und tatsächlichem Dampfdruck der Luft
Litoral	Penman-Monteith	Berechnung der Verdunstung über eine Synthese aus Energiebilanz und Massentransfer für einen einschichtigen Bestand
	Shuttleworth und Wallace	Erweiterung von Penman-Monteith für lichte Bestände

Das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Konzept basiert auf einer modularen Modellkette, die verschiedene Methoden miteinander kombiniert. Die Einzelschritte werden im Folgenden beschrieben.

Zusammenfassung der Modellkette

1. integrale Feldmessungen (z. B. Scintillometer bzw. EC-System)
2. physikalisch-numerisches 2D-Querschnittsmodell
3. Anwendung des kalibrierten 2D-Modells auf unbeobachtete Querschnitte (und Seen)
4. maschinelles Lernmodell (Gradient-Boosting), das aus den modellierten und gemessenen Ergebnissen eine übertragbare, räumlich hochaufgelöste Schätzung der Verdunstung generiert

Den Ausgangspunkt bildet die messtechnische Erfassung der Verdunstung mittels Eddy-Kovarianz-Messsystem (EC) oder Scintillometer-Messungen sowie das flächenrepräsentative Monitoring der verdunstungssteuernden meteorologischen und limno-physikalischen Umweltgrößen.

Diese Messdaten dienen dann als Grundlage für eine physikalisch-numerische 2D-Modellierung mit dem zweidimensionalen Vegetations-Atmosphärenmodell HIRVAC-2D.

Mithilfe von HIRVAC-2D werden für eine repräsentative Anzahl von Querschnitten und Witterungszuständen Simulationen durchgeführt, um den Effekt der Advektion, welche horizontale Wärme-/ Feuchte-Transportprozesse beschreibt, auf die Verdunstung zu berücksichtigen. Dabei hat auch die Simulation des turbulenten Austauschs der Umgebung mit dem Gewässer infolge sprunghafter Änderung der Oberflächenrauigkeit einen Einfluss auf die Gewässerverdunstung.

Durch Inklusion von Informationen zur Landnutzung, zu Vegetationstypen (Wald, Schilf, Busch, Gras, u. a.) sowie zu Wasseroberflächentemperatur und Oberflächenrauigkeit über Wasser, können mit HIRVAC-2D realistische zweidimensionale meteorologische Felder als Eingangsdaten für die Verdunstungsmodelle über dem Gewässer (siehe Tabelle 2) erzeugt werden.

In der folgenden Abbildung wird exemplarisch dargestellt, wie mittels HIRVAC-2D für einen Satz variabler meteorologischer Anfangsbedingungen Längs-Höhen (x-z)-Querschnitte für repräsentative Transekte simuliert wurden. Im Beispiel wird der Horizontalwind entlang des Transektes dargestellt. Der Scheibe-See bei Hoyerswerda wurde als geeignetes Pilotgewässer für die praktische Erprobung des Konzeptes identifiziert.

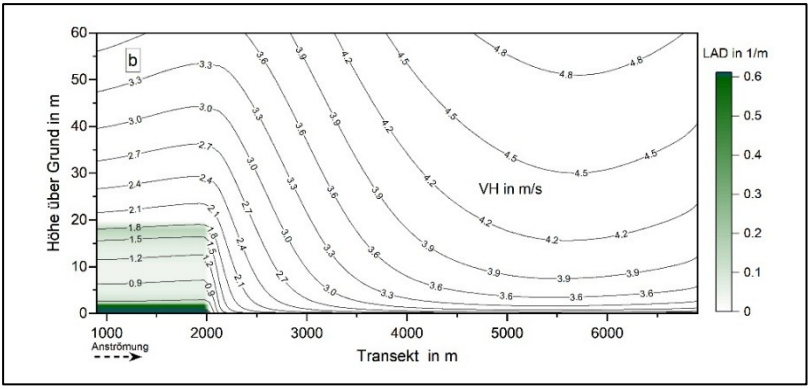

Abbildung 1: Horizontalwind entlang eines Transektes über den Scheibe-See. Darstellung mit der Software Origin Pro. (Körner et al., 2026)

Durch die räumliche Auflösung im Meterbereich (horizontal) bzw. Dezimeterbereich (vertikal) können die Landnutzungsinformationen im Randbereich des Gewässers räumlich detailliert aufgelöst werden. Im Modellkonzept werden die Modellergebnisse in Stundenwerten ausgegeben, um bei Jahresanalysen auch typische Tagesgänge abbilden zu können.

Abschließend kommt ein maschinelles Lernverfahren, konkret Gradient Boosting, zum Einsatz, um die gewonnenen Erkenntnisse aus den HIRVAC-2D Simulationen räumlich und zeitlich zu skalieren und auf unbeobachtete Bereiche zu übertragen. Die Modellmatrix umfasst hierbei ein breites Spektrum an Prädiktoren. Neben hochaufgelösten meteorologischen Zeitreihen (u. a. Strahlung, Wind, Feuchte) werden morphologische Parameter aus Digitalen Gelände- und Oberflächenmodellen (DGM/DOM) extrahiert. Zusätzliche ökologische Indikatoren wie Vegetationsindizes und Wuchshöhen dienen der Charakterisierung der Rauigkeitslänge und der ufernahen Transpirationsleistung.

7 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die ausgearbeitete Modellkette ist prinzipiell auf alle Bergbaufolgeseen im Lausitzer und Mitteldeutschen Revier übertragbar, wobei eine standortspezifische Validierung und gegebenenfalls eine Anpassung der Parametrisierungen erforderlich bleibt.

Wir empfehlen die Umsetzung des Gesamtkonzepts an einem Pilotgewässer. Die Ergebnisse aus den Intensivmessungen und der Modellierung liefern die Datenbasis für die Verallgemeinerung und Übertragung der Gewässerverdunstung auf Bergbaufolgeseen mit ähnlicher Umgebungsstruktur wie das Pilotgewässer, basierend auf den Machine Learning Ansätzen. Für die Übertragung der Verdunstung auf Bergbaufolgeseen im Zielgebiet, mit davon deutlich abweichender Uferform und Umgebungscharakteristik, ist gegebenenfalls die Anwendung des Modell- und Messkonzepts auf weitere repräsentative Pilotgewässer erforderlich.

Zusammenfassend leistet das Konzept einen wesentlichen Beitrag zur Optimierung der Wasserhaushaltsbilanzierung in den Bergbaufolgeregionen und bietet eine fundierte Basis, um den Herausforderungen des Klima- und Strukturwandels zu begegnen.

Autoren:
Dr. Beate Böhme; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 45; Telefon: 0351 8928 4525; E-Mail: Beate.Boehme@lfulg.sachsen.de

Felix Stiller; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 45; Telefon: 0351 8928 4524; E-Mail: Felix.Stiller@lfulg.sachsen.de

Kontakt:
Abteilung 4: Referat 45; Telefon: 0351 8928-4500;
E-Mail: Kristina.Rieth@lfulg.sachsen.de

Quellen:
Körner, P.; Moderow, U.; Spank, U.; Goldberg, V. (2026): Konzeptentwicklung zur modelltechnischen Bestimmung der raumdiskreten Verdunstung von Bergbaufolgeseen unter Berücksichtigung des Umlandes. Iamk GmbH, TU Bergakademie Freiberg, TU Dresden, im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Schriftenreihe des LfULG, Heft 9/2026. Dresden: LfULG.

LMBV (2026): Wasserwirtschaftlicher Jahresbericht der LMBV für den Zeitraum 01.01.2025–31.12.2025. Senftenberg: Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft.

MIBRAG (2021). Revierplanung der MIBRAG GmbH (unveröffentlicht).

Uhlmann, W., Zimmermann, K., Kaltofen, M., Gerstengraser, M., Grosser, F., & Sschützel, C. (2023). Wasserwirtschaftliche Folgen des Braunkohleausstiegs in der Lausitz. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

Link zur Publikationsdatenbank:
https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/51055

LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE
Freistaat SACHSEN

1 Ausgangslage und Motivation

Die Fließgewässer der Bergbaufolgelandschaften des Mitteldeutschen Reviers (MR) sind infolge des ehemaligen sowie des teilweise noch aktiven Braunkohleabbaus erheblichen anthropogenen Einflüssen ausgesetzt. Insbesondere der Oberflächenwasserkörper (OWK) Pleiße-4b (Gewässerabschnitt der Pleiße zwischen Wyhra-Mündung und Einmündung der Pleiße in die Weiße Elster, südlich von Leipzig) ist durch bergbautypische Stoffbelastungen aus dem ehemaligen Tagebau Witznitz erheblich beeinträchtigt.

Als charakteristische Eintragskomponenten sind Eisen und Sulfat zu nennen. Mit 60 bis 70 Prozent der Gesamteisenfracht im OWK bilden die Kippe Witznitz sowie die Hochhalde Neukieritzsch mit im Mittel rund 750 kg pro Tag die Hauptquellen des bestehenden Eiseneintrages in den Pleißeabschnitt. Der Orientierungswert der Oberflächengewässerverordnung zur Erreichung eines guten ökologischen Potenzials von ≤ 1,8 mg/l Eisen(gesamt) als Jahresmittelwert wird an den repräsentativen Messstellen Markkleeberg und Gaschwitz regelmäßig überschritten. Sichtbares Zeichen der Belastung ist eine Verockerung der Gewässersohle mit erheblichen Folgen für die aquatischen Lebensgemeinschaften. Mit dem voraussichtlichen Wegfall der verdünnenden Einleitung aus der Grubenwasserreinigungsanlage (GWRA) Schleenhain ab 2030 ist ohne Gegenmaßnahmen ein weiterer Konzentrationsanstieg zu erwarten. (BGD, 2024).

Vor diesem Hintergrund rückt der angrenzende Hainer See zur Bereitstellung von Verdünnungswasser in den Fokus (vgl. Abbildung 1). Da die Eisen(gelöst)-Konzentration im See deutlich unterhalb der Pleiße-

Konzentration liegt, käme Seewasser zur Verdünnung ab dem Trachenauer Wehr in Betracht. Das Eigendargebot des Sees reicht hierfür jedoch nicht aus.

Für die Bereitstellung des benötigten Zusatzwassers kommen daher die Wyhra oder die Freiberger Mulde im Verbund mit der Muldewasserüberleitung (MWÜL) in Frage.

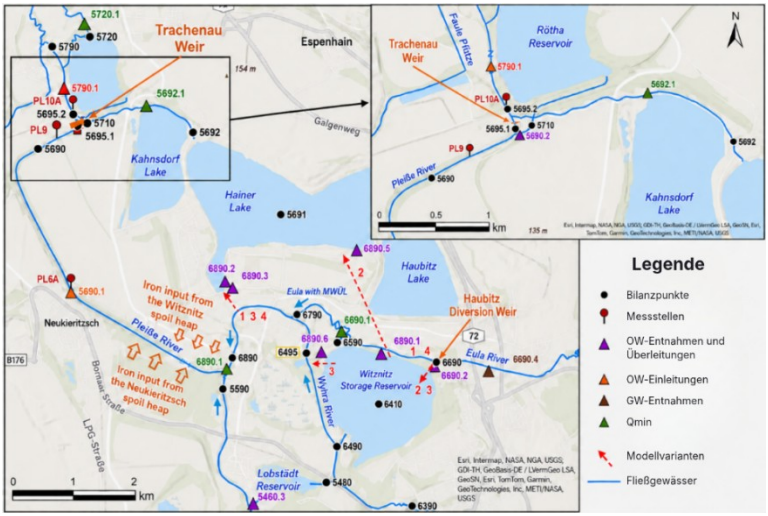

Abbildung 1: Übersichtskarte zu den Modellvarianten einer Überleitung von Zusatzwasser in den Hainer See, zzgl. der im LBM Weiße Elster enthaltenen Modellelemente (© DHI WASY, vgl. Stiller et al., 2026).

2 Zielsetzung und methodisches Vorgehen

Das LfULG beauftragte im Rahmen von RegioNet WasserBoden die DHI WASY GmbH mit einer Machbarkeitsstudie zur Möglichkeit einer modellgestützten Bewertung einer mengenbezogenen Bewirtschaftung des Hainer Sees, mit dem Ziel einer Eisenverdünnung in der Pleiße.

Die Untersuchung verfolgte zwei Leitfragen:

- ob eine gezielte Verdünnungsabgabe aus dem Hainer See die Eisen(gesamt)-Konzentration in der Pleiße auf eine definierte Zielkonzentration reduzieren kann und
- inwiefern die erhöhten Durchflussmengen gleichzeitig die Niedrigwassersituation in der Pleiße verbessern.

Methodisches Kernelement und Novum für die modellgestützte Flussgebietsbewirtschaftung im Südraum Leipzig war die erstmalige Implementierung der Eisen(gesamt)-Konzentration als globale gütebezogene Steuerungsgröße im Bewirtschaftungsmodul (WBalMo) des Langfristbewirtschaftungsmodells Weiße Elster (LBM Weiße Elster).

Das Langfristbewirtschaftungsmodell Weiße Elster
Das LBM Weiße Elster wurde 2024 im Auftrag des LfULG entwickelt (DHI WASY, 2024). Es bildet unter Berücksichtigung verschiedener Klimaprojektionen sowie sich wandelnder wirtschaftlicher Rahmenbedingungen die langfristige Wassermengenbewirtschaftung im Einzugsgebiet der Weißen Elster bis ins Jahr 2100 ab.

Die Modelllandschaft des LBM Weiße Elster gliedert sich hierzu in drei aufeinander aufbauende Module:

- **Das Wasserhaushaltsmodul (ArcEGMO)** berechnet auf Grundlage meteorologischer Eingangsdaten sowie ausgewählten Klimaprojektionen das Wasserdargebot als quasinatürliche Abflusszeitreihen auf Tageswertbasis.
- **Das stochastische Modul (SIKOSIMO)** erzeugt daraus je Klimaprojektion mindestens 100 gleichwahrscheinliche Monatszeitreihen und bildet so die hydrologische Variabilität für eine probabilistische Auswertung ab.
- **Das Bewirtschaftungsmodul (WBalMo)** bilanziert Dargebot und Bedarf auf Monatsbasis nach priorisierten Bewirtschaftungsgrundsätzen und ermöglicht dadurch eine differenzierte Beurteilung der Wasserverfügbarkeit im Einzugsgebiet der Weißen Elster.

Der Hainer See ist im Modell als Speicher mit Ausleitung in die Pleiße abgebildet. Die für die Machbarkeitsstudie erforderlichen Überleitungsvarianten (vgl. Abbildung 2) wurden im Rahmen der Erweiterung neu implementiert und plausibilisiert.

Modellerweiterung: Methodik und Varianten

Kernanliegen der Erweiterung war es, das WBalMo-Bewirtschaftungsmodul so weiterzuentwickeln, dass Wirksamkeit und wasserwirtschaftliche Machbarkeit einer Bewirtschaftung des Hainer Sees sowohl hinsichtlich Güte- als auch Mengenaspekten modellgestützt bewertet werden können. Als wirksam gilt die Bewirtschaftung, wenn vorgegebene Schwellenwerte für die Eisen(gesamt)-Konzentration beziehungsweise für den Abfluss in der Pleiße mit definierter Wahrscheinlichkeit eingehalten werden.

Die Modellstruktur des LBM Weiße Elster wurde hierzu um neue Bilanzprofile, zusätzliche Nutzer und ein Abgabeelement ergänzt (vgl. Abbildung 2). Für die gütebezogene Steuerung wurde eine Systemvariable für die Eisen(gesamt)-Konzentration eingeführt, ergänzt durch Stellschrauben für z. B. Ein- und Ausleitkapazitäten sowie den Zielwert der Eisen(gesamt)-Konzentration am Trachenauer Wehr.

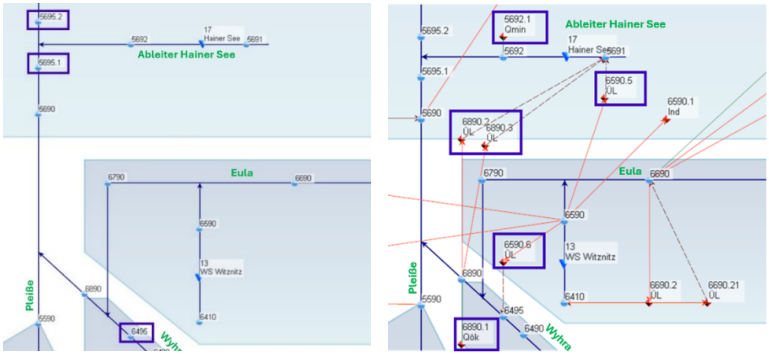

Abbildung 2: Ausschnitt der Modellskizze mit neu erstellten Bilanzprofilen (links) und Nutzern (rechts) in Violett (DHI WASY, 2026)

In der vorliegenden Modellvariante wird der Bedarf an Verdünnungswasser zur Minderung der Eisen(gesamt)-Konzentration am Trachenauer Wehr (vgl. Abbildung 1) bilanziert. Als Grundlage dient eine empirisch ermittelte Beziehung zwischen der Eisen(gesamt)-Konzentration $c(Fe_{ges})$ und dem Durchfluss am Trachenauer Wehr Q_{PL9}.

$$c(Fe_{ges}) = 6{,}4468 \cdot {Q_{PL9}}^{-0{,}615} \qquad (1)$$

Auf Basis der empirischen Beziehung [1] erfolgt die Berechnung des Verdünnungsbedarfs Q_{VW} entsprechend der angestrebten Zielkonzentration $c(Fe_{ges})_{Ziel}$ sowie der Eisen(gesamt)-Konzentration in der Pleiße $c(Fe_{ges})$ und des Verdünnungswassers aus dem Hainer See $c(Fe_{ges})_{VW}$ per Mischungsrechnung [2].

$$Q_{VW} = Q_{PL9} \frac{c(Fe_{ges}) - c(Fe_{ges})_{Ziel}}{c(Fe_{ges})_{Ziel} - c(Fe_{ges})_{VW}} \qquad (2)$$

Die Bestimmung des Verdünnungswasserbedarfs sowie die Steuerung der erforderlichen Überleitungen erfolgen über frei konfigurierbare „DYN“-Elemente als Ergänzung der WBalMo-Grundfunktionen. Die Bewirtschaftungsrangliste wurde unter Einhaltung bestehender Bewirtschaftungsgrundsätze entsprechend erweitert und angepasst.

Zur systematischen Untersuchung wurden fünf Varianten abgeleitet, die sich nach der Quelle des Zusatzwassers und der jeweiligen Überleitungsinfrastruktur unterscheiden:

Modellvarianten (vgl. Abbildung 2)

- **Var.0** – Nutzung des Eigendargebots des Hainer Sees ohne Zusatzwasser
- **Var.1** – Überleitung aus dem Eigendargebot der Wyhra u. Eula
- **Var.2** – Überleitung aus dem WS Witznitz mit Stützung durch die Muldewasserüberleitung (MWÜL)
- **Var.3** – Überleitung aus der Wyhra mit Stützung durch die MWÜL und Zwischenspeicherung im WS Witznitz
- **Var.4** – Überleitung aus der Wyhra mit Stützung durch die MWÜL ohne Zwischenspeicherung im WS Witznitz

3 Ergebnisse und Plausibilisierung

Für die Plausibilisierung wurden fünf Simulationsrechnungen (eine je Variante) in der Klimaprojektion EPISODES RCP 8,5 für den Zeitraum 2011–2100 durchgeführt. Ziel war die Überprüfung der Modellstruktur, zu dessen Zweck lediglich mit jeweils einer aus 100 möglichen Realisierungen je Simulationslauf gerechnet wurde. Vollständige Simulationen über alle Projektionen und Realisierungen hinweg waren nicht Bestandteil der Modellerweiterung. Die Plausibilisierung bestätigt, dass die Modellerweiterung den Systemzusammenhang sachgerecht abbildet:

- **Eisenverdünnung:** Die Seebewirtschaftung führt erwartungsgemäß zu einer nachweisbaren Reduktion der Eisen(gesamt)-Konzentration in der Pleiße.
- **Niedrigwasseraufhöhung:** Die Verdünnungsabgabe erhöht den Durchfluss in der Pleiße und unterstützt damit gleichzeitig die Niedrigwasseraufhöhung.

- **Variantenumsetzung und Steuerung:** Alle Varianten werden modellkonform umgesetzt. Speicher- und Überleitelemente reagieren planmäßig, der Betriebsraum des Hainer Sees wird innerhalb der definierten Grenzen genutzt.
- **Hydrologische Plausibilität:** Die Abgabe aus dem See erhöht sich erwartungsgemäß in trockenen Jahren sowie in den Spätsommer- und Herbstmonaten, wenn die mittleren Abflüsse in der Pleiße niedrig sind.

Eine wasserstandsabhängige Ausleitfunktion des Hainer Sees sowie innermonatliche Durchflussschwankungen wurden im Modell berücksichtigt, bleiben aber weiterhin Untersuchungsgegenstand zukünftiger Modellfortschreibungen.

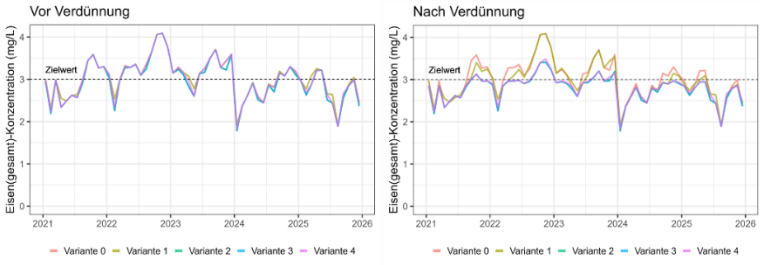

Abbildung 3: Eisen(gesamt)-Konzentration in der Pleiße vor und nach der Verdünnung aus dem Hainer See für 5 beispielhaft ausgewählte Modelljahre. Bei den abgebildeten Jahren handelt es sich um stochastisch generierte Modelljahre, ein Vergleich mit Messdaten ist nicht zulässig. (DHI WASY, 2026).

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Machbarkeitsstudie belegt, dass eine Reduzierung der Eisenbelastung in der Pleiße durch eine gezielte Bewirtschaftung des Hainer Sees prinzipiell möglich ist. Die erstmalige Integration der Eisen(gesamt)-Konzentration als modellglobale Steuerungsgröße stellt einen methodischen Fortschritt für die integrierte Mengen- und Gütebewertung in der Langfristbewirtschaftung des Mitteldeutschen Reviers dar. In den nächsten Schritten sind in Abstimmung mit den regionalen Akteuren,

die Randbedingungen und Varianten zu konkretisieren sowie vollständige Simulationen über alle Klimaprojektionen und Realisierungen hinweg durchzuführen. Die entstehenden Simulationsergebnisse sollen als belastbare Entscheidungsgrundlage für die weitere Maßnahmenplanung zur Eisenreduktion in der Pleiße dienen.

Autoren:
Felix Stiller; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 45; Telefon: 0351 8928 4524;
E-Mail: Felix.Stiller@lfulg.sachsen.de

Falk Kortenhof; Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen; Betrieb E/M/UWE; Telefon: +49 34206 588-301;
E-Mail: Falk.Kortenhof@ltv.sachsen.de

Kontakt:
Abteilung 4: Referat 45; Telefon: 0351 8928-4500;
E-Mail: Kristina.Rieth@lfulg.sachsen.de

Quellen:
BGD (2024): Vorhabens- und Sanierungsplan (VoSa) zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie für die Oberflächenwasserkörper Pleiße-4a und Pleiße-4b. Abschlussbericht, BGD ECOSAX GmbH im Auftrag des LfULG (Hrsg.), Dresden 2024.

DHI WASY (2024): Aufbau und Plausibilisierung eines Modells zur langfristigen Wassermengenbewirtschaftung im Flusseinzugsgebiet der Weißen Elster. Abschlussbericht, DHI WASY GmbH im Auftrag des LfULG (Hrsg.), Berlin 2024.

DHI WASY (2026): Untersuchung der Wirksamkeit und wasserwirtschaftlichen Machbarkeit einer Bewirtschaftung des Hainer Sees hinsichtlich der Eisenverdünnung und Niedrigwasseraufhöhung in der Pleiße mit Hilfe des Langfristbewirtschaftungsmodells (LBM) Weiße Elster. Abschlussbericht (Entwurfsfassung), DHI WASY GmbH im Auftrag des LfULG (Hrsg.), Berlin 2026.

LfULG (2014): Fließgewässerorganismen und Eisen. Schriftenreihe des LfULG (Hrsg.), Heft 35/2014.

Stiller et al. (2026): Entwicklung modellbasierter Bewirtschaftungsansätze zur Steuerung der Eisenkonzentration in bergbaubeeinflussten Fließgewässern des Mitteldeutschen Reviers. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen, Heft 75 S. 43-53, Dresden März 2026

LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE | Freistaat SACHSEN

1 Ausgangslage und Motivation

Der Elsterfloßgraben ist ein im 16. Jahrhundert angelegtes künstliches Fließgewässer mit einer heute noch erhaltenen Gesamtlänge von ca. 83,5 km. Er diente historisch der Flößerei von Scheitholz und wurde für diesen Zweck bis Mitte des 19. Jahrhunderts genutzt.

Durch den noch aktiven Tagebau Profen wird der Gewässerlauf in Höhe der Landesgrenze Sachsen/Sachsen-Anhalt unterbrochen und seither am Abschlag Othmig in die Weiße Elster zurückgeleitet (vgl. Abbildung 1). Ab Elstertrebnitz in Sachsen ist das nun „Werbener Floßgraben“ genannte Gewässer erneut und ausschließlich durch die Einleitung von Sümpfungswasser aus dem Tagebau Profen der Mitteldeutschen Braunkohlegesellschaft GmbH (MIBRAG) bespannt. Der Werbener Floßgraben mündet bei Schladebach in Der Bach.

Mit dem Ende des Braunkohlebergbaus im Tagebau Profen entfällt mittelfristig die bisherige Bespannungsgrundlage des Gewässers. Im Einvernehmen der beteiligten Akteure konnte die Bespannung des Werbener Floßgrabens bis Ende 2029 gesichert werden.

Ab 2030 ist unter den gegebenen Umständen jedoch mit dem vollständigen Trockenfallen des Floßgrabens auf sächsischem Gebiet sowie mit einer signifikanten Abflussminderung im sich anschließenden sachsen-anhaltinischen Abschnitt zu rechnen. Diese Konstellation begründet einen unmittelbaren und komplexen Handlungsbedarf, der wasserwirtschaftliche, ökologische, infrastrukturelle und ökonomische Fragestellungen umfasst.

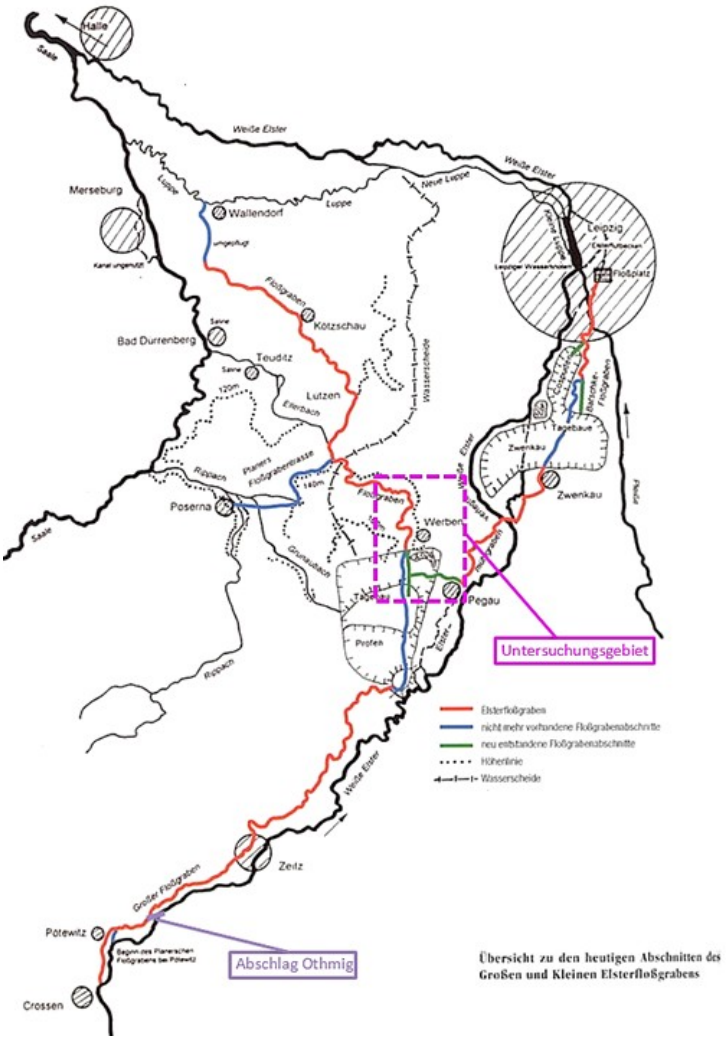

Abbildung 1: Übersichtskarte des gesamten Elsterfloßgrabens (Stowasserplan, 2026 – ergänzte Abbildung aus Förderverein Elsterfloßgraben, 2019)

2 Zielsetzung

Im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) wurde in Kooperation mit der Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (LTV) und im Rahmen des Projektes RegioNet WasserBoden eine Machbarkeitsstudie erarbeitet, die mögliche Handlungsoptionen für den zukünftigen Umgang mit dem sächsischen Abschnitt des Werbener Floßgrabens nach Einstellung der Sümpfungswassereinleitung systematisch untersucht. Aufgrund der großen öffentlichen Bedeutung des Vorhabens wurden regionale Akteure umfangreich in die Erarbeitung eingebunden.

Ziel der Studie ist es, auf Grundlage einer fachlich begründeten Variantenuntersuchung und einer überschlägigen Kostenprognose eine belastbare Entscheidungsgrundlage für den zukünftigen Umgang mit dem Werbener Floßgraben zu schaffen. Das Herausarbeiten einer bestimmten Vorzugsvariante war ausdrücklich nicht Gegenstand der Untersuchung.

3 Untersuchungsgebiet und Rahmenbedingungen

Räumliche Einordnung

Das Untersuchungsgebiet umfasst den sächsischen Abschnitt des Werbener Floßgrabens ab der „Quelle“ (vgl. Abbildung 2) bei der Ortslage Elstertrebnitz bis zur Landesgrenze nach Sachsen-Anhalt sowie angrenzende, durch die Wasserführung und die wasserwirtschaftlichen Funktionen des Grabens beeinflusste Bereiche. Das Gewässer verläuft in nordwestlicher Richtung an Pegau, Werben und Kitzen vorbei.

Nach dem Sächsischen Wassergesetz (SächsWG) ist der Werbener Floßgraben im sächsischen Teilbereich ab der Ortslage Werben als Gewässer 1. Ordnung eingestuft.



Abbildung 2: "Quelle" des Werbener Floßgrabens (© LfULG)

Die Eigentumsverhältnisse im Untersuchungsgebiet sind vielschichtig. Während auf den Kippenflächen der Grundbesitz der LMBV und MIBRAG dominiert, treten in den historischen Floßgrabenabschnitten der Freistaat Sachsen, die Stadt Pegau sowie private Eigentümer und landwirtschaftliche Betriebe als Grundstückseigentümer auf. Diese Heterogenität ist für die spätere Planung und Umsetzung konkreter Maßnahmen von erheblicher praktischer Relevanz.

Im sächsischen Untersuchungsraum stehen mehrere Kulturdenkmale in direkter Verbindung mit dem Werbener Floßgraben, darunter historische Steinbrücken und ehemalige Mühlengebäude. Das gesamte Grabensystem ist als Sachgesamtheit denkmalschutzrechtlich erfasst.

Gewässersystem und wasserwirtschaftliche Funktionen

Das Gewässer ist hydrologisch vollständig von der Einleitung des Sümpfungswassers abhängig. Eine natürliche Anbindung an ein wasserführendes Oberflächengewässer oder an den regionalen Grundwasserleiter bestehen nicht.

Das Gewässersystem des Werbener Floßgrabens erfüllt jedoch eine Reihe zentraler wasserwirtschaftlicher Funktionen:

- als Vorfluter für Einleitungen aus Kleinkläranlagen und der kommunalen Niederschlagswasserableitung,
- zur Löschwasserversorgung angebundener Feuerlöschteiche,
- zur Entwässerung des angrenzenden landwirtschaftlichen und besiedelten Raumes und
- zur Speisung eines weitverzweigten Systems aus Gräben, Stand- und temporär wasserführenden Gewässern.

  Ein Trockenfallen des Gewässers hätte daher unmittelbare und weitreichende Auswirkungen auf die kommunale Abwasserentsorgung in den betroffenen Ortslagen und würde erhebliche infrastrukturelle Anpassungsmaßnahmen erfordern.

Gewässerökologische Einordnung (EG-WRRL)

Der Werbener Floßgraben ist als künstlicher Wasserkörper (AWB – Artificial Water Body) eingestuft, mit dem Bewirtschaftungsziel eines guten ökologischen Potenzials. In Sachsen-Anhalt wird der Floßgraben als eigenständiger Oberflächenwasserkörper „Floß-graben (Der Bach)“ (OWK, ID: DEST_SAL05OW05-01) geführt und ist Bestandteil der Berichtskulisse zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie. Das ökologische Potenzial wird derzeit als „schlecht" bewertet und der chemische Zustand als „nicht gut" eingestuft, mit Überschreitungen der Umweltqualitätsnormen für Quecksilber und Quecksilberverbindungen. Die Gewässerstrukturgüte des historischen Abschnitts des Werbener Floßgrabens wird weitestgehend als „sehr stark verändert" bzw. teilweise als „vollständig verändert" definiert.

Biotopstrukturen und Naturschutz

Ökologisch stellt der Werbener Floßgraben aufgrund seiner ausgeprägten Gewässer- und Uferstrukturen einen bedeutsamen Landschaftsbestandteil dar. Er bietet vielfältige Lebensräume für unterschiedliche Tier- und Pflanzenarten und erfüllt wichtige Funktionen als Biotopverbundachse. Im Untersuchungsraum befindet sich das seit Dezember

2006 unter nationalem Schutz stehende SPA-Gebiet 4739-452 „Bergbaufolgelandschaft Werben", das als bedeutendes Brut- und Rastgebiet für zahlreiche Vogelarten gilt. Zudem sind mehrere gesetzlich geschützte Biotope sowie FFH-Lebensraumtypen vorhanden.

Für die Flora wurden im Untersuchungsraum eine Vielzahl Farn- und Samenpflanzenarten nachgewiesen, darunter vier vom Aussterben bedrohte Arten der höchsten Gefährdungskategorie (Platanthera chlorantha, Anthriscus caucalis, Lepidium coronopus und Bromus secalinus) sowie die stark gefährdete Art Dipsacus pilosus.

Die Fauna umfasst gleichermaßen geschützte Tierarten mit einem deutlichen Schwerpunkt auf der Avifauna. Für die Organismengruppen Flechten und Pilze sind lediglich vereinzelte Nachweise dokumentiert. In ihrer Gesamtheit zeigen die gesichteten Daten die hohe naturschutzfachliche Wertigkeit des Untersuchungsraums und unterstreichen die Notwendigkeit, ökologische Belange bei der weiteren Planung angemessen zu berücksichtigen.

4 Variantenbetrachtung

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurden drei grundlegende Handlungsoptionen für den zukünftigen Umgang mit dem Werbener Floßgraben nach Einstellung der Sümpfungswassereinleitung entwickelt und untersucht:

- Variante A – Trockenfallen des Werbener Floßgrabens
- Variante B.1 – Gewährleistung der Wasserführung durch Pumpbetrieb aus dem Profener Elstermühlgraben
- Variante B.2 – Gewährleistung der Wasserführung durch Pumpbetrieb aus dem Profener Elstermühlgraben und Rückführung des Pumpwassers in die Weiße Elster über den Krebsgraben

Variante A –Trockenfallen des Werbener Floßgrabens

Variante A sieht vor, nach Ablauf der Sümpfungswassereinleitung auf eine weitere Bespannung zu verzichten und das kontrollierte Trockenfallen des Gewässers auf sächsischem Gebiet hinzunehmen. Da keine natürliche Wasseranbindung besteht, würde der Wegfall der Einleitung unmittelbar zu einem vollständigen Versiegen der Wasserführung im Werbener Floßgraben sowie in dessen Ableitern führen.

Die Auswirkungen dieser Option sind weitreichend. Neben dem Verlust der Lebensraumfunktionen wasserabhängiger Biotoptype und der Beeinträchtigung der Biotopverbundachse entfällt die Vorfluterfunktion für Kleinkläranlagen. Ebenso wäre die Löschwasserversorgung der angrenzenden Feuerlöschteiche nicht mehr gewährleistet.

Erforderliche Maßnahmen umfassen den Rückbau des bestehenden Einleitbauwerks, die Umstellung der Abwasserbeseitigung auf Versickerungsanlagen oder zentrale Ortsnetze sowie die Errichtung von Feuerlöschzisternen als Ersatz für die Feuerlöschteiche. Für die Ortslagen Eisdorf und Werben stellt die Errichtung zentraler Schmutzwasserortsnetze mit Druckleitungsanbindung an bestehende Kläranlagen eine besondere Herausforderung dar. Eine vollständige Einstellung der Gewässerunterhaltung ist auch im Falle des Trockenfallens nicht möglich, da das Grabensystem nach Einschätzung der Behörden für die Ableitung von Niederschlagsabflüssen relevant bleibt.

Variante B.1 – Gewährleistung der Wasserführung durch Pump-betrieb aus dem Profener Elstermühlgraben

Variante B.1 sieht die dauerhafte Aufrechterhaltung der Wasserführung mit 0,133 m^3/s durch den Betrieb einer Pumpanlage vor. Das Wasser wird aus dem Profener Elstermühlgraben (PEM) entnommen und über eine neu herzustellende Druckrohrleitung mit einer Länge von etwa 1150 m und einem zu überwindenden Höhenunterschied von ca. 17 Meter in den Werbener Floßgraben eingeleitet.

Neben der technischen Anlage wird ein wesentlicher Planungsaspekt die erforderliche Querung der Bahntrasse sein.

Ergänzend wurden Gewässerentwicklungsmaßnahmen zur ökologischen Aufwertung betrachtet, darunter die Herstellung einer Niedrigwasserrinne, der Einbau von Strömungslenkern (Totholzbuhnen, Wurzelstöcke), kleinräumige Sohlstrukturierungen sowie punktuelle Laufaufweitungen.

Grundsätzlich ist der Bedarf an technischen Kompensationsmaßnahmen bei dieser Variante jedoch gering, da bestehende Funktionen, insbesondere die Vorfluterfunktion und die Löschwasserbereitstellung, weitgehend erhalten bleiben.

Variante B.2 – Gewährleistung der Wasserführung durch Pump-betrieb aus dem Profener Elstermühlgraben und Rückführung des Pumpwassers in die Weiße Elster über den Krebsgraben

Variante B.2 baut vollständig auf Variante B.1 auf und erweitert diese um eine zusätzliche Wasserrückführung in die Weiße Elster über den Krebsgraben anhand eines neu zu errichtenden Verbindungsabschnittes. Hierdurch wird eine wasserwirtschaftliche Vernetzung mit dem natürlichen Flusssystem der Weißen Elster hergestellt. Gegenüber Variante B.1 ergibt sich eine größere Flächeninanspruchnahme sowie ein höherer Planungs-/ Abstimmungsaufwand.

Kostenprognose

- **Variante A** weist erhebliche Investitionskosten auf, die insbesondere aus der erforderlichen Umstellung der kommunalen Abwasserbeseitigung, der Anpassung der Niederschlagswasserableitung sowie der Sicherstellung der Löschwasserversorgung resultieren. Hinzu kommen umfangreiche Kosten für naturschutzrechtliche Kompensationsmaßnahmen infolge des Verlusts wasserabhängiger Biotope und des Wegfalls der Vorfluterfunktion.

Die laufenden Betriebskosten sind bei Variante A zwar deutlich geringer als bei den Pumpbetriebsvarianten, langfristig entstehen jedoch Betriebskosten für die neu herzustellende Abwasserinfrastruktur.

- Die **Varianten B.1 und B.2** sind demgegenüber durch erhebliche und dauerhaft anfallende Betriebskosten geprägt, die maßgeblich durch den Energieaufwand für den kontinuierlichen Pumpbetrieb bestimmt werden. Die jährlichen Stromkosten unterliegen erheblichen Schwankungen in Abhängigkeit vom jeweiligen Strompreis, was die Langfristplanung erschwert. Als Ansätze zur Betriebskostenminimierung wurden die Nutzung lokal erzeugter erneuerbarer Energie durch Photovoltaik, der Einsatz von Zwischenspeicherbecken zur zeitlichen Entkopplung von Stromerzeugung und Pumpbetrieb so-wie eine energiepreisoptimierte intermittierende Betriebsstrategie berücksichtigt

Für alle drei Varianten wurde eine überschlägige Kostenprognose erstellt. Diese berücksichtigt drei Kostengruppen: Herstellungs- bzw. Investitionskosten, Unterhaltungskosten sowie Kosten für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen. Die Prognose ist in diesem Zusammenhang als Grundlage für einen überschlägigen Variantenvergleich zu interpretieren und zeigt je nach Betrachtungshorizont, Diskontierungsansatz oder angesetzten Energiepreisen ein differenziertes Kostenbild zwischen den Varianten auf.

Fachliche Bewertung

Die fachliche Bewertung der drei Varianten erfolgte anhand eines standardisierten Kriteriensystems mit sieben Hauptkriterien und 21 untergeordneten Einzelkriterien. Zur Sicherung der Transparenz und Nachvollziehbarkeit wurden für jedes Kriterium detaillierte Bewertungsmaßstäbe festgelegt.

Ergänzend wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, um die Stabilität der Gesamtergebnisse gegenüber unterschiedlichen Wichtungsansätzen zu überprüfen. Die sieben Hauptkriterien umfassen:

- Auswirkungen auf den Wasserhaushalt
- Auswirkungen auf den ökologischen und chemischen Zustand
- Auswirkungen auf Natur und Landschaft
- Technische und bauliche Realisierbarkeit
- Infrastrukturelle Funktionen und Daseinsvorsorge
- Rechtliche Umsetzbarkeit und Nutzungskonflikte
- Betriebssicherheit und Langfristperspektive

5 Ergebnisse und Ausblick

In der Gesamtbetrachtung wurden alle Varianten negativ bewertet, wobei die Varianten B.1 und B.2 als am wenigsten nachteilige Varianten hervorgehen. Sie ermöglichen bei ausreichender Wasserführung der Weißen Elster den Erhalt der bestehenden Gewässerfunktionen, der wasserabhängigen Lebensräume und der infrastrukturellen Nutzungen, erfordern jedoch einen dauerhaften, energieintensiven Pumpbetrieb mit entsprechend hohen laufenden Betriebskosten. Variante A vermeidet diesen Dauerbetriebsaufwand, verursacht dafür aber erhebliche Kosten für die umzustellende kommunale Abwasserinfrastruktur.

Der zwischen fachlichen Kriterien und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen bestehende Zielkonflikt verdeutlicht, dass die anstehende Entscheidung über die Zukunft des Werbener Floßgrabens weit über eine technische Fragestellung hinausgeht. Sie berührt grundlegende Fragen der Daseinsvorsorge, des Naturschutzes, der Denkmalpflege sowie der kommunalen Infrastrukturverantwortung in einem durch den Strukturwandel im Braunkohlebergbau geprägten Raum.

Die Machbarkeitsstudie stellt vielmehr auf Basis einer systematischen, mehrkriteriellen Variantenuntersuchung und einer überschlägigen Kostenprognose eine belastbare Entscheidungsgrundlage für den zukünftigen wasserwirtschaftlichen Umgang mit dem Werbener Floßgraben dar. Sie beschreibt die bestehenden Verhältnisse im sächsischen Untersuchungsgebiet umfassend, entwickelt drei technisch grundsätzlich realisierbare Handlungsoptionen und bewertet diese anhand fachlich begründeter Kriterien neutral und nachvollziehbar.

Autoren:
Felix Stiller; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 45; Telefon: 0351 8928 4524;
E-Mail: Felix.Stiller@lfulg.sachsen.de
Falk Kortenhof; Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen; Betrieb E/M/UWE; Telefon: +49 34206 588-301;
E-Mail: Falk.Kortenhof@ltv.sachsen.de

Kontakt:
Abteilung 4: Referat 45; Telefon: 0351 8928-4500;
E-Mail: Kristina.Rieth@lfulg.sachsen.de

Quellen:
BfG (2022): Floßgraben (Der Bach) (Fließgewässer). Wasserkörpersteckbrief Oberflächenwasserkörper - 3. Bewirtschaftungsplan.
Förderverein Elsterfloßgraben (2019): Chronik Förderverein Elsterfloßgraben e.V. 2009 – 2019. Förderverein Elsterfloßgraben e.V, 2019
LHW (2018): Positionspapier – Länderübergreifende Interessenserklärung zum Floßgraben. ST & SN, 2018
RP-L (2000): Planfeststellungsverfahren gemäß § 31 WHG zur Wiederherstellung des Floßgrabens und des Carsdorfer Ableiters. Antrag der LMBV mbH vom 30.06.1995, Regierungspräsidium Leipzig, Leipzig, 31.01.2000
Stowasserplan (2026): Machbarkeitsstudie – Zukunft des Werbener Floßgrabens. Abschlussbericht, Stowasserplan GmbH & Co. KG im Auftrag des LfULG, Dresden 2026
BGD (2024): Vorhabens- und Sanierungsplan (VoSa) zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie für die Oberflächenwasserkörper Pleiße-4a und Pleiße-4b. Abschlussbericht, BGD ECOSAX GmbH im Auftrag des LfULG, Dresden 2024

LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE | Freistaat SACHSEN

Gewässerbewirtschaftung im Südraum Leipzig

Bewirtschaftungsgremium, Speicherpotenziale, Messnetzkonzept und Langfristbewirtschaftungsmodell

Zur Unterstützung der Gewässerbewirtschaftung im Südraum Leipzig wurden mehrere Projekte durchgeführt und Netzwerke etabliert.

1 Flussgebietsbewirtschaftung im Südraum Leipzig – Bewirtschaftungsgremium Westsachsen

Der Wasserhaushalt im Großraum Leipzig, im Flusseinzugsgebiet der Weißen Elster, ist durch die Auswirkungen des Braunkohlenbergbaus geprägt. Das derzeit verfügbare Wasserdargebot reicht gerade noch so aus, um die vielfältigen Nutzungsansprüche an die Ressource Wasser jederzeit und an jedem Ort zu erfüllen. Zukünftig wird die Wasserknappheit besonders durch den gesetzlich geregelten Kohleausstieg und den fortlaufenden Klimawandel weiter verschärft.

Um diese Probleme anzugehen, hat die Facharbeitsgruppe Flussgebietsbewirtschaftung Westsachsen für den Südraum Leipzig Handlungs- und Maßnahmenvorschläge für ein nachhaltiges und ressourcenschonendes Wassermanagement ermittelt und arbeitet an deren Realisierung. Dazu bedarf es einer engen Zusammenarbeit zwischen den zuständigen Wasserbehörden, dem regionalen Planungsverband sowie den Bergbauunternehmen.

RegioNet WasserBoden hat diese Netzwerkaufgabe zur Organisation eines vertrauensvollen, zielorientierten und stets aktuellen Informationsaustauschs aktiv übernommen und damit eine maßgebliche Grundlage für die erforderlichen Entscheidungen der Facharbeitsgruppe geschaffen.

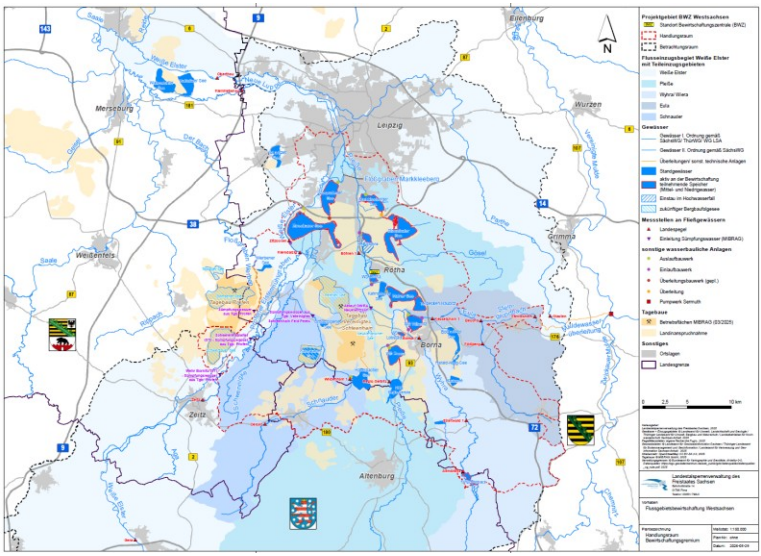

Abbildung 1: Handlungs- und Betrachtungsraum des Bewirtschaftungsgremiums Westsachsen

Darüber hinaus umfasste die fachliche Unterstützung der Gremienarbeit durch RegioNet WasserBoden beispielsweise die Erarbeitung von Handlungsbedarfen im Allgemeinen und für den Betrieb der zukünftigen Bewirtschaftungszentrale Westsachsen am LTV-Standort in Rötha im Speziellen.

Ein maßgeblicher Meilenstein des Projektes RegioNet WasserBoden war die **Etablierung des Bewirtschaftungsgremiums Westsachsen**.

Das Bewirtschaftungsgremium Westsachsen wurde im Februar 2025 konstituiert und trifft sich seitdem regelmäßig. Die Leitung und Koordination obliegt der LTV/RegioNet WasserBoden. Mitglieder des Bewirtschaftungsgremiums sind regionale Akteure aus sächsischen und sachsen-anhaltinischen Wasserbehörden sowie den Bergbauunternehmen MIBRAG und LMBV.

Bewirtschaftungsgremium Westsachsen - Aufgaben

- **gemeinsame** Abstimmung der Flussgebietsbewirtschaftung im Normalbetrieb
  - fortlaufende **wechselseitige Information** zu veränderten wasserwirtschaftlichen Randbedingungen im Geltungsbereich der jeweiligen Mitglieder
  - Erfassung und laufende **Analyse der aktuellen Systemzustände** und meteorologischen Verhältnisse in den Flussgebieten
  - **Bewertung** der erhobenen Daten
  - Information und Abstimmung im Gremium
  - **Erstellung** von Steueranweisungen sowie Übergabe der Steuerungsvorgaben an die Betriebsführungszentralen
  - Nachverfolgung/**Prüfung der Wirksamkeit** der Steuerung
- Fortschreibung der Bewirtschaftungsgrundsätze
- Kein Mandat für Steuerungsaufgaben im Hochwasserfall und bei extremem Niedrigwasser

2 Wasserwirtschaftliche Speicherpotenziale

Im Auftrag der Facharbeitsgruppe Flussgebietsbewirtschaftung Westsachsen wurden durch RegioNet WasserBoden verschiedene Studien zur Ermittlung und Optimierung von bestehenden und potenziellen Wasserspeichern im Hinblick auf eine mögliche Niedrigwasserbewirtschaftung der Weißen Elster und der Pleiße ausgeführt.

Die ermittelten Fachgrundlagen gehen als „Bausteine“ in eine noch zu erstellende Gesamtspeicherstudie ein, in der auf Grundlage von Szenarienbetrachtungen mit dem LBM WE (siehe Kapitel 0, ab Seite 42) mögliche Maßnahmen abgeleitet werden sollen. Zusätzlich zu den in den

folgenden Kapiteln benannten Studien, wird aktuell noch der Seenverbund Zwenkau-Cospuden betrachtet. Die Ergebnisse der Studie stehen noch aus. In diesem Zusammenhang wird auch der „Düker Süd“ als potentielle wasserwirtschaftliche Verbindung des Profener Elstermühlgrabens zum Zwenkauer See im Rahmen einer Studie von RegioNet WasserBoden geprüft.

Machbarkeitsstudie Wasserspeicher Groitzscher See

Die „Machbarkeitsstudie Wasserspeicher Groitzscher See - Gutachten zum Speicherpotential und zur Bewirtschaftung des zukünftigen Bergbaufolgesees des Tagebaus Vereinigtes Schleenhain“ wurde im Rahmen der Projektlaufzeit RegioNet WasserBoden in Auftrag gegeben und fachinhaltlich begleitet.

Zielstellung

Ziel der Studie war es, ausgehend von der Ermittlung des maximalen Speicherpotenzials des zukünftigen „Groitzscher Sees“, Speichervarianten zu ermitteln, welche eine effektive Bewirtschaftung vor allem im Hinblick auf die Niedrigwasseraufhöhung ermöglichen. Dabei waren die notwendigen baulichen und rechtlichen Bedingungen für den entsprechenden Gewässerausbau sowie der Zu- und Ableiter aufzuzeigen und in die Variantendiskussion einzuarbeiten. Die Studie fügt sich dabei in einen komplexen Entscheidungsprozess ein, indem sie zu dem wasserwirtschaftlichen Belang einer Speichernutzung Informationen liefert.

Kernaussagen

- Bewirtschaftungslamelle mit einem potenziell für die Region relevantem Einstauvolumen wäre wasserwirtschaftlich und ohne Pumpenbetrieb realisierbar
- Bewirtschaftungslamelle könnte zur **teilweisen Kompensation** für zukünftig wegfallende Sümpfungswasser, d. h. zur Niedrigwasseraufhöhung der Schnauder beitragen
- Nutzung des Speicherpotenzials würde bauliche Maßnahmen, mindestens im Bereich des Zu- und Ableiters erfordern

Machbarkeit zur multifunktionalen Nutzung des Hochwasserrückhaltebeckens Stöhna

Die Studie „Machbarkeit der Einrichtung und des Betriebes einer Bewirtschaftungslamelle im Hochwasserrückhaltebecken (HRB) zur Niedrigwasseraufhöhung und zum Hochwasserschutz“ wurde im Rahmen der Projektlaufzeit in Auftrag gegeben und fachinhaltlich begleitet.

Zielstellung

Das HRB Stöhna ist eine wasserwirtschaftliche Anlage des Hochwasserschutzes im Nebenschluss der Pleiße. Ziel der Untersuchung war die Prüfung einer potentiellen Flexibilisierung des Hochwasserschutzraumes in Bezug auf eine Teilnutzung als temporärer Wasserspeicher zur Niedrigwasseraufhöhung in der Pleiße unter Darlegung der hydrologischen, technischen und naturschutzfachlichen Randbedingungen.

Kernaussagen

- Bewirtschaftungslamelle mit einem relevanten Einstauvolumen wäre wasserwirtschaftlich realisierbar
- wirksame **Niedrigwasseraufhöhung** der Pleiße für ca. 2 Monate
- Einleitung über Seitenentnahme aus Pleiße bei geringer baulicher Anpassung im freien Gefälle möglich
- Nutzung bestehendes Auslassbauwerk mit geringem technischen Anpassungserfordernis

3 Erstellung eines Messnetzkonzeptes für die Flussgebietsbewirtschaftung im Südraum Leipzig

Im Rahmen von RegioNet WasserBoden wurde die Studie zur „Erstellung eines Messnetzkonzeptes zur Schaffung eines funktionalen Mess- und Steuernetzes für die Flussgebietsbewirtschaftung Westsachsen“ in Auftrag gegeben und fachinhaltlich begleitet. Die Studie ist kurz vor Fertigstellung.

Zielstellung

Ziel der ausgeschriebenen Leistung war es, ein Messnetzkonzept zur räumlichen und zeitlichen Erfassung der Wassermenge und des Wasserstandes für die Steuerung des Wasserdargebots im Mittel- und Niedrigwasserbereich im Südraum Leipzig zu entwickeln. Das Messnetzkonzept soll unter Einbezug bereits bestehender Messstellen und gezielter Neubauten eine optimale Messstellenabdeckung zur Erfassung und Übertragung aktueller Systemzustände der relevanten wasserwirtschaftlichen Anlagen, in den Fließgewässern bzw. in den technischen Zu- und Ableitern als Informationsgrundlage für den Betrieb der Bewirtschaftungszentrale Westsachsen schaffen. Die gewonnenen Informationen dienen auch als Basisdaten für das noch zu entwickelnde und zu etablierende operative Bewirtschaftungsmodell, mit dessen Hilfe zukünftig Steuerempfehlungen/-anweisungen durch das Bewirt-

schaftungsgremium abgeleitet werden sollen, sowie für die Fortschreibung des bereits bestehenden Langfristbewirtschaftungsmodells Weiße Elster (LBM WE). Weiterhin ist durch den Auftragnehmer für die bauliche Anpassung von Bestandsmessstellen bzw. den Neubau von Messstellen eine Priorisierung in der Umsetzung vorzunehmen und die entstehenden Kosten abzuschätzen. Im Rahmen der Untersuchung waren mehrere Feldkampagnen sowie Gespräche mit den jeweiligen Messstellenbetreibern vorzunehmen.

Kernaussagen

- Das Konzept wurde als QGIS-Projekt aufbereitet und enthält für die jeweiligen Messstellen weiterreichende Informationen in Steckbriefen.
- Das Messnetzkonzept **umfasst > 100 Messstellen** sowohl in Stand- als auch Fließgewässern, wovon **> 20 Messstellen** einer **baulichen Anpassung bzw. eines Neubaus** bedürfen.
- Davon wurden **8 Messstellen der Priorität 1** zugeordnet. An diesen Stellen fehlen bislang maßgebliche Informationen für die Flussgebietsbewirtschaftung.

4 Aufbau und Fortschreibung Langfristbewirtschaftungsmodell Weiße Elster (LBM WE) und Anwenderkreis

Das begrenzte Wasserdargebot und dessen zukünftig zu erwartende weitere Verknappung erfordern eine strategische Bewirtschaftung der Wasserressourcen mit dem Ziel, das Wasserdargebot und den Wasserbedarf langfristig in Balance zu halten. Zu diesem Zweck wurde das Langfristbewirtschaftungsmodell Weiße Elster (LBM WE) durch das LfULG in Zusammenarbeit mit LTV/RegioNet WasserBoden beauftragt (DHI WASY, 2024). Zur Fortschreibung und Anwendung wurde das Modell an die LTV übergeben. Diese Aufgaben werden seitdem federführend durch den Einsatz von RegioNet WasserBoden erledigt.

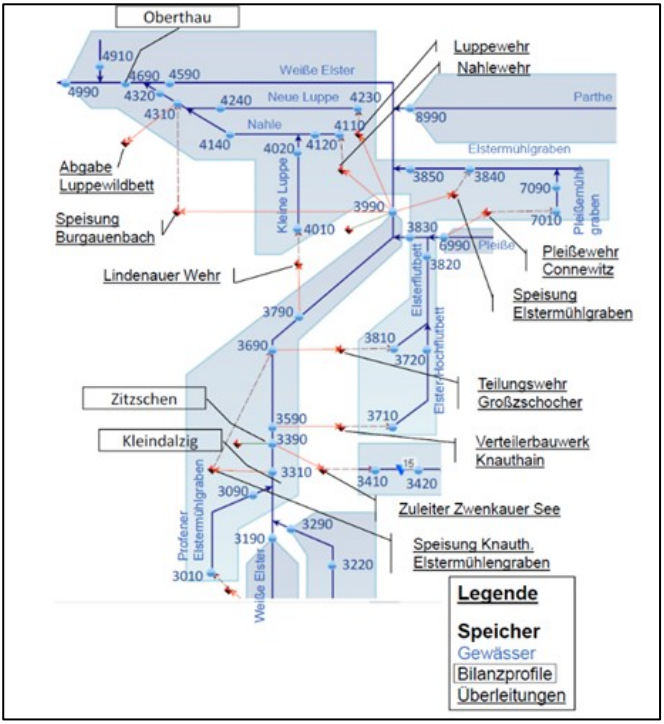

Abbildung 2: Ausschnitt aus LBM WE (Polygone der Simulationsteilgebiete und Bilanzprofile)

Modellaufbau und Funktionen

Das Modell LBM WE beinhaltet alle Talsperren, Speicher, Bergbaufolgeseen sowie Fließgewässer und Überleitungen im Einzugsgebiet der Weißen Elster. Der Wasserbedarf wird über Nutzer im Modell integriert. Das Modell stellt unter Berücksichtigung von drei Klimaprojektionen sowie sich veränderten Rahmenbedingungen wie Strukturwandel und wirtschaftlichen Gegebenheiten das Wasserdargebot dem Wasserbedarf gegenüber. Somit lassen sich z.B. Aussagen über die Befüllungswahrscheinlichkeit von Bergbaufolgeseen und Speicher treffen oder auch ob bestimmte Mindestwasserabflüsse in den Gewässern eingehalten werden können. Dadurch ergeben sich Schlussfolgerungen, wie die derzeitige und langfristige Wasserbewirtschaftung im Großraum Leipzig und im gesamten Einzugsgebiet der Weißen Elster erfolgen

kann. Das LBM WE ist damit eine unverzichtbare Fachgrundlage für die Bewirtschaftung und die erforderlichen Entscheidungen zum Bergbauwassermanagement.

Elemente des Modells	Merkmale
▪ 32 Fließgewässer / 141 Bilanzprofile ▪ 20 Talsperren und Speicher ▪ 4 künftige Bergbaufolgeseen ▪ 152 Nutzungen ▪ 20 ökologische und nutzungsbedingte Mindestabflüsse	▪ 2011 bis 2100 ▪ 18 Perioden je 5 Jahre ▪ Monatswerte Basisvariante: ▪ 3 Klimaprojektionen ▪ Berücksichtigung Strukturwandel / wirtschaftliche Aspekte ▪ mit Muldewasserüberleitung

Das Modell besteht aus drei Teilmodulen

- Das Wasserhaushaltsmodul (ArcEGMO) berechnet für einzelne Simulationsteilgebiete das Wasserdargebot als quasinatürliche Abflusszeitreihen auf Tageswertbasis. Die Inputdaten sind meteorologische Eingangsdaten des Ist-Zeitraumes sowie der drei ausgewählten Klimaprojektionen. Jedes Simulationsteilgebiet hat dadurch eine Abflusszeitreihe von 2011/21 bis 2100.
- Das stochastische Modul (SIKOSIMO) erzeugt aus den quasinatürlichen Zeitreihen je Klimaprojektion und je Simulationsteilgebiet 100 Realisierungen im Monatsschritt. Jede Realisierung hat die gleichen statistischen Eigenschaften (z.B. Mittelwert) wie die Originalzeitreihe, aber es ergeben sich unterschiedliche Abfolgen von Trocken- und Nassjahren. Dies erhöht die Aussagekraft für die Leistungsfähigkeit einer wasserwirtschaftlichen Anlage, wie eines Speichers.
- Das Bewirtschaftungsmodul (WBalMo) hat als Input die 100 Rea-

lisierungen pro Klimaprojektion und Simulationsteilgebiet. Damit wird das Wasserdargebot und der Bedarf auf Monatsbasis bilanziert. Dabei werden die Bewirtschaftungsgrundsätze berücksichtigt, indem sogenannte Rangzahlen vergeben sind.

Anwenderkreis des LBM WE

Die Verantwortung für die Fortschreibung des Modells LBM WE obliegt dem Anwenderkreis (AK LBM WE). Die Koordinierung und Leitung des Anwenderkreises liegt seit der Etablierung im Dezember 2024 bei LTV/RegioNet WasserBoden.

Die kontinuierliche Aktualisierung und Weiterentwicklung der Basisvariante ist für die korrekte Abbildung der Wasserbewirtschaftung nach den aktuell gültigen Rahmenbedingungen entscheidend. Deshalb trifft sich der AK LBM WE 3 bis 4 mal im Jahr, um die Basisvariante als Grundlage für Genehmigungsprozesse und anstehende wasserwirtschaftliche Planungen im Mitteldeutschen Revier auf dem Laufenden zu halten. Die Mitglieder kommen aus sächsischen, sachsen-anhaltinischen und thüringischen Behörden sowie der LMBV und der MIBRAG. Dies sind Akteure, die auf die Ergebnisse des LBM WE zurückgreifen.

Anwenderkreis - AK LBM WE - Bearbeitungsfortschritte

- Erstellung einer Nutzungsvereinbarung für das LBM WE
- Aktualisierung der Basisvariante 2025, z. B. Anpassung der Niedrigwasseraufhöhung für den Pegel Greiz und Anpassung der Ergebnisausgabe
- Aktualisierung der Basisvariante 2026, z. B. Anpassung der Revierplanung der MIBRAG und Auswertetools in Python
- Erstellung einer Aufgabenstellung für die „Szenarienbetrachtungen Hainer See“ – Umsetzung der Studie im Jahr 2027 geplant.
- Organisation Erfahrungsaustausch WBalMo 2026 in Zusammenarbeit mit der Geschäftsstelle der AG FGB in der Lausitz, um im Sinne des Vernetzungsansatzes die Anwender der Software WBalMo aus den anderen Regionen zusammenzubringen.
- Im Projektzeitraum erfolgte mit dem Modell folgende Untersuchung: Machbarkeitsstudie Hainer See &Pleiße (s. Beitrag ab Seite 16)

Autoren:

Falk Kortenhof; Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen; Betrieb E/M/UWE in Rötha, Telefon: +49 34206 588-301; E-Mail: Falk.Kortenhof@ltv.sachsen.de

Ina Schaarschmidt; Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen; Referat Wassermenge/TS-Steuerzentrale in Pirna; Telefon: +49 3501 796-307; E-Mail: Ina.Schaarschmidt@ltv.sachsen.de

Dr. Yvonne Hillecke; Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen; Referat Wasserbau/Management Großprojekte in Pirna; Telefon: +49 3501 796-132; E-Mail: Yvonne.Hillecke@ltv.sachsen.de

Quellen:

DHI WASY (2024): Aufbau und Plausibilisierung eines Modells zur langfristigen Wassermengenbewirtschaftung im Flusseinzugsgebiet der Weißen Elster. Abschlussbericht, DHI WASY GmbH im Auftrag des LfULG (Hrsg.), Berlin, 2024.

GICON Resources GmbH (2025): Machbarkeitsstudie Wasserspeicher „Groitzscher See“, Gutachten zum Speicherpotential und zur Bewirtschaftung des zukünftigen Bergbaufolgesees des Tagebaus Vereinigtes Schleenhain, Dresden, 2025.

GFI Grundwasser-Consulting- Institut GmbH (2024): Machbarkeit der Einrichtung und des Betriebes einer Bewirtschaftungslamelle im HRB Stöhna zur Niedrigwasseraufhöhung“, Dresden, 2024.

Fugro Germany Land GmbH (2026): Messnetzkonzept für die Flussgebietsbewirtschaftung Westsachsen, Berlin, 2026, im Entwurf.

Ökologischer Mindestwasserabfluss

Herleitung in zwei Gewässern 2. Ordnung nach LAWA-Empfehlung (2020)

1 Hintergrund und Zielstellung

Der Wasserhaushalt der sächsischen Braunkohlereviere war über Jahrzehnte durch den aktiven Bergbau anthropogen überprägt. Zudem stellen jahrhundertelang gewachsene Teichwirtschaften eine Besonderheit der Kulturlandschaft dar, die temporär einen hohen Wasserbedarf haben. Im Rahmen des Strukturwandels ist zu erwarten, dass sich weitere Industrien an Fließgewässern ansiedeln, die eine Wasserentnahme planen.

Im Zusammenhang mit dem Klimawandel entsteht ein Spannungsfeld, in welchem Untere Wasserbehörden schon jetzt mit Anträgen zur Wasserentnahme konfrontiert sind und Grenzwerte hinsichtlich möglicher Wassernutzungen festlegen müssen.

Hierfür gilt es herauszufinden, wie viel Mindestwasserabfluss im Gewässer verbleiben muss, damit seine ökologische Funktion als Lebensraum für die aquatische Biozönose zukünftig erhalten bleibt.

Definition: Ökologischer Mindestwasserabfluss (Q_{min})

Q_{min} ist der minimal notwendige Abfluss zum Erhalt der ökologischen Funktion des Gewässers bzw. der Herstellung eines guten ökologischen Zustands oder eines guten ökologischen Potentials im Sinne der Erreichung der Bewirtschaftungsziele der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL).

Die Ermittlung des Mindestwasserabflusses basiert auf § 33 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) als rechtliche Grundlage. Für den wasserrechtlichen Vollzug konkretisiert die Verwaltungsvorschrift Mindestwasserabfluss Wasserkraftanlagen (VwV 2003) die Anforderungen und nimmt Bezug auf die LAWA-Empfehlungen (2001) zur Ermittlung von Mindestabflüssen in Ausleitungsstrecken von Wasserkraftanlagen. Daraufhin wurde im Jahr 2020 die LAWA-Empfehlung hinsichtlich Veränderungen im Wasserrecht, Natur-, und Klimaschutz aktualisiert und ein mehrstufiges Verfahren für die Anwendung im Vollzug zur Genehmigung von Wasserkraftanlagen entwickelt.

In einer Studie wurde der Mindestwasserabfluss zweier Referenzgewässer, dem Göselbach und dem Weigersdorfer Fließ, anhand der Empfehlung nach LAWA (2020) beispielhaft ermittelt. Dabei ist zu beachten, dass Ausleitungsstrecken von Wasserkraftanlagen (WKA) räumlich begrenzt sind, da das ausgeleitete Wasser nach Passage durch die WKA-Turbinen wieder in das Gewässerbett zurückgeleitet wird und der Abfluss in der Ausleitungsstrecke steuerbar ist, wohingegen Fließgewässer lange Strecken abbilden und ihr Abfluss unbeobachtet und variabel ist.

Daher sollte die Anwendbarkeit, Praktikabilität und Übertragbarkeit zur Ermittlung von Mindestwasserabflüssen an Ausleitungsstrecken von WKA (mit Wiedereinleitung) auf Wasserentnahmen (ohne Wiedereinleitung) an Gewässern 2. Ordnung überprüft und mögliche Probleme benannt werden.

Abschließend sollte das Verfahren hinsichtlich möglicher Anpassungen und Vereinfachungen für die Umsetzbarkeit überprüft und Lösungsvorschläge erarbeitet werden. Ein weiteres Ziel von RegioNet ist es, unter Einbeziehung der Ergebnisse der Studie, eine übersichtliche Arbeitshilfe zur Ermittlung von Q_{min} zu erstellen, welche den zuständigen Wasserbehörden in Sachsen als Unterstützung für den wasserrechtlichen Vollzug dient.

2 Methodik

Die Studie erprobt die Übertragung der Bearbeitungsschritte der LAWA-Empfehlung (2020) zur Bestimmung ökologisch begründeter Q_{min} für Wasserkraft-Ausleitungsstrecken auf Wasserentnahmen, die ganze Fließgewässerabschnitte betreffen. Das Verfahren gliedert sich in sechs einzelne Schritte.

Angewandte Verfahrensschritte nach LAWA (2020)

(1) Ermittlung allgemeiner Voraussetzungen für die standortkonkrete Anwendung der Verfahren

(2) Ermittlung Q_{minE}

(3) Plausibilisierung Q_{minE} und Ermittlung Q_{min} in Bezug auf die Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit mittels Biotop-Abfluss-Verfahren

(4) Staffelung Q_{min} in Abhängigkeit der fischökologischen Bedeutung der Ausleitungsstrecke als Lebensraum oder als Wanderkorridor

(5) Plausibilisierung Q_{min} in Bezug auf weitere Randbedingungen am Standort

(6) Ermittelte standortspezifische Q_{min} aus gewässerökologischer Sicht

Die beiden untersuchten Gewässer 2. Ordnung Göselbach (Landkreis Leipzig) und Weigersdorfer Fließ (Landkreis Görlitz) sind durch den Einfluss von Bergbau und Teichwirtschaften geprägt, wobei die Teichwirtschaften auch zukünftig noch einen hohen Stellenwert im Gewässersystem einnehmen werden. Nachfolgend werden die angewandten Verfahrensschritte kurz erläutert.

Die Gewässer und ihre Einzugsgebiete wurden einer umfangreichen Charakterisierung in Bezug auf Hydrologie, Hydromorphologie, Gewässernutzung sowie fischfaunistische Grundlagen unterzogen (1). Dabei flossen Daten aus Geländebegehungen sowie Recherchen ein.

Im Projekt RegioNet WasserBoden wurde nach LAWA-Vorgehen auf Basis von Fließgewässertypen, regionalisierten Durchflusskennwerten, Mindestwasserorientierungswerten (MOW aus einem LAWA-Projekt 2019) und Teileinzugsgebietsflächen sogenannte »Einstiegswerte für die Mindestwasserführung (Q_{minE})« ermittelt (2) und in einem QGIS-Projekt hinterlegt. Dieses wurde im Rahmen der Studie verwendet und kann auf Anfrage weiteren Nutzern zur Verfügung gestellt werden.

Definition: Einstiegswert für Mindestwasserführung (Q_{minE})

auf Basis des MOW (statistisch hergeleitete Abflussspende) ermittelter Wert für die Abflussmenge an einem Standort, der benötigt wird, damit voraussichtlich ein guter ökologischer Zustand bzgl. der Fische und/ oder des Makrozoobenthos erreicht wird. Die Werte sind in jedem Fall zu plausibilisieren.

Für die beiden Parameter Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit besitzt die in der LAWA-Empfehlung betrachtete aquatische Biozönose (Fische) spezifische Mindestanforderungen. Diese Parameter sowie der Abfluss wurden im Rahmen von drei Messkampagnen im jeweiligen Fließgewässerquerschnitt bestimmt. Dies geschah im Göselbach an acht und im Weigersdorfer Fließ an elf Messstellen, die repräsentative Flachstellen im Gewässerlauf darstellen. Zur Plausibilisierung des Q_{minE} nach dem Biotop-Abfluss-Verfahren (3) wurden die in der LAWA (2020) angegebenen Mindestansprüche der standorttypischen Fischfauna der Referenzgewässer hinsichtlich der mittleren Fließgeschwindigkeit und der maximalen Wassertiefe herangezogen und mit den Messwerten verglichen.

Eine weitere Möglichkeit der Plausibilisierung des Q_{minE} erfolgt nach LAWA (2020) nicht durch Messverfahren, sondern auf Basis hydrologischer Verhältnisse und Kennwerte (ökohydrologische Betrachtung unter Einbeziehung von mittleren Niedrigwasserdurchfluss-Werten, also MNQ). Dabei sind standortspezifische Besonderheiten mit zu betrachten, sodass spezifische Zu- und/ oder Abschläge in Betracht gezogen werden müssen (5). Auch saisonale Staffelungen je nach Reproduktions-, Entwicklungs- oder Wanderzeitraum der Leitfischarten sind einzubeziehen (4). Zur Beachtung der erhöhten Anforderungen der Fische während der Reproduktionszeit wurden die notwendigen, temporär höheren Mindestwassertiefen gemäß LAWA (2020) als Zielwerte hinzugezogen. Als Ergebnis der Verfahrensschritte wird unter Einbezug der Plausibilisierung abschließend ein Q_{min} ermittelt (6).

3 Ergebnisse

Messergebnisse

Die gemessene Durchflussmenge nimmt in beiden untersuchten Gewässern vom Oberlauf zur Mündung zu. Durchflusserhöhungen bringen Punktquellen, wie Einleitungen von Kläranlagen oder Teichen mit sich. Abschnittsweise ist das Gewässerbett aufgeweitet oder unterliegt einer starken Verkrautung, was nicht nur zu einem verlangsamten Durchfluss, sondern bei Aufweitungen auch zu geringeren Fließgewässertiefen führt.

Die Messergebnisse erreichen im Allgemeinen die Zielwerte der LAWA-Empfehlung und damit die Mindestanforderungen der aquatischen Biozönose nicht. Die für die jeweilige fischfaunistische Referenz angegebene Mindestwassertiefen von 0,2 bis 0,5 m wurde sowohl an der Gösel als auch am Weigersdorfer Fließ nur an einzelnen Messstellen eingehalten. Die gemäß Fischreferenz einzuhaltenden mittleren Fließgeschwindigkeiten von 0,3 m/s wurden in keinem der beiden untersuchten Fließgewässer erreicht.

Für die Ermittlung von Q_{min} unter Anwendung des Biotop-Abfluss-Verfahrens wurde der gemessene Durchfluss in Abhängigkeit zur Tiefe oder/ und Geschwindigkeit an den einzelnen Messstellen aufgetragen und Regressionsgeraden ermittelt. In Folge der meist geringen Durchflüsse sowie Verkrautungen in den Gewässern konnten häufig keine belastbaren Regressionsgeraden ermittelt werden bzw. waren Extrapolationen notwendig, um Aussagen hinsichtlich der zu erreichenden Zielwerte tätigen zu können. Gestaffelte Q_{min} zur Erreichung der erhöhten Anforderungen während Reproduktions- oder Wanderungszeiten von Fischen konnten ebenfalls in keinem der Gewässer belastbar ermittelt werden.

Anwendbarkeit und Probleme

Das LAWA-Verfahren kann aufgrund von Datendefiziten bei kleineren Fließgewässern 2. Ordnung nicht oder nur sehr bedingt angewendet werden. So stehen beispielsweise keine Referenzpegel zur Verfügung, sodass die ermittelten Q_{minE} lediglich auf Basis regionalisierter Durchflusswerte ermittelt wurden. Die räumliche Repräsentativität der Werte ist daher schwierig abzugrenzen.

Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass, anders als in frei fließenden Gewässern, in einer Ausleitungsstrecke ein individuell einstellbarer, ausreichender Durchfluss besteht. Die statistisch hergeleiteten MOW zur Ermittlung von Q_{minE} nach LAWA basieren auf Daten aus Rheinland-Pfalz (LAWA 2019), sodass die Übertragbarkeit auf frei fließende sächsische Gewässer fraglich ist. Die in der Studie betrachteten Gewässer sind kleiner, gefällearm und weisen geringe Fließgeschwindigkeiten sowie eine niedrige Abflussspende im Einzugsgebiet auf. Das Auffinden von jeweils fünf ausgeprägten Kolken und Flachstellen als Messstellen erwies sich als unpraktikabel.

Die Bestimmung von Q_{mi}n in Abhängigkeit der Mindestwassertiefe sowie der Fließgeschwindigkeit im Gewässerprofil erforderte in der Auswertung der Studie eine starke Extrapolation, sodass die Belastbarkeit

der Ergebnisse gering ist. Dies ist für andere Gewässer 2. Ordnung ebenso zu erwarten. Die Einhaltung der geforderten Zielwerte aus LAWA (2020) ist für kleine, gefällearme Fließgewässer unrealistisch.

Die Anwendbarkeit des Verfahrens ist bereits jetzt durch anthropogene Einflüsse (Teichwirtschaften, Wegfall von Sümpfungswasser) zu hinterfragen und wird aufgrund sich verändernder Bedingungen durch den Klimawandel zukünftig noch schwieriger. Die Verbesserung der Datenlage durch Installation eines flächendeckenden Messnetzes bzw. eines Pegelmessnetzes mit Durchflusspegeln in Sachsen oder die Durchführung von detaillierten Messkampagnen ist nicht wirtschaftlich.

Eine in LAWA (2020) vorgegebene Orientierung an statistisch hergeleiteten erforderlichen Abflussspenden kann ein weiterer Ansatzpunkt zur Ermittlung des Mindestwasserabflusses sein, jedoch ist eine Plausibilisierung der Ergebnisse durch Messungen vor Ort unumgänglich. Das Verfahren nach LAWA (2020) kann daher als grobe Orientierung zur Ermittlung des Mindestwasserabflusses herangezogen werden, jeder Anwendungsfall muss jedoch gewässer- und standortspezifisch betrachtet werden.

Lösungsansätze

Im Rahmen von RegioNet WasserBoden wurde ein QGIS-Projekt mit Q_{minE}-Werten erstellt, welches auf Anfrage zur Verfügung gestellt werden kann. Zudem ist eine Arbeitshilfe zur Ermittlung des Q_{min} an Gewässern 2. Ordnung in Bearbeitung und wird bis Projektende veröffentlicht. Nachfolgende Lösungsansätze basieren auf den Ergebnissen der Studie und bilden die Grundlage künftiger Diskussionen. Sie sollen nicht als Festlegung, sondern als Ansatz fungieren.

Die Studie schlägt für Gewässer 2. Ordnung eine Reduzierung der in der Betrachtung des Biotop-Abfluss-Verfahrens notwendigen Parameter vor, da voraussichtlich alle vorgegebenen Grenzwerte nicht oder nur selten in kleineren, gefällearmen Fließgewässern einzuhalten sind.

Demnach sollte für kleinere Gewässer die Einhaltung der Mindestwassertiefe als Hauptparameter dienen und bei Erfordernis überwacht werden. Zur ersten Orientierung können die Daten des MNQ (aus der landesweiten Regionalisierung) sowie des Q_{minE} (siehe Kap. 2) herangezogen werden, sofern diese Daten vorhanden sind. Anschließend ist durch Messungen zu überprüfen, ob die Mindestwassertiefen eingehalten werden. Dies entspricht dem ökohydrologischen Ansatz aus LAWA (2001) (Vorgängerversion der LAWA (2020)). Zur Vereinfachung von Messverfahren während der Durchführung von Messkampagnen wird eine Bildung von Abschnitten entlang des Fließgewässers vorgeschlagen, die ähnliche Eigenschaften in Hydrologie und -morphologie aufweisen. Die Messstellen und der Aufwand können so reduziert werden. Für die Einhaltung und Kontrolle der Vorgaben zur Mindestwassertiefe kann beispielsweise auch eine Installation von Pegellatten an zu betrachtenden Gewässern genutzt werden.

Es sollten darüber hinaus weitere Bedingungen, wie Gefälle, Wassertemperatur oder Sauerstoffgehalt in die fachliche Ermittlung des erforderlichen Mindestwasserabflusses mit einbezogen werden, da diese Parameter durch die Höhe des Mindestwasserabflusses beeinflusst werden und für die Funktionsfähigkeit des Fließgewässerökosystems eine wichtige Rolle einnehmen. Für Gewässer 1. Ordnung liegen dazu häufig Daten vor. Je kleiner die Gewässer sind, desto schwieriger ist die Risikoabschätzung von Wasserentnahmen. Es sollte geprüft werden, inwiefern weitere Datenerhebungen an kleinen Gewässern, auch hinsichtlich des Eintretens von Niedrigwasserabflüssen und des Austrocknens von gewässerabschnitten, zukünftig realisiert werden können.

Um einen Konsens zwischen dem Schutz vor Trockenfallen des Gewässers und der Wirtschaftlichkeit von Fischteichen gewährleisten zu können, sollten Teichwirte zusammen mit unteren Wasserbehörden arbeiten und Zeiten zur Einspeisung und zum Ablass der Teiche nicht nur untereinander klären, sondern koordiniert werden. Dies könnte durch

digitale Medien, wie Apps zur Datenübermittlung und -veranschaulichung realisiert werden. Ein Testprojekt wird derzeit von der LTV durchgeführt. Aufgrund der Kostenlimitation sollten pragmatische Lösungen gefunden werden. Genehmigungen zur Wasserentnahme sollten auf einige Zeitspanne von wenigen Jahren limitiert werden, das Trockenfallen von Gewässern ist zu vermeiden.

Autor:
Sina-Vaness Berg; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 44; Telefon: 0351 8928 4413;
E-Mail: Sina-Vaness.Berg@lfulg.sachsen.de

Kontakt:
Abteilung 4: Referat 44; Telefon: 0351 8928-4400;
E-Mail: Bernd.Spaenhoff@lfulg.sachsen.de

Quellen:

LAWA – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.) (2001): Empfehlungen zur Ermittlung von Mindestabflüssen in Ausleitungsstrecken von Wasserkraftanlagen und zur Festsetzung im wasserrechtlichen Vollzug. Kulturbuch-Verlag, Berlin, ISBN 3-88961-236-9.

LAWA – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.) (2019): Herleitung von ökologisch begründeten Orientierungswerten für die Mindestwasserführung von Fließgewässern. Projekt O 8.17 des Länderfinanzierungsprogramms »Wasser, Boden und Abfall«. Auftragnehmer Projektteam »umweltbüro essen – chromgruen – Senckenberg. « Essen/Velbert/Gelnhausen, Juni 2019.

LAWA – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.) (2020): LAWA-Empfehlung zur Ermittlung einer ökologisch begründeten Mindestwasserführung in Ausleitungsstrecken von Wasserkraftanlagen. Produkt-Datenblatt PDB AO 19.

LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE | Freistaat SACHSEN

1 Aquathermie

Aquathermie bezeichnet die Nutzung der Wärmeenergie aus Oberflächengewässern wie Seen und Flüssen über Wärmepumpensysteme oder -tauscher zur Beheizung von Gebäuden sowie die Einspeisung in Fernwärmnetze.

Hintergrund
Die Nationale Wasserstrategie (2023) ist darauf ausgerichtet, dass die deutschen Wasserressourcen klimaresilient, nachhaltig und multifunktional bewirtschaftet werden. Dazu gehört auch die Mehrfachnutzung von Gewässern, beispielsweise zur Energiegewinnung, unter der Voraussetzung, dass die Nutzung im Einklang mit den ökologischen Zielsetzungen steht.

Für die sächsischen Bergbaufolgelandschaften im Lausitzer und Mitteldeutschen Revier eröffnet sich ein besonderes Potential. Durch die Flutung ehemaliger Tagebaue entstehen zahlreiche neue Seen, die sich als Wärmequelle eignen könnten.

In den sächsischen Landkreisen der Braunkohleregionen (Stadt Leipzig, Landkreise Leipzig, Nordsachsen, Bautzen und Görlitz) summiert sich der geschätzte Wärmebedarf privater Haushalte auf über 14.000 GWh jährlich (durchschnittliche Energieverbrauch eines Einfamilienhauses etwa 20.000–35.000 kWh jährlich). Dadurch eignet sich Aquathermie als zusätzliche Wärmequelle deren Investitionsvolumen stark abhängig ist von der Nähe zu Wohnquartieren, Erschließungsaufwand, Wirtschaftlichkeit und ökologischer Verträglichkeit.

Aufgrund der bisher begrenzten Erfahrungswerte und fehlender etablierter Systeme im Bereich der thermischen Gewässernutzung besteht die Herausforderung, die Auswirkungen der Anlagen auf die Gewässer im Rahmen der Genehmigungsverfahren abzuschätzen und zu bewerten.

Mindestanforderungen LAWA 2025

- Mindestgewässergröße (MNQ 500 L/s, 20 cm Tiefe)
- maximale Temperaturspreizung 5 K
- Änderungsrate 1 K/h
- maximale Abkühlung 1 bis 2 K bei Mindesttemperatur 3°C

Methodik

Um die potentiellen Auswirkungen des Anlagenbetriebs auf die Gewässer abschätzen zu können, wurden in der Studie zur Marktanalyse technische Besonderheiten wie Betrieb, Bauart, Umweltverträglichkeit von Aquathermieanlagen herausgearbeitet und Projektträger befragt. Zudem wurden verfügbare Daten zusammengestellt, um die Nutzung von Gewässern als regenerative Wärmequelle und die damit verbundenen Herausforderungen zu analysieren. Abschließend wurden relevante Belastungsfaktoren für die Gewässersysteme und Herausforderungen bei der Genehmigung von Anlagen benannt.

Vorgehensweise

- Recherche zu bestehenden Anlagen, Technologien, Materialien
- Vergleich von Anlagentypen
- Analyse der Auswirkungen auf Gewässer
- Bewertung von Temperaturveränderungen und Stoffeinträgen
- Einordnung rechtlicher Vorgaben
- Bewertung anhand bereits installierter Systeme

Ergebnisse

Es haben sich grundlegend zwei Systemtypen etabliert: offene und geschlossene Aquathermieanlagen.

Offene Systeme entnehmen Wasser direkt aus dem Gewässer, führen es durch einen Wärmeüberträger und leiten es zurück. Sie erreichen höhere Leistungen, erfordern jedoch aufwändigeren Fisch- und Artenschutz, im Verhältnis zu einem geschlossenen System. Zu den verfügbaren Wärmeübertragern gehören Plattenwärmetauscher, Rohrbündelwärmetauscher, Spundwände und Vakuumeistechnologie.

Bei geschlossenen Systemen zirkuliert ein Wärmeträgermedium in einem separaten Kreislauf über Wärmeüberträger im Gewässer, ohne dass Wasser entnommen wird. Diese liegen im Wasser und sind meist am Ufer, Grund oder einer Steganlage verankert. Durch fehlende Ansaugvorrichtungen und Kältemitteleinsatz sind deren ökologische Risiken beim Fischschutz, durch Temperaturbelastung und Stoffeinträge geringer.



Abbildung 1: Offenes System am Hainer See. (Quelle: Tilia GmbH)

Die Anlage am Hainer See ist ein Beispiel für ein offenes System an einem Tagebaurestsee in Sachsen. Am Hainer See (Entzugsleistung 220 kW, Wärmeentzug 400 MWh pro Jahr) macht der Wärmeentzug aus

dem Gewässer etwa 0,0075 % des Wärmeeintrags durch Globalstrahlung aus. Die Temperaturspreizung zwischen Entnahme und Rückleitung steigt von 2,2 K bei 5°C auf 2,7 K bei 15°C Wassertemperatur im See und bleibt deutlich unter der LAWA-Empfehlung von 5 K. Die lokale Temperaturänderungsrate am Wärmeübertrager beträgt maximal 0,4 K/h. Der Betrieb erfolgt nur bei Wassertemperaturen über 2,5°C. Bei offenen Systemen ist die Betriebsweise meist nur bis mindestens 5°C möglich, aus technischen und thermischen Gründen.

Neben der Anlage am Hainer See Kahnsdorf (0,16 MW) und an der Mandau in Zittau (0,25 MW) wurden einige weitere außerhalb von Sachsen realisiert. Größere Vorhaben, wie die der Stadtwerke Mannheim mit Flusswärmepumpen am Rhein mit über 150 MW, sind in Sachsen bisher nicht realisiert oder geplant. Die Projektsteckbriefe belegen, dass Anlagen individuell konzipiert werden und ein standardisierter Vergleich aufgrund der jeweiligen Standortspezifik schwierig ist.

Herausforderungen

Als zentrale Herausforderungen stehen die bundesweit fehlenden einheitlichen Standards zu Bewertung, Konstruktion und Betrieb. Zudem bestehen Unsicherheiten hinsichtlich der langfristigen ökologischen Auswirkungen auf die Gewässerökosysteme.

Die ökologischen Risiken betreffen vor allem die Temperaturveränderung im Gewässer, den Fischschutz und bei offenen Systemen den Fischschutz und das Risiko des Eintrags wassergefährdender Stoffe. Maßnahmen, wie doppelwandige Wärmeübertrager, Drucksensoren mit automatischer Abschaltung und saisonal angepasste Betriebsmodi, können Risiken von Stoffeinträgen minimieren.

Zudem wird diskutiert, ob Aquathermie sogar einen positiven Effekt zur Minderung des Anstiegs der Wassertemperaturen infolge der Klimaerwärmung haben kann, indem überschüssige Wärme entzogen wird. Jedoch müssen Kältefahnen und lokal mögliche negative Effekte berücksichtigt werden.

Resümee
Eine belastbare Bewertung der ökologischen Verträglichkeit erfordert eine langfristige Beobachtung, die bislang kaum erfolgt ist. An der Mandau wird erstmalig für die Vakuum-Eis-Technologie ein zweijähriges umfassendes Monitoring durchgeführt. Potentielle positive Effekte, wie eine geringere Erwärmung des Gewässers in warmen und trockenen Sommermonaten und damit eine Vermeidung unnatürlich hoher Wassertemperaturen des Mikroklimas, sind denkbar. Für das gesamte aquatische Ökosystem fehlen jedoch belastbare Daten, sodass eine Bewertung nur schwer möglich ist. Hinzu kommen fehlende klare rechtliche Vorgaben, nicht standardisierte Genehmigungsprozesse und unzureichendes Wissen über Langzeiteffekte, was die Realisierung solcher Projekte erschwert.

2 Floating Photovoltaik – FPV

Schwimmende Photovoltaik-Systeme (Floating Photovoltaik - FPV) sind Solarmodule, die auf Wasserflächen betrieben werden, welche auf einer schwimmenden Unterkonstruktion montiert werden.

Hintergrund
Mit dem Transformationsprozess in den Braunkohleregionen und dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2023) steigt das Interesse an dem Ausbau erneuerbarer Energien. Darunter fallen auch FPV-Systeme. Angesichts der Flächenknappheit und der damit einhergehenden Flächenkonkurrenz bieten das Mitteldeutsche und Lausitzer Revier, durch die entstandenen und entstehenden Tagebaurestseen ein großes Potential.

Ziel ist es, den Einfluss standortspezifischer Eigenschaften, des Bedeckungsgrades und des Anlagendesigns zu untersuchen und Schlussfolgerungen besonders im ökologischen Kontext zu ziehen.

Herausforderung

Für eine Abschätzung der energetischen Nutzungsmöglichkeiten von oberirdischen Gewässern fehlen aussagekräftige Untersuchungen mit Angaben zur technischen Machbarkeit in Verbindung mit der Wirtschaftlichkeit und den ökologischen Auswirkungen.

Aufgrund der bisher begrenzten Erfahrungswerte mit FPV-Systemen sind die Auswirkungen auf die thermische Struktur eines Wasserkörpers (Temperatur- und Stoffeintrag, Verdunstung, sowie Windströme), dessen Ökosystem und die darin lebenden Organismen teilweise ungeklärt.

Gesetzlicher Rahmen

FPV-Anlagensysteme dürfen im Sinne des Wasserhaushaltsgesetzes (§ 36 Abs. 3 WHG) nur auf künstlichen Gewässern oder erheblich veränderten Gewässern (§ 3 Nr. 4, 5 WHG) installiert werden. Ein Mindestabstand zum Ufer von 40 m sowie ein maximaler Bedeckungsgrad der Wasseroberfläche von 15 % sind dabei einzuhalten.

Methodik

Zur Einschätzung möglicher ökologischer Umweltauswirkungen wurde im Rahmen der der beauftragten Studie eine Übersichtstabelle als Basis geschaffen. Diese beinhaltet alle Systemlösungen die aktuell auf dem Markt sind und wo diese installiert wurden. Aus dieser Zusammenstellung wurden sogenannte Seezwillinge ermittelt. Für den Seezwillingsvergleich wurden die zwei häufigsten Gewässertypen Kiessee (Leimersheim und Kleinpösna) und Tagebaurestsee (Cospudener See und Cottbusser Ostsee) ausgewählt. Sie wurden unter möglichst einheitlichen Randbedingungen gegenübergestellt. Dabei wurde je ein See mit und ohne Anlage ausgewählt. Danach der tatsächliche Bedeckungsgrad und der gesetzlich erlaubte maximale Bedeckungsgrad (15 %) auf die Seefläche projiziert.

Analyse Seezwillinge

Für den Vergleich der Seen wurde als Referenz der aktuelle Bedeckungsgrad der bestehenden FPV-Anlage unter anderem in Leimersheim von 6,8 % auf Kleinpösna übertragen. Dadurch wurden beide Standorte zunächst bei gleicher Flächeninanspruchnahme verglichen.

Als gemeinsames Referenzdesign dient das in Leimersheim eingesetzte Pure-Float-System (eine einzelne Einheit besteht aus einem Laufsteg-Schwimmkörper und zwei Schwimmkörpern mit Solarmodulen). Für Kleinpösna wurde ergänzend ein standort-bezogenes Szenario mit Rafted-Float-System (Solarmodule auf zusammenhängender Floßstruktur) betrachtet, um die Wirtschaftlichkeit und den Einfluss einer alternativen Systemkonfiguration abbilden zu können.



Abbildung 2: Seezwillingvergleich von zwei Kiesseen: Leimersheim mit tatsächlichem Bedeckungsgrad und Kleinpösna mit einem theoretischen Bedeckungsgrad von 6,8 %. (Quelle: Fraunhofer ISE).

Modellgestützte Berechnung

Bei der Seezwillingsbetrachtung ergab sich bei einem Bedeckungsgrad von 6,8 % ein MASI-Index (Nachhaltigkeitsbewertung-Index) von 0,51 für Leimersheim und 0,58 für Kleinpösna. Kleinpösna ist damit etwas sensitiver. MASI beschreibt diese Ausgangssituation anhand von sechs Schlüsselfaktoren: Belegungsgrad, Anlagendesign, Tiefe/Durchmischung, Klimaexposition, Schwimmkörperdichte und externe Belas-

tungen. Jeder Faktor wird soweit möglich aus messbaren oder räumlich ableitbaren Größen bestimmt. Ergänzend wurde zudem ein 15 %-Szenario untersucht, welches den gesetzlichen maximalen Rahmen des Bedeckungsgrades ausschöpft.

Die Ergebnisse aus der wirtschaftlichen Betrachtung zeigten, dass die indikative Nachhaltigkeit eines FPV-Projekts nicht allein vom Standort oder Bedeckungsgrad bestimmt wird, sondern aus dem Zusammenspiel von Standortbedingungen, Anlagendesign und Vermarktungskonzept.

Mit zunehmendem Bedeckungsgrad nehmen die räumliche Flächeninanspruchnahme und damit die Anforderungen an den Standort und dessen Nutzung zu. Neben den Standortbedingungen stellt das Anlagendesign eine wesentliche steuerbare Einflussgröße dar.

Der Vergleich der Pure-Float- und Rafted-Float-Konfigurationen in Kleinpösna zeigt, dass konstruktive Eigenschaften wie Geschlossenheit und Schwimmkörperdichte den MASI in einer ähnlichen Größenordnung verändern können wie eine Variation des Bedeckungsgrads.

Ökologische Bewertung

Die ökologische Bewertung der Anlagenauswirkung basiert auf einer typologischen und standortspezifischen Einordnung. Berücksichtigt wurden morphologische, hydrologische und limnologische Eigenschaften der Gewässer, darunter Gewässergröße und -tiefe, Schichtungsverhalten, Einzugsgebiet, Trophie, anthropogene Nutzung und Schutzsgebiete (z. B. Natura 2000).

Weitere Parameter stellten die Veränderung der Lichtverfügbarkeit, des Windangriffs und des Energieaustauschs auf das Gewässersystem dar. FPV-Anlagen verändern den Strahlungseintrag in das Gewässer unmittelbar, indem ein Teil der einfallenden kurzwelligen Solarstrahlung durch Module, Tragstrukturen und Schwimmkörper abgefangen

wird. Veränderungen der Lichtverfügbarkeit durch Beschattung können die Primärproduktion im Gewässer beeinflussen, während Veränderungen von Schichtung und Durchmischung den vertikalen Sauerstofftransport verändern können. Die daraus resultierenden Wechselwirkungen zwischen Licht, Primärproduktion, Schichtung und Sauerstoffhaushalt wurden in der nachfolgenden Wirkpfadanalyse vertieft betrachtet.

Eine höhere Schwimmkörperdichte stellt zusätzliche Oberfläche für Algen- und Biofilm-Aufwuchs und sessile Organismen (z. B. Muscheln) bereit. Eine stärkere Biomasseentwicklung auf den Schwimmkörpern kann lokal Stoffumsätze, Primärproduktion sowie Respiration und damit die biochemischen Bedingungen in der oberflächennahen Wasserschicht unterhalb der Anlage verändern.

Die Anordnung der FPV-Module auf tieferen Bereichen im Gewässer wirkt sich oftmals weniger negativ auf das Makrophytenwachstum aus. Grund hierfür ist, dass diese eher in Flachwasserzonen vorkommen. Dadurch kann die Standortauswahl maßgeblich die Verteilung von Organismen im See-Ökosystem prägen. Hinzu kommen die limnologischen Gegebenheiten und Veränderung dieser bspw. der thermischen Schichtung, Durchmischung und den Austausch zwischen Wasserkörper und Sediment, welche die Lebensgemeinschaften stark beeinflussen können. Veränderungen der Parameter und Lebensgemeinschaften sind besonders in oberflächennahen Wasserschichten nachweisbar.

Fazit
Zusammenfassend sollte eine naturverträgliche Platzierung von Anlagen bereits im Rahmen der Vorprüfung erfolgen. Dabei sind eine räumliche Differenzierung der Tiefenzonen sowie die Berücksichtigung von Ufer- und Habitatstrukturen entscheidend. Darüber hinaus müssen Schutzgebiete, bestehende Nutzungen und technische Randbedingungen in die Planung einbezogen werden.

Autor:
Maren van Riel; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 44; Telefon: 0351 8928-4416;
E-Mail: Maren.vanRiel@lfulg.sachsen.de

Kontakt:
Abteilung 4: Referat 44; Telefon: 0351 8928-4400;
E-Mail: Bernd.Spaenhoff@lfulg.sachsen.de

Quellen:

Tilia GmbH (2026): Marktanalyse Aquathermie. Abschlussbericht, Tilia GmbH im Auftrag des LfULG (Hrsg.), Dresden 2026.

Fraunhofer ISE (2026): Einordnung der möglichen ökologischen Auswirkungen schwimmender Photovoltaik-Systemen (FPV) auf Standgewässern. Abschlussbericht, Fraunhofer ISE im Auftrag des LfULG (unveröffentlicht).

Nationale Wasserstrategie (2023): Kabinettsbeschluss vom 15. März 2023

Link zur Publikationsdatenbank:
publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/49775

LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE
Freistaat SACHSEN

1 Hintergrund und Zielstellung

Der Wasserhaushalt der sächsischen Bergbau- und -folgeregionen ist durch die jahrzehntelange Kohleförderung und die damit verbundenen Eingriffe in den Landschafts- und Wasserhaushalt nachhaltig verändert worden. Auch über den Kohleausstieg im Jahr 2038 hinaus werden die wasserwirtschaftlichen Auswirkungen des Bergbaus über mehrere Jahrzehnte fortwirken.

Wasserhaushaltsmodellierungen sind ein wesentliches Instrument, um den anthropogen beeinflussten Wasserhaushalt analysieren und bewerten zu können. Sie ermöglichen die Auswirkungen anthropogener Eingriffe auf die Wasserressourcen zu quantifizieren und wasserwirtschaftliche Planungs- und Entscheidungsprozesse zu unterstützen.

Die derzeit in den sächsischen Bergbaufolgeregionen etablierten Bodenwasserhaushalts- und Grundwasserströmungsmodelle (nachfolgend BWHM bzw. GWSM) sind proprietär, wodurch der Zugang zum Quellcode und damit zur implementierten Modelllogik eingeschränkt ist. Quelloffene Softwarelösungen bieten zudem die Möglichkeit, Modellberechnungen transparent nachzuvollziehen, Modellierungswerkzeuge individuell an spezifische Anforderungen anzupassen und Lizenzkosten zu reduzieren. Voraussetzung hierfür ist jedoch eine fundierte Kenntnis der Funktionalitäten, Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der verfügbaren quelloffenen Softwarelösungen im Vergleich zu etablierten kommerziellen Produkten.

Ein Modellvergleich und die Entwicklung einer Entscheidungsunterstützung zur Auswahl geeigneter BWHM und GWSM sollen einen Beitrag zur Verringerung der behördlichen Abhängigkeit von Anbietern lizenzbasierter Modellsoftware leisten.

Im Modellvergleich wurden quelloffene und proprietäre Modelle hinsichtlich ihres Funktionsumfangs gegenübergestellt und somit funktionale Gemeinsamkeiten und Unterschiede untersucht. Schwerpunkte der Bewertung waren dabei die Abbildung relevanter physikalischer Prozesse und anthropogener Eingriffe sowie die Kopplungsfähigkeit der Modelle.

2 Methodik

Eine Literaturrecherche zu BWHM und GWSM und ihren Charakteristika bildete die Grundlage dieser Arbeit. Im weiteren Verlauf wurden Erkenntnisse aus dem Projekt Grundwassermodell Lausitz (GWML) einbezogen. Ziel des GWML ist die Entwicklung eines gekoppelten Modells aus BWHM und GWSM als Steuerungs- und Bewertungsinstrument für das Wassermanagement im Lausitzer Revier. Im Rahmen des Projekts GWML wurden verschiedene BWHM und GWSM anhand eines einheitlichen Kriterienkatalogs systematisch verglichen.

Der in dieser Arbeit vorgenommene erweiterte Modellvergleich und die Entwicklung des Entscheidungsunterstützungsinstruments gliedern sich in drei Teile.

Im ersten Teil wurde der bestehende Modellvergleich des GWML um zwei frei verfügbare und quelloffene Modelle erweitert (Tabelle 1 und Tabelle 2).

Tabelle 1: Übersicht über die bewerteten numerischen Grundwasserströmungsmodelle.

Name GWSM	**Quelloffen?**
FEFLOW	Nein
HydroGeoSphere (HGS)	Nein
MODFLOW OWHM	Ja
MODFLOW 6	Ja
OpenGeoSys	Ja
ParFlow	Ja
PCGEOFIM	Nein
SPRING	Nein

Ergänzend bewertet wurden das BWHM Precipitation- Runoff Modeling System (PRMS), da es bereits in der Vergangenheit mit MODFLOW gekoppelt wurde (Hughes et al., 2022), sowie das physikalisch basierte hydrologische Modell ParFlow. Dieses basiert auf einem integrierten Modellierungsansatz, mit dem Oberflächen- und Untergrundprozesse gekoppelt simuliert werden können. Die Bewertung erfolgte anhand des Kriterienkatalogs des GWML und umfasste allgemeine und fachspezifische Modelleigenschaften – beispielsweise die Abbildung physikalischer Prozesse bei BWHM bzw. von Rand- und Initialbedingungen bei GWSM – sowie anthropogene Komponenten, Kopplungsmöglichkeiten, Langzeitstabilität und Kalibrierung.

Im zweiten Teil wurde der verwendete Kriterienkatalog angepasst und erneut auf alle Modelle angewendet. Ziel war eine stärkere Trennung der fachlichen Modelleignung von der technischen Umsetzung des Pre- und Postprocessings. Da kommerzielle Softwarelösungen im Gegensatz zu quelloffenen Produkten häufig Werkzeuge zur Datenaufbereitung, Kalibrierung und Ergebnisauswertung bereitstellen, können sie durch die ursprüngliche Bewertungssystematik tendenziell begünstigt

werden. Daher wurden Kriterien zum Pre- und Postprocessing aus der Bewertung entfernt und Gewichtungen einzelner Kriterien angeglichen. Zusätzlich wurde der Kriterienkatalog um die bergbauspezifischen Aspekte Kippenböden und Dichtwände ergänzt.

Tabelle 2: Übersicht über die bewerteten Bodenwasserhaushaltsmodelle. Die Spalte Modellansatz beschreibt die Einordnung des Modells als physikalisches oder konzeptionelles Modell sowie die räumliche Diskretisierung.

Name BWHM	**Modellansatz**	**Quelloffen?**
APSIM	Physikalisch, konzeptionell; standortbezogen	Nein
ArcEGMO	Konzeptionell; rasterbasiert	Nein
BROOK90R	Physikalisch; standortbezogen	Ja
BROOK90 LWF		
BROOK90R SUBDAILY		
HBV light	Konzeptionell, semi-verteilt	Nein
mGROWA	Konzeptionell, rasterbasiert	Nein
mHM	Konzeptionell, rasterbasiert	Ja
MIKE SHE	Physikalisch; rasterbasiert	Nein
OWHM	Physikalisch; rasterbasiert	Ja
PRMS	Konzeptionell; semi-verteilt	Ja
Raven	Physikalisch, konzeptionell; semi-verteilt	Ja
RUBINFLUX	Konzeptionell; rasterbasiert	Nein
SWAT+	Konzeptionell, semi-verteilt	Ja
UZF	Konzeptionell; rasterbasiert	Ja

Im dritten Teil wurde ein Werkzeug zur Unterstützung der initialen Modellauswahl entwickelt. Hierzu wurden die bislang genutzten Kriterien in wertungsfreie Beschreibungen der Modelleigenschaften überführt. Anschließend wurden Nutzeranforderungen mit den Modellbeschreibungen abgeglichen. Dabei wurde auch die Möglichkeit implementiert, Anforderungen individuell zu gewichten.

3 Ergebnisse

Erweiterter Modellvergleich

Die Platzierung der BWHM und GWSM ist in Abbildung 1 in der linken Spalte dargestellt. Ein Ausschnitt aus der Modellbewertung für PRMS ist in Tabelle dargestellt. Insgesamt erreichte PRMS mit Platz 7 von 15 bewerteten BWHM eine gute Bewertung. Besser bewertete quelloffene Modelle waren Raven, SWAT+ und mHM. Stärken von PRMS sind vor allem die durch zahlreiche Tests belegte Langzeitstabilität, die Berücksichtigung anthropogener Eingriffe wie Talsperren, Wasserentnahmen und Überleitungen sowie demonstrierte Kopplungen mit verschiedenen MODFLOW-Varianten.

Tabelle 3: Exemplarische Bewertung von PRMS. Angegebene Punkte in den Klammern beziehen sich auf die Klammern

Kriterium	**Unterkriterium**	**Wert**	**Punkte**
Allgemeines …	Softwarelizensierung	Open Source	4
Software …	Programmiersprache	C, Fortran	8 (4+4)
Prozessabbildung Physik …	Interzeptionsverdunstung	Ja	4
Anthropogene Komponenten …	Wassereinleitungen	Statisch, zeitlich variabel	5 (2+3)

Einschränkungen bestehen bei der räumlich-zeitlichen Diskretisierung, die auf Hydrotope und Tageswerte begrenzt ist. Weiterhin kann PRMS die ungesättigte Zone nur konzeptionell und ohne vertikale Schichtung abbilden. Über eine Kopplung mit MODFLOW-UZF kann diese jedoch detaillierter berücksichtigt werden. Integrierte Verfahren zur Kalibrierung sowie Sensitivitäts- und Unsicherheitsanalyse fehlen.

ParFlow erzielte unter den untersuchten GWSM die niedrigste Gesamtbewertung (Abbildung 1, linke Spalte). FEFLOW und MODFLOW 6 sind die mit Abstand bestbewerteten Modelle. Stärken von ParFlow liegen in der gekoppelten Simulation von Oberflächen- und Untergrundströmung, der physikalisch basierten dreidimensionalen Abbildung der Wasserbewegung in der ungesättigten Zone, sowie umfangreichen Parallelisierungsmöglichkeiten für großräumige Anwendungen. Einschränkungen bestehen bei räumlicher Struktur, Abbildung hydrogeologischer Parameter, Rand- und Initialbedingungen, Datenanbindung und Dokumentation. Zudem sind GIS-Integration, Postprocessing, Interpolation und Ergebnisaggregation nur eingeschränkt verfügbar.

Neubewertung

Die Neubewertung anhand des angepassten Kriterienkatalogs führte bei den BWHM zu moderaten Bewertungsunterschieden und Veränderungen in den Rangfolgen (Abbildung 1, rechte Spalte). Bei den BWHM verbesserten sich insbesondere mGROWA (von Rang 10 auf 8) und UZF (von Rang 13 auf 11). Die Einordnung von PRMS blieb unverändert. Für die bestbewerteten Modelle Raven und MIKE SHE ergab sich im Zuge der Neubewertung eine weitere Vergrößerung des Bewertungsabstands zu den übrigen BWHM.

Bei den GWSM führte die Neubewertung insgesamt zu geringeren Bewertungsunterschieden zwischen den Modellen, während die Rangfolge weitgehend unverändert blieb. Nur PCGEOFIM wurde von Rang 7 auf Rang 6 und damit vor HGS eingeordnet. MODFLOW 6 und FEFLOW bleiben mit deutlichem Abstand die am höchsten bewerteten Modelle.

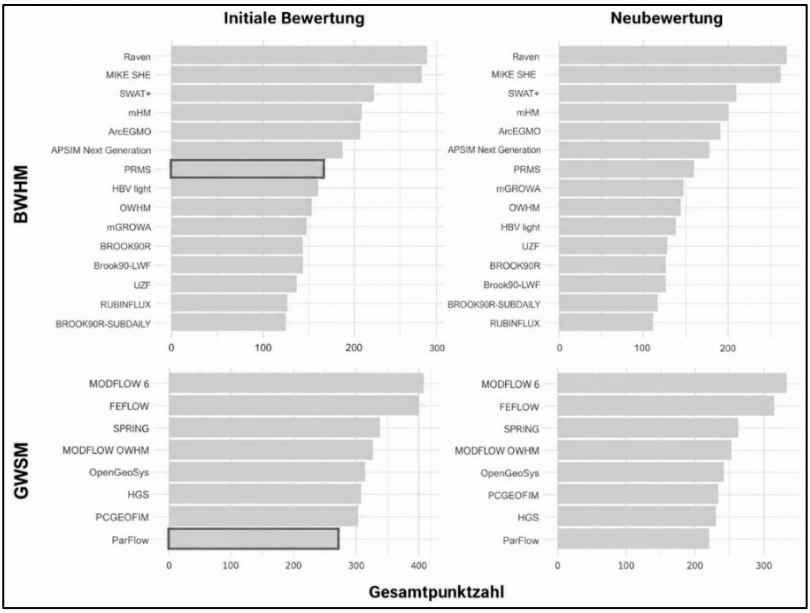

Abbildung 1: Links: initiale Gesamtbewertung der bewerteten Bodenwasserhaushalts- und Grundwasserströmungsmodelle inkl. der neu bewerteten Modelle Precipitation-Runoff-Modelling-System (PRMS) und ParFlow. Rechts: Neubewertung nach dem modifizierten Kriterienkatalog

Die mittlere relative Differenz zwischen den Modellen sank von 4,7 % in der ursprünglichen Bewertung des GWML auf 3,2 %. So verringerten sich beispielsweise die Bewertungsunterschiede zwischen ParFlow (275 Punkte), HGS (285 Punkte), PCGEOFIM (286 Punkte) und OGS (287 Punkte) auf ein vergleichbares Punkteniveau.

Entscheidungsunterstützung

Für die initiale Auswahl geeigneter BWHM und GWSM für ein konkretes Modellierungsvorhaben wurde ein konzeptioneller Ansatz zur Entscheidungsunterstützung entwickelt (siehe Abbildung 2). Hierzu wurden zunächst wertungsfreie Beschreibungen basierend auf den verwendeten Kriterien erstellt. Anschließend werden Muss-Kriterien, ver-

fügbare Eingangsdaten sowie die vom Nutzer benötigten Modellfunktionalitäten abgefragt. Für jedes Kriterium wird die Übereinstimmung zwischen Nutzeranforderung und Modell mit einem Wert zwischen 0 und 1 quantifiziert.

Bei Mehrfachauswahlen entspricht dieser Wert dem Anteil der vom Modell erfüllten Anforderungen. Zusätzlich kann die Relevanz eines Kriteriums mit 0 (nicht relevant), 0,5 (weniger wichtig) oder 1 (wichtig) gewichtet werden.

Für jedes Modell wird anschließend die prozentuale Übereinstimmung mit den Nutzeranforderungen berechnet. Abhängigkeiten zwischen Kriterien, beispielsweise zwischen verfügbaren meteorologischen Eingangsdaten und anwendbaren Verdunstungsansätzen, werden über bedingte Abfragen berücksichtigt. Das erstellte Konzept dient als Basis für die Entwicklung eine interaktive Anwendung für die Modellauswahl.

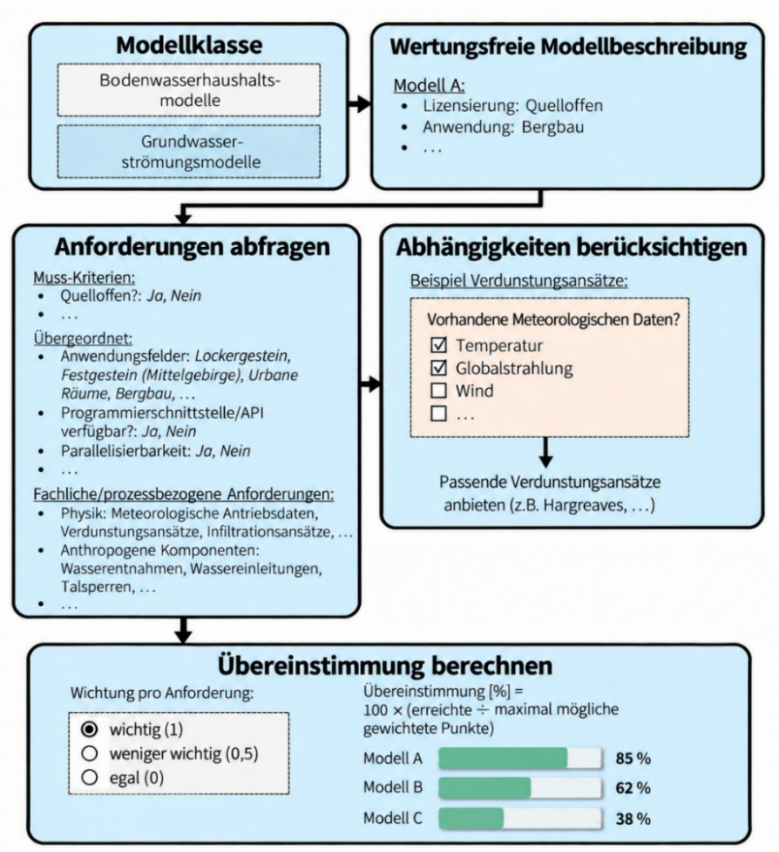

Abbildung 2: Konzeptionelle Darstellung der Entscheidungsunterstützung für die initiale Modellauswahl von Bodenwasserhaushalts -und Grundwasserströmungsmodellen.

Autor:
Stefan Kunz; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351-8928-4307;
E-Mail: Stefan.Kunz@lfulg.sachsen.de

Kontakt:
Abteilung 4: Referat 43; Telefon: 0351 8928-4300;
E-Mail: Peter.Boerke@lfulg.sachsen.de

Quellen:
Hughes et al. (2022). The MODFLOW Application Programming Interface for simulation control and software interoperability. Environmental Modelling & Software, 148, 105257. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105257

LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE | Freistaat SACHSEN

1 Hintergrund und Ziel

Der Klimawandel verändert den Wasserhaushalt in Sachsen. Veränderte Niederschlagsverhältnisse und steigende Temperaturen mit zunehmender Verdunstung beeinflussen die Grundwasserneubildung und führen vielfach zu tendenziell sinkenden Grundwasserständen. Gleichzeitig steigen die Nutzungsansprüche an die Ressource Grundwasser, vor allem durch landwirtschaftliche Beregnung, industrielle Nutzungen, sowie private und öffentliche Brauchwassernutzungen. Auch die Grundwassernutzung durch die öffentliche Trinkwasserversorgung steht in diesem Zusammenhang vor zunehmenden Herausforderungen.

Vor diesem Hintergrund stellt die räumlich differenzierte Ausweisung bzw. Kenntnis des verfügbaren und künftig nutzbaren Grundwasserdargebots eine bedeutende Fachgrundlage zur nachhaltigen Bewirtschaftung der Grundwasserressourcen dar. Ziel des „Dargebotsprojektes“ ist daher die Entwicklung eines Bilanzierungsinstrumentes (Praxisanwendung zum Nutzbaren Dargebot, kurz PaNDa) und dessen Integration in das Datenportal iDA des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG).

PaNDa soll den Genehmigungsbehörden eine fachliche Grundlage bieten, um bereits in einer frühen Phase von Wasserrechtsverfahren zur Grundwasserentnahme einzuschätzen, ob innerhalb einer Bewertungseinheit grundsätzlich ein nutzbares Grundwasserdargebot vorhanden ist und ob eine beantragte Grundwasserentnahme hinsichtlich des Dargebots grundsätzlich möglich erscheint. Das wasserrechtliche Antrags- und Erlaubnisverfahren bleibt dabei unverändert bestehen;

PaNDa stellt ausdrücklich keinen Ersatz für das Wasserrechtsverfahren dar. Es soll jedoch wesentliche fachliche Grundlagen in kompakter Form verfügbar machen und damit auch zu einer Verkürzung der Verfahrensdauer beitragen. Letztlich können auch mögliche Nutzungskonflikte frühzeitig erkannt und die verfügbaren Grundwasserressourcen unter sich verändernden klimatischen Rahmenbedingungen nachhaltiger bewirtschaftet werden.

2 Methodik

Zu Projektbeginn wurde zunächst ein 940 km² großes Modellgebiet in Nordsachsen gewählt und betrachtet. In diesem Gebiet wurde die Vorgehensweise entwickelt, schrittweise erprobt und anschließend auf das Gesamtgebiet (Landkreis Nordsachsen, Stadt Leipzig und anteilig Landkreis Leipzig) übertragen bzw. angepasst.

Alle Betrachtungen beschränken sich auf die quartären Grundwasserleiter (GWL), die für bestehende und zukünftige Grundwassernutzung oft von besonderer Bedeutung sind.

Die methodische Vorgehensweise gliedert sich in drei Themenblöcke: die hydrogeologische und geohydraulische Charakterisierung des Bearbeitungsgebiets, die Bilanzierung der nutzbaren Grundwasserdargebote sowie die technische Umsetzung des Bilanzierungsinstruments. Die Bearbeitung umfasst folgende Schritte:

hydrogeologische und geohydraulische Charakterisierung

- Verdichtete Stichtagsmessung der Grundwasserstände
- Erstellung eines detaillierten Hydroisohypsenplanes
- Abgrenzung der Bewertungseinheiten auf Basis des erstellten Hydroisohypsenplanes als hydraulisch zusammenhängende Bereiche
- Grundwasserleiterspezifische hydrogeologische Parametrisierung (Ausweisung der Verbreitung der GWL auf Basis des vorliegenden

Fachinformationssystems, Hydrogeologie des LfULG, kf-Wert-Zuweisung, Ableitung Ergiebigkeitsverteilung)

Bilanzierung der nutzbaren Grundwasserdargebote

- Prognose der Grundwasserneubildung (Auswahl verschiedener Klimaszenarien aus der Studie KLiWES 3.0)
- Zusammentragen aller Grundwasserentnahmen
- Ableiten des nutzbaren Dargebotes aus Grundwasserentnahmen und Neubildung)

technische Umsetzung

- Entwicklung des Bilanzierungsinstrumentes PaNDa (Praxisanwendung Nutzbares Dargebot) und Integration in iDA

Im ersten Bearbeitungsschritt (verdichtete Stichtagsmessung) wurden neben den Messstellen des Landesmessnetzes weitere Grundwassermessstellen zur Verdichtung des Messnetzes recherchiert. Im Modellgebiet wurden parallel zur Landesstichtagsmessung im Herbst 2022 zahlreiche zusätzliche Messstellen einbezogen. Daraus wurde ein detaillierter Hydroisohypsenplan erstellt.

Anhand dieses Hydroisohypsenplanes wurden anschließend Bewertungseinheiten abgegrenzt. Diese Bewertungseinheiten repräsentieren hydraulisch zusammenhängende Gebiete und sind deutlich kleiner als die Grundwasserkörper gemäß der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL).

Der Erlass zur Grundwasserbewirtschaftung (SMEKUL, 2023) fordert die Aufstellung detaillierter Wasserbilanzen für die Grundwasserkörper. Diese sind jedoch sehr groß und heterogen und somit als alleinige Bezugseinheit für wasserrechtliche Entscheidungen oft nicht ausreichend. Der Erlass zur Grundwasserbewirtschaftung gestattet eine Unterteilung der Grundwasserkörper in kleinere Bewertungseinheiten und eine separate Bilanzierung.

Die Bildung kleinerer Bewertungseinheiten ermöglicht eine räumlich differenziertere Betrachtung des Grundwasserdargebots. Dies ist insbesondere deshalb relevant, weil die hydrogeologischen und geohydraulischen Verhältnisse innerhalb großräumig abgegrenzter Grundwasserkörper deutlich variieren können. Die Abgrenzung erfolgt anhand hydraulischer Verhältnisse, beispielsweise unter Berücksichtigung unterirdischer Wasserscheiden, Fließgewässer und weiterer hydraulisch wirksamer Grenzen. Dieses Vorgehen von verdichteter Stichtagsmessung, abgeleitetem Hydroisohypsenplan und resultierender Ausweisung der Bewertungseinheiten hat sich im Modellgebiet Nordsachsen als zielführend erwiesen, sodass auch im Gesamtgebiet (Landkreis Nordsachsen, Stadt Leipzig und anteilig Landkreis Leipzig) diese Methodik zur Anwendung kam.

In der folgenden Abbildung ist ein Ausschnitt aus dem Gesamtgebiet mit den Hydroisohypsen, den Bewertungseinheiten und dem Modellgebiet dargestellt.

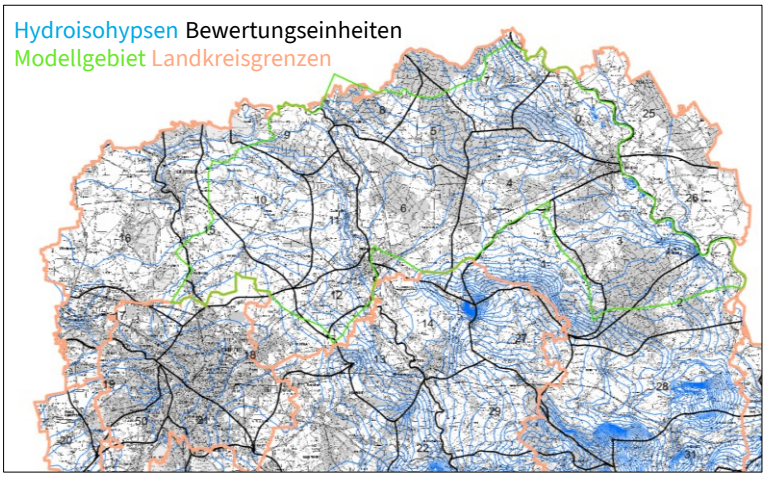

Abbildung 1: Ausschnitt aus dem Gesamtgebiet mit Hydroisohypsen (blau), Arbeitsstand der Bewertungseinheiten (schwarz), Modellgebiet (grün) und den Landkreisgrenzen (orange)

Im nächsten Bearbeitungsschritt erfolgte die hydrogeologische Parametrisierung der betrachteten Grundwasserleiter. Dazu wurden als elementare Datenbasis zunächst die Verbreitungen der einzelnen Grundwasserleiter aus dem Fachinformationssystem Hydrogeologie (Hydrogeologisches 3D-Landesmodell) des LfULG übernommen.

Anschließend wurden für die betrachteten Grundwasserleiter hydraulische Durchlässigkeitsbeiwerte (kf-Werte) ermittelt. Dazu wurde die LfULG-eigene Aufschlussdatenband und dort vorliegende Kennwerte aus Pumpversuchen herangezogen.

In Defizitbereichen, in denen keine oder nur wenige Messwerte vorlagen, erfolgte eine schrittweise Erhöhung der Datendichte durch zusätzliche hydraulische vor-Ort-Tests (vor allem Pumpversuche) sowie die Einbeziehung zusätzlicher Daten aus dem Datenbestand des LfULG.

Im Ergebnis konnte für alle betrachteten Grundwasserleiter eine ausreichende Abdeckung mit vorliegenden, gemessenen und interpolierten Durchlässigkeitsbeiwerten erreicht werden. Aus den ermittelten Durchlässigkeiten wurde für jeden Grundwasserleiter eine räumliche Verteilung der kf-Werte abgeleitet. Neben der Durchlässigkeit ist auch die grundwassergesättigte Mächtigkeit des jeweiligen Grundwasserleiters von großer Bedeutung für potenzielle Grundwasserentnahmen. Dazu wurde die Transmissivität als Produkt aus kf-Wert und grundwassergesättigter Mächtigkeit bestimmt und grundwasserleiterbezogen ausgewiesen.

Auf Grundlage der Transmissivität erfolgte die Klassifizierung der ermittelten Ergiebigkeit. Damit werden Bereiche mit günstigen hydraulischen Eigenschaften, insbesondere hohen kf-Werten und großen grundwassererfüllten Mächtigkeiten als besonders ergiebig eingestuft. Auf dieser Grundlage wurden Ergiebigkeitskarten für die betrachteten Grundwasserleiter erstellt.

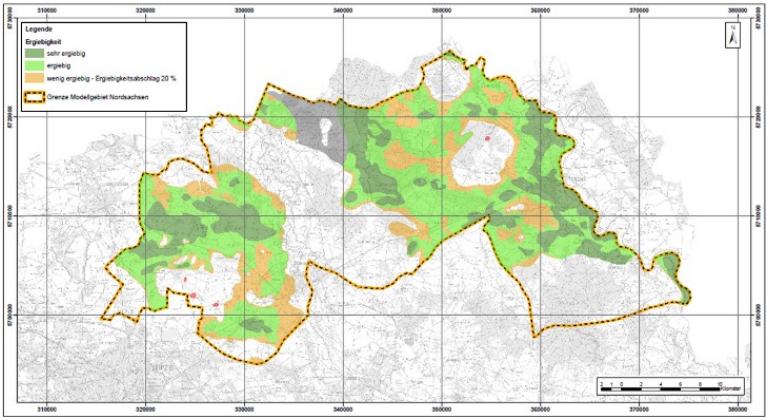

Abbildung 2: Ergiebigkeitsverteilung am Beispiel eines Grundwasserleiters (GWL 1.6) im Modellgebiet

Sowohl für das Modellgebiet als auch für das Gesamtgebiet sind

- die Erstellung des Grundwassergleichenplanes,
- die Ausweisung der Bewertungseinheiten,
- die Parametrisierung der Grundwasserleiter und
- die Ausweisung der Ergiebigkeit der Grundwasserleiter

als geologisch/hydrogeologische, sowie geohydraulische Grundlage für die weitere Projektbearbeitung weitgehend abgeschlossen.

Der zweite Themenblock (Arbeitsschritte 5-7) umfasst die Bilanzierung der nutzbaren Grundwasserdargebote. Hierfür werden insbesondere die Grundwasserneubildung als wesentliche Komponente des Dargebots sowie die aktuell bereits vorhandenen Grundwasserentnahmen berücksichtigt.

Für die Grundwasserneubildung werden ausgewählte Klimaszenarien aus der Studie KLiWES 3.0 (LfULG, 2026) herangezogen. Dadurch lassen sich unterschiedliche zukünftige Entwicklungen des Wasserhaushalts

berücksichtigen und die Auswirkungen des Klimawandels auf das nutzbare Grundwasserdargebot abschätzen. KliWES 3.0 stellt für Sachsen unter anderem Wasserhaushaltsdaten für den Ist-Zustand 1961–2020 sowie für 21 Klimaprojektionen bis 2100 bereit. Die Bearbeitung hierzu erfolgt in enger Abstimmung mit dem Referat Siedlungswasserwirtschaft, Grundwasser des LfULG.

Die Bilanzierung dient damit einer frühzeitigen fachlichen Einschätzung der potenziell verfügbaren Grundwasserressourcen. Die Prüfung der Genehmigungsfähigkeit einer Grundwasserentnahme erfolgt weiterhin im Rahmen des regulären Wasserrechtsverfahrens.

3 Entwicklung der Praxisanwendung PaNDa

Die gesamten Projektinhalte und -ergebnisse sollen in einer Fachanwendung (Praxisanwendung Nutzbares Dargebot, kurz PaNDa) zusammengeführt werden. Dieses soll als Web-GIS-Anwendung in das Datenportal iDA des LfULG integriert werden.

Hydroisohypsenplan, Bewertungseinheiten sowie die hydrogeologische Parametrisierung bilden die fachlichen Grundlagen. Über Schnittstellen zur Fachanwendung „Klimawandel und Wasserhaushalt in Sachsen“ (GWN-Viewer) sowie zum Wasserbuch (Register aller Gewässernutzungen) und Wasserrechtsverzeichnis sollen Grundwasserneubildung und vorhandene Grundwasserentnahmen in die Bilanzierung einbezogen werden.

Für jede Bewertungseinheit soll PaNDa die Summe aller Grundwasserentnahmen (genehmigte und genehmigungsfreie) ausweisen sowie das nutzbare Dargebot in Abhängigkeit des gewählten Klima- /Neubildungsszenario bilanzieren. Dadurch können die Genehmigungsbehörden frühzeitig abschätzen, in welchem Umfang das nutzbare Dargebot innerhalb einer Bewertungseinheit bereits ausgeschöpft ist und ob grundsätzlich noch Spielraum für weitere Entnahmen besteht.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Im Dargebotsprojekt wurde eine Methodik zur räumlich differenzierten Ermittlung nutzbarer Grundwasserdargebote für die quartären Grundwasserleiter in den Landkreisen Nordsachsen, Leipzig und der Stadt Leipzig entwickelt. Grundlage bilden die geohydraulischen Verhältnisse, die daraus abgeleitete Abgrenzung von Bewertungseinheiten und die hydrogeologische Parametrisierung der Grundwasserleiter. Darauf basierend wurde die räumliche Ergiebigkeit klassifiziert. Für die Dargebotsbilanzierung werden die Grundwasserneubildung, verschiedene Klimaprojektionen sowie die bestehenden Grundwasserentnahmen berücksichtigt.

Die fachlichen Grundlagen werden im Bilanzierungsinstrument PaNDa zusammengeführt und als Web-GIS-Anwendung in das Datenportal iDA des LfULG integriert. Damit soll den Genehmigungsbehörden künftig eine fachlich fundierte, räumlich differenzierte und fachlich belastbare Einschätzung zur Verfügung stehen, in welchem Umfang das nutzbare Dargebot innerhalb einer Bewertungseinheit bereits ausgeschöpft ist und welcher Spielraum für weitere Entnahmen grundsätzlich besteht.

Im weiteren Projektverlauf stehen insbesondere die technische Umsetzung, die Anbindung der erforderlichen Datenquellen sowie die Überführung der erarbeiteten Methodik in die Praxisanwendung im Fokus. PaNDa soll damit künftig eine fachliche Grundlage für die frühzeitige Einschätzung von Grundwasserentnahmen und eine nachhaltige Bewirtschaftung der Grundwasserressourcen unter den sich verändernden klimatischen Rahmenbedingungen bieten

Autor:
Jennifer Rosenzweig; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Abteilung 10, Referat 105; Telefon: 03737 294-1513; E-mail: Jennifer.Rosenzweig@lfulg.sachsen.de

Kontakt:
Abteilung 10; Referat 105 Telefon: 03731 294-1500;
E-Mail: Mathias.Huebschmann@lfulg.sachsen.de;

Quellen:

SMEKUL (2023): Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft (SMEKUL): Erlass zur Grundwasserbewirtschaftung. Fassung vom 23. Januar 2023. Dresden, 2023. Az.: 43-8602/3/7.

SMUL (2026) Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie: KliWES 3.0 – Klimawandel und Wasserhaushalt in Sachsen: Erweiterung des Modellraums und der Datengrundlagen sowie Entwicklung von Methoden für eine effiziente Datenverarbeitung. Schriftenreihe des LfULG, Heft 1/2026.

LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE | Freistaat SACHSEN

Handlungsempfehlung zum Baubegleitenden Bodenschutz nach DIN 19639

1 Hintergrund und Zielsetzung

Im Rahmen von Planungs- und Genehmigungsverfahren sind die Auswirkungen baulicher Vorhaben auf das Schutzgut Boden zu berücksichtigen. Insbesondere durch bauliche Eingriffe kann es zu tiefgreifenden Veränderungen des Bodens und zu einem Verlust natürlicher Bodenfunktionen kommen. Gemäß Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) sind die Bodenfunktionen im Sinne des vorsorgenden Bodenschutzes zu erhalten oder im Sinne des nachsorgenden Bodenschutzes wiederherzustellen.

Die gesetzlichen Vorgaben des BBodSchG werden durch die Reglungen der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) ergänzt und konkretisiert. Vor dem Hintergrund des fortschreitenden Strukturwandels, insbesondere im Mitteldeutschen und Lausitzer Revier, ist in den kommenden Jahren mit einer umfangreichen und teilweise unvermeidbaren Neuinanspruchnahme von Flächen zu rechnen. Diese wird unter anderem durch Baumaßnahmen bedingt sein, die mit erheblichen Eingriffen in den Boden verbunden sind. Infolgedessen können Böden dauerhaft verändert, versiegelt und in ihren natürlichen Funktionen beeinträchtigt oder vollständig verloren gehen.

Um Eingriffe in den Boden gezielt zu minimieren, Beeinträchtigung seiner natürlichen Funktionen zu vermeiden und anfallendes Bodenmaterial im Sinne eines nachhaltigen Bodenmanagements optimal zu verwerten, bedarf es qualitativ hochwertiger und praxisnaher Bodenschutzkonzepte.

Die bodenkundliche Baubegleitung (BBB) ist dazu ein wirkungsvolles Instrument des vorsorgenden Bodenschutzes bei Bauvorhaben. Ihre

Durchführung ist seit 2019 in der DIN 19639 geregelt und wurde mit der Novellierung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) im August 2023 gesetzlich als „Kann-Bestimmung“ (§ 4 Abs. 5 BBodSchV) verankert. Bei Vorhaben auf Flächen von mehr als 3000 m², die mit Eingriffen in den Boden z.B. durch Materialauftrag, Bodenabtrag oder Verdichtung verbunden sind, kann die zuständige Behörde im Einzelfall eine bodenkundliche Baubegleitung (nach DIN 19639) fordern. Das Gleiche gilt für alle Vorhaben mit behördlicher Anzeigepflicht sowie Vorhaben, die von Behörden selbst durchgeführt werden. Eine Pflicht zur Beauftragung und Durchführung einer bodenkundlichen Baubegleitung besteht jedoch nicht.

Die bodenkundliche Baubegleitung, erstreckt sich über die Phasen der Beauftragung durch den Vorhabenträger mit der behördlichen Forderung diese durchzuführen, der Erstellung des Bodenschutzkonzepts (BSK) inklusive des Bodenschutzplanes (BSP) sowie der fachgutachterlichen Begleitung, Dokumentation und Kontrolle vor Ort. In allen Phasen bestehen bei den beteiligten Akteuren weiterhin erhebliche Unsicherheiten, da es sich bei der bodenkundlichen Baubegleitung um ein vergleichsweises neues Instrument handelt. Beispielsweise bestehen in der Praxis vielfach Unklarheiten darüber, wann eine bodenkundliche Baubegleitung notwendig und sinnvoll ist, welche Bodenschutzmaßnahmen in welchem Umfang durchzuführen sind und welche Kosten für welche Teile bzw. Anforderungen der bodenkundlichen Baubegleitung anfallen und ob diese als verhältnismäßig betrachtet werden können.

Ziel der Handlungsempfehlung ist es, beteiligte Akteure, wie Behörden, Planer und Vorhabenträger, durch die Bereitstellung einer Handlungsempfehlung zum Bodenschutz bei Baumaßnahmen nach DIN 19639 zu unterstützen und zur Empfehlung und Forderung beziehungsweise zur Beauftragung und Durchführung einer bodenkundlichen Baubegleitung zu ermutigen.

2 Herangehensweise

Um die Handlungsempfehlung möglichst praxisnah und anwendungsorientiert zu gestalten und an den Bedarfen von Planern, Behörden und Vorhabenträgern auszurichten, wurden die entsprechende Akteure im Rahmen des Projektes beteiligt.

Es liegen Einschätzungen zu Hürden und Optimierungspotenzialen aus der Perspektive der Bodenkundlichen Baubegleitung mit Baustellenerfahrung vor, sowie Erfahrungswerte und Bedarfe aus Sicht der sächsischen Bodenschutzbehörden (vgl. Abbildung 1). Die Erkenntnisse aus diesen Vorarbeiten fließen in Aufbau, Gestaltung und Schwerpunktsetzung der Handlungsempfehlung ein.

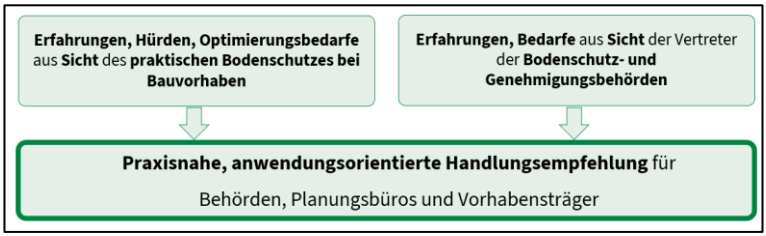

Abbildung 1: Vorarbeiten zum Leitfaden Handlungsempfehlung baubegleitender Bodenschutz

3 Inhalte und Aufbau

Die Handlungsempfehlung gliedert sich in folgende Themenschwerpunkte:

- Darstellung der fachlichen und rechtlichen Grundlagen
- Begriffsbestimmungen und Erläuterung der bodenkundlichen Baubegleitung
- Fokussierung auf Inhalte der DIN 19639
- Mustervorhaben zu unterschiedlichen Vorhabentypen

- Maßnahmenbewertung und -empfehlungen an ausgewählten Mustervorhaben
- Übersicht zur Entscheidungsfindung hinsichtlich des Bedarfs und des Umfangs an einer bodenkundlichen Baubegleitung
- Kostenschätzung hinsichtlich der Mehr- oder Minderkosten mit und ohne Durchführung einer bodenkundlichen Baubegleitung
- Bewertungshilfen zur Einschätzung der Eignung und Verhältnismäßigkeit von Bodenschutzmaßnahmen

Die Maßnahmenbeschreibungen und -empfehlungen werden anhand ausgewählter Mustervorhaben dargestellt, um den Bezug zur Praxis für die Akteure herzustellen. Die Bereitstellung eines anschaulichen Konzepts aus Farbschema und Piktogrammen dient der leichten Orientierung für die beteiligten Akteure sowie der strukturierten Führung durch die Handlungsempfehlung. Ergänzend werden zu den wichtigsten Aspekten der Handlungsempfehlung Factsheets erarbeitet, die als separat publizierbare Dokumente zur Verfügung stehen werden.

4 GIS-gestützte Ermittlung des BBB-Bedarfs

Ergänzend zur Handlungsempfehlung wird ein Modell zur Vorbewertung des Bedarfs zur Durchführung einer bodenkundlichen Baubegleitung entwickelt. Da sich das Modell noch in der Entwicklung befindet, wird an dieser Stelle lediglich der aktuelle Arbeitsstand dargestellt.

Auf Grundlage verfügbarer Daten zur Verdichtungsempfindlichkeit, Erosionsgefährdung und zum Wasserspeichervermögen des Bodens wird für die betroffenen Bauflächen der Bedarf einer bodenkundlichen Baubegleitung gemäß DIN 19639 geprüft. Die Bewertung beschränkt sich auf die allgemeine physikalische Empfindlichkeit des Bodens, wie sie aus den vorliegenden Bodendaten (vorerst der BK50) hervorgeht.

Bauseitige geotechnische Belastungen, darunter beispielsweise Überfahrhäufigkeiten oder Kontaktflächendrücke der Maschinen, werden nicht einbezogen.

Ebenso erfolgt über das Modell die Ausweisung von Ausschlussflächen für die Errichtung von Bodenmieten anhand der Entwässerungsflächen sowie die Darstellung von Bereichen mit besonders nassen und feuchten Böden (vgl. Abbildung 2).

Die Bewertungsmethodik soll als GIS-Tool bereitgestellt und zusammen mit der Handlungsempfehlung veröffentlicht werden.

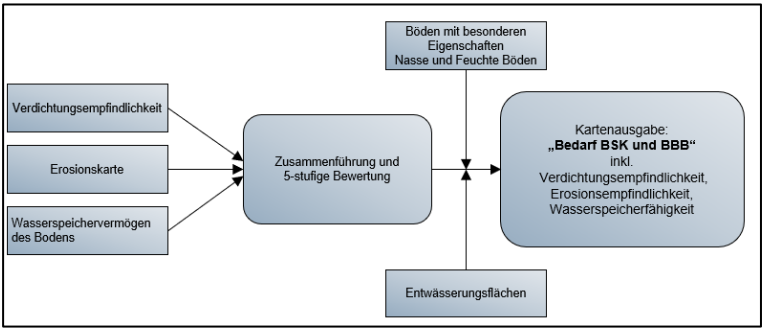

Abbildung 2: Schema des Flächenmodells zur Bewertung des Bedarfes einer bodenkundlichen Baustellenbegleitung (Arbeitsstand)

5 Projektstand und Ausblick

Die Handlungsempfehlung befindet sich bis Ende Januar in Bearbeitung durch einen externen Auftragnehmer. Die Veröffentlichung erfolgt voraussichtlich Mitte 2027.

Autor:
Saskia Werner; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 42; Telefon: +49 3731 294-2801;
E-Mail: Saskis.Werner@lfulg.sachsen.de
Ellen Dankelmann; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung a4; Referat 42; Telefon: +49 3731 294-2804;
E-Mail: Ellen.Dankelmann@lfulg.sachsen.de

Kontakt:
Abteilung 4: Referat 42; Telefon: 03731 294-2800;
E-Mail: Ingo.Mueller@lfulg.sachsen.de

Quellen:

Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) (1998): Gesetz zum Schutz vor schädlicher Bodenveränderung und zur Sanierung von Altlasten vom 17. März 1998 (BGBI. I S. 502), zuletzt geändert durch den Artikel 7 des Gesetzes vom 22. März 2023 (BGBI. 2023 I nr.88).

Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) (2023): Verordnung zur Reduzierung von Metalleinträgen in den Boden zur Regelung des Vollzugs des Bundes-Bodenschutzgesetzes vom 9. Juli 2023 (BGBI. 2023 Nr. 191).

Deutsches Institut für Normung e.V. (2019): DIN 19639: Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben. Berlin: Beuth Verlag.

LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE | Freistaat SACHSEN

Flächenbewertung für standortangepasste Nutzungsempfehlungen

1 Hintergrund und Zielstellung

Vor dem Hintergrund des fortschreitenden Strukturwandels, insbesondere im Mitteldeutschen und Lausitzer Revier, sind in den kommenden Jahren zahlreiche Herausforderungen zu erwarten. Zu diesen Herausforderungen zählen unter anderem umfangreiche und teils unvermeidbare Flächenneuinanspruchnahmen sowie ein steigender Nutzungsdruck auf die begrenzt vorhandenen Flächen. Damit einhergehend nimmt beispielweise die Flächennutzungskonkurrenz zwischen der Neuansiedlung von Wirtschaftszweigen und den dafür notwendigen Ausgleichs- und Ersatzflächen für den Naturschutz stark zu. Dies führt zunehmend zu Interessens- und Zielkonflikten unterschiedlicher Akteure.

Die Flächenwertung des Teilprojektes P18: „Flächenbewertungsinstrument für ein nachhaltiges Brach- und Kompensationsflächenmanagement“ soll eine Abwägungsunterstützung bieten und zur nachhaltigen Flächennutzung und -entwicklung beitragen.

Dazu werden Flächenbewertungsmethoden erarbeitet, auf deren Grundlage Abwägungsempfehlungen für potenzielle Flächennutzungen bereitgestellt werden können. In die Bewertung gehen relevante, verfügbare und fachübergreifende Daten zu den Themen Boden, Wasser, Naturschutz ein. Eine nachvollzieh- und reproduzierbare Bewertungsmethodik für verschiedene Nutzungs- und Entwicklungsoptionen trägt durch eine transparente Abwägung umweltrelevanter Auswirkungen zur Akzeptanz stadtplanerischer Maßnahmen und zu einer Stärkung der nachhaltigen Flächenentwicklung bei.

Ziele der fachübergreifenden Flächenbewertung:

- Beitrag zur nachhaltigen Transformation in den Strukturwandelregionen
- fachübergreifende Bewertung und Abwägung von Umweltbelangen auf Grundlage verfügbarer Daten zu Böden, Naturschutz und Wasserhaushalt
- Bereitstellung von relevanten Informationen und Methoden zur Unterstützung der Genehmigungsbehörden
- Erarbeitung geeigneter Bewertungsmethoden für die Flächenbewertung auf Ebene der kommunalen Planung
- Beitrag zur Reduzierung der Flächenneuinanspruchnahme

2 Methodik

Ziel ist die Entwicklung von Modellen zur raumbezogenen Flächenbewertung vor dem Hintergrund der besonderen Herausforderungen und Fragestellungen des Strukturwandels. Der Fokus des vorliegenden Bewertungsansatzes liegt auf der Entwicklung eines systematischen Prozesses zur Flächenbewertung. Hierbei werden verfügbare Datenbestände ausgewählt, aggregiert und ausgewertet. Nutzer sollen individuelle Flächenkulissen für spezifische Fragestellungen bewerten können, um möglichst nachhaltige Nutzungen zu planen und umzusetzen.

Die Bewertungsmethodik zur Flächenbewertung wird schrittweise und in Form eines Baukastensystems entwickelt. Die Bewertungsmethodik zur Identifikation von Entsieglungspotenzialen, auf die nachfolgend näher eingegangen wird, ist dabei nur ein erster Baustein des übergreifenden Ansatzes und stellt den aktuellen Arbeitsstand dar. Darauf aufbauend sollen weitere relevante Fragestellungen hinzukommen.

Bewertungsmethodik zur Identifikation von Entsiegelungspotenzialen

Es wurde ein GIS-Modell entwickelt, welches Entsiegelungspotenziale anhand von öffentlich oder kommunal verfügbarer Datengrundlagen identifiziert. Aktuell sind für diese Fragestellung folgende Datengrundlagen im Modell integriert oder als WFS-Dienste eingebunden (vgl. auch Abbildung 1: Modellschema für das Modell „Entsiegelungspotenziale“ (Arbeitsstand)

- 10x10m Versiegelungsraster aus Satellitendaten (European Union, Copernicus Land Monitoring Service, 2024)
- Daten des Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) (GeoSN, 2026)
  - Gebäude
  - Fließgewässer
  - Stehendes Gewässer
  - Straßenverkehr
  - Weg
  - Platz
- Retentionsflächen (LfULG, 2025)

Folgende Datengrundlage sind als Polygone (z.B. Shape-Dateien, GeoPackage) durch den Anwender noch hinzuzuladen:

- Eigene Flächenkulisse (bezeichnet dabei die Flächen, für die Aussagen mittels des Modells berechnet werden sollen, z.B. Gemeindefläche)
- Brachflächen (optional)
- Altlastverdachtsflächen (optional)

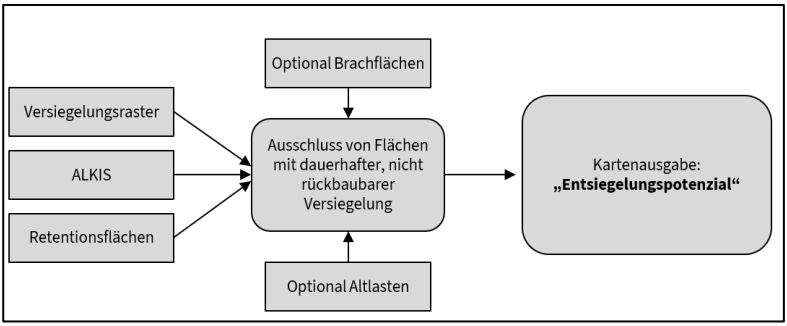

Abbildung 1: Modellschema für das Modell „Entsiegelungspotenziale“ (Arbeitsstand)

Während des Modelldurchlaufs werden die oben genannten erforderlichen Geodaten für die jeweilige Flächenkulisse automatisch abgerufen und verarbeitet. Dabei werden zum aktuellen Entwicklungsstand die folgenden Schritte im Modell durchgeführt:

1. Es erfolgt eine Abfrage der versiegelten Bereiche gemäß den Copernicus-Daten zur Ermittlung der potenziellen Flächen für die Entsiegelung.

2. Auf Basis der genannten ALKIS-Grundlagen erfolgt die Bündelung aller für eine Entsiegelung infrage kommenden Flächen (wie Gebäude oder Straßen) in einer Infrastrukturkulisse. Der ALKIS-Layer „Platz“ wird dabei separat betrachtet, da hier ein Teilentsiegelungspotenzial (z.B. durch Grünflächen oder Pflanzbeete) besteht. In Folge dessen werden Plätze **nicht in die Infrastrukturkulisse einbezogen**.

3. Die Infrastrukturkulisse wird aus den Entsiegelungspotenzialflächen herausgerechnet, da sie nicht für Entsiegelungsmaßnahmen zur Verfügung stehen. Liegen Informationen zu den (eingeladenen) Brachflächen vor, so werden für diese wieder Entsiegelungspotenziale hinzugefügt.

4. Nun wird, nach jetzigem Stand, allen versiegelten Flächen außerhalb der Infrastrukturkulisse ein Entsiegelungspotenzial und allen versiegelten Bereichen auf „Plätzen“ ein Teilentsiegelungspotenzial ausgewiesen.

5. Nach Erstellung der Entsiegelungskulisse werden die Ergebnisse unter Einbeziehung weiterer Datengrundlagen priorisiert, um die spätere Auswahl der Flächen zu erleichtern. Im aktuellen Arbeitsstand dienen dazu vorerst nur die im FuE-Projekt „Retentionsräume sächsischer Täler“ (LfULG, 2025) ausgewiesenen Retentionsflächen. Flächen mit Entsiegelungspotenzial innerhalb dieser Retentionsgebiete erhalten eine „**hohe Priorität**“, da sie vorrangig den Wasserrückhalt verbessern sollen. Flächen, die sich im Pufferbereich um die Retentionsflächen befinden, werden als „**mittlere Priorität**“ eingestuft. Die übrigen Bereiche werden nicht priorisiert.

6. Werden Altlasten und altlastverdächtige Flächen hinzugeladen (optional), wird für die identifizierten Entsiegelungspotenziale an diesen Standorten ein **Prüfvorbehalt** hinterlegt, der eine genaue Einzelfallprüfung vorschreibt.

3 Ergebnisse zur Bewertungsmethodik zur Identifikation von Entsiegelungspotenzialen

Als Ergebnis werden die generierten Geodatensätze direkt als Shape-Datei im Projekt gespeichert. Nach der Identifikation und Bewertung der Entsieglungspotenziale kann die Flächenkulisse wie beispielweise in Abbildung 2 aussehen.

Falls in der Dateneingabe Altlastenverdachtsflächen hinzugeladen wurden, so haben diese eine direkten Auswirkung auf das Ergebnis und werden nicht mit einem Entsiegelungspotenzial bestimmt. Falls keine

Dateneingabe zu Altlastenverdachtsflächen hinzugeladen wurde, werden alle Flächen vorbehaltlich einer Altlastenprüfung gekennzeichnet.

Die Bewertungsmethodik zur Identifikation von Entsiegelungspotenzialen stellt einen Arbeitstand dar. Die Bewertungsmethodik und das Modell werden kontinuierlich weiterentwickelt.

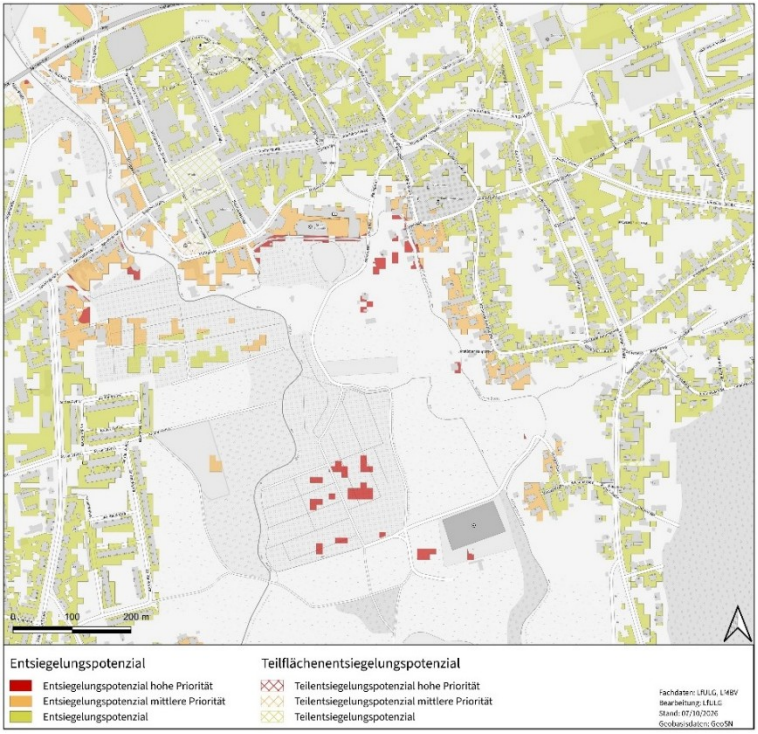

Abbildung 2: Kartenausgabe des Entsiegelungspotenzials

4 Weiterentwicklung und Ziele im Folgeprojekt

Bis zum Ende der ersten Projektphase wird die Bewertungsmethodik zur Identifikation von Entsiegelungspotenzialen finalisiert. Ziel ist es, das Modell sowie eine Nutzeranleitung online bereitzustellen.

Im Rahmen des beantragten Folgeprojektes sollen in ähnlicher Weise Bewertungsmethoden und Modelle für weitere Fragestellungen entwickelt werden. In diesem Kontext lassen sich verschiedene Fragestellungen und eine Verknüpfung der einzelnen Fachbereiche formulieren.

Ziele, Möglichkeiten und Fragestellungen können sein:

- Fachübergreifende Integration von Fragen der Gewässerentwicklung, Wasserwirtschaft, Grundwasserschutz, Hydrogeologie
- Unterstützung bei der Flächenbewertung für die Umsetzung von Kompensationsmaßnahmen (Integration Boden- und Naturschutz) über Daten- und Modellbereitstellung
- Abwägungsempfehlung zur Lösung von Zielkonflikten zwischen Naturschutz, Bodenschutz, Gewässerschutz
- Bereitstellung von Informationen und Abwägungsempfehlungen zur Entwicklung und Nutzung

Autoren:
Saskia Werner; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 42; Telefon: +49 3731 294-2801;
E-Mail: Saskis.Werner@lfulg.sachsen.de
Ellen Dankelmann; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung a4; Referat 42; Telefon: +49 3731 294-2804;
E-Mail: Ellen.Dankelmann@lfulg.sachsen.de

Kontakt:
Abteilung 4: Referat 42; Telefon: 03731 294-2800;
E-Mail: Ingo.Mueller@lfulg.sachsen.de

Quellen:
European Union, Copernicus Land Monitoring Service (2024): High Resolution Layer: Imperviousness Density (raster 10m) [Geodatensatz]. Verfügbar unter: https://land.copernicus.eu/ (Zugriff am: 01.07.2026).

LfULG (2025): Ergebnisse des FuE-Projektes „Retentionsräume sächsischer Täler“- Erfassung der natürlichen ober- und unterirdischen Retentionsräume in Sohlen- und Kerbsohlentäler sächsischer Fließgewässer.

Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN) (2026): ALKIS Web Feature Service [WFS-Dienst]. Dresden: GeoSN. Verfügbar unter: https://geodienste.sachsen.de/aaa/public_alkis/nas/wfs (Zugriff am: 01.07.2026).

LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE | Freistaat SACHSEN

1 Kippenflächen als Ersatzlebensräume

Nach der Auskohlung der Kohlegruben verblieben neben den Tagebaufolgeseen große, zunächst unbesiedelte Kippenflächen. Diese Kippen verfügen über kein natürliches Bodengefüge und weisen mangels natürlicher Humusauflage keine Diasporenbank auf. Die Sukzession erfolgt daher durch direkten Eintrag von Arten aus der Umgebung. Aufgrund ihrer einzigartigen Eigenschaften – der großflächigen Unzerschnittenheit, des offenen Landschaftscharakters, Nährstoffarmut, geringer anthropogener Störungsfrequenz sowie dem Vorkommen offener Rohbodenstellen – nehmen diese Flächen eine zentrale Funktion als Sekundärlebensräume für Arten des Offenlandes ein.

Um den offenen Charakter dieser Flächen aufrechtzuerhalten und damit den Fortbestand der dort lebenden Arten zu sichern, ist ein gezieltes Management erforderlich, da sich basierend auf der natürlich fortschreitenden Sukzession ein zunehmender Gehölzbewuchs einstellt. Vor dem Hintergrund des 2020 gesetzlich beschlossenen Kohleausstiegs bis spätestens 2038 ist die fortlaufende Entstehung neuer Rohboden- und Pionierstandorte endlich. Daraus ergibt sich die unmittelbare Relevanz, eine belastbare Handlungsgrundlage zu schaffen, um wertvolle Offenland- und Pionierstadien dort, wo sie naturschutzfachlich prioritär sind, langfristig zu sichern und gleichzeitig Entwicklungspotenziale im Sinne von Prozessschutz/Wildnis angemessen zu berücksichtigen (Rosenthal et al 2021) [*].

Zielstellung
Die Studie „Offenland in der Bergbaufolgelandschaft Sachsens“ hat zum Ziel, den aktuellen Kenntnisstand über das Offenlandmanagement in der Bergbaufolgelandschaft (BFL) Sachsens eingehend darzustellen und Potenziale für die Durchführung weiterer Projekte aufzuzeigen.

2 Ist-Zustand-Analyse

In einem ersten Schritt wurden verfügbare Informationen zu Offenlandmanagement und -projekten in den beiden Kohlerevieren zusammengetragen. Dabei wurden anhand eines eigens entwickelten Interviewleitfadens Akteure und Experten zu konkreten Offenlandprojekten befragt. In Summe konnten so 47 Projekte identifiziert werden, welche sich über eine Gesamtfläche von 1.346 ha erstrecken.

Der Großteil der ermittelten Projekte ist im Mitteldeutschen Revier verortet (insgesamt 1050 ha), wohingegen das Lausitzer Revier mit 296 ha einen deutlich kleineren Anteil einnimmt. Die ältesten Managementflächen werden seit Ende der 1990er Jahre (1997, Bockwitz) gepflegt. Die Größe der dokumentierten Flächen schwankt zwischen ca. 1 ha und 239 ha, wobei die mittlere Projektflächengröße rund 30 ha beträgt. Die am häufigsten durchgeführte Pflegemaßnahme ist die Beweidung. Insgesamt wird auf 34 Projektflächen (von insgesamt 47 Projektflächen) mit dieser Maßnahme das (Halb-)Offenland erhalten. Dabei kommen sehr unterschiedliche Arten von Weidetieren zum Einsatz, unter anderem Konikpferde, Taurusrinder, Schafe, Ziegen und Wasserbüffel.

Neben Beweidung wurde die Offenhaltung der Flächen auch durch Mahd forciert. Eine eher selten angewendete Methode stellt im recherchierten Flächenpool die Rohbodenschaffung und die Entfernung von Gehölzen dar, welche jedoch vor allem für Arten der rohbodenreichen Pionierfluren entscheidend sind.

3 Zielarten der Offenlandlebensräume

Um die Zustände der (potenziellen) Offenlandflächen zu charakterisieren, wurde im Rahmen der vorliegenden Studie auf Basis ausgewählter Kriterien eine Auswahl an Zielarten zusammengetragen. Diese sollen als indikatorisches Instrument zur Bewertung und Beschreibung des Ist-Zustandes wie auch als Werkzeug zur Dokumentation von Entwicklungsprozessen dienen. Die Festlegung der Zielarten kann im behördlichen Naturschutz dazu eingesetzt werden, ein fachlich tragfähiges Maßnahmenprogramm vor allem für Biotopverbund- und Maßnahmenplanungen, Landschaftsplanung und Offenlandmanagement abzuleiten [*].

Zielarten

Zur Festlegung der Zielarten wurden sechs Kriterien erarbeitet, welche die Eignung der jeweiligen Art im Kontext der Studie kennzeichnen.

Kriterien zur Festlegung der Zielarten

- Verbreitung (**V**): Die Arten besitzen eine dokumentierte Verbreitung in der Bergbaufolgelandschaft Sachsens
- Arten sind in Sachsen bestandsgefährdet (**G**)
- Arten mit naturschutzrechtlichem Status (**§**)
- Stenöke Arten (**Ö**): Arten besitzen eine strenge Habitatbindung und geringe ökologische Potenz
- Einfache Nachweisbarkeit (**D**): Die Arten sind im Gelände gut erkennbar und nachweisbar
- Eignung aufgrund Literaturangaben oder Einschätzung durch Experten (**E**)

Die selektierten Zielarten wurden in Listen entsprechend ihrer Taxonomie zusammengefasst (Zielartenlisten). Zwei Beispiele für ausgewählte Zielarten finden sich in der Infobox.

Beispiele für ausgewählte Zielarten des Offenlandes



Der **Brachpieper** (*Anthus campestris*) bevorzugt offenes und sandiges Gelände mit sehr geringem Vegetationsaufwuchs. Entsprechend der in der Studie kategorisierten Lebensräume wird der Brachpieper dem Zielartenkollektiv der vegetationsarmen Rohböden und Pionierfluren zugeordnet. In Sachsen bieten die Bedingungen der Bergbaufolgeflächen gute Voraussetzungen für eine Besiedlung.

Bild: Archiv Naturschutz LfULG, G. Engler



Das **Echte Tausendgüldenkraut** (*Centaurea erythraea*) besiedelt typischerweise Trocken- und Magerrasen, verbuschtes Grasland sowie lichte Waldränder. Entsprechend der Roten Liste Sachsens wird es als gefährdet (Gefährdungskategorie 3) eingeschätzt. Das aktuelle Verbreitungsgebiet erstreckt sich über beide sächsischen Braunkohlereviere.

Bild: Archiv Naturschutz LfULG, W. Böhnert

Lebensgemeinschaften des Offenlandes

Entlang der sich vollziehenden Sukzession werden verschiedene Stadien unterschieden, die jeweils als charakteristische Lebensräume beschrieben wurden. Diese reichen von vegetationsarmen Rohböden über Trocken- und Magerrasen hin zu verbuschtem Grasland und Übergangsbereichen (Waldränder) oder Gehölzinseln. Die zuvor benannten Zielarten wurden in lebensraumtypischen Zielartenkollektiven zusammengefasst und den beschriebenen Lebensräumen zugeordnet.

4 Die Offenlandschaft in der Bergbaufolgelandschaft Sachsens und ihre Eigenschaften

Gebietskulisse Braunkohlenbergbau

Für die Analyse des Untersuchungsgebietes wurden drei aufeinander aufbauende Kulissen entwickelt. In einem ersten Schritt erfolgte die Abgrenzung der Bergbaufolgelandschaften des Braunkohlenbergbaus in Sachsen (Lausitzer und Mitteldeutsches Revier) von der umgebenden Normallandschaft (Abbildung 1 und Abbildung 2). Hierbei wurden sowohl die Grenzen der aktiven Tagebaue (inklusive der noch zukünftig durch Abbau betroffenen Flächen) als auch die Gebiete des Altbergbaus, in welchem die Kohleförderung bereits abgeschlossen ist, einbezogen. Diese erste Kulisse stellt den Ausgangspunkt für die weiteren Betrachtungsräume dar, welche sich durch eine schrittweise Eingrenzung daraus ableiten.

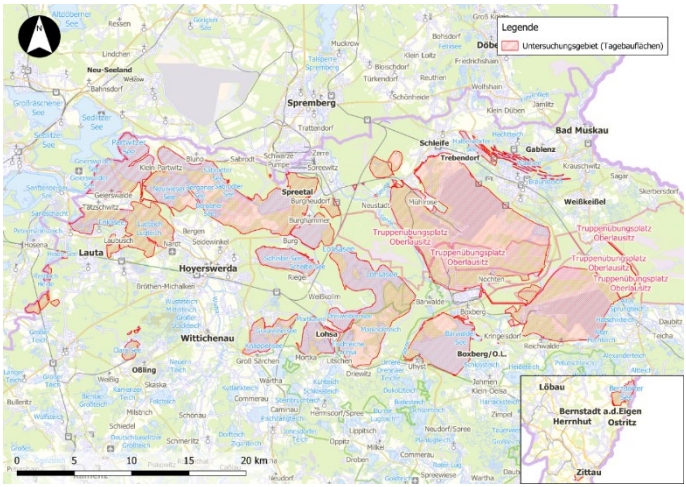

Abbildung 1: Gebietskulisse der Bergbaufolgelandschaft Sachsens im Lausitzer Revier

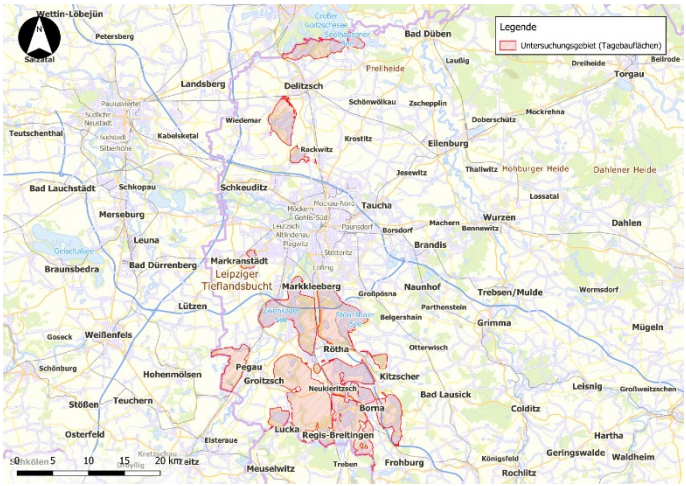

Abbildung 2: Gebietskulisse der Bergbaufolgelandschaft Sachsens im Mitteldeutschen Revier

(Halb-) Offenlandkulisse

Im folgenden Schritt wurden zunächst auf Grundlage des Basis-DLM des Landesamtes für Geobasisinformation Sachsen (GeoSN, Stand: 04/2025) die Flächen selektiert, welche einen offenen (Gehölzanteil<10 %) oder halboffenen (Gehölzanteil 10-30 %) Charakter aufweisen. Flächen dieser Kategorien wurden mit Angaben zur Vegetationshöhe kombiniert. Innerhalb der Gebietskulisse Braunkohlenbergbau konnte so eine (Halb-) Offenlandkulisse von 10.300 ha ermittelt werden. Davon befinden sich 6.227 ha im Lausitzer Revier und 4.073 ha im Mitteldeutschen Revier [*]. Dieser Kulisse wurden im nächsten Schritt konkrete Standortinformationen (siehe nachfolgende Infobox) zugewiesen, um eine Charakterisierung der Einzelflächen zu vorzunehmen.

Zugewiesene Standortinformation

- Geotechnische Sperrgebiete
- Siedlungsnähe
- Wildnis und Wildnispotenzialgebiete
- Bodendaten
- Grundwasserflurabstand
- Schutzgebiete
- Flächeneigentümer
- Vorkommen von Zielarten

Potentialflächenanalyse

Im letzten Schritt der Kulissenentwicklung wurde, basierend auf den Standortinformationen der (Halb-) Offenlandkulisse eine weitere Eingrenzung vorgenommen. Hierbei wurden Flächen selektiert, deren Standortinformationen eine Umsetzung von Offenlandprojekten als besonders geeignet erscheinen lassen. Die so erhobenen Potenzialflächen wurden in Flächen hohen, mittleren und geringen Potenzials untergliedert.

5 Maßnahmen zur Offenhaltung der BFL

In trocken-warmen Landschaften wie den betrachteten Bergbaufolgelandschaften ist die Biotoppflege darauf ausgerichtet, nährstoffarme, offene und oft extremstandortgeprägte Lebensräume zu erhalten. Zentrale Methoden sind die extensive Beweidung (z. B. mit Schafen oder Ziegen), die gezielte Mahd sowie die Entnahme von Gehölzaufwuchs, um eine Verbuschung zu verhindern und lichtliebende, oft spezialisierte Arten zu fördern. Auch das Belassen von Rohbodenstellen spielt eine wichtige Rolle, da viele Pionierarten auf solche offenen Substrate angewiesen sind [*]. Eine weitere, wenngleich wenig gebräuchliche Methode zur Offenhaltung ist das Abbrennen. In der Studie werden die Maßnahmen zur Offenhaltung aufgelistet und detailliert in Maßnahmensteckbriefen charakterisiert. Die kompakte Zusammenstellung soll bei der Abwägung unterschiedlicher Pflegeansätze helfen und das Vergleichen der einzelnen Methoden erleichtern. Da die Methoden sehr variable Effekte auf die Offenhaltung haben, ist eine pauschale Wertung der Methoden nicht zielführend. Vielmehr ist die Wahl der geeigneten Methode von den örtlichen Gegebenheiten sowie den favorisierten Zielzuständen abhängig.

Maßnahmen zur Offenhaltung

- Mahd
- Beweidung
- Entbuschung
- Schaffung von Rohbodenflächen
- Einsatz von Feuer (Abbrennen)

Autoren:
Nicola Sebert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 6; Referat 62; Telefon: +49 3731 294-2210; E-Mail: Nicola.Sebert@lfulg.sachsen.de
Janis Rothmeyer; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 6; Referat 62; Telefon: +49 3731 294-2213; E-Mail: Janis.Rothmeyer@lfulg.sachsen.de

Kontakt:
Abteilung 6: Referat 62; Telefon: 03731 294-2200;
E-Mail: Maik.Denner@lfulg.sachsen.de

Quellen:

C. Hildmann, I. Landeck, F. Kleinschmidt, M. Graichen, A. Bellmann (2026): Offenland in der Bergbaufolgelandschaft Sachsens. Endbericht, IFB im Auftrag des LfULG (Hrsg.), Freiberg 2026. Zitate aus der Studie sind mit [*] gekennzeichnet.

G. Rosenthal, A. Meschede, E. Langer, J. Sachtleben, V. Aljes, J. Schenkenberger, N. Stanik, T. van Elsen, C. Wandke (2021): „WildnisArten“ – Bedeutung von Prozessschutz- bzw. Wildnisgebieten für gefährdete Lebensgemeinschaften und Arten sowie für „Verantwortungsarten“. BfN-Skripten 599, Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.), S. 163, Bonn-Bad Godesberg 2021.

LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE | Freistaat SACHSEN

1 Hintergrund und Motivation

Auenwälder zählen zu den artenreichsten und ökologisch bedeutsamsten Lebensräumen Mitteleuropas. Als Biodiversitäts-Hotspots, Kohlenstoffspeicher und Mikroklima-Regulatoren erfüllen sie Ökosystemleistungen, die weit über ihren unmittelbaren Standort hinauswirken. Gleichwohl befinden sich Auenökosysteme in einem europaweit besorgniserregenden Zustand.

In Sachsen weisen weniger als 10 % der Auen eine geringe oder sehr geringe Veränderung gegenüber dem Referenzzustand auf und insbesondere entlang der Weißen Elster sind abschnittsweise über 90 % der historischen Überschwemmungsflächen verloren gegangen (Auenzustandsbericht 2021). Diese Entwicklung ist das Ergebnis jahrzehntelanger Gewässerregulierungen, Flächennutzungsänderungen und bergbaubedingter Eingriffe in den Wasserhaushalt.

Das Zwenkauer Eichholz liegt unmittelbar südlich des Zwenkauer Sees und ist ein plastisches Beispiel für diese Problematik. Als zweitbedeutendster Hartholzauwald Sachsens ist er durch den Betrieb des ehemaligen Tagebaus Zwenkau hydrologisch weitgehend vom natürlichen Fließgewässersystem abgeschnitten worden. Das Gebiet ist Teil des FFH-Gebietes 218 „Elsteraue südlich Zwenkau" und unterliegt den rechtlich festgesetzten FFH-Erhaltungszielen gemäß § 22 SächsNatSchG. Der dominierende Lebensraumtyp ist der Hartholzauenwald (LRT 91F0), welcher im nördlichen Teil des FFH-Gebietes auf

einer Fläche von knapp 150 ha ausgebildet ist und damit den zweitgrößten Bestand dieses Lebensraumtyps im Freistaat Sachsen darstellt.

Ergänzt wird das FFH-Gebiet durch kleinere Bestände des Erlen-Eschen- und Weichholzauenwaldes (LRT 91E0) sowie eutrophe Stillgewässer (LRT 3150). Das Eichholz Zwenkau fungiert als Verbundelement zwischen den Auenwäldern der Weißen Elster und dem Leipziger Auwald und stellt damit einen wesentlichen Baustein im regionalen Grün- und Biotopverbund dar.

Die Braunkohleförderung im 20. Jahrhundert hat den natürlichen Wasserhaushalt der Region tiefgreifend und nachhaltig verändert. Der Betrieb des Tagebaus Zwenkau erforderte eine intensive Sümpfungswasserhaltung, die einen weiträumigen Grundwasserabsenkungstrichter erzeugte.

Obwohl die Braunkohleförderung eingestellt wurde und der Grundwasserspiegel durch zuströmendes Grund- und Flutungswasser sowie Grundwasserneubildung wieder angestiegen ist, wurde das vorbergbauliche Niveau im Bereich des Eichholzes bis heute nicht wieder erreicht. Parallel dazu haben umfangreiche Flussregulierungen der Weißen Elster die natürliche Fließgewässerdynamik großflächig unterdrückt. Das Eichholz ist infolgedessen von der auentypischen Überflutungs- und Abflussdynamik weitgehend abgeschnitten. Ausbleibender Geschiebe- und Sedimenttransport sowie fehlende periodische Überflutungen verstärken die Standortveränderungen und gefährden die lebensraumtypische Artenzusammensetzung.

Der aktuelle Erhaltungszustand der FFH-LRT im Zwenkauer Eichholz ist daher kritisch. Sämtliche 91F0-Flächen werden hinsichtlich ihrer Beeinträchtigung mit Stufe C (sehr starke Beeinträchtigung) bewertet – ein Befund, der den dringenden Handlungsbedarf verdeutlicht. Zwar weisen einige Teilflächen aufgrund des noch vorhandenen Arten- und

Strukturinventars einen Gesamterhaltungszustand der Stufe B (gut) auf, ohne revitalisierende Maßnahmen ist jedoch eine weitere Verschlechterung hin zu Stufe C unausweichlich (Abbildung 1). Der Fortbestand des Hartholzauwaldes Zwenkauer Eichholz ist demnach akut gefährdet.



Abbildung 1: Bewertung der Beeinträchtigungen der FFH-LRT-Flächen im Gebiet des Eichholzes (links; rot: Stufe C = sehr starke Beeinträchtigung, orange: Stufe B = starke Beeinträchtigung) sowie Darstellung des Gesamterhaltungszustandes der FFH-LRT (rechts; rot: Stufe C = mittel bis schlecht, orange: Stufe B = gut).

2 Anlass der Studie

Die Notwendigkeit einer gezielten Begleitstudie ergibt sich aus dem Zusammenspiel mehrerer laufender Planungsvorhaben sowie Studien, die zwar thematisch verwandt sind, die Wiedervernässung des Eichholzes jedoch bislang nicht ausreichend integrieren.

Im Jahr 2024 schloss die Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV) eine Vorplanung zur „Wiederherstellung des Vorflutsystems südlich des Tagebaus Zwenkau" ab. Diese Vorplanung enthält verschiedene Varianten zur Wassereinleitung in das Gebiet, unter denen die abgeleitete Vorzugsvariante eine dauerhafte Zuleitung aus dem Profener Elstermühlgraben (PEM) sowie temporäre Überflutungen aus der umverlegten Weißen Elster (UWE) oberhalb der Geschiebefalle vorsieht. Die Wiedervernässung des Eichholzes wurde dabei als Einzelziel formuliert, jedoch aus naturschutzfachlicher Sicht noch nicht hinreichend vertieft (LMBV 2024).

Parallel befindet sich eine Machbarkeitsstudie der Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (LTV) in Bearbeitung (Stand: November 2026), die das Speicherpotential des Seenverbundes Zwenkauer-Cospuden sowie verschiedene Einlauf- und Bewirtschaftungsoptionen analysiert. Auch hier werden die Belange des Zwenkauer Eichholzes aus naturschutzfachlicher Sicht hintergründig betrachtet.

Das Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen (LfULG) hat vor diesem Hintergrund eine Begleitstudie zur Wiedervernässung und Revitalisierung des Zwenkauer Eichholzes beauftragt. Sie soll naturschutzfachlich und wasserwirtschaftlich relevante Fragen gezielt adressieren, die für eine nachhaltige Wiedervernässung des Auwaldes entscheidend sind. Methodisch sowie inhaltlich schließt sie damit an die bestehenden Planungen an, ohne diese zu ersetzen. Vielmehr sollen diese um eine auenökologisch fundierte Perspektive ergänzt werden und eine Optimierung der vorliegenden Varianten ermöglichen.

3 Zielstellung

Die Begleitstudie verfolgt das übergeordnete Ziel, auf Basis einer fundierten auenökologischen Analyse konkrete Grundlagen für eine nach-

haltige Wiedervernässung und Revitalisierung des Zwenkauer Eichholzes zu erarbeiten, die den naturschutzrechtlichen Anforderungen des FFH-Gebietes gerecht werden.

Im Einzelnen sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- Welchen aktuellen Zustand weist der Hartholzauwald auf und welche auenökologischen Defizite sind für seine Gefährdung ursächlich?
- Welches Hydroregime (hinsichtlich Grundwasserstand, Überflutungshäufigkeit, -dauer und -intensität) ist erforderlich, um die FFH-Erhaltungsziele langfristig zu sichern?
- Wie viel Wasser steht in den relevanten Fließgewässersystemen (UWE, PEM) unter verschiedenen hydrologischen Szenarien tatsächlich zur Verfügung?
- Über welche Trassen und Einleitungsszenarien lässt sich das verfügbare Wasser räumlich optimal im Auwald verteilen?
- Welche der möglichen Trassenführungen erweist sich unter Abwägung naturschutzfachlicher, hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Kriterien als vorzugswürdig?

Die Ergebnisse sollen eine Optimierung der bestehenden LMBV-Vorzugsvarianten ermöglichen und als Entscheidungsgrundlage für nachfolgende Planungs- und Genehmigungsverfahren dienen.

4 Methodisches Vorgehen

Die Studie gliedert sich in fünf aufeinander aufbauende Arbeitspakete.

- **AP1 – Auenökologischer Ist-Zustand- und Defizitanalyse:** Auf Basis der Waldbiotopkartierung (WBK 2) werden Erhaltungszustand, Arteninventar und zentrale auenökologische Defizite systematisch erfasst. Kernprodukt ist die Ableitung eines Entwicklungs-

ziels einschließlich eines geeigneten Hydroregimes als Referenzrahmen für alle nachfolgenden Arbeitspakete.

- **AP2 – Ist-Zustand der Grundwasserverhältnisse und Handlungsoptionen:** Der aktuelle Grundwasser-Flurabstand wird ermittelt und dem aus auenökologischer Sicht erforderlichen Niveau gegenübergestellt. Daraus werden räumlich differenzierte Potentiale zur Wiederherstellung naturnaher Grundwasserverhältnisse abgeleitet, die unmittelbar in die Trassenplanung (AP4) einfließen.
- **AP3 – Analyse des Wasserdargebots und hydrologischer Kenngrößen:** Auf Grundlage abgeleiteter Wasserstand-Abfluss-Beziehungen für UWE und PEM werden drei repräsentative hydrologische Szenarien definiert, die das tatsächlich verfügbare Wasserdargebot beschreiben. Ergänzend sollen klimatische sowie tagebaubedingte Einflüsse auf das Abflussregime berücksichtigt werden.
- **AP4 – Variantenbetrachtung: Trassenverläufe und Ausleitungsoptionen:** Ausgehend von der LMBV-Vorzugsvariante werden ergänzende Trassenführungen entwickelt und mittels 2D-hydrodynamisch-numerischer Modellierung hinsichtlich ihrer Überflutungswirkung bewertet. Eine gewichtete Bewertungsmatrix führt die Erkenntnisse aller vorangegangenen Arbeitspakete zusammen und mündet in einer begründeten Trassenempfehlung.
- **AP5 – Optionale Leistungen:** Optional soll geprüft werden, ob a) das Zwenkauer Wehr für eine gesteuerte Überflutungsbewirtschaftung ertüchtigt werden könnte und b) inwieweit Satellitenbildzeitreihen eine kosteneffiziente Erfolgskontrolle künftiger Wiedervernässungsmaßnahmen ermöglichen.

5 Zusammenarbeit und Einbindung von Akteuren

Die Begleitstudie ist explizit als kooperatives Vorhaben angelegt. Das LfULG-Projektteam von RegioNet WasserBoden koordiniert die Zusammenarbeit mit den wesentlichen Akteuren. Eine besonders enge fachliche Abstimmung ist mit der LTV und der LMBV erforderlich, da sich diese für wesentliche hydrologische Grundlagendaten und die planungsrelevanten Voruntersuchungen verantwortlich zeichnen. Kontakte zu weiteren Beteiligten, z. B. dem Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL), der Landesdirektion Sachsen (LDS), der unteren Naturschutzbehörde (uNB) und der unteren Wasserbehörde (uWB) des Landkreises Leipzig sowie dem Staatsbetrieb Sachsenforst (SBS), werden gebündelt über den Auftraggeber hergestellt. Diese Struktur sichert eine konsistente Kommunikation und sorgt für eine transparente, für alle Beteiligten nachvollziehbare Dokumentation von Annahmen, Abstimmungen und Entscheidungen.

6 Erwartete Ergebnisse und Ausblick

Die Begleitstudie wird eine Reihe fachlich fundierter Ergebnisse erzeugen, die unmittelbar in nachgelagerte Planungs- und Entscheidungsprozesse einfließen können:

- Eine systematische Ist-Zustand- und Defizitanalyse des Zwenkauer Eichholzes, die den naturschutzfachlichen Handlungsbedarf konkret und nachvollziehbar belegt.
- Die Ableitung eines Entwicklungsziels und Hydroregimes, das die Anforderungen der FFH-Erhaltungsziele operationalisiert und als Referenz für alle weiteren Planungsschritte dient.
- Eine fundierte Einschätzung des verfügbaren Wasserdargebots unter verschiedenen Abflussszenarien und Klimaprojektionen als Basis für die Dimensionierung von Einleitungsmengen und Trassensystemen.

- Optimierte und bewertete Trassenverläufe für die Wassereinleitung in den Auwald, die die bestehenden LMBV-Varianten sinnvoll ergänzen und aus naturschutzfachlicher Sicht priorisieren.
- Eine Bewertungsmatrix, die eine transparente und nachvollziehbare Variantenabwägung ermöglicht und als Grundlage für behördliche Entscheidungen dienen kann.
- Gegebenenfalls ein Konzept zur satellitengestützten Erfolgskontrolle, das eine kosteneffiziente Beobachtung des Wiedervernässungserfolgs über die Zeit ermöglicht.

Die Studie leistet damit einen wesentlichen Beitrag zur Umsetzung der naturschutzrechtlichen Verpflichtungen aus dem FFH-Regime und zur Konkretisierung von Maßnahmen, die im Rahmen der Entwicklung der mitteldeutschen Bergbaufolgelandschaft bevorstehen. Sie schafft keine vollständig abgeschlossene Planung, wohl aber eine belastbare fachliche Grundlage für weiterführende Verfahren.

7 Schlussbetrachtung

Das Zwenkauer Eichholz steht exemplarisch für die Situation vieler Auenwälder in der mitteleuropäischen Bergbaufolgelandschaft. Naturschutzfachlich wertvoll, rechtlich geschützt, faktisch jedoch in einem kritischen Zustand, der ohne aktives Gegensteuern weiter degradiert. Die hier vorgestellte Begleitstudie verfolgt einen integrativen Ansatz, der ökologische, hydrologische und planungspraktische Fragestellungen systematisch verknüpft.

Der Mehrwert des Vorhabens liegt nicht nur in der Beantwortung spezifischer Detailfragen, sondern vor allem in der Herstellung von Kohärenz zwischen bestehenden Planungsprozessen. Die naturschutzfach-

liche Perspektive wird dort eingebracht, wo sie in den bisherigen Vorplanungen noch unterrepräsentiert war. Dabei wird auf belastbaren methodischen Grundlagen aufgebaut.

Die Ergebnisse werden zeigen, ob und unter welchen Bedingungen eine nachhaltige Wiedervernässung des Zwenkauer Eichholzes (Wiederherstellung auentypischer Dynamik) realisierbar ist und welcher Trassenverlauf das naturschutzfachlich und wasserwirtschaftlich vorzugswürdigste Szenario darstellt. Damit schafft die Studie eine fundierte Grundlage, auf der Behörden, Planungsträger und Naturschutzfachleute gemeinsam den nächsten Schritt in Richtung Revitalisierung dieses bedeutenden Auenwaldstandorts gehen können.

Die Fertigstellung der Studie ist für Frühjahr 2027 vorgesehen.

Autoren:
Nicola Sebert; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 6; Referat 62; Telefon: +49 3731 294-2210; E-Mail: Nicola.Sebert@lfulg.sachsen.de
Janis Rothmeyer; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 6; Referat 62; Telefon: +49 3731 294-2213; E-Mail: Janis.Rothmeyer@lfulg.sachsen.de
Felix Stiller; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 45; Telefon: 0351 8928 4524; E-Mail: Felix.Stiller@lfulg.sachsen.de

Kontakt:
Abteilung 6: Referat 62; Telefon: 03731 294-2200;
E-Mail: Maik.Denner@lfulg.sachsen.de

Quellen:
Auenzustandsbericht 2021 – Flussauen in Deutschland (2021): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) und Bundesamt für Naturschutz (BfN) (Hrsg.), Berlin und Bonn.

Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV) (2024): Bericht Los 2: Wiederherstellung des Vorflutsystems südlich des Tagebaus Zwenkau. Senftenberg 2024.

LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE | Freistaat SACHSEN

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Herausgeber
Sächsisches Landesamt für Umwelt,
Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
www.lfulg.sachsen.de

Redaktion und Gestaltung
Verbundprojekt »RegioNet WasserBoden«
Gemeinschaftlich erarbeitet durch das Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) und die Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (LTV).

Kontakt:
Dr.-Ing. habil. Uwe Müller (LfULG)/Thomas Kopp (LTV)
E-Mail: RegioNet.Wasser.Boden@lfulg.sachsen.de

Bildnachweis
Titelseite: Zwenkauer See im Wandel der Zeit, Quelle: www.landesvermessung.sachsen.de | Zwenkauer See (1965|2006-2008|2023-2024)

Redaktionsschluss
23.10.2026

Hinweis
Diese Publikation wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit vom Geschäftsbereich des SMUL durch das LfULG kostenlos herausgegeben. Sie ist nicht zum Verkauf bestimmt und darf nicht zur Wahlwerbung politischer Parteien oder Gruppen eingesetzt werden.

Täglich für ein gutes Leben.

Projekt-Webseite:

www.regionet.sachsen.de