



Begleitheft zur Bundesfachtagung „Wiedervernässung von Waldmooren“ 2022

Vorstellung des Projektes MooReSax
„Moorwissen umsetzen -
Moorrevitalisierung in der Modellregion Westerzgebirge/Sachsen“



Bundesfachtagung „Wiedervernässung von Waldmooren“

Begleitheft zur Tagung 2022

MooReSax „Moorwissen umsetzen –

Moorrevitalisierung in der Modellregion Westerzgebirge/Sachsen“

Tagung am 1. September 2022 in Breitenbrunn

Exkursion am 2. September 2022 in die erzgebirgischen Moore

ausgerichtet von Sachsenforst

In Zusammenarbeit mit Dr. Dittrich & Partner Hydro-Consult GmbH und dem Thünen-Institut für Waldökosysteme



Gefördert wird das Projekt durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz aus Mitteln des Waldklimafonds. Zusätzliche Mittel stammen vom Sächsischen Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft.



Grußwort



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

wenn wir Moore schützen, betreiben wir zugleich Natur-, Boden- und Gewässerschutz und schützen das Klima. Intakte Moorflächen leisten einen großen Beitrag zum Erhalt der Biodiversität und anderer natürlicher Lebensgrundlagen. Neben der regulierenden Wirkung im Wasserhaushalt dienen naturnahe Moore gleichzeitig als Kohlenstoffsенке, weil ihre Torfböden erhebliche Anteile des terrestrischen Kohlenstoffs speichern.

Verbreitungsschwerpunkte der Moore finden sich vor allem in den nördlichen und südlichen Bundesländern, die allerdings überwiegend landwirtschaftlich genutzt werden. Im sächsischen Landeswald kommen rund 2.100 Hektar Moore und Moorwälder natürlicherweise vor.

Das Erzgebirge ist das hochmoorreichste Mittelgebirge im östlichen Deutschland, wobei lediglich etwa vier Prozent der Moore als naturnah bis kaum gestört eingestuft werden können. Die Moor-Lebensraumtypen liegen größtenteils im Wald und gelten mit ihren typischen Tier- und Pflanzenarten als gefährdet. Zahlreiche dieser Arten sind in Sachsen vom Aussterben bedroht.

Im Rahmen des Projektes „MooReSax: Moorwissen umsetzen – Moorrevitalisierung in der Modellregion Westerzgebirge/Sachsen“ werden seit Juni 2021 zehn Moore im westerzgebirgischen Landeswald wiedervernässt, um der weiteren Torfzersetzung entgegenzuwirken. Damit wird die kontinuierliche Kohlenstofffreisetzung gestoppt und eine positive Entwicklung der wertvollen Ökosysteme mit ihren spezialisierten Tier- und Pflanzenarten angestoßen. Mit der Exkursion erhalten Sie einen Einblick in die Hochmoore der erzgebirgischen Wälder und deren historische Entwässerungssysteme. Gleichzeitig erfahren Sie mehr über die Planung und Umsetzung von Wiedervernässungsmaßnahmen in Sachsen. Das Begleitheft lässt Sie daran teilhaben und bietet gleichzeitig eine umfangreiche Diskussionsgrundlage. Ich freue mich, dass Sie an der Exkursion teilnehmen und wünsche Ihnen, dass Sie viele interessante und neue Aspekte zu diesem spannenden Thema für Ihre Arbeit mitnehmen.

A handwritten signature in blue ink that reads "Wolfram Günther". The signature is fluid and cursive, written in a professional style.

Ihr Wolfram Günther
Sächsischer Staatsminister für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft

Vorwort



Sehr geehrte Teilnehmerinnen und Teilnehmer,

Waldmoore gelten in vielfältiger Weise als wertvolle Ökosysteme. Sie dienen als Wasserspeicher, C-Speicher sowie als einzigartiger Lebensraum für Pflanzen und Tiere. Wie der Wald selber sind Waldmoore von den Auswirkungen des Klimawandels unmittelbar betroffen, mindern aber auch seine Ursachen und Auswirkungen.

Viele Waldmoorstandorte sind infolge historischer und andauernder Trockenlegungs- und Nutzungsmaßnahmen degradiert, sodass die Moorfunktionen zugunsten der Waldvegetation nur noch eingeschränkt wirksam sind. Eingriffe in den Wasserkörper, insbesondere die gezielte Entwässerung oder Tiefbrunnen, und durch den Klimawandel verursachte Änderungen im Landschaftswasserhaushalt tragen ursächlich zur Austrocknung und Degradierung vieler Waldmoore bei. In der Folge wird die in den Mooren gespeicherte organische Substanz umgesetzt, was zu einer Freisetzung von großen Mengen der klimawirksamen Gase CO₂ und Lachgas führt. Degradierte Moore werden damit zu relevanten Quellen von Treibhausgasen und damit zu Antreibern des Klimawandels.

Um den Herausforderungen des Klimawandels zu begegnen, fördern die Bundesministerien für Ernährung und Landwirtschaft sowie für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz Waldmoorprojekte über ihre gemeinsame Förderrichtlinie Waldklimafonds, die von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) betreut wird. Ein Beispiel ist das Projekt MooReSax, aus dem heraus diese Veranstaltung entstanden ist und das Ihnen in diesem Rahmen näher vorgestellt wird. Viele Fragestellungen rund um die Waldmoore wie die genaue Treibhausgasbilanzierung sind noch offen. Diese Fragen sollen durch Projekte des Waldklimafonds beantwortet und für die Forst- und Naturschutzpraxis aufbereitet werden.

In den letzten Jahren werden immer mehr Waldmoorstandorte in Deutschland revitalisiert, um die wertvollen Ökosysteme zu erhalten und um einen Beitrag zum natürlichen Klimaschutz zu leisten. Dabei stoßen die Akteure vor Ort immer wieder auf ähnliche, aber auch auf neue Herausforderungen. Diese reichen von hydrologischen Fragestellungen über die geeignete Bauwerkstechnik bis zum Widerstand von Lokalpolitik und Anrainern. Die Bundesfachtagung zur Wiedervernässung von Waldmooren soll Ihnen zum Erfahrungs- und Wissensaustausch dienen, um neue Anregungen für Ihre tagtägliche Arbeit mitzunehmen. Es sollte unser aller Bestreben sein, den Erhalt von Waldmooren zu sichern. Ich wünsche Ihnen eine interessante Veranstaltung und einen guten Austausch mit Ihren Kolleginnen und Kollegen.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Andreas Schütte', written in a cursive style.

Dr.-Ing. Andreas Schütte
Geschäftsführer
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)

Inhalt

1	Einleitung	7
2	Waldmoore im Erzgebirge	9
2.1	Überblick zu Geologie, Boden und Klima des Exkursionsgebietes	9
2.2	Entstehung und Oberflächenformen der erzgebirgischen Hochmoore	11
2.3	Nutzungsgeschichte der erzgebirgischen Moore	13
2.4	Zustand der erzgebirgischen Moore	14
3	Revitalisierungsmaßnahmen im Erzgebirge	16
3.1	Erfordernisse, Restriktionen und der Umgang mit Zielkonflikten	16
3.2	Beispielprojekte der Region	17
3.2.1	Maßnahmen des Zweckverbands Naturpark Erzgebirge/Vogtland	17
3.2.2	Ziel-3-Projekt – Moore zwischen Hora Svatého Šebestiána und Satzung 2010–2014	18
3.2.3	Sächsisches Informationssystem für Moore und organische Nassstandorte (SIMON) 2011	19
3.2.4	MooRevital 2016–2020	20
3.2.5	Tetraovit 2018–2021	20
3.2.6	Ökotop-Prognose (SaFomoN) 2020	21
3.3	Handlungsbedarf	22
3.4	Umsetzungsprojekt MooReSax	23
3.4.1	Struktur und wesentliche Aufgaben	23
3.4.2	Projektgebiet	24
3.4.3	Beispielhafte Revitalisierung im Heuschuppenmoor	25
3.4.3.1	Lage und Überblick zum zeitlichen Ablauf	25
3.4.3.2	Planungsschritte	26
3.4.3.3	Umsetzung	29
3.4.4	Monitoring	30
3.4.4.1	Vegetationsökologisches Monitoring	30
3.4.4.2	DOC-Messung/Pegelmessung	31
4	Bundesweites Moorbodenmonitoring für den Klimaschutz im Wald (MoMoK-Wald)–Treibhausgasmessungen im Erzgebirge	33
5	Literaturverzeichnis	35

1 Einleitung

In Deutschland gibt es derzeit ca. 1,8 Mio. ha Moorböden. Obwohl dies nur rund 5 % der gesamten Fläche Deutschlands ausmacht, ist in diesen Böden genauso viel Kohlenstoff gespeichert wie in allen deutschen Wäldern zusammen. Damit und durch die Fähigkeit, weiter Kohlenstoff festzulegen, bei Störungen des Wasserhaushalts aber auch CO₂ abzugeben, spielen Moore eine wesentliche Rolle beim Klimaschutz. Zudem leisten intakte Moore durch ihre besonderen Eigenschaften und Funktionen auch wesentliche Beiträge zur biologischen Vielfalt, zum Ausgleich des Wasserhaushalts und des Klimas auf lokaler bis regionaler Landschaftsebene.

Die deutsche Bundesregierung hat im Koalitionsvertrag festgelegt, ein „Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz“ zu entwickeln, um ein Fundament für

die notwendigen Maßnahmen zu legen. Deshalb ist im Eckpunktepapier der „Schutz der Moore und Wiedervernässungen“ als wesentliches Handlungsfeld aufgeführt (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz 2022).

Derzeit sind in Deutschland ca. 92 % der Moorböden entwässert und verursachen jährlich mit rund 53 Mio. t CO₂-Äquivalente einen Anteil von etwa 6,7 % der gesamten nationalen Treibhausgas-Emissionen. Auch wenn die Hauptnutzung der Moore in der Grünlandbewirtschaftung (Abbildung 1) liegt und die meisten Treibhausgas-Emissionen aus den bewirtschafteten Mooren auf Ackerlandflächen hervorgehen (Abbildung 2), spielen auch die Moore in Wäldern eine wesentliche Rolle.

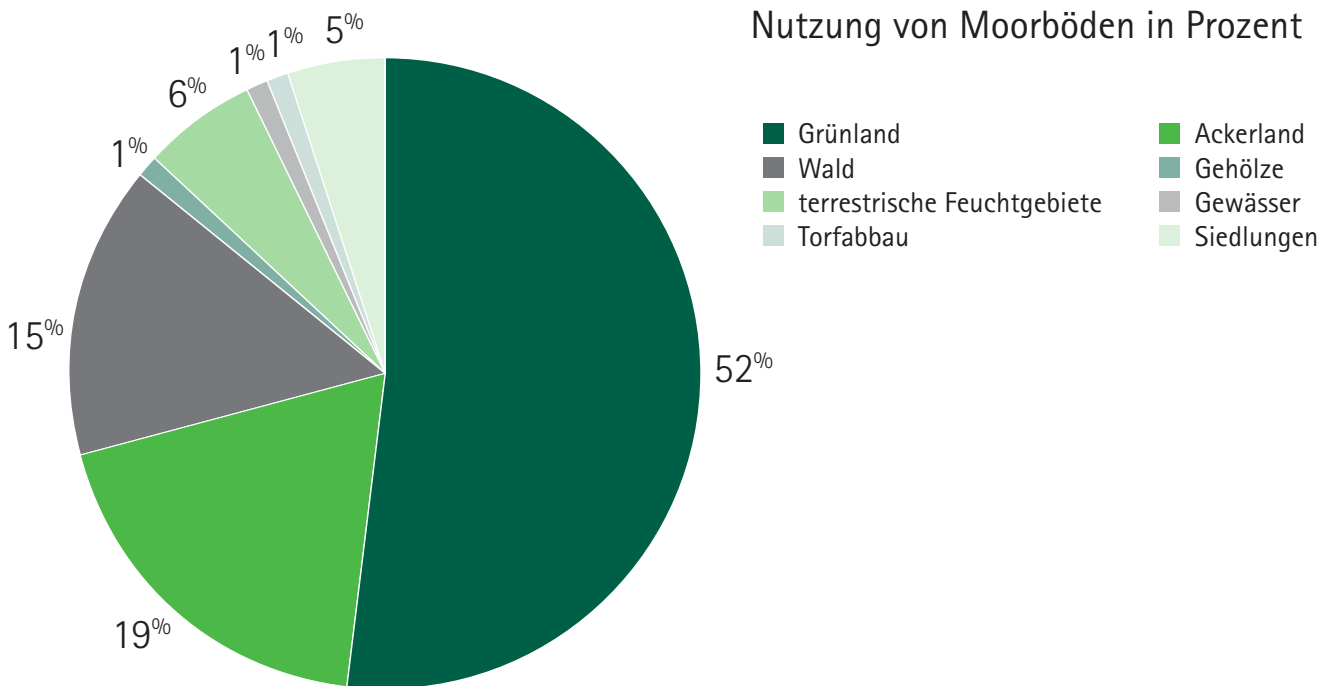


Abbildung 1: Derzeit bestehende Nutzungen auf Moorböden in Deutschland (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit 2021; Umweltbundesamt 2021)

Jährliche Emissionen in t CO₂-äq/ha

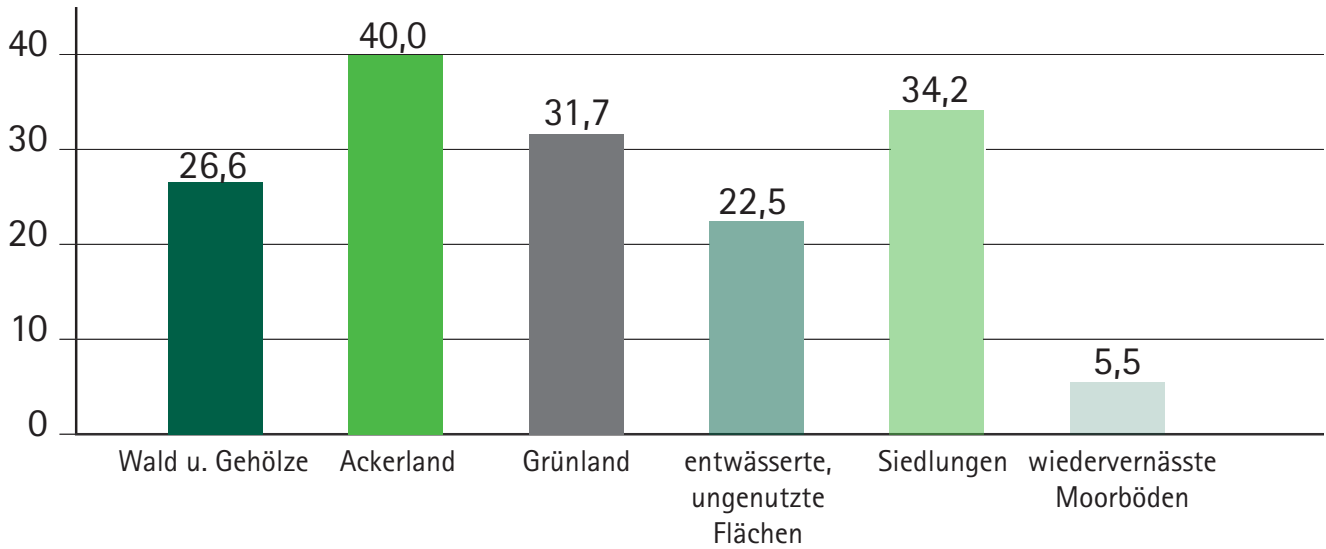


Abbildung 2: Treibhausgas-Emissionen für Moorböden in Deutschland je Hektar und Jahr (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit 2021, Tiemeyer et al. 2020)

Auch der Freistaat Sachsen bekennt sich deutlich zur Erhaltung der Moore und zur Verbesserung ihres Zustandes. Im Energie- und Klimaprogramm 2021 (SME-KUL 2021) wird die Renaturierung von Mooren als bestes Beispiel für die Synergie von Natur-, Boden- und Gewässerschutz sowie Klimaschutz und Klimaanpassung genannt. Im Programm zur Biologischen Vielfalt im Freistaat Sachsen (SMUL 2009) wird sowohl auf die

Bedeutung der Moore für die Biodiversität als auch auf die Notwendigkeit der Moorrevitalisierung hingewiesen. Die im Energie- und Klimaprogramm sowie im Programm zur Biologischen Vielfalt getroffenen Aussagen unterstreichen die Notwendigkeit, systematisch die Grundlagen für den Erhalt und die Wiederherstellung intakter Moore in einem Moorentwicklungskonzept zusammenzufassen.

2 Waldmoore im Erzgebirge

Im deutschlandweiten Vergleich gehört Sachsen mit einem Anteil von lediglich 0,4 % zu den moorärmsten Bundesländern (Couwenberg und Joosten 2001). Das Erzgebirge ist dabei jedoch das hochmoorreichste Mittelgebirge im östlichen Deutschland (Succow und Joosten 2001; Grosse-Brauckmann 1997). Es bildet innerhalb der Gebirgsmoore die Brücke zwischen den Mooren des Elbsandsteingebirges sowie weiter östlich den Sudeten und Karpaten einerseits und dem westlich gelegenen Fichtelgebirge andererseits (Succow und Joosten 2001). Damit ist dem Erzgebirge und dem Erhalt bzw. der Wiederherstellung seiner Moore eine herausragende Bedeutung im Verbund der Moore der Sudetisch-Herzynischen Mittelgebirge zuzusprechen.

2.1 Überblick zu Geologie, Boden und Klima des Exkursionsgebietes

Das Exkursionsgebiet liegt im Forstlichen Wuchsbezirk „Westliches Oberes Erzgebirge“ (Schwanecke und Kopp 1996). Dieser Bezirk ist in den Höhenlagen von 550 bis 1.200 m ü. NN durch ein bergiges, abwechslungsreiches Relief aus Rücken und Tälern gekennzeichnet. 77 % des Wuchsbezirkes sind bewaldet. Weit ausstreichende Hochplateaulagen, wie sie für den im Osten anschließenden Wuchsbezirk „Mittleres Oberes Erzgebirge“ typisch sind, fehlen weitgehend. Das westliche obere Erzgebirge ist auch durch härtere und ärmere Ausgangsgesteine gekennzeichnet. Entsprechend der wechselnden Gesteine entlang des Erzgebirgskamms werden von West nach Ost folgende Mosaik untergliedert:

- das von Schiefen beherrschte vogtländische Erzgebirge (Phyllit, Quarzit, härtere Kontaktschiefer) mit dem Kielberg, 942 m ü. NN, als höchste Erhebung
- das Eibenstocker Granitgebiet (Eibenstocker Granit, vereinzelt Kontaktschiefer) mit einem breit ausgebildeten Kammbereich über 950 m ü. NN und dem deutlich herausragenden Auersberg (1.019 m ü. NN) oder dem Rabenberg (913 m ü. NN)
- das Fichtelberggebiet mit überwiegend metamorphen kristallinen Schiefen (Kontaktschiefer, Phyllit, Glimmerschiefer, Gneis, Quarzphyllit) mit dem Fichtelberg (1.214 m ü. NN) und Einzelkuppen aus Basalt um die Stadt Annaberg-Buchholz (Scheibenberg 807 m ü. NN, Bärenstein 898 m ü. NN, Pöhlberg 832 m ü. NN)

Im Wuchsbezirk herrschen mit rund 85 % Flächenanteil terrestrische Gesteinsböden vor (Tabelle 1). Auf den quarzreichen Ausgangsgesteinen dominieren Braunerde-Podsole und Podsole. Braunerden kommen nur auf den nährstoffreicheren phyllitischen Schiefen und Basalten vor. Mineralische und organische Nassstandorte nehmen 12 % der Waldfläche des Wuchsbezirkes ein. Sie konzentrieren sich jedoch in den Hoch- und Kammlagen des oberen Erzgebirges aufgrund der dort vorherrschenden niedrigen Temperaturen und hohen Niederschläge. Durch die bereits im frühen Mittelalter einsetzende verstärkte Bergbauaktivität und Besiedlung sind die Böden lokal stark verändert. Seifenbergbaugelände entlang kleiner Bachläufe mit abgeschwemmtem Feinboden und übriggebliebenem tauben Gestein (Raithalden), Bergbauhalden, Kunstgräben für den Bergbau, alte Torfstiche, ein meist dichtes Netz von Entwässerungsgräben auf den Nassstandorten sowie sehr häufig auftretende alte Meilerplätze mitten im Wald künden von der intensiven Landnutzungsgeschichte bis in die jüngste Zeit (Uranbergbau).

Tabelle 1: Im Wuchsbezirk „Westliches Oberes Erzgebirge“ vorkommende Waldstandorte und Böden
(Quelle: Forstliche Standortkarte)

Waldstandorte	Bodenformen und Lage	Fläche [ha]	Anteil an Gesamtfläche [%]
Terrestrische Standorte (T)	podsolige Braunerden, Braunerde-Podsole und Podsole in ebener Lage bis Hanglage aus Verwitterungsmaterial des Festgesteins, Braunerden (nur auf phyllitischen Schiefen und Basalten), in der Regel periglazial umgelagert	40.056	85,2
Mineralische Nassstandorte (N)	Humus-(Pseudo-)Gleye, Stagnogleye, Anmoore in Plateau- und Muldenlagen, auch flache, zügige Hänge	4.799	10,2
Organische Nassstandorte (O)	Moore, Gley-Moore in Plateau- und Muldenlagen sowie flache, zügige Hänge vor allem in den Hoch- und Kammlagen	1.139	2,4
Bachtälchen (B)	Humus-(Pseudo-)Gleye, Schwemmböden als Bodenmosaike entlang von Bachtälchen	529	1,1
Steilhangkomplexe (S)	skelettreiche Blockböden und weitere terrestrische Bodenformen als Mosaik an Steilhängen	474	1,0
Exponierte Trockenstandorte (X)	Felsböden, Blockhalden auf flachgründigen und exponierten Durchragungen des Festgesteins	37	0,1
Gesamt		47.034	100,0

In den Kamm- und Hochlagen des Eibenstocker Granitgebietes und im Fichtelberggebiet fallen infolge der großen Massenerhebung und der damit verbundenen Staueffekte die höchsten Jahresniederschläge von ganz Sachsen mit durchschnittlich über 1.000 mm (Tabelle 2). Zusätzlich treten gerade in den Kammregionen durch Auskämmeffekte beträchtliche Nebelniederschläge auf. Mittels hydrometeorologischer Verfahren wurden für das Exkursionsgebiet mittlere Nebelniederschläge von rund 200 mm/Jahr berechnet (Bernhofer et al. 2017). Die Kammregionen, z. B. um die Bergstadt Johanngeorgenstadt mit einer Passhöhe von 892 m ü. NN, zählen nebenher auch zu den schnee-

sichersten Gebieten Sachsens. Im Vergleich zur Referenzperiode 1961–1990 ist die durchschnittliche Jahresmitteltemperatur von 5,3 °C auf 5,7 °C angestiegen. Bei weiterhin ungebremsten Treibhausgasemissionen (Szenario RCP8.5) könnte die durchschnittliche Jahresmitteltemperatur bis 2050 weiter auf 7,3 °C steigen bei allerdings gleichbleibender Niederschlagshöhe (Tabelle 2). Die Erwärmung wird zu steigenden Verdunstungsraten und einer Verringerung der klimatischen Wasserbilanz führen. Die Schneedeckendauer wird sich deutlich verkürzen. Trotzdem ist auch in Zukunft noch von deutlichen Niederschlagsüberschüssen auszugehen.

Tabelle 2: Klimakennwerte für das Gemeindegebiet von Johanngeorgenstadt (<https://rekis.hydro.tu-dresden.de/kommunal/sachsen-k/>) im Referenzzeitraum (1961–1990), der aktuellen Messperiode (1991–2019) und des RCP8.5-Szenarios (2021–2050)

	Jahr	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
T in °C 1961–1990	5,3	4,8	13,6	6,2	-2,5
T in °C 1991–2019	5,7	5,4	14,1	6,2	-2,0
T in °C 2021–2050	7,3	6,6	15,9	8,1	-0,5
N in mm 1961–1990	1.059	273	326	233	257
N in mm 1991–2019	1.123	243	339	268	303
N in mm 2021–2050	1.091	303	287	240	285

2.2 Entstehung und Oberflächenformen der erzgebirgischen Hochmoore

Die Entstehung der erzgebirgischen Moore begann laut Slobodda (1998) vor ca. 9.000 Jahren zur Wende der Vorwärmzeit (Präboreal) und der Wärmezeit (Boreal). Die soligenen Gehängemoore breiteten sich vor allem in den flachen Hängen der Quellmulden und oberen Talwannen aus, in denen der Abfluss und die Versickerung nur zögerlich verliefen. Die Gründe dafür liegen vor allem im geologischen Untergrund des Gebietes, der ausschließlich von sauren kristallinen Magmatiten und Metamorphiten (Erstarrungs- und Schiefergesteine) gebildet wird.

Gesteinsschuttdecken der Späteiszeit bremsen zusätzlich die Abfluss- und Versickerungsprozesse. Zu dieser Zeit bildete sich vor allem primärer Riedtorf, in dem u. a. Reste von Seggen, Astmoosen und Wollgräsern gefunden wurden.

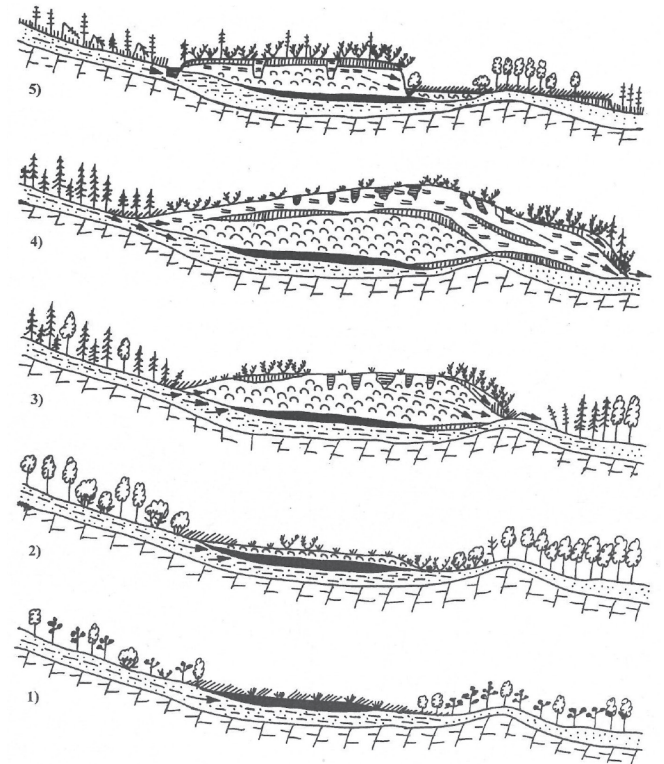


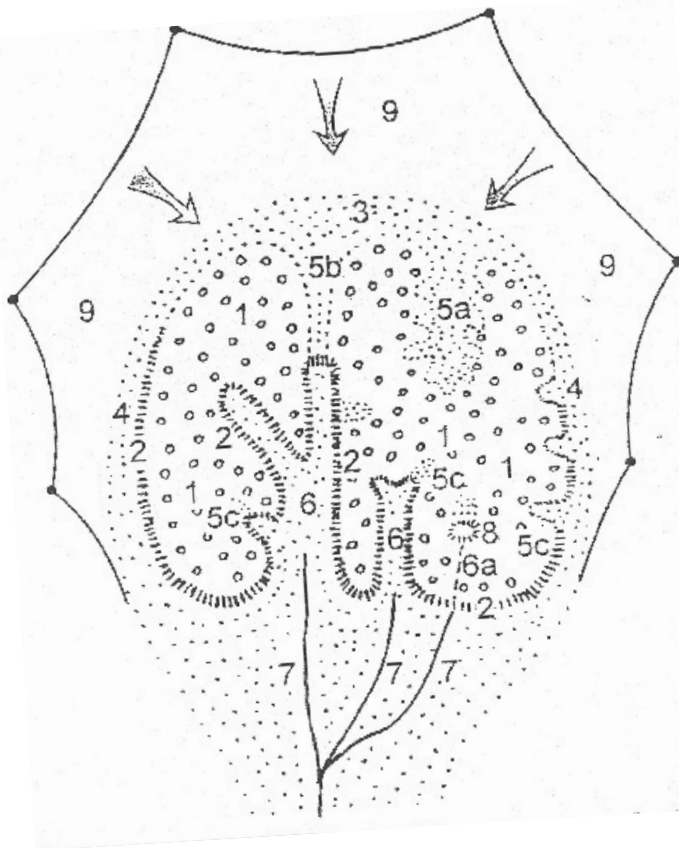
Abbildung 3: Entwicklung eines Hochmoores im Erzgebirge (aus Slobodda 1998; nach Pietzsch 1963, Hempel 1974, 1977, Hempel und Schiemenz 1986, Succow 1988); 1) vor ca. 9.000 Jahren: soligenes Gehängemoor, 2) vor ca. 7.500 Jahren: ombrosoligenes Gehängemoor, 3) vor ca. 3.000 Jahren: ombro(sol)igenes Gehänge-Hochmoor, 4) vor ca. 1.500 Jahren: Wasserscheiden-Hochmoor, 5) Gegenwart: Torfabbau

Substrate	Vegetation auf Mineralboden	Vegetation auf Moorboden (ohne Mooschicht)
Kristallgestein (Gneis) mit Verwitterung	Kiefern-Birkenwald	Seggenried
Schuttdeckensubstrate, z.T. vernäht	Laubmischwald	Wollgrasried (mit Zwergsträuchern)
primärer Riedtorf (v.a. Braunmoos-Seggentorf)	Nadel-Laubmischwald (Fichte in Ausbreitung)	Moorkieferngehölz mit Zwergsträuchern
Älterer Hochmoortorf (Torfmoos-Wollgrastorf)	Wollreitgras-Fichtenwald	Moorfichtenwald (mit Moorkiefern)
Jüngerer Hochmoortorf (Torfmoos-Wollgrastorf)	Fichtenforst (geschädigt) mit Wollreitgrasflur	sekundäre Moor-Laubgehölze
zersetzter holzhaltiger Torf (Stubbenhorizont)		
sekundärer Riedtorf (u.a. Torfmoos-Seggentorf)		

Nach Slobodda (1998) führte vor allem die verstärkte Erwärmung der Frühen Wärmezeit (Boreal) und die niederschlagsreichere Mittlere Wärmezeit (Atlantikum) vor ca. 7.500 Jahren zur zunehmenden Ausbreitung von Torfmoosen und gleichzeitigen Stabilisierung der Moorbildung. Damit wurden die Moore fortlaufend nicht mehr nur vom Mineralboden, sondern auch vom Regenwasser gespeist. Es entwickelten sich ombrosoligene Gehängemoore. Vor ca. 3.000 Jahren setzte die Nachwärmzeit (Subatlantikum) ein, die mit kühleren und niederschlagsreicheren Bedingungen das Torfmooswachstum begünstigte. Ombrogene Moore mit ausschließlicher Regenwasserspeisung breiteten sich zunehmend aus den Hangmulden über die Plateaus und Bergkämme aus.

Während des trockneren Klimas der Jüngeren Nachwärmzeit vor ca. 1.500 Jahren kam es vermehrt zur Verhei-

dung und Ausbreitung von Moorkieferngehölzen, wobei die oberste Torfschicht und der Stubbenhorizont zersetzt wurden. Die anschließenden feucht-kühleren Bedingungen führten zu einer erneuten Förderung des ombrogenen Moorwachstums. Bereits Kästner und Flöbner (1933) unterschieden die Entwicklung der erzgebirgischen Hangmoore nach verschiedenen Oberflächenformen. Quellmulden- und Talhangmoore entstanden an flachen Hängen der Quellmulden und oberen Talwannen. Aus ihnen entwickelte sich nach Übergreifen von einer Quellmulde in die benachbarte ein Wasserscheidenmoor. Entwickelte sich das Moor über die Talwanne hinweg von einem Hang zum benachbarten, bildete sich ein „Beidhangmoor“. Als Talsohlenmoore werden Moore bezeichnet, die sich in den tiefergelegten Flusstälern bildeten. Auch diese speisten ihr Wasser jedoch von den benachbarten Hängen.



Die Entwässerung und der damit verbundene Torfabbau finden ihren Schwerpunkt ab dem 17. Jahrhundert. Infolgedessen kam es zum Ende des Moorwachstums und zur Torfzersetzung und -sackung. Detaillierte Informationen zur Nutzungsgeschichte kann Kapitel 2.3 entnommen werden.

Betrachtet man die erzgebirgischen Moore von oben, erkennt man im Kern die nährstoffarme Hochmoorfläche (Abbildung 4). Am unteren Rand der Hochmoorfläche schließt sich ein Steilgehänge an, das von Kästner und Flößner (1933) als „unteres Randgehänge“ bezeichnet wird. Diese Bereiche wurden oftmals zum Torfabbau genutzt. An den Seiten entwickelten sich seitliche Randgehänge, die allerdings nach oben niedriger werden.

Abbildung 4: Schematische Darstellung hydromorphologischer Strukturelemente in einem Mittelgebirgs-Hangregenmoor (aus Edom 2001 nach Kästner und Flößner 1933): 1 Hochmoorfläche; 2 Randgehänge; 3 Oberkantenlagg; 4 Seitenkantenlagg; 5a-c Flachrüllen; 6 Tiefrülle; 7 Rüllenbach; 8 Moorkarstrichter; 9 Hangeinzugsgebiet

Durch den Anstau des Sickerwassers aus dem Mineralboden bildete sich am oberen Rande der Hochmoorfläche das nährstoffreichere Oberkantenlagg. Hangabwärts setzen sich diese als Seitenkantenlagg fort, die neben dem Wasser des Oberkantenlaggs auch mit Riesel- und Sickerwasser der Randgehänge versorgt werden.

Abbildung 5 zeigt den Profilschnitt des Naturschutzgebietes Kleiner Kranichsee – das am besten erhaltene Hochmoor auf sächsischer Seite. Das Oberkantenlagg ist vor allem von ständig vernässten Torfmoos-Seggenrieden und torfmoosreichen Moorfichtenwaldstreifen gekennzeichnet (Slobodda 1998).

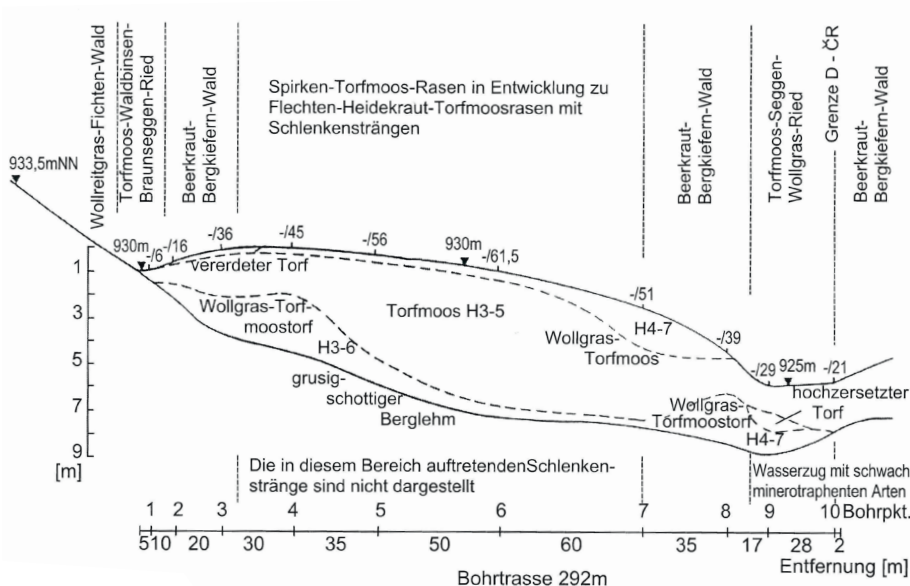


Abbildung 5: Mittelgebirgs-Regenmoor als Gehängemoor, Profilschnitt NSG Kleiner Kranichsee westlich Johanngeorgenstadt/Erzgebirge, Geländeaufnahme 1979 (aus Succow und Edom 2001)

Die erzgebirgischen Hochmoore sind zudem durch natürliche Abzugsbahnen gekennzeichnet, die Flach- und Tief- rüllen. Als Rüllenbach werden Moorbäche in Tiefrüllen bezeichnet, die ganze Moore trennen.

Neben den grob gegliederten Oberflächenformen gibt es in den Hochmooren zudem eine kleinräumige Zerklüftung, die aufgrund des leicht geneigten Untergrunds entstand. Flache Bulte, nasse Schlenken und sogenannte Blänke oder Kolke waren weitere Kennzeichen der Moorentwicklung. Letztere werden durch überschüssiges Wasser in größeren Schlenken gebildet, die zu einer offenen Wasserfläche auf dem Torfkörper führen und als „Mooraugen“ bezeichnet werden (Slobodda 1998). Der beschriebene Aufbau stellt die typische Struktur und repräsentativen Verhältnisse der erzgebirgischen Hochmoore dar. Nichtsdestotrotz gleicht kein Moor dem anderen. Die unterschiedlichen hydrolo-

gischen Einzugsgebiete, aus denen das Wasser gespeist wird, Hangneigung und Reliefausprägung, klimatische Rahmenbedingungen (Niederschlags- und Temperaturgradienten) sowie die Entwicklung der Waldvegetation im Umfeld des Moores sorgen für individuelle Besonderheiten. Zudem überprägen die unterschiedlich intensiven Eingriffe des Menschen in den Moorkörper selbst oder in dessen Einzugsgebiet die moorhydrologische Situation und die Moorstrukturen. Eine detaillierte Betrachtung der postglazialen Waldgeschichte der erzgebirgischen Hochmoore findet man bereits in Rudolph und Firbas (1924), die in verschiedenen Mooregebieten Pollenanalysen durchgeführt haben. Die Ergebnisse aus zahlreichen Untersuchungen zur Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte einiger Moore des Erzgebirges in den Jahren 1965 bis 2006 hat Seifert-Eulen (2016) zusammengefasst.

2.3 Nutzungsgeschichte der erzgebirgischen Moore

Beeinträchtigungen des Wasserhaushalts von Mooren und deren Wassereinzugsgebiete gab es vor allem in Folge des Bergbaus. Laut Riedel (2003) wurden bereits im Jahr 1378 Mooregebiete im Zusammenhang mit Bergbauversuchen urkundlich erwähnt. Zinnstein führende Gänge wurden zu dieser Zeit bereits erschlossen und aus sekundären Lagerstätten in Fließgewässerablagerungen (Seifen) gewonnen. Dies führte bereits zu einem veränderten Wasserhaushalt der Moore. Auch in der weiteren Geschichte des Bergbaus und in der Entwicklung neuer Gewerbe ab dem 16. Jahrhundert spielten die Entwässerung und der Torfabbau eine große Rolle zur Gewinnung von Brennmaterial.

Der Höhepunkt des Torfabbaus wurde im 17./18. Jahrhundert erreicht, als es zu Neugründungen und Erweiterungen von Ortschaften kam. Angrenzende Randbereiche der Hochmoore wurden dann auch für extensive Grünlandbewirtschaftung genutzt (Slobodda 1998).

Ab 1818 wurden die Moore zunehmend forstwirtschaftlich genutzt. So wurden im Zuge der Forsteinrichtung Moorflächen großflächig entwässert, um sie für den Nadelholzanbau nutzbar zu machen. Weil die Erträge jedoch sehr gering blieben, wurde dieses Konzept in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts verworfen. Im Jahr 1897 wurde die Moorversuchsstation Sebastianberg gegründet, um wirtschaftlich effektive Methoden der Entwässerung und Torfgewinnung zu testen (Schreiber 1913, 1921). Intensive Landnutzung und industriemäßiger Torfabbau zur Herstellung von Gartenerden erfolgte auf deutscher Seite noch bis 1990.

Bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts gab es erste Bemühungen, die erzgebirgischen Moore zu schützen. Die Mothäuser Heide wurde bereits 1911, der Große Kranichsee im Jahr 1912 und der Kleine Kranichsee im Jahr 1939 unter Schutz gestellt. Gegenwärtig stehen die meisten Moore des Erzgebirges sowie einige abgetorfte und als Wiesen genutzte Mooregebiete unter Naturschutz. Geprägt sind diese Flächen vor allem von Bergkieferngehölzen und (Bergkiefern-)Fichten-Moorwälder (Zinke 2002). Weil die Regenmoore zu den wertvollsten Bestandteilen der naturräumlichen Ausstattung der höheren Kamm- und Berglagen im Erzgebirge gehören (Slobodda 1998), stehen viele Flächen mittlerweile unter europäischem Schutz und gehören als Fauna-Flora-Habitat-(FFH-)Gebiete zum Netzwerk Natura 2000.



Abbildung 6: Die Torfstichkante im Kleinen Kranichsee um 1920–1930 zeigt die Torfmächtigkeit im erzgebirgischen Hochmoor (Quelle: Dt. Fotothek)

2.4 Zustand der erzgebirgischen Moore

In der Studie des Zweckverbandes Naturpark Erzgebirge/Vogtland (ZVNPEV 2000) wurde der Zustand erzgebirgischer Moore vergleichbar der Hemerobiestufen in Dierßen und Dierßen (2001) bewertet. Demnach können lediglich etwa 4 % der erfassten Moore als naturnah bis kaum gestört eingestuft werden. Weitere 20 % der erfassten Objekte sind mäßig gestört bzw. zeigen gute Regenerationserscheinungen. Dagegen sind 30 % der Moore stark gestört und schließlich 46 % so weit verändert, dass sie nicht mehr als Zwischen- oder Hochmoore anzusprechen sind.

Der Zustand der Lebensraumtypen (LRT) wird gemäß der FFH-Richtlinie alle sechs Jahre ermittelt und bewertet. Mit dem vierten Nationalen Bericht (Berichtsperiode 2013–2018) gemäß Art. 17 FFH-Richtlinie wurde zum dritten Mal ein umfassender Bericht über den Erhaltungszustand der Lebensraumtypen und Arten der FFH-Richtlinie vorgelegt. Zum zweiten Mal (erstmalig 2013) konnten um-

fangreiche Ergebnisse des bundesweiten FFH-Monitorings gemäß Art. 11 FFH-Richtlinie für die Lebensraumtypen des Anhangs I einfließen. Damit basiert der Nationale Bericht auf einer sehr umfangreichen, bundesweit einheitlich erhobenen Datengrundlage (Bundesamt für Naturschutz 2019).

Eine Gegenüberstellung der Monitoringergebnisse der vorangegangenen und der aktuellen Berichtsperiode zeigt für die Moor-LRT eine zunehmende Verschlechterung des Erhaltungszustandes (Tabelle 3). Schon allein am Flächenumfang des FFH-LRT 7110 „Lebende Hochmoore“, der in ganz Sachsen auf lediglich ca. 4 ha kartiert wurde, wird der schlechte Erhaltungszustand der Moore in der Region mehr als deutlich. Ohne systematische Revitalisierungsmaßnahmen ist im Erzgebirge der weitgehende Verlust der Moor-Lebensräume als funktional bedeutendes Landschaftselement absehbar.

Tabelle 3: Erhaltungszustand ausgewählter FFH-LRT in Sachsen

Code	Kurzbezeichnung	Vorkommen [ha]	Gesamtbewertung		
			2007	2013	2019
3160	Dystrope Stillgewässer	73	günstig	unzureichend	unzureichend
7110	Lebende Hochmoore	4	unzureichend	unzureichend	schlecht
7120	Regenerierbare Hochmoore	25	schlecht	schlecht	schlecht
7140	Übergangs- und Schwingrasenmoore	320	unzureichend	unzureichend	schlecht
7150	Torfmoor-Schlenken	15	unbekannt	unzureichend	unzureichend
91D0	Moorwälder	475	schlecht	schlecht	schlecht

Ein großer Teil der Moor-Lebensraumtypen mit ihren typischen Tier- und Pflanzenarten ist gefährdet. Zahlreiche Arten sind in den sächsischen Roten Listen in die Gefährdungskategorie 1 (vom Aussterben bedroht) eingestuft, so z. B. die Schlamm-Segge (*Carex limosa*), die Wenigblütige Segge (*C. pauciflora*), der Langblättrige Sonnentau (*Drosera anglica*) und die Torfmoose *Sphagnum balticum*, *S. fuscum* und *S. majus*. Die Vorkommen einiger Arten der erzgebirgischen Moore sind überregional von Bedeutung, dazu zählt der Hochmoor-Laufkäfer *Carabus menetriesi*

pacholei (Müller-Kroehling et al. 2013). Die Ursachen für die unzureichenden Erhaltungszustände und die damit verbundene eingeschränkte Funktionalität der Moore sind vor allem in der starken Veränderung des Hydroregimes, der teilweisen Abtorfung und in der historischen forstwirtschaftlichen Überprägung zu suchen. Die Entwässerungssysteme und die Torfstiche haben ihren Ursprung in einer zum Teil weit zurückliegenden Zeit (Kap. 2.3).



Abbildung 7: Fichten-Moorwald im FFH-Gebiet 016E „Erzgebirgskamm am Großen Kranichsee“ (Foto: H. Metzler)

Auch wenn seit 1989 mit einer zunehmend ökologisch ausgerichteten Waldbewirtschaftung die Holznutzung auf den meisten Moorflächen weitestgehend eingestellt wurde, so sind viele Entwässerungssysteme trotz unterbleibender Grabenräumung weiterhin wirksam. Die oberen Torfschichten trocknen aus und werden weiter mineralisiert. Eine Torfneubildung und die damit verbundene Kohlenstofffestlegung findet nicht statt. Auch die umgebenden Standorte der Moore sind durch die Entwässerungssysteme trockener und weisen dadurch eine geringere Luftfeuchtigkeit und tendenziell höhere Temperaturen auf. Die Folgen der Moornutzung in der Vergangenheit und die aktuellen Klimaveränderungen (vgl.

Tabelle 2) werden die Funktionalität der Moore weiter negativ beeinflussen. Es ist von einer anhaltenden Belastung des ohnehin angespannten Wasserhaushaltes der Moore und von einer Verschlechterung der Bedingungen für das Moorwachstum auszugehen. Gleichzeitig steigt der gesellschaftliche Anspruch an die Schutzfunktionen weiter. Es besteht daher dringender Handlungsbedarf, die Aktivitäten zum Moorschutz fortzuführen. Sie umfassen sowohl die Erfolgskontrolle bisheriger Schutzbemühungen und aktiver Revitalisierungsmaßnahmen als auch die weitere systematische Umsetzung von Maßnahmen in revitalisierungswürdigen Moorflächen.

3

Revitalisierungsmaßnahmen im Erzgebirge

Bereits im Jahr 1991 realisierten Mitarbeiter der damaligen Naturschutzstation des Kreises Marienberg erste Grabenanstauungen, um die entwässerte Grunitzheide bei Olbernhau wieder zu vernässen. Einen großen Aufschwung erhielt das Thema Moorrevitalisierung im Erzgebirge mit der „Vorstudie Landesschwerpunktprojekt Erzgebirgische Moore“ des Zweckverbands Naturpark Erzgebirge/Vogtland (ZVNPEV 2000). Neben der systematischen Erfassung aller erzgebirgischen Moor- und Torfstandorte war auch die Erarbeitung eines Maßnahmenkatalogs mit Kostenschätzung und die Festlegung von prioritären Moorstandorten Teil der Studie. In den folgenden Jahren bis heute wurden durch den Naturpark, oft in Zusammenarbeit mit dem Staatsbetrieb Sachsenforst, später unter Federführung des Forstbezirkes Marienberg, Maßnahmen in über 16 Mooren (rund 800 ha) des Mittleren Erzgebirges und vereinzelt auch über diese Region hinaus umgesetzt. Die Dokumentationen und Erfahrungen der Akteure bilden eine wichtige Grundlage für die weitere Planung und Umsetzung von Revitalisierungsmaßnahmen.

3.1 Erfordernisse, Restriktionen und der Umgang mit Zielkonflikten

Um landesweit den Zustand und die Funktionalität der Moore verbessern zu können, ist es notwendig, die Vorrangfunktion der einzelnen Moore zu bestimmen und daraus eine Rangfolge der Revitalisierung abzuleiten. Die behördenverbindlichen FFH-Managementpläne mit den darin beschriebenen Revitalisierungsmaßnahmen für die Lebensraumtypen sind dazu ein erster Schritt. Jedoch existieren auch Anforderungen und Restriktionen, die sich aus:

- Gewässer- und Trinkwasserschutz (z. B. Trinkwasser-einzugsgebiete),
- spezifischem Arten- und Biotopschutz (z. B. Schutz des Birkhuhns während der Balz-, Brut- und Aufzuchtzeiten),
- Waldbewirtschaftung (z. B. Waldschutfrisiko/Borkenkäfer, Walderschließung)

ergeben.

Es ist deshalb erforderlich, die Abstimmungsprozesse und Verfahrensabläufe innerhalb der Akteursgruppen zu vereinheitlichen mit dem Ziel, den Verwaltungs- und Planungsaufwand für Revitalisierungsmaßnahmen auf das Notwendige zu beschränken. Nur so sind großflächige Wiedervernässungsmaßnahmen (v. a. bei Mooren im Privatwald) umsetzbar. Wenn sich Revitalisierungsobjekte in Trinkwassereinzugsgebieten befinden, können sehr deutliche Zielkonflikte auftreten. Laut Landesentwicklungsplan (SMI 2013) sollen „Grundwasserabhängige Landökosyste-

me [...] erhalten und nach Möglichkeit renaturiert werden. Anthropogen gestörte, aber renaturierbare Moore sollen wegen ihrer besonderen Bedeutung für den Arten- und Biotopschutz sowie den Klimaschutz revitalisiert werden, soweit dies mit dem Trinkwasserschutz vereinbar ist.“ Eine Renaturierung von Mooren im Einzugsgebiet von Trinkwassergewinnungsanlagen ist daher nur zulässig, wenn es zu keiner Verschlechterung der Wasserqualität kommen kann.

Weltweit wird in Oberflächengewässern ein Anstieg der Konzentration von Huminstoffen bzw. gelöstem organischen Kohlenstoff (dissolved organic carbon – DOC) beobachtet. In Sachsen stiegen die DOC-Konzentrationen besonders in den überwiegend bewaldeten Trinkwassereinzugsgebieten des Erzgebirges mit einem hohen Anteil von mineralischen und organischen Nässtandorten (Grunewald und Schmidt 2005, Pavlik et al. 2005, Grunewald et al. 2009, Wricke et al. 2016).

Die Trinkwasseraufbereitung ist dadurch nur noch mit erhöhtem Aufwand möglich. Landestalsperrenverwaltung und Wasserversorger befürchten, dass die DOC-Konzentrationen durch Revitalisierungsmaßnahmen in Mooren, die im Einzugsgebiet von Trinkwassertalsperren liegen, zusätzlich ansteigen. 2017 wurde daher in Sachsen die Arbeitsgruppe DOC mit Vertretern der relevanten Fachbehörden Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Staatsbetrieb Sachsenforst (SBS), Landestalsperrenverwaltung (LTV), Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL), Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft (SME-

KUL) einberufen. Die Aufgabe der AG DOC besteht darin, eine fachliche Position zu den vorliegenden Erkenntnissen zu Ursachen des DOC-Anstiegs in sächsischen Talsperren zu erarbeiten und Handlungsempfehlungen zur weiteren Verfahrensweise abzuleiten. Mittelfristiges Ziel ist es, eine nachhaltige Strategie mit einem Paket von Maßnahmen zu entwickeln, um den DOC-Anstieg zu stoppen oder zu hemmen. Deshalb wurde zunächst 2018 das Forschungsprojekt „Quellstärke von gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) aus Böden“ initiiert (Laufzeit: 2018–2026, Finanzierung durch SMEKUL, Projektleitung LfULG, Projektpartner TU Dresden Institut f. Bodenkunde und Standortslehre, LTV, SBS, SMEKUL, BfUL). Weiterführende Informationen zum Projekt unter: <https://www.boden.sachsen.de/quellstarke-von-gelostem-organischem-kohlenstoff-doc-aus-boden-22509.html>. Bereits seit 2007 besteht die

behörden- und fachübergreifend agierende Projektgruppe TriWaMo (Trinkwasser und Moorschutz) unter der Leitung der Landesdirektion Sachsen. Die Projektgruppe soll die jeweiligen Interessen von Naturschutz (Schutzbedürfnisse Erzgebirgische Moore, Erhaltung und Entwicklung Flora und Fauna) und Wasserwirtschaft (Sicherung der öffentlichen Trinkwasserversorgung) aufnehmen, den gegenseitigen Daten- und Informationsaustausch fördern, die Ableitung gemeinwohlverträglicher Maßnahmen begründet unterstützen und, soweit erforderlich, begleiten. Neben dem SBS, LfULG, LTV und dem Zweckverband Naturpark Erzgebirge/Vogtland sind auch die betroffenen Landratsämter des Erzgebirgs- und Vogtlandkreises (Untere Naturschutz- und Wasserbehörden) und der Zweckverband Fernwasser Südsachsen, vertreten durch die Südsachsen Wasser GmbH, Teil der Projektgruppe.

3.2 Beispielprojekte der Region

In der Waldstrategie 2050 für den Freistaat Sachsen (SMUL 2013) ist die Fortführung der Moorrenaturierung als Erfolgsfaktor für die Verbesserung der unzureichenden bis schlechten Erhaltungszustände der Moor- und Auwälder genannt. Auch das Naturschutzkonzept von Sachsenforst (SBS 2017) nennt Handlungsschwerpunkte zur Revitalisierung von Moorstandorten, z. B. den Verschluss von Grabensystemen und das Aussetzen der forstlichen Nutzung. Der Zweckverband Naturpark Erzgebirge/Vogtland und Sachsenforst haben in den letzten beiden Jahrzehnten bereits einige Moorrevitalisierungen umgesetzt.

3.2.1 Maßnahmen des Zweckverbands Naturpark Erzgebirge/Vogtland

Mit der „Vorstudie Landesschwerpunktprojekt Erzgebirgische Moore“ des Zweckverbands Naturpark Erzgebirge/Vogtland (ZVNPEV 2000) wurde der Grundstein für großflächige Revitalisierungsmaßnahmen gelegt. Im Rahmen der Studie erfolgten Geländebegehungen, stichprobenhafte Erfassungen der Torfmächtigkeiten, Beschreibungen des Gehölzbestandes und des Grabennetzes sowie eine Charakterisierung der Flächen aufgrund der dominierenden Vegetation. Darüber hinaus wurde ein Maßnahmenkatalog inklusive einer Kostenschätzung erstellt und mögliche Verbauvarianten vorgeschlagen. Im Ergebnis ermittelte der Naturpark Moore, Moorwälder, Moorwiesen und offene bzw. gehölzbestandene Regenerationsstadien mit einer Fläche von ca. 1.400 ha. Auf ca. 850 ha wiesen die Torflager noch eine Mächtigkeit von über 80 cm auf. Diese Flächen waren vorwiegend gehölzbestanden, wobei lediglich 80 bis 90 ha von Bergkieferngehölzen und Bergkiefern-Fichten-Mischbeständen gekennzeichnet waren. Die umfangreich entwässerten Hochmoore wiesen fast



Abbildung 8: Bau eines Rundholzdammes in der Hühnerhaide im Jahr 2002 (Foto: Anke Haupt)

alle einen stark gestörten Wasserhaushalt auf. Um den Zustand der Moore besser analysieren zu können, wurde ein einfaches, am regionalen Maßstab des Untersuchungsgebietes orientiertes Bewertungsverfahren erstellt. Demnach konnten lediglich 4 % der untersuchten Fläche als „naturnah bis gering gestört“ eingestuft werden.

Anschließend wurden die Standorte auf Grundlage verschiedener Kriterien in Prioritätsstufen eingeordnet und ein angepasster Maßnahmenkatalog erstellt. Folgende Kriterien spielten dabei u. a. eine Rolle: Größe, Torfmächtigkeit und Biotopausstattung des Moores, der Moortyp, die Art und der Zustand des Entwässerungssystems, der Grad der natürlicherweise bereits ablaufenden Wiedervernässungsprozesse, das vermutete Aufwand-Nutzen-Verhältnis für eine erfolgreiche Wiedervernässung und die Entfernungen zu benachbarten artenreichen Mooren. Der überwiegende Teil der für die Revitalisierungsmaßnahmen vorgesehenen Flächen befand sich im Landeswald und damit im Eigentum des Freistaates Sachsen unter Verwaltung und Bewirtschaftung der damaligen Forstbehörden. Die Maßnahmen wurden bis etwa 2010 überwiegend manuell durch Waldarbeiter, im Rahmen von Arbeitsbeschaffungsmaßnahmen und über das Freiwillige Ökologische Jahr (Uhlmann 2007) umgesetzt. Der Grund dafür lag unter anderem in der schlechten Erreichbarkeit der Maßnahmenstandorte und der Sensibilität der Biotope. Zudem erfolgte die Realisierung meist in Bauabschnitten innerhalb mehrerer Jahre. Wiedervernässungsmaßnahmen fanden u. a. in folgenden Mooren statt: Woderich/Am Geigenbach, Tucher Moor an der Zwickauer Mulde, Löffelsbach bei Muldenberg, Große Säure bei Carlsfeld, Butterwegmoor bei Johanngeorgenstadt, Kleiner Kranichsee bei Johanngeorgenstadt, Philipphaide bei Satzung, Stengelhaide/Torfwerk Reitzenhain, Hühnerhaide bei Rübenau, Lehmhaide bei Rübenau. Weitere Informationen zu den Revitalisierungsmaßnahmen im Naturpark und zu den einzelnen Projekten findet man unter: <http://moor.naturpark-erzgebirge-vogtland.de>.



Abbildung 9: Beginnende Regeneration im Butterwegmoor bei Johanngeorgenstadt nach erfolgter Umsetzung von Revitalisierungsmaßnahmen (Foto: Isabelle Fanghänel)

3.2.2 Ziel-3-Projekt – Moore zwischen Hora Svatého Šebestiána und Satzung 2010–2014

Der Forstbezirk Marienberg und der Naturpark haben im INTERREG Ziel-3-Projekt „Revitalisierung der Moore zwischen H. Sv. Šebestiána und Satzung“ gemeinsam mit tschechischen Projektpartnern grenzüberschreitend Revitalisierungsmaßnahmen im Bereich des Erzgebirgskamms umgesetzt. Festgelegt wurde das Gebiet 2009 im Rahmen eines Vorprojektes. Es beinhaltet auf der deutschen Seite mit den Moorkomplexen bei Satzung und Reitzenhain ein Teilgebiet der größten Ausbreitung von Mooren im Mittleren Erzgebirge. Auf der tschechischen Seite wurden mit dem Moor unter dem Hassberg und einem Teil des Moores Šebestiánské Teile des umfangreichsten Moorkomplexes

des ehemaligen Kreises Chomutov in das Projektgebiet integriert. Die Moore innerhalb des Gebietes umfassen insgesamt 810 ha, davon 360 ha in Deutschland und 450 ha in Tschechien. Aktive Revitalisierungsmaßnahmen wurden auf der deutschen Seite in zehn Mooren auf einer Fläche von etwa 200 ha realisiert. Auf der tschechischen Seite wurden 10 ha Moorfläche bearbeitet. Die Maßnahmen fanden fast ausschließlich in Mooren statt, die mit Wald bestockt sind. Verwaltet und bewirtschaftet werden diese in Tschechien durch den Staatsbetrieb Lesy České Republiky und in Sachsen durch den Staatsbetrieb Sachsenforst, Forstbezirk Marienberg.

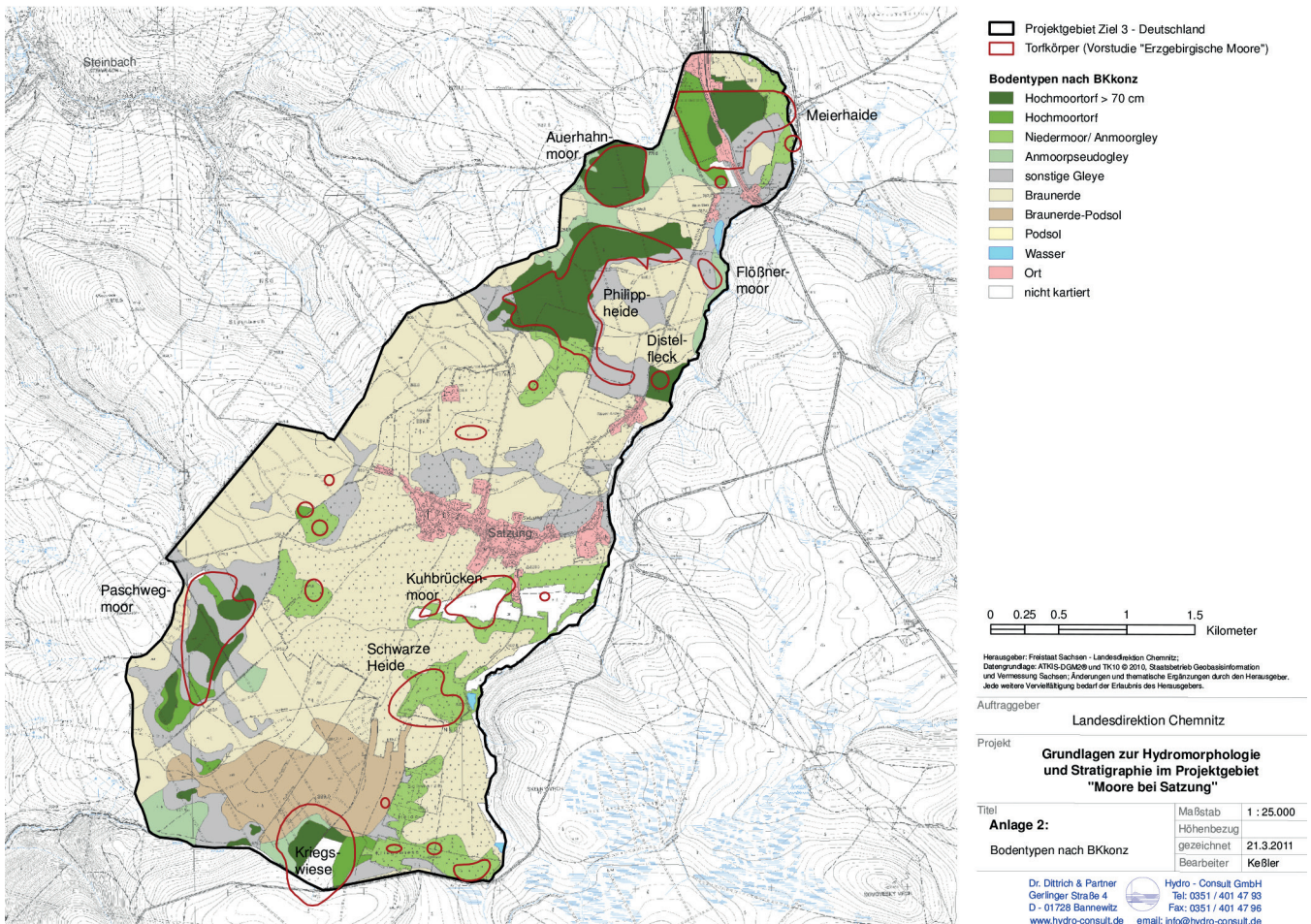


Abbildung 10: Bodentypen nach Bodenkonzeptkarte im Gebiet des Ziel-3-Projekts auf deutscher Seite

3.2.3 Sächsisches Informationssystem für Moore und organische Nässtandorte (SIMON) 2011

Im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie wurde ein Fachkonzept für ein landesweites Informationssystem zur Lage und Verbreitung von Mooren und anderen organischen Nässtandorten (SIMON) erstellt (Keßler et al. 2011). Aus Datenquellen zu abiotischen (geologische Karten, Bodenkonzeptkarte) und biotischen Merkmalen (Informationssystem Sächsische-Natura-2000-Datenbank, Selektive Biotopkartierung) wurde eine digitale Moorkomplexe Karte (Maximalumriss) erarbeitet. Dabei kommt eine erweiterte Moordefinition zur Anwendung, die neben den organischen Böden auch Flächen mit einer potenziell torfbildenden Vegetation (unabhängig vom Bodentyp) einbezieht.

In SIMON erfolgt eine Unterteilung der zuweilen recht großen Moorkomplexe in die Flächen:

- Torfkerne (Torf > 70 cm),
- bodenkundliche Moorflächen mit flacher Torfauflage (Torf 30 cm bis 70 cm),

- organische Nässtandorte (Torf < 30 cm),
- vegetationskundlicher Nässtandort (ohne kartierte Torfauflage).

Für das sächsische Mittelgebirge wurden insgesamt Moorstandorte mit einer Fläche von 17.400 ha ermittelt. Davon sind 70 % (12.100 ha) bewaldet. Der größte Teil dieser Waldflächen befindet sich im Landeswald (8.505 ha). Diese Moorkomplexe Karte ist als Suchraumkulisse für wasserabhängige Landökosysteme bzw. für Flächen mit entsprechendem Entwicklungspotenzial in den Landesentwicklungsplan Sachsen 2013 (SMI 2013) eingegangen. Moorkomplexe Karte und Torfmächtigkeitskarte ermöglichen in Verbindung mit anderen thematischen Karten erste Rückschlüsse auf den Moorzustand und auf Flächenpotenziale für die Moorrevitalisierung.

Hydrologische Gutachten, Planung und Dokumentation von Revitalisierungsmaßnahmen sowie Monitoringergebnisse werden in SIMON jedoch nicht erfasst. Daher ist eine

Fortschreibung des vorhandenen Konzeptes nötig, um weitere planungsrelevanten Daten zu bündeln und für die verschiedenen Nutzer langfristig verfügbar halten zu

können. Dazu zählen u. a. Angaben zur Torfmächtigkeit, Stratigrafie und zur Lage von Gräben und Stauen (Keßler et al. 2014).

3.2.4 MooRevital 2016–2020

„MOOREVITAL 2018 – Fortgesetzter Moorschutz im Erzgebirge“ war ein auf drei Jahre ausgelegtes Projekt zur Verbesserung der Situation ehemals entwässerter Moore beidseits der deutsch-tschechischen Grenze. Gefördert wurde das Vorhaben über den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung der Europäischen Union. Neben einer Dokumentation der Moorentwicklung erfolgte eine Evaluierung der Revitalisierungsmaßnahmen des Vorgängerprojektes (Kap. 3.2.2). Dies wurde durch ein gezieltes Hydro- und

Vegetationsmonitoring sowie luftgestützter Fernerkundung (Luftbilddaufnahmen und LASER-Scan-Befliegung) erreicht. Insgesamt wurden auf insgesamt ca. 172 ha Moorflächen (D: ca. 162 ha, CZ: 10 ha) Moorrevitalisierungsmaßnahmen (vorwiegend maschinell durch geeignete Unternehmen unter Einsatz von angepasster Baggertechnik) durchgeführt (SBS 2014). Informationen unter: https://www.sn-cz2020.eu/de/projekte/gefoerderte_projekte/Moorevital.jsp.

3.2.5 Tetraovit 2018–2021

Im Auftrag von Sachsenforst erfolgte im Rahmen des INTERREG SNCZ-Projektes „TetraoVit – Revitalisierung von Mooren und Habitatmanagement für das Birkhuhn“ durch die Firma Luftbild Umwelt Planung GmbH die Weiterentwicklung des Verfahrens hinsichtlich der semiautomatisierten Erfassung von geeigneten Habitatstrukturen für das Birkhuhn. Neben den Parametern Baumart/Baumartenmischung, Deckungsgrad und Baumhöhe sollte hier auch die Differenzierung weiterer Bodenvegetationsklas-

sen entwickelt und getestet werden. Neben einer Methodik für die Birkhuhn-Habitatstrukturanalyse und -prognose gehörte auch die Planung von habitatverbessernden Maßnahmen für das Birkhuhn im Gebiet, ein Plan zur Regeneration der Moorbereiche und die pilothafte Umsetzung solcher Maßnahmen im Bereich des Grenzgrabens zu den Zielen des Projektes. Begleitend erfolgte Öffentlichkeitsarbeit in Form von Exkursionen, Veröffentlichungen und Workshops (SBS 2021).

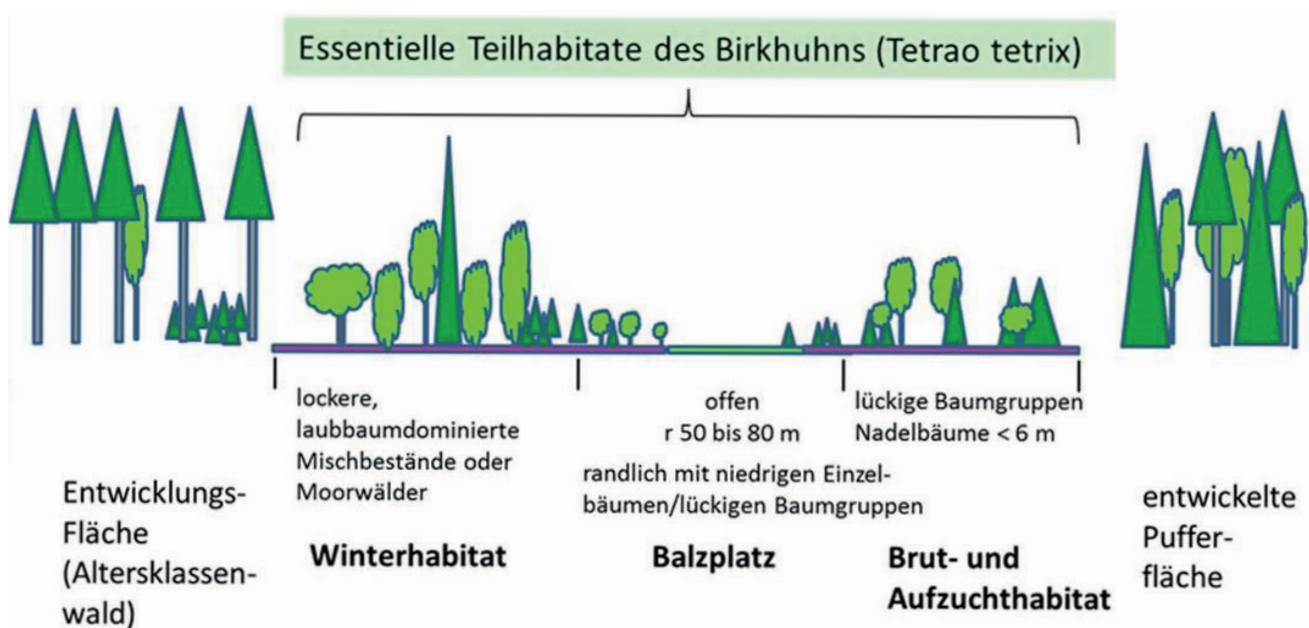


Abbildung 11: Schema der vom Birkhuhn genutzten Habitattypen im Wald (aus SBS 2021)

3.2.6 Ökotox-Prognose (SaFomoN) 2020

Das Projekt „Erarbeitung von Ökotoxprognosen für organische und mineralische Nass-Standorte im Landeswald als fachliche Grundlage für die Weiterentwicklung der forstlichen Standortskarte und zur Entscheidungsunterstützung bei der Moorrevitalisierung – SaFomoN“ wurde im Jahr 2020 abgeschlossen (Keßler et al. 2020).

Zentrales Ergebnis sind Ökotox-Prognosen auf der Basis umfangreicher hydromorphologischer Analysen (Edom und Golubcov 1995, 1996). Dazu zählt die Berechnung des Hangwasseranteils, der Transmissivität und des Profildurchflusses.

Mithilfe dieser Analysen und der Torfmächtigkeit nach SIMON lassen sich die Entwicklungspotenziale von Moorstandorten differenzieren (Abbildung 12). Dieses Verfahren, welches besonders in Gebirgsregionen für Hangregenmoore getestet und optimiert wurde, ermöglicht dem Nutzer, die Erfolgchancen einer Revitalisierungsmaßnahme vorab zu analysieren und den Investitionsaufwand dem zu erwartenden biotischen Entwicklungspotenzial gegenüberzustellen. So können einerseits Bereiche mit gutem Entwicklungspotenzial identifiziert und andererseits Fehlinvestitionen vermieden werden.

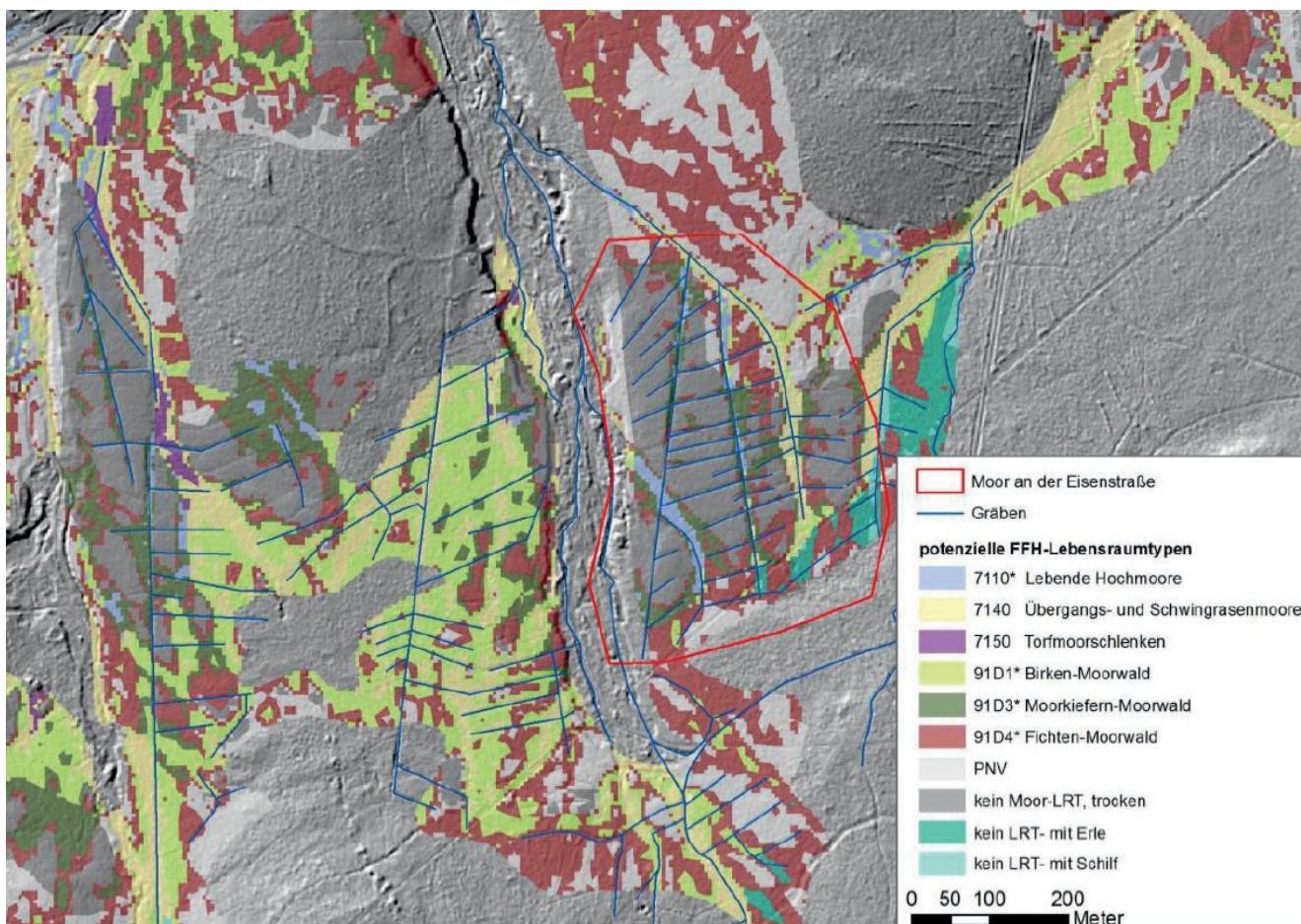


Abbildung 12: Potenzielle FFH-Lebensraumtypen für die Umgebung des Großen Eisenstraßenmoors (aus Keßler et al. 2020)

3.3 Handlungsbedarf

Zusammenfassend lässt sich festhalten:

- Mit der Moorkomplekkarte aus dem Projekt SIMON existiert eine Kulisse (Maximalumriss), die hervorragend als Suchraum für zu revitalisierende Moorstandorte geeignet ist.
- Die Ergebnisse der Ökotox-Prognose sind eine fundierte Grundlage zur Ermittlung der Revitalisierungsfähigkeit¹ der Moorstandorte im Bereich der Mittelgebirge und des Hügellandes in Sachsen.
- Für die Ermittlung der Vorrangfunktion und die Festlegung der Rangfolge der Revitalisierungswürdigkeit² liefert die Waldfunktionenkartierung für Sachsen mit den enthaltenen gesetzlichen und besonderen Funktionen eine sehr gute Übersicht, die durch weitere Informationsquellen unteretzt werden kann (z. B. Regionalpläne, FFH-Managementplanung).
- Für das vegetationsökologische Monitoring auf der Grundlage von Luftbildern ist ein Schlüssel zur visuellstereoskopischen Interpretation vorhanden. Erste Möglichkeiten der Automatisierung dieses Schlüssels wurden erarbeitet.
- Bei durchgeführten Moorrevitalisierungen konnten sowohl Sachsenforst als auch andere Akteure verschiedene Methoden anwenden und Erfahrungen sammeln.

Daraus lassen sich folgende Notwendigkeiten ableiten:

- Weiterentwicklung des Moorinformationssystems, insbesondere durch die Zusammenführung der vielfältigen, in der Region entstandenen Informationen zu Mooren
- Integration der vorhandenen Einzelansätze zu einem Moorentwicklungskonzept
- Integration eines praxisorientierten Bewertungsansatzes für die Entwicklung von Ökosystemdienstleistungen durch Moorrevitalisierung
- Standardisierung, Bündelung und Priorisierung von administrativen und technischen Verfahrensabläufen für die Revitalisierung von Moorkomplexen unterschiedlicher funktionaler Einordnung
- Etablierung eines Monitoring-Systems für die periodische Überprüfung des Revitalisierungserfolgs

¹ Revitalisierungsfähigkeit (auch Regenerationsfähigkeit) ist gegeben, wenn das natürliche Potenzial ausreicht, um mit Revitalisierungsmaßnahmen in einem

bestimmten Zeitraum die Funktionsfähigkeit herzustellen bzw. erheblich zu verbessern; muss in einer Ist-Analyse geprüft werden
² wird als normative Größe zum einen aus dem Abwägungsprozess vorrangiger Waldfunktionen bzw. Ökosystemdienstleistungen, zum anderen aus dem

Verhältnis zwischen Verbesserung der Funktionsfähigkeit und dem einzusetzenden Aufwand abgeleitet

3.4 Umsetzungsprojekt MooReSax

3.4.1 Struktur und wesentliche Aufgaben



Abbildung 13: Struktur des Projektes MooReSax und wesentliche Kernaufgaben der einzelnen Projektpartner (KeBler et al. 2020)

Teilvorhaben I: Management von Moorinformationen und deren Nutzung für Revitalisierungsmaßnahmen und Monitoring. Die Bearbeitung dieses Teilvorhabens erfolgt federführend vom Kompetenzzentrum Wald und Forstwirtschaft des Staatsbetriebs Sachsenforst. Es beinhaltet die Projektkoordination, die Projektkommunikation nach innen und außen, die Zusammenführung und Strukturierung aller bereits vorhandenen Moorinformationen, das vegetationsökologische Monitoring mittels Fernerkundung sowie die Durchführung beispielhafter Revitalisierungsmaßnahmen. Neben der Vernetzung mit regionalen wissenschaftlichen Verbundvorhaben, z. B. „Quellstärke von gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) aus Böden“ (Koordination durch LfULG), gehört auch die Kommunikation mit lokal und regional aktiven Umweltverbänden, Verwaltungen, Zweckverbänden, Flächenbewirtschaftern und Wasserbewirtschaftern zum Management. Dabei ist es erforderlich, Abstimmungsprozesse und Verfahrensabläufe zwischen den Akteuren mit dem Ziel zu vereinheitlichen, den Verwaltungs- und Planungsaufwand für Revitalisierungsmaßnahmen auf das Notwendige zu beschränken. Ein abgestimmter Leitfaden für die Moorrevitalisierung und die Erarbeitung überregionaler, informationsbasierter und abgestimmter Handlungskonzepte (KeBler et al.

2014) wird daher angestrebt. Zu den abgeschlossenen Revitalisierungsmaßnahmen und weiteren Untersuchungen im Erzgebirge existieren umfangreiche Daten, historische Karten, Berichte, hydrologische Gutachten etc. von unterschiedlichen Akteuren. Die Informationen, die für die erfolgreiche Auswahl, Planung, Umsetzung und Erfolgskontrolle notwendig sind bzw. in diesem Prozess neu entstehen, sind zudem heterogen aufgebaut. Ein wesentliches Ziel des Projektes ist daher die Zusammenführung und Strukturierung aller Informationen und die digitale Bereitstellung für einen breiten Nutzerkreis nach Projektabschluss, angelehnt an das regionale Klimainformationssystem ReKIS. Ein weiterer Aufgabenkomplex umfasst die Revitalisierung von zehn repräsentativen Moorstandorten (Kap. 3.4.2). Dazu gehören sowohl die Planung von Stausystemen und Maßnahmen zur Anbindung an das Einzugsgebiet als auch vorbereitende Kartierungen und Torfmächtigkeitsuntersuchungen zur C-Bilanzierung. Auch der Aufbau und die Betreuung von Monitoring-Messplätzen zum Wasserstand und zur Wasserqualität (DOC und pH) sind vorgesehen (Kap. 3.4.4.2). Das vegetationsökologische Monitoring soll die Entwicklung der Flächenanteile und die räumliche Verteilung von Vegetationsfazies erfassen. Nähere Informationen beinhaltet Kapitel 3.4.4.1.

Teilvorhaben II: Bewertung von Hydrologie und Ökosystemdienstleistungen bei der Moorrevitalisierung
 Aufgrund der notwendigen moorhydrologischen Expertise bei der Revitalisierung von degradierten Mooren und den Erfahrungen in der Treibhausgas-Bewertung von Moorökotopen bzw. Bewertung von Ökosystemdienstleistungen von Mooren und Moorrevitalisierungen wird das Teilvorhaben II vom Verbundpartner Dr. Dittrich & Partner Hydro-Consult GmbH bearbeitet.

Im Teilvorhaben II wird vor allem der moorhydrologische Sachverstand gebündelt mit dem Ziel, Revitalisierungsplannungen zur Umsetzungsreife zu führen. Das umfasst die Mitwirkung bei der Erstellung der Leistungsbeschreibungen, die Erstellung und fachliche Prüfung von konkreten Maßnahmenplanungen sowie von Gutachterleistungen bei schwierigen hydrologischen Fragestellungen, insbesondere von Revitalisierungsobjekten in Trinkwassereinzugsgebieten.

Einen zweiten Schwerpunkt im Teilvorhaben II bildet die Anpassung eines konzeptionellen Modells für den Einfluss von Revitalisierungsmaßnahmen auf Ökosystemdienst-

leistungen an die Verhältnisse der Projektregion. Die abzubildenden Ökosystemleistungen umfassen den Treibhausgasrückhalt, den Rückhalt von gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) und den Einfluss auf die Wasserqualität allgemein, den Rückhalt von Oberflächenabfluss und den Einfluss auf den Wasserhaushalt, die Verdunstungskühlung, die Biodiversität und die Erholung.

Die Ermittlung der CO₂-Retention bzw. CO₂-Vermeidung erfolgt dabei mittels GEST-Ansatz3 (Treibhaus-Gas-Emissions-Standort-Typen-Ansatz) (Couwenberg et al. 2011). Da insbesondere in Trinkwassereinzugsgebieten die Entstehung von gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) problematisch für die Trinkwasseraufbereitung ist, muss bei jeglichen Maßnahmen in solchen Gebieten auch eine Abschätzung und Bewertung von DOC-Austrägen erfolgen. In Anlehnung an den GEST-Ansatz wird modellhaft auch ein Bewertungsansatz für DOC entwickelt und auf Praxistauglichkeit geprüft. Die Arbeiten im Teilvorhaben II umfassen neben der fachlichen Begleitung von Revitalisierungsmaßnahmen überwiegend Forschungs- und Entwicklungsleistungen.

3.4.2 Projektgebiet

Das Projektgebiet befindet sich im Westerzgebirge (Forstbezirke Neudorf und Eibenstock) und wird als Modellregion betrachtet. Hier werden im Landeswald in der Projektlaufzeit repräsentative Moorstandorte mit unterschiedlichem Ausgangszustand revitalisiert. Bei der Priorisierung der Projektgebiete flossen die Informationen der Ökotop-Prognose als Grundlage für die Ableitung der Revitalisierungsfähigkeit aus moorhydrologischer Sicht ein.

Darüber hinaus spielten folgende Kriterien eine Rolle bei der Auswahl konkreter Moorkomplexe:

- rechtliche Restriktionen (Natur-, Trinkwasserschutz)
- Vorgaben aus der FFH-Managementplanung sowie dem Erhaltungszustand der LRT
- Zielkonflikte (Klimaschutz, Naturschutz, Trinkwasserschutz)
- Aufwand (Planung und Umsetzung)

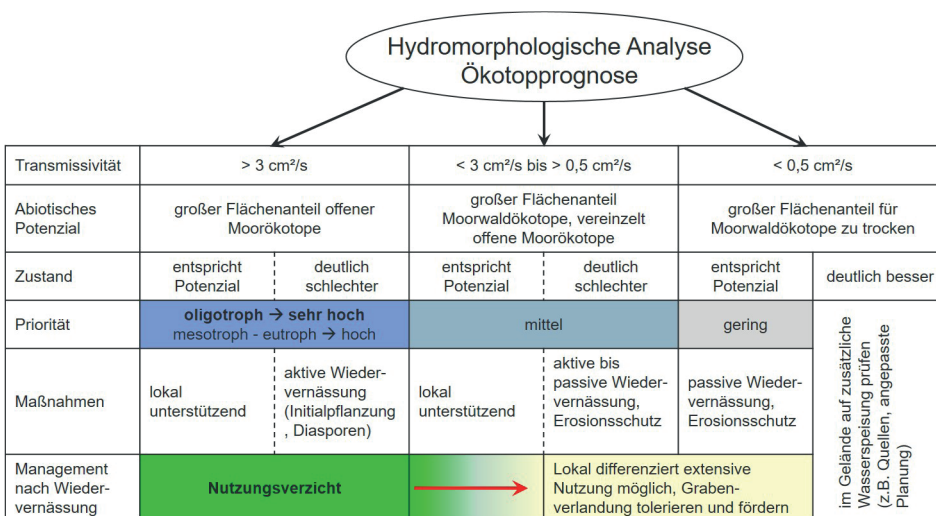


Abbildung 14: Hydromorphologisch begründete Entscheidungshilfe für die Wiedervernässung von entwässerten Mooren im Erzgebirge (T... Transmissivität) aus KeBler et al. (2012)

3 basieren auf dem Prinzip der Vegetationsformen, d. h. sie beruhen auf dem Phänomen, dass entlang eines ökologischen Gradienten (z. B. von trocken zu nass) bestimmte Pflanzenarten zusammen vorkommen, während andere sich gegenseitig ausschließen

In Abstimmung mit den Forstbezirken und in der gemeinsamen Arbeitsgruppe der Landesdirektion Sachsen „Trinkwasser und Moorschutz (TriWaMo)“ erfolgte die Auswahl konkreter Flächen als Teil der Projektvorbereitung. In einem Workshop in Johannegeorgenstadt (Forstbezirk Eiben-

stock) im September 2020 beteiligten sich zudem auch die regionalen Akteure (Bürgermeister, Umweltverbände und Naturschutzzentrum) an der Auswahl der Gebiete und gaben ihre Hinweise zu den Projekthinhalten.

Tabelle 4: Revitalisierungsobjekte MooReSax, Schutzkategorien (FFH: Fauna-Flora-Habitat-Gebiet, NSG: Naturschutzgebiet, WSG: Wasserschutzgebiet), Schätzung zur Größe der Maßnahmenfläche (nicht Wirkungsfläche!), Moortyp

Objekt	Forstbezirk	Moortyp	FFH	NSG	SPA	WSG	Größe [ha]
Heuschuppenmoor	Eibenstock	Hangmoor			x		10,2
Schwefelbachmoor	Eibenstock	Hangmoor	x				3,8
Graupenmoor	Eibenstock	Hangmoor					4,6
Zeisiggesangmoor	Eibenstock	Hangmoor				x	1,8
Grünheider Hochmoor	Eibenstock	Hangmoor				x	10
Moor am Pfahlberg	Neudorf	Plateaumoor	x	x	x		4
Schilfwiese	Neudorf	Hangmoor	x	x	x		15
Butterwegmoor	Eibenstock	Plateaumoor	x	x	x		8
Kleiner Kranichsee	Eibenstock	Wasserscheidenmoor	x	x	x	x	1
Kleines Eisenstraßenmoor	Eibenstock	Hangmoor	x		x		5

3.4.3 Beispielhafte Revitalisierung im Heuschuppenmoor

3.4.3.1 Lage und Überblick zum zeitlichen Ablauf

Das Heuschuppenmoor mit einer Flächengröße von ca. 18 ha liegt einen Kilometer westlich der Stadt Johannegeorgenstadt. Das Gelände fällt von 908 m ü. NN im Süden nach Nordosten auf eine Höhe von 857 m ü. NN ab. Durch dieses leichte Gefälle entwickelte sich hier ein Hangmoor. Im natürlichen Zustand würde das Akrotelm dieses Moores von Hangwasser aus dem Einzugsgebiet durchströmt werden. An der östlichen Gebietsgrenze fällt das Gelände wenige Meter steil ab. Hier treten sehr deutlich die Spuren des mittelalterlichen Seifenbergbaus hervor. Das Ausseifen der Zingraupen führte hier zu einer künstlichen Vertiefung einer einst vermutlich natürlichen Rülle oder eines Rüllenbaches, der das Heuschuppenmoor vom auf der anderen Seite gelegenen Großen Eisenstraßenmoor abgrenzt. Heute führt hier der als Forstweg ausgebaute Heuschuppenweg entlang. Auf dem alten Meilenblatt von Johannegeorgenstadt mit der Grundaufnahme von 1791 und Nachträgen bis 1876 finden sich keine Eintragungen von Wegführungen, Bergbau- oder Entwässerungsmaßnahmen. Lediglich der Torfstich im östlich gelegenen Großen Eisenstraßenmoor ist verzeichnet. Dokumentiert ist jedoch, dass der Erzensler Kunstgraben, der im südlichen Teil des Heuschuppenmoores entlangführt, bereits im 18. Jahrhundert erbaut wurde. Einst führte er Betriebswasser in die nahegelegenen Gruben, ist heute allerdings

trockengefallen. Über die Fläche des Heuschuppenmoores erstreckt sich ein dichtes Netz aus Entwässerungsgräben (Anlage im 20. Jahrhundert), welche fischgrätenartig in einen Hauptentwässerungsgraben in der Mitte des Gebietes münden. Aus diesem Hauptentwässerungsgraben wird das Wasser hangabwärts aus dem Moor herausgeführt.

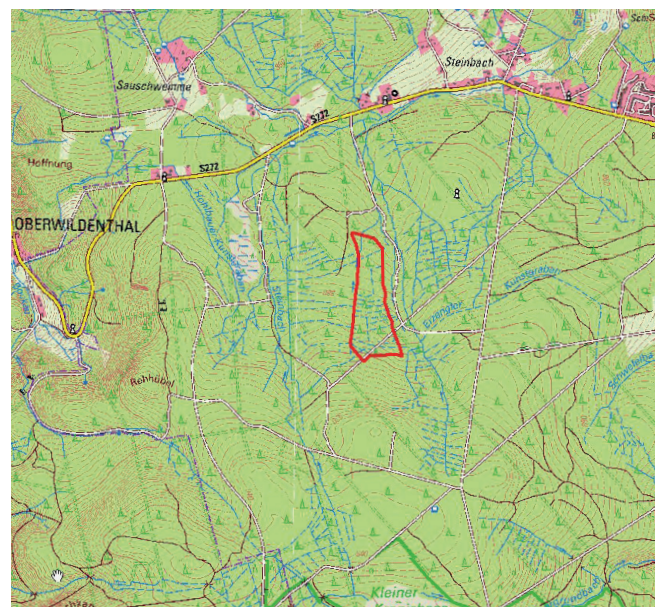


Abbildung 15: Lage des Heuschuppenmoores mit Grabennetz (Datengrundlage: DTK25, GeoSN)

In Tabelle 5 ist der zeitliche Ablauf zur Planung und Umsetzung der Revitalisierungsmaßnahmen im Heuschuppenmoor zusammengefasst. Zu berücksichtigen ist, dass das Objekt keine Genehmigungsverfahren und kaum Abstimmungsaufwand erforderte. Zudem konnten aufgrund der relativ geringen Grabentiefen die Staue ausschließlich mit Torf, in Einzelfällen mit Querhölzern verstärkt, und mit Kleinbaggertechnik ausgeführt werden.

Tabelle 5: Zeitablauf von Planung und Umsetzung der Revitalisierungsmaßnahmen im Heuschuppenmoor

Schritt	Beschreibung	Zeitraum
1	Abstimmung Objektauswahl	07–09/2020
2	Grobplanung Grabensystem, Erschließung, vernässte Bereiche	12/2020–01/2021
3	Anlage Erschließung/Auflichtung mit Moorharvester	01/2021
4	Planung und Verpflocken der Staumaßnahmen	04–05/2021
5	Ausschreibung und Vergabe der Bauleistungen	06–07/2021
6	Umsetzung und Abschluss der Baumaßnahmen	09/2021
7	Maßnahmen zur Lebensraumgestaltung Birkhuhn	10/2021

3.4.3.2 Planungsschritte

Die Auswahl des Objektes für Revitalisierungsmaßnahmen erfolgte bereits 2020 im Rahmen eines Abstimmungsprozesses der Projektgruppe TriWaMo (Kap. 3.1). Das Heuschuppenmoor liegt innerhalb des Vogelschutzgebietes „Westerzgebirge“ (DE5441–451) und grenzt unmittelbar an das FFH-Gebiet „Mittelgebirgslandschaft bei Johanngeorgenstadt“ (5541–303) an. Wesentlich ist die Lage im Vogelschutzgebiet und die Vermeidung erheblicher Beeinträchtigung potenziell vorkommender Arten. Weitere Schutzgüter (z. B. Gewässerschutz, Trinkwasser) sind im Heuschuppenmoor nicht betroffen. Dadurch waren Planungen und die Umsetzung von Revitalisierungsmaßnahmen mit einem nur geringen Abstimmungs- und Genehmigungsprozess verbunden. Lediglich Belange zum Schutz des Birkhuhns waren zu berücksichtigen (Maßnahmenumsetzung außerhalb der Balz- und Brutzeit, weitere Maßnahmen zur Lebensraumverbesserung nach Abschluss der Baumaßnahmen).

Zur Planung der Revitalisierungsmaßnahme wurden zunächst die hydromorphologischen Analysen (Abbildung 16), die forstliche Standortkarte mit den auskartierten mineralischen und organischen Nassstandorten sowie das digitale Geländemodell (DGM2) ausgewertet. Damit wurde das Arbeitsgebiet abgegrenzt (ca. 10,2 ha) und das Grabennetz als Konzeptkarte rekonstruiert. Mit dieser Ar-

beitskarte erfolgten Geländebegehänge, in denen sämtliche Gräben überprüft und hinsichtlich hydraulischer Wirksamkeit bewertet und dokumentiert wurden. Dazu erfolgte die Auskartierung von bereits in natürlicher Regeneration befindlichen vernässten Bereichen sowie Vorkommen geschützter Arten (z. B. Sprossender Bärlapp). Stichprobenartige Sondierungen der Torfauflage ergänzten die Geländearbeiten.

Im Gelände wurden sämtliche Planungskarten als Ausdruck (Arbeitskarte) bzw. auf dem Feld-Tablet/Smartphone als Geodaten im Geografischen Informationssystem mitgeführt (Abbildung 16). Ab Dezember 2020 erfolgte die Planung und Auszeichnung der Erschließungslinien als Vorbereitung zur Schaffung der Baufreiheit. Folgende Prämissen leiteten die Geländearbeit:

- Erschließungslinien nach Möglichkeit immer auf dem Grabenwulst hangabwärts
- Anbindung an das forstliche Wegesystem
- Minimierung von Grabenquerungen
- Ausschluss von vernässten Bereichen (autogene Regeneration) und Standorten mit Vorkommen geschützter Arten (z. B. Sprossender Bärlapp)
- Auszeichnung zusätzlicher Bäume zur Auflichtung stark ausgedunkelter Bereiche

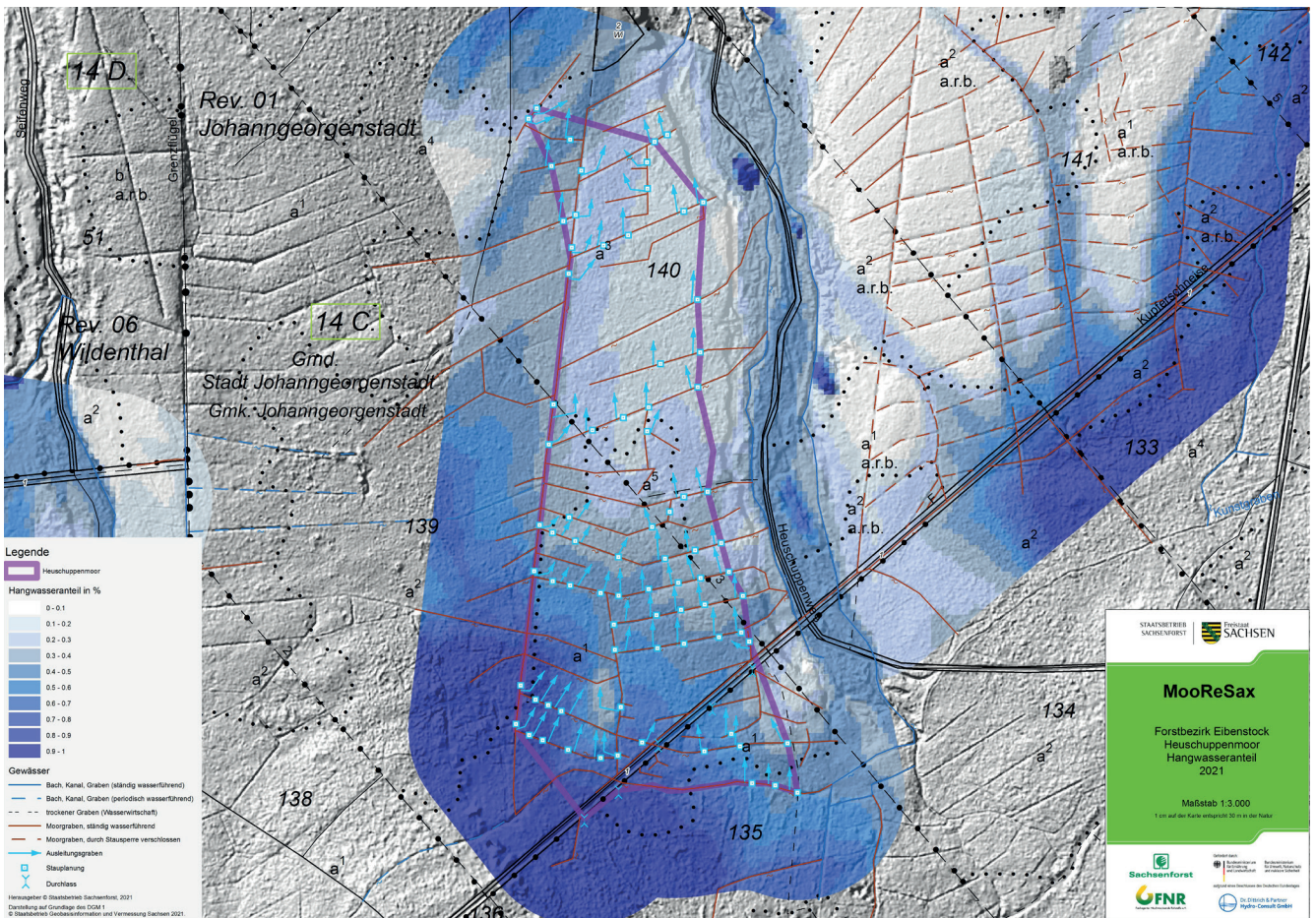


Abbildung 16: Hangwasseranteil im Heuschuppenmoor als Beispiel für eine der Planungskarten

Im nächsten Schritt wurden im Januar bereits die Bäume entnommen. Der forstliche Eingriff zur Schaffung von Baufreiheit erfolgte im Rahmen der Hiebsblockplanung auf weiteren befahrungssensiblen Standorten in diesem Revierteil. Zum Einsatz kam dafür ein leichter (< 25 t), für die Bearbeitung von sensiblen Standorten konzipierter Raupenharvester.

Nach der so geschaffenen Baufreiheit für den nachfolgenden Einsatz eines Kleinbaggers wurde die Feinplanung der Staumaßnahmen durchgeführt. Im Gelände wurden dafür wieder sämtliche Gräben abgegangen und deren Dimensionen als Grundlage für die Kalkulation von Staugröße und benötigtem Material erfasst. Die Lage von insgesamt 88 Stauen wurde mit Holzpfeilen im Gelände vermarktet, durchnummeriert und ebenso die Geokoordinaten aufge-

nommen. Die mitgeführten Geodaten, insbesondere Hillshade, Höhenlinien und hydromorphologische Analysen sowie die bereits erfassten Geländemerkmale dienen als Entscheidungsunterstützung für die optimale Staupositionierung bzw. Planung von Verfüllungen eines ganzen Grabenabschnittes. Außerdem wurden für jeden Stau auch Ausleitungen geplant. Deren Funktion besteht einerseits in der Entlastung und Erosionsminimierung bei hohen Wasserständen. Andererseits dienen die Ausleitungen der möglichst breiten Verrieselung von Wasser in die Fläche. Schließlich wurden fünf Durchlässe am Forstweg im höhergelegenen südlichen Teil geplant, um die Anbindung des Moorkörpers und der bestehenden Grabenstrukturen an die wasserführenden Strukturen des Einzugsgebietes zu unterstützen.

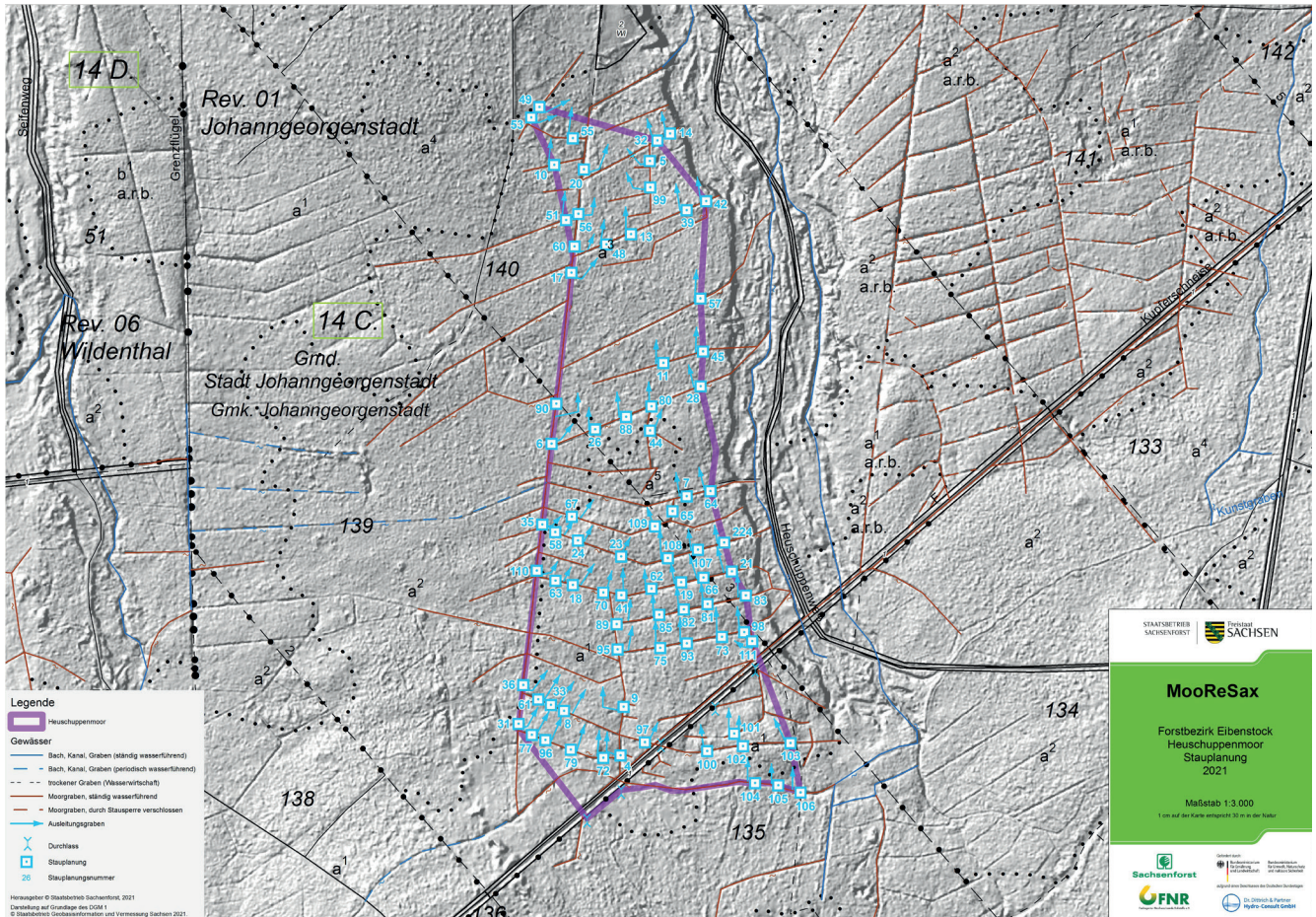


Abbildung 17: Planung der Revitalisierungsmaßnahmen im Heuschuppenmoor bei Johanngeorgenstadt

Sämtliche Informationen wurden im Gelände markiert und digital erfasst. Die digitalisierten Daten dienen der Erstellung der Planungskarte (Abbildung 17) sowie der Erstellung des Leistungsverzeichnisses mit Anzahl und Di-

mensionierung der Stau-, Durchlässe und Grabenverfüllungen. Die Ausschreibung und Vergabe der Bauleistung erfolgte einschließlich einer Flächenbesichtigung potenzieller Auftragnehmer im Juni und Juli 2021.

3.4.3.3 Umsetzung

Entsprechend der Leistungsbeschreibung (Tabelle 6) wurden die Arbeiten an eine regional ansässige Firma vergeben und umgesetzt.

Tabelle 6: Auszug aus der Leistungsbeschreibung für die Revitalisierungsmaßnahmen im Heuschuppenmoor mit Vorgaben und Hinweisen (vereinfacht)

Vorgaben zu Grabenstauen	Hinweise zum Arbeitsablauf
Einsatz von Kettenbagger (maximal 16 t), um ein Einsinken wirksam zu verhindern	Beginn der Arbeiten im Norden, Behinderung durch einsetzenden Wasserstau vermeiden
Einsinken tiefer als 15 cm vermeiden (Baggermatten vorhalten!)	Beseitigen/Freischneiden noch vorhandener Fichtendickungen auf Baggertrasse, evtl. den Bau störende Baumstubben roden
Betrieb nur mit biologisch abbaubarem Hydrauliköl (Nachweis!)	Stellen der Stauanlage zunächst von Holz und Ästen beräumen
Befahrung immer unterhalb der Fanggräben (lt. Auszeichnung)	Vegetationsdecke (Soden) im Graben abziehen und ablagern (Torfmoosdecken gesondert auf Plane)
Grabenverbau mit vor Ort gewonnenem Material (Torf)	zu lockeres, durchlässiges Grabenmaterial (Torf- bzw. Humusschichten) zur Sohlanhebung in den anzustauenden Grabenabschnitt ablagern
Torfdamm mit Ausformung einer Dammkrone mindestens 50 cm über Grabenschultern, mindestens 50 cm breit, Ausleitungsgräben in Torfkörper lt. Karte	Entnahme von Material zur Stauausformung aus dem Bereich des ehemaligen Grabenaushubes (Grabenschultern), aus den auszuformenden Ausleitungsgräben oder in Form kleiner Torfstiche im Arbeitsbereich der Maschine
Staunummern xx, xx, ... erfordern Dammkrone mit mindestens 1,50 m Breite	Ausleitungsgräben nicht vergessen, Geländestrukturen (Mulden), die ein breites Verrieseln unterstützen, nutzen oder ausformen
Grabenverbaue in Grabenschultern einbinden	Einmündung von Fanggräben (hier Staue der Sammelgräben) auf mehreren Metern Länge als Rückstaubereich ausformen und breite Ausleitungen ausformen (Verrieselung)
größere Staue zusätzlich mit Querhölzern aus vorhandenen Stämmen stabilisieren	entstehenden Torfdamm lagenweise immer wieder verdichten
Befahrungsverbot sensibler Bereiche (lt. Karte und Auszeichnung)	Aufbringung von Vegetationssoden auf die Dammkrone und von Torfmoosdecken in den anzustauenden Bereich direkt vor dem Damm

Die Geländeverhältnisse erlaubten ein zügiges Arbeiten. Aufgrund des Einsatzes eines hinreichend leichten Kleinbaggers mit entsprechend breiten Ketten (Abbildung 18) konnte auf Baggermatten verzichtet werden. Einige als Torfplomben geplante Staue in meist auch flacheren Gräben konnten nur als Gemisch mit dem im mineralischen

Untergrund allerdings tief anstehenden lehmigen Verwitterungs- und Sedimentationsmaterial ausgeführt werden. Dieses Material hat jedoch den Vorteil höherer Dichte und Dauerhaftigkeit. Alle Baumaßnahmen wurden im September 2021 innerhalb von 14 Tagen abgeschlossen.



Abbildung 18: Bagger beim Setzen eines Staus mit Torf (Foto: Isabelle Fanghänel)

3.4.4 Monitoring

Neben dem visuellen Monitoring mithilfe von Wildkameras an festen Punkten im Mooregebiet und der damit verbundenen regelmäßigen Aufnahme eines Fotos pro Tag über die gesamte Projektlaufzeit ist auch das vegetationsökologische Monitoring mittels Fernerkundung Hauptbestandteil des Projektes. Darüber hinaus steht auch das Monitoring der Gewässergüte mittels DOC- und Wasserstandmessung im Fokus.

3.4.4.1 Vegetationsökologisches Monitoring

Die Entwicklung der Vegetationsstrukturen ist von großer Bedeutung für das Monitoring und die Bewertung von Regenerationsprozessen (Erfolgskontrolle). Bisher beschränkt sich ein Monitoring auf Fallstudien auf der Grundlage von wenigen Dauerbeobachtungsflächen.

Die Spezifik der einzelnen Moorkomplexe erfordert jedoch ein maßnahmenorientiertes Monitoring, welches sich auf den jeweiligen Moorkomplex bezieht. Ganzflächige Vegetationskartierungen liegen nur vereinzelt vor. Sie sind sehr aufwendig und daher zumeist nicht bzw. nur in längeren Zeitabständen wiederholbar. Sie sollten daher von vornherein auf Moorkomplexe von übergeordneter Bedeutung

beschränkt, dort aber konsequent auch mit den entsprechenden Wiederholungen durchgeführt werden.

Darüber hinaus ist ein Verfahren erforderlich, welches Strukturmerkmale der Vegetation auf großer Fläche möglichst automatisiert und objektiv reproduzierbar erfasst und damit sowohl eine Analyse von Zeitreihen als auch den Vergleich verschiedener Moore ermöglicht. Fernerkundungsdaten bieten hierfür eine hervorragende Ausgangsbasis und können auch zu retrospektiven Betrachtungen herangezogen werden. Die Dokumentation einzelner Entwicklungsphasen des Regenerationsprozesses dient u. a. der Bewertung und kritischen Analyse der durchgeführ-

ten Maßnahmen (Erfolgskontrolle). Letztere ist für ein Revitalisierungsprogramm von Mooren, welches unter dem Einfluss von sich ändernden Standortbedingungen durchgeführt werden wird, von erheblicher Bedeutung, da Grenzbedingungen für die Renaturierungsfähigkeit periodisch evaluiert und neu bestimmt werden müssen.

Um die Übertragbarkeit der entwickelten methodischen Vorgehensweise auf andere Moore in Sachsen zu gewährleisten und retrospektive Betrachtungen durchführen zu können, werden für die Untersuchungen möglichst Fachinformationen und Geodaten genutzt, die Sachsenforst in periodischen Abständen landesweit und flächendeckend zur Verfügung stehen. Die Basis für die Auswertung von Daten der Fernerkundung bilden deshalb vor allem amtliche Geobasisdaten des Staatsbetriebes für Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN) wie digitale RGBI-Orthobilddaten, digitale RGBI-Luftbilddaten, hochaufgelöste Digitale Gelände- und Oberflächenmodelle und die daraus abgeleiteten Vegetationshöhenmodelle, die von Sachsenforst kostenfrei genutzt werden können. Die Luftbilddaten werden alle drei Jahre im Auftrag des GeoSN für das gleiche Gebiet aufgenommen und bilden damit eine sehr gute Basis für die periodische Beschreibung der Vegetationsstruktur und die Bewertung von Veränderungen infolge durchgeführter Revitalisierungsmaßnahmen.

Das Projektgebiet wurde bzw. wird im Auftrag des GeoSN 2013, 2016, 2019 mit digitaler Luftbildkamera befliegen. Die Daten des Forstlichen Geographischen Informationssystems Sachsen (FGIS), insbesondere die digitalen Forstgrunddaten (Waldeinteilung), die digitale Standortkarte,

3.4.4.2 DOC-Messung/Pegelmessung

Um ein besseres Verständnis zum Austrag von Huminstoffen (DOC) am Auslauf von Mooren zu erhalten, sind Messungen notwendig. Für die Beurteilung des Einflusses von Revitalisierungsmaßnahmen auf die Höhe des DOC-Austrags sind Messungen vor, während und nach der Umsetzung der Maßnahmen wünschenswert.

Im Rahmen des Abstimmungsprozesses von MooReSax wurde ein DOC-Monitoring an den zwei in Trinkwasser-einzugsgebieten liegenden Mooren (Tabelle 4) von den

aber auch die Daten der Biotoptypen- und Landnutzungskartierung (BTLNK), die Daten des Waldinformationssystems Sachsen (Walddatenbank) sowie die Daten des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS) werden als Referenzdaten genutzt.

Die bislang bei Sachsenforst im Rahmen des „Gesamtwaldprojektes“ (Masterarbeit Sebastian Zimmermann 2018) und im Projekt „TetraoVit“ (Kap. 3.2.5) gewonnenen Erfahrungen und erarbeiteten Methoden werden zu einem einheitlichen Verfahren der (semi-)automatisierten Erfassung von Vegetationsstrukturen in Moorgebieten zusammengeführt. Gleichzeitig wird deren Praktikabilität und Operationalität an weiteren Moorgebieten getestet. Der Schwerpunkt der Weiterentwicklung liegt vor allem auf der weiteren Differenzierung der Vegetationsstrukturen und Vegetationstypen der Strauch-, Kraut- und Mooschicht. Potenzial für die Erhöhung der bislang erzielten Erfassungsgenauigkeiten und die Weiterentwicklung des Verfahrens wird vor allem in der geplanten Verwendung von 16-Bit-Luftbilddaten gesehen. Die Verbesserung der Ergebnisse durch Einbeziehung von multitemporalen und multisaisonalen Auswertemethoden sowie die Pufferung der Zwischenergebnisse wird geprüft.

Zur Verfahrensumsetzung wird die bei Sachsenforst verfügbare Software ArcGIS, StereoAnalyst, ERDAS IMAGINE, ERDAS IMAGINE Objektive, Python/ArcPy und FME genutzt. Das entwickelte Verfahren wird abschließend auf alle im Projektgebiet zu revitalisierenden Moore einschließlich deren Einzugsgebiete angewandt.

Partnern der Landestalsperrenverwaltung und den Wasserversorgern vorgeschrieben. An zwei zu errichtenden Messwehren (Abbildung 19) werden Daten zur Abschätzung von Wasserqualität und -durchflussmenge mittels Sonden automatisch aufgezeichnet.

Die Rahmenbedingungen (gewünschte Aussagefähigkeit der Messungen, autarke Energieversorgung, möglichst geringer Wartungsaufwand, Langzeitbetrieb, zeitnahe Auswertung und Datenbereitstellung) führten zu folgender Ausstattung (in Planung):

- Thomson-Messwehr mit definiertem Durchflussquerschnitt
- Multiparametersonde zur Erfassung von Druck (Wassersäule) und elektrischer Leitfähigkeit
- energiesparende Multiparametersonde (< 1 W) zur Erfassung des spezifischen Absorptionskoeffizienten (SAK254/Schätzung DOC-Konzentration) und der Temperatur
- automatisches Wischersystem zur Reinigung der Messfenster
- Messtakt der SAK-Sonde etwa 4–5 Messungen/Tag
- Betrieb über Akkusystem mit Solar-Panel-Unterstützung (Konfektionierung für 1–2 Akkuwechsel/Jahr)
- Datenfernübertragung und Einbindung in die Dateninfrastruktur des Messnetzes der Waldklimastationen von Sachsenforst
- Bereitstellung der Daten auf Internetplattform (OpenSensorWeb)

Der Betrieb des DOC-Monitorings während der Laufzeit von MooReSax ist abgesichert. Der Weiterbetrieb über die Projektzeit hinaus im Routinebetrieb von Sachsenforst und/oder in Kooperation mit Partnern (LTV, LfULG) wird jedoch angestrebt. Ergänzend zu den Messplätzen am Fließgewässer werden in den beiden ausgewählten Mooregebieten jeweils fünf Messpegel für das Monitoring des Wasserstandes installiert. Diese Drucksonden laufen ebenfalls autark, jedoch ohne Fernübertragung.



Abbildung 19: Dr. Andreas Wahren (Dr. Dittrich & Partner Hydro-Consult GmbH) bei Vermessungsarbeiten am Entwässerungsgraben (Foto: Dr. Rainer Petzold)

4

Bundesweites Moorbodenmonitoring für den Klimaschutz im Wald (MoMoK-Wald) – Treibhausgasmessungen im Erzgebirge

Intakte Moore bieten zahlreiche Ökosystemdienstleistungen. Neben dem Erhalt der Biodiversität, der Wasserspeicher- und Erholungsfunktion ist aus Sicht des Klimaschutzes die Fähigkeit, langfristig Kohlenstoff zu speichern, die wichtigste. Rund 2,5 % der 11 Mio. ha Waldfläche Deutschlands liegen unter organischen Böden (Umweltbundesamt 2021). Trotz des geringen Flächenanteils sind sie im entwässerten Zustand eine bedeutende Treibhausgasquelle. Sie emittieren mit ~ 3.000 kt CO₂-Eq. jährlich rund 18 % der Emissionen, welche mineralische Waldböden mit einem deutlich größeren Flächenanteil aufnehmen (Umweltbundesamt 2021). Angaben zu Emissionen forstlich genutzter Waldmoore variieren jedoch aufgrund unterschiedlicher Methodik und Annahmen deutlich. Escobar et al. (2020) fassten Emissionen für die gemäßigten Klimate zusammen, die im Bereich von 8,16 t CO₂-Eq. ha⁻¹ a⁻¹ (Evans et al. 2017) und 28,97 t CO₂-Eq. ha⁻¹ a⁻¹ (Tiemeyer et al. 2020) schwankten.

Bundesweit 60 Monitoringstandorte in Waldmooren im Rahmen von MoMoK-Wald

Um die Treibhausgasberichterstattung unter organischen Böden unter Wald zu verbessern, baut das Thünen-Institut für Waldökosysteme (TI WO) bis 2025 ein bundesweites Moorbodenmonitoring für den Klimaschutz im Wald (MoMoK-Wald) mit 60 Standorten auf. Diese teilen sich in 50 Standard-, acht Referenz- und zwei Intensivflächen auf. Ziel an allen Standorten ist es, langfristig die Entwicklung des C-Speichers und die Emissionen zu erfassen. An den Standardflächen erfolgt dies indirekt über die Erfassung des Moorwasserstandes und der jährlichen Geländehöhenänderung mittels Peilstangen. Auf den Intensiv- und Referenzflächen werden Treibhausgasemissionen (CO₂, CH₄ und N₂O) zusätzlich direkt mithilfe von automatischen sowie manuellen Haubensystemen gemessen.

Die Intensivflächen befinden sich derzeit im Prozess der Revitalisierung. Die Referenzflächen liegen im Umfeld der Intensivfläche und bestehen aus naturnahen sowie entwässerten Mooren. Sie stellen Ausgangs- und Endzustand des sich in der Revitalisierung befindlichen Moores dar. Solche Vergleichsmessungen sind selten und oft mit einer Laufzeit von weniger als drei Jahren zu kurz. Escobar et al. (2020) fanden in ihrem Beitrag nur 18 Vergleichsstudien auf der Nordhalbkugel, von denen nur wenige neben CO₂ und CH₄ auch N₂O betrachteten. Die Aktivitäten im Erzgebirge im Rahmen von MoMoK-Wald sind somit auch von internationaler Bedeutung. Deshalb sind die Intensivflächen auch Teil des Horizon2020 EU-Projekts HoliSoils (www.holisoils.eu). Sie sind zudem langfristig angelegt, da es 15–30 Jahre dauern kann, bis das Ökosystem Moor

nach einer Revitalisierung wiederhergestellt ist (Escobar et al. 2022).

Naturnahe, wiedervernässte und entwässerte Standorte im Westerzgebirge

In den Kammlagen des Westerzgebirges werden derzeit eine Intensivfläche und vier Referenzflächen eingerichtet. Die Intensivfläche befindet sich im Großen Eisenstraßenmoor und ist ein mit Fichte bestocktes Hochmoor, welches aktuell wiedervernässt wird. Entwässerte Referenzflächen mit einem degradierten Moorkörper befinden sich 4 km entfernt am Milchbachweg sowie in einem Kilometer Entfernung an der Kupferschneise. Beide sind mit Fichte bestockt. Bei den nicht entwässerten Referenzflächen, welche den Zielstand des Wiedervernäsungsprojekts im Großen Eisenstraßenmoor darstellen, wurde mit dem Friedrichsheider Hochmoor erst eine Fläche festgelegt. Es befindet sich in 5 km Entfernung in einem naturnahen Zustand und besitzt einen Spirkenbestand (*Pinus mugo*).

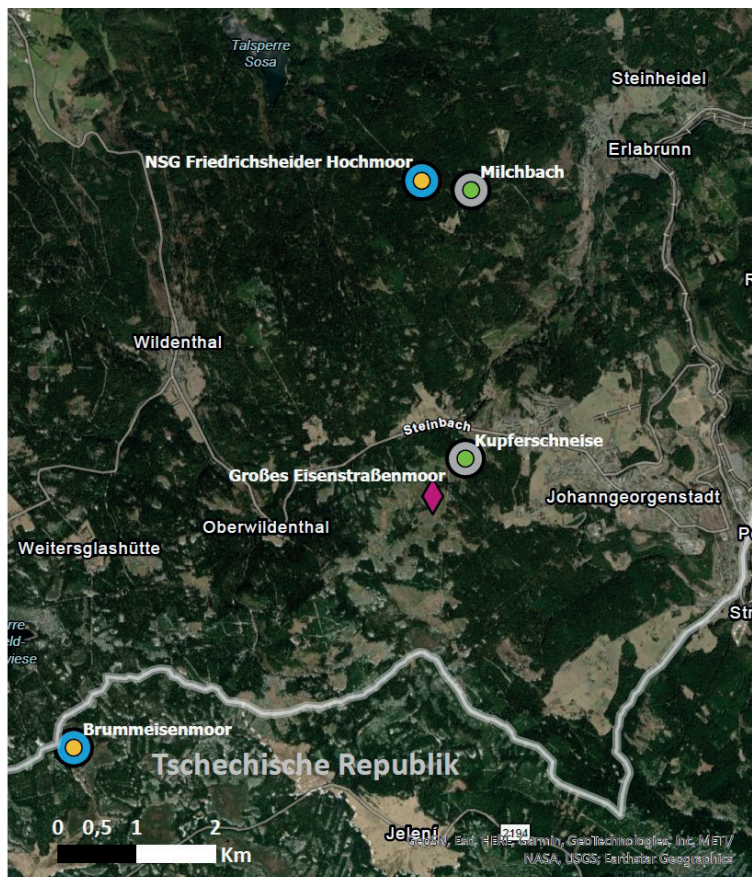
Die Moore in den Kammlagen des Erzgebirges liegen beidseits der deutsch-tschechischen Grenze, sind teils von den gleichen Wassereinzugsgebieten abhängig und haben Einfluss auf die Trinkwassertalsperren der Region. Um diese Gegebenheiten zu berücksichtigen und die deutsch-tschechische Zusammenarbeit im Bereich der Moore zu stärken, wird die zweite naturnahe Fläche auf tschechischer Seite geplant. Potenziell dafür geeignet ist das Brummeisenmoor (Brumiště) im Karlovarský kraj. Die Fläche liegt rund 6 km südwestlich der Intensivfläche. Hier wächst ebenfalls ein vitaler Spirkenbestand. Für die Realisierung erfolgen zurzeit Abstimmungsarbeiten zwischen den Behörden beider Länder.

Messprogramm mit Gasflussmessungen sowie Analyse boden- und vegetationskundlicher Parameter

Die im Großen Eisenstraßenmoor verwendeten automatischen Haubensysteme zur Analyse der CO₂-, CH₄- sowie N₂O-Flüsse wurden durch das Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) entwickelt und in Kooperation mit dem TI am Standort aufgebaut. Am Standort existieren fünf Messplätze, an denen je eine Haubenkombination, bestehend aus transparenter und intransparenter Haube, eingesetzt wird. Die Messungen erfolgen nacheinander mit beiden Hauben. Hierdurch können von einem Messpunkt und -system Ökosystematmung sowie Netto-ökosystemaustausch gemessen werden. An zwei Messpunkten wurde Trenching durchgeführt. Hierbei wird der Messpunkt vertikal mit wasserdurchlässiger Gewebefolie abgetrennt (Wurzelvlies). Die Tiefe des Trenchings wird an die Tiefe der Baumwurzeln angepasst. Pflanzenwurzeln können dieses Gewebe nicht durchwachsen und somit nicht in den Messpunkt eindringen. Dies ermöglicht es, Ökosystem- und Bodenatmung ohne die Wurzelatmung des Baumbestandes zu erfassen bzw. autotrophe und heterotrophe Atmung voneinander zu trennen. Zusammen mit den Messpunkten ohne Trenching ermöglicht dies eine umfassendere Betrachtung der Kohlenstoffflüsse im

Ökosystem. Neben Treibhausgasflüssen werden Parameter analysiert, welche die Flussraten beeinflussen. Hierzu zählen Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur, die an jedem Messpunkt an drei Tiefenstufen analysiert werden. Die Sonnenstrahlung beeinflusst die Vegetation und somit die Treibhausgasflüsse. Deshalb werden auch die fotosynthetisch aktive Strahlung sowie Pflanzenwachstumsparameter wie RV; mit Hilfe einer kompakten Wetterstation alle gängigen meteorologischen Parameter erfasst. Für die Betrachtung des Gesamtsystems sind neben Prozessen im Boden die C-Speicherung und die Treibhausgasflussraten durch den Baumbestand zu berücksichtigen. Deshalb wurden eine Bestandserfassung und Vegetationsaufnahme durchgeführt, Umfangendrometer an ausgewählten Bäumen angebracht sowie funktionelle Merkmale von höheren Pflanzen sowie Torfmoosen bestimmt.

Zur Charakterisierung des Moores werden an zehn Satellitenpunkten sowie einem 1 m tiefen Bodenprofil Proben bis zum Mineralbodenhorizont genommen, um bodenchemische und bodenphysikalische Kennwerte aufzunehmen. Die Moormächtigkeit wird an 20 Punkten bestimmt. Im Rahmen von HoliSoils werden zudem mikrobiologische Analysen am Standort durchgeführt.



Bundesweites Moorbodenmonitoring für den Klimaschutz - Wald

Intensivfläche und Referenzflächen im Westerzgebirge

Quelle: Thünen-Institut für Waldökosysteme "Bundesweites Moorbodenmonitoring für den Klimaschutz – Wald (MoMoK-Wald)" (Mai, 2022).

Legende

- Intensivfläche
- ◆ Intensivfläche
- Referenzflächen
- Bestand
- Fichte
- Kiefer
- Hydrol. Situation Referenzflächen
- entwässert
- nicht entwässert



Abbildung 20: Lage der Monitoringflächen im Erzgebirge

5 Literaturverzeichnis

Bernhofer, C.; Körner, P.; Schwarze, R. (2017): Modellierung abgesetzter Niederschläge. Entwicklung und Anwendung eines Verfahrens zur Berücksichtigung abgesetzter Niederschläge bei der Korrektur von Niederschlagsmessungen. In: Schriftenreihe des LfULG 2017 (9).

Bundesamt für Naturschutz (2019): Vierter Nationaler Bericht (Berichtsperiode 2013–2018) gemäß Art. 17 FFH-Richtlinie. Online verfügbar unter <https://www.bfn.de/ffh-bericht-2019>, zuletzt geprüft am 19.05.2022.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Hg.) (2021): Nationale Moorschutzstrategie. 1. September 2021.

Bundesministerium für Umwelt, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2022): Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz. Eckpunktepapier. Online verfügbar unter https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/aktionsprogramm_natuerlicher_klimaschutz_bf.pdf, zuletzt geprüft am 19.05.2022.

Couwenberg, J.; Joosten, H. (2001): Bilanzen zum Moorverlust – das Beispiel Deutschland. In: Michael Succow und Hans Joosten (Hg.): Landschaftsökologische Moorkunde. Mit 10 Farbbildern, 223 Abbildungen, 136 Tabellen im Text sowie auf 2 Beilagen. 2., völlig neu bearbeitete Auflage. Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers, S. 409–411.

Couwenberg, J.; Thiele, A.; Tannenberger, F.; Augustin, J.; Bärish, S.; Dubovik, D. et al. (2011): Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy. In: *Hydrobiologia* 674 (1), S. 67–89. DOI: 10.1007/s10750-011-0729-x.

Dierßen, K.; Dierßen, B. (2001): Moore. Stuttgart (Hohenheim): Ulmer (Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht).

Edom, F. (2001): Moorlandschaften aus hydrologischer Sicht (chorische Betrachtung). Hydromorphologische Strukturelemente. In: Michael Succow und Hans Joosten (Hg.): Landschaftsökologische Moorkunde. Mit 10 Farbbildern, 223 Abbildungen, 136 Tabellen im Text sowie auf 2 Beilagen. 2., völlig neu bearbeitete Auflage. Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers, S. 194–197.

Edom, F.; Golubcov, A. A. (1995): Zum Zusammenhang von Akrotelmeigenschaften und einer potentiell natürlichen Ökotopezonierung in Mittelgebirgsregenmooren. In: *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie*, Bd. 26. Unter Mitarbeit von J. Pfadenhauer. Dresden: Gustav Fischer (26), S. 221–228.

Edom, F.; Golubcov, A. A. (1996): Prognose einer potentiell-natürlichen Ökotopezonierung für Mittelgebirgsregenmoore durch Berechnung hydrologischer Parameter. In: *IHI Schriften* 2, S. 103–111.

Escobar, D.; Belyazid, S.; Manzoni, S. (2022): Back to the Future: Restoring Northern Drained Forested Peatlands for Climate Change Mitigation. In: *Front. Environ. Sci.* 10. DOI: 10.3389/fenvs.2022.834371.

Evans, C.; Artz, R.; Moxley, J.; Smyth, M.; Taylor, E.; Archer, E. et al. (2017): Implementation of an Emissions Inventory for UK Peatlands. Centre for Ecology and Hydrology (Centre for Ecology and Hydrology). Online verfügbar unter <https://researchrepository.ucd.ie/handle/10197/10153>.

Grosse-Brauckmann, G. (1997): Moore und Moor-Naturschutzgebiete in Deutschland – eine Bestandsaufnahme. In: TELMA – Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde 27, S. 183–215.

Grunewald, K.; Schmidt, W. (2005): Bilaterale Untersuchungen und modellgestützte Prognosen von Huminstoffeinträgen in Oberflächengewässer aufgrund veränderter Ökosystemzustände und deren Relevanz für die Trinkwasserproduktion: Teilprojekt II-Huminstoffeintragsmodellierung; Abschlussbericht zum Huminstoff-Projekt; FuE-Bericht. gemeinsamer Abschlussbericht zum Huminstoff-Projekt. Dresden: TU Dresden, Inst. für Geographie.

Grunewald, K.; Sudbrack, R.; Scheithauer, J.; Heiser, A.; Freier, K.; Andreae, H. (2009): Einzugsgebiete mit gestörten Hochmooren und ihre Relevanz für Trinkwassertalsperren im Erzgebirge. In: Wasser und Abfall 11, S. 49–54.

Kästner, M.; Flöbner, W. (1933): Die Pflanzengesellschaften der erzgebirgischen Moore. Dresden: Verl. des Landesvereins Sächsischer Heimatschutz. Online verfügbar unter http://slubdd.de/katalog?TN_libero_mab23497473.

Keßler, K.; Edom, F.; Dittrich, I.; Wendel, D.; Feger, K.-H. (2011): Informationssystem Moore. Erstellung eines Fachkonzepts für ein landesweites Informationssystem zur Lage und Verbreitung von Mooren und anderen organischen Nassstandorten (SIMON). 1. Aufl. Dresden (Schriftenreihe des LfULG, 14).

Keßler, K.; Edom, F.; Dittrich, I.; Münch, A.; Dittrich, R. (2012): Moorhydrologisches Gutachten. Teil 2 Ökotopprognose und Maßnahmenplanung für das Projektgebiet „Moore bei Satzung“. Bannewitz.

Keßler, K.; Münch, A.; Wahren, A. (2020): Erarbeitung von Ökotopprognosen für organische und mineralische Nassstandorte im Landeswald des Freistaates Sachsen als fachliche Grundlage für die Weiterentwicklung der forstlichen Standortskarte und zur Entscheidungsunterstützung bei der Moorrevitalisierung. Abschlussbericht 9. Januar 2020. Auftraggeber: Staatsbetrieb Sachsenforst. Dresden.

Keßler, K.; Denner, M.; Dittrich, I.; Müller, I.; Wendel, D. (2014): Das Sächsische Informationssystem für Moore und organische Nassstandorte (SIMON) – aktueller Stand und Zukunft. In: TELMA – Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde (44), S. 115–138. DOI: 10.23689/FIDGEO-2912.

Müller-Kroehling, S.; Engelhardt, K.; Kölling, C. (2013): Zukunftsaussichten des Hochmoorlaufkäfers (*Carabus menetriesi*) im Klimawandel. In: Waldökologie, Landesforschung und Naturschutz 13, S. 73–85. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/profile/stefan-mueller-kroehling/publication/273139132_muller-kroehling_s_engelhardt_k_koelling_c_2013_zukunftsaussichten_des_hochmoorlaufkaefers_carabus_menetriesi_im_klimawandel_-_waldokologie_landschaftsforschung_und_naturschutz_13_73-85/links/54f9a8f00cf29a9fbd7c447e/mueller-kroehling-s-engelhardt-k-koelling-c-2013-zukunftsaussichten-des-hochmoorlaufkaefers-carabus-menetriesi-im-klimawandel-waldokologie-landschaftsforschung-und-naturschutz-13-73-85.pdf.

Pavlik, D.; Fiebiger, C.; Scheithauer, J.; Grunewald, K. (2005): Quantification of fluxes of humic substances in forested drinking water catchments in the low mountain range Ore Mountains (Erzgebirge), Germany. In: *Zemes un vides zin tnes* 2005 (692), S. 106–114. Online verfügbar unter <http://dspace.lu.lv/dspace/bitstream/handle/7/154/692.sej.pdf?sequence=1&isallowed=y#page=106>.

Riedel, L. (2003): Vier Berichte über die Gewinnung und Aufbereitung von Zinnstein aus der Seifenlagerstätte Steinbach-Sauschwemme bei Johanngeorgenstadt. Kleinvoigtsberg: Kugler.

Rudolph, K.; Firbas, F. (1924): Paläofloristische und stratigraphische Untersuchungen böhmischer Moore. Die Hochmoore des Erzgebirges. Ein Beitrag zur postglazialen Waldgeschichte Böhmens. Dresden: C. Heinrich.

SBS (2014): Moorrevitalisierung im Erzgebirge Revitalizace rašeliništ' v Krušných horác. Abschlussbroschüre Revitalisierung der Moore zwischen H. Sv. Šebestiána und Satzung – Umsetzungsphase. Pirna. Online verfügbar unter https://moorevital.sachsen.de/files/Broschuere_gross.pdf.

SBS (2017): Bewahren und Entwickeln. Naturschutzkonzept des Staatsbetriebes Sachsenforst für den sächsischen Landeswald. Pirna. Online verfügbar unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/29737>.

SBS (2021): Bericht zur Entwicklung eines grenzübergreifend anwendbaren Bewertungsschemas für Birkhuhnhabitate in den deutsch-tschechischen Kammlagen auf Basis von weitgehend automatisiert erfassbaren Fernerkundungsdaten im Rahmen des SNCZ 2020 Projektes „TetraoVit“. Unter Mitarbeit von M. Homann, H. Metzler und M. Weise. Pirna.

Schreiber, H. (1913): Das Moorwesen. Sebastiansbergs Führer durch die Moore, das Torfwerk, die Moorkulturstation und das Moormuseum. Staab: Verl. d. Deutschösterr. Moorvereines. Online verfügbar unter http://slubdd.de/katalog?TN_libero_mab213853426.

Schreiber, H. (1921): Die Moore und die Torfgewinnung im Erzgebirge. Prag: Deutsche Sektion des Landeskulturrates für Böhmen. Online verfügbar unter http://slubdd.de/katalog?TN_libero_mab214779588.

Schwanecke, W.; Kopp, D. (1996): Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke im Freistaat Sachsen. In: Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten 1996 (8). Online verfügbar unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/19574>.

Seifert-Eulen, M. (2016): Die Moore des Erzgebirges und seiner Nordabdachung. Vegetationsgeschichte ausgewählter Moore. In: LfULG (Hg.): Moore in Sachsen. Geoprofil 14 (2016). Freiberg, S. 4–78.

Slobodda, S. (1998): Entstehung, Nutzungsgeschichte, Pflege- und Entwicklungsgrundsätze für erzgebirgische Hochmoore. In: Sächsische Akademie für Natur und Umwelt (Hg.): Ökologie und Schutz der Hochmoore im Erzgebirge. 1. Aufl. Dresden: Sächsische Akademie für Natur und Umwelt, S. 10–30.

SMEKUL (2021): Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2021. Hg. v. Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft. Online verfügbar unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/37830>, zuletzt aktualisiert am 19.05.2022.

SMI (2013): Landesentwicklungsplan 2013. Dresden. Online verfügbar unter <https://www.landentwicklung.sachsen.de/landesentwicklungsplan-2013-4794.html>, zuletzt geprüft am 20.05.2022.

SMUL (2013): Waldstrategie 2050. für den Freistaat Sachsen. Dresden. Online verfügbar unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/11309>, zuletzt geprüft am 20.05.2022.

Succow, M.; Edom, F. (2001): Regenmoore. Mittelgebirgs-Regenmoore. In: Michael Succow und Hans Joosten (Hg.): Landschaftsökologische Moorkunde. Mit 10 Farbbildern, 223 Abbildungen, 136 Tabellen im Text sowie auf 2 Beilagen. 2., völlig neu bearbeitete Auflage. Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers, S. 395–398.

Succow, M.; Joosten, H. (Hg.) (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. Mit 10 Farbbildern, 223 Abbildungen, 136 Tabellen im Text sowie auf 2 Beilagen. 2., völlig neu bearbeitete Auflage. Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers.

Tiemeyer, B.; Freibauer, A.; Borraz, E.; Augustin, J.; Bechthold, M.; Beetz, S. et al. (2020): A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. In: Ecological Indicators 109, S. 105–838. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.105838.

Uhlmann, R. (2007): Das Moorschutzprojekt des Naturparks Erzgebirge/Vogtland. Bestandsaufnahme, Maßnahmenkatalog und Umsetzung. In: Sächsische Landesstiftung Natur und Umwelt (Hg.): Praktischer Moorschutz im Naturpark Erzgebirge/Vogtland und Beispiele aus anderen Gebirgsregionen: Methoden, Probleme, Ausblick. 1. Aufl. Bautzen: Lausitzer Druck- und Verlagshaus, S. 9–18.

Umweltbundesamt (Hg.) (2021): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2021. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2019. Unter Mitarbeit von M. Strogies und P. u.a. Gniffke. Dessau-Roßlau (Climate Change, 43).

Wricke, B.; Bornmann, K.; Plume, S. (2016): Einfluss von gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC) auf die Aufbereitung von Talsperrenwässern. In: energie | wasser-praxis 2016 (6/7), S. 68–78. Online verfügbar unter https://www.dvgw.de/medien/dvgw/meindvgw/fachinfos/aufsatz/1606_wricke.pdf.

Zimmermann, S. (2018): Automatisierte Differenzierung von Vegetationsstrukturen in Mooren mit Methoden der Fernerkundung. Online verfügbar unter <https://tud.qucosa.de/id/qucosa:31129>.

Zinke, P. (2002): Nutzungsgeschichte, Zustand und Revitalisierung der Moore im Erzgebirge. In: TELMA – Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde 32, S. 267–280. DOI: 10.23689/fidgeo-2884.

ZVNPEV (2000): Vorstudie Landesschwerpunktprojekt „Erzgebirgische Moore“. Bericht. Unter Mitarbeit von S. Ullmann, P. Zinke, A. Haupt und M. Künzel. Schlettau.



Herausgeber:

Staatsbetrieb Sachsenforst (SBS)

Bonnewitzer Straße 34

01796 Pirna OT Graupa

Telefon: + 49 3501 542-0

Telefax: + 49 3501 542-213

E-Mail: poststelle.sbs@smekul.sachsen.de

www.sachsenforst.de

Sachsenforst ist eine nachgeordnete Behörde des Sächsischen Staatsministeriums für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft.

Diese Veröffentlichung wird mitfinanziert durch Steuermittel auf Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Redaktion:

Kompetenzzentrum Wald und Forstwirtschaft

Referat Standortserkundung, Bodenmonitoring, Labor

Titelfoto

Isabelle Fanghänel

Gestaltung und Satz:

ReproMedia GmbH

Redaktionsschluss:

2. Juni 2022

Auflage:

150 Exemplare

Bezug:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis:

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinarbeit zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.



Facebook: @Sachsenforst



Instagram: sachsen_forst