

Hydrologie und Pedologie des Grundlosen Moores im Heidekreis als Basis für dessen Wiedervernässung

Hydrology and Pedology of the Bog “Grundloses Moor” in Northwest Germany
as a Basis for its Rewetting

Masterarbeit im Studiengang Landschaftswissenschaften (M. Sc.)
an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

Verfasser Lennard Hani Heidberg
Matrikelnummer: 3073780
E-Mail: Lennard@Heidberg.net

Erstprüfer Professor Dr. Hansjörg Küster,
Institut für Geobotanik der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

Zweitprüfer Dr.-Ing. Ullrich Dettmann,
Institut für Bodenkunde der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
und Institut für Agrarklimaschutz des Johann Heinrich von Thünen-Institutes



„Die Eigenart des Naturraumes Moor, seine Lebensfülle und seine ökologischen Besonderheiten, die sich ständig aufdrängenden Fragen nach der Genese, aber auch der menschlichen Nutzung und damit anthropogenen Umwandlung – all das fordert auf zu intensiver wissenschaftlicher Untersuchung, zu immer tieferem Eindringen in die Naturzusammenhänge.“

Succow, M.; Vorwort Landschaftsökologische Moorkunde; Greifswald, im Dezember 2000

oben links: Grundloser See, oben rechts: Torfmoos-Wollgras-Schwingrasen in historisch bäuerlichem Torfstich
 mitte links: Rundblättrige Sonnentau (*Drosera rotundifolia*) und Torfmoose (*Sphagnum spec.*), mitte rechts: Kreuzotter (*Vipera berus*)
 unten links: Torfmoose (*Sphagnum spec.*) und Moosbeere (*Vaccinium oxycoccos*), unten rechts: Glockenheide (*Erica tetralix*)

Alle Fotos in dieser Arbeit wurden 2021/2022 vom Verfasser im Naturschutzgebiet Grundloses Moor aufgenommen

Danksagung

Herrn Professor Dr. Hansjörg Küster und Herrn Dr.-Ing. Ullrich Dettmann danke ich für die Betreuung dieser Abschlussarbeit, für die fachliche Unterstützung und Hilfe in allen Phasen der Arbeit sowie für zentrale Anregungen und Diskussionen.

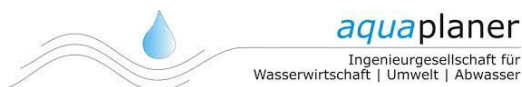
Besonders danke ich Herrn Hinnerk Voermanek von der Ingenieurgesellschaft aquaplaner für den Kontakt zu Frau Ina Stöckmann (Unteren Naturschutzbehörde Heidekreis) und für hilfreiche Ratschläge. Frau Stöckmann gilt mein Dank für die Integration im KliMo-Projekt.

Weiterhin bedanke ich mich herzlich bei meinem Kommilitonen Sebastian Schäfer sowie seinem Vater Herrn Dr. Walter Schäfer für die lehrreichen Begehungen vor Ort im Grundlosen Moor sowie für wertvolle Diskussionen. Bei meiner Kommilitonin Annika Kruse bedanke ich mich für den bereichernden Austausch. Allen dreien danke ich für die kritische Durchsicht meiner Arbeit.

Dem Leiter des Stadtarchivs Walsrode Herrn Thorsten Neubert-Preine danke ich für die Unterstützung bei der Recherche im Archiv. Herrn Kurt Ahrens gilt mein Dank für die Bereitstellung der historischen Fotografien sowie für die Berichte zum Geschehen des bäuerlichen Torfstichs im Grundlosen Moor.

Bei der Arbeitsgruppe für Agrarklimaschutz von Herrn Dettmann am Thünen-Institut bedanke ich mich für die vielfältigen Unterstützungen. Ein Dankeschön gilt auch der Arbeitsgruppe des Fernstudiums Wasser und Umwelt der Leibniz Universität Hannover, besonders danke ich Frau Dr.-Ing. Katrin Kayser und Frau PD Dr.-Ing. Christine Helmer-Madhok für die angenehme Arbeitsatmosphäre und Zusammenarbeit sowie Förderung während meines Masterstudiums.

Meiner Familie gilt außerdem mein Dank für Ihre allseitige Förderung und Rückhalt während meines Studiums und der Anfertigung dieser Arbeit.



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
1 Einleitung	2
1.1 Integration der vorliegenden Arbeit im KliMo-Projekt	3
1.2 Zielsetzung, Fragestellungen und Hypothesen	6
2 Definitionen, Klassifikationen und Zusammenhänge in der Moorkunde	8
3 Das Grundlose Moor bei Walsrode	14

Teil I. Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte des Grundlosen Moores

4 Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte	20
4.1 Methode	20
4.1.1 Datengrundlage und Datenaufnahme	20
4.1.2 Datenauswertung	22
4.2 Ergebnisse erster Teil	23
4.2.1 Pollenanalyse	23
4.2.2 Historische Analyse	24
4.2.3 Landschaftselemente	26
4.3 Diskussion erster Teil	28

Teil II. Hydrologie und Pedologie des Grundlosen Moores

5 Hydrologische und Pedologische Untersuchungen	38
5.1 Material und Methoden	38
5.1.1 Datengrundlage	38
5.1.2 Material und Gerät	41
5.1.3 Installation des hydrologischen Monitorings	42
5.1.3.1 Datenaufnahme	47
5.1.3.2 Datenauswertung	49
5.1.4 Klimatische Wasserbilanz	50
5.1.5 Pedologische Datenaufnahme und Datenauswertung	51

5.1.6	Pedologisch-hydrologische-Querprofile	54
5.2	Ergebnisse zweiter Teil.....	55
5.2.1	Klimatische Wasserbilanz.....	55
5.2.2	Gemessene Moorwasserstände der trockenen Saison 2021.....	56
5.2.3	Modelle Moorwasserstand (Grundwasserflurabstand).....	58
5.2.4	Modell Grund- und Oberflächenwasserspiegel	60
5.2.5	Bohrprofile	61
5.2.6	Gemessene und modellierte Moormächtigkeit.....	62
5.2.7	Pedologisch-hydrologische-Querprofile	64
5.3	Diskussion zweiter Teil.....	67
5.3.1	Moorhydrologie und Wasserhaushalt des Grundlosen Moores.....	67
5.3.2	Pedologie des Grundlosen Moores.....	76
5.3.3	Verknüpfung von Hydrologie und Pedologie	79
5.3.4	Verknüpfung von Pollen-, Landschaftsanalyse und Torfansprache.....	83
 Teil III. Schlussfolgerung der erzielten Ergebnisse und Implikationen für die Wiedervernässung sowie das zukünftige Management des Grundlosen Moores		
6	Schlussfolgerung und Implikation für die Zielformulierung sowie Maßnahmenplanung	86
6.1	Schlussfolgerung der Ergebnisse.....	86
6.2	Leitbild und Zielformulierung.....	91
6.3	Ideen ergänzender Maßnahmen	93
7	Ausblick	98
8	Literatur- und Quellenverzeichnis	99

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Integration der Arbeiten in den idealisierten schematischen Ablauf des Moorentwicklungsprojektes (KliMo-Projektes).....	4
Abbildung 2 Übersicht zu den ökologischen Moortypen (SUCCOW & JESCHKE 1986, S. 29)	9
Abbildung 3 Schematischer Schnitt durch ein Hochmoor.....	10
Abbildung 4 Schematisches Systemmodell: Entwässerung und Absinken des Moorwasserstandes eines Hochmoorökosystems (verändert nach im Folgenden erläuteter Literatur)	12
Abbildung 5 Geographische Lage des NSG Grundloses Moor.....	14
Abbildung 6 FFH-Lebensraumtyp 91D0* „Moorwälder“ im Grundlosen Moor.....	17
Abbildung 7 FFH-Lebensraumtyp 3160 „Dystrophe Seen und Teiche“ – Grundloser See im Grundlosen Moor.....	18
Abbildung 8 Pollendiagramm Grundloses Moor (verändert nach ABTEILUNG FÜR PALYNOLOGIE UND KLIMADYNAMIK DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN (o. J.) <i>Anlage I</i> in DIN A4)	21
Abbildung 9 Schreiben an Oberkreisdirektor in Fallingb. (STA WALSRODE 1947)	25
Abbildung 10 Historische Aufnahmen des bäuerlichen Torfstichs im Grundlosen Moor (Ahrens, ,K.; Mai 1962)	25
Abbildung 11 Landschaftselemente im Grundlosen Moor (<i>Anhang C</i> in DIN A3)	26
Abbildung 12 <i>linkes Foto</i> : Hauptentwässerungsgraben Grundloses Moor (20.04.2021); <i>rechtes Foto</i> : als „weitgehend“	27
Abbildung 13 <i>linkes Foto</i> : Landschaftselement (Torfstichwand > 6dm); <i>rechtes Foto</i> : Vegetation durch anthropogen geschaffenes Relief bedingt mit Torfstichwänden und Torfabfuhrdämmen	27
Abbildung 14 Material und Geräte.....	42
Abbildung 15 <i>links</i> : schematische Darstellung Grundwasserpegel, mit [1] Grundwasseroberfläche bis POK [2] Grundwasserflurabstand (Grundwasseroberfläche bis GOK) [3] Torfkörper [4] Mudde / mineralsicher Untergrund; <i>rechts</i> : Foto Grundwasserpegel	44
Abbildung 16 <i>links</i> : schematische Darstellung Oberflächenpegel, mit [1] Oberflächenwasserspiegel bis POK [2] freier Wasserkörper [3] Torfkörper [4] Mudde / mineralsicher Untergrund; <i>rechts</i> : Foto Oberflächenpegel im Hauptentwässerungsgraben	45
Abbildung 17 Hydrologisches Monitoring mit abgegrenzten Transekten A bis E2	46
Abbildung 18 Abgesteckte Teiluntersuchungsgebiete (TUG I, II und III).....	47
Abbildung 19 Installiertes hydrologisches Monitoring mit prioritärer räumlicher und zeitlicher Auflösung im NSG Grundloses Moor (<i>Anhang D</i> in DIN A3).....	48
Abbildung 20 Bohrungen und Sondierungen im NSG Grundloses Moor	52

Abbildung 21 <i>linkes Foto:</i> gelegtes Bohrprofil mit Edelmannbohrer; <i>rechts:</i> Beprobung von Schwinggrasen, mit [1] Vegetation [2] Boden [3] Wasserkörper [4] Torfkörper [5] mineralische Basis	53
Abbildung 22 Klimadiagramme DWD Station (4745) Soltau; <i>links:</i> 2021; <i>rechts:</i> langjähriges Mittel 2010 bis 2020	55
Abbildung 23 <i>linkes Foto:</i> E1-OP2 am 23.05.2021 im Grundlosen Moor; <i>rechtes Foto:</i> E1-OP2 am 14.08.2021 im Grundlosen Moor	57
Abbildung 24 Ausgewertete Wasserstandszeitreihen der Loggerdaten im 30 minütigem Messintervall	57
Abbildung 25 Modellierter Moorwasserstand (Grundwasserflurabstand) im NSG Grundloses Moor (<i>Anhang E</i> in DIN A3)	59
Abbildung 26 Modellierter Moorwasserstand in den neun Referenzräumen der Transekte (<i>Anhang F</i> in DIN A3)	60
Abbildung 27 Modellierter Grund- und Oberflächenwasserspiegel im NSG Grundloses Moor (<i>Anhang G</i> in DIN A3)	61
Abbildung 28 Modellierter Moormächtigkeit (<i>Anhang H</i> in DIN A3)	63
Abbildung 29 Querprofil C1-C2 (<i>Anlage II</i>)	64
Abbildung 30 Querprofil D1-D2 (<i>Anlage II</i>)	66
Abbildung 31 Vernässungszonen A-C und wasserbauliche Maßnahmen auf Basis hydrologischer und pedologischer Untersuchungen im NSG Grundloses Moor (<i>Anhang I</i> in DIN A3)	94

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Datengrundlage für die Landschaftsanalyse im Grundlosen Moor	20
Tabelle 2 Entwicklungsphasen des Grundlosen Moores und deren Interpretation	28
Tabelle 3 Datengrundlage und genutzte Informationsquellen	38
Tabelle 4 Genutzte GIS Datengrundlagen für die hydrologischen und pedologische Datenerhebung und -auswertung	40
Tabelle 5 Material und Gerät.....	41
Tabelle 6 Räumlich und zeitliche Untergliederung des Untersuchungsgebietes in drei TUG	48
Tabelle 7 Wasserstufen (nach KOSKA et al. (2001) und COUWENBERG et al. (2008))	50
Tabelle 8 Vergleich der medianen Grundwasserflurabstände von Logger- und Stichtagsdaten	58
Tabelle 9 Wasserbauliche Maßnahmen	95

Anhang- und Anlagenverzeichnis

Anhang

Anhang A	Stichtagsprotokolle: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor
Anhang B	Bohrprotkole NSG Grundloses Moor
Anhang C	Karte Erfasste Landschaftselemente im NSG Grundloses Moor
Anhang D	Karte Installiertes hydrologisches Monitoring mit prioritärer räumlicher und zeitlicher Auflösung im NSG Grundloses Moor
Anhang E	Karte Modellierter Moorwasserstand (Grundwasserflurabstand) im NSG Grundloses Moor
Anhang F	Karte Modellierter Moorwasserstand in den neun Referenzräumen der Transekte
Anhang G	Karte Modellierter Grund- und Oberflächenwasserspiegel im NSG Grundloses Moor
Anhang H	Karte Modellierter Moormächtigkeit im NSG Grundloses Moor
Anhang I	Karte Vernässungszonen A-C und wasserbauliche Maßnahmen auf Basis hydrologischer und pedologischer Untersuchungen im NSG Grundloses Moor
Anhang J	Wasserbauliche Maßnahmen

Anlagen

Anlage I	Pollendiagramm (verändert nach ABTEILUNG FÜR PALYNOLOGIE UND KLIMADYNAMIK DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN (o. J.)
Anlage II	Querprofile C1-C2 und D1-D2

Abkürzungsverzeichnis

BK50	Bodenkarte von Niedersachsen 1 : 50.000
DGM	Digitales Gelände Modell
DWD	Deutscher Wetterdienst
EFRE	Europäischen Fonds für regionale Entwicklung
ET	Potentielle jährliche Evapotranspiration
FFH	Flora-Fauna-Habitat
FOP	Forschungsorientiertes Projekts
GIS	Geoinformationssystem
GK25	Geologische Karte von Niedersachsen 1 : 25.000
GNSS	Globales Navigationssatellitensystem
GOK	Geländeoberkante
GPS	Global Positioning System
hH	Hochmoortorf
hHv	Vererdungshorizont Hochmoortorf
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KA5	Bodenkundliche Kartieranleitung 5. Auflage
KliMo	Klimaschutz durch Moorentwicklung
KWB	Klimatische Wasserbilanz
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
LGLN	Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen
LiDAR	Light Detection and Ranging
LUH	Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
NABU	Naturschutzbund
nH	Niedermoortorf
NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
NSG	Naturschutzgebiet
ÖL	Ökosystemleistungen
OP	Oberflächenpegel
OPW	Oberflächenpegel West
P	Pegel

PO	Pegel Ost
POK	Pegeloberkante
TI	Johann Heinrich von Thünen-Institut
TK25	Topographische Karte 1 : 25 000
TUG	Teiluntersuchungsgebiet
uH	Übergangsmoortorf
UNB	Untere Naturschutzbehörde
WLs 2021	Median des Wasserstandes der trockenen Saison, also des Messhalbjahres der vorliegenden Arbeit vom 23.05.2021 bis zum 27.11.2021
WLw	Median des Wasserstandes der nassen Saison (November bis April)

Zusammenfassung

In der vorliegenden Masterarbeit wurde das Naturschutzgebiet „Grundloses Moor“ bei Walsrode im Rahmen des EU- KliMo-Projektes „Vernässung von Mooren im Heidekreis“ daraufhin untersucht, wie eine Wiedervernässung des durch „bäuerlichen Torfstich“ geprägten Hochmoores langfristig gelingen kann. Die anthropogene Beeinträchtigung des Wasserregimes stellt die Erhaltung des Moorkörpers und der Moor-Habitate, welche hochspezialisierten Arten als Lebensraum dienen, vor große Herausforderungen. Eine nachhaltige Wiedervernässung ist somit aus umwelt- und klimapolitischer Sicht bedeutsam. Die Geschichte sowie der gegenwärtige Ausgangszustand des Moores bilden dabei die Grundlage für eine zukunftsorientierte, effiziente und erfolgreiche Planung von Vernässungsmaßnahmen mit dem Ziel einer langfristigen Revitalisierung. Um einem solchen Ziel gerecht zu werden, wurde im Grundlosen Moor ein hydrologisches Monitoring installiert. Zusätzlich, gestützt durch pedologische Untersuchungen und eine Pollen- und Landschaftsanalyse unter Einbezug von historischen Dokumenten, wird eine umfangreiche Datenmenge über die Genese, die anthropogene Überprägung sowie den gegenwärtigen hydrologischen und pedologischen Zustand erhoben und diskutiert. Die Auswertung der gesammelten Daten weist auf eine erhöhte Dringlichkeit zur Wiedervernässung des Moores hin. Zu diesem Zweck werden bestehende Maßnahmen, wie der Verschluss des Hauptentwässerungsgrabens sowie weiterführende Ideen wie das Anlegen von Dämmen aufgeführt.

Abstract

In this Master's thesis, the nature reserve "Grundloses Moor" near Walsrode was investigated within the framework of the EU KliMo project "Vernässung von Mooren im Heidekreis" to see how the rewetting of the raised bog, which was characterised by "peat cutting", can succeed in the long term. The anthropogenic impairment of the water regime poses great challenges to the conservation of the peat-body and the habitats of a wetland. They serve as habitats for highly specialised species. Sustainable rewetting is therefore important from both an environmental and climate policy perspective. The historic as well as the current initial condition of the peatland are the basis for a future-oriented, efficient and successful planning of rewetting measures. They aim for a long-term revitalisation. In order to meet such a goal, hydrological monitoring was installed in the peatland. Supported by pedological investigations and a pollen and landscape analysis with the inclusion of historical documents, an extensive amount of data on the genesis, anthropogenic overprinting and the current hydrological and pedological condition was collected and is discussed in this thesis. The evaluation of the collected data indicates an increased urgency for the rewetting of the peatland. For this purpose, existing measures such as the closure of the main drainage ditch as well as further ideas such as the creation of dams are listed.

1 Einleitung

Moore nehmen nur etwa 3 % der Landfläche der Welt ein, enthalten jedoch mehr Kohlenstoff als die gesamte Biomasse aller Wälder der Erde und stellen damit einen bedeutenden Bestand an Bodenkohlenstoff dar (JOOSTEN 2010; WADDINGTON et al. 2010).

In intakten Moorökosystemen wird unter wassergesättigten und somit sauerstofffernen Bedingungen, infolge von hoch anstehenden Moorwasserständen¹, organische Substanz in Form von Torf kaum bis nicht zersetzt (MOORE 2002; BONN et al. 2014; SUCCOW & JOOSTEN 2001b). Aufgrund des Sauerstoffmangels wird die Oxidation des organischen Materials gehemmt sowie die Aktivität von abbauenden Mikroorganismen gebremst (TIMMERMANN et al. 2009). Dadurch können nasse, also wassergesättigte Moore über die Zeit immense Kohlenstoffspeicher bilden.

Die anthropogene Entwässerung von Moorökosystemen, unter anderem zur Gewinnung von landwirtschaftlicher Nutzfläche sowie zum Torfabbau als Brennmaterial, führt dazu, dass dieser teils über Jahrtausende akkumulierte Kohlenstoff zersetzt wird (SUCCOW 2001b; SUCCOW & JOOSTEN 2001b). Durch entwässernde Eingriffe in die Moorhydrologie werden aus intakten Mooren, welche TIMMERMANN et al. (2009) auch als „Akkumulationsökosysteme (sinks)“ bezeichnet, degradierte Moore, welche aufgrund der oxidativen Bedingungen beträchtliche Mengen an Treibhausgasen freisetzen (DRÖSLER et al. 2008; LEIFELD & MENICHETTI 2018) - TIMMERMANN et al. (2009) bezeichnet solche degradierende Moore daher auch als „Freisetzungssystemen (source)“.

In jüngerer Zeit wird daher der Idee, Moore aus Klimaschutzgründen zu restaurieren, nachgegangen (WADDINGTON et al. 2010; TIMMERMANN et al. 2009). Nur durch eine Wiedervernässung, also der Wiederherstellung „nasser“, genauer wassergesättigter und somit sauerstoffferner Bedingungen, kann der gespeicherte Kohlenstoff erhalten sowie eine Regeneration von entwässerten Mooregebieten wieder hin zu einem „Akkumulationsökoystem“ in Aussicht gestellt werden (TIMMERMANN et al. 2009; LEIFELD & MENICHETTI 2018; GÜNTHER et al. 2020).

Neben der Klimawirksamkeit erbringen intakte und renaturierte Moore zahlreiche weitere Ökosystemleistungen. Dazu zählen die Regulierung des Lokalklimas und Wasserhaushalts sowie der Rückhalt von Nährstoffen, aber auch kulturelle Ökosystemleistungen wie Erholung und Gesundheit (WAYLEN et al. 2016; JOOSTEN et al. 2013). Außerdem dienen Moore als Grenzstandort hochspezialisierten Arten als Lebensraum und haben deshalb eine besondere Bedeutung für den Erhalt der biologischen Vielfalt (TIEMEYER et al. 2017).

¹ Wasserstand im Moor relativ zur Bodenoberfläche, wird auch als Grundwasserflurabstand bezeichnet (TIEMEYER et al. 2017).

Daher ist die Erhaltung sowie die Wiederherstellung dieser kohlenstoffreichen Ökosysteme laut IPCC sowohl eine wichtige Klimawandel-Mitigations- als auch Adaptionsstrategie (IPCC 2021).

Durch die anthropogenen Eingriffe gestaltet sich die heutige Moorlandschaft in Deutschland wie folgt: Insgesamt sind über 95 % der Moore in Deutschland entwässert (JOOSTEN et al. 2017). Nach TREPEL et al. (2017) werden davon 72 % landwirtschaftlich genutzt, gefolgt von Forstwirtschaft (14 %), Infrastruktur (7 %), Torfabbau (1,5 %) und anderweitiger Nutzung (1,5 %). Nur etwa 4 % der verbleibenden Moorflächen sind ungenutzt oder als Naturschutzgebiet deklariert (TREPEL et al. 2017).

Zu diesen 4 % gehört das Naturschutzgebiet (NSG) „Grundloses Moor“ bei Walsrode im Heidekreis. Es ist ein, durch über Jahrhunderte andauernden „bäuerlichen Torfstich“, geprägtes, degradiertes Hochmoor (SCHNEEKLOTH & TÜXEN 1978). Das NSG wird von mehreren Entwässerungsgräben durchzogen, die es bis heute nachhaltig entwässern (AQUAPLANER 2020). Die Unterbindung der Entwässerung sowie eine langfristige Wiedervernässung des Grundlosen Moores ist somit aus umwelt- und klimapolitischer Sicht dringend geboten. Diesem Ziel geht die Untere Naturschutzbehörde (UNB) seit 2018 im KliMo-Projekt (Klimaschutz durch Moorentwicklung) nach. Nur durch eine nachhaltige Wiedervernässung kann nach SUCCOW & JOOSTEN (2001b) eine Moorrevitalisierung bzw. Moorrestaurierung eines Hochmoores, mit dem Ziel ein wachsendes Moor wiederherzustellen, gelingen.

1.1 Integration der vorliegenden Arbeit im KliMo-Projekt

Im Folgenden wird vorgestellt, wie sich die vorliegende Arbeit in das bestehende KliMo-Projekt „Vernässung von Mooren im Heidekreis“ einfügt und welche Akteure beteiligt sind.

Der UNB Heidekreis wurde im Rahmen des europäischen Förderprogramms „Europäischer Fonds für regionale Entwicklung“ (EFRE) das KliMo-Projekt „Vernässung von Mooren im Heidekreis“ bewilligt. Folgende FFH- und Naturschutzgebiete werden im Zuge des Projektes bearbeitet und entwickelt: „Vehmsmoor“, „Grundloses Moor“, „Riensheide mit Stichter See und Sägenmoor“ und „Seemoor mit Schwarzem Moor bei Zahrensen“. Bei einer 75 %-igen Förderquote betragen die zuwendungsfähigen Gesamtausgaben etwa 1 Mio. € (LANDKREIS HEIDEKREIS 2018). Das KliMo-Projekt strebt an, die Entwässerung gezielt zu unterbinden sowie durch geplante Vernässungsmaßnahmen ein Fortschreiten der Torfmineralisierung zu mindern. „Nach derzeitigem Stand hat das Projekt insgesamt ein Reduktionspotential von ca. 3.375 Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr“ (LANDKREIS HEIDEKREIS 2018).

Die Entwässerung soll durch wasserrückhaltende Maßnahmen, wie Grabeneinstau und das Anlegen von Dämmen unterbunden werden. Es ist außerdem erforderlich, gebietsfremde Arten, wie die Kulturheidelbeere und in Teilbereichen auch Stroben, Kiefern und Birken, zu entfernen. Somit kann die Evapotranspiration minimiert und potenzielle Freiflächen offengehalten werden. Die Maßnahmen sollen die Natura 2000-Lebensräume langfristig sichern und entsprechend der rechtlichen Vorgaben entwickeln. Somit können durch die Maßnahmen Synergien zwischen Klimaschutz und dem Schutz der biologischen Vielfalt geschaffen sowie zahlreiche Ökosystemleistungen für das Gebiet verbessert werden (LANDKREIS HEIDEKREIS 2018).

Im Rahmen des KliMo-Projektes wird die vorliegende Arbeit für das NSG „Grundloses Moor“ angefertigt. Material, Geräte und Messinstrumente wurden vom Johann Heinrich von Thünen-Institut dem Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (TI), der Ingenieurgesellschaft aquaplaner und der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover (LUH) bereitgestellt.

Wie der *Abbildung 1* zu entnehmen, ist die Grundvoraussetzung für jedes Moorentwicklungsprojekt umfassende Kenntnis zum derzeitigen Ausgangszustand des betreffenden Moorökosystems. Insbesondere sind Kenntnisse zur Hydrologie als auch über die Landschaftsgeschichte unabdingbar für jede Zielformulierung und Maßnahmenplanung (TIMMERMANN et al. 2009).

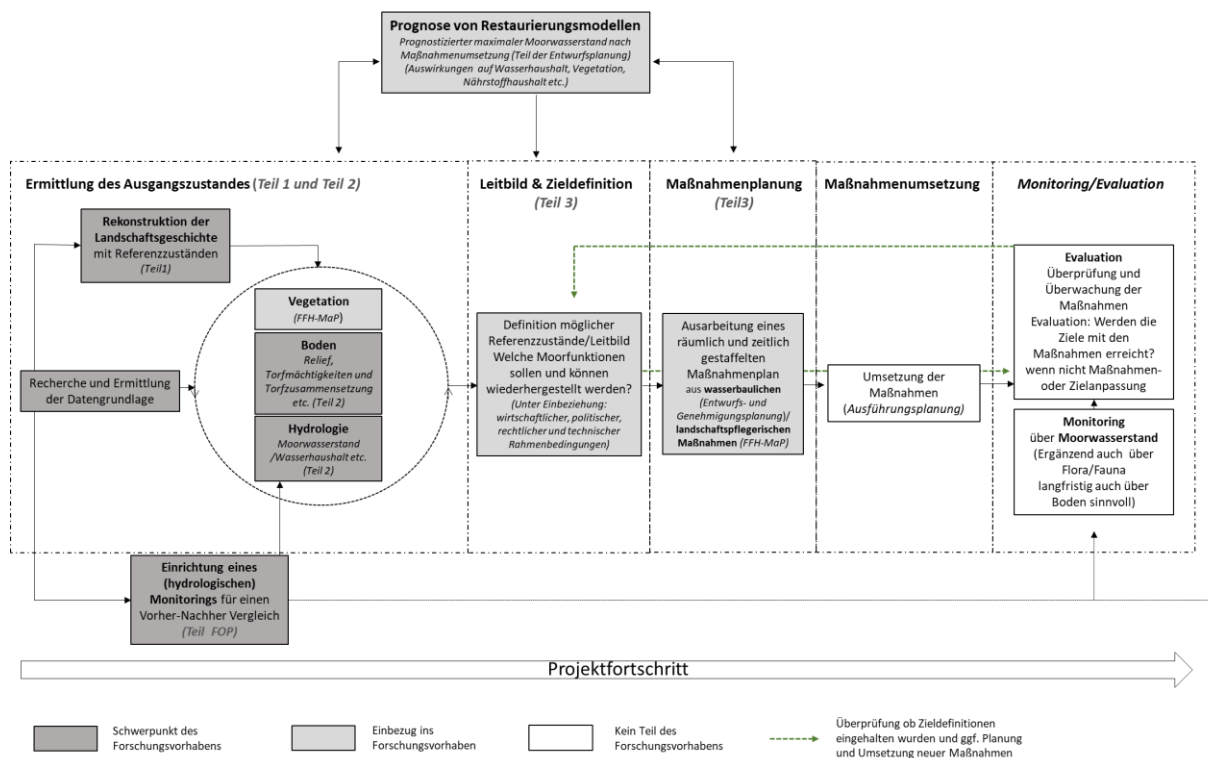


Abbildung 1 Integration der Arbeiten in den idealisierten schematischen Ablauf des Moorentwicklungsprojektes (KliMo-Projekt)

Wie *Abbildung 1* zeigt, liegt mit dem FFH-Managementplan eine Datengrundlage zur Vegetation des Grundlosen Moores vor. Es wurde erkannt, dass eine Ergänzung der Datengrundlage zur Hydrologie und Pedologie sowie eine Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte für das laufende Projekt wertvoll wären. Diese in *Abbildung 1* dunkelgrau markierten Komponenten des Moorentwicklungsprojektes bilden somit die Schwerpunkte dieser Arbeit.

Der rote Faden der vorliegenden Studie baut auf dem abgebildeten Flussdiagramm auf:

Teil I „Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte des Grundlosen Moores“ dieser Arbeit widmet sich der Genese sowie menschlichen Nutzung des Moores. Für die Landschaftsanalyse werden die Methoden der Pollenanalyse, historischen Analyse und die Erfassung von Landschaftselementen genutzt, um möglichst genaue aber auch in der Zeit weitreichende Entwicklungsphasen abgrenzen zu können.

Teil II „Hydrologie und Pedologie des Grundlosen Moores“ liefert Erkenntnisse zum gegenwärtigen hydrologischen und pedologischen Zustand. Dabei kann auf hydrologische Daten eines im vorangestellten Forschungsorientierten Projekt (FOP) fest installierten hydrologischen Monitorings zurückgegriffen werden. Diese Datenlage wurde im Zuge dieser Arbeit weiter ergänzt. Durch die Herangehensweise ist es gelungen, während der Bearbeitungszeit des trockenen Sommerhalbjahres 2021 (Mai bis November) hydrologische Daten aufzunehmen. Die Vorgehensweise der Installation des hydrologischen Monitorings wird zusammenfassend vorgestellt. Auf Basis der durch das Monitoring eingerichteten Transekte, wurden Bohrungen mit Torfansprache durchgeführt. Durch diese Datenerhebungen können Messdaten und darauf aufbauende Modelle zur Hydrologie und Pedologie vorgestellt werden. Wie der *Abbildung 1* weiter zu entnehmen ist, kann solch ein Monitoring in einem Moorentwicklungsprojekt weitergeführt werden, um Veränderungen im Entwicklungsgebiet zu überprüfen, Maßnahmen nachzujustieren sowie Zieldefinitionen in der Zukunft evaluieren und anpassen zu können.

Teil III „Schlussfolgerung der erzielten Ergebnisse und Implikationen für die Wiedervernässung und das zukünftige Management des Grundlosen Moores“ stellt einen Ausblick dar. Es werden auf Basis der Rekonstruktion der Genese und der menschlichen Überprägung sowie der Zustandserhebung des Wasserhaushaltes und des Torfkörpers ergänzende Ziele und Ideen für die Maßnahmenplanung vorgestellt, welche im KliMo-Projekt und zukünftigen Moormanagement impliziert werden können.

1.2 Zielsetzung, Fragestellungen und Hypothesen

Zielsetzung

Ziel des vorliegenden Forschungsvorhabens ist es, durch die verknüpfenden Untersuchungen von den zusammenhängenden naturdynamischen Prozessen, kulturellen Einflüssen mit den Ideen der Menschen ihrer Zeit sowie den Erdoberflächenprozessen, also des Wasserhaushaltes und der Pedologie ein grundlegendes Verständnis des Moorsystems „Grundloses Moor“ zu erlangen.

Die in der Arbeit vorangestellte Rekonstruktion der Geschichte verfolgt das Ziel, ein landschaftswissenschaftliches Verständnis des gegenwärtigen Gebietes zu entwickeln, da nur über Kenntnisse der Vergangenheit die heutige Landschaft begreifbar wird. Die Untersuchungen zur gegenwärtigen Hydrologie und Pedologie des Gebietes verfolgen das Ziel die Datengrundlage zum heutigen Ausgangszustand des Wasserhaushaltes und des Torfkörpers zu ergänzen.

Auf dieser Basis sollen ein mögliches Leitbild sowie Restaurierungsziele formuliert werden, um darauf aufbauend, Hinweise für ergänzende Restaurierungsmaßnahmen und ein zukunftsorientiertes Management zu liefern.

Forschungsfragen

Um diesen formulierten Zielen nachzugehen, wird in der Arbeit folgenden Forschungsfragen nachgegangen:

Teil I

1. *Wie ist das Grundlose Moor entstanden und inwieweit wurde es anthropogen geprägt?*

Teil II

2. *Wie ist der Wasserhaushalt des Grundlosen Moores zu charakterisieren?*
3. *Wie ist das Grundlose Moor pedologisch zusammengesetzt?*
4. *Lassen sich die Ergebnisse des heutigen Wasserhaushaltes und der pedologischen Zusammensetzung durch die Entstehung sowie menschlichen Einflüsse erklären? (Unterfrage Teil I ⊗ Teil II)*

Teil III

5. *Können prioritäre Flächen mit höherem Vernässungspotential abgegrenzt werden?*
6. *Wo und wie können ergänzende wasserrückhaltende Maßnahmen umgesetzt werden?*

Hypothesen

Durch das vorgelagerte FOP können folgende Hypothesen aufgestellt werden:

1. Das Gebiet ist durch bäuerlichen Torfstich und Entwässerung stark anthropogen geprägt.
2. Der Wasserhaushalt des Gebietes wurde und wird aufgrund nachhaltiger Entwässerungsmaßnahmen stark beeinträchtigt.

3. In Torfstichen steht das Wasser wahrscheinlich näher an der GOK als auf den Torfabfuhrdämmen.
4. Die pedologische Zusammensetzung ist aufgrund des Torfstiches stark gestört.

Für die Einrichtung des hydrologischen Monitorings (*Teil II*) wurden im FOP folgenden Hypothesen formuliert, welche in dieser Arbeit weiterverfolgt werden:

5. Das Grundlose Moor entwässert großflächig über den zentralen Hauptentwässerungsgraben.
6. Die Moormächtigkeiten sind im zentralen Moorkernbereich tiefgründiger und nehmen zu den Gebietsrändern hin ab.

2 Definitionen, Klassifikationen und Zusammenhänge in der Moorkunde

Im folgenden Kapitel werden für die Arbeit wichtige Definitionen, Moorklassifikationen sowie grundlegende Zusammenhänge der Moorkunde vorgestellt.

Definitionen

Verschiedene Definitionen von „Mooren“ sind in der Literatur zu finden. SUCCOW & JOOSTEN definieren den Begriff wie folgt: „Moore sind Landschaften in denen Torf gebildet wird oder oberflächlich ansteht“ (SUCCOW & JOOSTEN 2001b, S. 2). In der vorliegenden Arbeit wird der Begriff nach der AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN (2005) verstanden, welche Moore als Böden aus Torfen von mindestens 30 cm Mächtigkeit definiert.

Wobei Torf als sedentäres, organisches Material, mit einem Gehalt an organischer Bodensubstanz von mindestens 30 Gewichtsprozenten definiert wird (SCHEFFER et al. 2010). Torf wird überwiegend aus abgestorbenem, humifiziertem Pflanzenmaterial zusammengesetzt, welches aufgrund von Wassersättigung und sauerstofffernen Bedingungen nicht vollständig abgebaut werden konnte. Deshalb ist die Pflanzenstruktur im Torf teilweise noch zu erkennen (SUCCOW & JOOSTEN 2001b).

Moorklassifikationen

Die hydrologischen Bedingungen sind für die Moorgenese ausschlaggebend. Daher kann man Moore aufgrund ihrer hydrologischen Entstehung und Entwicklung in drei hydromorphologische Haupttypen einordnen: Ombrogene Hochmoore, auch als Regenmoore bezeichnet, werden ausschließlich durch Niederschlag gespeist (MITSCH & GOSSELINK 2015). Niedermoores werden auch durch minerogenes Wasser, d.h. Oberflächen-, Boden- oder Grundwasser geprägt. Des Weiteren wird ein Zwischenzustand beschrieben, welcher den Übergang von einem Niedermoor zu einem Hochmoor darstellt (DIERßEN & DIERßEN 2008; SUCCOW & JOOSTEN 2001b). Diese Unterteilung wurde durch SUCCOW in den 80-er Jahren für die Moore Mitteleuropas, insbesondere basierend auf der Wasserdynamik und Wasserqualität, erweitert. Die Wasserdynamik beruht auf der hydrologisch-entwicklungshistorischen Charakterisierung von Mooren und wird durch acht Untertypen abgegrenzt. Diese werden als hydrogenetische Moortypen bezeichnet (SUCCOW 1988; SUCCOW & JOOSTEN 2001b). Es werden sieben minerogene Moore klassifiziert, welche den Nieder- und Zwischenmooren zugeordnet werden. Diese werden nach der Neigung ihrer Oberfläche nochmals unterteilt. Zu den horizontalen, minerogenen Mooren gehören: Verlandungsmoore, Versumpfungsmoore, Überflutungsmoore und Kesselmoore. Hangmoore, Quellmoore und Durchströmungsmoore werden den geneigten, minerogenen Mooren zugeordnet. Die ombrogenen Hochmoore werden nicht weiter unterteilt und als hydrogenetischer Moortyp klassifiziert (SUCCOW & JOOSTEN 2001b). *Abbildung 2* zeigt, wie die Wasserqualität, bedingt durch die Trophie (gemessen am

C/N- Verhältnis) und den pH-Wert, ausschlaggebend für die Entwicklung verschiedener ökologischer Moortypen ist.

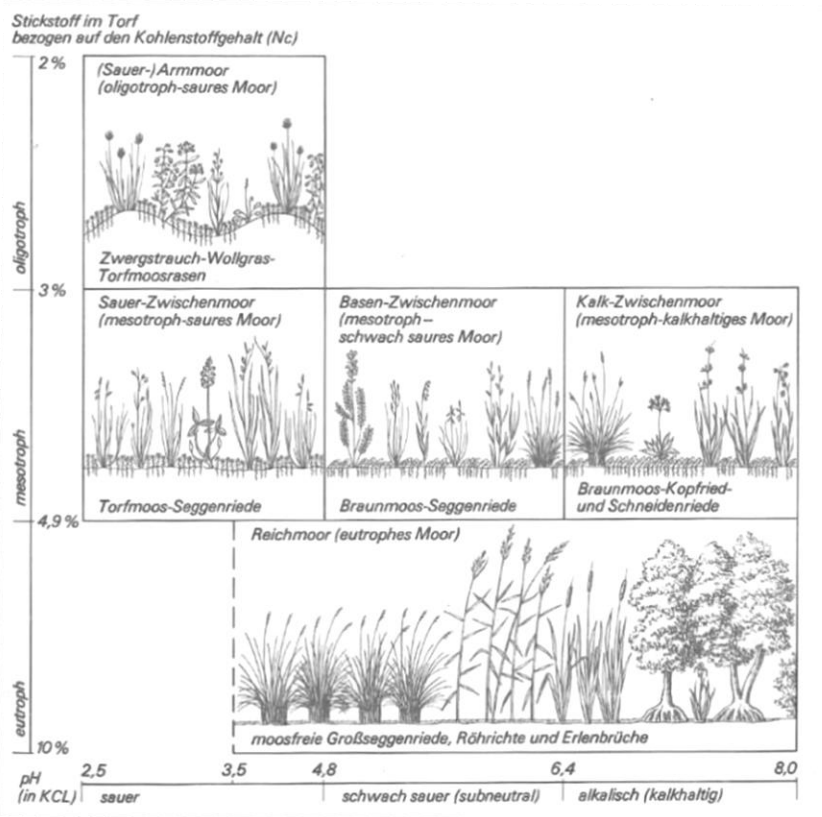


Abbildung 2 Übersicht zu den ökologischen Moortypen (SUCCOW & JESCHKE 1986, S. 29)

Regenwasser ist von Natur aus arm an Nährstoffen und mäßig sauer, wohingegen Mineralbodenwasser je nach Gestein, Klima, Substrat, Boden, Pflanzendecke und Nutzung, sowie der Verweildauer im Boden unterschiedlich stark mit Ionen angereichert ist (SUCCOW 1988; TIMMERMANN et al. 2009). Für Mitteleuropa lassen sich dadurch fünf ökologische Moortypen unterscheiden: Das oligotroph-saure, das mesotroph-saure, das mesotroph-schwach saure, das mesotroph-kalkhaltige und das eutrophe Moor. Jeder ökologische Moortyp ist durch charakteristische Vegetation gekennzeichnet und bildet entsprechende Torfe. Durch die hydrogenetische und ökologische Moorklassifikation wird deutlich, wie stark die Hydrologie, Vegetation und die Boden- bzw. Torfbildung miteinander interagieren.

Hochmoorgenese

Die Entstehung und Entwicklung von Mooren hängt in hohem Maße von der standortspezifischen Hydrologie ab. Häufiger Niederschlag, Quellwasser, hoch anstehendes Grundwasser, Stauwasser oder regelmäßiges Hochwasser sind Voraussetzungen für die Moorbildung (KOSKA 2001; SUCCOW 1988). Die Grundbedingungen für die Moorgenese entstanden, als vor rund 12.000 Jahren die letzte Eiszeit endete. Durch die vielseitig gestalteten, nacheiszeitlichen Landschaftsstrukturen war die

Grundlage der Moorbildung geschaffen (REUTER & SCHNEIDER 1994). Der schematische Schnitt eines Hochmoores in *Abbildung 3* von OVERBECK (1975) verdeutlicht die Hochmoorbildung, wie sie in Norddeutschland häufig ablief.

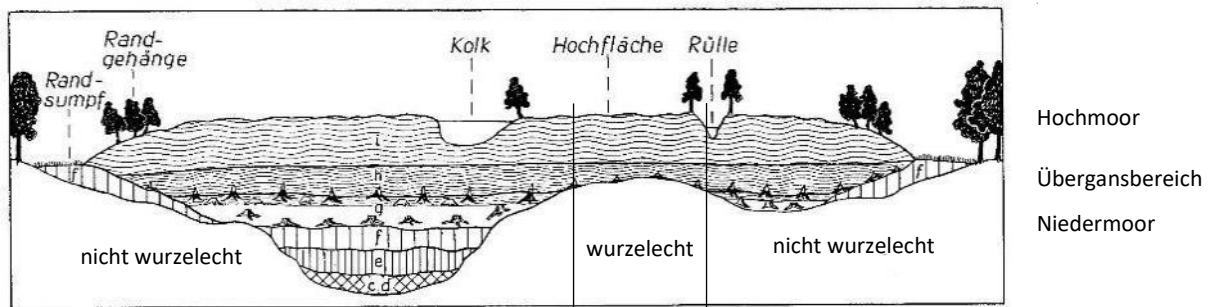


Abbildung 3 Schematischer Schnitt durch ein Hochmoor

[c, d = Mudde; e = Schilftorf; f = Seggentorf; g = Erlenbruchtorf, darüber Birken-Kiefer-Übergangswaldtorf, h = stark zersetzter Sphagnumtorf (Schwarztorf), i = schwach zersetzter Sphagnumtorf (Weißtorf)]
(verändert nach OVERBECK 1975, S. 53)

Mit dem Rückzug des Eises und steigenden Temperaturen offenbarte sich eine Landschaft, die durch die Kraft der Gletscher geformt worden war. In Senken, Vertiefungen, Hohlformen oder Altarmen haben sich verschiedene Feuchtgebiete wie Seen oder Tümpel gebildet. In diesen lagerten sich zunächst limnische, organo-mineralische Sedimente ab, welche wir heute als Mudden bezeichnen (Schicht c & d) (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005). Im wärmeren Boreal, infolge des stärker einsetzenden Pflanzenwuchses, verlandeten diese Feuchtgebiete weiter (SCHEFFER et al. 2010). Gemäß der Sukzession schob sich die wasserstandsabhängige Ufervegetation immer weiter gegen die offene Wasserfläche vor. Ein Niedermoor genauer gesagt ein Verlandungsmoor entstand. Durch die Sukzession bedingt, lagerten sich durch den minerogenen Wasserhaushalt geprägte, schilfdominierende Torfe ab (Schicht e), gefolgt von Seggentorf (Schicht f) und Erlenbruchwaldtorf (Schicht g). Der Erlenbruchwald konnte sich etablieren, solange nährstoffreiches Wasser zur Verfügung stand. Die Erle wurde durch Birken und Kiefern abgelöst, als im Zuge der Verlandung unter immer stärkerem Einfluss des nährstoffarmen Niederschlages ein mesotrophes Milieu entstand. OVERBECK (1975) bezeichnet den daraus entstandenen Torf, als Birken-Kiefer-Übergangswaldtorf (Schicht g), welcher seinem Namen entsprechend einen Übergangsbereich zwischen Nieder- und Hochmoor darstellt. Durch die fortschreitende Torfbildung wuchs die Mooroberfläche immer weiter aus dem minerogenen Grundwasser heraus. Bei ausreichend hohen Niederschlägen, welche die Verdunstung und den Ablauf im Jahresverlauf übersteigen mussten, konnte ein Hochmoor aufwachsen (SUCCOW & JESCHKE 1986). In diesem Zuge änderte sich die Vegetationszusammensetzung bedingt durch die geringe Nährstoffverfügbarkeit. Torfmoose, Wollgräser, Zwergsträucher und wenige Riedgräser bildeten die Pflanzengesellschaften (OVERBECK

1975). Der Kontakt zum Grundwasser ging durch das starke Wachstum der Torfmoose vollständig verloren. Torfmoose wachsen immer weiter empor, wobei der untere Teil der Pflanze abstirbt (KÜSTER 2022). Dieser abgestorbene Teil bildete unter anaeroben Bedingungen Sphagnumtorfe, wobei sich zunächst stärker zersetzte Sphagnumtorfe (Schwarztorf) ablagerten (Schicht h). Durch kühlere Klimaverhältnisse des Subatlantikums sowie durch die zunehmende Ausbreitung der Sphagnum, welche das chemische Milieu ihres Lebensraumes durch Versauerung verändern, entstanden Bildungsbedingungen für weniger humifizierte und schwach zersetzte Sphagnumtorfe (Weißtorf) (DIERBEN & DIERBEN 2008; SCHEFFER et al. 2010). Durch diesen Prozess des Aufwachsens der Sphagnum und des Absterbens des unteren Teils bildeten sich mächtige Schichten von Sphagnumtorfen. Ein oligotrophes, streng ombrogenes Hochmoor, welches sich im Zentrum uhrglasförmig aufwölbte, wuchs über die Zeit empor (KÜSTER 2022). Bei der Moorgenese wird zwischen „wurzelecht“ und „nicht wurzelecht“ unterschieden. Wächst ein Hochmoor direkt auf wasserstauendem, mineralischem Untergrund auf wird von einem „wurzelechten“ Hochmoor gesprochen. Wächst ein Hochmoor sekundär auf einem Niedermoor auf wird es als „nicht wurzelechtes“ Hochmoor bezeichnet.

Nutzung von Mooren in Mitteleuropa

In Mitteleuropa unterliegt die anthropogene Veränderung und Nutzung von Mooren einer langen Historie. Schon etwa ab dem 4. Jh. v. Chr. ist der Abbau von Raseneisenerz in Versumpfungsmooren nachgewiesen. Etwa ab dem 2. Jh. v. Chr. (römisches Kaiserreich) sind Kalkbrennereien bekannt, die Wiesenalk aus Moorniederungen zur Herstellung von Mauerwerken nutzten (Succow 2001b). In großem Umfang setzte die Torfnutzung in Deutschland ab Mitte des 18. Jh. ein. Aufgrund von Holzknaptheit kam es bis Anfang des 20. Jh. sowie erneut in den Nachkriegsjahren zur Intensivierung der Brenntorfgewinnung. Die intensive landwirtschaftliche Nutzung auf Moorstandorten setzte ab dem Frühmittelalter ein und verstärkte sich mit dem Ausklingen der Torfstecherei (Succow 2001b). Im Zuge der Moornutzung ist die Entwässerung ein zentrales Nutzungskriterium sowohl für den Torfstich als auch für die Urbarmachung von Grünland und Acker.

Naturdynamische Prozesse und Zusammenhänge entwässerter Hochmoore

Im Zuge des Torfabbaus und der Nutzbarmachung von Moorflächen wurden diese großflächig entwässert. In der folgenden *Abbildung 4* sind die Veränderungen und Zusammenhänge der naturdynamischen Prozesse als Folge eines Absinkens des Moorwasserstandes eines intakten Hochmoorsystems durch die anthropogene Entwässerung schematisch dargestellt. Im Folgenden sollen zentrale Prozesse kurz aufgeführt werden.

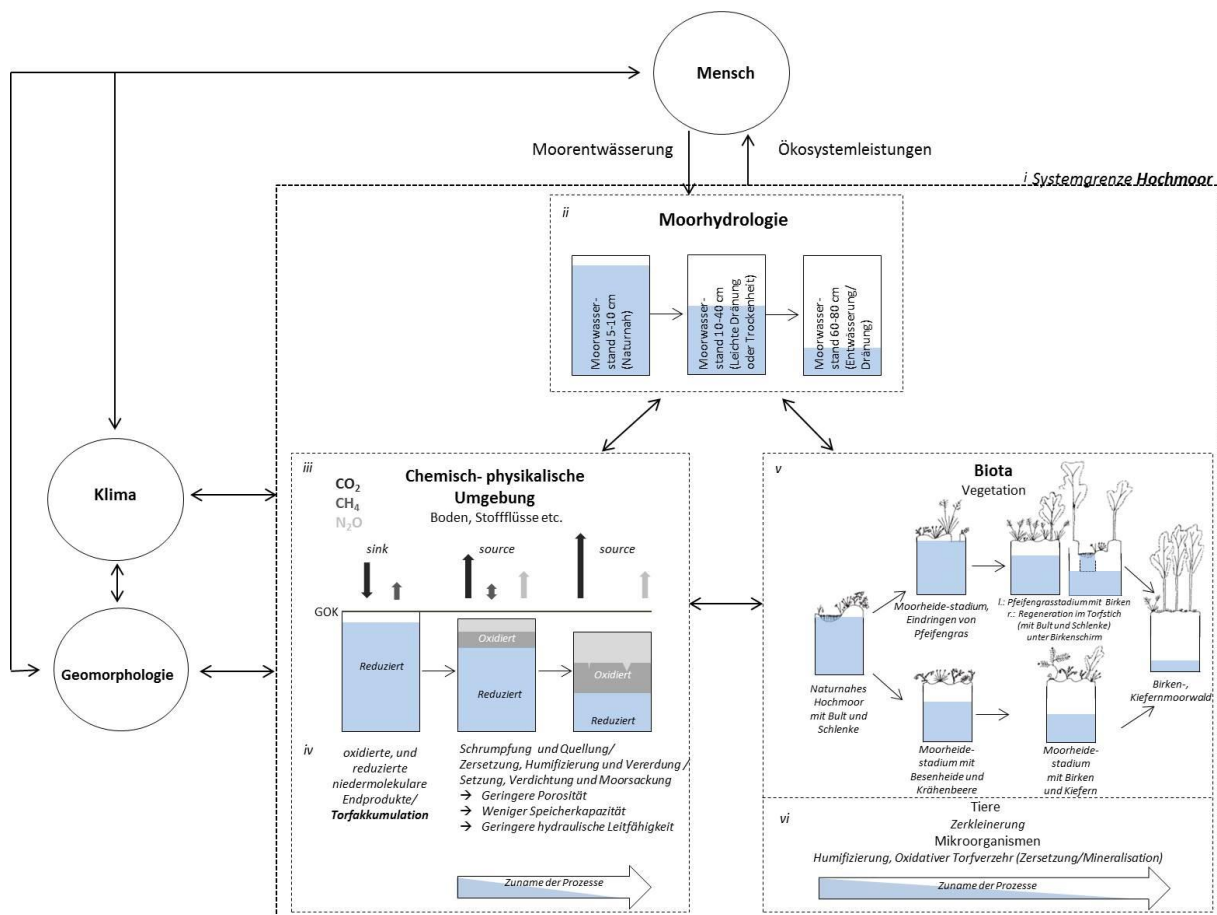


Abbildung 4 Schematisches Systemmodell: Entwässerung und Absinken des Moorwasserstandes eines Hochmoorökosystems (verändert nach im Folgenden erläuteter Literatur)

Die Idee der schematischen Anordnung und Benennung der Systemelemente Moorhydrologie [ii], Chemisch-physikalische Umgebung [iii], Biota [iv], Klima und Geomorphologie des Modells stammt von MITSCH & GOSSELINK (2015). Es wird ersichtlich, dass ein Absinken des Moorwasserstandes eine grundlegende Veränderung des Systems mit sich bringt. Die Zunahme der Sauerstoffzufuhr im Torfkörper führt zu einer Zunahme der Abbauphasen, genauer der Zerkleinerungsphase sowie der Humifizierung und des oxidativen Torfverzehr (Zersetzung/Mineralisierung) durch Mikroorganismen (vgl. iv *Tiere und Mikroorganismen* verändert nach SUCCOW & JOOSTEN (2001a)). Bei Betrachtung des Systemelements iii zeigt sich, dass der Torfkörper bei einem zunehmenden Absinken des Moorwasserstandes, eine Zunahme von bodenbildenden Prozessen wie Schrumpfung und Quellung sowie Zersetzung, Humifizierung und Vererdung (vgl. Abbauphasen) mit weiteren Folgen wie Setzung, Verdichtung und Moorsackung einhergeht (Prozesse verändert nach SCHMIDT (1994)). Diese grundlegenden Veränderungen des Torfkörpers führen zu einer Verringerung der Porosität, zu einer geringeren Speicherkapazität sowie zu einer Abnahme der hydraulischen Leitfähigkeit (TIMMERMANN et al. 2009). SCHÄFER (1994) schreibt „mit zunehmendem Zersetzungsgrad nimmt der Anteil an grob, luftführenden Poren ab, der Anteil an Feinporen bzw. der Totwasseranteil nimmt zu“ (SCHÄFER 1994,

S. 39). Im Weiteren wird deutlich, dass es zu einer Zunahme der THG Emissionen kommt, vor allem die CO₂-Emission steigt mit einer zunehmenden Entwässerung stark an (verändert nach DRÖSLER et al. (2008)). Die starke Klimawirksamkeit wird über das Modell sichtbar.

Bei Betrachtung des Systemelementes *iv Vegetation* (verändert nach EIGNER (2003)) zeigt sich die Veränderung eines naturnahen, nicht entwässerten Hochmoores (Moorwasserständen nahe der Geländeoberkante (GOK)) mit einem typischen Bulten-Schlenken-Komplex, dominiert von Torfmoosen. Bei zunehmender Entwässerung können sich unterschiedliche vaskuläre Pflanzen etablieren. Pfeifengräser sowie eine Verheidung, Verbuschung (Birken, Kiefern etc.) bis hin zu einer Verwaldung (Birken-Kiefernmoorwald) können idealisiert dargestellt werden (EIGNER 2003). In ehemaligen Torfstichen mit gehemmtem Abfluss, kann sich unter bestimmten Voraussetzung nach dem Ausklang des Torfabbaus Schwinggrasen mit Bulten-Schlenken-Komplex wieder etablieren (EIGNER 2003).

Das System eines entwässernden Hochmoores unterliegt natürlich einer Vielzahl weiterer Prozesse und komplexer Zusammenwirkungen. Das Modell ist eine Vereinfachung und dient einer Verbildlichung der zentralen Zusammenhänge eines entwässernden Hochmoores wie das Grundlose Moor, welches wie beschrieben bis heute nachhaltig entwässert (AQUAPLANER 2020)

Die zentrale Rolle der Moorhydrologie wird aus dem Systemmodell ersichtlich. WADDINGTON et al. (2015) unterstreichen, dass ein Verständnis der hydrologischen Rückkopplungen die Grundlage für ein Verständnis der Moorökologie, also der Zusammenhänge der hydrologischen, biogeochemischen sowie ökologischen Rückkopplungen, darstellt.

3 Das Grundlose Moor bei Walsrode

Geographie

Das etwa 295 ha umfassende Untersuchungsgebiet „Grundloses Moor“ (NSG - LÜ 185) liegt nordwestlich der Stadt Walsrode im Landkreis Heidekreis. Das NSG ist deckungsgleich mit dem Flora-Fauna-Habitat-Gebiet 78 (FFH-Gebiet), welches wie *Abbildung 5* zu entnehmen, in die Teilgebiet 100 und 110 gegliedert ist (NLWKN o. J; BELTING 2019). Im Nordosten grenzt das Untersuchungsgebiet an die Gemeinde Ebbingden. Südlich liegt die Ortschaft Fulde. Es fällt von Nordost nach Südwest von ca. 75 auf 61 m NHN ab.

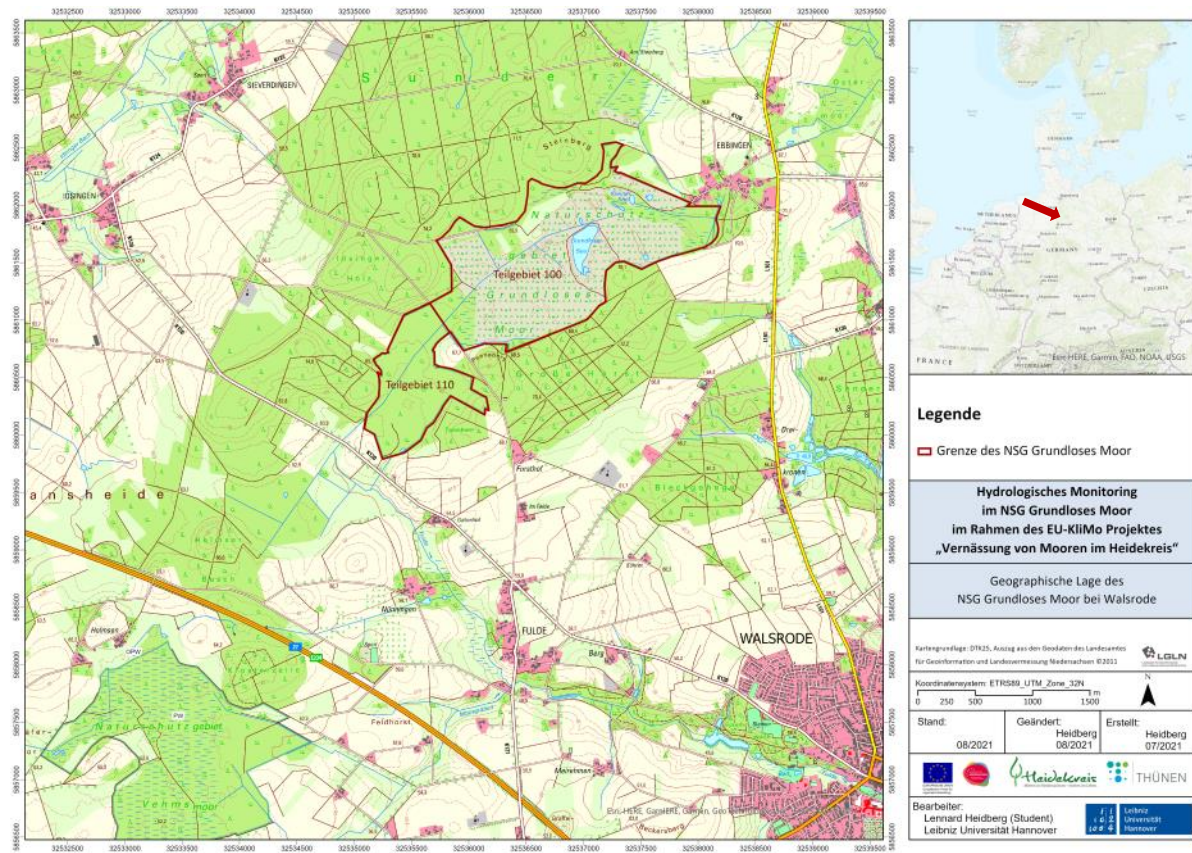


Abbildung 5 Geographische Lage des NSG Grundloses Moor

Naturräumlich ist das Gebiet der „Südheide“, der naturräumlichen Haupteinheit „Lüneburger Heide“, zuzuordnen (MEISEL 1959). Nach der FFH-Richtlinie wird die Biogeographische Region als „atlantisch“ abgegrenzt (BfN 2015). Wie in der Karte von GOHL (1972) zu erkennen, liegt das Gebiet nördlich des Allerurstrom-Tals im Bereich der Geest, welche geologisch durch meist sandige Grundmoränenplatten der letzten Eiszeiten geprägt ist.

Klima

Das Klima ist als „ozeanisch“ zu charakterisieren. Die nächste Station des Deutschen Wetterdienstes (DWD) 4745 Soltau (9°47'E / 52°58'N; 75,4 m ü. NN) liegt etwa 16 km nordöstlich des Grundlosen Moores. An der Wetterstation wurde im langjährigen Mittel der Jahre 1981 bis 2010 eine Jahresdurchschnittstemperatur von 9,0°C ermittelt. Die Monatsmittel der Temperatur lagen zwischen 1,0°C im Januar und 17,9°C im Juli. In diesem Zeitraum wurde ein mittlerer Jahresniederschlag von 814 mm gemessen. Im langjährigen Mittel waren die Monatsniederschläge im Dezember mit 83 mm am höchsten, während im April mit 48 mm die geringsten Niederschläge festgestellt wurden (DWD 2021b). *Kapitel 5.2.1* liefert eine genauere klimatische Charakterisierung des Untersuchungsgebietes auf Grundlage von Klimadaten des DWD, welche innerhalb der vorliegenden Arbeit ausgewertet wurden.

Geologie und Böden

Das Grundlose Moor liegt morphologisch in einer Geländehohlform und ist von sandig-lehmigen Grundmoränenhügeln umgeben. Es ist unterlagert von Sedimenten der Drenthe-Kaltzeit. Als Grundwasserhemmer wirkt eine weitgehend feinsandig-schluffig-tonig ausgebildete Grundmoräne, auf welcher sich das Moor ausbilden konnte (WERSCHE 1989).

Die geologische Karte von Niedersachsen 1 : 25 000 (GK25) bestätigt für den südwestlichen Teil des Gebietes, dass der geologische Untergrund durch glazifluviatilen Mittelsand, mit fein- bis grobsandigen Lagen des Drenthe-Stadiums charakterisiert ist. Weiter zeigt die GK25, dass im nordöstlichen Teilbereich fluviatile Sande des holozänen Quartärs und zum westlichen Randbereich, Geschiebedeckensande, welche der Weichsel-Kaltzeit zugeordnet werden, diese saaleeiszeitlichen Sedimente überlagern (LBEG 1991). Eine Unterlagerung dieser Stratigraphie durch eine Grundmoräne wird durch die GK25 plausibilisiert. Geschiebelehm des Drenthe-Stadiums mit dem Hauptgemengeanteil Schluff und den Nebengemengen Ton, Sand und Kies liegen unter den Weichsel-Kaltzeitlichen Geschiebedeckensanden (LBEG 1991; WERSCHE 1989).

Die untere Schicht des Moores wird durch Mudden oder schwach zersetzte Holzreste mit einer Mächtigkeit von maximal 1 dm gebildet (WERSCHE 1989). Den darüber liegenden Torfkörper beschreiben SCHNEEKLOTH & TÜXEN (1978) wie folgt: Zuunterst liegen meist stark zersetzte Seggentorfe z. T. mit Birken- und Kiefernholz. Die GK25 zeigt ebenfalls, dass sich über fluviatil abgelagerten Sanden ein Niedermoor gebildet hat, welches im Hauptgemengeanteil Seggen-, Bruch- und Schilftorf aufweist und die Beschreibungen von SCHNEEKLOTH & TÜXEN (1978) stützt (LBEG 1991). Über dem Niedermoor liegt eine Sphagnum dominierende Torfschicht, welche Rückschluss darauf gibt, dass anschließend ein Hochmoor auf dem Niedermoor aufwachsen konnte (LBEG 1991).

SCHNEEKLOTH & TÜXEN (1978) beschreiben diesen Hochmoortorf genauer, als einen stark zersetzten Sphagnumtorf (Schwarztorfe) von meist weniger als 1 m, partiell bis zu 2 m Mächtigkeit. Kleinflächig befinden sich darüber noch einige Dezimeter bis maximal 1 m schwach zersetzte Acutifoliatorfe (Weißtorfe). Insgesamt betragen die Torfmächtigkeiten im Zentralbereich um den Grundlosen See zwischen 2 und maximal 3,2 m. Im Großteil des übrigen Grundlosen Moores sind die Torfmächtigkeiten mit 0,4 bis 0,9 m deutlich geringer (SCHNEEKLOTH & TÜXEN 1978; WERSCHE 1989). BELTING (2019) schreibt, dass das Grundlose Moor zu den wurzelechten Hochmooren zählt. Die GK25 (LBEG 1991) und auch die Publikationen von SCHNEEKLOTH & TÜXEN (1978) und WERSCHE (1989) zeigen, dass das Grundlose Moor sowohl wurzelechte als auch nicht wurzelechte Bereiche aufweist. Die Stratigraphie des Grundlosen Moores zeigt hiermit viele Elemente für einen für Norddeutschland typischen Verlauf der Hochmoorgenese, wie er in *Kapitel 2* beschreiben ist.

Um das Gebiet weiterführend bodenkundlich zu charakterisieren, wird der Bodenkarte von Niedersachsen 1 : 50 000 (BK50) entnommen, dass der nordwestliche Teil als Gley-Podsol angesprochen wird. Der Großteil des Moores ist als mittleres bis tiefes Erdhochmoor beschrieben. Im süd-südwestlichen Randbereich befinden sich mineralisch geprägte Böden: Podsol und Podsol-Pseudogley sowie im nord-nordöstlichen Randbereich Gley, Gley mit geringmächtigen Erd-Niedermoorauflagen und Braunerde Podsol (LBEG 2017).

Historische Nutzung und Vegetation des Grundlosen Moores

SCHNEEKLOTH & TÜXEN (1978) beschreiben das Gebiet als durch starken bäuerlichen Torfstich (meist 1-1,5 m tief) geprägtes, nahezu gesamtflächiges Ödland. Birkenbruchwald mit Kiefern und im südlichen Drittel Fichten, mit *Molinia*, *Erica*, *Vaccinium uliginosum*, *Vaccinium myrtillus*, *Eriophorum vaginatum* als Unterwuchs bestimmen das Gebiet. *Sphagnum*, *Eriophorum vaginatum* und *Molina* bilden Schwingrasen am Ufer des Grundlosen Sees (SCHNEEKLOTH & TÜXEN 1978). Im Westen befinden sich Aufforstungs- sowie Grünlandflächen. Das Moor ist durchzogen von Entwässerungsgräben, welche das Gebiet bis heute noch prägen (SCHNEEKLOTH & TÜXEN 1978; WERSCHE 1989; AQUAPLANER 2020; BELTING 2019). Im Rahmen der Basiserfassung zum FFH-Gebiet 78 „Grundloses Moor“ wurde nach DRACHENFELS (2011) eine flächendeckende Biotoptypenkartierung durchgeführt. Im Folgenden werden die gebietscharakterisierenden Typen kurz vorgestellt und durch deren Flächenanteil der Charakter des Gebietes beschrieben. Gemäß der Flächenbilanz (Stand 2019) ist mit 250 ha etwa 86 % des 295 ha großen NSG bewaldet: Davon nimmt mit 109,7 ha „Birken- und Kiefern-Bruchwald nährstoffarmer Standorte“ einen Großteil ein, 87 ha werden dem „Zwergstrauch-Birken- und Kiefern-Moorwald“ zugeordnet und 26,4 ha sind vom „Sonstigen Birken- und Kiefern-Moorwald“ bedeckt. Des Weiteren nimmt mit 22,3 ha Fichtenforst einen nicht unbeträchtlichen Teil des Gebietes ein (BELTING 2019). Die „Hoch- und Übergangsmoore“ nehmen mit 22,1 ha und 7,6 % der

Gesamtfläche den zweitgrößten Flächenanteil ein: Davon bildet das „Feuchte Pfeifengras-Moorstadium“ (6,8 ha) den größten Anteil, gefolgt vom „Sonstigen Torfmoos-Wollgras-Moorstadium“ (5,1 ha) und „Sonstigen Zwergstrauch-Hochmoordegradationsstadium“ (4,6 ha). Grünländer bedecken mit 9,6 ha 3,3 % des Untersuchungsgebietes: Davon werden 8,8 ha den „Sonstigen Mageren Nassgrünländern“ zugeordnet. Prägend für das Grundlose Moor sind die Binnengewässer mit einem Flächenanteil von 2,4 % (6,9 ha). Das Gebiet wird durch die beiden naturnahen Hochmoorseen „Grundloser See“ und „Kleiner See“ (5,7 ha) charakterisiert. Außerdem zählen zu den Binnengewässern die im Gebiet verteilten Naturnahen nährstoffarmen Torfstiche (1,1 ha) und die gebietsdurchziehenden „Kalk- und nährstoffarmen Gräben“, welche in Summe 0,5 ha einnehmen. Im Untersuchungsgebiet sind sechs FFH-Lebensräume vertreten. Den größten Anteil beansprucht der prioritäre Lebensraumtyp (LRT) 91D0* „Moorwälder“ (*Abbildung 6*), gefolgt vom LRT 7120 „Noch renaturierungsfähige degradierte Hochmoore“.



Abbildung 6 FFH-Lebensraumtyp 91D0* „Moorwälder“ im Grundlosen Moor

Kleinteilig und vor allem im Zentralbereich des Grundlosen Moores um den Grundlosen See sind die Lebensraumtypen: LRT 3160 „Dystrophe Seen und Teiche“ (*Abbildung 7*), LRT 7150 „Torfmoor-Schlenken (Rhynchosporion)“ und LRT 7140 „Übergangs- und Schwinggrasemoore“, ausgeprägt (BELTING 2019).



Abbildung 7 FFH-Lebensraumtyp 3160 „Dystrophe Seen und Teiche“ – Grundloser See im Grundlosen Moor

Hydrologie

Das Grundlose Moor ist ein Hochmoor. Es wird ausschließlich durch den Niederschlag gespeist (vgl. *Kapitel 2*). Das Moor weist eine hydrologische Wasserscheide auf, welche es in zwei Einzugsgebiete gliedert (AQUAPLANER 2020; BELTING 2019). Ein Hauptentwässerungsgraben, welcher das NSG von Ost nach West durchzieht und eine Vielzahl von kleineren Gräben und Grabenfragmenten aufnimmt, entwässert das Grundlose Moor bis heute nachhaltig (AQUAPLANER 2020).

Das westliche, deutlich größere Einzugsgebiet wird über den Hauptentwässerungsgraben nach Süd-Westen in die Fulde entwässert, welche unterhalb in die Böhme mündet. Der kleinere Teil im Nord-Osten entwässert über ein dichtes Grabennetz nach Osten in den Jarlinger Bach und in die Böhme (AQUAPLANER 2020). Im Moorkernbereich liegt der oben erwähnte Hochmoorsee „Grundloser See“, welcher eine Wassertiefe, soweit bekannt, von bis zu 2 m hat (SCHNEEKLOTH & TÜXEN 1978). Weiter charakterisieren das Gebiet der „Kleine See“, welcher im östlichen Einzugsgebiet liegt sowie einige kleinere Gewässer, welche sich in ehemaligen Torfstichen bilden konnten.

Teil I.
Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte des
Grundlosen Moores

4 Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte

Das Landschaftsbild des Grundlosen Moores wie wir es heute vorfinden unterliegt einer langen Entwicklungsgeschichte. Von der Genese eines Hochmoores über die anthropogene Überprägung, wie z. B. durch Entwässerung und Torfstich bis hin zum heutigen Landschaftsbild des NSG „Grundloses Moor“ war und ist die Landschaft² stets im Wandel. Daher soll im *Teil I* dieser Arbeit analysiert werden, wie die naturräumlichen Gegebenheiten und die Nutzung der natürlichen Ressourcen die heutige Landschaft des Grundlosen Moores geprägt haben. Eine solche Landschaftsanalyse zeigt die vergangenen und aktuellen Zusammenhänge zwischen der dynamischen Natur und der Überprägung von Kultur mit Ideen der menschlichen Nutzung ihrer Zeit auf (KÜSTER 2012).

4.1 Methode

Die angewandte Methode setzt sich aus einer Kombination von einer gebietsbezogenen Recherche mit einhergehender historischer Analyse und der Erfassung von Landschaftselementen³ im Gelände zusammen. Für die Rekonstruktion von Phasen landschaftlicher Entwicklungen des Grundlosen Moores wurde zunächst eine umfangreiche gebietsbezogene Recherche durchgeführt, um auf eine möglichst umfassende Datengrundlage für die Analyse zurückgreifen zu können. Nach KÜSTER (2012) stehen hierzu alte Kartenwerke, historische Fotografien, schriftliche Quellen sowie Gemälde zur Verfügung. Befragungen lokaler Expert*innen bieten eine weitere Möglichkeit, Informationen über historische Landnutzungen und gebietsspezifische Zusammenhänge zu gewinnen (WIEGAND 2005). Da Moore durch das Konservieren von Pollen und Sporen lebendige Archive der Vegetations- und Landschaftsgeschichte sind, bieten Pollenanalysen eine zusätzliche äußerst wertvolle Option der Rekonstruktion von Entwicklungszuständen.

4.1.1 Datengrundlage und Datenaufnahme

Die im Zuge der Recherche zusammengetragene Datengrundlage ist der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 1 Datengrundlage für die Landschaftsanalyse im Grundlosen Moor

Literatur, Karten und Erhebungen		
Datenquelle	Autor*innen	Jahr
Untersuchungen zur Vegetations- und Siedlungsgeschichte am Grundlosen Moor (Pollendiagramm)	ABTEILUNG FÜR PALYNOLOGIE UND KLIMADYNAMIK DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN	o. J.

²Totaleindruck einer Gegend im Sinne Alexander von Humboldts

³Als Landschaftselemente bezeichnet KÜSTER (2012) die Facetten der Landschaft, welche frühere Nutzungen in der heutigen Landschaft erkennen lassen.

Literatur, Karten und Erhebungen

Datenquelle	Autor*innen	Jahr
Preußische Landesaufnahme 1 : 25 000. Blatt 3023; 3123 (1897-1899)	LGLN	o. J.
Kurhannoversche Landesaufnahme des 18. Jahrhunderts 1 : 25 000. Blatt HL89 (1778)	LGLN	2010
Beschreibung der Torfmoore im Canton Walsrode - Sig. HA 0189 (1811)	StA WALSDRODE	1811
Verteilung von Holz und Torf an Arme - Sig. HA 1790 (1854-1867)	StA WALSDRODE	1863
Rezeß über gemeinschaftlich verbleibende Torfstiche - Sig. OA-SI Nr.2 (1884-1903)	StA WALSDRODE	1887
Torfgewinnung - Sig. HA 0987 (1945-1948)	StA WALSDRODE	1946, 1947
Verordnung über das Naturschutzgebiet „Grundloses Moor“ in der Stadt Walsrode, Landkreis Heidekreis vom 17.06.2016 (erste Verordnung vom 30.07.1990)	LANDKREIS HEIDEKREIS	2016
Historische Fotos/Zeitzeugenberichte	Zeitzeugenbericht 2021	1962

Von der Abteilung für Palynologie und Klimadynamik der Georg-August-Universität Göttingen wurde für das Grundlose Moor eine Pollenanalyse durchgeführt. Das dabei erstellte Pollendiagramm bietet eine wichtige Grundlage für die Rekonstruktion der Genese und die frühen Entwicklungsphasen des Grundlosen Moores. Außerdem gibt es Rückschlüsse auf die Vegetations- und Landschaftsentwicklung im Grundlosen Moor und dessen Umgebung. Für die Erstellung des Pollendiagramms wurden mit einem russischen Kammerbohrer aus einem 4,4 m langen Bohrkern alle 10 cm Proben entnommen. Anschließend wurden aus jeder Probe die Pollenkörner und Sporen extrahiert und mikroskopisch bestimmt (ABTEILUNG FÜR PALYNOLOGIE UND KLIMADYNAMIK DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN o. J.). In *Abbildung 8* stellt das Pollendiagramm die Mengenanteile der Pollen- bzw. Sporen der jeweiligen Pflanzen der Zeit der Bohrtiefe gegenüber.

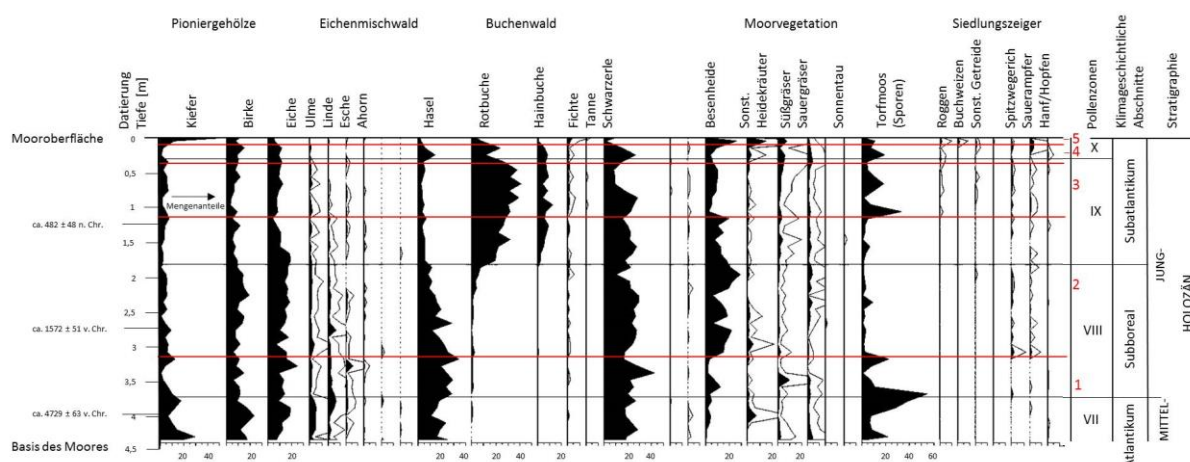


Abbildung 8 Pollendiagramm Grundloses Moor (verändert nach ABTEILUNG FÜR PALYNOLOGIE UND KLIMADYNAMIK DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN (o. J.) *Anlage I* in DIN A4)

Weitere Hinweise zur Nutzung des Untersuchungsgebietes zeigt die Kurhannoversche Landesaufnahme, welche für den relevanten Ausschnitt 1778 entstand (LGLN 2010). Die Akte „Beschreibung der Torfmoore im Canton Walsrode“ mit der Signatur HA 0189 beinhaltet Dokumente und Zeugnisse zur Nutzung des Grundlosen Moores aus dem Jahre 1811. Im Zeitraum 1897 bis 1899 wurde die Preußische Landesaufnahme für den Ausschnitt des Untersuchungsgebietes durchgeführt. Sie gibt wichtige historische Informationen wieder (LGLN o. J.).

Die Akte „Verteilung von Holz und Torf an Arme“ (Sig. HA 1790) enthält Dokumente über gemeinschaftlichen Torfabbau und Ausbesserungsarbeiten am Hauptentwässerungsgraben, aus den Jahren 1854 bis 1867. Für den Zeitraum 1884 bis 1903 finden sich Informationen über die Vergabe von Torfabbaurechten in der Akte „Rezeß über gemeinschaftlich verbleibende Torfstiche“ (Sig. OA-SI Nr.2). Außerdem gibt die Akte „Torfgewinnung“ (Sig. HA 0987) Aufschluss über die Moornutzung in der Nachkriegszeit zwischen 1945 und 1948. Historische Aufnahmen aus einem Privathaushalt der Gemeinde Hünzingen zeigen, dass bis Anfang der sechziger Jahre im Grundlosen Moor noch Torf gestochen wurde. Überdies konnten bei Gesprächen mit Einheimischen der östlich dem Grundlosen Moor liegenden Ortschaften Ebbingden und Hünzingen wichtige ergänzende Zusammenhänge aufgeklärt und flächenspezifische Informationen gewonnen werden.

All diese zusammengetragenen Daten und Informationen dienen als Arbeitsgrundlage für die Erfassung und Einordnung der Landschaftselemente. Bei Geländebegehungen wurden die Landschaftselemente, also erkennbare Relikte der historischen Landnutzung, erfasst. Zum historisch geprägten Entwässerungsnetz lag durch Kartierungen von AQUAPLANER (2020) eine Datengrundlage vor. Weitere Landschaftselemente wie Torfstichwände (höher als 6 dm) und Torfstiche wurden ergänzend kartiert.

4.1.2 Datenauswertung

In einem ersten Schritt wurde das Pollendiagramm in Phasen unterteilt. Für das Definieren der jeweiligen Phasen ist festzuhalten, dass eine qualitativ festgelegte Grenze immer nur den Querschnitt an Veränderung dokumentieren kann. Diese gezogenen Grenzen repräsentieren Zeiträume von Veränderungen in der Vegetationszusammensetzung. Bei dem Vorgehen dieser Abgrenzung von Entwicklungsphasen galt es, zunächst markante Veränderungen von Pollenkonzentrationen zu identifizieren und festzuhalten. Anschließend wurden diese Veränderungen in Hinblick auf mögliche Ursachen, wie: Klimaveränderungen, Veränderungen der chemisch-physikalischen Umgebung (z.B. Torfgenese und Bodenbildung) oder des im Laufe der Zeit zunehmenden menschlichen Einflusses bewertet.

Fortan wurden die historischen Quellen chronologisch betrachtet und mit Bezug auf die in Raum und Zeit ablaufenden gebietsspezifischen Nutzungsstadien und Ereignisse ausgewertet. Die im Gelände erfassten Landschaftselemente und die aus der historischen Recherche gewonnenen flächenspezifischen Erkenntnisse wurden in ArcGIS editiert und dargestellt.

Die abschließende Synthese, bestehend aus dem ausgewerteten Pollendiagramm, der historischen Analyse und den erfassten Landschaftselementen, bildet die Grundlage der Diskussion. Sie erstreckt sich somit über die Entwicklungsphasen des Grundlosen Moores mit ihren natürlichen Prozessen und kulturellen Überprägungen bis zu den Ideen der Moornutzungen ihrer Zeit.

4.2 Ergebnisse erster Teil

4.2.1 Pollenanalyse

Anhand des Pollendiagramms (siehe *Anlage I*) wurden fünf Phasen zeitlich abgegrenzt, die für die Rekonstruktion der Entwicklungsphasen des Grundlosen Moores als ausschlaggebend erachtet wurden. Die älteste Schicht an der Moorbasis (ca. 4,4 m) wurde nach der ABTEILUNG FÜR PALYNOLOGIE UND KLIMADYNAMIK DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN (o. J.) auf etwa 5000 v. Chr. datiert, stammt also aus der Zeit des Atlantikums. In den Ablagerungen der *Phase 1* (5000 v. Chr. bis 2200 v. Chr.; 4,4 - 3,2 m) zeigt die Pollenverteilung ein Vorkommen von Kiefern und Birken, Eichen, Linden und Ulmen. Vor etwa 5.700 Jahren, also etwa 3700 v. Chr. ist ein deutlicher Rückgang des Mengenanteils an Ulmenpollen zu verzeichnen. Des Weiteren ist die Moorvegetation charakterisiert durch Erlenbruchwälder, Torfmoose, Sauergräser, Süßgräser sowie durch die Besenheide. Auffallend ist der hohe Mengenanteil an Torfmoossporen in einer Tiefe von etwa 3,7 m. Nach dem Abfall des starken Anteils der Torfmoossporen ist zu erkennen, dass die Anteile an Besenheide und Süßgräsern zunehmen. Als Siedlungsanzeiger sind geringe Vorkommen an Spitzwegerich und Sauerampfer zu nennen.

Zu Beginn der *Phase 2* (2200 v. Chr. bis 500 n. Chr.; 3,2 - 1,1 m) ist eine starke Zunahme der Besenheide zu verzeichnen. Auf der anderen Seite erkennt man einen Abfall der Torfmoossporen. Am Anfang der *Phase 2* ist ein vermehrtes Auftreten der Pollenkörner des Spitzwegerichs und des Sauerampfers festzustellen. Vor etwa 2.500 Jahren (Tiefe von 1,8 m) kommt es zur massenhaften Ausbreitung der Rotbuche und einem Abfall des Anteils an Eiche und Hasel.

Der Beginn der *Phase 3* (500 n. Chr. bis 750 n. Chr.; 1,1 - 0,4 m) zeigt einen Abfall des Anteils an Besenheide und eine Zunahme an Torfmoossporen an. Vor rund 1.500 Jahren setzt die Roggenkurve ein. Der Übergang von *Phase 3* zu *Phase 4* (750 bis 1800; 0,4 - 0,1 m) liegt in etwa am Beginn zum

jüngeren Subatlantikum. Hier nimmt der Mengenanteil an Rotbuche erheblich ab. Die Vegetationszusammensetzung des Moores war weiterhin durch das Vorkommen von Torfmoosen, Sauergräsern und Süßgräsern geprägt. Ferner kam die Besenheide in dieser Phase vor.

Phase 5 (1800 bis 2000; 0,1 m - GOK) grenzt sich durch eine geringe Torfmächtigkeit von etwa 0,1 m von der vorherigen Phase ab. Es ist ein Anstieg von Buchweizen, Besenheide, sonstigen Heidekräutern sowie Kiefernpollen festzustellen.

4.2.2 Historische Analyse

Die Kurhannoversche Landesaufnahme zeigt, dass das heutige NSG schon Ende des 18. Jahrhunderts als Grundloses Moor mit Grundlosem See benannt war. Eine Nutzung in Form von Torfstich und Entwässerung ist nicht abzuleiten. Sowohl nördlich als auch südlich des Moores befanden sich Waldstücke, die bis in das heutige NSG hineinreichten. Die Straße, welche das NSG heute noch im Westen durchzieht, gab es schon damals.

Aus der Akte HA 0189 des Stadtarchivs Walsrode wird anhand von Dokumenten aus dem Jahre 1811 ersichtlich, dass die Gemeinden Sieverdingen, Hünzingen, Ebbingingen und Fulde, welche im Umkreis des Grundlosen Moores liegen, sowie ein Teil der Einwohner Walsrodes „das Recht haben ihren Torf zu graben in dem sogenannten Grundlosen Moor“ (STA WALSRÖDE 1811). Des Weiteren zeigen Mitschriften von Rezessen aus dem Jahre 1863 auf, dass „gemeinschaftliche verbleibende Torfstiche“ (STA WALSRÖDE 1863), welche durch Wasserzüge angemessen entwässert wurden, parzelliert und einzelnen Familien zugeschrieben wurden. Außerdem zeigen Genehmigungsunterlagen, welche den Haushalten der Gemeinde Ebbingingen die Wasserentnahme für den Eigenbedarf zusprechen, eine weitere historische Nutzungsform des Grundlosen Moores (STA WALSRÖDE 1863). Dokumente aus dem Jahr 1887 weisen darauf hin, dass in diesem Jahr „der Entwässerungsgraben aufwendig revidiert wurde“ (STA WALSRÖDE 1887).

Der Preußischen Landesaufnahme, welche Ende des 19. Jahrhunderts entstand, ist die starke menschliche Nutzung des Gebiets durch Entwässerungsgräben, Torfstichflächen sowie durch Wege und parallel laufende charakteristische Torfabfuhrdämme nun deutlich zu entnehmen (LGLN o. J.)

Erst ab 1946 konnten Dokumente aus der Recherche die verstärkte Nutzung durch Torfabbau des Grundlosen Moores wieder belegen. Im Januar 1946 wird in einem Schreiben erbeten, dass für den Winter 46/47 aufgrund der Holz- und Kohleknappheit für die Einwohner und Flüchtlinge der Region die Brenntorfgewinnung im Grundlosen Moor verstärkt erfolgen muss (STA WALSRÖDE 1946). Hierzu steht geschrieben: „Stichtorf kann man in der Zeit Mai – August gewinnen“ (STA WALSRÖDE 1946). Daher wurden zwei Firmen (Pollmann und Tesch aus Walsrode) zur Intensivierung des Torfabbaus beauftragt. Hierzu wurden Feldbahngleise (2.200 m), sechs Torfwagen und 26 Muldenkipper, eine

Feldbahnlokomotive sowie eine Torfpresse vom Tiefbauunternehmen Pollmann eingesetzt (STA WALSRÖDE 1946). Aus dem Schreiben in *Abbildung 9* der Stadtverwaltung Walsrode an den Oberkreisdirektor in Fallingb. geht hervor, dass dieser „industrielle Torfabbau“ in den Jahren 1946 und 1947 stattgefunden hat (STA WALSRÖDE 1947). Belegbar wurde seitdem nur noch bäuerlicher Handtorfstich genehmigt.

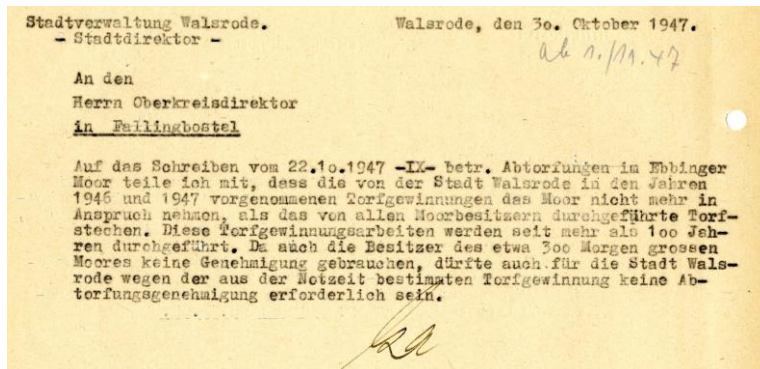


Abbildung 9 Schreiben an Oberkreisdirektor in Fallingb. (STA WALSRÖDE 1947)

Die historischen Fotografien (*Abbildung 10*), welche im Mai 1962 im Grundlosen Moor aufgenommen wurden, zeigen wie der bäuerliche Handtorfstich ablief. Im Gespräch mit dem Zeitzeugen, der die Fotos aus seiner Kindheit für diese Arbeit zur Verfügung stellt, konnte der Aufnahmeort lokalisiert werden. Dieser ist im folgenden Kapitel in der Karte in *Abbildung 11* vermerkt.



Abbildung 10 Historische Aufnahmen des bäuerlichen Torfstichs im Grundlosen Moor (Ahrens, J.K.; Mai 1962)

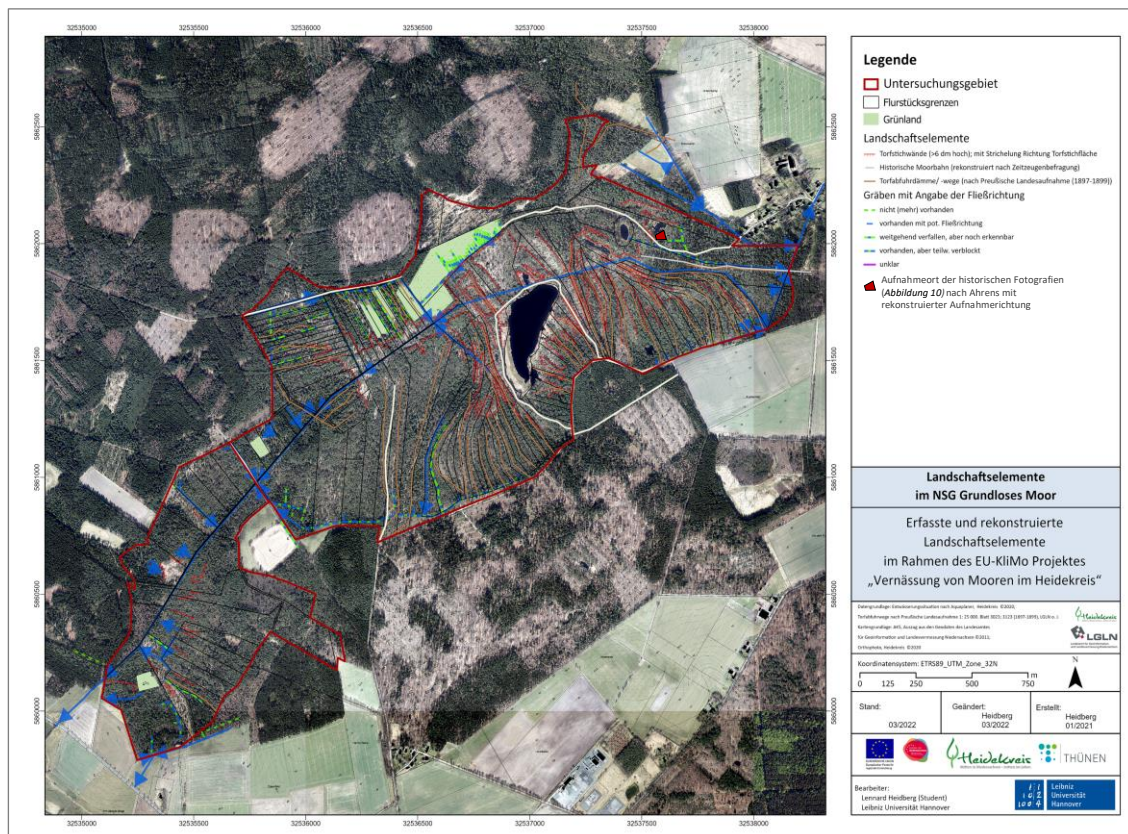
Vorangestellte Interpretation der historischen Aufnahmen

Anhand der Aufnahmen kann man rückschließen, dass Entwässerungsgräben und Dammwege angelegt wurden, um den Torf effektiv abbauen und abtransportieren zu können. Von den Dammwegen wurden so genannte Pütten, also Abbaugruben, senkrecht ins Moor vorangetrieben. Es ist zu erkennen, dass von Männern Torf mit einem Torfspaten gestochen wird. Sie stehen in einer Pütte und heben die frisch gestochenen Soden auf den höherliegenden Torfdamm. Von dort werden

die Torfstücke auf Handwagen und Kreite verladen. Der frisch gestochene Torf wurde anschließend, wie auch im Bild zu sehen, getrocknet. Hinter den zum Trocknen gestapelten Torfstücken sieht man Jungwuchs von Birken, welche sich vermutlich auf einem stillgelegten Torfstich, etablieren konnten. Kiefern und Birken säumen dahinter den Randbereich des Moores. Der bäuerliche Handtorfstich geschah, wie aus den Akten, der Zeitangabe der Aufnahme sowie durch die blühenden Wollgräser im Zentrum der Torfdammfläche ersichtlich, in der Zeit von Mai bis August, da der Torf ausreichend Zeit zum Trocknen benötigte, sodass dieser im Winter verheizt werden konnte. Der so ablaufende bäuerliche Handtorfstich hat nach Zeitzeugenbefragung noch bis etwa 1965 angehalten. 25 Jahre später, mit der Verordnung vom 30. Juli 1990 wurde das Grundlose Moor zum Naturschutzgebiet (mit der Kennzeichen-Nummer NSG LÜ 185) erklärt (BEZIRKSREGIERUNG LÜNEBURG 1990).

4.2.3 Landschaftselemente

Die erfassten Landschaftselemente sind in der folgenden Karte dargestellt.



Differenziert wurden: vorhandene Gräben mit potentieller Fließrichtung, vorhandene aber teilweise verblockte Gräben, weitgehend verfallene Gräben und nicht mehr vorhandene Gräben.

Auf der linken Aufnahme in *Abbildung 12* ist der Hauptentwässerungsgraben (vorhandener Graben mit Fließrichtung) abgebildet, welcher das Gebiet Richtung Westen auch heute noch entwässert. Auf der rechten Aufnahme ist ein als „weitgehend verfallen - nicht mehr vorhanden“ eingestuftes historischer Entwässerungsgraben zu sehen, welchem keine nachhaltige Entwässerung des Gebietes mehr zugesprochen wird.



Abbildung 12 linkes Foto: Hauptentwässerungsgraben Grundloses Moor (20.04.2021); rechtes Foto: als „weitgehend verfallen - nicht mehr vorhanden“ eingestuftes historischer Entwässerungsgraben (22.12.2021)

In der Karte in *Abbildung 11* ist die Verteilung der Landschaftselemente Torfstichwände (siehe linkes Foto in *Abbildung 13*) und rekonstruierte Torfabfuhrdämme nach der preußischen Landesaufnahme (siehe rechtes Foto in *Abbildung 13*) dargestellt, welche die ehemaligen Torfstichflächen anzeigen. Zieht man das Digitale Geländemodell (DGM) heran, welches in *Kapitel 5.1.3* folgt, wird dieses anthropogen geprägte Relief verdeutlicht. Im Gespräch mit einem Zeitzeugen konnte der in *Kapitel 4.2.2* beschriebene industrielle Torfabbau, durch die ehemals verlegte Hauptstrecke der Moorbahn rekonstruiert werden (vgl. Karte in *Abbildung 11*).



Abbildung 13 linkes Foto: Landschaftselement (Torfstichwand > 6dm); rechtes Foto: Vegetation durch anthropogen geschaffenes Relief bedingt mit Torfstichwänden und Torfabfuhrdämmen

Auch die heutige Vegetation spiegelt die Historie des Grundlosen Moores wider. Wie die rechte Aufnahme in *Abbildung 13* zeigt, kann sich lediglich in den tieferliegenden Torfabbauflächen, in denen der Moorwasserstand hoch genug ansteht, hochmoortypische Vegetation in Regenerationsstadien wieder entwickeln. Die Aufnahme repräsentiert diese durch die Biotoptypen „Wollgras-Torfmoos-Schwinggrasen (MWS)“ und „Feuchteres GlockenheideHochmoordegradationsstadium (MGF)“. Die etwas tieferliegenden Torfabfuhrdämme sind durch „Zwergstrauch-Birken und Kiefern-Moorwald (WVZ)“ charakterisiert, die höheren Abfuhrdämme sind durch „Birken- und Kiefer-Bruchwald nährstoffarmer Standorte des Tieflandes (WBA)“ geprägt. Die gelben Linien markieren Torfstichwände.

4.3 Diskussion erster Teil

In *Teil I* dieser Arbeit wurde der Forschungsfrage nachgegangen, wie das Grundlose Moor entstanden ist und inwieweit es anthropogen überprägt wurde. Die Resultate der Pollenanalyse und der historischen Analyse sind zusammengefasst in *Tabelle 2* dargestellt.

Tabelle 2 Entwicklungsphasen des Grundlosen Moores und deren Interpretation

Zeitraum		E.-Phase/ Quelle	Entwicklungs- Phasen der Landschaft	Interpretation		
von	bis		Grundloses Moor	Natur und Prozesse	Kultur	Idee der Moornutzung
ca. 5000 v. Chr.	ca. 2200 v. Chr.	Pollen-analyse	nasses Moor (vermutl. Niedermoor und Hochmoorgenese mit Übergangsstadien)	Klima: nasse Bedingungen; Chem.-phys. Prozess: Moorgenese/ Torfakkumulation (reduziert); Versauerung und Verarmung an Mineralstoffen durch Torfmoose; Vegetation: Torfmoose	Jäger und Sammler mit ersten Anzeichen der Neolithisierung	
ca. 2200 v. Chr.	ca. 500 n. Chr.	Pollen-analyse	Moor mit trockenen Bereichen vermutl. Niedermoor und Hochmoorgenese mit Übergangsstadien in weiterhin feuchtnassen Bereichen)	Klima: trockene Bedingungen; Chem.-phys. Prozess: Nasse Bereiche: Torfakkumulation (reduziert); Trockene Bereiche: oxidative Zersetzungsprozesse des Torfkörpers aufgrund von Wasserstandsschwankungen denkbar; Vegetation Verheidung	Erste temporäre Siedlungen mit nicht permanenter Landnutzung im Umfeld des Grundlosen Moores	
ca. 500 n. Chr.	ca. 800 n. Chr.	Pollen-analyse	nasses Moor (vermutl. primär Hochmoorgenese in weiten Teilen)	Klima: nasse Bedingungen; Chem.-phys. Prozess: Moorgenese/ Torfakkumulation (reduziert); Versauerung und Verarmung an Mineralstoffen durch Torfmoose; Vegetation: Torfmoose	Erste Siedlungen mit nicht permanenter Landnutzung im Umfeld des Grundlosen Moores / Beginn permanenter Landnutzung	

Zeitraum		E.-Phase/ Quelle	Entwicklungs- Phasen der Landschaft	Interpretation		
von	bis		Grundloses Moor	Natur und Prozesse	Kultur	Idee der Moornutzung
ca. 800 n. Chr.	ca. Mitte 18. Jh.	Pollen-analyse	nasses Moor (vermutl. primär Hochmoorgenese in weiten Teilen)	Klima: nasse Bedingungen; Chem.-phys. Prozess: Moorgenese/ Torfakkumulation (reduziert); Versauerung und Verarmung an Mineralstoffen durch Torfmoose; Vegetation: Torfmoose	Intensivierung der permanenten Landnutzung: Rodung für landwirtschaftliche Nutzung im Umfeld des Grundlosen Moores	
Beginn anthropogener Überprägung des Grundlosen Moores						
ab ca. Mitte 18. Jh.		Pollen-analyse	Degradationsbeginn Hochmoor	Chem.-phys. Prozess: oxidative Zersetzungsprozesse des oberen Torfkörpers aufgrund von Wasserstandsabsenkung; Vegetation: Verheidung, Verbuschung & Verwaldung	Entwässerung und Brandrodung im Moor	Flächenbedarf steigt, Moorflächen sind letzte Flächen, welche urbar gemacht und für Anbau von Buchweizen genutzt werden
ab mind. 1811		Archiv	Degradation Hochmoor	Chem.-phys. Prozess: oxidative Zersetzungsprozesse des oberen Torfkörpers aufgrund von Wasserstandsabsenkung; Vegetation: Verheidung, Verbuschung & Verwaldung	Bäuerlicher Torfstich und Entwässerung	Torf als Brennmaterial
1863	ca. Ende 19. Jh. (belegbar)	Archiv / Preuß. Landesaufnahme	Degradation Hochmoor	Chem.-phys. Prozess: oxidative Zersetzungsprozesse des oberen Torfkörpers aufgrund von Wasserstandsabsenkung; Vegetation: Verheidung, Verbuschung & Verwaldung	Bäuerlicher Torfstich und Entwässerung / Wasserentnahme für die Gemeinde Ebbingens	Torf als Brennmaterial, (Wasserversorgung)
1946	1947	Archiv / Zeitzeugenbefragung	Degradation Hochmoor	Chem.-phys. Prozess: oxidative Zersetzungsprozesse des oberen Torfkörpers aufgrund von Wasserstandsabsenkung; Vegetation: Verheidung, Verbuschung & Verwaldung	Bäuerlicher Torfstich / industrieller Torfabbau und Entwässerung	Torf als Brennmaterial
	ca. 1965	Archiv	Degradation Hochmoor	Chem.-phys. Prozess: oxidative Zersetzungsprozesse des oberen Torfkörpers aufgrund von Wasserstandsabsenkung; Vegetation: Verheidung, Verbuschung & Verwaldung	Bäuerlicher Torfstich und Entwässerung	Torf als Brennmaterial
Unterschutzstellung des Grundlosen Moores						
Ab 1990		Bezirksr. Lüneburg	Weiterhin Degradation des Hochmoores, da historische Entwässerung besteht; zum Teil Regeneration in	Chem.-phys. Prozess: oxidative Zersetzungsprozesse des oberen Torfkörpers aufgrund von Wasserstandsabsenkung; Vegetation	Grundloses Moor zum Naturschutzgebiet (mit der Kennzeichen-Nummer NSG LÜ 185) deklariert; Sanierungsmaßnahmen wie Entkusselung, um den Prozessen der Verbuschung	Naturschutz später auch Klimaschutz

Zeitraum		E.-Phase/ Quelle	Entwicklungs- Phasen der Landschaft	Interpretation		
von	bis		Grundloses Moor	Natur und Prozesse	Kultur	Idee der Moornutzung
			historischen Torfstichen	Verheidung, Verbuschung & Verwaldung; zum Teil reduzierte Bedingungen in historischen Torfstichen mit Torfmooswachstum	& Verwaldung entgegenzuwirken	
2018	heute	Heidekreis	Weiterhin Degradation des Hochmoores, da historische Entwässerung besteht; zum Teil Regeneration in historischen Torfstichen	Chem.-phys. Prozess: oxidative Zersetzungsprozesse des oberen Torfkörpers aufgrund von Wasserstands-Absenkung; Vegetation: Verheidung, Verbuschung & Verwaldung; zum Teil reduzierte Bedingungen in historischen Torfstichen mit Torfmooswachstum	NSG Grundloses Moor (mit der Kennzeichen-Nummer NSG LÜ 185) Klimaschutz durch Moorentwicklung (KliMo): Erhaltung bzw. Schaffung eines Kohlenstoffspeichers durch Wiedervernässung und Sanierungsmaßnahmen	Naturschutz und Klimaschutz

Die jeweiligen Entwicklungsphasen werden durch naturhistorische Prozesse und Referenzzustände sowie kulturhistorische Stadien mit den Ideen der anthropogenen Moornutzung ihrer Zeit repräsentiert. Mit den hier kartierten Landschaftselementen bilden diese die Interpretationsgrundlage für die Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte des Grundlosen Moores. So ist es gelungen, zeitlich abgegrenzte Entwicklungsphasen zu rekonstruieren.

An dieser Stelle soll vorweggenommen werden, welches prinzipielle Resultat aus dem Pollendiagramm festzuhalten ist. In der Entwicklungsgeschichte des Grundlosen Moores ist eine stetige Veränderung der Mengenanteile an Pollentypen zu verzeichnen. Eine dynamische Vegetationsentwicklung verdeutlicht den stetigen Wandel der Landschaft und die Komplexität der Moorgenese. Hervorzuheben ist, dass die Landschaft auch vor Eintritt des menschlichen Wirkens stets im Wandel war und nie eine stationäre bzw. langfristig stabile Entwicklungsphase eingenommen hat. KÜSTER (2012) schreibt, dass unterschiedlichste Faktoren wie z. B. Klimaveränderungen, Torf- bzw. Bodengenese und der im Laufe der Zeit zunehmende menschliche Einfluss als Ursache für diese Veränderungen genannt werden können.

Die durch die Pollenanalyse abgesteckten Entwicklungsphasen (vgl. *Tabelle 2*) stellen markante Veränderungen von Pollenkonzentrationen dar und sind somit Anzeiger für sich wandelnde Vegetationszusammensetzungen. Diese Abgrenzung wurde mit dem Augenmerk auf die Entwicklungsgeschichte des Grundlosen Moores vorgenommen. Jede Entwicklungsphase wurde hinsichtlich der Prozesse der dynamischen Natur sowie der Kultur mit ihrem menschlichen Einwirken auf die Landschaft bis hin zu einer Idee der Moornutzung interpretiert:

Durch die Auswertung des Pollendiagramms konnte der Beginn des Prozesses der Moorgenese des Grundlosen Moores auf etwa 5000 v. Chr. datiert werden. Damit ist das Moor an der tiefsten

untersuchten Stelle etwa 7.000 Jahre alt. Ersichtlich ist ein Vorkommen von Kiefern und Birken, welche vermutlich an den Moorrändern wuchsen. Eichen, Linden und Ulmen konnten im Umfeld auf trockeneren Standorten wachsen. Vor etwa 5.700 Jahren, also etwa 3700 v. Chr. ist ein deutlicher Rückgang des Mengenanteils an Ulmenpollen zu verzeichnen, welcher das Ereignis des „Ulmenfalls“ anzeigt. Für den Ulmenfall ist eine diskutierte Ursache, die durch den Pilz *Ceratocystus ulmi* hervorgerufenen „Ulmenkrankheit“, welche durch Schneitelwirtschaft und kleinflächige Rodungen frühneolithischer Bevölkerungsgruppen begünstigt wurde (nach KLOOS (1997) in LANDGRAF (1998)). Nach KÜSTER (1988) ist das Ereignis des Ulmenfalls für Norddeutschland vorrangig ab 3400 v. Chr. anzunehmen. Das etwa parallel auftretende Vorkommen von Spitzwegerich und Sauerampfer, welche vor allem auf Feldern als Unkräuter wuchsen (ABTEILUNG FÜR PALYNOLOGIE UND KLIMADYNAMIK DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN o. J.), ist ein weiterer Hinweis für einen Übergang von Jäger und Sammlerkulturen zu ersten Hirten- und Bauernkulturen. KÜSTER (1988) bestätigt, dass vom Neolithikum aus die Ausbreitung von Spitzwegerich auf Brachen wahrscheinlich ist. Eine Umformung der Landschaft im Umfeld des Grundlosen Moores nach den Bedürfnissen der Menschen ist in dieser Entwicklungsphase somit vorhanden. Die Auswirkungen blieben jedoch zunächst gering. Eine Moornutzung ist nicht nachzuweisen.

Auf den nassen nährstoffreichen Flächen des Moores etablierten sich vermutlich Erlenbruchwälder. Weiter ist die Moorvegetation durch Torfmoose, Sauergräser (wie z.B. Wollgräser und Seggen), Süßgräser (wie z.B. Pfeifengräser und Schilf) sowie durch die Besenheide charakterisiert. In dieser Phase ist ein hoher Mengenanteil an Torfmoossporen mit einem Maximum in einer Tiefe von etwa 3,7 m auffällig. Da Torfmoose, welche nach VAN BREEMEN (1995) auch als Ökosystemingenieure bezeichnet werden, ihre Umgebung durch Reduzierung von Nährstoffen und Abgaben von Protonen maßgeblich beeinflussen, können folgende Prozesse interpretiert werden (vgl. *Tabelle 2*): Durch ihre Kationen-Austausch-Kapazität kommt es auf der einen Seite durch die Abgabe von Protonen zu einer Versauerung des Milieus, auf der anderen Seite zur Verringerung der Verfügbarkeit von Mineralstoffen für vaskuläre Pflanzen (MALMER et al. 2003; VAN BREEMEN 1995; KÜSTER 2022). Bedingt durch diese Rückkopplungen zwischen Pflanzen, Boden und Hydrologie schaffen Torfmoose ihr ideales oligotrophes und saures Milieu und können andere Arten verdrängen. Da Torfmoose jedoch auf nasse Bedingungen angewiesen sind, wird hier interpretiert, dass diese Entwicklungsphase durch klimatisch humide Perioden geprägt war, welche die Ausbreitung der Torfmoose förderten. Wie der *Abbildung 2* in *Kapitel 2* zu entnehmen, kann durch die Ausbreitung von Torfmoosen kein direkter Rückschluss gezogen werden, inwieweit es in dieser Phase schon zum Aufwachsen eines Hochmoores kam. Zieht man die in *Kapitel 3* beschriebenen Torfansprachen der GK25 heran, besteht die tiefste untersuchte Schicht des Moores aus den Hauptgemengeanteilen Seggen-, Bruch- und

Schilftorf (LBEG 1991). Darüber liegt, auch von SCHNEEKLOTH & TÜXEN (1978) beschrieben, ein stark zersetzter Sphagnum Torf. Diese Daten korrelieren mit der Datenauswertung des Pollendiagrammes insoweit, dass in der *Phase 1* der beschriebene Anteil an Sauergräsern (Seggen), Süßgräsern (Schilf) sowie Kiefer, Birke und Schwarzerle (Bruch) ebenfalls auf die Existenz eines Niedermoores mit entsprechender Torfbildung hinweist. Der aufliegende stark zersetzte Sphagnum Torf lässt sich durch den hohen Anteil an Torfmoossporen erklären. Ein plausibles Bild wäre demnach, dass in den Randbereichen Prozesse der Niedermoorogenese abliefen. Niedermoor-Pflanzengesellschaften bildeten die torfbildende Vegetation in diesen Bereichen. Im Zentralbereich des Moores initialisierten Torfmoose die klassische autogene Sukzession von Übergangs- und Hochmoorbereichen, ähnlich wie schematisch von OVERBECK (1975) beschrieben (vgl. *Kapitel 2*). In dieser Phase ist somit eine Entwicklung von Niedermoor-, Übergangs- als auch Hochmoorbereichen erkennbar. Für eine verlässliche Aussage wären weitere Forschungstätigkeiten durch eine Torfansprache, welche gekoppelt an eine Pollenanalyse durchgeführt werden müsste, notwendig. Die zweite und längste Entwicklungsphase (2200 v. Chr. bis 500 n. Chr.) zeigt eine markante Vegetationsentwicklung: Der Anteil an Torfmoossporen nimmt ab. Einhergehend nimmt der Anteil an Besenheide zu. Besenheide ist auf mäßig trockene bis feuchte, nährstoffarme und saure Bedingungen angewiesen (OBERDORFER 2001). Demnach wird ausgelegt, dass klimatisch trockenere Bedingungen in weiten Teilen dieser Phase die Moorentwicklung beeinflusst haben. Weiter sind die Interpretationen der ersten Entwicklungsphase schlüssig: Die Prozesse der Versauerung und die Verarmung an Mineralstoffen im Torfkörper schaffen ideale Bedingung für die Besenheide. Einen weiteren Rückschluss auf trockenere Bedingungen zeigt der hohe Zersetzungsgrad des von SCHNEEKLOTH & TÜXEN (1978) beschriebenen Sphagnum Torfs. Durch trocknere Bedingungen in der zweiten Entwicklungsphase, verbunden mit einer einhergehenden Absenkung des Moorwasserstandes, ist eine aerobe Zersetzung des zuvor in der ersten Entwicklungsphase abgelagerten Sphagnum Torfs anschaulich.

Es ist jedoch anzunehmen, dass auch in *Entwicklungsphase 2* in Teilen des Grundlosen Moores weiterhin feuchte, nasse oder zeitweise überschwemmte Bereiche existierten. Das Vorkommen an Sauergräsern, Sonnentau und Schwarzerlen, aber auch das Vorhandensein, geringerer Mengen Torfmoossporen, legen dies nahe. Auch hier wäre weitere Forschung durch eine Torfansprache, welche gekoppelt an eine Pollenanalyse durchgeführt werden müsste, zur Bestätigung wichtig. Am Anfang dieses zweiten Entwicklungsstadiums, zur Bronzezeit, können durch den Anstieg des Mengenanteiles an Pollen des Spitzwegerichs und Sauerampfers eindeutig erste Siedlungen mit nicht permanenter Landnutzung im Umfeld des Grundlosen Moores festgehalten werden. Aus der massenhaften Ausbreitung der Rotbuche zu Beginn des Subatlantikums und dem Abfall des Anteiles

an Eiche und Hasel lässt sich ein weiter ansteigender Einfluss des Menschen auf seine Umwelt schließen. Die Eichenmischwälder wurden gerodet, um diese Flächen ackerbaulich zu nutzen. Nachdem diese Flächen ausgelaugt waren und deshalb aufgegeben wurden, konnte sich durch Sekundärsukzession die Rotbuche vermutlich im Schutz der Waldränder oder verschiedener Pioniergehölze als konkurrenzstarke Schattenholzart ausbreiten. Abzuleiten ist somit, dass eine permanente Landnutzung noch nicht praktiziert wurde. Die Komponente des menschlichen Wirkens auf die Landschaft nimmt jedoch zu. Eine Idee der Moornutzung der Menschen ist in dieser Phase nicht erkennbar.

In der dritten Entwicklungsphase (500 bis 800 n. Chr.) deutet der Abfall des Anteils an Besenheide und die Zunahme an Torfmoossporen auf nun wieder feuchtere klimatische Bedingungen hin. Durch die Zunahme der Torfmoose kam es erneut zur Absenkung des pH-Werts und Verarmung an Mineralstoffen. Dies führt vermutlich spätestens in dieser Entwicklungsphase dazu, dass sich in weiten Teilen des Moores Torfmoose etablierten und einen Hochmoorkörper mit einem zunehmend ombrogenen Wasserregime schufen. Am Anfang dieser Phase, also vor rund 1.500 Jahren zeigt das Pollendiagramm den Beginn des Roggenanbaus. KÖRBER-GROHNE (1994) bestätigt, dass Roggenanbau als Hauptbrotfrucht in Mittel- und Nordeuropa zu Beginn des Mittelalters weiträumig einsetzt. Für den Roggenanbau ist das Moor ungeeignet. Eine Idee der Moornutzung ist daher nicht festzuhalten.

Die obersten 0,3 m des Moores repräsentieren eine Zeitspanne von etwa 1.200 Jahren, also von 800 n. Chr. bis heute. Nach der ABTEILUNG FÜR PALYNOLOGIE UND KLIMADYNAMIK DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN (o. J.) handelt es sich um eine gestörte Probe in dem oberen Bereich, was diese geringe Mächtigkeit im Vergleich zu den bisherigen Phasen begründen kann. Durch die historische Analyse und die erfassten Landschaftselemente ist diese Erklärung nachvollziehbar, da das Moor stark durch Torfstich und Entwässerung überprägt und das Moornachstum dementsprechend gestört ist. Dennoch konnten diese 0,3 m in die *Phasen 4 und 5* untergliedert werden. Durch die Störung der Probe ist es jedoch schwierig, die zeitliche Einordnung der Entwicklungsphasen eindeutig vorzunehmen. In Kombination mit der historischen Analyse wurde abgeschätzt, dass das vierte Entwicklungsstadium von etwa 800 n. Chr. bis ca. Mitte des 18. Jh. reicht. Der abnehmende Mengenanteil an Rotbuche am Anfang dieser Entwicklungsphase, also der *Phase 4* des Pollendiagramms zeigt, dass ein Großteil der Buchenwälder gerodet wurde. Diese wichen der nun länger andauernden landwirtschaftlichen Nutzung. Der kurze Wiederanstieg an Pollen der Rotbuche am Ende der *Phase 4* zeigt, dass diese Nutzungen kurzzeitig nochmal nachließen. Es ist davon auszugehen, dass es nach wie vor zu Siedlungsaufgaben und Neugründungen kam. Erst der anschließende endgültige Abfall der Rotbuche spiegelt die intensivierte und nun permanent andauernde Landnutzung wider. Das Grundlose Moor selber war für den Ackerbau jedoch am

wenigsten geeignet, daher stieg die Landnutzung zunächst im Umfeld des Moores an. Die Vegetationszusammensetzung des Moores war weiterhin durch das Vorkommen von Torfmoosen sowie Sauergräsern und Süßgräsern geprägt. Ferner kam die Besenheide in dieser *Phase* vor, was auf weiterhin nasse Bedingungen im Moor hindeutet. Durch den Mengenanteil an Torfmoossporen, gekoppelt an die Torfansprache der oberen Schicht des Moores als Hochmoortorf, ist die Einordnung der Hochmoorgenese weiter plausibel (LBEG 1991; SCHNEEKLOTH & TÜXEN 1978). Eine Idee der Moornutzung ist in dieser Entwicklungsphase nicht abzuleiten. Daher ist anzunehmen, dass die Moorentwicklung bis etwa Mitte des 18. Jh. ohne direkten menschlichen Einfluss ablief.

Erst am Anfang der *Phase 5*, also ab etwa Mitte des 18. Jh. gibt es Hinweise auf erste Ideen der Moornutzung ihrer Zeit. Der Anstieg des Buchweizens deutet darauf hin, dass das Moor zumindest oberflächlich entwässert und Buchweizen im Grundlosen Moor angebaut wurde. KÖRBER-GROHNE (1994) schreibt, dass in Mitteleuropa Moore bis ins 18. Jh. unbewohnt geblieben sind. Ab etwa Mitte des 18. Jahrhunderts kam es dann im Zuge der Hochmoorkultivierung vermehrt zur Moorbrandwirtschaft. Bei dieser „wurde nach oberflächlicher Entwässerung alljährlich im Mai das Moor abgebrannt und in die noch warme Asche Buchweizen gesät“ (KÖRBER-GROHNE 1994, S. 347). Der starke Anstieg an Besenheide und sonstigen Heidekräutern auf der einen Seite und der Abfall an Torfmoossporen auf der anderen bestätigt, dass es durch trockenere Bedingungen im Moor zur Verheidung kam. Auch der sehr starke Anstieg an Kiefern- und Birkenpollen am Ende der *Phase 5* deutet auf eine zunehmende Verbuschung und Verwaldung, zumindest in Teilbereichen des Moores, hin (vgl. *Abbildung 4*). Es wird festgehalten, dass etwa ab Mitte des 18. Jh. eine erste stärkere menschliche Beeinflussung auf das Moorsystem stattfand. Die historische Analyse zeigt nachweislich, dass in dieser Entwicklungsphase (spätestens ab 1811) bereits Abbaurechte für den bäuerlichen Torfstich im Grundlosen Moor vergeben waren. Die Idee der Moornutzung durch bäuerlichen Torfstich aus dieser Zeit führte dazu, dass es spätestens Anfang des 19. Jh. zur anthropogenen Überprägung des Grundlosen Moores kam. Durch die historische Analyse wird deutlich, dass in der weiteren Entwicklungsphase bis ca. Ende des 19. Jh. die umliegenden Gemeinden das Grundlose Moor durch bäuerlichen Torfstich zur Gewinnung von Brennmaterial aber auch durch Moorwasserentnahme zur Wasserversorgung nutzten. Ab Ende des 19. Jh. bis 1946 konnten keine Daten bezüglich der Moornutzung aufgetan werden. SUCCOW & JESCHKE (1986) bestätigen, dass etwa Mitte des 19. Jh. die Torfstecherei in Mitteleuropa ihren Höhepunkt erreichte. Zu Beginn des 20. Jh. hat die Torfstecherei in Mitteleuropa ihren Höhepunkt überschritten. Erst in den Nachkriegsjahren erlebte die Moornutzung einen kurzen weiteren Höhepunkt (SUCCOW & JESCHKE 1986). Die fehlende historische Datengrundlage zu Beginn des 20. Jh. könnte mit der Abnahme der Moornutzung zu dieser Zeit zusammenhängen. Der zweite Höhepunkt der Torfstecherei in den

Nachkriegsjahren zeigt sich auch in Aufzeichnungen zum Grundlosen Moor. Aufgrund von hohem Flüchtlingsaufkommen in der Region in Verbindung mit Holzknappheit (Holz war Reparationsgut) wurde die Brenntorfgewinnung wieder intensiviert. Diese Notzeit spiegelt die kurze Entwicklungsphase (1946 bis 1947) wider. Durch die historische Analyse konnte nachgewiesen werden, dass kurzzeitig industrieller Torfabbau stattfand. Das nach Zeitzeugenbericht rekonstruierte Landschaftselement, die Historische Moorbahn, zeigt, dass der industrielle Torfabbau räumlich begrenzt im nordwestlichen Teil des Grundlosen Moores, stattfand. Weiter konnte durch Zeitzeugenberichte in Erfahrung gebracht werden, dass der bäuerliche Torfstich bis Mitte der 60-er Jahre stattfand und die Menschen in den umliegenden Gemeinden mit Brenntorf versorgte. Diese etwa 250 Jahre andauernde Nutzung des Grundlosen Moores, mit einer vermuteten Unterbrechung von etwa Ende des 19. Jh. bis Mitte des 20. Jh., lässt eine Annahme hingehend einer starken Veränderung des Wasserhaushaltes, des Moorkörpers und der Moorvegetation zu. Die Folgen des menschlich bedingten Absenkens des Moorwasserstandes durch Entwässerung führen zu einer Reihe chemisch-physikalischer Prozesse und einer nachhaltigen Veränderung in der Vegetation (in *Tabelle 2* vereinfacht dargelegt und schematisch in *Abbildung 4* in *Kapitel 2* vorgestellt). Der Torfstich führte zu einer starken Veränderung des Torfkörpers und des Reliefs. Heute sind die erfassten Landschaftselemente (Entwässerungsgrabennetz, Torfstich, Torfabfuhrdämme und Torfstichwände) Zeugen dieser Idee der Moornutzung und charakterisieren das heutige Landschaftsbild.

Erst 1990 wurde das Grundlose Moor zum NSG deklariert mit der Idee, die Natur des Moores zu bewahren (LANDKREIS HEIDEKREIS 2016). Auch das Potential von Mooregebieten zur langfristigen Kohlenstoffspeicherung sowie die Gefahr hoher Treibhausgasemission aus degradierten Mooren wurde erforscht und anerkannt (LEIFELD & MENICETTI 2018). Durch das KliMo-Projekt wird seit 2018 der Idee, das Grundlose Moor auch als Kohlenstoffspeicher langfristig zu erhalten und somit mitigierend dem Klimawandel entgegenzuwirken, nachgegangen. Dem gegenüber steht die bis heute anhaltende historisch bedingte Entwässerung des Grundlosen Moores, welche die in *Tabelle 2* aufgeführten Prozesse wie oxidative Zersetzungsprozesse des oberen Torfkörpers und eine fortwährende Verbuschung und Verwaldung zur Folge hat. Somit müssen heute Naturschutz- und Klimaschutzziele formuliert werden, die sowohl die biologische Vielfalt als auch den Erhalt des Torfkörpers berücksichtigen. Dabei geht aus der Schutzgebietsverordnung § 2 (3) „Besonderer Schutzzweck“: „1. Die Erhaltung und Entwicklung des Torfkörpers und der Wiederherstellung von Standortverhältnissen, insbesondere von naturnahen Wasserverhältnissen, die so weit wie möglich den natürlichen Gegebenheiten entsprechen“ hervor, dass Naturschutz und Klimaschutz Hand in Hand gehen (LANDKREIS HEIDEKREIS 2016). Implizieren wir die erzielten Ergebnisse des ersten Teils

dieser Arbeit auf den „1. Besonderen Schutzzweck“ der Schutzgebietsverordnung, wird deutlich, dass die Standort- und Wasserverhältnisse des Grundlosen Moores auch vor menschlichem Wirken also unter „natürlichen Bedingungen“ Entwicklungsphasen mit Veränderungen durchliefen. Unterschiedlichste Faktoren wie Klimaveränderungen, Torf- bzw. Bodengenese aber auch neue Ideen und Erkenntnisse der Menschen werden auch in Zukunft für Veränderungen sorgen. D.h. das Ziel der Wiederherstellung natürlicher Bedingungen müsste unter Berücksichtigung dieses Aspektes konkretisiert werden und wird in *Teil III* aufgegriffen und vertieft.

Deutlich wird, dass die Eingriffe in den Wasserhaushalt in den Entwicklungsphasen der menschlichen Überprägung starken Einfluss auf die Moorentwicklung hatten und bis heute weiter haben. Der gegenwärtige hydrologische und pedologische Zustand, welcher durch diese historische Beeinflussung bedingt ist, wurde in der vorliegenden Arbeit untersucht und wird im Folgenden *Teil II* „Hydrologie und Pedologie des Grundlosen Moores“ dargelegt. In der Diskussion des zweiten Teils wird erneut aufgegriffen, inwieweit die Ergebnisse dieses Teils, Wasserhaushalt und Torfkörper des Gebietes heute beeinflusst.

Teil II.

Hydrologie und Pedologie des Grundlosen Moores

5 Hydrologische und Pedologische Untersuchungen

Aufbauend auf dem ersten Teil dieser Arbeit werden im vorliegenden Teil II die Ergebnisse zum gegenwärtigen hydrologischen und pedologischen Zustand des Grundlosen Moores vorgestellt. Dabei wird zu Beginn die Methodik der Installation des hydrologischen Monitorings, welches im vorgelagerten FOP eingerichtet wurde, zusammengefasst. Anschließend wird aufgezeigt, wie die hydrologischen Daten erhoben und für den Bearbeitungszeitraum der trockenen Saison 2021 (Mai bis November) ausgewertet wurden. Klimadaten der nächstliegenden DWD-Station 4745 Soltau wurden einbezogen, aufbereitet und ausgewertet. Durch die Betrachtung von Klimadaten der letzten Jahre, im Vergleich zu den Klimadaten des Messhalbjahres, soll eine höhere Aussagekraft der Ergebnisse erlangt werden. Darauf aufbauend wurden durch bodenkundliche Untersuchungen Daten erhoben, welche den Torfkörper und den mineralischen Untergrund charakterisieren. Dabei dienten die durch das hydrologische Monitoring eingerichteten Transekte als Arbeitsgrundlage. Entlang dieser wurde zur Erfassung der Moormächtigkeit sondiert. Außerdem wurden entlang von zwei Haupttransektverläufen Bohrungen mit Torf- bzw. Bodenansprache durchgeführt. Die in der vorliegenden Studie erhobenen hydrologischen und bodenkundlichen Daten sowie die bereits vorhandenen Daten der Biotoptypen nach BELTING (2019) wurden in zwei Querschnitten miteinander verknüpft und visualisiert. Die Ergebnisse sowie die Methodik dieses Teils werden diskutiert. Ebenso werden die Resultate des ersten Teils in der Diskussion nochmals aufgegriffen, um zu reflektieren, welche Aspekte des aktuellen hydrologischen und pedologischen Zustands des Grundlosen Moores, sich durch die Interpretation der Entwicklungsphasen erklären lassen.

5.1 Material und Methoden

5.1.1 Datengrundlage

Die für die hydrologischen, klimatischen und pedologischen Untersuchungen zugrundeliegenden Daten sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 3 Datengrundlage und genutzte Informationsquellen

Literatur, Karten und Erhebungen		
Datenquelle	Autor *innen	Jahr
Verordnung über das Naturschutzgebiet „Grundloses Moor“ in der Stadt Walsrode, Landkreis Heidekreis vom 17.06.2016	LANDKREIS HEIDEKREIS	2016
Natura 2000-Managementplan für das FFH-Gebiet 78 „Grundloses Moor“	BELTING	2019
Wiedervernässung Grundloses Moor bei Walsrode - Entwurfsplanung	AQUAPLANER	2020
Grundloses Moor – Grundlagenerhebung für Wasserrückhaltmaßnahmen	WERSCHE	1989

Literatur, Karten und Erhebungen		
Datenquelle	Autor *innen	Jahr
Die Moore in Niedersachsen	SCHNEEKLOTH & TÜXEN	1978
Moorschutz in Deutschland – Optimierung des Moormanagement in Hinblick auf den Schutz der Biodiversität und der Ökosystemleistungen Bewertungsinstrumente und Erhebung von Indikatoren	TIEMEYER et al.	2017
Aufbau eines hydrologischen Monitorings im „Grundlosen Moor“ im Rahmen des EU-KliMo Projektes „Vernässung von Mooren im Heidekreis	HEIDBERG	2021
DWD Klima Daten	DWD	2022
Hydrogeologische Übersichtskarte von Niedersachsen	LBEG	2008
Bodenkundliche Karte von Niedersachsen (BK50)	LBEG	2017
Geologische Karte von Niedersachsen (GK25)	LBEG	1991
Bodenkundliche Kartieranleitung (KA5)	AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN	2005
Steckbriefe Moorsubstrate	MEIER-UHLHERR et al.	2015

Die hydrologischen und pedologischen Untersuchungen dieser Arbeit bauen auf dem Natura 2000-Managementplan für das FFH-Gebiet 78 Grundloses Moor, der Entwurfsplanung „Wiedervernässung Grundloses Moor bei Walsrode“ und der „Grundlagenerhebung für Wasserrückhaltemaßnahmen des Grundlosen Moores“ auf (BELTING 2019; AQUAPLANER 2020; WERSCHE 1989). Des Weiteren bietet das BfN Skript „Moorschutz in Deutschland – Optimierung des Moormanagements in Hinblick auf den Schutz der Biodiversität und der Ökosystemleistungen - Bewertungsinstrumente und Erhebung von Indikatoren“ eine wichtige praxisnahe Arbeitsgrundlage (TIEMEYER et al. 2017). Daher lehnt sich diese Arbeit in Teilen methodisch an das Skript an. Die in Vorbereitung auf diese Arbeit durchgeführte Detail- und Installationsplanung des hydrologischen Monitorings ist im FOP „Aufbau eines hydrologischen Monitorings im Rahmen des KliMo-Projektes Vernässung von Mooren im Heidekreis“ als Vorstudie dargestellt. Im *Kapitel 5.1.3* wird die Vorgehensweise der Installation des Hydrologischen Monitorings zusammenfassend aufgeführt, da die Installation und Datenaufnahmen grundlegend für die in dieser Arbeit durchgeführte Datenerfassung sind. Ebenso baut die in *Kapitel 5.1.3* erläuterte Methodik der pedologischen Datenerfassung auf dem zuvor installierten hydrologischen Monitoring auf.

Klimadaten der Jahre 2010 bis 2020 sowie für das Bearbeitungsjahr der vorliegenden Studie 2021 wurden von der nächstliegenden DWD-Station 4745 Soltau herangezogen und ausgewertet (DWD 2021b).

Für die Einschätzung des obersten Grundwasserstockwerks wurde die Hydrogeologische Übersichtskarte von Niedersachsen 1 : 50 000 herangezogen (LBEG 2008). Zur Vorbereitung auf die bodenkundlichen Untersuchungen sowie für die Visualisierung des geologischen Untergrundes der Querprofile wurde auf folgende Daten zurückgegriffen: GK25 (LBEG 1991), BK50 (LBEG 2017), Die Moore in Niedersachsen (SCHNEEKLOTH & TÜXEN 1978), Grundloses Moor – Grundlagenenerhebung für Wasserrückhaltemaßnahmen (WERSCHE 1989) sowie die Ergebnisse der Auswertung des Pollendiagramms des Teil I der vorliegenden Arbeit.

Nach der bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5) (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005) und ergänzend durch die Steckbriefe für Moorsubstrate (MEIER-UHLHERR et al. 2015) wurden die Bohrprofile beschrieben.

Der *Tabelle 4* sind die vorliegenden und genutzten GIS-Datensätze zu entnehmen.

Tabelle 4 Genutzte GIS Datengrundlagen für die hydrologischen und pedologische Datenerhebung und -auswertung

GIS Datensätze		
Titel	Herausgeber*innen	Jahr
Digitales Geländemodell (DGM) aus Light Detection And Ranging (LiDAR) – Daten der Laserscan-Befliegung (Auflösung 0,5 x 0,5 m)	LANDKREIS HEIDEKREIS	2017
Daten zu Eigentumsverhältnissen	LANDKREIS HEIDEKREIS	2021
Digitales Orthofoto	LANDKREIS HEIDEKREIS	11/2016
ATKIS	LGLN	
Kartierte Entwässerungsgräben	LANDKREIS HEIDEKREIS (Kartiert AQUAPLANER)	2020
Prognostizierte Moorwasserstände nach Maßnahmen-ausführung	LANDKREIS HEIDEKREIS (Berechnet AQUAPLANER)	2020
Biotop- und Lebensraumtypen	BELTING UMWELTPLANUNG	2014

Das Digitale Geländemodell (DGM, Auflösung 0,5 x 0,5 m) aus LIDAR-Daten der Laserscan-Befliegung bietet hochaufgelöste Höheninformation des Untersuchungsgebietes und ist von hoher Bedeutung für jegliche GIS-gestützten Untersuchungen und Auswertungen zum Moorkörper und Wasserhaushalt des Grundlosen Moores. Die Eigentumsverhältnisse des NSG werden berücksichtigt, da die Installation von Messstellen nur im Einvernehmen mit den Eigentümern von der UNB empfohlen wird. Daher wurden nahezu ausschließlich Flächen des Landes Niedersachsen (NLWKN) und der Stadt Walsrode als mögliche Messstandorte im Rahmen des Forschungsvorhabens klassifiziert, da der zeitliche Rahmen dieser Arbeit das Einholen von Einzelgenehmigungen nicht zuließ. Die Eigentumsverhältnisse der jeweiligen Pegelstandorte sind in den Tabellen der Stichtagsmessreihen in *Anhang A* dokumentiert.

Die weiteren Datensätze: Biotop- und Lebensraumtypen, prognostizierte Moorwasserstände nach Maßnahmenausführung, kartierte Entwässerungsgräben sowie das digitale Orthofoto, dienten als wichtige Arbeitsgrundlage für die räumliche Verteilung der Messstellen.

5.1.2 Material und Gerät

Für die Installation der Messstellen und für die hydrologische und pedologische Datenaufnahme wurden diverse Materialien und Geräte eingesetzt, welche in folgender Tabelle kurz mit deren Eigenschaften benannt werden:

Tabelle 5 Material und Gerät

Material und Geräte		
Bezeichnung (Hersteller)	Eigenschaften	
Edelmannbohrer (Eijkelkamp Soil & Water)	Durchmesser	7 cm
	Durchmesser	10 cm
	Länge	1 - 4 m
Edelmannbohrer (Eijkelkamp Soil & Water)	Durchmesser	10 cm
	Länge	1 - 4 m
Stechbohrer/Guts-Bohrer (Eijkelkamp Soil & Water)	Durchmesser	0,03 m
	Länge	1 - 4 m
Moorklappsonde (Eijkelkamp Soil & Water)	Länge	1 - 4 m
Moorpeilstange	Länge	1 - 6 m
Pickstock	Länge	1 m
Spaten		
Handsäge		
26 Filterrohre	Durchmesser	5 cm
	Länge	1 m
	Filterlänge	0,84 m
	Filterschlitzweite	0,35 - 0,75 mm
14 Spitzen		
8 Kappen		
6 Kappen für Datenlogger (abschließbar)		
11 Pflöcke	Länge	1,5 - 2 m
6 Datenlogger - Wasserdruck (vanEssen Instruments)		
1 Datenlogger - Atmosphärendruck (vanEssen Instruments)		
Lichtlot		
Zollstock		
Hammer		
GNSS-System (Trimble Geo7x mit Zephyr-Antenne und Leica Zeno FLX100)	cm-Genauigkeit (ca. 2-5 cm)	
Garmin (GPSMAP 64s)	m-Genauigkeit (ca. 3 m)	
Navigation - App Locus Pro für georeferenzierte Datensätze		

In der *Abbildung 14* sind der Großteil der Materialien und Geräte, welche für die Geländearbeit und Datenaufnahme genutzt wurden, dargestellt.



- [1] Lichtlot
- [2] verbautes Filterrohr mit Datenlogger
- [3] Zollstock, Handsäge und Pickstock
- [4] Edelmännbohrer (7 cm)
- [5] Edelmännbohrer (10 cm)
- [6] Moorklappsonde
- [7] Stechbohrer/Guts-Bohrer
- [8] Moorpeilstange

Abbildung 14 Material und Geräte

5.1.3 Installation des hydrologischen Monitorings

Der Aufbau des hydrologischen Monitorings, also die Grundlage zur Erfassung aussagekräftiger Wasserstandsdaten, begann mit der Auswahl einer ausreichenden Anzahl geeigneter Pegelstandorte. Die Wahl von Lage und Anzahl der Messstellen erfolgte nach sorgsam erwogenem Plan, um die Hydrologie des Moores mit zweckentsprechender Genauigkeit festzuhalten. Des Weiteren sind die Anzahl der zu installierenden Pegel von den Genauigkeitsanforderungen, der Erfolgskontrolle und dem Ziel des Wiedervernässungsprojektes abhängig. Nach der räumlichen Quantifizierung der Pegelstandorte gilt es, gemäß der zeitlichen Variabilität, also der saisonalen und kurzfristigen Schwankungen der Moorwasserstände, eine zielorientierte Messfrequenz festzulegen (TIEMEYER et al. 2017).

Die räumliche Variabilität des Moorwasserstandes unterliegt verschiedenen standortspezifischen Faktoren, wie der Vegetation und der Strukturiertheit des Torfkörpers (TIEMEYER et al. 2017). Im Grundlosen Moor sind, durch die in Teil I dieser Arbeit beschriebene über etwa 250 Jahre andauernde Entwässerung mit einhergehendem Torfstich, sowohl der Torfkörper als auch der natürliche Wasserhaushalt stark gestört. Das DGM, die von AQUAPLANER (2020) kartierten und vermessenen Entwässerungsgräben sowie die von BELTING (2019) durchgeführte Biotop- und Lebensraumtypenkartierung geben Rückschlüsse darauf, dass das Untersuchungsgebiet eine hohe räumliche Variabilität des Moorwasserstandes aufweist. Diese Ausgangslage macht deutlich, dass für den Aufbau des Monitorings nicht im gesamten Gebiet die gleiche zeitliche und räumliche Auflösung und somit Genauigkeit sinnvoll und umsetzbar erscheint. Daher wurde zunächst, nach umfänglichem Studium der in *Kapitel 5.1.1* beschriebenen Literatur, Karten und Datensätze, eine Methodik aufgestellt:

- i. Der Moorkernbereich, also der Zentralbereich des Moores erhält die höchste räumliche und zeitliche Auflösung. Diese nimmt zu den Gebietsgrenzen hin ab:

Nach WERSCHE (1989), sind die Torfmächtigkeiten im Zentralbereich um den Grundlosen See mit ca. 2 bis max. 3,2 m am höchsten. Die „renaturierungsfähigen degradierten Hochmoor-Lebensraumtypen“ finden sich verstärkt im Zentralbereich am und um den Grundlosen See (BELTING 2019). Die prognostizierten Moorwasserstände werden unter anderem im zentralen Bereich des Untersuchungsgebietes als hoch eingestuft (AQUAPLANER 2020). Auf dieser Grundlage wurde angenommen, dass gemäß der Potenziale und Ziele des Wiedervernässungsprojektes die Genauigkeitsanforderungen im Zentralbereich um den Grundlosen See am höchsten sind. Somit konnte eine grobe erste Abgrenzung für den Aufbau des Monitorings durchgeführt werden.

- ii. Anlegen von Transekten senkrecht zum Hauptentwässerungsgraben

Breits im FOP wurde die Hypothese aufgestellt, dass der Großteil der Flächen in den Hauptentwässerungsgraben entwässert. Um diese Hypothese zu überprüfen, wurde dieser als zentraler Ausgangspunkt für das Anlegen von Transekten gewählt. Die Transekte wurden deshalb so gewählt, dass sie in etwa senkrecht vom Hauptentwässerungsgraben ins Gelände verlaufen. Wie in Schritt (i.) beschrieben, wurde im zentralen Bereich des Moores eine höhere räumliche Auflösung, als in den Randbereichen realisiert. Die Dichte an Transekten wurde hier also erhöht.

- iii. Abgrenzung der Transekte durch modellierten Oberflächenabfluss

Um die Transekte eingrenzen zu können, wurde auf Basis des DGM eine vereinfachte Modellierung des entsprechend des Reliefs zu erwartenden Oberflächenabflusses durchgeführt. Die Modellierung erfolgte nach dem D8-Verfahren mittels Python in ArcGIS. Durch den modellierten Oberflächenabfluss konnten Referenzräume der Transekte als oberflächige Teileinzugsgebiete abgegrenzt werden.

- iv. Verifizierung der Messstellen innerhalb der Transekte

Innerhalb der abgesteckten Transekte wurden die Datensätze der Biotop- und Lebensraumtypen herangezogen, um deren Variabilität abzubilden. Zusätzlich wurde der Datensatz der prognostizierten Moorwasserstände nach Maßnahmenausführung betrachtet, um diese innerhalb der Transekte möglichst breit abzudecken. Somit konnten schon vorab vorläufige Messstellen ermittelt werden, welche nach mehreren Geländebegehungen verifiziert und anschließend installiert wurden.

v. Installation der Pegel

Die verifizierten Messstellen wurden Anfang Mai 2021 im Gebiet installiert. Zum Installieren der Grundwasserpegel (P) wurde mit einem Edelmannbohrer bis zum mineralischen Untergrund gebohrt. Anschließend wurden, wie schematisch in *Abbildung 15* dargestellt, die Pegelrohre bis an die Moorbasis eingebaut. Abhängig von der pedologischen Ausgangssituation variierte die Zeitspanne, bis sich der Moorwasserstand im Pegelrohr eingestellt hatte.

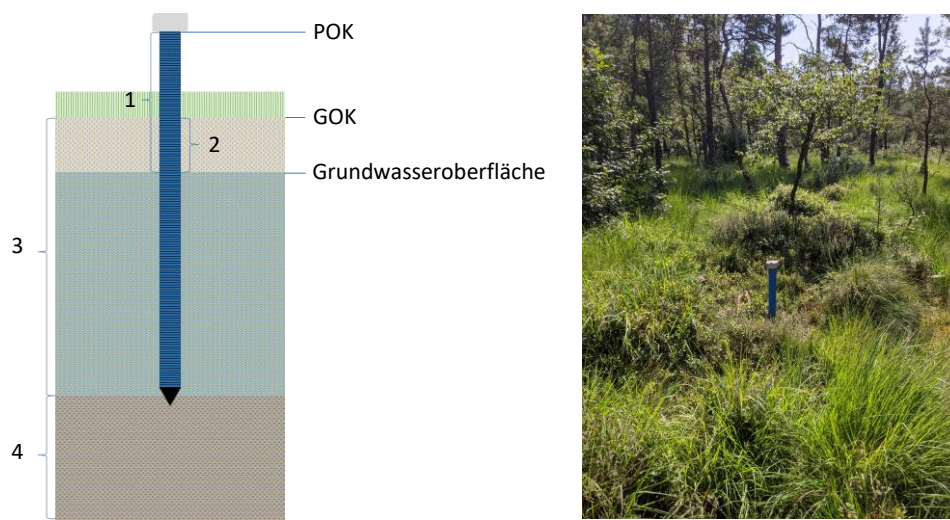


Abbildung 15 links: schematische Darstellung Grundwasserpegel, mit [1] Grundwasseroberfläche bis POK [2] Grundwasserflurabstand (Grundwasseroberfläche bis GOK) [3] Torfkörper [4] Mudde / mineralischer Untergrund; rechts: Foto Grundwasserpegel

In oberflächlich anstehenden Gewässern, wie in Gräben, Torfstichen und Seen wurden ergänzende Oberflächenpegel (OP) eingeschlagen. Die Pflöcke sind zwischen 1,5 und 2 m lang und wurden, wie in *Abbildung 16* dargestellt, im untenliegenden Substrat fixiert.

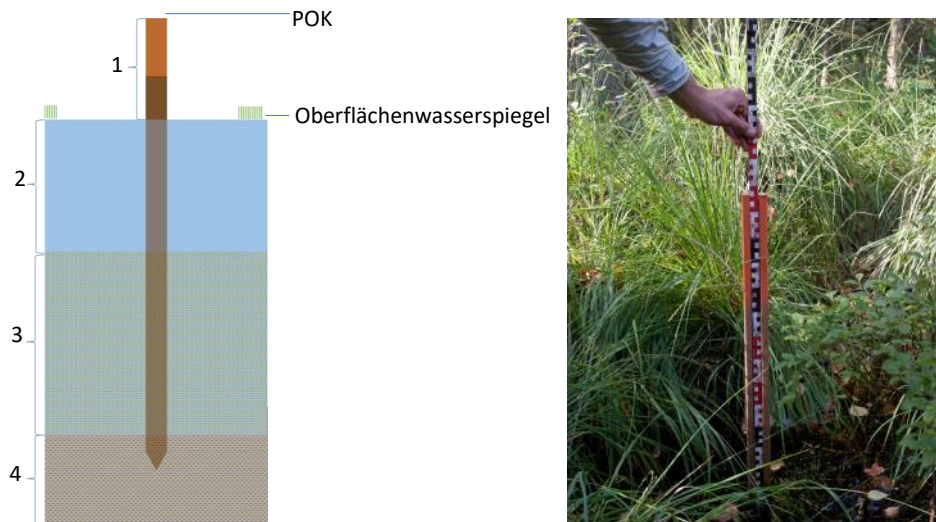


Abbildung 16 links: schematische Darstellung Oberflächenpegel, mit [1] Oberflächennwasserspiegel bis POK [2] freier Wasserkörper [3] Torfkörper [4] Mudde / mineralsicherer Untergrund; rechts: Foto Oberflächenpegel im Hauptentwässerungsgraben

Zunächst wurde das Monitoringprogramm mit 22 Pegeln Anfang Mai 2021 begonnen. Im Juli 2021 wurde das Messnetz durch drei weitere Pegel, die im Arbeitsprozess für wichtig erachtet wurden, ergänzt. Insgesamt wurden 14 Grundwasser- und 11 Oberflächenpegel installiert. Alle Messstellen mussten anschließend eingemessen werden. Um für die Moorhydrologie aussagekräftige Daten zu erhalten, ist eine cm-genaue Einmessung notwendig (TIEMEYER et al. 2017). Für die geodätische Feldvermessung wurde mit einem GNSS, sowohl die Lage als auch die Geländehöhe aller Pegel cm-genau eingemessen. Da die Vermessung aufgrund von Empfangsschwierigkeiten eine große Herausforderung darstellte, wurden zunächst die Pegel, an denen eine Vermessung möglich war, im Frühjahr eingemessen. Im Herbst 2021 konnten mittels neuerem GNSS und geringerer Belaubung die noch fehlenden Pegel eingemessen werden. In den Stichtagsprotokollen in *Anhang A* ist dargelegt, mit welchem GNSS die jeweiligen Pegel eingemessen sind. *Abbildung 17* veranschaulicht die Lage der 11 Oberflächen- und 14 Grundwasserpegel.

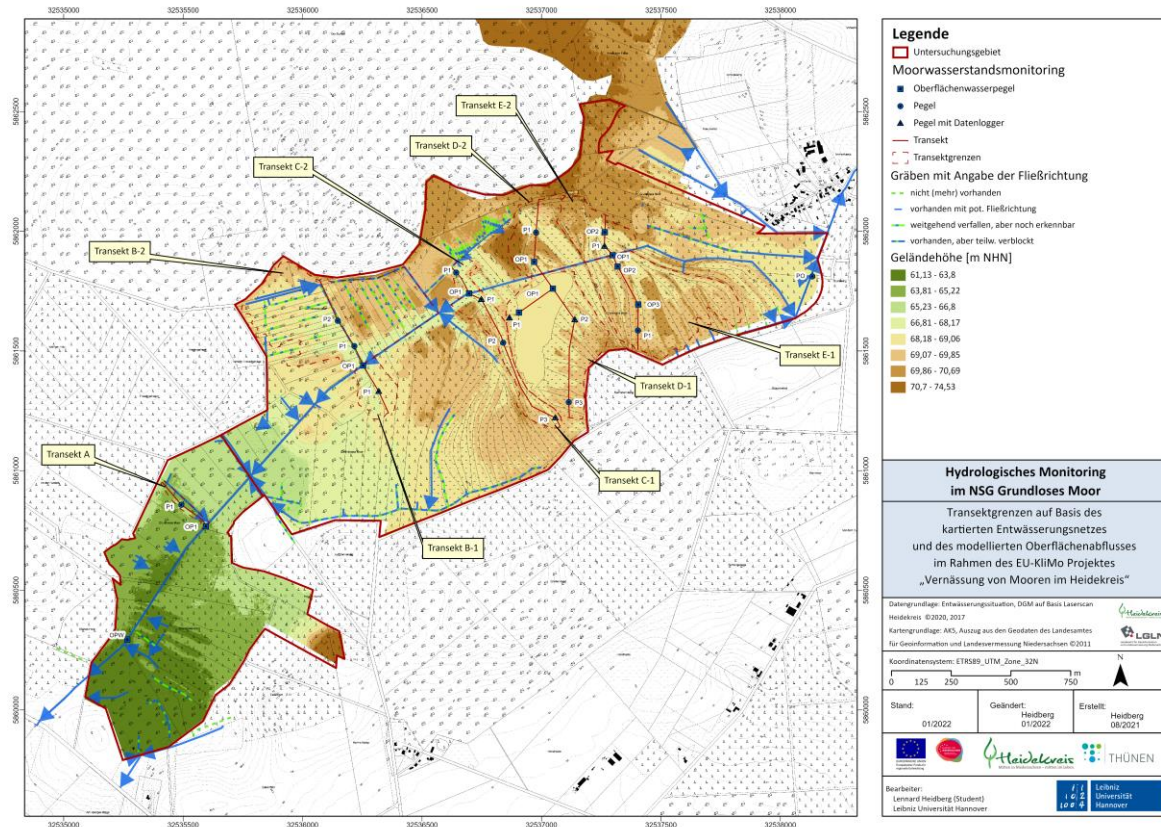


Abbildung 17 Hydrologisches Monitoring mit abgegrenzten Transekten A bis E2

Die 25 Messpegel sind die Grundlage für die neun angelegten Transekte, welche wie in *Abbildung 17* erkennbar etwa senkrecht vom Hauptentwässerungsgraben ins Gelände verlaufen. Mit Ausnahme von Transekt A sind die Transekte so angeordnet, dass sie sich am Hauptentwässerungsgraben treffen. Daher bilden zwei Transekte wie beispielsweise B-1 und B-2 das Haupttransekt B. Dabei wurde die Nummerierung der Pegel so gewählt, dass der Hauptentwässerungsgraben oder der dem Hauptentwässerungsgraben nächstliegende Pegel mit 1 nummeriert ist und mit dem Verlauf des Transektes nach außen weiter durchnummeriert wurde. Dabei wurde zwischen Oberflächenpegel (OP) und Grundwasserpegel (P) unterschieden. Wenn ein OP im Hauptentwässerungsgraben verbaut wurde, ist dieser beiden Transekten eines Haupttransektes zugeordnet. Folglich sieht die Nomenklatur wie folgt aus:

[Transekt] [Nummer]-[Pegelart] [Nummer]

Als Beispiel sei der Pegel 1 des Transektes B1 genannt: B1-P1. An den Gebietsgrenzen wurden zusätzlich zwei einzelne Pegel unabhängig von den zuvor beschriebenen Transekten verbaut. Ein Oberflächenpegel im Westen (OPW) und ein Grundwasserpegel im Osten (PO).

Das Teileinzugsgebiet West wurde im zentralen Teil um und nahe des Grundlosen Sees, durch das Anlegen von sechs (C1-C2, D1-D2, E1-E2) der neun Transekte mit 17 Pegeln, räumlich am höchsten

aufgelöst. Weiter westlich sind drei weitere Transekte (A, B1-B2) mit sieben Pegeln installiert worden und zuletzt der OPW. Das Teileinzugsgebiet Ost ist durch den Pegel PO dargestellt.

5.1.3.1 Datenaufnahme

Nachdem das hydrologische Messnetz eingerichtet war, galt es an Stichtagsmessungen mittels Lichtlot die Grundwasserflurabstände in den Pegeln zu messen. Die Oberflächenwasserstände wurden mittels Zollstock gemessen, wobei die Entfernung zur eingemessenen POK ermittelt wurde. Zusätzlich wurden zunächst im Mai 2021 drei und im Juli 2021 drei weitere Datenlogger installiert, welche mit einer kontinuierlichen Messfrequenz von 30 Minuten den Wasserdruck aufzeichnen. Ein weiterer Datenlogger zeichnet, repräsentativ für das gesamte Untersuchungsgebiet, parallel den Atmosphärendruck auf. Durch das Anlegen der Transekte konnte das Gebiet in drei Teiluntersuchungsgebiete (TUG) I, II und III unterteilt werden, wie *Abbildung 18* zu entnehmen.

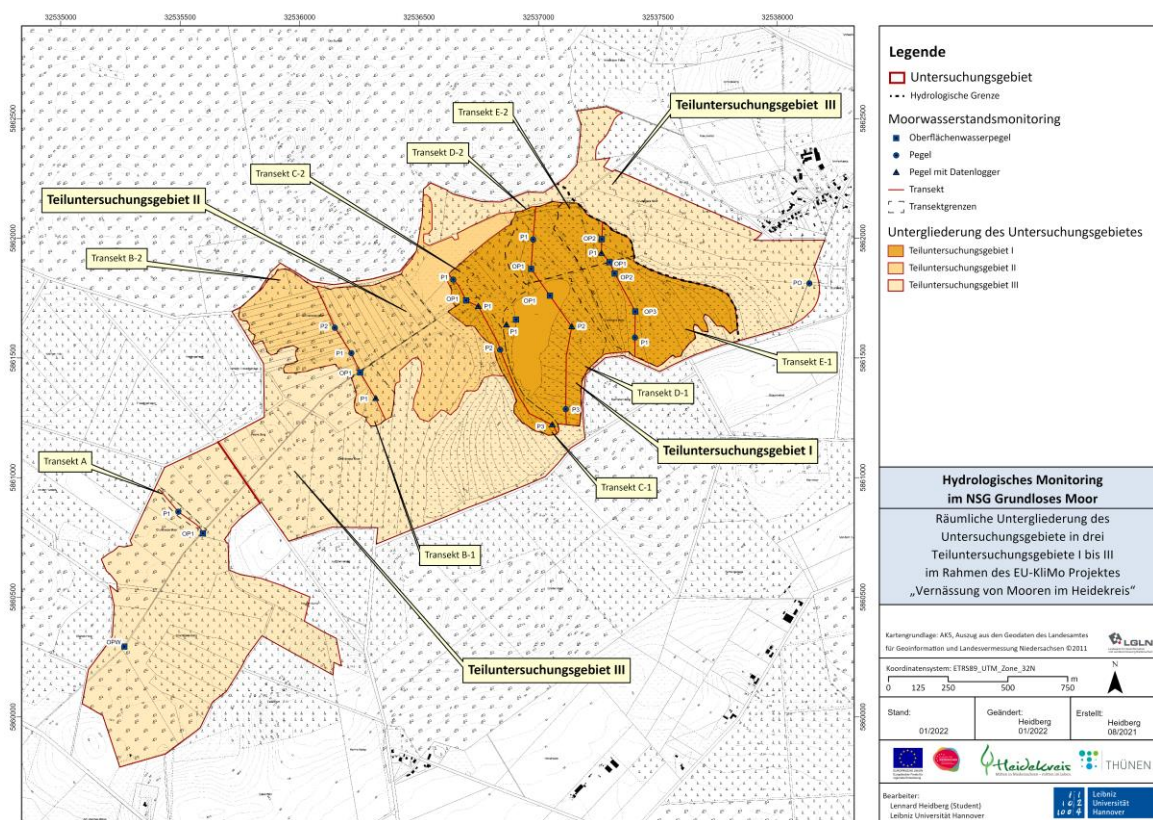


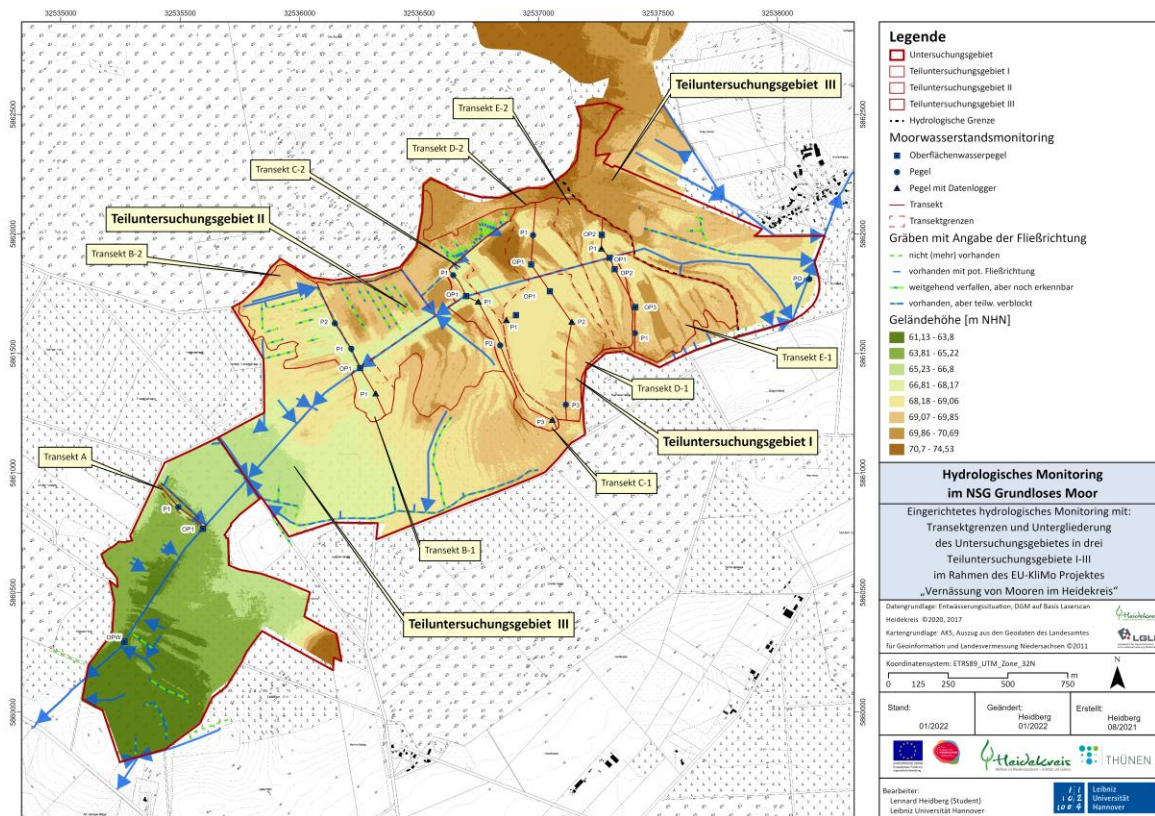
Abbildung 18 Abgesteckte Teiluntersuchungsgebiete (TUG I, II und III)

Durch das Untergliedern des Hauptuntersuchungsgebietes in drei TUG konnte das Gebiet auf Grundlage der oben erläuterten Herangehensweise zeitlich unterschiedlich hoch aufgelöst werden. Wie *Tabelle 6* zu entnehmen, wurde das TUG I, also der Moorkernbereich, zeitlich durch Stichtagsmessungen alle drei Wochen und das Installieren von sechs Datenloggern, wobei einer den Atmosphärendruck misst, am höchsten aufgelöst.

Tabelle 6 Räumlich und zeitliche Untergliederung des Untersuchungsgebietes in drei TUG

Räumliche und zeitliche Untergliederung des Untersuchungsgebietes			
Teiluntersuchungsgebiete	Räumliche Auflösung	Zeitliche Auflösung	
Teiluntersuchungsgebiet I	Transekte C bis E 17 Pegel	Alle 3 Wochen	6 Datenlogger
Teiluntersuchungsgebiet II	Transekt B 4 Pegel	Alle 6 Wochen	1 Datenlogger
Teiluntersuchungsgebiet III	Transekt A, OPW, PO 4 Pegel	Alle 9 Wochen	

Im TUG II wurden alle sechs Wochen und im TUG III alle neun Wochen Stichtagsmessungen durchgeführt. Im TUG II zeichnet außerdem ein Datenlogger alle 30 Minuten den Wasserdruck auf. Die manuell erhobenen Daten sind den Stichtagsprotokollen in *Anhang A* zu entnehmen. Das installierte, räumlich und zeitlich prioritär-hoch aufgelöste Messnetz ist *Abbildung 19* zu entnehmen. Mit diesem hydrologischen Monitoring wurden Daten für das trockene Halbjahr 2021 Mai bis November (WLs 2021) erhoben.

**Abbildung 19** Installiertes hydrologisches Monitoring mit prioritärer räumlicher und zeitlicher Auflösung im NSG Grundloses Moor (*Anhang D* in DIN A3)

5.1.3.2 Datenauswertung

Die eingemessenen Pegel wurden in ArcGIS mit x-, y- und z-Werten als Punktinformation editiert. Für die Pegel wurde aus den im Feld gemessenen Wasserständen der Wasserspiegel wie in Gl. 1 für Grundwasserpegel W_P und Gl. 2 für Oberflächenpegel W_{OP} berechnet:

$$W_P = GOK - (d_{\text{gemessener Grundwasserstand; POK}} - d_{\text{POK; GOK}}) \quad [\text{Gl. 1}]$$

mit W_P Wasserspiegel für Grundwasserpegel [m NHN]
 GOK Geländeoberkante [m NHN]
 d Abstand [m]

$$W_{OP} = POK - d_{\text{gemessener Wasserspiegel; POK}} \quad [\text{Gl. 2}]$$

mit W_{OP} Wasserspiegel für Oberflächenpegel [m NHN]
 POK Pegeloberkante [m NHN]
 d Abstand [m]

Die Daten sind den jeweiligen Stichtagsprotokollen in *Anhang A* zu entnehmen. Aus den gemessenen Daten wurde der Median der trockenen Saison 2021 (WLs 2021) für den gemessenen Abstand zwischen Wasserspiegel und POK, dem berechneten Abstand zwischen Wasserspiegel und GOK (Grundwasserflurabstand/Moorwasserstand) und dem berechneten Wasserspiegel in m NHN, ermittelt. Gesondert wurden die erfassten Wasserstandszeitreihen der Datenlogger mit der Software Diver–Office 2021 ausgelesen und mit dem Statistikprogramm R ausgewertet (RSTUDIO TEAM 2022). Der jeweils für die Zeitreihen ermittelte Median des Moorwasserstandes wurde mit dem Median Moorwasserstand der gemessenen Werte verglichen, um die Genauigkeit der zeitlichen Auflösung zu überprüfen.

Um auf Grundlage der punktuellen Datenlage der Flurabstände belastbare flächige Daten über den Moorwasserstand zu erhalten, war in ArcGIS eine Auswertung in zwei Schritten notwendig. Nach TIEMEYER et al. (2017) „kann eine direkte Interpolation von Grundwasserflurabständen schon bei leichtem Geländere Relief direkt zu hohen Fehlern führen“ (TIEMEYER et al. 2017, S. 182). Daher wurde im ersten Schritt der aus den gemessenen Wasserständen berechnete mediane Wasserspiegel der WLs 2021, mit dem geostatistischen räumlichen Interpolationsverfahren „Kriging (sphäroidisches Modell)“ für das gesamte Untersuchungsgebiet interpoliert. Somit konnte im ersten Schritt der mediane Wasserspiegel (WLs 2021) flächig dargestellt werden. Zur Visualisierung wurde in einer Abstufung von 0,5 m die Höhenlage des medianen Wasserspiegels (WLs 2021) als Höhenlinie dargestellt.

Im zweiten Schritt wurde auf Grundlage der interpolierten Grundwasseroberfläche mit dem „Raster Calculator“ der Grundwasserflurabstand (Moorwasserstand) für das gesamte NSG Grundloses Moor

berechnet. Hierfür wurde die interpolierte Grundwasseroberfläche mit dem Laserscan-Höhenmodell wie folgt verschnitten:

$$GW_{Fd} = A_{GOK} - IW_p \quad [Gl. 3]$$

mit GW_{Fd} Grundwasserflurabstand [m u. GOK]
 A_{GOK} DGM_{Geländeoberkante} [m NHN]
 IW_p Interpolierter Wasserspiegel [m NHN]

Da im FOP festgestellt wurde, dass die angewandte Methodik in Gebieten mit räumlich geringer Auflösung und Interpolation über weite Strecken sowie Extrapolation zu den Gebietsgrenzen, fehleranfällig ist wurde für die neun abgegrenzten Transekträume (A bis E-2), welche die höchste räumliche Genauigkeit innerhalb des Monitorings aufweisen, nach demselben Vorgehen die Auswertung nochmals durchgeführt. Hierbei war das Ziel die Referenzräume zu visualisieren, sodass diese für einen Vorher-Nachher-Vergleich herangezogen werden können. Die Skalierung der Abstufung der Moorwasserstände wurde in diesem Schritt an die Wasserstufen nach KOSKA et al. (2001) und COUWENBERG et al. (2008) angelehnt, welche in *Tabelle 7* mit den dazugehörigen Moorwasserständen dargestellt sind.

Tabelle 7 Wasserstufen (nach KOSKA et al. (2001) und COUWENBERG et al. (2008))

Moorwasserstand [m u. GOK]	Wasserstufen	Beschreibung
< 0	6+	geflutet, unteres Eulitoral
0 – 0,1	5+	nass, oberes Eulitoral
0,1 – 0,2	4+	halbnass, sehr feucht
0,2 – 0,45	3+	feucht
0,45 – 0,85	2+	mäßig feucht
> 0,85	2-	moderat trocken

Für eine sichtbare Vergleichbarkeit wurde die Farbwahl in diesem Auswertungsschritt so gewählt, dass Bereiche, welche schon heute Potentiale bzw. gute Wasserstufen aufweisen (blau bis grün), von Bereichen, die mittlere bis starken Defizite aufweisen (orange bis rot), klar abzugrenzen sind.

Des Weiteren wurde der WLs 2021 für die Haupttransekte C und D im 2D Querprofil dargestellt. Das genaue Vorgehen ist in *Kapitel 5.1.6* dargelegt.

5.1.4 Klimatische Wasserbilanz

Klimadaten der DWD-Station 4745 Soltau (9°47'E / 52°58'N; 75,4 m ü. NN) wurden verglichen, um die Messergebnisse des Moorwasserstandes der trockenen Saison 2021 besser einordnen und

interpretieren zu können. Hierzu wurde auf Niederschlags-, Temperatur- und Evapotranspirationsdaten zurückgegriffen (DWD 2021a). Für die Evapotranspiration wurden Daten der potentiellen Evapotranspiration über Gras herangezogen, welche mithilfe des Agrarmeteorologischen Modells zur Berechnung der aktuellen Verdunstung (AMBAV) ermittelt wurden (LÖPMEIER o. J.). Die Daten wurden für den Jahresverlauf des Messjahres 2021 und für das langjährige Mittel der Jahre 2010 bis 2020 aufbereitet. Anschließend wurde die Datenauswertung im Statistikprogramm R mit dem Paket „berryFunctions“ durchgeführt und als Klimadiagramme in Anlehnung an WALTER & LIETH (1960-1967) visualisiert (RSTUDIO TEAM 2022). Die Klimatische Wasserbilanz (KWB) wurde wie folgt berechnet:

$$KWB = N - ET \quad [Gl. 4]$$

mit KWB Klimatische Wasserbilanz [mm]
 N Niederschlag [mm]
 ET Evapotranspiration [mm]

5.1.5 Pedologische Datenaufnahme und Datenauswertung

Datenaufnahme

Die durch die Einrichtung des hydrologischen Messnetzes abgesteckten Transektverläufe bilden die Arbeitsgrundlage für die bodenkundlichen Untersuchungen. Für die bodenkundliche Datenerhebung wurden die Transektverläufe C und D ausgewählt, da diese die höchste Auflösung des Monitorings abdecken. Vor den Geländebegehungen wurden entlang der Transektverläufe C und D in ArcGIS Bohrpunkte ausgewählt. Dabei galt es, die Heterogenität des jeweiligen Transektverlaufs, bestimmt nach DGM, Biotoptypen, hydrologischem Messnetz und den erfassten Landschaftselementen, abzudecken. Die so ausgewählten Bohrpunkte wurden mit der Navigations-App Locus Pro für georeferenzierte Datensätze im Gelände angelaufen, verifiziert und mit dem GPS eingemessen.

Zur Erfassung der Moor- bzw. Torfmächtigkeiten wurden entlang der Transekte alle 60 m Sondierungspunkte mittels GPS angelaufen und mit der Moorpeilstange die Moormächtigkeit erfasst. Es wurden 61 Sondierungen innerhalb der Transekte durchgeführt. Zusätzlich wurde durch 14 Sondierungen außerhalb der Transekte, die Datenlage der Moormächtigkeit ergänzt, um für die Interpolation der flächendeckenden Moormächtigkeit eine höher aufgelöste punktuelle Datenlage zu generieren. Die Transektverläufe C1-C2 und D1-D2 sowie die Verteilung der insgesamt 14 durchgeführten Bohrungen und 75 Sondierungen sind der folgenden Karte in *Abbildung 20* zu entnehmen.

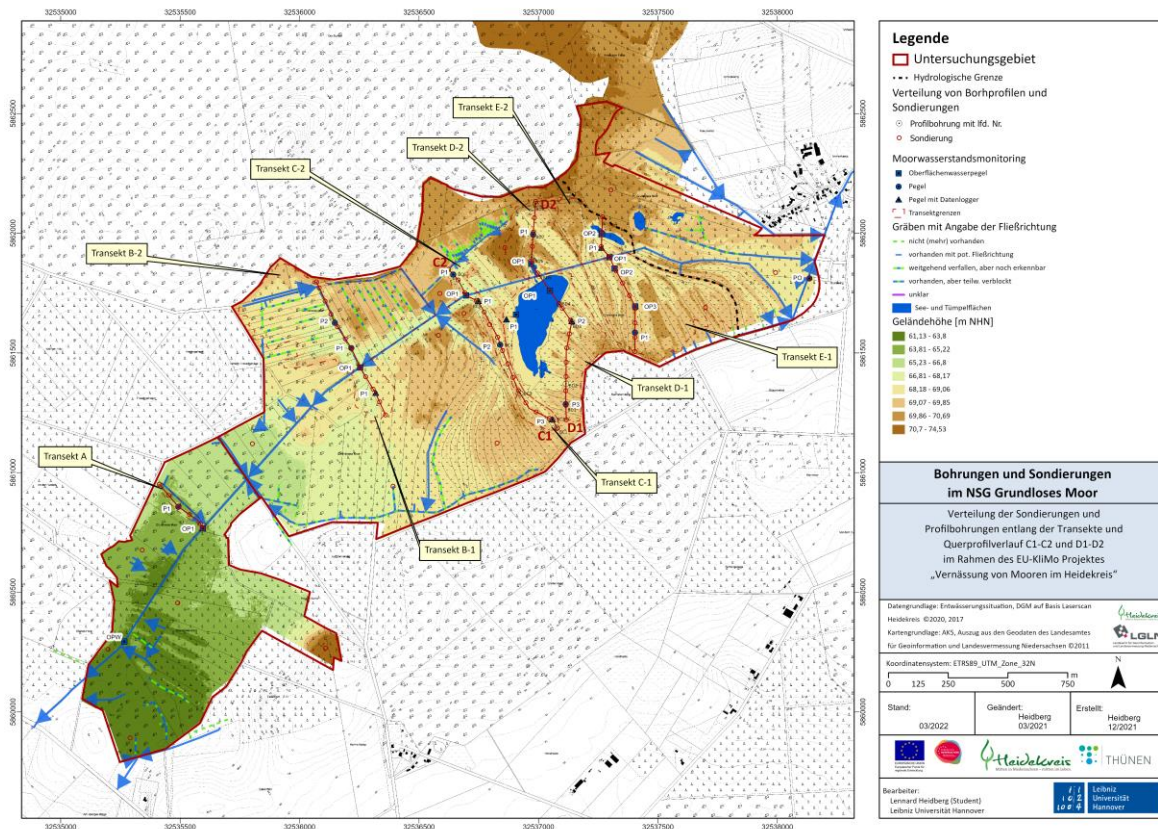


Abbildung 20 Bohrungen und Sondierungen im NSG Grundloses Moor

Die Nomenklatur der Bohrungen ist wie folgt gewählt:

$$B_{[\text{Transekt}]} [\text{Nummer der Bohrung}]$$

Die bei den Bohrungen gewonnenen Bohrprofile (siehe linkes Foto in *Abbildung 21*) wurden mit dem Edelmannbohrer bzw. dem Stechbohrer gewonnen. Gemäß der KA5 (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005) und ergänzend mit den Steckbriefen für Moorsubstrate (MEIER-UHLHERR et al. 2015) wurden die Bohrprofile beschrieben. Die erhobenen Daten sind in Erfassungsbögen des *Anhang B* dargestellt. In den Bereichen der Schwingrasenbildung am Grundlosen See und in Torfstichen war die beschriebene Methodik nicht umsetzbar. Hierzu wurde eine Methodik abgesteckt, welche mit der Arbeitsgruppe des Institutes für Agrarklimaschutz des Thünen Institutes entwickelt wurde. Die Methode wird anhand der rechten Schematik in *Abbildung 21* im Folgenden erläutert:

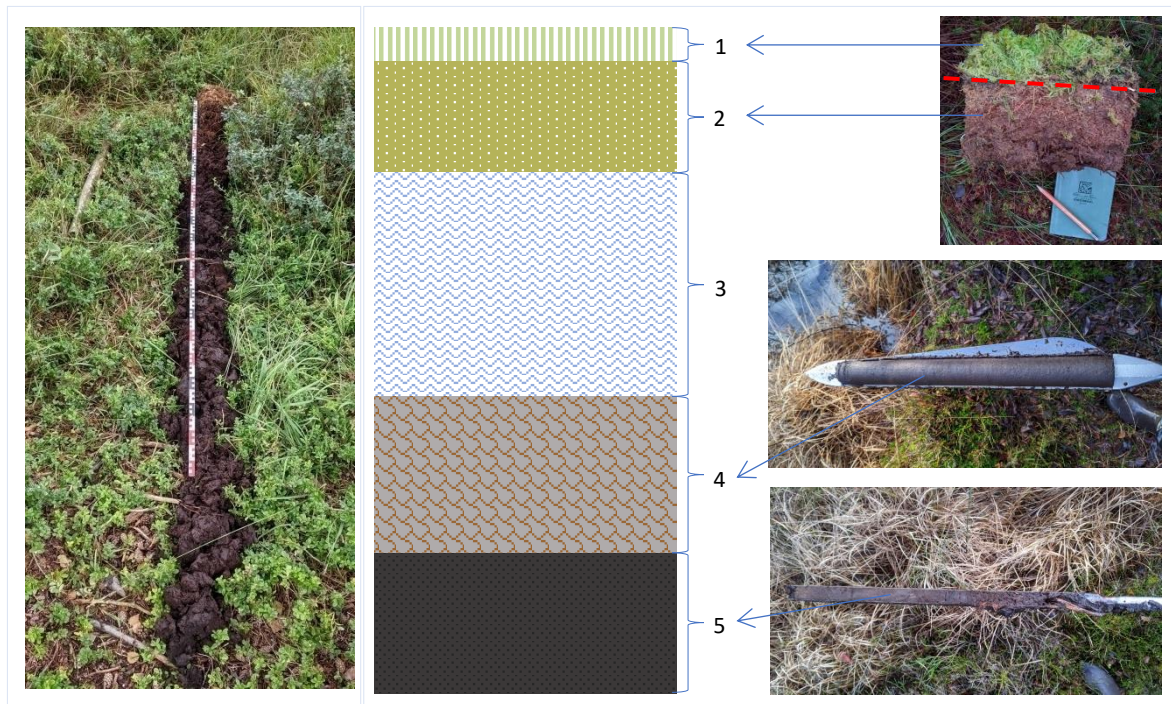


Abbildung 21 linkes Foto: gelegtes Bohrprofil mit Edelmannbohrer; rechts: Beprobung von Schwingrasen, mit [1] Vegetation [2] Boden [3] Wasserkörper [4] Torfkörper [5] mineralische Basis

In einem ersten Schritt wurde mit der Moorpeilstange die Moormächtigkeit bestimmt, vgl. [2] bis [4]. Anschließend wurde ein 0,3 x 0,3 m Quadrat des Schwingrasens herausgesägt (siehe Foto oben rechts). Hierbei war die Schwierigkeit abzugrenzen, ab wann die Torfbildung einsetzt. Die rote Strichlinie repräsentiert in etwa die Abgrenzung zwischen Vegetation [1] und Boden [2]. Unterhalb dieser Grenze (GOK) wurde der Torfkörper nach KA5 angesprochen. Der Wasserkörper wurde als „Kernverlust“ angesprochen (vgl. [3]). Die Ablagerungen unter dem Wasserkörper wurden mit der Moorklappsonde beprobt und verifiziert (vgl. [4]). Die Moorbasis, also der Übergang vom Torfkörper zum mineralischen Untergrund, wurde mit dem Stechbohrer beprobt. Die Bohrpunkte an denen diese Methodik angewandt wurde, sind durch den Verweis „Schwingrasen“ gekennzeichnet und den in *Anhang B* beigelegten Erfassungsbögen zu entnehmen.

Datenauswertung

Um die Moormächtigkeit darzustellen, wurde das gleiche Vorgehen gewählt wie bei der Visualisierung des medianen Moorwasserstandes (vgl. *Kapitel 5.1.3*). Der geologische Untergrund U_{geo} wurde aus der bei den Sondierungen und Bohrungen ermittelten Moormächtigkeit wie folgt berechnet:

$$U_{\text{geo}} = GOK - M \quad [\text{Gl. 5}]$$

mit U_{geo} Geologischer Untergrund [m NHN]
 GOK Geländeoberkante [m NHN]
 M gemessene Moormächtigkeit [m]

In ArcGIS wurde, den vorab festgelegten Sondierungspunkten, der berechnete geologische Untergrund als z-Wert hinzugefügt. Mit dem Geoverarbeitungs-Werkzeug „Kriging“ wurde aus den punktuellen Informationen der geologische Untergrund für das gesamte Untersuchungsgebiet interpoliert. Dieser wurde anschließend mit dem Laserscan-Höhenmodell mittels „Raster Calculator“ wie folgt verrechnet um die Moormächtigkeit zu ermitteln.

$$M = GOK - U_{\text{geo}} \quad [\text{Gl. 6}]$$

mit M Moormächtigkeit [m]
 A_{GOK} DGM_{Geländeoberkante} [m NHN]
 U_{geo} Interpolierter geologischer Untergrund [m NHN]

Werte, die in diesem Modell kleiner gleich 0 waren, wurden anschließend bereinigt.

5.1.6 Pedologisch-hydrologische-Querprofile

Entlang der zwei Transektverläufe C1-C2 und D1-D2 (vgl. *Abbildung 20*) wurden zwei Querschnitte durch das Grundlose Moor gelegt. Grundlage für die pedologischen Querschnitte waren das DGM, der interpolierte geologische Untergrund und die 14 erfassten Bohrprofile. Der interpolierte mediane Moorwasserstand der trockenen Saison 2021 wurde mit den pedologischen Daten verschnitten. Zur Darstellung der Querschnitte wurde in ArcGIS entlang der Transektverläufe alle 2 m der z-Wert der jeweiligen Rasterdatensätze als Punktdatensatz generiert. Diese Daten wurden in AutoCAD importiert. Die so generierte GOK, der mediane Moorwasserstand der trockenen Saison 2021 (wobei innerhalb des Querprofils D1-D2 der Seespiegel des Grundlosen Sees nicht durch die Interpolation der Pegel dargestellt, sondern dem gemessenen Median entnommen wurde) und der geologische Untergrund konnten visualisiert werden.

Die Bohrprofildaten wurden anschließend eingetragen und miteinander verknüpft. Zwischen den jeweiligen „Abgrenzungen“ wurde interpoliert und anschließend für eine realistischere Darstellung „geglättet“. In den Teilbereichen, in denen die Datenlage schlecht oder unvollständig war, wurde die Darstellung mit Hilfe von Literaturangaben und einer Einordnung aus ähnlich strukturierten Bereichen, interpretiert. Überdies wurden prognostizierte maximale Moorwasserstände durch verschiedene Ansturmaßnahmen in den Querprofilen eingezeichnet (in Teilen verändert nach AQUAPLANER (2020)). Auf diese Prognosen wird in *Teil III* eingegangen. Das Modell wurde im Maßstab

1 : 2 000 erstellt und zur besseren Lesbarkeit 30-fach überhöht dargestellt. Die Vegetation wurde nach den von BELTING (2019) kartierten Biotoptypen visualisiert.

5.2 Ergebnisse zweiter Teil

5.2.1 Klimatische Wasserbilanz

Abbildung 22 zeigt zwei Klimadiagramme auf Basis der aufbereiteten Klimadaten der DWD-Station 4745 Soltau (9°47'E / 52°58'N; 75,4 m NHN). Der Jahresverlauf der monatlichen Durchschnittstemperatur, des Niederschlags und der Evapotranspiration (potentielle Evapotranspiration von Gras) ist in den Klimadiagrammen dargestellt.

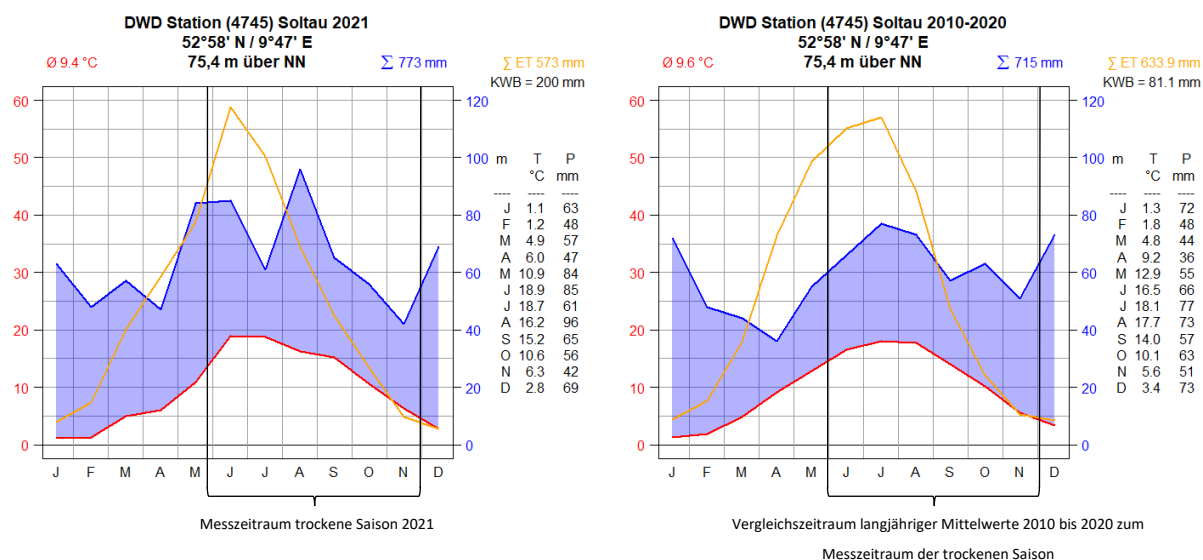


Abbildung 22 Klimadiagramme DWD Station (4745) Soltau; links: 2021; rechts: langjähriges Mittel 2010 bis 2020

Das Klimadiagramm auf der linken Seite in *Abbildung 22* zeigt die Klimadaten des Jahres 2021. Es repräsentiert u. a. die klimatischen Bedingungen während der Stichtagsmessreihen von Ende Mai bis Ende November 2021. Auf der rechten Seite der *Abbildung 22* sind die langjährigen Mittelwerte der Klimadaten des Zeitraums 2010 - 2020 gegenübergestellt. Die an WALTER & LIETH (1960-1967) angelehnten Diagramme zeigen beide ein humides Klima an der DWD Station Soltau auf.

Im langjährigen Mittel (2010 bis 2020) lag die Jahresdurchschnittstemperatur bei 9,6°C. 715 mm Jahresniederschlag und eine potentielle jährliche Evapotranspiration von 633,9 mm wurden ermittelt. Somit wurde eine positive klimatische Wasserbilanz (KWB) von +81,1 mm für das langjährige Mittel 2010-2020 berechnet. Von Ende März bis Anfang September lag die berechnete potentielle Evapotranspiration im langjährigen Mittel über den Niederschlägen. Das Bearbeitungsjahr der vorliegenden Studie 2021 zeigt mit 9,4°C und 773 mm kühlere und nassere Bedingungen gegenüber dem langjährigen Mittel (2010 bis 2020) auf. Durch eine potentielle jährliche Evapotranspiration von 573 mm, verzeichnet das Jahr 2021 eine positive KWB von

+200 mm. In dem Bearbeitungsjahr übersteigt die potentielle Evapotranspiration den Niederschlag im Monat April und von Ende Mai bis Ende Juli. Die klimatische Wasserbilanz für den Messzeitraum der trockenen Saison 2021 (Mai bis November) zeigt eine positive KWB von +43 mm. Der Vergleichszeitraum (Mai bis November) des langjährigen Mittels (2010 bis 2020) verzeichnet eine negative KWB von -51,1 mm.

5.2.2 Gemessene Moorwasserstände der trockenen Saison 2021

In *Anhang A* sind die Stichtagsprotokolle der jeweiligen Pegel dargelegt. Den Tabellen sind die wesentlichen Informationen zum Standort des Pegels sowie die gemessenen Wasserspiegel bis POK zu entnehmen. Aus den gemessenen Werten wurden der Grundwasserflurabstand [m] und der Wasserspiegel [m NHN] berechnet. Für diese Parameter wurde der Median für die trockene Saison 2021 (Mai bis November) berechnet.

An Pegel C1-P3 und C1-P2 schwanken die Wasserstände mit 5 cm und 3 cm innerhalb des Bearbeitungszeitraumes kaum. Die Pegel A-P1 und E1-P1 zeigen die stärkste Wasserstandsamplitude von 41 cm und 68 cm innerhalb des Messzeitraums. Die Wasserstände schwanken somit vom unteren cm- bis zum dm-Bereich innerhalb der trockenen Saison 2021. Insgesamt ist zu erkennen, dass Pegel auf Torfabfuhrdämmen eine höhere Amplitude aufweisen als Pegel in Torfstichen (vgl. *Anhang A*).

Die höchsten Flurabstände mit bis zu 0,7 m (E1-P1) wurden an Grundwasserpegeln auf Torfabfuhrdämmen gemessen. Die geringsten Flurabstände bis zu einem Überstau von bis zu 0,1 m (B2-P1) wurden in Torfstichen gemessen.

Die Extrema der medianen Moorwasserstände der Stichtagsmessungen 2021 liegen zwischen 0,65 m (D1-P1) und -0,03 m unter GOK (B2-P1) (vgl. *Anhang A*). Dies entspricht den Wasserstufen nach KOSKA et al. (2001) 2+ und 6+ (vgl. *Tabelle 7*). Insgesamt zeigen acht Grundwasserpegel Wasserstufen zwischen feucht (3+) und mäßig feucht (2+). Die anderen sechs verzeichnen Wasserstufen zwischen geflutet (6+) und sehr feucht (4+). Die Oberflächenpegel E1-OP3 und E1-OP2, welche beide in ehemaligen Torfstichgewässern verbaut wurden, trockneten im Monat August und teils noch Anfang September nahezu aus. Es bildeten sich Torfmoosflächen, wobei das Wasser etwa an der GOK anstand (vgl. *Abbildung 23*). Alle weiteren Pegel, welche in Oberflächengewässer, wie Torfstichgewässer, Entwässerungsgräben oder Mooreseen verbaut wurden, zeigten über die Bearbeitungszeit einen Überstau.



Abbildung 23 linkes Foto: E1-OP2 am 23.05.2021 im Grundlosen Moor; rechtes Foto: E1-OP2 am 14.08.2021 im Grundlosen Moor

Die ausgewerteten Messungen der Datenlogger der sechs Pegel (vgl. *Anhang A* und Karte in *Abbildung 19*) sind in *Abbildung 24* im zeitlichen Verlauf dargestellt.

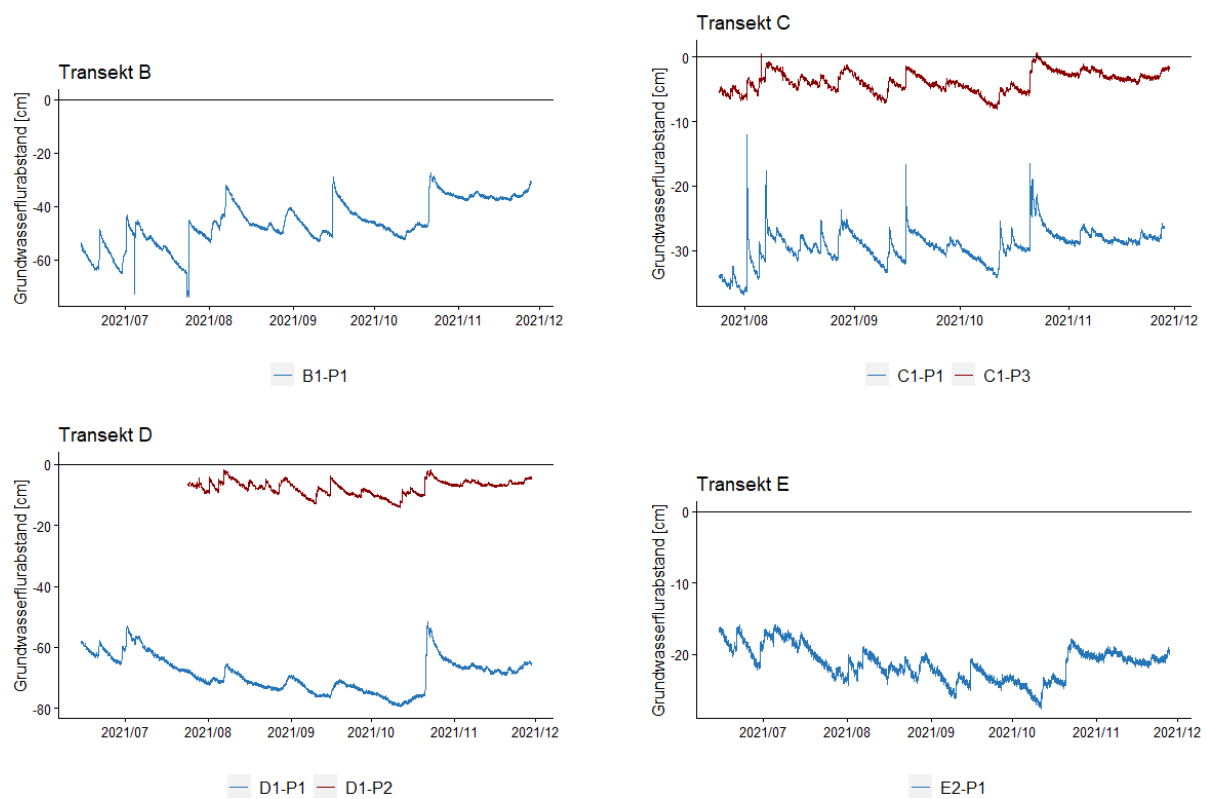


Abbildung 24 Ausgewertete Wasserstandszeitreihen der Loggerdaten im 30 minütigem Messintervall

Die ausgewerteten Loggerdaten zeigen, dass der Moorwasserstand permanenten Schwankungen unterliegt. Die Schwankungsbreite variiert jedoch stark von Pegel zu Pegel. Auffallend sind stärkere Schwankungen an den Pegeln C1-P1, B1-P1, D1-P1 und E2-P1 von bis zu etwa 35 cm. Die Pegel C1-P3 und D1-P2 schwanken hingegen mit etwa 10 cm deutlich weniger. Im Median liegen die beiden Pegel wenige cm unter der GOK. Die anderen drei Pegel liegen im Median zwischen 29 und 69 cm

unter der GOK. Es wurden zum Vergleich die Mediane der pegelspezifischen Stichtagsmessdaten für den jeweiligen Aufzeichnungszeitraum berechnet (vgl. *Tabelle 8*).

Tabelle 8 Vergleich der medianen Grundwasserflurabstände von Logger- und Stichtagsdaten

Vergleich der Mediane der Grundwasserflurabstände von Logger- und Stichtagsdaten			
Pegel (zeitl. Auflösungen v. Stichtagsmessungen)	Zeitraum	Median	
		Loggerdaten	Stichtagsmessung ¹
B1-P1 (alle 3 bis 6 Wochen)	06. bis 11.2021	46,87 cm	37 cm
C1-P1 (alle 3 Wochen)	07. bis 11.2021	28,86 cm	28 cm
C1-P3 (alle 3 Wochen)	07. bis 11.2021	3,70 cm	1 cm
D1-P1 (alle 3 Wochen)	06. bis 11.2021	68,52 cm	67 cm
D1-P2 (alle 3 Wochen)	07. bis 11.2021	7,00 cm	9 cm
E2-P1 (alle 3 Wochen)	06. bis 11.2021	21,17 cm	20 cm

1) Die Berechnung des Median der Stichtagsmessungen entspricht dem Zeitraum der Datenerfassung der Logger.

Es ist zu erkennen, dass die Mediane der Stichtagsmessungen, welche im drei-Wochen-Intervall erhoben wurden, Abweichungen zum Median der Loggerdaten (30-minütiges Intervall) im cm-Bereich aufzeigen. Der Pegel B1-P1, für den die Stichtagsmessungen nur alle drei bis sechs Wochen durchgeführt wurden, zeigt eine Abweichung von knapp 10 cm.

5.2.3 Modelle Moorwasserstand (Grundwasserflurabstand)

Das Ergebnis der Modellierung des Moorwasserstandes (Grundwasserflurabstandes) zeigt die Karte in *Abbildung 25*. Die Modellierung wurde mit dem Raster Calculator (ArcGIS) aus den Höhenwerten der GOK des DGM und den Höhenwerten der Interpolation des Grund- und Oberflächenwasserspiegels berechnet.

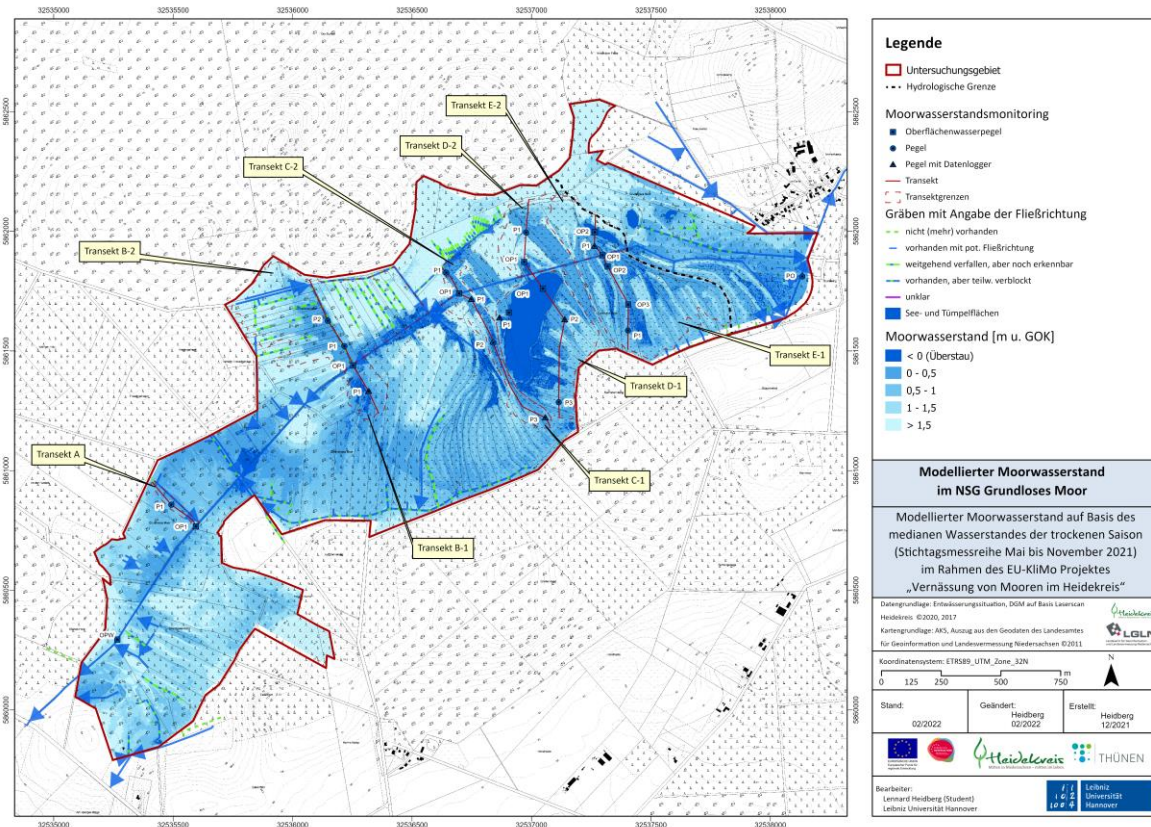


Abbildung 25 Modellierter Moorwasserstand (Grundwasserflurabstand) im NSG Grundloses Moor (*Anhang E* in DIN A3)

Mit der Datengrundlage des medianen Moorwasserstandes (WLs 2021) wurden im gesamten NSG Moorwasserstände zwischen knapp 9 m unter Flur und 0,63 m über Flur ermittelt. Im Median lag der interpolierte Moorwasserstand bei 0,89 m unter Flur. Die höchsten Flurabstände wurden südlich des Transektes A, im Randgebiet eines der weichseleiszeitlichen Sandrückens verortet. Überstauungen sind besonders im Bereich der tieferliegenden Torfabbauf Flächen, der Entwässerungsgräben und der Seeflächen festzustellen.

Die abgegrenzten Transekte zeigen im Rahmen des installierten Monitorings die höchste Genauigkeit (vgl. *Kapitel 5.1.3*). Daher wurden die neun Referenzräume der Transekte in *Abbildung 26* nochmals separat dargestellt und ausgewertet. Auf Basis der Datengrundlage des medianen WLs 2021 wurden innerhalb der Referenzräume Moorwasserstände zwischen 3,3 m unter Flur und 0,63 m über Flur berechnet. Im Median lag der interpolierte Moorwasserstand bei 0,63 m unter Flur. Die Farbwahl dieser Auswertung zeigt durch dunkelblaue Flächen Bereiche des Überstaus an. Hellblaue bis grüne Flächen, weisen Moorwasserstände auf, welche ideale Wasserstände bis hin zu geringen Wasserdefiziten zeigen. Gelbe Flächen zeigen größere Defizite. Orangene bis rote Flächen zeigen starke bis sehr starke Defizite, also hohe Flurabstände, an.

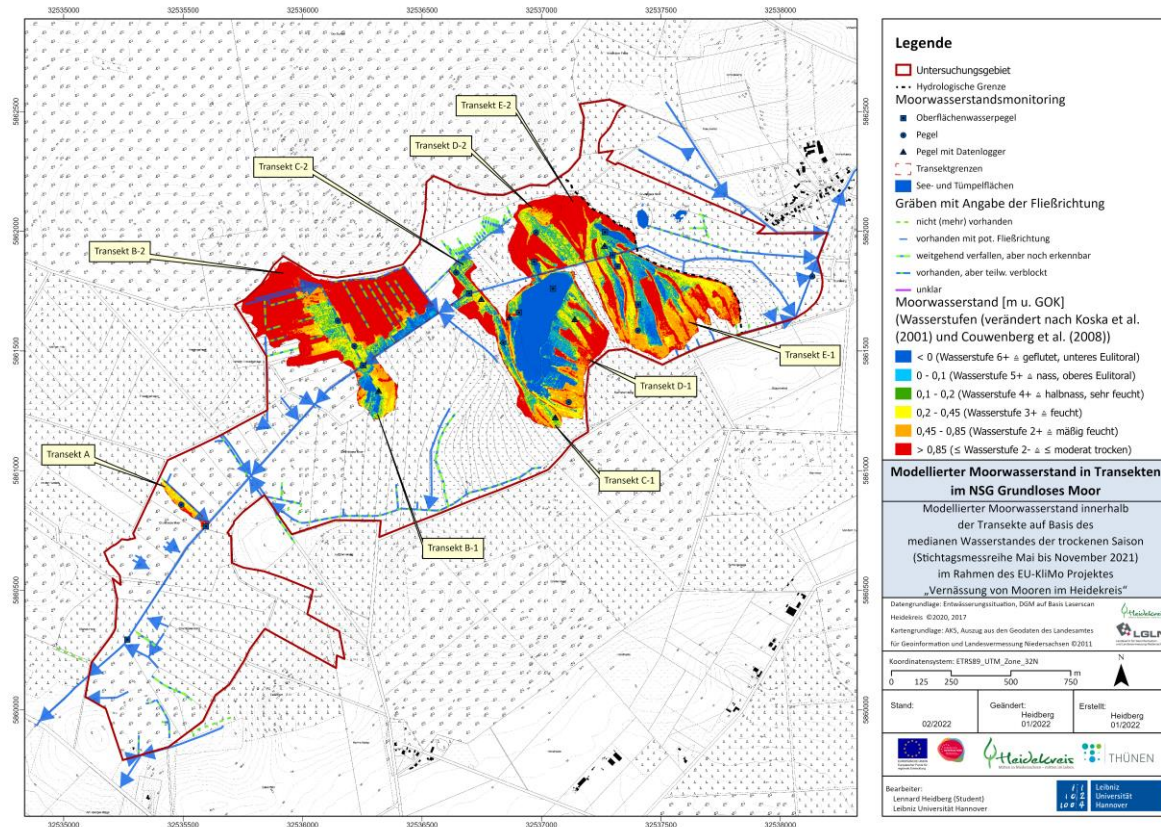


Abbildung 26 Modellierter Moorwasserstand in den neun Referenzräumen der Transekte (*Anhang F* in DIN A3)

5.2.4 Modell Grund- und Oberflächenwasserspiegel

In *Abbildung 27* ist die Interpolation des Grund- und Oberflächenwasserspiegels [m NHN] im NSG Grundloses Moor auf Basis des medianen Wasserstandes (WLs 2021) dargestellt. Grundlage der Interpolation war der jeweilige Median des Wasserspiegels der Stichtagsmessreihen (Mai bis November 2021), repräsentiert durch die Datensätze der 14 Grundwasserpegel und 11 Oberflächenpegel (vgl. *Anhang A*). Wie die Interpolation zeigt, lagen die berechneten Werte zwischen 69,17 und 61,01 m NHN. Am höchsten liegt der interpolierte Wasserspiegel im Bereich des Transektes E1, bei den Pegeln E1-P1 und E1-OP3, östlich des Grundlosen Sees sowie westlich der hydrologischen Grenze. Der Pegel OPW repräsentiert mit 62,25 m NHN den im Median am niedrigsten berechneten Wasserstand.

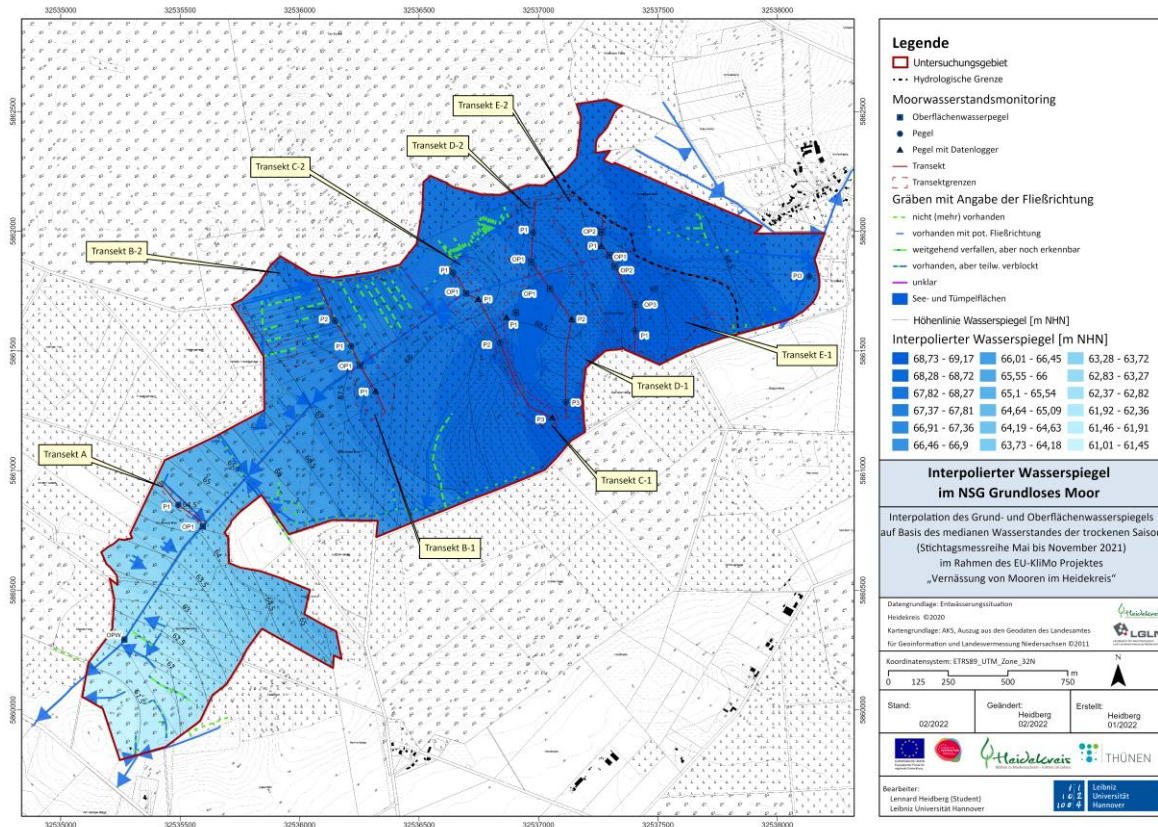


Abbildung 27 Modellierter Grund- und Oberflächenwasserspiegel im NSG Grundloses Moor (*Anhang G* in DIN A3)

Auf Grundlage des Rasterdatensatzes wurde in einer Abstufung von 0,5 m die Höhenlage des medianen Wasserspiegels [m NHN] (WLs 2021) als Höhenlinie dargestellt.

Anhand der Höhenlinien dieses Modells ist abzuleiten, dass der Wasserspiegel von etwa 69 m NHN (südlich im Transekt E-1, bei den Pegeln E1-P1 und E1-OP3) Richtung Osten zum PO auf 68,5 m NHN abfällt. Richtung Westen zeigt der Wasserspiegel ein Gefälle von 69 über 68,5 bis 61,5 m NHN an.

5.2.5 Bohrprofile

Insgesamt wurden 14 Bohrungen in den Haupttransekten C und D durchgeführt. Die Lage der Profilbohrungen mit Nummerierung ist der Karte in *Abbildung 20* zu entnehmen. Die Bohrprotokolle sind im *Anhang B* dargelegt. Bohrtiefen zwischen 0,7 m bei der Bohrung B_{C6} in den Randbereichen des Moores und 3,5 m (Bohrung B_{C3}) im Moorkernbereich wurden erreicht. Insgesamt lagen neun (B_{D2}, B_{D3}, B_{D7}, B_{D8}, B_{C2}, B_{C4}, B_{C5} und B_{C6}) der 14 Bohrung in anthropogen überprägten Bereichen, wie in Torfstichen und Entwässerungsgräben und zeigten häufig Merkmale von Störungen, wie Bunkerden⁴ und Kohlereste.

⁴ Der ehemalige Vegetationshorizont (Vegetation und der obere durchwurzelte und diasporenhaltige Horizont), welcher beim Torfabbau abgeplaggt und als Bunkerde beiseitegelegt wurde (nach POSCHLOD (1989))

Bei den Bohrungen wurde ein bis zu 2,4 m tiefer Horizont aus Hochmoortorf (hH) ergründet. Dieser weist unterschiedlichste Zersetzungsgrade (H1 bis H8-9) auf und zeichnet sich häufig durch einen etwa 10 cm mächtigen verredeten Hochmoortorfhorizont (hHv) unterhalb der GOK aus. Der Hauptgemengeanteil des Substrats ist meist durch Bleichmoostorfe dominiert. Unterschiedlichste Beimengungen, wie Binsen, Wollgräser und Reiser prägen den Torf.

Die Hochmoortorfe liegen teils direkt auf organo-mineralischen Mudden, teils liegen auf der Mudde bis etwa 40 cm mächtige Niedermoor- und Übergangsmoortorfe. Größtenteils bildet Niedermoorhorizonte (nH), genauer Radzellentorfe, welche häufig stark zersetzt ist, den Übergangsbereich zur Mudde. Vereinzelt liegt zwischen dem nH und dem hH ein Übergangsmoorhorizont (uH). Bei nahezu allen Bohrungen, als Ausnahme ist die Bohrung B_{D8} im nördlichen Randbereich des Moores zu nennen, liegt auf dem mineralischen Untergrund eine etwa 10 bis 30 cm mächtige Schluffmudde, welche partielle feinsandige Beimengungen aufweist. Stellenweise wurde bei Bohrungen unterhalb der Schluffmudde eine fein-, mittel-, grobsandige bis kiesige Schicht erreicht.

5.2.6 Gemessene und modellierte Moormächtigkeit

Mittels Moorpeilstange wurde die Moormächtigkeit im Grundlosen Moor erfasst. 61 Sondierungen innerhalb sowie 14 ergänzende Sondierungen außerhalb der Transekte wurden durchgeführt. Moormächtigkeiten von bis zu 5,93 m wurden gemessen. Die Verteilung der insgesamt 75 Sondierungen ist der folgenden Karte *in Abbildung 28* zu entnehmen. Die punktuell erhobene Datenlage zur Moormächtigkeit wurde in ArcGIS auf die Fläche interpoliert (vgl. *Kapitel 5.1.5*).

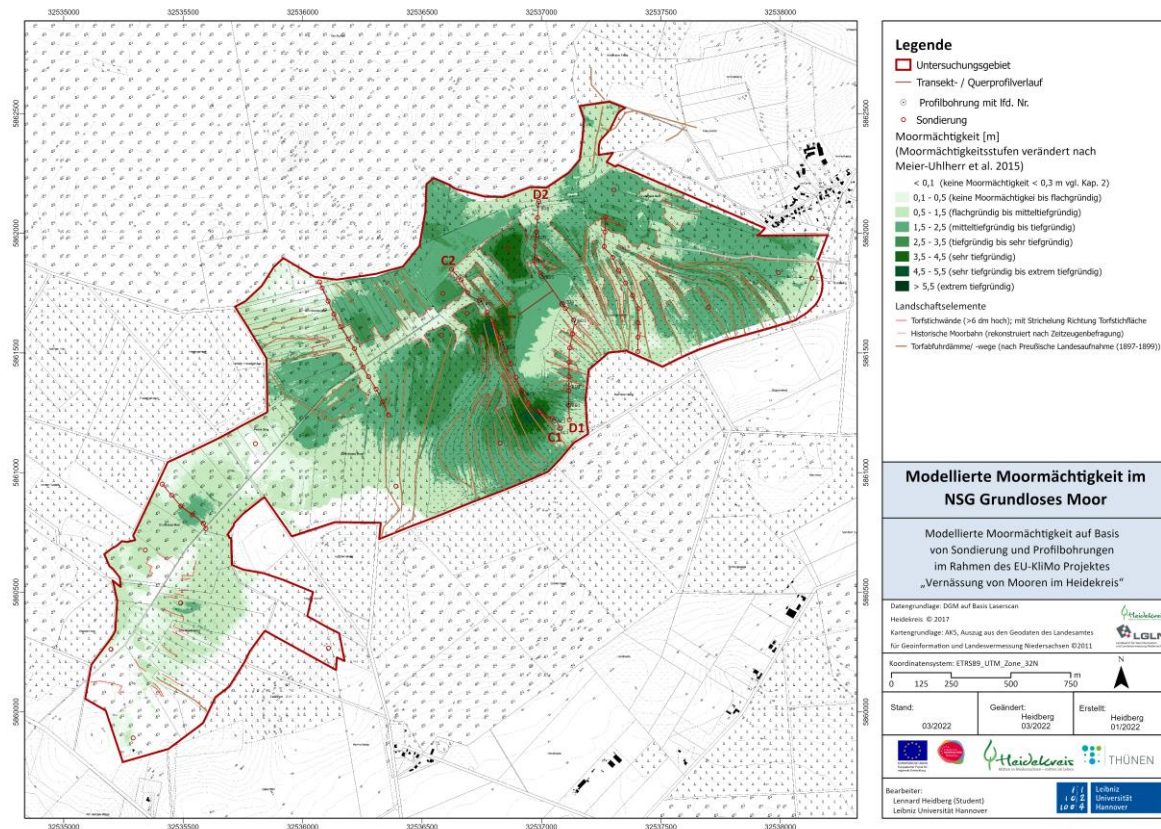


Abbildung 28 Modellierte Moormächtigkeit (Anhang H in DIN A3)

Die farblich mit dem dunkelsten Grün klassifizierten, extrem tiefgründigen Bereiche zeigen Flächen, welche eine Moormächtigkeit von > 5,5 m kennzeichnen. Allgemein ist festzuhalten, dass mit der Abnahme des Grüntons eine Abnahme der Moormächtigkeit einhergeht.

Die Areale, in denen die größte Moormächtigkeit berechnet und vorrangig im Transektverlauf C1-C2 gemessen wurden, liegen somit südlich und westlich des Grundlosen Sees. Grundlegend ist festzustellen, dass der Moorkernbereich um den Grundlosen See durch hohe Moormächtigkeiten gekennzeichnet ist. Nördlich, südlich und westlich des Grundlosen Sees weist ein Großteil des Gebietes Moormächtigkeiten von > 2,5 m auf. Östlich des Grundlosen Sees (Transektverlauf D1-D2) sind in weiten Teilen deutlich geringere Mächtigkeiten (0,5 bis 1,5 m) zu verzeichnen. Diese nehmen jedoch zum östlichen Rand des NSG, mit großteils Mächtigkeiten von 1,5 bis 2,5 m, nochmals zu. Westlich des Transektverlaufs C1-C2 überwiegen erneut mittelflachgründige bis sehr tiefgründige Torfmächtigkeiten das Gebiet.

Durch die kartierten Torfstichwände (größer 6 dm) in Kombination mit den hellgrün dargestellten Arealen zeichnen sich die Bereiche, welche durch ehemaligen Torfstich betroffen sind, deutlich ab. Westlich und südlich des Transektes B1 bis zur Grenze des Teilgebietes 100 nimmt die modellierte Moormächtigkeit ab. Das Teilgebiet 110 weist im Transekt A partiell noch einmal tiefgründige Moormächtigkeiten auf. Insgesamt sind jedoch in diesem Teilgebiet und im südwestlichen

Randbereich des Teilgebietes 100 deutlich geringere Mächtigkeiten zu verzeichnen. Im Mittel liegt diese Mächtigkeit des errechneten Modells für das gesamte USG bei 1,5 m.

5.2.7 Pedologisch-hydrologische-Querprofile

In *Anlage II* sind die zwei Querprofile C1-C2 und D1-D2 im Maßstab 1 : 2 000 und 30-facher Überhöhung visualisiert. Die Querprofile zeigen den Verschnitt aus den in der vorliegenden Studie erhobenen pedologischen und hydrologischen Daten. Grundlage für das Querprofil des Transektverlaufs C1-C2 sind das DGM, 15 Sondierungen der Moormächtigkeit, sechs Bohrprofil-Aufnahmen sowie der Moorwasserstand (WLs 2021), welcher maßgeblich durch die Daten der fünf installierten Pegel des Haupttransektes C berechnet ist. Das Querprofil des Transektverlaufs D1-D2 bildet: DGM, WLs 2021, welcher ebenfalls durch die Stichtagsdaten von fünf Pegeln sowie von 16 Sondierungen und acht Bohrungen stark beeinflusst ist. Die Vegetation nach BELTING (2019) und die prognostizierten maximalen Moorwasserstände, die durch verschiedene Ansturmaßnahmen erreicht werden könnten, wurden in den Querprofilen eingezeichnet.

Querprofil C1-C2

Das Querprofil C1-C2 in *Abbildung 29* verläuft etwa 840 m von Süd nach Nord. Anhand der Geländeoberfläche wird die aus Teil I dieser Arbeit hervorgehende starke anthropogene Überprägung deutlich. Die Landschaftselemente Torfstichwände, Torfstiche, Torfdämme und der Hauptentwässerungs-graben prägen dieses Querprofil. Die dadurch bedingten Störungen des Moorkörpers gehen aus den Beschreibungen der Bohrprofile im vorigen Kapitel hervor.

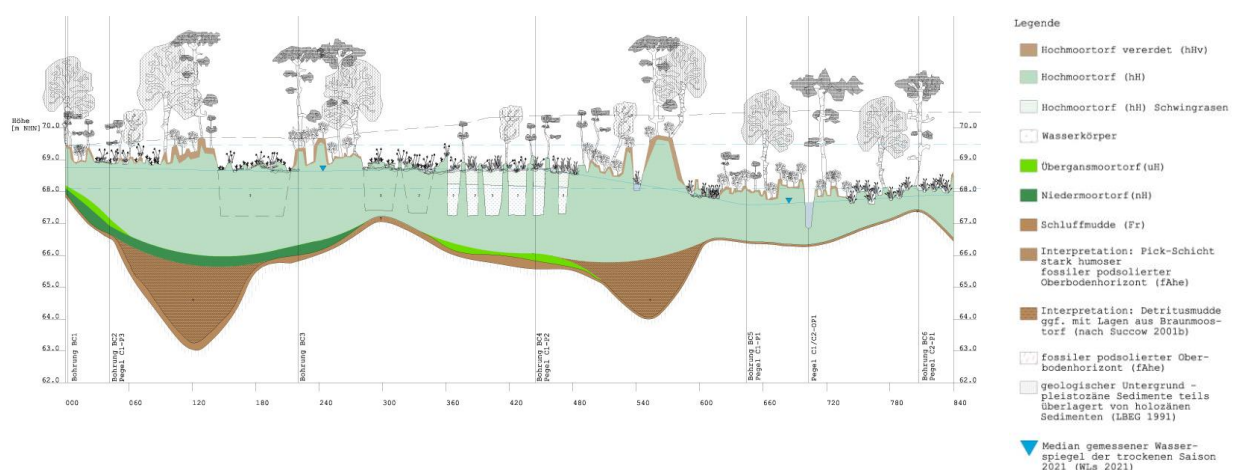


Abbildung 29 Querprofil C1-C2 (*Anlage II*)

Aufgrund der Heterogenität der Geländeoberkante ist es schwierig, ein Gefälle abzulesen. Es ist jedoch zu erkennen, dass die Grabensohle des Hauptentwässerungsgrabens der tiefste Punkt im Profil ist. Von diesem steigt das Gelände sowohl Richtung Süden, als auch Richtung Norden an.

Wie aus dem vorherigen *Kapitel 5.2.6* hervorgeht, zeigen die Sondierungen innerhalb dieses Transektverlaufes extrem tiefgründige Moormächtigkeiten von bis zu 5,93 m. Im Querprofil werden diese Mächtigkeiten, bedingt durch Mulden im geologischen Untergrund, nach etwa 120 m und 540 m, klar ersichtlich. Da keine Bohrdaten für diese extrem tiefgründigen Bereiche vorliegen, wurde die Interpolation zwischen den Bohrungen hingehend Literaturdaten und Plausibilität verändert und interpretiert. Die fehlende Datenlage wurde jedoch mit einem „?“ kenntlich gemacht. In den Mulden wurde die Ablagerung von organischen Mudden und Braunmoostorfen rekonstruiert. Insgesamt wird deutlich, dass der mineralische Untergrund durch starke Höhendifferenzen geprägt ist.

Die Moorbasis ist durch eine dm-mächtige, meist schluffige Mudde mit Gemengeanteilen aus Fein- bis Mittelsand, charakterisiert. Unterhalb der Schluffmudde liegt eine fein-, mittel-, grobsandige bis kiesige Schicht. Auf der Schluffmudde ist über weite Strecken ein bis etwa 40 cm mächtiger nH, meist mit Holzgehalt, ausgeprägt. Vereinzelt liegen auf den Niedermoortorfen Übergangsmoortorfe. Auf den Nieder- und Übergangstorfen, in Teilbereichen auch direkt auf der Schluffmudde, liegt ein bis etwa 4 m mächtiger Hochmoortorf. Dieser weist bei hohen Flurabständen Vererdungshorizonte (hHv) auf.

Der Wasserspiegel (WLs 2021) verläuft zwischen 0 und 480 m weitestgehend horizontal. Von etwa 480 bis etwa 640 m (Pegel: C1-P1) fällt der interpolierte Wasserspiegel von ca. 68,8 auf 67,7 m NHN ab. Von dieser Senke aus steigt der Wasserspiegel zum nördlichen Gebietsende (C2) auf knapp 69 m NHN wieder an.

In Bereichen mit hohen Flurabständen ist die Vegetation durch Moorwald und Zwergsträucher charakterisiert. Die durch Torfstich geprägten Areale mit geringen Flurabständen oder Überstauungen zeigen Feuchte liebende Pflanzengesellschaften mit Glockenheide, Torfmoos, Wollgras, Schnabelried etc. auf. Auffällig sind in der südlichen Hälfte des Querprofils C1-C2 die Torfstiche, in denen sich Schwingrasen etablieren konnte. Wie anhand des Querprofils und den Bohrprofilen in *Anhang B* ersichtlich, liegt zwischen Schwingrasen und Wasserkörper ein etwa 50 cm mächtiger, sehr schwach zersetzter Hochmoortorf.

Querprofil D1-D2

Dieses Transekt von etwa 970 m Länge verläuft durch den Grundlosen See. Auch das Querprofil D1-D2 in *Abbildung 30* prägt eine Reihe von Landschaftselementen (vgl. *Kapitel 4.3*). Das hierdurch bedingt stark heterogene Relief lässt auch in diesem Querprofil ein Gefälle nur schwer ableiten.

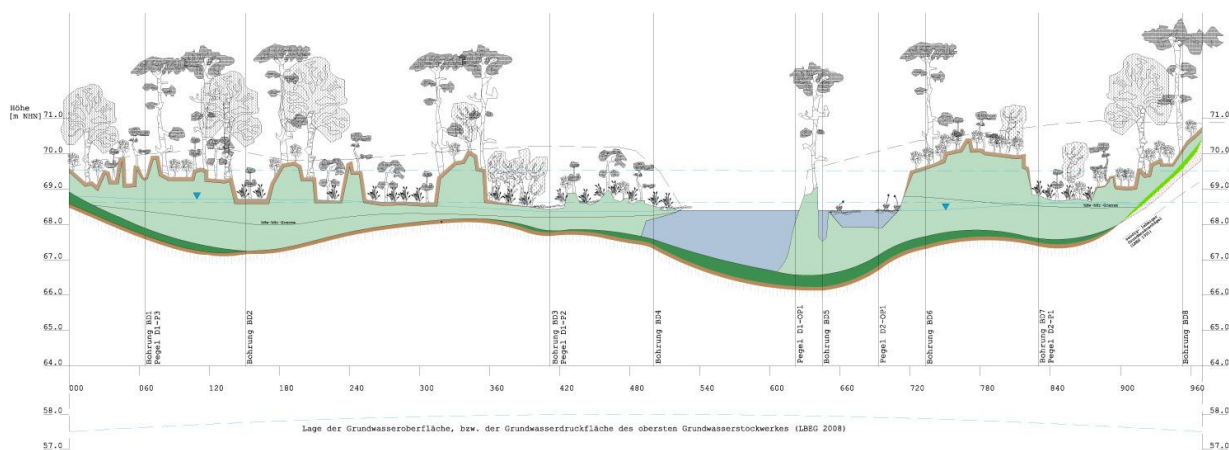


Abbildung 30 Querprofil D1-D2 (Anlage II)

Der Seegrund des Grundlosen Sees und die Grabensohle des Hauptentwässerungsgrabens zeigen die tiefsten Bereiche im Relief. Im Norden (D2) steigt das Gelände steil an. In diesem Randbereich liegt auf einem stark humosen, podsolierten Oberbodenhorizont, ein Übergangsmoortorf, genauer ein Radzellentorf, über welchem ein flachgründiger und vererdeter Hochmoortorf ausgebildet ist. Südlich dieser Erhebung (0 bis 900 m) ist auch die Basis dieses Querprofils durch einen fein-, mittel-, grobsandigen bis kiesigen, mineralischen Untergrund beschaffen. Im Gegensatz zum Querprofil C1-C2 ist der mineralische Untergrund durch ein weniger heterogenes Relief mit nur leichten Vertiefungen geprägt. Über dem mineralischen Untergrund liegt eine dm-mächtige Schluffmudde, welche in Teilbereichen von einer cm-mächtigen Sandmudde unterlagert ist.

Über weite Strecken bildet ein bis zu 35 cm mächtiger nH den Übergangsbereich zur Mudde. Auf diesem nH liegt ein tiefgründiger bis sehr tiefgründiger hH. Unterhalb der GOK ist, sowohl auf den höher liegenden Torfabfuhrdämmen als auch in den vom Torfstich beeinflussten Senken ist ein bis zu 14 cm mächtiger hHv ausgeprägt.

Der Wasserspiegel (WLs 2021) weist vom südlichen Transektrand D1 zum Grundlosen See (0 bis 480 m) ein leichtes Gefälle auf. Der Grundlose See zeigt nahezu den gleichen Wasserspiegel wie der Hauptentwässerungsgraben und das angeschlossene Torfstichgewässer, da diese in dem Bereich des Querschnitts eine zusammenhängende offene Wasserfläche bilden. Ab etwa 720 m steigt der Wasserspiegel von etwa 68,3 auf etwa 68,6 m NHN zum nördlichen Transektrand D2 an. Es ist zu erkennen, dass in weiten Teilen des Querprofils die Grenze vom oxidierten Hochmoortorfhorizont (hHw) zum reduzierten Hochmoortorfhorizont (hHr) unterhalb des Wasserspiegels (WLs) [m NHN] verläuft. Als Ausnahme ist die Strecke zwischen etwa 720 und 780 m zu nennen. Dort verläuft die Grenze oberhalb des Wasserspiegels. Wie schon das Querprofil C1-C2 lässt auch dieses Profil die Abhängigkeit der Vegetation von den Grundwasserflurabständen erkennen. Die durch Torfstich geprägten Areale mit geringen Flurabständen oder Überstauungen, zeigen Feuchte liebende

Pflanzengesellschaften mit Torfmoosen und Wollgräsern vor allem am Westufer des Grundlosen Sees und im Bereich an den Ufern des Torfstichgewässers (650 bis 720 m). Auffällig ist in diesem Querprofil, das gehäufte Auftreten des „Feuchten Pfeifengras-Moorstadiums“ (MPF) in den von Torfstich geprägten Senken. Durch Verifizierung der Biotoptypen bei den Geländebegehungen zeigten diese Bereiche eine teils starke Verbuschung. Jungwuchs von Birke und Kiefer prägen diese Areale. Die höherliegenden Torfabfuhrdämme werden von Zwergsträuchern, Kiefern- und Birkenmoorwald dominiert.

5.3 Diskussion zweiter Teil

Aufbauend auf den gewonnenen Ergebnissen des Teils II wird zu Beginn dieser Diskussion den Forschungsfragen „Wie ist der Wasserhaushalt des Grundlosen Moores zu charakterisieren?“ und „Wie ist das Grundlose Moor pedologisch zusammengesetzt?“ nachgegangen. Methoden, Stärken und Schwächen der Modelle sowie deren Erkenntnisse werden reflektiert und diskutiert. Anhand von zwei pedologisch-hydrologischen-Querprofilen werden die Untersuchungen verknüpft und weiter diskutiert.

Die Ergebnisse des ersten Teils zur Entwicklungsgeschichte des Grundlosen Moores werden erneut aufgegriffen, um zu überprüfen, welche jeweiligen Aspekte der Genese sowie der menschlichen Überprägung sich im heutigen hydrologischen und pedologischen Zustand des Grundlosen Moores wiederfinden.

5.3.1 Moorhydrologie und Wasserhaushalt des Grundlosen Moores

Durch das hydrologische Monitoring konnten während des Bearbeitungszeitraums Wasserstandsdaten für das trockene Sommerhalbjahr 2021 erfasst werden. Dieser Datensatz bildet die Grundlage für den WLs 2021 und die Modelle zur Moorhydrologie des Grundlosen Moores (vgl. *Kapitel 5.1.3*). Nach TIEMEYER et al. (2017) zeigen Datensätze von < 3 Messjahren, je nach Amplitude des Standortes, Fehler von wenigen cm bis teils > 10 cm. Daher wird hier dieser Diskussion vorweggenommen, dass die Modelle zur Moorhydrologie, aufgrund des begrenzten Bearbeitungszeitraums der vorliegenden Abschlussarbeit, die genannte Unsicherheit mit sich bringen. Anhand der Gegenüberstellung der langjährigen Mittelwerte der Klimadaten des Zeitraums 2010 - 2020 in Relation zu den Klimadaten des Messjahres 2021 der nächstliegenden DWD-Wetterstation Soltau wird eine Einschätzung möglicher Abweichung getroffen.

Klimatische Wasserbilanz

Ein Vergleich der Klimadiagramme (vgl. *Abbildung 22*) verdeutlicht, dass das Bearbeitungsjahr der vorliegenden Studie 2021 durch nassere und auch kühlere klimatische Bedingungen als im langjährigen Mittel (2010-2020) geprägt ist. Die Berechnung der jeweiligen klimatischen Wasserbilanz aus Niederschlag und potentieller Evapotranspiration (vgl. *GL.4*) zeigen nassere Bedingungen, mit +200 mm für das Jahr 2021 gegenüber dem langjährigen Mittel mit +81,1 mm deutlich an. Angemerkt sei, dass Daten der vorangegangenen Jahre durch deutlich geringere KWB geprägt sind. Das Jahr 2019 zeigt eine KWB von +3,4 mm. Mit -108,1 mm weist das Jahr 2020 eine negative KWB auf. Das Rekordjahr 2018 gibt mit einer KWB von -230,6 mm sogar ein weitaus höheres Defizit an der Wetterstation Soltau wieder (DWD 2021a).

Betrachtet man nur die Daten für das trockene Sommerhalbjahr 2021 (Mai bis November), so zeigt sich, dass auch dieser Datenzeitraum mit +43 mm durch eine höhere KWB als das Mittel (2010-2020) mit -51,1 mm, geprägt ist. Die Jahre 2018, 2019 und 2020 zeigen für den Messzeitraum klimatische Wasserbilanzen von -427,3 mm, -80,5 mm und -215,8 mm (DWD 2021a). Im Vergleich des Jahres 2018 zu 2021 liegt somit eine Differenz von etwa 470 mm vor.

Anhand dieser starken Differenz ist nachvollziehbar, dass die Flurabstände vermutlich in den vorangegangenen Jahren wie auch im langjährigen Mittel (2010-2020) deutlich größer waren. Somit lässt sich der Datensatz (WLs 2021) als Überschätzung der Moorwasserstände in Bezug auf ein langjähriges Mittel einstufen. Bei Betrachtung der Querprofile D1-D2 in *Anlage II* zeigt die Grenze zwischen dem oxidierten hHw- und dem reduzierten hHr-Horizont das langjährige Mittel des Moorwasser-Tiefstandes an. Dadurch, dass diese Grenze streckenweise bis 0,8 m unter dem WLs 2021 liegt, kann veranschaulicht werden, dass das Messhalbjahr geringere Flurabstände als ein langjähriges Mittel aufweist.

Weiter ist festzuhalten, dass die Jahre 2018, 2019 und 2020 teils deutlich trockenere Bedingungen als das langjährige Mittel aufweisen. Nach IPCC (2021) ist global betrachtet in vielen Gebieten der Erde in Zukunft vermehrt mit Hitze- und Trockenperioden zu rechnen. Auch für viele Regionen Deutschlands wird ein ähnlicher Trend diskutiert und prognostiziert. Insgesamt werden trockenere Sommer und feuchtere Winter erwartet (JACOB et al; DRÖSLER 2016). Für eine genaue Einschätzung des diesbezüglichen Handlungsbedarfs und eine Notwendigkeit der Anpassung des Managements des Grundlosen Moores sind jedoch regional-spezifische Klimaprognosen erforderlich.

Die geringen Niederschläge und höhere Verdunstung wie in den Jahren 2018 und 2020 zeigen Extrembedingungen. Ein Absinken von Moorwasserständen in solch extremen Jahren lässt als Folge weitere Verbuschung von noch gehölzfreien Torfstichen und Schwingrasen an Moorseen erwarten.

Durch prognostizierte wärmere Temperaturen wird auch eine Verlängerung der Vegetationsphase vorhergesagt (IPCC 2007). Dies würde weitere positive Rückkopplungsprozesse erwarten lassen. Längere Vegetationsperioden, gekoppelt an eine Zunahme von einer vaskulären Pflanzenbedeckung, lassen ein weiteres Absinken des Moorwasserstandes durch einen höheren Wasserverbrauch der Vegetation vermuten (EDOM 2001; EIGNER 2003). Um diesen Rückkopplungsprozessen entgegenzuwirken, wird die Relevanz von wasserrückhaltenden Maßnahmen mehr als deutlich.

Für die angewandte Methode der Auswertung der Klimadaten wird festgehalten, dass die Daten von der nächstliegenden DWD-Wetterstation Soltau herangezogen wurden, welche etwa 16 km nordwestlich des Grundlosen Moores liegt. Nach TIEMEYER et al. (2017) sind für den in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Vergleich von klimatischen Daten aus unterschiedlichen Jahren, Daten der nächstliegenden Wetterstation des DWD eine gute Option, wenn eine eigene Datenerhebung nicht möglich ist. Die KWB wurde auf Basis der Daten der potentiellen Evapotranspiration über Gras nach AMBAV berechnet (LÖPMEIER o. J.). Die reale Verdunstung kann abweichen. Beispielsweise liegt die reale Evapotranspiration von Gras über sandigem Lehm nach AMBAV deutlich unterhalb der potentiellen Evapotranspiration von Gras (DWD 2021a). Nach TIEMEYER et al. (2017) entspricht die potentielle Verdunstung für nasse Moore jedoch näherungsweise der realen Verdunstung. Auch wenn das Grundlose Moor durch stark heterogene Flurabstände und von Bereichen mit moderat trockenen ($> 0,85$ m) Flurabständen geprägt ist, wurden die Daten der potentiellen Evapotranspiration als Näherung mit den geringsten Abweichungen interpretiert und für die Gegenüberstellung herangezogen.

Gemessene Wasserstandschwankungen und Extrema

Die Wasserstandsamplitude für den Messzeitraum unterscheidet sich an den jeweiligen Pegeln von 0,03 m (C1-P2) bis 0,68 m (E1-P1). Es ist zu erkennen, dass Pegel auf Torfabfuhrdämmen im Mittel eine höhere Amplitude aufweisen als Pegel in Torfstichen. Des Weiteren zeigen die Extrema der Grundwasserpegelmessungen die geringsten Flurabstände in den Torfstichen sowie die höchsten auf den Torfabfuhrdämmen (vgl. *Anhang A* und *Kapitel 5.2.2*). Diese Ergebnisse passen in das Gesamtbild der Moorhydrologie des Grundlosen Moores, da der Wasserspiegel aufgrund der über Jahrhunderte andauernden Entwässerung (vgl. *Teil I*) so stark abgesunken ist, dass die morphologisch tiefsten Bereiche, also tendenziell die Torfstichflächen, die geringsten Flurabstände aufzeigen. Aufgrund der höheren Flurabstände der stehengebliebenen Torfabfuhrdämme kommt es in diesen Bereichen zur stärkeren Zersetzung des Torfkörpers, was eine geringere Porosität und somit geringere Speicherkapazität des Torfkörpers mit sich bringt (TIMMERMANN et al. 2009; EDOM 2001). Die beschriebenen Bohrprofile (vgl. *Anhang B*) können im Trend diese Interpretation stützen. Der Oberboden, in den nicht vom Torfstich beeinflussten Bereichen, zeichnet sich durch einen hHv

aus. Aber auch darunterliegende Torfe sind meist durch deutliche Zersetzungsprozesse geprägt. Dies hat zur Folge, dass auf den höher liegenden und durch geringere Speicherkapazität (wegen geringer Porosität und Struktur aufgrund der stärkeren Zersetzung) charakterisierten Torfabfuhrdämmen nach Niederschlagsereignissen der Wasserstand kurzzeitig stark ansteigt. Aufgrund des im Mittel tieferliegenden Wasserstandes lassen sich stärkere Schwankungsbereiche erklären. Weiter kann die größere Amplitude den visualisierten Aufzeichnungen der Datenlogger in *Abbildung 24* entnommen werden. Die blauen Wasserstandsganglinien in den Diagrammen zeigen die Amplituden an Pegeln, welche auf Torfdämmen (B1-P1, D1-P1) bzw. auf höheren Teilbereichen (kleinen Torfdämmen) in großräumigen Torfstichen (C1-P1, E2-P1) verbaut sind. Die roten Ganglinien visualisieren Daten von Pegeln, welche in Torfstichen (C1-P3, D1-P2) verbaut sind. Die geringen Wasserstandsschwankungen dieser Pegel deuten auf höhere Speicherkapazität aufgrund von geringerer Zersetzung hin, was durch die Bohrprofile B_{C2} und B_{D3} verifiziert werden kann (vgl. *Anhang B*). Auch zeigt die Vegetation in diesen Bereichen ein Vorkommen von Torfmoosen (vgl. *Anhang A*). Diese können zwischen Ihren Blättchen viel Wasser speichern (KÜSTER 2022) und wirken somit sowohl bei Trockenheit als auch nach Niederschlägen regulierend.

Die pegelspezifischen Wasserstände und Schwankungen unterliegen natürlich einer Vielzahl an weiteren Parametern. Eigenschaften wie die hydraulische Leitfähigkeit, das Geländere Relief, DETTMANN & BECHTOLD (2016b) verweisen auch auf die starke Beeinflussung des Wasserstandes durch das Mikrorelief (Bult-Schlenken-Komplexe der Schwingrasen des Grundlosen Sees und der Torfstiche), die Vegetation, die Verdunstung etc. beeinflussen diese stark (TIMMERMANN et al. 2009; EDOM 2001; DETTMANN & BECHTOLD 2016b).

Median des gemessenen Wasserspiegels

Wie *Anhang A* und *Kapitel 5.2.2* zu entnehmen, zeigen acht der 14 Grundwasserpegel Wasserstufen zwischen feucht (3+) und mäßig feucht (2+), sechs dieser acht Pegel wurden auf höher liegenden Torfabfuhrdämmen verbaut (vgl. *Anhang A*). Weitere sechs der 14 Grundwasserpegel zeigen Wasserstufen zwischen geflutet (6+) und sehr feucht (4+), wobei diese allesamt in Torfstichflächen verbaut sind.

Damit kann für die Messungen innerhalb des Messhalbjahres ein Trend festgehalten werden. Die Daten in Torfstichflächen zeigen relativ gleichmäßige Wasserregime nahe der GOK mit geringen Wasserschwankungen, was für ein „naturnahes“ Hochmoor typisch ist (MEIER-UHLHERR et al. 2015). Die Daten der höhergelegenen Torfabfuhrdämme zeigen im Trend stärkere Amplituden und höhere Flurabstände. Dies steht dem gleichmäßigen Wasserregime mit kontinuierlich hohen Wasserständen gegenüber (MEIER-UHLHERR et al. 2015; MITSCH & GOSSELINK 2015).

Durch den Vergleich der Mediane der Grundwasserflurabstände von Logger- und Stichtagsdaten (vgl. *Tabelle 8*) kann dargelegt werden, dass die Mediane der Stichtagsmessdaten mit dreiwöchigem Messzyklus im TUG I einen Fehler im cm-Bereich aufweist. Der Messzyklus des bis zu sechswöchigen Turnus im TUG II zeigt einen Messfehler von knapp 10 cm. Vergleichsdaten für den neunwöchigen Messzyklus des TUG III liegen nicht vor. TIEMEYER et al. (2017) schreibt für naturnahe Moore, dass eine niedrige Messfrequenz von 2 Monaten bei einem Jahresmittelwert in 95 % der Fälle einen Fehler unterhalb von 5 cm zeigt. Für die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit muss festgehalten werden, dass der Vergleichszeitraum und der Stichprobenumfang klein sind und somit nur eine Tendenz abgebildet werden kann. Die Daten zeigen jedoch für einen dreiwöchigen Messzyklus, wie er für das TUG I umgesetzt wurde, einen Fehler unterhalb von 5 cm für das Grundlose Moor.

Moorwasserstands-Modelle

Der Median des Moorwasserstandes der Stichtagsmessreihen also der WLs 2021 (vgl. *Anhang A*) bildet die Grundlage für die Modelle zur Moorhydrologie des Grundlosen Moores (vgl. *Kapitel 5.1.3*).

Die modellierten Moorwasserstände für das Gesamtgebiet (vgl. *Abbildung 25*) zeigen einen ähnlichen Trend wie die gemessenen Werte. Tiefliegende Bereiche wie Torfstiche, Entwässerungsgräben und Seeflächen zeigen geringe Flurabstände bis Überstauungen. Große Flurabstände werden in hochliegenden Bereichen, wie Torfabfuhrdämmen sowie an den Gebietsrändern berechnet. Somit kann das Modell, den durch die Messwerte erkannten Trend, gut visualisieren. Auffällig sind die hellblauen Bereiche, welche durch Flurabstände > 1,5 m unter GOK gekennzeichnet sind (vgl. *Kapitel 5.2.3*). Solch hohe Flurabstände wurden nicht gemessen. Dadurch werden Unsicherheiten des Modelles deutlich.

Die pegelspezifische Ungenauigkeit kann durch die oben diskutierten Ungenauigkeiten der Messintervalle (zeitliche Auflösung) der drei TUG erklärt werden (vgl. *Abbildung 18*).

Die räumliche Verteilung der Pegel gibt eine Einschätzung, welche Bereiche die höchsten Unsicherheiten aufweisen. Interpolation zwischen zwei Pegeln, besonders wenn der Abstand groß ist oder zu den Gebietsrändern das Modell der Vollständigkeit halber extrapoliert wird, lässt eine hohe Fehleranfälligkeit erwarten. Die beschriebenen hohen Flurabstände lassen sich durch solche Extrapolation zu den Gebietsrändern begründen: Die Pegel OPW, A-OP1, B2-P2, C2-P1, D2-P1 und E2-OP2 sind in morphologisch tiefliegenden Bereichen wie Torfstichen, Torfstichseen und im Hauptentwässerungsgraben verbaut. Von dort extrapoliert das Modell den gemessenen Wasserstand bis zu den Gebietsrändern, welche wie in *Kapitel 3 Geologie* beschrieben morphologisch durch höher liegende sandig-lehmige Grundmoränenhügel geprägt sind. Hinzu kommt, dass das Moor selbst in einer Senke liegt. Durch die fehlende Datenlage in diesen

Randbereichen kann eine Überschätzung, von bis zu den genannten 9 m modellierter Flurabstände bei dem Moorwasserstandsmodell für das gesamte NSG, abgeleitet werden. Auch eine Unterschätzung von Flurabständen liegt nahe, wenn ein Pegel, wie B1-P1 auf höher liegenden Torfabfuhrdämmen verbaut und zum tieferliegenden südlichen Gebietsrand extrapoliert wird. Es kann somit festgehalten werden, dass die Verlässlichkeit der Modellierung in Bereichen, welche durch Extrapolation oder durch Interpolation zwischen weit voneinander entfernten Pegeln berechnet wurden, mit Vorsicht betrachtet werden sollten. Wenn überhaupt können diese nur als Orientierung dienen. Im Querprofil D1-D2 (vgl. *Anlage II*) im nördlichen Randbereich, wo das Gelände ansteigt, wird diese interpretierte Fehleranfälligkeit gut sichtbar: Der Wasserspiegel wird dort vom Pegel D2-P1 zum Transektrand extrapoliert, wobei das Gelände stark ansteigt.

Dieser Fehler wurde durch das Abstecken der Methode von Beginn an in Kauf genommen, da die Installation für ein flächendeckendes aussagekräftiges Messnetz bei einem Gebiet dieser Dimension im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht umzusetzen war. Durch die entwickelte Methode des Anlegens von Transekten mit abgesteckten Referenzräumen, können Moorwasserstände innerhalb dieser räumlich höher aufgelöst und somit genauer abgebildet werden (vgl. *Kapitel 5.1.3*). Geringere Ungenauigkeiten in den Referenzräumen (vgl. *Abbildung 26*) werden erreicht, da dort zwischen Pegeln kürzere Abstände vorliegen. Die Verlässlichkeit der Interpolation ist somit höher. Die oben interpretierten Ungenauigkeiten zu den Rändern der Referenzräume bleiben aber auch hier nicht aus. Diese modellierten Referenzräume dienen, als hydrologisches Monitoring und können nach der Ausführung der Maßnahmen für einen Vorher-Nachher-Vergleich herangezogen werden.

In der Karte in *Abbildung 26* wird durch die Abstufung der Moorwasserstände nach den Wasserstufen (verändert nach KOSKA et al. (2001) und COUWENBERG et al. (2008)) deutlich sichtbar, welche Flächen schon heute Potentiale bzw. günstige Wasserstufen (blau bis grün) und welche mittlere bis starke Defizite (orange bis rot) aufweisen. Es wird sichtbar, dass die moderat trockenen Flächen mit Wasserstufen 2- sich scharf von den feuchten bis gefluteten Flächen (Wasserstufen 4+ bis 6+) abgrenzen.

Das Modell lässt erkennen, dass für die Wiedervernässung des Grundlosen Moores hohe Potentiale aber auch Konflikte vorliegen. Besonders die Torfstichflächen und Moorseen mit Wasserstufen 4+ bis 6+ zeigen ein hohes Potential für eine Stabilisierung des Wasserstandes nach Maßnahmendurchführung. Bei einem Ziel der Wiederherstellung von flächigen Wasserstandsdynamiken mit einem gleichmäßigen Wasserregime und kontinuierlich hohen Wasserständen nahe der GOK, wie es für ein naturnahes Hochmoor typisch ist (vgl. *Kapitel 2*), werden Konflikte und Herausforderungen erkennbar. Bei einem Anstieg von Wasserstufen 2-, also

den roten Bereichen auf ein Niveau von der Wasserstufe 5+ müssten Maßnahmen einen Wasseranstieg von > 0,8 m in weiten Teilen des Gebietes schaffen.

Für die Moorwasserstandsmodelle muss erneut darauf verwiesen werden, dass aufgrund der oben erläuterten klimatischen Bedingungen des Messhalbjahres, die Modelle eine Überschätzung in Bezug auf ein langjähriges Mittel (> 3 Jahre vgl. TIEMEYER et al. (2017)) darstellen. Es kann vermutet werden, dass bei einem Datensatz für die Jahre 2018 bis 2020 auch tiefliegende Bereiche Wasserstufen mit starken Defiziten (gelb bis rot) aufzeigen würden. Eine Abweichung kann auch dahingehend kritisch hinterfragt werden, da bei der Datenauswertung die Moorwasserstände in Bezug auf die Geländehöhe des DGMs berechnet wurden. Auch wenn das DGM durch hochauflösende LiDAR-Daten generiert wurde, kann der Prozess der Mooratmung⁵, wie es vor allem in Bereichen mit Schwinggrasbildung typisch ist, nicht festgehalten werden. Das Geländemodell zeigt somit für den Befliegungszeitpunkt einen stationären Zustand. Nach GEWIN (2020) steigt in naturnahen nassen Moorbereichen im Winter die Mooroberfläche an. Im Sommer senkt sie sich ab. In Bereichen mit höheren Flurabständen, die trockener und buschiger sind, steigt die Mooroberfläche im späten Frühjahr an und fällt im Spätsommer ab. Daher muss bei der angewandten Methode der Datenauswertung beachtet werden, wann (Jahr und Monat) die Überfliegungen stattgefunden hat, um eine Überschätzung aber auch Unterschätzung einordnen zu können. Eine genaue zeitliche Einordnung der Aufnahmen konnte im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht ermittelt werden, daher wäre für weitere Untersuchungen diese Information ergänzend zu betrachten.

Es wird für beide Modelle deutlich, dass diese mit Unsicherheiten behaftet sind. Für das Moorwasserstands-Modell des gesamten USG (vgl. *Abbildung 25*) werden Unterschätzungen weniger Überschätzungen der Flurabstände bei Extrapolation zu den Gebietsrändern sichtbar.

Höher aufgelöste Bereiche des Modells in *Abbildung 26*, vor allem Bereiche mit einer höheren Tendenz zur Mooratmung wie Torfstich, Schwinggras und Mooreseen, werden eher als Überschätzung aufgrund eines nassen Messhalbjahres in Relation zu einem langjährigen Mittelwert eingeordnet. Insgesamt kann dieses Modell die gemessenen und beobachteten moorhydrologischen Gegebenheiten des Messzeitraums vor allem bei geringem Interpolationsabstand, also hoher Pegeldichte annähern. Für ein genaueres Modell wäre eine räumlich höhere Auflösung, also ein engeres Messnetz notwendig. Außerdem wäre ein längerer Messzeitraum unabdingbar, um langjährige Mittelwerte des Moorwasserstandes und somit klimatische Schwankungen abbilden zu können.

⁵ Oszillation der Mooroberfläche (SUCCOW & JOOSTEN 2001b).

Modell Grund- und Oberflächenwasserspiegel

Der modellierte Grund- und Oberflächenwasserspiegel in m NHN in *Abbildung 27* bildet die Grundlage für die diskutierten Moorwasserstandsmodelle. Daher können die oben aufgeführten Unsicherheiten auch für das hier betrachtete Modell festgehalten werden.

Der modellierte Wasserspiegel – also die „relativen Höhenunterschiede des absoluten phreatischen Wasserstands geben Hinweise über die vorherrschenden Fließrichtungen im Torfkörper“ (TIEMEYER et al. 2017, S. 182). Daher können die horizontalen Grundwasserflüsse orthogonal zu den Höhenlinien des Wasserspiegels in etwa abgeleitet werden. Folglich lässt sich ein Grundwasserfluss vom Zentralbereich östlich des Grundlosen Sees, in Richtung Westen nach Fulde und in Richtung Osten zur Ortschaft Ebbingens aufzeigen. Eine Wasserscheide auf Basis des oberflächigen Abflusses östlich des Grundlosen Sees, wie in der Literatur beschrieben, ist weiter schlüssig (AQUAPLANER 2020; BELTING 2019; HEIDBERG 2021). Der Verlauf der Grundwasserscheide kann mit dem Modell und der vorliegenden Datenlage nicht genau abgegrenzt werden, zeigt aber einen ähnlichen Verlauf.

Bei Betrachtung des östlichen unterirdischen Einzugsgebiets kann in diesem ein Grundwasserfluss gen Osten zum PO geschlussfolgert werden. Das westliche, unterirdische Einzugsgebiet legt flächig betrachtet einen Grundwasserfluss Richtung Westen nahe. Innerhalb der Haupttransekte C bis E zeigt das Gefälle des Wasserspiegels in Richtung des Hauptentwässerungsgrabens und stützt die aufgestellte Hypothese effluenter Grundwasserströmung, also Strömungsverhältnisse in den Hauptentwässerungsgraben. Innerhalb des Transektes D1 wird eine Entwässerung des östlichen, südlichen und westlichen Teils in den Grundlosen See deutlich. Hierbei wird auch deutlich, dass das Modell den See nicht berücksichtigt, sondern ein Gefälle durch die Interpolation zwischen den Pegeln visualisiert. Für ein genaueres Modell muss der See flächig mit dem gemessenen Seewasserspiegel einbezogen werden. Innerhalb der Querprofile wurde dies jedoch berücksichtigt.

Auch das Gefälle des Wasserspiegels im Transekt B-1 stützt diese Hypothese. Südlich des Transektes B-1 und westlich des Transekts C-1 lässt sich ein Gefälle Richtung West ableiten. Eine Entwässerung dieser Fläche zum Hauptentwässerungsgraben kann für dieses Areal somit nicht bestätigt werden. Hier sind Unsicherheiten zu nennen, da dieses Ergebnis durch Extrapolation vom Pegel B1-P1 zur südlichen Gebietsgrenze erzeugt wurde. Für die Maßnahmenplanung wären weitere hydrologische Untersuchungen in diesem Areal wertvoll, da bei flächiger Entwässerung Richtung Westen ein Verschluss des Hauptentwässerungsgrabens den Wasserrückhalt für dieses Areal nicht gewährleistet.

Bei Betrachtung des gesamten USG fällt auf, dass der Bereich bis etwa westlich des Haupttransektes B durch die dunkelsten Blautöne charakterisiert ist. Durch den Abstand der

Höhenlinien verstärkt, zeigt sich, dass die Neigung der Grundwasseroberfläche in diesem Bereich deutlich geringer ist als im Gebietsteil westlich des Haupttransektes B (Hellblau- bis Weißtöne). Eine geringere Neigung der Grundwasseroberfläche (= größerer Abstand der Höhenlinien) lässt auf einen kleineren Gradienten schließen. Dies ist für die Hydrologie des Grundlosen Moores eine wichtige Erkenntnis, da der Parameter des hydraulischen Gradienten (*grad H*) nach DARCY (1856) proportional zur Filtergeschwindigkeit, also der Wassermenge Q (Durchflussrate) die eine gesamte Querschnittsfläche A des Grundlosen Moores laminar durchströmt, ist (vgl. Gl. 7):

$$\frac{Q}{A} = -ks \cdot \text{grad } H \quad [\text{Gl. 7}]$$

mit Q Wassermenge [L^3/T]
 A Querschnittsfläche [L^2]
 ks gesättigte hydraulische Leitfähigkeit [L/T]
grad H hydraulischer Gradient
(DARCY (1856) aus HÖLTING & COLDEWEY (2013))

Diese Interpretation kann durch das Relief bestärkt werden (vgl. DGM in *Abbildung 19*). Ein stärkeres Gefälle westlich des Haupttransektes B kann die Interpretation eines größeren Gradienten in diesem Gebietsteil stützen.

Wie der Gl. 7 zu entnehmen, ist die weitere zentrale Größe, welche die Filtergeschwindigkeit beeinflusst die gesättigte hydraulische Leitfähigkeit ks [L/T]. Eine Messung der gesättigten hydraulischen Leitfähigkeit fand im Rahmen dieser Arbeit nicht statt. Für weitere Untersuchungen und Messungen der hydraulischen Leitfähigkeit würde sich die Bohrlochmethode an den installierten Pegelrohren anbieten. Durch die fehlende Datenlage der gesättigten hydraulischen Leitfähigkeit als wesentliche hydrologische Größe, wird die Limitation des geostatistischen Interpolationsverfahrens, worüber das Modell des Wasserspiegels generiert wurde, sichtbar.

Wie oben beschrieben, wird der Torfkörper bedingt durch größere Flurabstände mit einhergehender höherer Sauerstoffzufuhr stärker zersetzt. Die stärkere Zersetzung in diesen Bereichen zieht eine geringere Porosität und auch Strukturiertheit mit sich. Diese fundamentale Änderung des Torfes führt auf der einen Seite zu der oben beschriebenen Verringerung der Speicherkapazität, auf der anderen Seite zu einer geringeren hydraulischen Leitfähigkeit (EDOM 2001; TIMMERMANN et al. 2009; TIEMEYER et al. 2017). Aufgrund von der in *Teil I* dieser Arbeit rekonstruierten anthropogenen Überprägung zeigt das Gebiet heute ein stark verändertes Höhen-Breiten-Relief, bzw. Torfabfuhrdamm-Torfstich-Relief auf. Durch die in der Arbeit deutlich werdende Tendenz höherer Flurabstände auf Torfabfuhrdämmen kann abgeleitet werden, dass Torfabfuhrdämme in Folge

stärkerer Zersetzung (weitere Verstärkung durch Sackung und Verdichtung) geringere hydraulische Leitfähigkeiten aufweisen (vgl. *Kapitel 2*). Tieferliegende Torfstiche zeigen geringere Flurabstände und gering zersetzte Torfe auf, welche auf eine hohe hydraulische Leitfähigkeit schließen lassen. Diese Interpretation kann durch die Bohrungen gestützt werden (vgl. *Kapitel 5.2.5*).

5.3.2 Pedologie des Grundlosen Moores

Aufbauend auf den durch das hydrologische Monitoring abgesteckten Transekten wurden bodenkundliche Untersuchungen in der Arbeit durchgeführt. Die Ergebnisse werden im Folgenden interpretiert und diskutiert, um den Torfkörper vom geologischen Untergrund bis zu Mooroberfläche zu charakterisieren.

Geologischer Untergrund und Moorbasis

Bei sechs Bohrungen, welche vorrangig in den südlichen und nördlichen Randbereichen der Haupttransekte C und D verortet sind, konnte ein fein- bis grobsandiges Sediment mit stellenweise kiesigem Nebengemenge als geologische Basis des Grundlosen Moores bestimmt werden. Insgesamt ist diese Schicht verfestigt und zum Übergang der Mudde meist stark humos. Eine weitere Einordnung des Sedimentes konnte nicht vorgenommen werden. Nach der GK25 (vgl. *Kapitel 3*) kann es sich hierbei um pleistozäne Sedimente, welche vermutlich glazifluviatil während des Drenthe Stadiums abgelagert wurden, handeln. Möglich ist auch, dass es sich um partiell holozäne fluviatil abgelagerte Sande handelt, welche die saaleiszeitlichen Sedimente überlagern (LBEG 1991).

Den Übergang zu diesen quartären Ablagerungen bildet entlang der Querprofile C1-C2 und D1-D2 vorwiegend eine 10 bis 30 cm mächtige Schluffmudde (vgl. *Anlage II*). Auch bei Sondierungen mittels Moorpeilstange konnten vorherrschend Schluffmudden mit hohem Anteil organischer Substanz als Moorbasis festgestellt werden. Dabei muss festgehalten werden, dass ab dem westlichen Randgebiet des Teilgebietes 100 über weite Strecken der Hauptentwässerungsgraben durch die Muddeablagerungen bis in den geologischen Untergrund schneidet.

Als weitere Ausnahme für eine Unterlagerung einer Schluffmudde sind die nördlichen, südlichen- und westlichen Randbereiche des Moores zu nennen. Bei den Bohrungen verzeichnete die Bohrung B_{D8} im nördlichen Randbereich eine Unterlagerung des Moores durch einen stark humosen, fossilen podsolierten Oberbodenhorizont. Nach der BK50 wird der Bereich dieser Bohrung als Pseudogley-Podsol angesprochen und passt somit zu der in der vorliegenden Arbeit angehangenen Bohrprofil-Beschreibung (LBEG 1991).

Torfkörper

Bei acht Bohrungen bildet ein bis etwa 40 cm mächtiger Niedermoortorf den Übergang zur Mudde. Dieser ist teils stark zersetzt und weist häufig Holzgehalt auf. Für stellenweise weniger stark zersetzte Niedermoortorfe kann häufig ein Radzellentorf mit Seggen, Birkenholz und Holz (nicht spezifiziert) angesprochen werden. Diese Ergebnisse passen zu den Beschreibungen von SCHNEEKLOTH & TÜXEN (1978), da häufig stark zersetzte Seggentorfe z. T. mit Birken- und Kiefernholz die untere Torfschicht bilden. Vereinzelt wurde auf dem nH ein cm-mächtiger Übergangsmoortorf, welcher als Gemengeanteile Braunmoos, Fieberkleesamen und krautige Feinwurzeln enthielt, abgegrenzt. Auf den Nieder- und Übergangsmoortorfen sowie abschnittsweise direkt auf der Schluffmudde wurde ein bis zu 2,4 m mächtiger Hochmoortorf (hH) mit unterschiedlichsten Zersetzungsgraden (H1 bis H8-9) ergründet. Die Beschreibungen sowohl von SCHNEEKLOTH & TÜXEN (1978) und WERSCHE (1989), dass Bereiche des Moores nicht wurzelecht entstanden sind, als auch von BELTING (2019), dass es wurzelecht entstanden ist, können somit nachvollzogen werden. Es gilt darauf zu verweisen, dass wie bei Bohrung B_{C6} (vgl. *Anhang B*) Abtorfungen bis zum mineralischen Untergrund interpretiert werden können. Eine Rekonstruktion, ob diese Bereiche tatsächlich wurzelecht entstanden sind oder Hochmoortorf nach Abtorfung auf der Mudde erneut aufwachsen konnten, bleibt somit stellenweise offen. Möglich wäre auch das es sich um Bunkerde handelt. Torfbildner des Hochmoortorfs (hH) sind meist Bleichmoose. Stellenweise prägen erhebliche Beimengungen von Wollgräsern und Reiser, weniger Binsen, den Torf. Auch SCHNEEKLOTH & TÜXEN (1978) beschreiben unterschiedlich stark zersetzte Hochmoortorfe über Niedermoortorfen. Weiter zeigen die Bohrungen auf höher gelegenen Torfabfuhrdämmen, nahe der Oberfläche stark durchwurzelte Vererdungshorizonte, aufgrund von Verwaldung und Zersetzungsprozessen.

Neun der 14 Bohrungen zeigen direkte Merkmale von Störungen, wie Bunkerden oder Kohlereste auf. Die in *Teil I* dieser Arbeit erfassten Landschaftselemente waren für die Einordnung der Bohrprofile eine wertvolle Arbeitsgrundlage. Für eine flächige Einschätzung des Torfkörpers müssten weitere Bohrungen auch in den übrigen Transekten und vereinzelt im Randbereich durchgeführt werden. Desweiteren wäre eine genauere Abgrenzung und Verifizierung vor allem der stark zersetzten Torfarten wichtig. Hierzu wäre weitere Forschung z.B. durch eine Makrofossilanalyse wertvoll.

Moormächtigkeit

In der vorliegenden Studie wurden mittels Moorpeilstange Moormächtigkeiten von bis zu 5,93 m im Transektverlauf C1-C2 westlich des Grundlosen Sees festgestellt. Dieses Ergebnis ist wider Erwarten, da in der bisherigen Literatur maximale Moormächtigkeiten von 4,4 m angegeben sind (ABTEILUNG

FÜR PALYNOLOGIE UND KLIMADYNAMIK DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN o. J.). Die Aussagen von SCHNEEKLOTH & TÜXEN (1978) und auch WERSCHE (1989), dass der Moorkernbereich um den Grundlosen See am tiefgründigsten ist, konnte für den südlichen, westlichen und nördlichen Bereich des Grundlosen Sees bestätigt werden. Der Osten des Sees zeigt vom Torfstich stark geprägte Flächen, welche deutlich geringere Mächtigkeiten von etwa 0,3 bis 1,5 m aufweisen. Das weitere NSG wurde von WERSCHE (1989) mit 0,4 bis 0,9 m bzw. von SCHNEEKLOTH & TÜXEN (1978) mit < 1 m als flachgründig bis mittelflachgründig beschrieben. Für die nördlichen und südlichen Randbereiche sowie für einen Großteil der westlich des Haupttransektes B platzierten Sondierungen sowie für die vom Torfstich stark geprägten Flächen konnte dies bestätigt werden. Sonst zeigten die Sondierungen häufig tiefgründigere Moormächtigkeiten von ca. 1 bis 3 m, seltener auch Gründigkeiten von 3 bis 4 m und zweimal > 5,5 m an. Nach Angaben in der Literatur zeigen Regenmoore meist Mächtigkeiten von mehreren Metern (SUCCOW & JESCHKE 1986; TGL-243030/04 1985). MEIER-UHLHERR et al. (2015) stuft 2 bis > 5 m Moormächtigkeiten für Hochmoore als häufig ein. 1,2 bis 2 m werden hingegen als selten eingestuft. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sind somit auch im Vergleich zu Literaturwerten plausibel. Es lässt sich gut interpretieren, dass vor Einsetzen des bäuerlichen Torfstichs, wie in *Teil I* beschrieben, zumindest der Moorkernbereich flächige Moormächtigkeiten von > 2 m aufwies, was für den Moortyp eines Hochmoores charakteristisch ist (MEIER-UHLHERR et al. 2015; TGL-243030/04 1985; SUCCOW 2001a)

Moormächtigkeits-Modell

Abbildung 28 zeigt die modellierte Moormächtigkeit auf Basis der erhobenen Daten, entsprechend dem Vorgehen wie in *Kapitel 5.1.5* beschrieben. Dieses Modell verdeutlicht, wie tiefgründig (teils > 5,5 m) der Moorkernbereich westlich des Grundlosen Sees ist. Insgesamt wird ersichtlich, dass vor allem das Teilgebiet 100 durch weitläufig tiefgründige bis sehr tiefgründige Moormächtigkeiten charakterisiert ist, was so bisher nicht in der Literatur vermerkt ist. Die im ersten Teil der Arbeit erfassten und rekonstruierten Landschaftselemente Torfabfuhrdämme und Torfstichwände (vgl. *Kapitel 4.3*) wurden in dem Modell ergänzend dargestellt. Die Torfstichwände zeigen mit erstaunlicher Übereinstimmung die abgetorften Bereiche an, welche durch den Torfstich heute flachgründige bis mitteltiefgründige Moormächtigkeiten aufweisen. Tiefgründige Bereiche wiederum stimmen häufig mit den rekonstruierten Torfabfuhrdämmen überein.

Die Verteilung der Sondierungs- und Bohrpunkte gibt eine Einschätzung, welche Bereiche die höchsten Unsicherheiten aufweisen (vgl. *Abbildung 20*). Innerhalb der Transekte A bis E2 wurden alle 60 m (61 Sondierungen) Daten zur Moormächtigkeit mittels Moorpeilstange erhoben. 14 Bohrungen in den Haupttransekten C und D fließen außerdem mit in das Modell ein. Fünf weitere Sondierungen wurden zwischen den Transekten platziert, um die Entfernung für die geostatistische

Interpolation zu verringern. An den Gebietsrändern wurden neun Sondierungspunkte hinzugefügt, um Ungenauigkeiten durch Extrapolation zu reduzieren. Wie anhand der Querprofile (vgl. *Anlage II*) deutlich wird, zeigt der geologische Untergrund eine teils stark heterogene Geomorphologie. Schwankungen von stellenweise > 4 m zwischen zwei Sondierungspunkten (60 m Abstand) wurden festgestellt. Daher wären für ein genaueres Moormächtigkeitsmodell außerhalb der Transektverläufe weitere Forschung und ein größerer Datensatz notwendig. Ein flächendeckendes Beprobungsraster von 60×60 m würde sich bei der bestehenden Datengrundlage für weitere Untersuchungen anbieten. Bei der in *Kapitel 5.1.5* dargelegten Methodik ist weiter festzuhalten, dass das Einmessen bzw. Anlaufen der Bohrungs- und Sondierungspunkte mittels GPS eine Genauigkeit im m-Bereich aufweist. Das extrem heterogene Relief mit Höhendifferenz (z) > 1 m auf wenigen m in der Lage (x, y) bringt somit eine Fehleranfälligkeit mit sich. Ein Einmessen, z.B. mittels GNSS wie es bei der hydrologischen Datenerfassung durchgeführt wurde, könnte ein genaueres Modell liefern. Aufgrund der hohen Herausforderungen des Einmessens mittels GNSS, durch kaum bis nicht vorhandenen Mobilfunkempfang in weiten Teilen des NSG (vgl. *Kapitel 5.1.3*) beschrieben, war dieses Verfahren im Rahmen der vorliegenden Abschlussarbeit nicht umsetzbar.

5.3.3 Verknüpfung von Hydrologie und Pedologie

Durch die zwei Querprofile in *Anlage II* ist es im Rahmen dieser Arbeit gelungen, die Ergebnisse der hydrologischen und pedologischen Untersuchungen zu verknüpfen. Außerdem konnten Vegetationsdaten und prognostizierte Moorwasserstände nach Maßnahmenplanung visualisiert werden. Über die Querprofilmodelle sollen in diesem Kapitel primär die gegenwärtigen Moorkomponenten des Grundlosen Moores Boden, Hydrologie und begleitend auch die Vegetation zusammenhängend betrachtet werden.

Die Querprofile zeigen die Unterlagerung der oben beschriebenen dm-mächtigen Schluffmudde. Bei einer Betrachtung der Querprofile im Gesamtzusammenhang ist auch denkbar, dass sich auf den Geländerücken des mineralischen Untergrundes bei trockeneren Standortbedingungen ein Podsol ausbilden konnte. Anschließend könnte aus dem fossilen Ah-Horizont des Podsols durch eine Anreicherung von gelöster organischer Substanz (aus den aufwachsenden Hochmoortorfen) eine sogenannte Pick-Schicht (Pechschicht) hervorgegangen sein (ähnlich wie bei der Bohrung B_{D8} nur mit einem höheren Anteil an organischer Substanz). Die Interpretation müsste durch weitere Untersuchungen der Geländerücken des mineralischen Untergrundes verifiziert werden. Dieses Erkenntnis ist für die Moorhydrologie von großer Bedeutung, da nach TIEMEYER et al. (2017) organische Mudden (nicht explizit Schluffmudde, also organo-mineralische Mudde genannt) häufig geringe hydraulische Leitfähigkeiten aufweisen. Es wird durch den hohen organischen Anteil der Schluffmudde (auch eine Pick-Schicht hat einen hohen organischen Anteil) dennoch interpretiert,

dass diese als wasserhemmende Schicht fungiert. Diese Interpretation kann durch die Visualisierung der Grundwasseroberfläche des obersten Grundwasserstockwerks, welche unterhalb des Querschnittes D1-D2 ergänzend eingezeichnet wurde, gestützt werden (LBEG 2008). Die Grundwasseroberfläche des obersten Grundwasserstockwerks liegt zwischen 6 und 10 m unterhalb der Moorbasis. Durch diesen Abstand kann bestätigt werden, dass eine Versickerung ins erste Grundwasserstockwerk gehemmt sein muss. WERSCHE (1989) schreibt, dass eine stark verdichtete Grundmoräne diesen Abfluss unterbindet. In dieser Arbeit wird die Relevanz der Mudde oder auch der Annahme Pick-Schicht ergänzend interpretiert. Beide Erkenntnisse zeigen, dass das Grundlose Moor somit hauptsächlich horizontal über die in *Kapitel 5.3.1* diskutierten Fließwege entwässert.

Wie das Querprofil C1-C2 zeigt, schneiden zwei Mulden (Streckenabschnitt 120 und 540 m) tief in den geologischen Untergrund ein. Da diese Mulden durch Sondierungen mittels Moorpeilstange ergründet wurden und keine Bohrdaten vorliegen, wurde die Interpolation zwischen den angrenzenden Bohrungen hingehend Literaturdaten verändert und interpretiert. Da initial eine Verlandung eines postglazialen Flachsees (auch mehrere Flachseen wären denkbar) in weiten Teilen des Moores als Genese interpretiert wird, lässt sich rückschließen, dass diese Mulden die höchsten Seetiefen aufwiesen. Nach Succow (2001a) bilden Fein-, Mittel- bis Detritusmudden mit Unter- und Zwischenlagerung von unterschiedlich stark zersetzten Braunmoosen ein plausibles Bild von Verlandungsablagerungen in solchen Senken. Für eine Verifizierung dieser Vermutung sind weitere Bohrungen im Bereich der tiefgründigen Mulden nötig.

Den Übergang zur Schluffmudde bildet in weiten Teilen ein bis etwa 40 cm mächtiger nH, welcher meist stark zersetzt ist und häufig Holzgehalt aufweist. Stellenweise bilden aber auch Hochmoortorfe den Übergang zum Mineralischen. Auf dem nH liegen stellenweise cm-mächtige Übergangsmoortorfe. Überwiegend jedoch ein mehrere Meter mächtiger hH. Dabei zeigen die Querprofile, vor allem die knapp 600 m des südlichen C1-C2-Verlaufs, wie mächtig der Moorkörper des Grundlosen Moores stellenweise heute noch ist. Es ist in der vorliegenden Arbeit weiter gelungen, über die heutige Oberkante der stehengebliebenen Torfabfuhrdämme (DGM aus *Abbildung 20*) in etwa einen realistischen Verlauf der einstigen Geländeoberkante zu rekonstruieren. Dieser Verlauf stellt nur eine Näherung dar, da die Torfabfuhrdämme seit Beginn der Entwässerung als Folge der Zersetzungsprozesse absacken (vgl. *Kapitel 2*). Ein durchaus höherer Verlauf der GOK vor Einsetzen der Nutzbarmachung ist daher plausibel. Es wird durch die Rekonstruktion gut sichtbar, dass der über zwei Jahrhunderte andauernde Torfstich (vgl. *Teil I*) über Strecken (wie nördlich des Querprofils C1-C2) mehrere Meter in den Moorkörper vorgedrungen ist.

Außerdem werden aus den Querprofilen die diskutierten hydrologischen Zusammenhänge klar ersichtlich. Wie oben beschrieben und aus den Bohrprofilen (vgl. *Anhang B*) hervorgeht, weisen die

Torfe unterschiedlichste Zersetzungsgrade auf. Durch die Heterogenität der Zersetzungsgrade, welche, wie bereits erläutert, die hydraulische Leitfähigkeit maßgeblich beeinflussen, wird die Schwierigkeit eines genauen numerischen Modells für dieses Gebiet erneut verdeutlicht (vgl. *Kapitel 5.3.1*). Beide Querprofile zeigen, dass die Torfabfuhrdämme durch Vererdungshorizonte in Folge starker Zersetzung geprägt sind. Im Querprofil C1-C2 kann die Interpretation einer Funktion der Torfabfuhrdämme als Moorwassergeringleiter gestützt werden: Der Wasserspiegel verläuft zwischen 0 und 480 m weitestgehend horizontal. Von etwa 480 bis 640 m (von Pegel C1-P2 zu C1-P1) fällt dieser von ca. 68,8 auf 67,7 m NHN im Modell recht steil ab. Eine nicht weitreichende Entwässerung auf ein Niveau nahe des Grabenwasserstandes, wie es im Querprofil D1-D2 der Fall ist, lässt sich durch eine geringleitende Wirkung der stehengebliebenen Torfabfuhrdämme interpretieren. Eine Entwässerung unterhalb dieser Torfabfuhrdämme wird durch die stark zersetzten Torfe (häufig Schwarztorf vgl. *Anhang B*) gehemmt. Diese stark zersetzten Torfe weisen von Natur aus (ungestörte Genese) solch hohe Zersetzungsgrade auf, da erst durch die hohe Wasserstoffionenkonzentration, bedingt durch den in Raum und Zeit zunehmenden Einfluss der Torfmoose schwach zersetzte Torfe (Weißtorfe) entstehen. So zeigen naturnahe Moore von sich aus eine abnehmende hydraulische Leitfähigkeit mit einer Zunahme der Tiefe (DETMANN & BECHTOLD 2016a; EDOM 2001).

Die Vegetation spiegelt dies in den markanten ehemaligen Torfstichen wieder: Wollgras-Torfmooschwingrasen, teils mit Schnabelriedvegetation, können sich durch hohe Moorwasserstände als Folge der abdichtenden Funktion der Torfabfuhrdämme in diesen Bereichen etablieren (vgl. *Anlage II*). Dieses in der Literatur oft beschriebene und auch als negativer Rückkopplungsprozess bezeichnete Phänomen der Entwicklung hochmoortypischer Regenerationsstadien in Torfstichen, lässt sich auch im Grundlosen Moor vorfinden (TIMMERMANN et al. 2009; HÖLZEL et al. 2009). Solche Bereiche werden für die Wiedervernässung mit dem Ziel der Revitalisierung eines selbstregulierenden Hochmoores als äußerst wertvoll erachtet. Ein direkter Anstieg des Moorwasserstandes ist zwar durch Maßnahmen in solchen Gebieten schwer möglich (wahrscheinlich nur durch einen Überlauf nach starkem Anstieg), da sie vermutlich nahezu ihr eigenes Wasserregime besitzen. Sie bilden jedoch gemeinsam mit den Schwingrasen der Hochmoorseen die Diasporenbank der hochmoortypischen Vegetation des Grundlosen Moores. Nur so besteht die Möglichkeit der Ausbreitung der unabdingbaren Torfmoose für eine Hochmoorregeneration in Gebieten, in denen entsprechende Maßnahmen einen Anstau bewirken werden (BÖNSEL 2011; HÖLZEL et al. 2009).

Der nördliche Teil des Querprofils C1-C2 und das gesamte Querprofil D1-D2 zeigen einen gleichmäßig abnehmenden Wasserspiegel von den Gebietsrändern zum

Hauptentwässerungsgraben. Eine Interpretation hingehend höherer hydraulischer Leitfähigkeit der Torfabfuhrdämme in diesen Querschnittsbereichen passt nicht in die Darstellung der durch Vererdungshorizonte stark zersetzten Abfuhrdämme. Beim Heranziehen der Karten in *Abbildung 26* zeigt sich eine plausible Erklärung: Die tiefliegenden Torfstichflächen (höhere Wasserstufen = gelb bis blau) entlang des Querprofils D1-D2 entwässern in den Grundlosen See, welcher direkt mit dem Hauptentwässerungsgraben interagiert. Nördlich ist die Torfstichfläche (Querprofil ca. 800 bis 900 m) an den Entwässerungsgraben angeschlossen. So auch im nördlichen Teil des Querprofils C1-C2. Damit zeigt sich, dass das Modell des Wasserspiegels (*Abbildung 27*) diesen Trend vermutlich nicht hinreichend darstellen kann. Dieses Modell berücksichtigt, wie oben erläutert, nur den Gradienten und nicht die hydraulische Leitfähigkeit. Durch die weitgehend als wassergeringleitend interpretierten Torfabfuhrdämme und eine höhere hydraulische Leitfähigkeit der Torfstiche wären bei Einbezug der hydraulischen Leitfähigkeit in ein Modell deutlich kleinräumigere Gradienten schlüssig. Eine hypothetische primäre Entwässerung über die Torfstiche (solange diese kein nahezu eigenes Wasserregime wie es im südlichen Teil des Querprofils C1-C2 interpretiert wurde) aufgrund höherer Leitfähigkeiten (geringere Zersetzung) würde ein schlüssiges Bild unter Einbezug der Erkenntnisse des Moorkörpers liefern.

Durch den oben als vernachlässigbar diskutierten vertikalen Abfluss (zumindest für weite Teile des Gebiets) und der hier interpretierten starken Relevanz, des Reliefs durch eine geringe Leitfähigkeit der höherliegenden Torfabfuhrdämme und einer höheren Leitfähigkeit der Torfstichflächen, erlangt die Aussagekraft des Oberflächenabflussmodells aus dem vorgelagerten FOP (vgl. *Anhang I*) für das gesamte Abflussverhalten eine höhere Relevanz. Es kann bei den getroffenen Annahmen als realistisches Abflussverhalten angenommen werden, dass die Torfabfuhrdämme tendenziell in die tieferliegenden Torfstiche entwässern. Von dort wiederum wäre ein Abfluss in den Entwässerungsgraben denkbar. Aufgrund der, durch die Verknüpfung von pedologischen und hydrologischen Parametern geschlussfolgerten, Annahmen werden in *Anhang I* beide Modelle (Oberflächenabflussmodell und modellierter Wasserspiegel) miteinander dargestellt. Auch diese Kombination der Modelle kann kein numerisches Modell ersetzen. Großräumige Gradienten für das gesamte Gebiet und ein kleinräumiges Abflussverhalten, dargestellt durch den Oberflächenabfluss, werden jedoch als eine mögliche Näherung der Moorhydrologie des Grundlosen Moores interpretiert und können für die weitere Maßnahmenplanung herangezogen werden.

Weitere Forschung zum Entwässerungsverhalten zwischen Torfstich und Torfabfuhrdamm wäre notwendig, um diese Interpretation zu überprüfen. Hierzu würde sich anbieten, innerhalb eines bestehenden Transektverlaufs bei Veränderungen im Makrorelief (Torfstich/Torfabfuhrdamm) Pegel hinzuzufügen und *ks*-Messungen an allen Pegeln durchzuführen. Weiter wäre es erforderlich, die

äußeren Torfstichwände zu beproben und hingehend der hydraulischen Leitfähigkeit zu untersuchen. Großräumig passt das Modell in *Abbildung 27* jedoch weiterhin in einen Trend des Entwässerungsverhaltens des Grundlosen Moores. Verstärkt zeigt sich auch bei Verknüpfung der Erkenntnisse, dass die entwässernde Wirkung des Hauptentwässerungsgrabens für die Flächen, welche kein unabhängiges Wasserregime bilden, elementar ist.

Bei erneuter Betrachtung der in *Kapitel 5.3.1* schon verwiesene hHw-hHr-Grenze, welche vor allem im Querprofil D1-D2 deutlich unterhalb des eingezeichneten WLs 2021 liegt, wird die Entwässerungswirkung des Grabens deutlich. So zeigen selbst die tiefliegenden Torfstichflächen Vererdungshorizonte auf, was die Interpretation höherer Flurabstände im langjährigen Trend unterstreicht (vgl. *Kapitel 5.3.1*). Die Vegetation bestätigt diese pedologischen Erkenntnisse durch flächige Pfeifengrasbestände und eine starke Verbuschung, welche in Teilen in Moorwald übergeht.

Ein zeitnahe Verschluss vor allem des Hauptentwässerungsgrabens aber auch der kleineren Grabenzuläufe ist unabdingbar, um zumindest den Wasserstand in den tiefliegenden Bereichen zu stabilisieren. Außerdem gilt es, den oben beschriebenen positiven Rückkopplungsprozessen, bedingt durch eine Zunahme der vaskulären Pflanzenbedeckung, entgegenzuwirken.

5.3.4 Verknüpfung von Pollen-, Landschaftsanalyse und Torfansprache

Moorgenese ohne Ableitung einer menschlichen Nutzung

Die Moorbildung setzt entsprechend den Ergebnissen des *Teils I* im Atlantikum vor etwa 7.000 Jahren ein (ABTEILUNG FÜR PALYNOLOGIE UND KLIMADYNAMIK DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN o. J.). Diese Datierung wurde anhand eines Bohrkerns mit 4,4 m Mächtigkeit vorgenommen. Durch bis zu knapp 6 m sondierten Moormächtigkeiten der vorliegenden Studie ist eine frühere initiale Moorgenese denkbar und müsste weiter durch Untersuchungen dieser extrem tiefgründigen Bereiche überprüft werden.

Die räumlich weitgehenden Ablagerungen von Schluffmudden, welche nach MERKT et al. (1971) Seesedimente sind, lässt interpretieren, dass sich diese als Moorinitial in einem oder mehreren Flachseen ablagerten. Diese bildeten sich vermutlich zwischen dem Spätglazial und Alt-Holozän in den geomorphologischen Senken des geologischen Untergrundes. Grobpflanzenreste wie Holz von Birke oder Seggenreste auf Mudde zeugen von anschließenden Verlandungsprozessen. Die dominanten Mengenanteile von Kiefer, Birke, Erle und Sauergräsern (Seggen) im Pollendiagramm (vgl. *Anlage I*) der *Phase 1* gehen einher mit der Ansprache eines Niedermoortorfs mit den genannten Torfbildnern und Beimengungen (vgl. *Kapitel 5.3.2*). Auch Succow (2001a) bestätigt, dass Ablagerungen von Niedermoortorf über Muddeablagerungen eine Entstehung als Verlandungsmoor anzeigen. Die Bildung eines Flachsees, in dem ein Verlandungsmoor entstehen konnte, setzt voraus,

dass die geomorphologischen Senken durch einen geringen Abfluss gekennzeichnet sind und können den oben diskutierten gehemmten vertikalen Abfluss stützen. Die geringmächtigen Niedermoortorfe und das streckenweise wurzelechte Aufwachsen eines Hochmoortorfes lässt auf eine frühe oder sogar räumlich getrennt und zeitlich parallel ablaufende Hochmoorgenese schließen. Ein hoher Mengenanteil an Torfmoosen der ersten Phase des Pollendiagramms stützt diese Interpretation. LÜTTIG (2020) schreibt, dass nach dem postglazialen Wärmeoptimum (etwa ab 5000 v. Chr.) aufgrund von klimatischen Änderungen das Hochmoorwachstum begann. Diese Aussage stützt die Interpretation des *Teil I*, dass die klimatisch nassen Bedingungen die Ausbreitung von Torfmoosen ermöglichten und die in diesem *Teil II* rekonstruierte frühe Hochmoorgenese plausibilisieren. Ein Übergang von eutrophen bis mesotrophen Verlandungsstadien zu einem zunehmend oligotrophen und ombrogenen Hochmoor in weiten Teilen des Grundlosen Moores wäre demnach in dieser ersten Entwicklungsphase schlüssig.

In der Entwicklungsgeschichte wurde als zweite Phase eine trockenere Phase mit hohen Mengenanteilen an Besenheide abgeleitet (vgl. *Kapitel 4.3*). Eine häufige Beimengung an Reiser bei den Torfansprachen (vgl. *Anhang B*) zeigt Kausalitäten auf. Die vorgefundenen hohen Zersetzungsgrade der unterliegenden Nieder- und Hochmoortorfe kann durch niedrige Wasserstände aufgrund von Trockenheit dieser Entwicklungsphase aber auch durch einen noch nicht so stark abgefallenen pH-Wert begründet werden (vgl. *Kapitel 2 Hochmoorgenese*). Oberhalb dieser stark zersetzten Torfe zeigen gering zersetzte Hochmoortorfe (H3 bis H5), dass die in *Teil 1* erläuterte Versauerung durch Torfmoose (welche sich durch wieder nassere Bedingungen vermehrt ausbreiten konnten) in dieser Phase deutlichen Einfluss auf die Moorgenese hat. Große Beimengungen von Wollgras in den Hochmoortorfen sind durch Mengenanteile an Sauergräsern des Pollendiagramms schlüssig.

Menschliche Überprägung

Über schwach zersetzten Weißtorfen liegen vor allem auf den Torfabfuhrdämmen stark zersetzte Hochmoortorfe mit Vererdungshorizonten unterhalb der GOK. In naturnahen Hochmooren nimmt der Zersetzungsgrad zur GOK tendenziell ab. Diese Ergebnisse passen nur durch die in *Teil I* beschriebenen Phasen der anthropogenen Überprägung ins Gesamtbild. Die menschliche Entwässerung und das veränderte Höhen-Breiten-Relief durch den Torfstich kann die Torfansprache plausibilisieren. Es wird durch die Verknüpfung des ersten und zweiten Teils deutlich, dass die über etwa 250 Jahre andauernde menschliche Überprägung sowohl den Wasserhaushalt als auch den Torfkörper des Gebietes grundlegend verändert haben.

Teil III.

**Schlussfolgerung der erzielten Ergebnisse und
Implikationen für die Wiedervernässung sowie das
zukünftige Management des Grundlosen Moores**

6 Schlussfolgerung und Implikation für die Zielformulierung sowie Maßnahmenplanung

Im dritten Teil der vorliegenden Arbeit werden auf Basis der Rekonstruktion der Genese und der menschlichen Überprägung sowie der Zustandserhebung des Wasserhaushaltes und des Torfkörpers, Ziele und Maßnahmen abgeleitet, welche in das bestehende Moorentwicklungsprojekt impliziert werden können.

6.1 Schlussfolgerung der Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die vorgestellten und diskutierten Ergebnisse des ersten und zweiten Teils in Bezug auf die in *Kapitel 1.2* formulierten Fragestellungen und weitestgehend zu bestätigenden Hypothesen zusammengefasst.

Genese

In *Teil I* dieser Arbeit wurden die Genese und die menschliche Überprägung des Grundlosen Moores rekonstruiert. Durch die Torfansprache des *Teil II* konnten Kausalitäten, zu den durch die Pollenanalyse rekonstruierten Geneseabläufen, festgestellt sowie ergänzende Zusammenhänge aufgedeckt werden. Die Muddeablagerungen an der Moorbasis deuten darauf hin, dass sich zunächst ein postglazialer Flachsee (auch mehrere denkbar), vermutlich zwischen dem Spätglazial und Alt-Holozän in den geomorphologischen Senken des geologischen Untergrundes gebildet hat. Über diese Interpretation wird eine grobe Einschätzung möglich, ob anliegende Nutzflächen durch wasserrückhaltende Maßnahmen beeinflusst würden. Hierbei gilt es zu überprüfen, bis zu welcher Anstauhöhe der ehemalige Flachsee bildlich gesprochen „nicht überlaufen würde“. Eine Verifizierung dieser Interpretation sollte durch weitere Untersuchungen der umliegenden Höhenzüge bis zur Zielanstauhöhe überprüft werden. Mudden und Niedermoortorfe der Torfansprache sowie die Vegetationszusammensetzung der ersten Phase des Pollendiagramms lassen auf eine initiale Moorgenese als Verlandungsmoor schließen. Der Beginn der Moorgenese kann nachweislich auf das Atlantikum datiert werden (ABTEILUNG FÜR PALYNOLOGIE UND KLIMADYNAMIK DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN o. J.). Eine Verifizierung dieser Datierung wird als notwendig erachtet, da in der vorliegenden Arbeit deutlich tiefgründigere Moorbereiche, als bisher bekannt, ermittelt wurden. Im Weiteren könnten durch eine Torfansprache mit Makrofossilanalyse, welche idealerweise an eine Pollenanalyse gekoppelt ist, die Geneseabläufe noch genauer rekonstruiert werden.

Anhand der Querprofile in *Anlage II* wird ersichtlich, dass auf dem Verlandungsmoor sowie teils direkt auf dem mineralischen Untergrund ein Hochmoor aufwachsen konnte. Durch die Prozesse der dynamischen Natur konnte sich mindestens 6.800 Jahre lang ein Verlandungshochmoor mit

wurzelechten Teilbereichen entwickeln und entsprechend einen großen Speicher an organischer Substanz aufbauen.

Anthropogene Überprägung des Grundlosen Moores

Das Einsetzen der in *Teil I* dieser Arbeit rekonstruierten anthropogenen Überprägung wurde auf etwa Mitte des 18. Jahrhunderts datiert. Die Menschen dieser Zeit hatten die Idee, das Moor zum Buchweizenanbau, zur Brenntorfgewinnung sowie als Wasserreservoir zu nutzen. Durch die historische Analyse (vgl. *Kapitel 4.2.2*) konnte eingegrenzt werden, dass der Torfstich zur Brenntorfgewinnung bis etwa Ende des 19. Jahrhunderts, sowie erneut in den zwei Jahrzehnten der Nachkriegszeit, stattfand. Diese knapp 250 Jahre intensiver menschlicher Nutzung geht aus allen Untersuchungen zur gegenwärtigen Landschaft des Grundlosen Moores (Landschaftselemente, Pedologie, Hydrologie und der Vegetation) hervor und bestätigt die Hypothese einer grundlegenden Veränderung der Moorökologie: Die Entwässerung, als zentrales Nutzungskriterium dieser Zeit, mit einhergehenden oxischen Bedingungen, veränderte das Grundlose Moor von einem Kohlenstoffspeicher zu einer atmosphärischen Kohlenstoffquelle (vgl. *Abbildung 4*).

Moorhydrologie und Wasserhaushalt

Es ist im vorgelagerten FOP gelungen, ein hydrologisches Monitoring mit spezifisch gewählter räumlicher und zeitlicher Auflösung zu installieren. Ein solches Monitoring sowie Daten zum Wasserhaushalt des Gebietes lagen bisher in keinen vergleichbaren Erhebungen vor. Durch das aus 25 fest installierten Messpegeln bestehende Monitoring konnten während des Bearbeitungszeitraums Wasserstandsdaten für das trockene Sommerhalbjahr 2021 erfasst werden. Diese Daten bilden die Grundlage zur vorliegenden Charakterisierung der Moorhydrologie des Grundlosen Moores.

Das Messhalbjahr der trockenen Saison 2021 ist nach Daten der nächstgelegenen DWD-Station Soltau durch eine höhere klimatische Wasserbilanz geprägt als der Vergleichsraum des langjährigen Mittels (2010-2020). Dies lässt auf eine Überschätzung der Moorwasserstände (WLs 2021) in Bezug auf ein langjähriges Mittel schließen. Ausgewertete Daten für die Jahre 2018 und 2020 zeigen extrem negative KWB, welche auf Herausforderungen einer Vernässung schließen lassen, da nur durch den Niederschlag ein Wasseranstieg im Grundlosen Moor möglich ist. Daher drängt eine zügige Umsetzung der Maßnahmen im Rahmen des KliMo-Projektes damit Jahre wie 2018 und 2020 besser abgedämpft werden und einer weiteren Erschwerung der Restaurierung des Moores vorgekommen werden kann.

Sowohl die Messungen als auch die Modelle bestätigen die Hypothese, dass tieferliegende Torfstichflächen geringere Flurabstände aufweisen als die höherliegenden Torfabfuhrdämme.

Weiter zeigen die Messungen größere Wasserstandsschwankungen auf Torfabfuhrdämmen als in Torfstichen, was auf geringere Speicherkapazitäten der Torfabfuhrdämme zurückgeführt wurde. Beide Ergebnisse deuten auf höhere Zersetzungsgrade der Torfabfuhrdämme hin, was durch pedologische Untersuchungen mit Ermittlung der Zersetzungsgrade (nach V. POST) plausibilisiert werden konnte.

Da mit zunehmendem Zersetzungsgrad des Torfes die hydraulische Leitfähigkeit erheblich abnimmt (TIEMEYER et al. 2017), kann gefolgert werden, dass Torfabfuhrdämme eine wasserrückhaltende Rolle einnehmen könnten: Die pedologischen Untersuchungen zeigen, dass die Torfabfuhrdämme unterhalb der Oberfläche stark durchwurzelte Vererdungshorizonte aufgrund von Verwaldung und Zersetzungsprozessen aufweisen. Den „Kern“ der Torfabfuhrdämme bilden tendenziell geringer zersetzte Weißtorfe, wobei eine Unterlagerung von erneut stärker zersetzten teils m-mächtigen Schwarztorfen oder Niedermoortorfen vorgefunden wurde. Durch diesen heterogenen Aufbau der Torfabfuhrdämme ist die wasserrückhaltende Wirkung nicht abschließend ohne weitere Untersuchungen einzuschätzen. Hypothetisch ist davon auszugehen, dass die unterliegenden stark zersetzten Torfe eine geringe Leitfähigkeit aufweisen. Die Weißtorfe zeigen vermutlich höhere Leitfähigkeiten. Abhängig von der Durchwurzelung mit einer einhergehenden Zunahme präferenzzieller Fließwege ist auch ungewiss, wie ein tatsächlicher Wasserrückhalt aussieht. Durch explizite Untersuchungen zur hydraulischen Leitfähigkeit von Torfabfuhrdämmen, können die Ergebnisse dieser Arbeit jedoch verifiziert werden. Somit wurde in der vorliegenden Arbeit weiterer Forschungsbedarf zur Rolle des Wasserrückhalts von Torfabfuhrdämmen und Torfstichwänden in Gebieten, welche durch bäuerlichen Torfstich ein stark verändertes Höhen-Breiten-Relief aufzeigen (in dieser Arbeit auch als Makrorelief oder Torfabfuhrdamm-Torstich-Relief bezeichnet), erkannt.

Tieferliegende Torfstiche zeigen geringere Flurabstände und häufig gering zersetzte Torfe auf, da vermutlich der geringleitende stark zersetzte Schwarztorf zum Großteil abgebaut wurde. Höhere hydraulische Leitfähigkeiten von Torfstichen wurden geschlussfolgert.

Diese Erkenntnisse sind wesentlich für die Moorhydrologie des Grundlosen Moores und für die Planung wasserrückhaltender Maßnahmen. Sie zeigen, dass bei der Planung der Maßnahmen die Torfabfuhrdämme eine wasserrückhaltende Rolle spielen könnten. Weiter wird angemerkt, dass bei höheren Wasserständen durch Grabenanstau neue Entwässerungswege entstehen. Es muss daher darauf geachtet werden, dass Überläufe in tieferliegenden Torfstichen, mit der beschriebenen Tendenz höherer Leitfähigkeiten, nach der Maßnahmenausführung keine neuen Entwässerungswege bilden. Dies muss vorausschauend mit in die Maßnahmenplanung einbezogen werden.

Außerdem konnte eine Unterlagerung des Moores von einer stark humosen Schluffmudde (in Bereichen auch eine Pick-Schicht denkbar) festgestellt werden, für die eine wasserhemmende Funktion abgeleitet werden konnte. Dieses Ergebnis ist für die Maßnahmenplanung von hohem Stellenwert, da sich bei den Maßnahmen auf den horizontalen Abfluss konzentriert werden kann. Bereiche, in welchen eine Durchbrechung der geringdurchlässigen Mudden erkannt wurde (westlicher Hauptentwässerungsgraben), müssen jedoch abgedichtet werden, um eine mögliche vertikale Entwässerung zu verhindern.

Durch ein vereinfachtes Modell des Wasserspiegels, welches mittels geostatistischem Interpolationsverfahren berechnet wurde, konnte über die Höhenunterschiede des absoluten phreatischen Wasserstands der Gradient und über diesen die vorherrschende Fließrichtungen im Torfkörper abgeschätzt werden. Das Modell bestätigt die Hypothese einer unterirdischen Wasserscheide, die das Gebiet in die Teileinzugsgebiete West und Ost untergliedert. Durch das Modell konnte die Hypothese einer großräumigen Entwässerung des Moores über den zentralen Hauptentwässerungsgraben in weiten Teilen nachgewiesen werden. Lediglich südlich des Transektes B1 zeigt das Modell eine Fließrichtung zu den westlichen Gebietsrändern. Aufgrund einer geringen Pegeldichte mit einhergehenden Unsicherheiten des Modells werden für diesen Teilbereich weitere Untersuchungen für belastbare Aussagen als notwendig erachtet. Die Arbeit bestätigt, dass die Entwässerungsgräben vor allem der Hauptentwässerungsgraben – wie erwartet – verschlossen werden muss, um eine stetige nachhaltige Entwässerung zu unterbinden.

Überdies zeigt das Modell für das Teilgebiet 100 eine geringere Neigung der Grundwasseroberfläche (= größerer Abstand der Höhenlinien). Demgegenüber zeigt das Teilgebiet 110 eine starke Neigung der Grundwasseroberfläche. Für die Hydrologie des Grundlosen Moores kann eine geringere Filtergeschwindigkeit für das Teilgebiet 100 im Gegensatz zum Teilgebiet 110 abgeleitet werden, da diese sich proportional zum Gradienten verhält. Die weitere entscheidende Komponente, die den Abfluss bestimmt, ist die hydraulische Leitfähigkeit. Diese fließt in das Modell nicht mit ein. Durch die fehlende Datenlage der gesättigten hydraulischen Leitfähigkeit, als wesentliche hydrologische Kenngröße, wird die Limitation des geostatistischen Interpolationsverfahrens und der hydrologischen Modelle sichtbar. Ein numerisches Modell unter Einbezug der hydraulischen Leitfähigkeit könnte die Grundwasseroberfläche flächig wesentlich genauer abbilden und so auch ein genaueres Moorwasserstandsmodell liefern (TIEMEYER et al. 2017). Die erhobenen hydrologischen und pedologischen Daten der vorliegenden Arbeit, können als Grundlage für Anfangs- und Randbedingungen eines solchen Modells sowie für weitere Forschungsvorhaben dienen. Für das Grundlose Moor wäre die Erstellung eines solchen Modells jedoch aufgrund der stark heterogenen Strukturen der Geomorphologie, der Zersetzungsgrade des Torfkörpers mit einhergehender

Heterogenität der Leitfähigkeiten, der Vegetation sowie der starken Beeinflussung des Gebietes durch das Grabennetz eine große Herausforderung.

Pedologische Zusammensetzung des Grundlosen Moores

Die pedologischen Untersuchungen, welche räumlich an das eingerichtete hydrologische Monitoring gekoppelt sind und aus 14 Bohrungen und 75 Sondierungen bestehen, dienen zur Charakterisierung des Torfkörpers sowie der mineralischen Basis. Sechs Bohrungen, welche vorrangig in den südlichen und nördlichen Randbereichen des Moores verortet sind, zeigen fein- bis grobsandige Sedimente mit stellenweise kiesigem Nebengemenge, welche die geologische Basis des Grundlosen Moores bilden. Nach der GK 25 handelt es sich hierbei um quartäre Sedimente (LBEG 1991). Auf diesen Sedimenten konnte sich die oben beschriebene Schluffmudde ablagern. Durch die Interpretation der Querprofile (*Anlage II*) kann vermutet werden, dass sich auf den Rücken des geologischen Untergrundes auch sogenannte Pick-Schichten gebildet haben. Weitere Untersuchungen zur Überprüfung dieser Bereiche müssten durchgeführt werden. Auf diesen organo-mineralischen Sedimenten liegen streckenweise dm-mächtige Niedermoortorfe, welche starke Zersetzungsgrade aufweisen. Stellenweise bilden Übergangsmoortorfe aber auch Hochmoortorfe den Übergang zur Mudde. Die Hochmoortorfe weisen nahe der Moorbasis meist hohe Zersetzungsgrade auf. Diese nehmen nach oben im Bohrprofil zunächst ab, wobei vor allem auf den Torfabfuhrdämmen erneut eine Zunahme der Zersetzung festgestellt wurde, welche nahe der GOK in einen Vererdungshorizont übergeht.

Es wurden durch Sondierungen tiefgründige Moormächtigkeiten von ca. 1 bis 3 m, seltener auch Gründigkeiten von 3 bis 4 m und punktuell sogar über > 5,5 m gemessen. Die tieferliegenden Torfstichflächen bestätigen die Hypothese geringerer Mächtigkeiten von etwa 0,3 bis 1,5 m. Ebenso wurde nachgewiesen, dass Torfabfuhrdämme überwiegend höhere Mächtigkeiten aufweisen. Durch die flächendeckende Modellierung der Moormächtigkeit konnte im Weiteren die Hypothese verifiziert werden, dass der Moorkernbereich die höchsten Mächtigkeiten aufweist. Durch die gemessenen und modellierten Moormächtigkeiten ist es somit in der vorliegenden Arbeit gelungen, deutlich höhere Moormächtigkeiten zu ergründen, als bisher in der Literatur benannt (WERSCHE 1989; SCHNEEKLOTH & TÜXEN 1978; ABTEILUNG FÜR PALYNOLOGIE UND KLIMADYNAMIK DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN o. J.). Dieses Ergebnis wird für das KliMo-Projekt und das weitere Management als wichtig erachtet: Bei dem Ziel eines KliMo-Projektes den Torfkörper zu erhalten, lassen die erkannten höheren Moormächtigkeiten einen größeren Aufwand für solche Bereiche rechtfertigen. Auch kann geschlussfolgert werden, dass der Kohlenstoffspeicher aufgrund eines voluminöseren Moorkörpers größer ist als bisher angenommen. Diese Erkenntnisse zeigen maßgeblich, dass ein nachhaltiges Vernässungsmanagement zügig in die Wege geleitet werden sollte. Bei anhaltender Entwässerung

und zunehmender Verwaldung würde der Torfkörper weiter mineralisieren und der gespeicherte Kohlenstoff in Form von Treibhausgasen (vorrangig CO₂) freigesetzt werden (vgl. *Kapitel 2*).

6.2 Leitbild und Zielformulierung

Wie in *Teil I* dieser Arbeit deutlich wurde, zeigt die Geschichte des Grundlosen Moores, dass die Standortverhältnisse, genauer die Wasserverhältnisse, die Vegetation und somit auch der Torfkörper des Grundlosen Moores unterschiedliche Entwicklungsphasen in Raum und Zeit durchliefen. Faktoren wie Klimaveränderungen, Torf- bzw. Bodengenese sowie die Ideen und Erkenntnisse der Menschen ihrer Zeit, prägten die Entwicklung und somit das heutige Landschaftsbild.

Als übergeordnetes Ziel kann eine Revitalisierung des Grundlosen Moores als Verlandungshochmoor festgeschrieben werden. Dafür gilt es, eine weitläufige permanente Ausbreitung der unabdingbaren Torfmoose mit typischen vaskulären Pflanzen, eines Regenmoores wiederherzustellen, um ein möglichst flächiges Akrotelm mit einer hydrologischen Selbstregulation zu schaffen (TIMMERMANN et al. 2009). Die Grundvoraussetzungen für ein solches Vorhaben wurden in der vorliegenden Arbeit durch die vorhandene Diasporenbank hochmoortypischer Arten im Grundlosen Moor erkannt. Für eine flächenhafte Ausbreitung der Schlüssel-Torfmoosarten sind kontinuierliche und möglichst weitläufige hohe Moorwasserstände nahe der GOK (JOOSTEN et al. (2013) nennen ca. 10 cm unter Flur bis 10 cm über Flur im Jahresmedian als „nass“ bzw. ideal) sowie geringe Lichtkonkurrenz notwendig (TIMMERMANN et al. 2009). Automatisch geht mit solch einem übergeordneten Ziel eine: „Erhaltung und Entwicklung des Torfkörpers“, „Wiederherstellung naturnaher Wasserverhältnisse“, „Erhaltung und Entwicklung offener Moorbereiche“, „Erhaltung und Entwicklung des Grundlosen Sees und weiterer Torfstiche“ sowie weitere Schutzzwecke, wie sie von der Schutzgebietes Verordnung angestrebt werden, einher (LANDKREIS HEIDEKREIS 2016). Dem Ziel des KliMo-Projektes den gespeicherten Kohlenstoff im Moorkörper zu erhalten, wird damit nachgekommen, da nur unter wassergesättigten Bedingungen eine fortlaufende Mineralisation unterbunden werden kann (LANDKREIS HEIDEKREIS 2018).

Nach TIMMERMANN et al. (2009) können Torfmoose weder längeren Überstau noch längere Austrocknungsperioden ertragen. Das durch den kleinflächigen bäuerlichen Torfstich erzeugte Höhen-Breiten-Relief führt somit zu Konflikten: Gelingt es durch die Abdämmung, der in dieser Arbeit identifizierten Abflüsse, einen Wasseranstieg bis etwa an die Oberkante der Torfabfuhrdämme zu erreichen, würde dies zu einem Überstau der tieferliegenden Torfstichflächen führen. Nach TIMMERMANN et al. (2009) führt solch eine Flutung von Torfstichresten bei oberflächlich anstehendem Schwarztorf in den meisten Fällen zur Bildung von „Schwarzwasserseen“. Da jedoch in

dieser Arbeit erkannt wurde, dass die Torfstiche häufig durch geringe Zersetzungsgrade (teilweise Bunkerden) geprägt sind (da der Schwarztorf abgebaut wurde) kann nach JOOSTEN (1995) prognostiziert werden, dass solche Torfstiche sehr gute Regenerationsaussichten haben. Eine zukünftige Genese, für die bis heute durch das Grabennetz entwässernden Torfstiche, kann ähnlich wie die im Querprofil C1-C2 (vgl. *Anlage II*) aufgezeigten Schwingrasen, welche sich in ehemaligen Pütten durch einen gehemmten Abfluss bilden konnten, geschlussfolgert werden. Nach SMOLDERS et al. (2002) können sich in solchen Torfstichen (mit oberflächlich gering zersetzten Torfen) bei Wasseranstau submerse Pioniermoose wie *Sphagnum cuspidatum* Schwingrasen bilden, wenn eine bestimmte Kohlenstoffdioxidkonzentration im Überstauwasser erreicht wird. Daher kann vermutet werden, dass ein Überstau der tieferliegenden Torfstichflächen unter den genannten Bedingungen durch die Bildung von Schwingrasen stabile Lebensbedingungen für wachsende Torfmoose und ein intaktes Akrotelm schaffen kann. Dennoch sollten besonders in den Anfangsjahren die Veränderungen beobachtet sowie Abflussvorrichtungen bedacht werden, damit Veränderung mit zu starkem Überstau und einer Gefährdung wertvoller hochmoortypischer Vegetation vermieden werden können. Nach DRÖSLER et al. (2008) zeigen die Daten aus anderen Gebieten, dass ein solcher Überstau vor allem in den ersten Jahren einer Wiedervernässung zu starken Methanemissionen führen kann. In Hinblick auf die tiefgründigen Moormächtigkeiten und das Ziel einer langfristigen Bindung des noch gespeicherten Kohlenstoffes sowie auf das stets übergeordnete Ziel eines Naturschutzgebietes wertvolle Lebensräume zu erhalten und zu entwickeln werden diese Emissionen als sekundär betrachtet. Für eine Klimabilanz muss dies jedoch berücksichtigt werden.

Gelingt eine stärkere Ausbreitung der Torfmoose, können oligotrophe, saure und lichte Bedingungen, wie es für das Leitbild eines Verlandungshochmoores typisch ist im NSG automatisch begünstigt werden. Bereiche in welchen sich „Schwarzwasserseen“ bilden werden vermutlich in ein Verlandungsstadium übergehen.

Durch klimatische Veränderungen wie vermehrte Trockenheit und geringere Niederschläge werden insbesondere für Hochmoorsysteme wie das Grundlose Moor, welche ausschließlich durch den Niederschlag gespeist werden, Herausforderungen sichtbar. Durch die rekonstruierten Geneseabläufe wird deutlich, dass das Ziel einer Regeneration einer offenen Hochmoorlandschaft, wie es das Grundlose Moor vor etwa 250 Jahren auszeichnete, ein über Jahrhunderte andauernder Prozess ist. Nur langfristig stabilisierte Wasserstände nahe der Geländeoberkante können eine fortschreitende Mineralisation stoppen und so verhindern, dass der noch übrige Moorkörper vernichtet und somit Tonnen an Kohlenstoff freigesetzt werden. Maßnahmen müssen hierzu vermutlich über Generationen nachjustiert sowie anthropogene Nährstoffeinträge unterbunden werden, damit die Schlüssel-Torfmoosarten sich wieder langfristig und möglichst weitläufig im

Gebiet durchsetzen können. Der derzeitige Ausgangszustand kann zumindest für den Moorkernbereich eine solche Zielformulierung bei entsprechenden Maßnahmen zulassen. Gelingt ein baldiger, langanhaltender und möglichst geländeoberflächennaher Anstieg des Moorwasserstandes, kann eine fortlaufende Mineralisation des Moorkörpers gehemmt oder gar unterbunden werden und dem Ziel des KliMo-Projektes den Torfkörper zu erhalten nachgekommen werden.

6.3 Ideen ergänzender Maßnahmen

Für das Ziel einer erfolgreichen Wiedervernässung gilt, es einen räumlich und zeitlich gestaffelten Maßnahmenplan zu erstellen (vgl. *Abbildung 1*). Ein solcher Maßnahmenplan soll im Rahmen des KliMo-Projektes umgesetzt werden (vgl. *Kapitel 1.1*). In der vorliegenden Arbeit werden, auf der in *Kapitel 5.1.1* dargelegten Datengrundlage und den hydrologischen und pedologischen Ergebnissen dieser Arbeit, Ideen für ergänzende oder weitführende Maßnahmen kurz vorgestellt.

Ein Wasserrückhalt im NSG wird durch die Kombination landschaftspflegerischer und wasserbaulicher Maßnahmen möglich. Grabenverschluss, das Anlegen von Torfdämmen oder Spundwänden sowie die Entfernung von Gehölzbeständen (Entkusselung) können Wasserverluste durch Verringerung von Verdunstung und lateralem Abfluss signifikant eindämmen (LFU 2002). Aktuell gilt es den schon vorhandenen Entwurfsplan von AQUAPLANER (2020) des Grabenverschlusses umzusetzen. Diesem Vorhaben wird im KliMo-Projekt von der UNB nachgegangen. Die politischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen sowie eine große Anzahl unterschiedlicher Eigentümer stellen Vernässungsmaßnahmen jedoch vor Herausforderungen. Auf diese komplexen gesellschaftlichen Zusammenhänge wird in der Arbeit nicht eingegangen. Durch die Ergebnisse dieser Arbeit kann jedoch der hohe Stellenwert des Grabenverschlusses vor allem des Hauptentwässerungsgrabens weiter nachvollzogen sowie der Dringlichkeit einer Umsetzung der Maßnahmen Nachdruck verliehen werden.

Der FFH-Management-Plan liefert landschaftspflegerische Maßnahmen mit dem Ziel, durch Entkusselung sowie in Teilbereichen durch das Auflichten von Baumbeständen eine Verringerung der Interzeption und Verdunstung sowie Lichtkonkurrenz für die hochmoortypische Vegetation zu erzielen (BELTING 2019).

Vorschlag für Vernässungszonen

Zunächst wird auf Basis der hydrologischen und pedologischen Ergebnisse sowie der Vegetation durch Biotoptypen nach BELTING (2019) kurz der Forschungsfrage: „Können prioritäre Flächen mit

höherem Vernässungspotential abgegrenzt werden?“ nachgegangen. Eine Idee für eine Priorisierung von Teilgebieten, welche hier als Vernässungszonen A bis C bezeichnet werden, wird vorgeschlagen.

Ausschlaggebend für diese Priorisierung sind: Höhere Moormächtigkeiten (vgl. *Abbildung 28*), höhere räumliche Dichte an Torfabfuhrdämmen, für welche eine wasserrückhaltende Funktion interpretiert wurde (weiterer Forschungsbedarf) sowie die von BELTING (2019) kartierten renaturierungsfähigen Hochmoor-Lebensraumtypen, wie regenerierte Torfstiche und Schwingrasen. Die abgegrenzten Vernässungszonen sind in der folgenden Karte in *Abbildung 31* dargelegt.

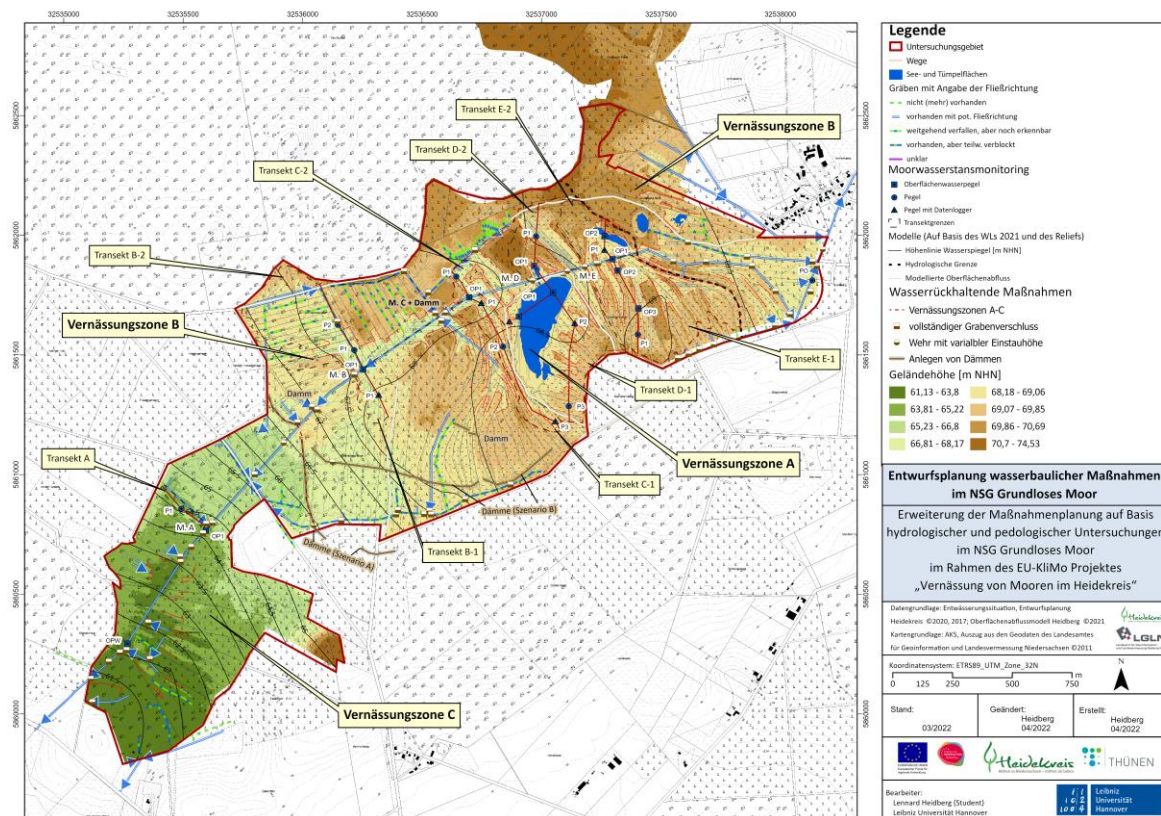


Abbildung 31 Vernässungszonen A-C und wasserbauliche Maßnahmen auf Basis hydrologischer und pedologischer Untersuchungen im NSG Grundloses Moor (*Anhang I* in DIN A3)

Der Vernässungszone A (entspricht dem TUG I) wird die höchste Priorität bzw. das höchste Vernässungspotential zugesprochen. Aufgrund der tiefgründigsten Moormächtigkeiten, dem größten Anteil an Flächen mit hochmoortypischer Vegetation (Diasporenbank) sowie dem vermutlich größten Vernässungspotential durch Anstieg des Moorwasserstandes nach Maßnahmenplanung von AQUAPLANER (2020) kann diese Abgrenzung vorgenommen werden. Die Vernässungszone B gliedert sich in das östliche Einzugsgebiet und den westlichen Teil bis zur in *Abbildung 31* eingezeichneten Grenze. Die *Abbildung 28* lässt eine Einschätzung von weitläufigen, tiefgründigen bis sehr tiefgründigen Moormächtigkeiten auch für diese Zone zu, welche höhere Anstrengung als für die westlich liegende Vernässungszone C rechtfertigen.

Ideen ergänzender wasserbaulicher Maßnahmen

Durch die Ergebnisse der gegenwärtigen Hydrologie und Pedologie können ergänzende Ideen aufgezeigt werden, welche in das KliMo-Projekt sowie das zukünftige Management impliziert werden könnten. Mit den im Folgenden beschriebenen ergänzenden Maßnahmenvorschlägen wird der in *Kapitel 1.2* formulierten Forschungsfrage „Wo und wie können wasserrückhaltende Maßnahmen umgesetzt werden?“ nachgegangen.

Die Karte in *Abbildung 31* zeigt die räumliche Verteilung der von AQUAPLANER (2020) erarbeiteten wasserbaulichen Maßnahmenpunkte wie ein „Vollständiger Grabenverschluss“ und das Anlegen von „Wehren mit variabler Einstauhöhe“. Diese Maßnahmen wurden, innerhalb der in dieser Arbeit installierten Transekträume, geringfügig verändert: Die Maßnahmenpunkte wurden an den „Gebietsauslass“ der jeweiligen Transekträume gelegt. Diese veränderten Maßnahmenpunkte sind entsprechen der Transekte wie folgt durchnummeriert:

M.[Haupttransekt]

Es wird interpretiert, dass der Anstau am Gebietsauslass einen Rückstau für die jeweiligen Transekträume bewirkt und so Moorwasserstandsänderungen dem Monitoring entsprechend besser nachvollzogen werden können. Außerdem ist die Kombination aus den Höhenlinien des interpolierten Wasserspiegels sowie dem modellierten Oberflächenabfluss dargestellt. Über die in der Arbeit interpretierte Aussagekraft der Kombination beider Modelle wurde eine räumliche Verteilung von Dämmen visualisiert, welche die modellierten Abflüsse unterbinden könnten (vgl. *Abbildung 31*). *Anhang J* zeigt für die jeweilige Maßnahme ein exemplarisches Foto, ein Schema sowie eine kurze Erläuterung. Der Aufbau der Torfwälle orientiert sich an den Darstellungen von MORDHORST-BRETSCHNEIDER (2018). Es werden Dämme aus Torfwällen oder Spundwände, ein kompletter Grabenverschluss durch geringdurchlässiges Material (z.B. gebietseigener Schwarztorf) sowie Wehre mit variabler Einstauhöhe als wasserbauliche Maßnahmen erwogen. Die veränderten Maßnahmenvorschläge sowie die Ideen für weiterführende Maßnahmen werden in der folgenden Tabelle zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 9 Wasserbauliche Maßnahmen

Ideen wasserbaulicher Maßnahmen auf Basis hydrologischer und pedologischer Ergebnisse	
Maßnahme A (M. A)	Vollständiger Grabenverschluss (vgl. <i>Anhang J</i>): Anstauhöhe: 64,6 m NHN Notiz: Grabensohle muss mit geringleitendem Material abgedichtet werden, um vertikalen Abfluss zu unterbinden.
Maßnahme B (M. B)	Vollständiger Grabenverschluss (vgl. <i>Anhang J</i>): Anstauhöhe 68 m NHN Notiz: Gefahr von neuen Entwässerungswegen südlich des Maßnahmenpunktes (vgl. <i>Abbildung 31</i>).
Maßnahme C (M. C)	(a) Vollständiger Grabenverschluss (vgl. <i>Anhang J</i>): Anstauhöhe 68,1 m NHN (b) Anlegen von Dämmen mit Überlauf (vgl. <i>Anhang J</i>): Anstauhöhe abhängig von der

Ideen wasserbaulicher Maßnahmen auf Basis hydrologischer und pedologischer Ergebnisse

	Durchlässigkeit der Torfabfuhrdämme bis etwa 69,5 m NHN denkbar; Dammlänge ca. 80 m; 3,4 m hoch (Verankerung in der mineralischen Basis mit einbezogen) Notiz: Die Anstauhöhe muss hier weiter geprüft werden: Bei Wasserrückhalt der Torfabfuhrdämme bzw. Torfstichwände ist ein Anstau bis zur oben genannten Einstauhöhe für die komplette Vernässungszone A denkbar. Weitere Forschung ist für eine Verifizierung notwendig. Wenn weitere Untersuchungen ergeben, dass die Maßnahme einen solchen Anstau schafft, ist ein regulierbarer Überlauf unabdingbar, um bei starkem Wasseranstieg einen langfristigen Überstau von hochmoortypischer Vegetation ggf. entgegenzuwirken zu können (siehe oben); Außerdem müsste der Wanderweg um den Grundlosen See rechtzeitig auf Stege verlegt werden (vgl. Querprofil D1-D2 Anlage II).
Maßnahme D (M. D)	Wehr mit variabler Einstauhöhe (vgl. <i>Anhang J</i>): Anstauhöhe bis 68,6 m NHN Notiz: Wehr mit regulierbarem Überlauf, um bei starkem Wasseranstieg einen langfristigen Überstau von hochmoortypischer Vegetation zu vermeiden (siehe oben).
Maßnahme E (M. E)	Wehr mit variabler Einstauhöhe (vgl. <i>Anhang J</i>): Anstauhöhe bis 68,9 m NHN Notiz: Wehr mit regulierbarem Überlauf, um in Phasen mit Trockenstress den Wasserspiegel des Grundlosen Sees anheben zu können, damit einer Zunahme an vaskulärer Pflanzenbedeckung auf den Schwingrasen bei Trockenheit entgegengewirkt werden kann.

Idee des Anlegens von Dämmen als Wasserrückhalt der Vernässungszone B

Dämme (Szenario A)	Anlegen von Dämmen (vgl. <i>Anhang J</i>): Anstauhöhe bis ca. 68,5 m NHN; Dammlängen insgesamt ca. 700 m; ca. 1,5-2,5 m hoch (Verankerung in der mineralischen Basis mit einbezogen). Notiz: Diese Maßnahme ist nur möglich, wenn die südlichen Höhenzüge wie der Penneberg bis zur genannten Anstauhöhe sehr geringe Leitfähigkeiten aufzeigen. Weitere Forschung wäre hierzu notwendig. Eine Nutzung der südlich des Gebietsrandes verlaufenden Forststraße wäre vermutlich nach Maßnahmenausführung eingeschränkt oder nicht mehr möglich.
Dämme (Szenario B)	Anlegen von Dämmen (vgl. <i>Anhang J</i>): Anstauhöhe bis ca. 68,5 m NHN; Dammlängen insgesamt ca. 500 m; ca. 0,5-2,5 m hoch (Verankerung in der mineralischen Basis mit einbezogen). Notiz: Nur durch den Bau der langen Dämme des Szenario A oder B kann der modellierte laterale Wasserabfluss (also Verlust) unterbunden werden. Es gilt diesen Bereich hydrologisch vor Maßnahmenplanung weiter zu untersuchen, um die Ergebnisse dieser Arbeit zu verifizieren.

Nach TIMMERMANN et al. (2009), lassen sich nur kurzzeitig und schwach entwässerte Hochmoore durch den Verschluss oder das Abdämmen von Gräben einfach restaurieren. Über die eingezeichneten maximalen Einstauhöhen durch Grabenverschlüsse in den Querprofilen in *Anlage II* wird dies verdeutlicht. Ein reiner Grabenanstau kann die Moorwasserstände in den tieferliegenden Torfstichen stabilisieren, jedoch keine Wasserstandsanhhebung bis an die Torfabfuhrdämme bewirken. Daher wird in dieser Arbeit die Idee für die Anlage von Dämmen geäußert (vgl. *Tabelle 9*) Vor allem der Maßnahmenpunkt C lässt hoffen, dass bei einem Nachweis geringer hydraulischer Leitfähigkeiten der Torfabfuhrdämme, der in *Abbildung 31* eingezeichnete „Maßnahmen-Damm“ den lateralen Wasserabfluss aus dem Moorkrenbereich (Vernässungszone A) unterbinden kann. Eine durch diese Maßnahme eingeschätzte maximale Einstauhöhe ist in den Querprofilen in *Anlage II* eingezeichnet. Stimmt diese Einschätzung, so kann für den Moorkernbereich eine Restaurierung einer selbstregulierenden Hochmoorlandschaft bei allen genannten Eventualitäten und Zeitspannen gelingen. Für die westliche Vernässungszone B müsste vermutlich durch den Bau langer Dämme (vgl. Szenarien A und B in *Abbildung 31*) der laterale Abfluss unterbunden werden, um das Wasser

langfristig in dieser Zone halten zu können. Weitere Forschung und eine weitere Entwurfsplanung wären hier jedoch nötig, um diese ersten Ideen zu konkretisieren.

Die östliche Vernässungszone B (östliches Einzugsgebiet) wurde im hydrologischen Monitoring nur durch einen Pegel berücksichtigt, daher können hierfür keine weiteren Vorschläge impliziert werden. Die Vernässungszone C zeigt im Vergleich zu den Vernässungszonen A und B geringere Moormächtigkeiten sowie ein größeres modelliertes Gefälle des Wasserspiegels. Eine Fokussierung der Kapazitäten auf die Vernässungszonen A und B kann somit gerechtfertigt werden.

7 Ausblick

Durch eine Wiedervernässung kann in Aussicht gestellt werden, dass nährstoffarme, saure, nasse und darüber lichte Bedingungen im Grundlosen Moor erhalten und entwickelt werden können, welche in unserer heutigen Landschaft in Mitteleuropa wenig Raum haben und hochspezialisierten Pflanzen und Tieren einen Lebensraum bieten können. Eine Verbesserung der Datenlage zum Moorkörper in der vorliegenden Studie zeigt ein hohes Potential durch bis jetzt ungeahnte Moormächtigkeiten im Gebiet auf. Somit steigen die Verantwortung und die Dringlichkeit einer Wiedervernässung sowohl für den Klimaschutz als auch für den Naturschutz

Ein Blick in die Geschichte des Grundlosen Moores zeigt, dass die Landschaft stets im Wandel war und somit auch in Zukunft keinen stationären und stabilen Zustand einnehmen wird. Es kann jedoch nur über eine Idee, welche auf Basis einer Synthese von umfangreichen wissenschaftlichen Untersuchungen und Modellen beruhen muss, eine Zieldefinition und nachhaltige Maßnahmenplanung formuliert werden wie sich ein Landschaftsbild in Zukunft entwickeln könnte.

Die hier vorliegenden hydrologischen und pedologischen Untersuchungen, gekoppelt mit vorhandenen Vegetationsdaten zeigen, dass durch eine Moorrestaurierung, vor allem im Moorkernbereich, eine Regeneration eines weitläufigen Torfmooswachstums bei entsprechender Maßnahmenumsetzung und langfristigem Management in Aussicht gestellt werden kann.

Im vorgelagerten FOP ist es gelungen, ein hydrologisches Monitoring einzurichten. Durch dieses Monitoring und die erhobenen hydrologischen Daten der trockenen Saison 2021 kann nach der Maßnahmendurchführung eine Erfolgskontrolle von Veränderungen der Moorwasserstände durch einen Vorher-Nachher-Vergleich vorgenommen werden. Ergänzend wird ein gekoppeltes langfristiges Monitoring der Vegetation durch das Anlegen von Dauerbeobachtungsflächen für das Management und die Effizienzkontrolle als wichtig erachtet. Ein solches könnte entlang der eingerichteten Transekte ergänzt werden.

Weiterer Forschungsbedarf zum Entwässerungsverhalten zwischen Torfstich und Torfabfuhrdamm wurde erkannt. Vor allem eine wasserrückhaltende Rolle der Torfabfuhrdämme gilt es, weiter zu untersuchen. Kann eine geringleitende Funktion nachgewiesen werden, zeigen prognostizierte maximale Anstauhöhen durch den geringen Aufwand kurzer Maßnahmendämme zwischen Torfabfuhrdämmen ein vielversprechendes Entwicklungspotential für eine effiziente und langfristige Revitalisierung des Grundlosen Moores bei Walsrode.

8 Literatur- und Quellenverzeichnis

- ABTEILUNG FÜR PALYNOLOGIE UND KLIMADYNAMIK DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN (o. J.) Untersuchungen zur Vegetations- und Siedlungsgeschichte am Grundlosen Moor. unveröff. Poster, Walsrode.
- AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN (2005) Bodenkundliche Kartieranleitung (KA5). Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Hannover, 5. Auflage.
- AQUAPLANER (2020) Wiedervernässung Grundloses Moor bei Walsrode. Entwurfsplanung, unveröff.
- BELTING (2019) Natura 2000-Managementplan für das FFH-Gebiet 78 "Grundloses Moor".
- BEZIRKSREGIERUNG LÜNEBURG (1990) Verordnung der Bezirksregierung Lüneburg über das Naturschutzgebiet Verordnung der Bezirksregierung Lüneburg über das Naturschutzgebiet "Grundloses Moor" in der Stadt Walsrode, Landkreis Soltau-Fallingb. vom 30. Juli 1990, Lüneburg.
- BfN (2015) Schutzgebiete in Deutschland.
<https://geodienste.bfn.de/schutzgebiete?lang=de&layers=-NSG,-NLP,+FFH,+VSG>
(13.09.2021).
- BONN, K. GRUNEWALD & U. HAMPICKE (2014) Methodische Grundlagen zu Ökosystemleistungen und ökonomischer Bewertung. In: Naturkapital Deutschland - TEEB DE (Hrsg.): Naturkapital und Klimapolitik - Synergien und Konflikte. Kurzbericht für Entscheidungsträger, S. 20-65. UFZ, Leipzig, 2. Auflage.
- BÖNSEL (2011) Revitalisierung von Regenmooren in Nordostdeutschland: Überblick und Perspektiven. TELMA - Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde (4), S. 27-48.
- COUWENBERG, J., J. AUGUSTIN, D. MICHAELIS, W. WICHTMANN & H. JOOSTEN (2008) Entwicklung von Grundsätzen für eine Bewertung von Niedermooren hinsichtlich ihrer Klimarelevanz. Endbericht. <http://www.duene-greifswald.de/doc/gest.pdf> (22.03.2022).
- DARCY (1856) Les fontaines publiques de la ville de Dijon, Paris (Dalmont).
- DETTMANN & M. BECHTOLD (2016a) Deriving Effective Soil Water Retention Characteristics from Shallow Water Table Fluctuations in Peatlands. *Vadose Zone Journal* **15** (10).
- DETTMANN & M. BECHTOLD (2016b) One-dimensional expression to calculate specific yield for shallow groundwater systems with microrelief. *Hydrological Processes* **30** (2), S. 334-340.
- DIERßEN & B. DIERßEN (2008) Moore. Ulmer, Stuttgart (Hohenheim).
- DRACHENFELS (2011) Kartierschlüssel für Biotoptypen in Niedersachsen unter besonderer Berücksichtigung der gesetzlich geschützten Biotope sowie der Lebensraumtypen von Anhang I der FFH-Richtlinie. Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen, Hannover.
- DRÖSLER (2016) Klimawandel und Landschaftsplanung. In: RIEDEL, W., H. LANGE, E. JEDICKE & M. REINKE (Hrsg.): Landschaftsplanung, S. 429-439. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- DRÖSLER, A. FREIBAUER, T. R. CHRISTENSEN & T. FRIBORG (2008) Observations and Status of Peatland Greenhouse Gas Emissions in Europe. In: DOLMAN, H., R. VALENTINI & Freibauer A. (Hrsg.): The Continental-Scale Greenhouse Gas Balance of Europe, S. 243-261. Springer.
- DWD (2021a) Climate Data Center.
https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/.
- DWD (2021b) Vieljährige Mittelwerte für den Bezugsstandort Soltau 1981-2010.
https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/vielj_mittelwerte.html
(06.07.2021).

- EDOM (2001) Moorlandschaften aus hydrologischer Sicht (chorische Betrachtung). In: SUCCOW, M. & H. JOOSTEN (Hrsg.): Landschaftsökologische Moorkunde. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 2. Auflage.
- EIGNER (2003) Möglichkeiten und Grenzen der Renaturierung von Hochmooren (Laufener Seminarbeitr. 1/03), S. 23-36.
- GEWIN (2020) How peat could protect the planet. *Nature* **578** (7794), S. 204-208.
- GOHL (1972) Strukturen und Skulpturen der Landschaft: Die Methodik der Darstellung am Beispiel einer Karte von Deutschland; Forschungen zur deutschen Landeskunde. Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, Leipzig Bonn-Bad Godesberg.
- GÜNTHER, A. BARTHELMES, V. HUTH, H. JOOSTEN, G. JURASINSKI, F. KOEBSCH & J. COUWENBERG (2020) Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions. *Nature Communications* **11** (1), S. 1-5.
- HEIDBERG (2021) Aufbau eines hydrologischen Monitorings im "Grundlosen Moor" im Rahmen des EU-KliMo Projektes "Vernässung von Mooren im Heidekreis, unveröff.
- HÖLTING & W. G. COLDEWEY (2013) Hydrogeologie. Einführung in die allgemeine und angewandte Hydrogeologie. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, 8. Aufl.
- HÖLZEL, F. REBELE, G. ROSENTHAL & C. EICHBERG (2009) Ökologische Grundlagen und limitierende Faktoren der Renaturierung. In: ZERBE, S. & G. WIEGLEB (Hrsg.): Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa, S. 23-53. Springer, Berlin, Heidelberg.
- IPCC (2007) Klimaänderung Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger.
- IPCC (2021) Climate Change 2021. The Physical Science Basis.
- JACOB, S. GÖTTEL, S. KOTLARSKI, P. LORENZ & K. SIECK Klimaauswirkungen und Anpassungen in Deutschland - Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland., Dessau-Roßlau.
- JOOSTEN (1995) The golden flow: the changing world of international peat trade. *Gunneria* (70), S. 269-292.
- JOOSTEN (2010) The Global Peatland CO₂ Picture. Peatland status and drainage related emissions in all countries of the world.
- JOOSTEN, J. COUWENBERG, A. SCHÄFER & TANNEBERGER F. (2013) MoorFutures®. Integration von weiteren Ökosystemdienstleistungen einschließlich Biodiversität in Kohlenstoffzertifikate - Standard, Methodologie und Übertragbarkeit in andere Regionen. BfN-Skripten 350, Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- JOOSTEN, H., F. TANNEBERGER & A. MOEN (Hrsg.) (2017) Mires and peatlands of Europe. Status, distribution and conservation. Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart.
- KLOOS (1997) Pollendiagramm Rieben I/1996. Schriftliche Erläuterung., Potsdamm.
- KÖRBER-GROHNE (1994) Nutzpflanzen in Deutschland. Kulturgeschichte und Biologie. Theiss, Stuttgart, 3., unveränd. Aufl.
- KOSKA (2001) Ökohydrologische Kennzeichnung. In: SUCCOW, M. & H. JOOSTEN (Hrsg.): Landschaftsökologische Moorkunde. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 2. Auflage.
- KOSKA, M. SUCCOW, U. CLAUSNITZER, T. TIMMERMAN & ROTH (2001) Vegetationskundliche Kennzeichnung von Mooren (topische Betrachtung). In: SUCCOW, M. & H. JOOSTEN (Hrsg.):

- Landschaftsökologische Moorkunde, S. 112-184. E. Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 2. Auflage.
- KÜSTER (1988) Vom Werden einer Kulturlandschaft. Vegetationsgeschichtliche Studien am Auerberg (Südbayern). VCH Acta humaniora, Weinheim.
- KÜSTER (2012) Die Entdeckung der Landschaft. Einführung in eine neue Wissenschaft. Verlag C.H. Beck, München, Originalausgabe.
- KÜSTER (2022) Flora. Die ganze Welt der Pflanzen. C.H.Beck, München.
- LANDGRAF (1998) Landschaftsökologische Untersuchungen an einem wiedervernässten Niedermoor in der Nuthe-Nieplitz-Niederung.
- LANDKREIS HEIDEKREIS (2016) Verordnung über das Naturschutzgebiet „Grundloses Moor“ in der Stadt Walsrode, Landkreis Heidekreis vom 17.06.2016, Soltau.
- LANDKREIS HEIDEKREIS (2018) Allgemeine Informationen zum KLIMO-Projekt "Vernässung von Mooren im Heidekreis".
https://egov3.heidekreis.de/somacos/buergerinfo/vo0050.asp?__kvonr=1686 (13.09.2021).
- LBEG (Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie) (Hrsg.) (1991) Geologische Karte von Niedersachsen 1: 25 000, Hannover.
- LBEG (Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie) (2008) Hydrogeologische Karte von Niedersachsen - Lage der Grundwasseroberfläche 1 : 50 000, Hannover.
- LBEG (Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie) (Hrsg.) (2017) Bodenkarte für Niedersachsen 1: 50 000, Hannover.
- LEIFELD & L. MENICHETTI (2018) The underappreciated potential of peatlands in global climate change mitigation strategies. *Nature Communications* **9** (1), S. 1-7.
- LFU (2002) Leitfaden der Hochmoorrenaturierung in Bayern.
- LGLN (Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen) (o. J.) Reproduziert: Preußische Landesaufnahme 1: 25 000. Blatt 3023; 3123 (1897-1899), Hannover.
- LGLN (Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen) (2010) Reproduziert: Kurhannoversche Landesaufnahme des 18. Jahrhunderts 1: 25 000. Blatt HL89 (1778), Hannover.
- LÖPMEIER (o. J.) Agrarmeteorologisches Modell zur Berechnung der aktuellen Verdunstung (AMBAV).
- LÜTTIG (2020) Moornutzung und Landschaftsgefüge.
- MALMER, C. ALBINSSON, B. M. SVENSSON & B. WALLÉN (2003) Interferences between Sphagnum and Vascular Plants: Effects on Plant Community Structure and Peat Formation. *Oikos* (100 no. 3), S. 469-482.
- MEIER-UHLHERR, V. LUTHARDT & C. SCHULZ (2015) Steckbriefe Moorsubstrate. Concept Medien & Druck, 2. Auflage.
- MEISEL (Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung) (1959) Geographische Landesaufnahme. Naturräumliche Gliederung, Bl. 73 Celle, Bad Godesberg.
- MERKT, G. LÜTTIG & H. SCHNEEKLOTH (1971) Vorschlag zur Gliederung und Definition der limnischen Sedimente. *Geol. Jahrb.* (89), S. 607-628.
- MITSCH & J. G. GOSSELINK (2015) Wetlands. John Wiley and Sons, Hoboken, NJ, 5. ed.
- MOORE (2002) The future of cool temperate bogs. *Environmental Conservation* **29** (1), S. 3-20.

- MORDHORST-BRETSCHNEIDER (2018) Wasserrückhaltung in degenerierten Hochmooren mit der Torfdichtwand.
- NLWKN (o. J.) Naturschutzgebiet "Grundloses Moor".
https://www.nlwkn.niedersachsen.de/naturschutz/schutzgebiete/die_einzelnen_naturschutzgebiete/naturschutzgebiet-grundloses-moor-42747.html (06.07.2021).
- OBERDORFER (2001) Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete. Ulmer, Stuttgart, 8., stark überarb. u. erg. Aufl.
- OVERBECK (1975) Botanisch-geologische Moorkunde. unter besonderer Berücksichtigung der Moore Nordwestdeutschlands als Quelle zur Vegetations-, Klima- und Siedlungsgeschichte. Karl Wachholtz Verlag, Neumünster.
- POSCHLOD (1989) Untersuchungen zur Diasporenbank der Bunkerde am Beispiel der Kollerfilze (Rosenheimer Becken; Alpentorfwerke Raubling).
- REUTER & E. SCHNEIDER (1994) Heide und Moor am Beispiel der Lüneburger Heide und der Moore Niedersachsens. Verl. Ökologie und Pädagogik, München, 2. Auflage.
- RSTUDIO TEAM (2022) RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc. <http://www.rstudio.com/>.
- SCHÄFER (1994) Physikalische Eigenschaften von Hochmoorböden. In: Norddeutsche Naturschutzakademie (Hrsg.): Entwicklung der Moore, Schneverdingen.
- SCHEFFER, P. SCHACHTSCHABEL, H.-P. BLUME, G. BRÜMMER, R. HORN, E. KANDELER, I. KÖGEL-KNABNER, R. KRETZSCHMAR, K. STAHR & B.-M. WILKE (2010) Lehrbuch der Bodenkunde. Springer Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 16. Auflage.
- SCHMIDT (1994) Über den Einfluß der Entwässerung und der Nutzung auf die Gefügebildung in Niedermoorböden. In: Norddeutsche Naturschutzakademie (Hrsg.): Entwicklung der Moore, Schneverdingen.
- SCHNEEKLOTH & J. TÜXEN (1978) Die Moore in Niedersachsen. Teil Bereiche des Blattes Hamburg-West der Geologischen Karte der Bundesrepublik Deutschland (1: 20000). Kommissionsverlag Göttinger Tageblatt GmbH & Co., Göttingen.
- SMOLDERS, H. B. M. TOMASSEN, L. P. M. LAMERS, B. P. LOMANS & J. G. M. ROELOFS (2002) Peat bog restoration by floating raft formation: the effects of groundwater and peat quality. *Journal of Applied Ecology* **39** (3), S. 391-401.
- STA WALSRÖDE (1811) Beschreibung der Torfmoore im Canton Walsrode HA 0189.
- STA WALSRÖDE (1863) Verteilung von Holz und Torf an Arme HA 1790 (1854-1867). Briefe und Mitschriften.
- STA WALSRÖDE (1887) Rezeß über gemeinschaftlich verbleibende Torfstiche OA-SI Nr.2 Sieverdingen (1884-1903), S.2 Auszug aus Rezeß aus dem Jahr 1887.
- STA WALSRÖDE (1946) Schreiben zur Torfgewinnung HA 0987 (1945-1948) Brief.
- STA WALSRÖDE (1947) Schreiben zur Torfgewinnung HA 0987 (1945-1948) Schreiben an die Militärregierung Oberkreisdirektor.
- SUCCOW (1988) Landschaftsökologische Moorkunde. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
- SUCCOW (2001a) Genese und Aufbau der Moore an Beispielen Ostdeutschlands. Verlandungsmoore. In: SUCCOW, M. & H. JOOSTEN (Hrsg.): Landschaftsökologische Moorkunde. E. Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 2. Auflage.

- SUCCOW (2001b) Zur anthropogenen Veränderung der Moore: Kurzer Abriß der Nutzungsgeschichte mitteleuropäischer Moore. In: SUCCOW, M. & H. JOOSTEN (Hrsg.): Landschaftsökologische Moorkunde. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 2. Auflage.
- SUCCOW & L. JESCHKE (1986) Moore in der Landschaft. Entstehung, Haushalt, Lebewelt, Verbreitung, Nutzung und Erhaltung der Moore. Urania-Verlag, Leipzig, Jena, Berlin, 1. Auflage.
- SUCCOW & H. JOOSTEN (2001a) Prozesse auf Moorstandorten (topische Betrachtung). In: SUCCOW, M. & H. JOOSTEN (Hrsg.): Landschaftsökologische Moorkunde. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 2. Auflage.
- SUCCOW, M. & H. JOOSTEN (Hrsg.) (2001b) Landschaftsökologische Moorkunde. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 2. Auflage.
- TGL-243030/04 (1985) Aufnahme landwirtschaftlich genutzter Standorte – Moorstandorte.
- TIEMEYER, M. BECHTOLD, S. BELTING, FREIBAUER A., C. FÖRSTER, E. SCHUBERT, U. DETTMANN, S. FRANK, D. FUCHS, J. GELBRECHT, B. JEUTHER, A. LAGGNER, E. ROSINSKI, LEIBER –SAUHEITL, K., SACHTELEBEN, J., D. ZAK & M. DRÖSLER (2017) Moorschutz in Deutschland - Optimierung des Moormanagements in Hinblick auf den Schutz der Biodiversität und der Ökosystemleistungen. Bewertungsinstrumente und Erhebung von Indikatoren. BfN-Skripten 462, Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- TIMMERMANN, H. JOOSTEN & M. SUCCOW (2009) Restaurierung von Mooren. In: ZERBE, S. & G. WIEGLEB (Hrsg.): Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa, S. 55-93. Springer, Berlin, Heidelberg.
- TREPEL, J. PFADENHAUER, J. ZEITZ & L. JESCHKE (2017) Germany. In: JOOSTEN, H., F. TANNEBERGER & A. MOEN (Hrsg.): Mires and peatlands of Europe. Status, distribution and conservation, S. 413. Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart.
- VAN BREEMEN (1995) How Sphagnum bogs down other plants. Trends in Ecology and Evolution (10:7; 270-275).
- WADDINGTON, P. J. MORRIS, N. KETTRIDGE, G. GRANATH, D. K. THOMPSON & P. A. MOORE (2015) Hydrological feedbacks in northern peatlands. Ecohydrology **8** (1), S. 113-127.
- WADDINGTON, STRACK M. & GREENWOOD M. J. (2010) Toward restoring the net carbon sink function of degraded peatlands: Short-term response in CO₂ exchange to ecosystem-scale restoration. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences (115.G1.).
- WALTER & H. LIETH (1960-1967) Klimadiagramm-Weltatlas. Fischer, Jena.
- WAYLEN, R. VAN DE NOORT & K. L. BLACKSTOCK (2016) Peatlands and cultural ecosystem services. In: BONN, A., T. ALLOTT, M. M. EVANS, Joosten H. & R. STONEMAN (Hrsg.): Peatland restoration and ecosystem services. Science, policy and practice. Cambridge University Press.
- WERSCHE (1989) Grundloses Moor Grundlagenerhebung für Wasserrückhaltungsmaßnahmen. Erläuterungsbericht.
- WIEGAND, C. (Hrsg.) (2005) Spurensuche in Niedersachsen. Historische Kulturlandschaften entdecken ; Anleitung und Glossar ; [für Waldemar R. Röhrbein zum 70. Geburtstag. Schlütersche, Hannover, 2., aktual. Aufl.

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Masterarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe, alle Ausführungen, die anderen Werken wörtlich oder sinngemäß entnommen wurden, kenntlich gemacht sind und die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen hat.

Hannover, 12.04.2022



Anhang

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor Pegel West

Oberflächenpegel West (OPW) | Hauptentwässerungsgraben (Gebietsauslass)

Transekt	-
Datum Einbau	08.05.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	R 32535268 H 5860293 GNSS (Trimble Geo7x mit Zephyr-Antenne)
POK [m NHN]	63,03
Verbautes Material	Pflock (Länge 1,85 m)



Standortbeschreibung

Eigentumsverhältnis	Stadt Walsrode
Exposition	Hauptentwässerungsgraben
Biotoptyp nach Belting 2019	Fichtenforst (WZF) / Kalk- und nährstoffarmer Graben (FGA)
Vegetation	<i>Picea abies</i> , <i>Pinus sylvestris</i> (Juv.), <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Molinia caerulea</i>

Stichtagsmessungen

Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen	0,71			0,88			0,85			0,71	0,78
Wasserspiegel [m NHN]	62,32			62,15			62,18			62,32	62,25

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor

Transekt A

Pegel 1 (A-P1)

Transekt	A
Datum Einbau	08.05.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	R 32535492 H 5860857 GNSS (Trimble Geo7x mit Zephyr-Antenne)
GOK [m NHN]	65,05
POK bis GOK [m]	0,71
Bohrtiefe [m]	1,29
Verbautes Material	2 Filterrohre, 1 Kappe, 1 Spitze



Standortbeschreibung

Eigentumsverhältnis	Stadt Walsrode
Exposition	Torfabfuhrdamm
Biototyp	Birken- und Kiefern-Bruchwald nährstoffarmer Standorte des Tieflandes (WBA) / Zwergstrauch-Birken- und Kiefern-Moorwald (WVZ)
Vegetation	<i>Pinus sylvestris</i> (Juv.), <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Molinia caerulea</i> , <i>Calluna vulgaris</i>

Stichtagsmessungen

Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen	0,94			1,27			1,35			1,15	1,21
Wasserspiegel bis GOK [m] = Grundwasserflurabstand	0,23			0,56			0,64			0,44	0,50
Wasserspiegel [m NHN]	64,82			64,49			64,41			64,61	64,55

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor

Transekt A

Oberflächenpegel 1 (A-OP1) | Hauptentwässerungsgraben

Transekt	A
Datum Einbau	08.05.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	H 32535596 R 5860767 GNSS GNSS (Trimble Geo7x mit Zephyr-Antenne)
POK [m NHN]	64,54
Verbautes Material	Pflock (Länge 2 m)



Standortbeschreibung

Eigentumsverhältnis	Stadt Walsrode
Exposition	Hauptentwässerungsgraben
Biotoptyp	FFGA / Zwergstrauch Birken- und Kiefern-Moorwald (WVZ) / Sonstiger Birken- und Kiefern Moorwald / Kalk- und nährstoffarmer Graben (FGA)
Vegetation	<i>Picea abies</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Molinia caerulea</i>

Stichtagsmessungen

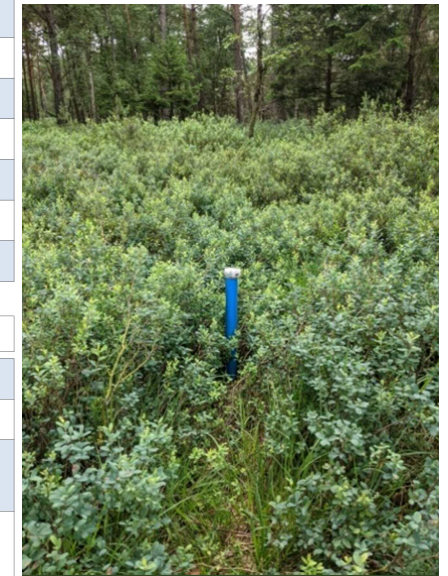
Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen	0,40			0,50			0,49			0,44	0,47
Wasserspiegel [m NHN]	64,14			64,04			64,05			64,10	64,08

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor

Haupttransekt B

Pegel 1 (B1-P1) + Datenlogger

Transekt	B1
Datum Einbau	08.05.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	R 32536307 H 5861331 GNSS (Leica Zeno FLX100)
GOK [m NHN]	68,5
POK bis GOK [m]	0,63
Bohrtiefe [m]	1,37
Verbautes Material	2 Filterrohre, 1 Logger-Kappe, 1 Spitze, 1 Logger (Zeitraum: 14.06.2021 - 27.11.2021)



Standortbeschreibung

Eigentumsverhältnis	Stadt Walsrode
Exposition	Torfabfuhrdamm
Biototyp	Birken- und Kiefern-Bruchwald nährstoffarmer Standorte des Tieflandes (WBA)
Vegetation	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Picea abies</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Molinia caerulea</i>

Stichtagsmessungen

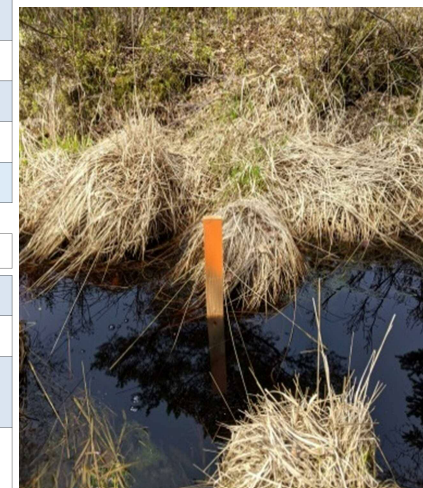
Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen	0,89		0,94	1,06		1,06	1,06		0,94	0,90	0,94
Wasserspiegel bis GOK [m] = Grundwasserflurabstand	0,26		0,31	0,43		0,43	0,43		0,31	0,27	0,31
Wasserspiegel [m NHN]	68,24		68,19	68,07		68,07	68,07		68,19	68,23	68,19

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor

Haupttransekt B

Oberflächenpegel 1 (B1- und B2-OP1) | Hauptentwässerungsgraben

Transekt	B1 und B2
Datum Einbau	08.05.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	R 32536254 H 5861439 GNSS (Trimble Geo7x mit Zephyr-Antenne)
POK [m NHN]	67,86
Verbautes Material	Pflock (Länge 1,45 m)



Standortbeschreibung

Eigentumsverhältnis	Stadt Walsrode
Exposition	Hauptentwässerungsgraben
Biotoptyp	FGA / Birken- und Kiefern-Bruchwald nährstoffarmer Standorte des Tieflandes (WBA) / Feuchtes Peifengras-Moorstadium (MPF) / Kalk- und nährstoffarmer Graben (FGA)
Vegetation	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Picea abies</i> , <i>Betula pubescens</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Molinia caerulea</i>

Stichtagsmessungen

Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen	0,30		0,34	0,41		0,42	0,42		0,35	0,35	0,35
Wasserspiegel [m NHN]	67,56		67,52	67,45		67,44	67,44		67,51	67,51	67,51

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor
Haupttransekt B

Pegel 1 (B2-P1)

Transekt	B2
Datum Einbau	08.05.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	R 32536217 H 5861520 GNSS (Trimble Geo7x mit Zephyr-Antenne)
GOK [m NHN]	67,51
POK bis GOK [m]	1,06
Bohrtiefe [m]	0,94
Verbautes Material	2 Filterrohre, 1 Kappe, 1 Spitze



Standortbeschreibung

Eigentumsverhältnis	Landes Niedersachsen NLWN
Exposition	Torfstich
Biotoptyp	Birken- und Kiefern-Bruchwald nährstoffarmer Standorte des Tieflandes (WBA) / Feuchtes Peifengras-Moorstadium (MPF)
Vegetation	<i>Molinia caerulea</i> , <i>Pinus sylvestris</i> (Juv.), <i>Betula pubescens</i> , <i>Sphagnum spec.</i>

Stichtagsmessungen

Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen	0,95		1,01	1,06		1,11	1,10		1,03	1,02	1,03
Wasserspiegel bis GOK [m] = Grundwasserflurabstand	-0,11		-0,05	0,00		0,05	0,04		-0,03	-0,04	-0,03
Wasserspiegel [m NHN]	67,62		67,56	67,51		67,46	67,47		67,54	67,55	67,54

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor

Haupttransekt B

Pegel 2 (B2-P2)

Transekt	B2
Datum Einbau	08.05.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	R 32536148 H 5861626 GNSS (Trimble Geo7x mit Zephyr-Antenne)
GOK [m NHN]	68,16
POK bis GOK [m]	0,94
Bohrtiefe [m]	1,06
Verbautes Material	2 Filterrohre , 1 Kappe , 1 Spitze



Standortbeschreibung

Eigentumsverhältnis	Stadt Walsrode
Exposition	Torfstich
Biototyp	Birken- und Kiefern-Bruchwald nährstoffarmer Standorte des Tieflandes (WBA) / Feuchtes Peifengras-Moorstadium (MPF)
Vegetation	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Picea abies</i> (Juv.), <i>Molinia caerulea</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Sphagnum spec.</i>

Stichtagsmessungen

Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen	1,04		1,09	1,18		1,25	1,21		1,13	1,11	1,13
Wasserspiegel bis GOK [m] = Grundwasserflurabstand	0,10		0,15	0,24		0,31	0,27		0,19	0,17	0,19
Wasserspiegel [m NHN]	68,06		68,01	67,92		67,85	67,89		67,97	67,99	67,97

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor

Haupttransekt C

Pegel 3 (C1-P3) + Datenlogger

Transekt	C1
Datum Einbau	21.07.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	R 32537058 H 5861221 GNSS (Trimble Geo7x mit Zephyr-Antenne)
GOK [m NHN]	68,82
POK bis GOK [m]	0,56
Bohrtiefe [m]	1,44
Verbautes Material	2 Filterrohre, 1 Kappe, 1 Spitze, 1 Datenlogger (Zeitraum 23.07.2021 - 27.11.2021)



Standortbeschreibung

Eigentumsverhältnis	Stadt Walsrode
Exposition	Torfstich
Biotoptyp	Wollgras-Torfmoos-Schwingrasen (MWS) / Sonstiges Torfmoos-Wollgras-Moorstadium (MWT) / Feuchteres Glockenheide-Hochmoordegenerationsstadium (MGF)
Vegetation	<i>Pinus sylvestris</i> (Juv.), <i>Betula pubescens</i> , <i>Erica tetralix</i> , <i>Rhynchospora alba</i> , <i>Vaccinium oxycoccos</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Sphagnum spec.</i>

Stichtagsmessungen

Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen				0,57	0,58	0,58	0,57	0,56	0,53	0,53	0,57
Wasserspiegel bis GOK [m] = Grundwasserflurabstand				0,01	0,02	0,02	0,01	0,00	-0,03	-0,03	0,01
Wasserspiegel [m NHN]				68,81	68,80	68,80	68,81	68,82	68,85	68,85	68,81

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor

Haupttransekt C

Pegel 2 (C1-P2)

Transekt	C1
Datum Einbau	21.07.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	R 32536837 H 5861532 GNSS (Leica Zeno FLX100)
GOK [m NHN]	68,79
POK bis GOK [m]	0,25
Bohrtiefe [m]	1,75
Verbautes Material	2 Filterrohre, 1 Kappe, 1 Spitze



Standortbeschreibung

Eigentumsverhältnis	Stadt Walsrode
Exposition	Torfstich
Biotoptyp	Torfmoosrasen mit Schnabelriedvegetation (MST) / (Feuchtes Glockenheide-Hochmoordegradationsstadium (MGF)
Vegetation	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Betula pubescens</i> (Juv.), <i>Erica tetralix</i> , <i>Eriophorum angustifolium</i> , <i>Rhynchospora alba</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Molinia caerulea</i> , <i>Drosera rotundifolia</i> , <i>Sphagnum spec.</i>

Stichtagsmessungen

Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen				0,25	0,25	0,25	0,24	0,25	0,22	0,22	0,25
Wasserspiegel bis GOK [m] = Grundwasserflurabstand				0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	-0,03	-0,03	0,00
Wasserspiegel [m NHN]				68,79	68,79	68,79	68,80	68,79	68,82	68,82	68,79

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor

Haupttransekt C

Pegel 1 (C1-P1) + Datenlogger

Transekt	C1
Datum Einbau	06.05.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	R 32536748 H 5861715 GNSS (Trimble Geo7x mit Zephyr-Antenne)
GOK [m NHN]	68,01
POK bis GOK [m]	0,47
Bohrtiefe [m]	1,53
Verbautes Material	2 Filterrohre, 1 Kappe, 1 Spitze, 1 Datenlogger (Zeitraum: 23.07.2021 - 27.11.2021)



Standortbeschreibung

Eigentumsverhältnis	Stadt Walsrode
Exposition	Torfstich
Biotoptyp	Birken- und Kiefern-Bruchwald nährstoffarmer Standorte des Tieflandes (WBA) / Feuchtes Peifengras-Moorstadium (MPF)
Vegetation	<i>Pinus sylvestris</i> (Juv.), <i>Betula pubescens</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Erica tetralix</i> , <i>Molinia caerulea</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Vaccinium angustifolium</i> x <i>corymbosum</i>

Stichtagsmessungen

Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen	0,78	0,84	0,85	0,96	0,98	0,99	0,75	0,74	0,71	0,70	0,81
Wasserspiegel bis GOK [m] = Grundwasserflurabstand	0,31	0,37	0,38	0,49	0,51	0,52	0,28	0,27	0,24	0,23	0,34
Wasserspiegel [m NHN]	67,70	67,64	67,63	67,52	67,50	67,49	67,73	67,74	67,77	67,78	67,67

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor

Haupttransekt C

Oberflächenpegel 1 (C1- und C2-OP1) | Hauptentwässerungsgraben

Transekt	C1 und C2
Datum Einbau	06.05.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	R 32536698 H 5861740 GNSS (Leica Zeno FLX100)
POK [m NHN]	68,41
Verbautes Material	Pflock (Länge 1,64 m)



Standortbeschreibung

Eigentumsverhältnis	Stadt Walsrode
Exposition	Hauptentwässerungsgraben
Biotoptyp	FGA / Bikren- und Kiefern-Bruchwald nährstoffarmer Standorte des Tieflandes (WBA) / Feuchtes Peifengras-Moorstadium (MPF) / Kalk- und nährstoffarmer Graben (FGA)
Vegetation	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Betula pubescens</i> , <i>Molinia caerulea</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Sphagnum fimbriatum</i>

Stichtagsmessungen

Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen	0,64	0,68	0,69	0,72	0,70	0,69	0,69	0,68	0,64	0,64	0,68
Wasserspiegel [m NHN]	67,77	67,73	67,73	67,69	67,71	67,72	67,72	67,73	67,77	67,77	67,73

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor

Haupttransekt C

Pegel 1 (C2-P1)

Transekt	C2
Datum Einbau	14.05.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	R 32536645 H 5861835 GNSS (Leica Zeno FLX100)
GOK [m NHN]	68,12
POK bis GOK [m]	0,16
Bohrtiefe [m]	0,84
Verbautes Material	1 Filterrohr, 1 Kappe, 1 Spitze



Standortbeschreibung

Eigentumsverhältnis	Stadt Walsrode
Exposition	Torfstich
Biotoptyp	Birken- und Kiefern-Bruchwald nährstoffarmer Standorte des Tieflandes (WBA) / Feuchtes Peifengras-Moorstadium (MPF)
Vegetation	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Betula pubescens</i> , <i>Picea abies</i> , <i>Frangula alnus</i> , <i>Dryopteris carthusiana</i> , <i>Sphagnum fimbriatum</i> , <i>Sphagnum spec.</i>

Stichtagsmessungen

Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen	0,28	0,31	0,30	0,39	0,42	0,45	0,39	0,37	0,26	0,23	0,34
Wasserspiegel bis GOK [m] = Grundwasserflurabstand	0,12	0,15	0,14	0,23	0,26	0,29	0,23	0,21	0,10	0,07	0,18
Wasserspiegel [m NHN]	68,00	67,97	67,98	67,90	67,86	67,83	67,89	67,91	68,02	68,05	67,94

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor

Haupttransekt D

Pegel 3 (D1-P3)

Transekt	D1
Datum Einbau	21.07.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	R 32537114 H 5861286 GNSS (Leica Zeno FLX100)
GOK [m NHN]	69,14
POK bis GOK [m]	0,29
Bohrtiefe [m]	1,71
Verbautes Material	2 Filterrohre, 1 Kappe, 1 Spitze



Standortbeschreibung

Eigentumsverhältnis	Stadt Walsrode
Exposition	Torfabfuhrdamm
Biotoptyp	Birken- und Kiefern-Bruchwald nährstoffarmer Standorte des Tieflandes (WBA)/ Zwergstrauch Birken- und Kiefern-Moorwald (WVZ)
Vegetation	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Picea abies</i> , <i>Betula pubescens</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Vaccinium vitis-idaea</i>

Stichtagsmessungen

Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen				0,79	0,75	0,76	0,79	0,80	0,68	0,63	0,76
Wasserspiegel bis GOK [m] = Grundwasserflurabstand				0,50	0,46	0,47	0,50	0,51	0,39	0,34	0,47
Wasserspiegel [m NHN]				68,64	68,68	68,67	68,64	68,63	68,75	68,80	68,67

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor

Haupttransekt D

Pegel 2 (D1-P2) + Datenlogger

Transekt	D1
Datum Einbau	21.07.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	R 32537139 H 5861631 GNSS (Leica Zeno FLX100)
GOK [m NHN]	68,4
POK bis GOK [m]	0,21
Bohrtiefe [m]	0,79
Verbautes Material	1 Filterrohr, 1 Kappe, 1 Spitze, 1 Datenlogger (Zeitraum: 23.07.2021 - 27.11.2021)



Standortbeschreibung

Eigentumsverhältnis	Land Niedersachsen (NLWKN)
Exposition	Torfstich
Biotoptyp	Feuchtes Pfeifengras-Moorstadium (MPF) / Sonstiges Torfmoos-Wollgras-Moorstadium (MWT) / Wollgras-Torfmoos-Schwingrasen (MWS)
Vegetation	<i>Pinus sylvestris</i> (Juv.), <i>Betula pubescens</i> , <i>Molinia caerulea</i> , <i>Eriophorum angustifolium</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Sphagnum spec.</i>

Stichtagsmessungen

Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen				0,22	0,30	0,30	0,31	0,32	0,27	0,26	0,30
Wasserspiegel bis GOK [m] = Grundwasserflurabstand				0,01	0,09	0,09	0,10	0,11	0,06	0,05	0,09
Wasserspiegel [m NHN]				68,39	68,31	68,31	68,30	68,29	68,34	68,35	68,31

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor

Haupttransekt D

Pegel 1 (D1-P1) + Datenlogger

Transekt	D1
Datum Einbau	06.05.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	R 32536866 H 5861638 GNSS (Trimble Geo7x mit Zephyr-Antenne)
GOK [m NHN]	69,07
POK bis GOK [m]	0,29
Bohrtiefe [m]	1,71
Verbautes Material	2 Filterrohre, 1 Kappe, 1 Spitze, 2 Datenlogger (1 Waserdruck, 1 Atmosphärendruck) (Zeitraum: 14.06.2021 - 27.11.2021)



Standortbeschreibung

Eigentumsverhältnis	Stadt Walsrode
Exposition	Torfabfuhrdamm
Biotoptyp	Zwergstrauch-Birken- und Kiefern-Moorwald (WVZ)
Vegetation	<i>Molinia caerulea</i> , <i>Pinus sylvestris</i> (Juv.), <i>Betula pubescens</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Erica tetralix</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Vaccinium angustifolium</i> x <i>corymbosum</i> , <i>Sorbus aucuparia</i>

Stichtagsmessungen

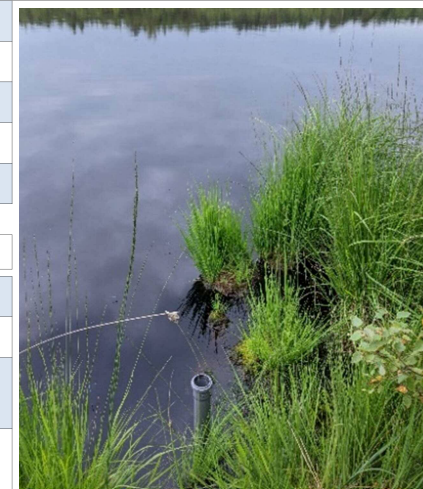
Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen	0,78	0,84	0,85	0,96	0,98	0,99	1,02	1,02	0,92	0,90	0,94
Wasserspiegel bis GOK [m] = Grundwasserflurabstand	0,49	0,55	0,56	0,67	0,69	0,70	0,73	0,73	0,63	0,61	0,65
Wasserspiegel [m NHN]	68,58	68,52	68,51	68,40	68,38	68,37	68,34	68,34	68,44	68,46	68,42

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor

Haupttransekt D

Oberflächenpegel 1 (D1-OP1) | Grundloser See

Transekt	D1
Datum Einbau	14.05.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	R 32536906 H 5861660 GNSS (Leica Zeno FLX100)
POK [m NHN]	68,62
Verbautes Material	PVC Rohr (Länge 2 m)



Standortbeschreibung

Eigentumsverhältnis	Stadt Walsrode
Exposition	Grundloser See
Biotoptyp	Naturnaher-Hochmoorsee/-weiher natürlicher Entstehung (SOMd) / Wollgras-Torfmoos-Schwingrasen (MWS)
Vegetation	<i>Molinia caerulea</i> , <i>Pinus sylvestris</i> (Juv.), <i>Betula pubescens</i> (Juv.), <i>Sphagnum spec.</i>

Stichtagsmessungen

Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen	0,19	0,20	0,22	0,27	0,27	0,28	0,29	0,29	0,24	0,22	0,24
Wasserspiegel [m NHN]	68,43	68,42	68,40	68,35	68,35	68,34	68,33	68,33	68,38	68,40	68,35

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor

Haupttransekt D

Oberflächenpegel 1 (D2-OP1)

Transekt	D2
Datum Einbau	14.05.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	R 32536969 H 5861872 GNSS (Trimble Geo7x mit Zephyr-Antenne)
POK [m NHN]	68,99
Verbautes Material	Pflock (Länge 1,95 m)



Standortbeschreibung

Eigentumsverhältnis	Stadt Walsrode
Exposition	Torfstichgewässer
Biotoptyp	Naturnahes nährstoffarmes Torfstichgewässer (SOTd) / Sonstiges Torfmoos-Wollgras-Moorstadium
Vegetation	<i>Molinia caerulea</i> , <i>Pinus sylvestris</i> (Juv.), <i>Betula pubescens</i> (Juv.), <i>Sphagnum spec.</i>

Stichtagsmessungen

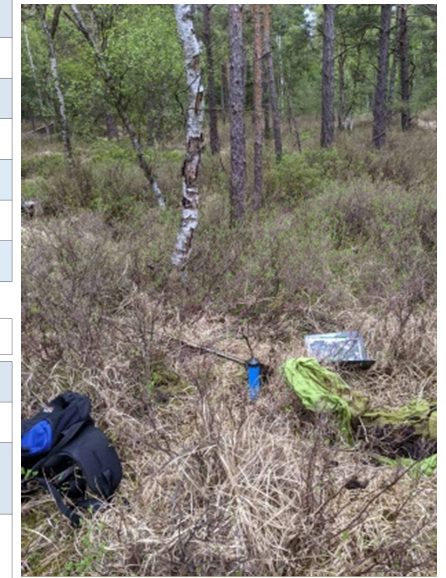
Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen	0,62	0,65	0,66	0,71	0,70	0,71	0,72	0,63	0,63	0,62	0,65
Wasserspiegel [m NHN]	68,37	68,34	68,33	68,28	68,29	68,28	68,27	68,36	68,36	68,37	68,33

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor

Hapttransekt D

Pegel 1 (D2-P1)

Transekt	D2
Datum Einbau	14.05.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	R 32536977 H 5861995 GNSS (Leica Zeno FLX100)
GOK [m NHN]	68,83
POK bis GOK [m]	0,31
Bohrtiefe [m]	1,69
Verbautes Material	2 Filterrohre, 1 Kappe, 1 Spitze



Standortbeschreibung

Eigentumsverhältnis	Stadt Walsrode
Exposition	Torfstich
Biotoptyp	Feuchtes Pfeifengras-Moorstadium (MPF) / Sonstiges Torfmoos-Wollgras-Moorstadium (MWT)
Vegetation	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Betula pubescens</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Molinia caerulea</i> , <i>Sphagnum spec.</i>

Stichtagsmessungen

Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen	0,50	0,53	0,54	0,61	0,62	0,62	0,60	0,59	0,53	0,52	0,57
Wasserspiegel bis GOK [m] = Grundwasserflurabstand	0,19	0,22	0,23	0,30	0,31	0,31	0,29	0,28	0,22	0,21	0,26
Wasserspiegel [m NHN]	68,64	68,61	68,60	68,53	68,52	68,52	68,54	68,55	68,61	68,62	68,58

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor
Haupttransekt E

Pegel 1 (E1-P1)

Transekt	E1
Datum Einbau	06.05.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	R 32537404 H 5861585 GNSS (Trimble Geo7x mit Zephyr-Antenne)
GOK [m NHN]	69,58
POK bis GOK [m]	0,14
Bohrtiefe [m]	0,86
Verbautes Material	1 Filterrohr, 1 Kappe, 1 Spitze



Standortbeschreibung	
Eigentumsverhältnis	Stadt Walsrode
Exposition	Torfabfuhrdamm
Biotoptyp	Sonstiger Birken-und Kiefern-Moorwald (WVS)
Vegetation	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Picea abies</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i>

Stichtagsmessungen

Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen	0,44	0,58	0,53	0,84	0,74	0,77	0,53	0,71	0,21	0,16	0,56
Wasserspiegel bis GOK [m] = Grundwasserflurabstand	0,30	0,44	0,39	0,70	0,60	0,63	0,39	0,57	0,07	0,02	0,42
Wasserspiegel [m NHN]	69,28	69,14	69,19	68,88	68,98	68,95	69,19	69,01	69,51	69,56	69,17

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor
Hapttransekt E

Oberflächenpegel 3 (E1-OP3)

Transekt	E1
Datum Einbau	06.05.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	R 32537405 H 5861694 GNSS (Leica Zeno FLX100)
POK [m NHN]	69,68
Verbautes Material	Pflock (Länge 1,8 m)



Standortbeschreibung	
Eigentumsverhältnis	Stadt Walsrode
Exposition	Torfstich
Biotoptyp	Birken- und Kiefern-Bruchwald nährstoffarmer Standorte des Tieflandes (WBA)/ Sonstiges Torfmoos-Wollgras-Moorstadium (MWT)
Vegetation	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Picea abies</i> , <i>Betula pubescens</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Molinia caerulea</i> , <i>Sphagnum spec.</i>

Stichtagsmessungen

Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen	0,62	0,65	0,66	0,71	0,74 (GOK)	0,74 (GOK)	0,74 (GOK)	0,72	0,70	0,69	0,70
Wasserspiegel [m NHN]	69,06	69,03	69,02	68,97	68,94	68,94	68,94	68,96	68,98	68,99	68,97

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor
Haupttransekt E

Oberflächenpegel 2 (E1-OP2)

Transekt	E1
Datum Einbau	06.05.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	R 32537317 H 5861855 GNSS (Leica Zeno FLX100)
POK [m NHN]	69,28
Verbautes Material	Pflock (Länge 1,7 m)



Standortbeschreibung	
Eigentumsverhältnis	Stadt Walsrode
Exposition	Torfstich
Biotoptyp	Birken- und Kiefern-Bruchwald nährstoffarmer Standorte des Tieflandes (WBA)/ Sonstiges Torfmoos-Wollgras-Moorstadium (MWT)
Vegetation	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Betula pubescens</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Molinia caerulea</i> , <i>Sphagnum spec.</i> <i>Eriophorum angustifolium</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i>

Stichtagsmessungen

Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen	0,58	0,61	0,62	0,63	0,64	0,64	0,63	0,66	0,64	0,63	0,63
Wasserspiegel [m NHN]	68,70	68,67	68,66	68,65	68,64	68,64	68,65	68,62	68,64	68,65	68,65

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor
Haupttransekt E

Oberflächenpegel 1 (E1-2-OP1) | Hauptentwässerungsgraben

Transekt	E1 und E2
Datum Einbau	06.05.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	R 32537297 H 5861900 GNSS (Leica Zeno FLX100)
POK [m NHN]	69,04
Verbautes Material	Pflock (Länge 1,3 m)



Standortbeschreibung	
Eigentumsverhältnis	Stadt Walsrode
Exposition	Hauptentwässerungsgraben
Biotoptyp	Birken- und Kiefern-Bruchwald nährstoffarmer Standorte des Tieflandes (WBA) / Sonstiges Torfmoos-Wollgras-Moorstadium (MWT) / Kalk- und nährstoffarmer Graben (FGA)
Vegetation	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Molinia caerulea</i> , <i>Sphagnum spec.</i>

Stichtagsmessungen

Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen	0,35	0,39	0,38	0,43	0,42	0,44	0,43	0,42	0,39	0,39	0,39
Wasserspiegel [m NHN]	68,69	68,65	68,66	68,61	68,62	68,60	68,61	68,62	68,65	68,65	68,62

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor

Haupttransekt E

Pegel 1 (E2-P1) + Datenlogger

Transekt	E2
Datum Einbau	06.05.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	R 32537264 H 5861937 GNSS (Trimble Geo7x mit Zephyr-Antenne)
GOK [m NHN]	68,77
POK bis GOK [m]	0,69
Bohrtiefe [m]	1,31
Verbautes Material	2 Filterrohre, 1 Kappe, 1 Spitze, 1 Datenlogger (Zeitraum: 14.06.2021 - 27.11.2021)



Standortbeschreibung

Eigentumsverhältnis	Stadt Walsrode
Exposition	Torfabfuhrdamm (auch von Torfstich betroffen)
Biotoptyp	Birken- und Kiefern-Bruchwald nährstoffarmer Standorte des Tieflandes (WBA) / Sonstiges Torfmoos-Wollgras-Moorstadium (MWT)
Vegetation	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Betula pubescens</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Eriophorum angustifolium</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Molinia caerulea</i>

Stichtagsmessungen

Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen	0,80	0,83	0,84	0,89	0,89	0,90	0,90	0,90	0,84	0,84	0,87
Wasserspiegel bis GOK [m] = Grundwasserflurabstand	0,11	0,14	0,15	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21	0,15	0,15	0,18
Wasserspiegel [m NHN]	68,66	68,63	68,62	68,57	68,57	68,56	68,56	68,56	68,62	68,62	68,60

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor
Haupttransekt E

Oberflächenpegel 2 (E2-OP2)

Transekt	E-2
Datum Einbau	06.05.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	R 32537265 H 5861996 GNSS (Leica Zeno FLX100)
POK [m NHN]	69,17
Verbautes Material	Pflock (Länge 2 m)



Standortbeschreibung	
Eigentumsverhältnis	Privat
Exposition	See, Tümpel
Biotoptyp	Naturnahes nährstoffarmes Torfstichgewässer (SOTd)
Vegetation	<i>Pinus sylvestris</i> (Juv.), <i>Molinia caerulea</i> , <i>Sphagnum spec.</i>

Stichtagsmessungen

Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen	0,44	0,47	0,48	0,54	0,54	0,55	0,54	0,54	0,48	0,48	0,48
Wasserspiegel [m NHN]	68,73	68,70	68,69	68,63	68,63	68,62	68,63	68,63	68,69	68,69	68,63

Stichtagsmessungsprotokoll: Hydrologisches Monitoring NSG Grundloses Moor

Pegel Ost

Pegel Ost (PO)

Transekt	keiner
Datum Einbau	14.05.2021
Koordinaten Vermessungsgerät	R 32538134 H 5861812 GNSS (Trimble Geo7x mit Zephyr-Antenne)
GOK [m NHN]	68,54
POK bis GOK [m]	0,82
Bohrtiefe [m]	1,18
Verbautes Material	2 Filterrohre, 1 Kappe, 1 Spitze



Standortbeschreibung

Eigentumsverhältnis	Stadt Walsrode
Exposition	Torfabfuhrdamm
Biotoptyp	Birken- und Kiefern-Bruchwald nährstoffarmer Standorte des Tieflandes (WBA) / Zwergstrauch-Birken- und Kiefern-Moorwald (WVZ)
Vegetation	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Picea abies</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Molinia caerulea</i>

Stichtagsmessungen

Datum	23.05.2021	14.06.2021	03.07.2021	23.07.2021	14.08.2021	03.09.2021	29.09.2021	20.10.2021	09.11.2021	27.11.2021	Median
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Wasserspiegel bis POK [m], gemessen	1,26			1,36			1,42			1,32	1,34
Wasserspiegel bis GOK [m] = Grundwasserflurabstand	0,44			0,54			0,60			0,50	0,52
Wasserspiegel [m NHN]	68,10			68,00			67,94			68,04	68,02

Bohrprotkoll NSG Grundloses Moor**Bohrung: B_{C1}**

Bohrung: B _{C1}				Auflagehumus		
				Horizont	Mächtigkeit [cm]	Bestandteile
Transekt	C1-C2			L	2	Wurzelfilz
Datum (Bohrung)	13.12.2021			Of	5	Auflagenhumus
Koordinaten; Höhe [m NHN]	R 32537058 H 5861187; 69,43					
Art des Aufschlusses	Bohrung; Bohrtiefe 1,57 m					
Relief, Exposition	Torfabfuhrdamm					

Tiefe [cm]		Horizont	Torf-, Mudde-, Bodenart	Zersetzungs- grad (nach V. Post)	Humus	Farbe	Feuchte	Durch- wurzel.	Gefüge	Bemerkung/Beimengung
von	bis									
0	7	hHv	Hhs		h7	braun	feu3	W4		
7	23	hHw	Hhs	H8		dunkelbraun	feu3	W3		Blasenbinse
23	38	hHw	Hhs	H3-4		hellbraun	feu4	W3		Wollgras
38	95	hHw	Hhs	H6		dunkelbraun	feu5	W2		Wollgras, > Reiser
95	120	hHr	Hhs	H2-3		hellbraun/braun	nass			Reiser, Moosbeere, vereinzelt Birke
120	128	uHr	Hnb	H3		hellbraun	nass			Braunmoos, Wollgras
128	150	nHr	Hnr	H3-4		hellbraun	nass			(Birken) Holz, Fiberklee, Segge
150	157	Fr	Fmu, fS		h6	braun-schwarz	nass			

Bohrprotolle NSG Grundloses Moor**Bohrung: B_{C2}**

Transekt	C1-C2
Datum (Bohrung)	13.12.2021
Koordinaten; Höhe [m NHN]	R 32537058 H 5861221; 68,95
Art des Aufschlusses	Bohrung; Bohrtiefe 2,25 m
Relief, Exposition	Torfstich, gestört

Auflagehumus		
Horizont	Mächtigkeit [cm]	Bestandteile

Tiefe [cm]		Horizont	Torf-, Mudde-, Bodenart	Zersetzungs- grad (nach V. Post)	Humus	Farbe	Feuchte	Durch- wurzel.	Gefüge	Bemerkung/Beimengung
von	bis									
0	8	hHw	Hhs	H3		hellbraun	feu5	W3		
8	35	hHr	Hhs	H4-5		braun	nass	W2		
35	55	hHr	Hhs	H3-4		dunkelbraun	nass			> Wollgras, Reiser, Kohle,
55	75	hHr	Hhs	H4		dunkelbraun	nass			Blasenbinse, Reiser
75	95	hHr	Hhs, Hha	H4-5		hellbraun/braun	nass			Blasenbinse, Reiser
95	160	hHr	Hhs			dunkelbraun	nass			Wollgras, Reiser, < Holz
160	184	uHr		H7-8		dunkelbraun	nass			Holz, Birke
184	213	nHr		amorph		braun-schwarz	nass			
213	220	Fr	Fmu, fSmS		h6	dunkelbraun	nass			
220	225		gSmS, kiesig			schwarz-grau				stark verdichtet

Bohrprotolle NSG Grundloses Moor**Bohrung: B_{C3}**

Transekt	C1-C2
Datum (Bohrung)	20.12.2021
Koordinaten; Höhe [m NHN]	R 32536923 H 5861331; 69,44
Art des Aufschlusses	Bohrung; Bohrtiefe 3,5 m
Relief, Exposition	Torfabfuhrdamm

Auflagehumus		
Horizont	Mächtigkeit [cm]	Bestandteile
L	2	Wurzelfilz
Of	3	Auflagenhumus

Tiefe [cm]		Horizont	Torf-, Mudde-, Bodenart	Zersetzungs- grad (nach V. Post)	Humus	Farbe	Feuchte	Durch- wurzeln.	Gefüge	Bemerkung/Beimengung
von	bis									
0	10	hHv	Hhs		h7	braun	feu1	W4	Bröckelgefüge	
10	20	hHw	Hhs	H7-8		dunkelbraun	feu2	W4		
20	48	hHw	Hhs	H7		braun	feu3	W3		Wollgras
48	55	hHw	Hhs, Hhe	H4		hellbraun	feu5	W1		> Wollgras
55	88	hHw	Hhs, Hhi?	H4-5		dunkelbraun	nass			> Reiser
88	100	hHr	Hhs	H7		dunkelbraun	nass			Reiser
100	145	hHr	Hhs	H8		braun	nass			
145	155	hHr	Hhs	H5		hellbraun	nass			
155	185	hHr	Hhs, Hha	H7		braun gelb	nass			Blasenbinse
185	200	hHr	Ha			braun	nass			
200	240	hHr	hHs	H8-H9		dunkelbraun	nass			Reiser
240	300	hHr		amorph		dunkelbraun	nass			
300	330	nHr	Hulb ?	H8		dunkelbraun	nass			Holz
330	350	Fr	Fmu, fSmS		h6	frau-schwarz	nass			

Bohrprotolle NSG Grundloses Moor**Bohrung: B_{C4}**

Transekt	C1-C2
Datum (Bohrung)	03.01.2022
Koordinaten; Höhe [m NHN]	R 32536840 H 5861534; 68,77
Art des Aufschlusses	Bohrung; Bohrtiefe 3,2 m
Relief, Exposition	Torfstich, Schwingrasen, stark gesört

Auflagehumus		
Horizont	Mächtigkeit [cm]	Bestandteile

Tiefe [cm]		Horizont	Torf-, Mudde-, Bodenart	Zersetzungs- grad (nach V. Post)	Humus	Farbe	Feuchte	Durch- wurzel.	Gefüge	Bemerkung/Beimengung
von	bis									
0	55	hHr	Hhs	H1	h7	weiß-gelb	nass	W3		
55	145	Kernverlust								Wasserkörper
145	165	hHr	Hhs	H8		dunkelbraun	nass			
165	215	hHr	Hhs	H7		dunkelbraun	nass			Reiser, Kohle
215	267	hHr	Hhs	H7-8		braun	nass			Reiser
267	290	uHr	Hnb	H8		hellbraun gelb	nass			Fiberkleesamen
290	300	Fr	Fmu, fS		h6	grau	nass			
300	320	Fr	Fmu, fSmSgS		h6	braun grau	nass			

Bohrprotolle NSG Grundloses Moor**Bohrung: B_{CS}**

Transekt	C1-C2
Datum (Bohrung)	20.12.2021
Koordinaten; Höhe [m NHN]	R 32536747 H 5861715; 68,11
Art des Aufschlusses	Bohrung; Bohrtiefe 1,85 m
Relief, Exposition	Torfstich, gestört

Auflagehumus		
Horizont	Mächtigkeit [cm]	Bestandteile

Tiefe [cm]		Horizont	Torf-, Mudde-, Bodenart	Zersetzungs- grad (nach V. Post)	Humus	Farbe	Feuchte	Durch- wurzel.	Gefüge	Bemerkung/Beimengung
von	bis									
0	7	hHv	Hhs		h7	schwarzbraun	feu3-4	W4		
7	30	hHw	Hhs	H7		schwarzbraun	feu5	W3		Wollgras, Binse
30	65	hHr	Hhs, hHe	H6		dunkelbraun	nass			Wollgras, Binse
65	100	hHr	hHs, hHe	H4-5		braun	nass			Wollgras
100	165			amorph		schwarzbraun	nass			
165	175	Fr	Fmu, fS		h6	grau	nass			
175	185		gSmS, kiesig			schwarz-grau				stark verdichtet

Bohrprotokolle NSG Grundloses Moor**Bohrung: B_{C6}**

Transekt	C1-C2
Datum (Bohrung)	20.12.2021
Koordinaten; Höhe [m NHN]	R 32536643 H 5861828; 68,09
Art des Aufschlusses	Bohrung; Bohrtiefe 0,70 m
Relief, Exposition	Torfstich, stark gestört, Abtorfung bis auf Mudde plausibel

Auflagehumus		
Horizont	Mächtigkeit [cm]	Bestandteile

Tiefe [cm]		Horizont	Torf-, Mudde-, Bodenart	Zersetzungs- grad (nach V. Post)	Humus	Farbe	Feuchte	Durch- wurzel.	Gefüge	Bemerkung/Beimengung
von	bis									
0	8	hHr	Hhs	H5		hellbraun	nass			
8	24	hHr	hHs	H5-6		braun	nass			Reiser, Holz
24	30	hHr	hHs	H3-4		beige braun	nass			Bunkerde?
30	60	hHr	hHs	H6-7		braun	nass			
60	66	Fr	Fmu, fS		h6	grau	nass			
66	70		gSmS, kiesig			schwarz-grau				stark verdichtet

Bohrprotolle NSG Grundloses Moor**Bohrung: B_{D1}**

Transekt	D1-D2
Datum (Bohrung)	20.08.2021
Koordinaten; Höhe [m NHN]	R 32537114 H 5861286; 69,26
Art des Aufschlusses	Bohrung; Bohrtiefe 1,8 m
Relief, Exposition	Torfabfuhrdamm

Auflagehumus		
Horizont	Mächtigkeit [cm]	Bestandteile
L	2	Wurzelfilz
Of	3	Auflagenhumus

Tiefe [cm]		Horizont	Torf-, Mudde-, Bodenart	Zersetzungs- grad (nach V. Post)	Humus	Farbe	Feuchte	Durch- wurzel.	Gefüge	Bemerkung
von	bis									
0	7	hHv	Hhs		h6	schwarz/braun	feu3	W4	Bröckelgefüge	
7	35	hHw	Hhs	H7-8		dunkelbraun	feu3	W4		
35	70	hHw	Hhs	H5-6		braun	feu4	W3		
70	95	hHw	Hhs	H4		braun	feu5	W3		Wollgras, Reiser
95	138	hHr	Hhe	H5-6		hellbraun	nass	W2		> Wollgras, Torfmoos, Braunmoos, Birkenholz
138	145	nHr	Hulb, Hnb	H7		hellbraun	nass	W2		Birkenholz, Braunmoos, Wollgras
145	158	nHr	Hulb, Hulk	H8		braun	nass	W1		(Birken) Holz
158	165	Fr	Fmu		h6	braun-schwarz	nass			weich
165	175	Fr	Fmu, fS		h5	schwarz	nass			
175	180	Fr	Fms, g2			schwarz, grau	nass		Einzelkorng.	

Bohrprotolle NSG Grundloses Moor**Bohrung: B_{D2}**

Transekt	D1-D2
Datum (Bohrung)	20.08.2021
Koordinaten; Höhe [m NHN]	R 32537115 H 5861371; 68,69
Art des Aufschlusses	Bohrung; Bohrtiefe 1,65 m
Relief, Exposition	Torfstich, stark gestört

Auflagehumus		
Horizont	Mächtigkeit [cm]	Bestandteile
L	3	Wurzelfilz
Of	7	Auflagenhumus

Tiefe [cm]		Horizont	Torf-, Mudde-, Bodenart	Zersetzungs- grad (nach V. Post)	Humus	Farbe	Feuchte	Durch- wurzel.	Gefüge	Bemerkung
von	bis									
0	14	hHv	Hhs		h6-7	braun	feu3	W4	Bröckelgefüge	
14	70	hHw	Hhs	H7-8		dunkelbraun	feu4	W3		Wollgras
70	145	hHr	Hhs, Hhe	H8		braun	nass			Wollgras
145	153	Fr	Fmu, fS		h6	schwarz	nass			
153	165		fSmS, g2			braun grau	nass		Einzelkorng.	

Bohrprotokolle NSG Grundloses Moor**Bohrung: B_{D3}**

Transekt	D1-D2
Datum (Bohrung)	20.08.2021
Koordinaten; Höhe [m NHN]	R 32537139 H 5861631; 68,44
Art des Aufschlusses	Bohrung; Bohrtiefe 0,9 m
Relief, Exposition	Torfstich, stark gestört

Auflagehumus		
Horizont	Mächtigkeit [cm]	Bestandteile

Tiefe [cm]		Horizont	Torf-, Mudde-, Bodenart	Zersetzungs- grad (nach V. Post)	Humus	Farbe	Feuchte	Durch- wurzel.	Gefüge	Bemerkung
von	bis									
0	7	hHw	Hhs	H2-3		hellbraun	feu3-4	W4		Pfeifengras
7	20	hHr	Hhs	H2-3		beige-hellbraun	nass	W3		
20	50	Kernverlust					nass			Kernverlust
50	60	nHr	Hnr?	H7-8		dunkelbraun	nass			stark gestört, Wurzelreste, Binse
60	65	nHr		H7-8		dunkelbrau				stark gestört, Holz
65	70	Fr	Fmu, fS		h5	braun- schwarz	nass			
70	90	Fr	Fms, g2		h4	braun	nass		Einzelkorng.	

Bohrprotolle NSG Grundloses Moor**Bohrung: B_{D4}**

Transekt	D1-D2
Datum (Bohrung)	03.09.2021 und 03.01.2022
Koordinaten; Höhe [m NHN]	R 32537088 H 5861704; 68,42
Art des Aufschlusses	Bohrung; Bohrtiefe 1,3 m
Relief, Exposition	Schwingrasen, Ufer des Grundlosen Sees

Auflagehumus		
Horizont	Mächtigkeit [cm]	Bestandteile

Tiefe [cm]		Horizont	Torf-, Mudde-, Bodenart	Zersetzungs- grad (nach V. Post)	Humus	Farbe	Feuchte	Durch- wurzel.	Gefüge	Bemerkung
von	bis									
0	30	hHr	hHs	H2		hellbraun-gelb	feu3-4	W4		Pfeifengras
30	40	hHr	hHs	H2-3		beige-hellbraun	nass	W3		
40	93	Kernverlust					nass			Wasserkörper
93	100	nHr		H7-8		dunkelbraun	nass			Holz
100	130	Fr	Fmu		h6	dunkelbraun	nass			

Bohrprotolle NSG Grundloses Moor**Bohrung: B_{D5}**

Transekt	D1-D2
Datum (Bohrung)	03.09.2021
Koordinaten; Höhe [m NHN]	R 32537004 H 5861823; 68,4
Art des Aufschlusses	Bohrung; Bohrtiefe 2,31 m
Relief, Exposition	Hauptentwässerungsgraben

Auflagehumus		
Horizont	Mächtigkeit [cm]	Bestandteile

Tiefe [cm]		Horizont	Torf-, Mudde-, Bodenart	Zersetzungs- grad (nach V. Post)	Humus	Farbe	Feuchte	Durch- wurzel.	Gefüge	Bemerkung
von	bis									
0	85	Kernverlust								Grabenwasserstand, verschlammte Grabensohle
85	120	hHr	Hhs	H8-9		braun-schwarz	nass			
120	185	hHr	Hhs	H9		dunkelbraun	nass			
185	220	nHr	Hnr	H7-8		dunkelbraun	nass			Seggen, Fieberklee
220	225	Fr	Fmu		h6	schwarz	nass			
225	231	Fr	Fmu, fs		h5	schwarz, grau	nass		Einzelkorng.	

Bohrprotolle NSG Grundloses Moor**Bohrung: B_{D6}**

Transekt	D1-D2
Datum (Bohrung)	03.09.2021
Koordinaten; Höhe [m NHN]	R 32536971 H 5861899; 70,05
Art des Aufschlusses	Bohrung; Bohrtiefe 2,5 m
Relief, Exposition	Torfabfuhrdamm, gestört

Auflagehumus		
Horizont	Mächtigkeit [cm]	Bestandteile
L	4	Wurzelfilz
Of	6	Auflagenhumus

Tiefe [cm]		Horizont	Torf-, Mudde-, Bodenart	Zersetzungs- grad (nach V. Post)	Humus	Farbe	Feuchte	Durch- wurzel.	Gefüge	Bemerkung
von	bis									
0	10	hHv	Hhs		h6/h7	braun	f2	W4	Bröckelgefüge	
10	45	hHw	Hhs	H4		braun	f2	W3		Bunkerde?, gestört
45	80	hHw	Hhs, Hhe	H5-6		dunkelbraun	f3-4			> Wollgras
80	95	hHw	Hhs, Hhe	H6		dunkelbraun	f5			> Wollgras
95	130	hHr	Hhs, Hhe	H6-7		hellbraun	nass			
130	200	hHr	Hhs	H7-8		dunkelbraun	nass			
200	220	nHr	Hnr?	H8-9		dunkelbraun	nass			Wurzelreste
220	250	Fr	Fmu, fS		h5	schwarz	nass			

Bohrprotokolle NSG Grundloses Moor**Bohrung: B_{D7}**

Transekt	D1-D2
Datum (Bohrung)	03.09.2021
Koordinaten; Höhe [m NHN]	R 32536977 H 5861995; 68,83
Art des Aufschlusses	Bohrung; Bohrtiefe 1,5 m
Relief, Exposition	Torfstich, stark gestört

Auflagehumus		
Horizont	Mächtigkeit [cm]	Bestandteile
L	4	Wurzelfilz
Of	6	Auflagenhumus

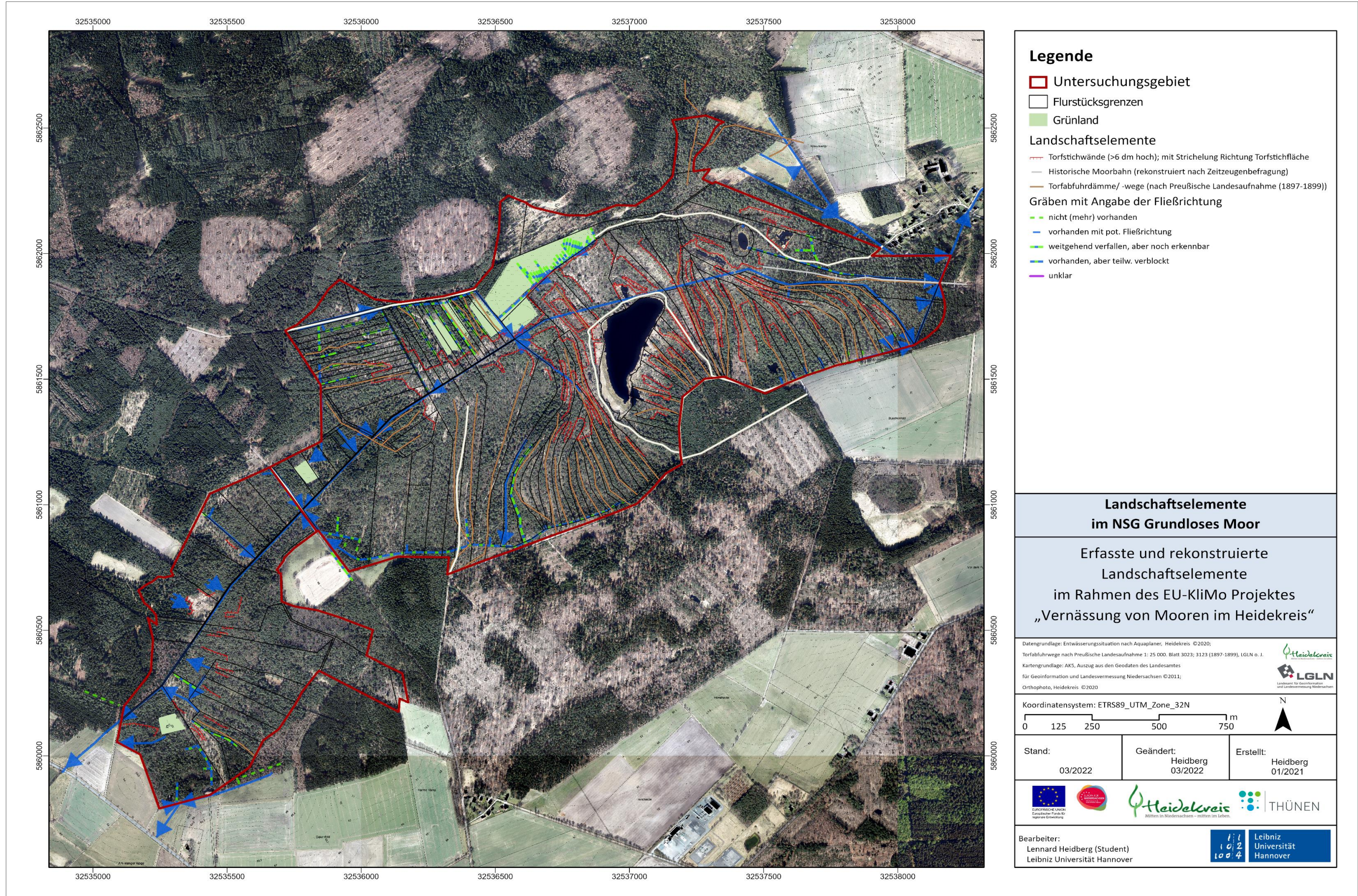
Tiefe [cm]		Horizont	Torf-, Mudde-, Bodenart	Zersetzungs- grad (nach V. Post)	Humus	Farbe	Feuchte	Durch- wurzel.	Gefüge	Bemerkung
von	bis									
0	10	hHw	Hhs	H4		braun	f2	W4		Bunkerde, gestört
10	45	hHr	Hhs	H4-5		dunkelbraun	f4	W3		Bunkerde, gestört
45	70	hHr	Hhs	H7		braun	nass			
70	115	hHr	Ha			braun	nass			
115	125	nHr	Hnr	H8		braun	nass			Radizellentorf, Wurzelreste, Holzrest
125	145	Fr	Fmu, fS		h5	schwarz	nass			
145	150	Fr	Fmu, fSmSgS			schwarz, grau	nass		Einzelkorng.	

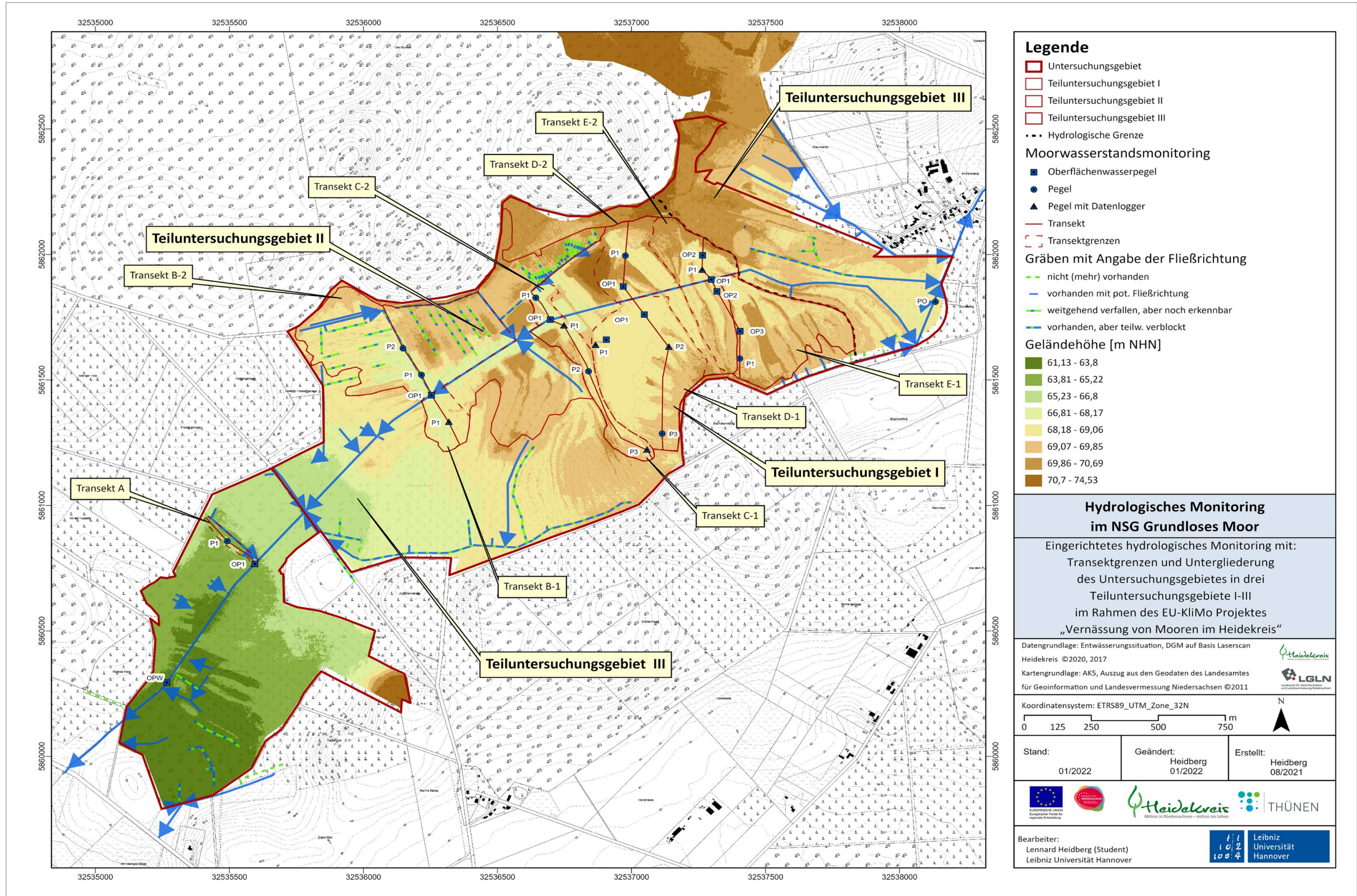
Bohrprotokolle NSG Grundloses Moor**Bohrung: B_{D8}**

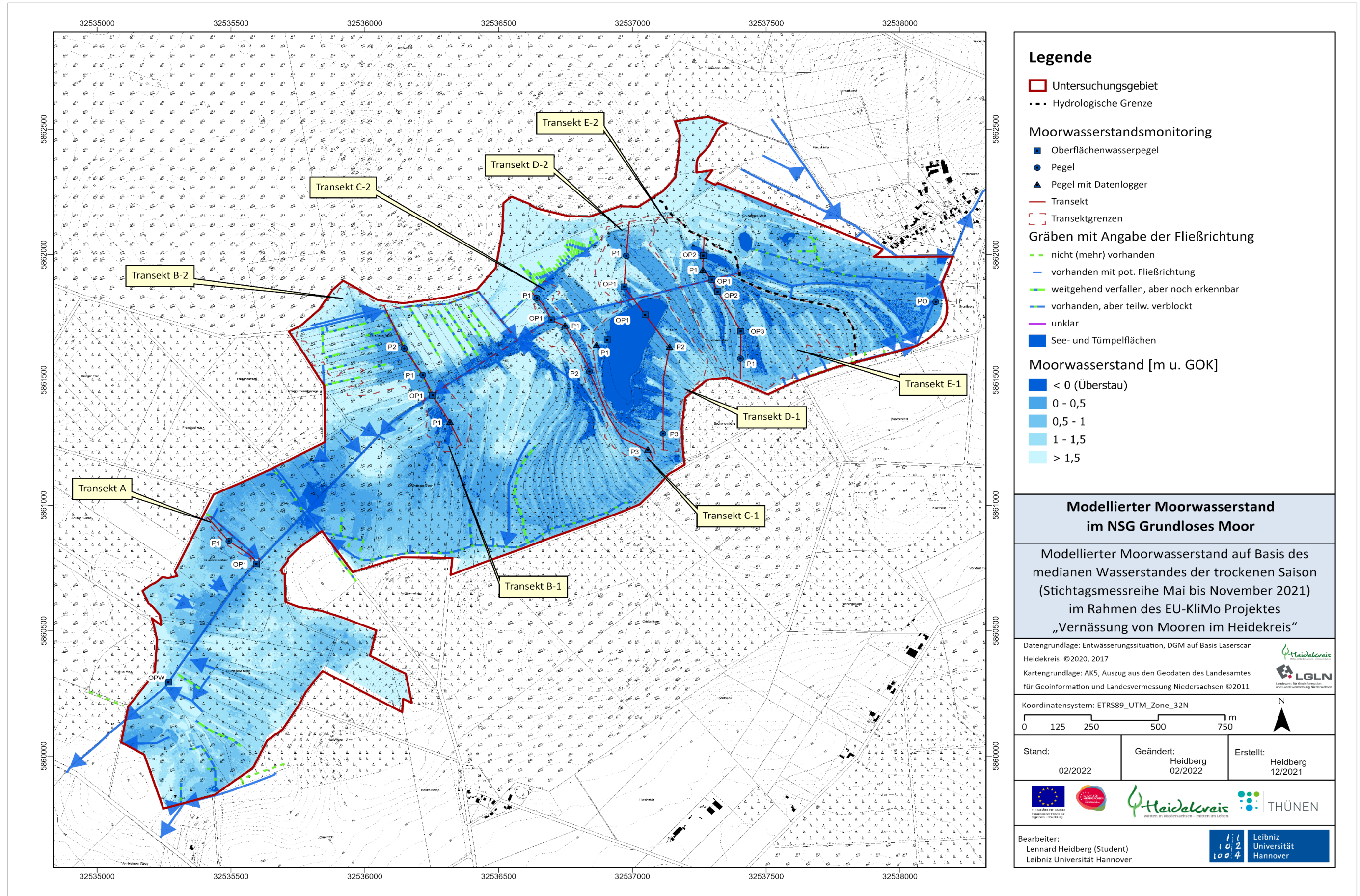
Transekt	D1-D2
Datum (Bohrung)	03.09.2021
Koordinaten; Höhe [m NHN]	R 32536987 H 5862123; 70,3
Art des Aufschlusses	Bohrung; Bohrtiefe 0,75 m
Relief, Exposition	Moorrand, gestört

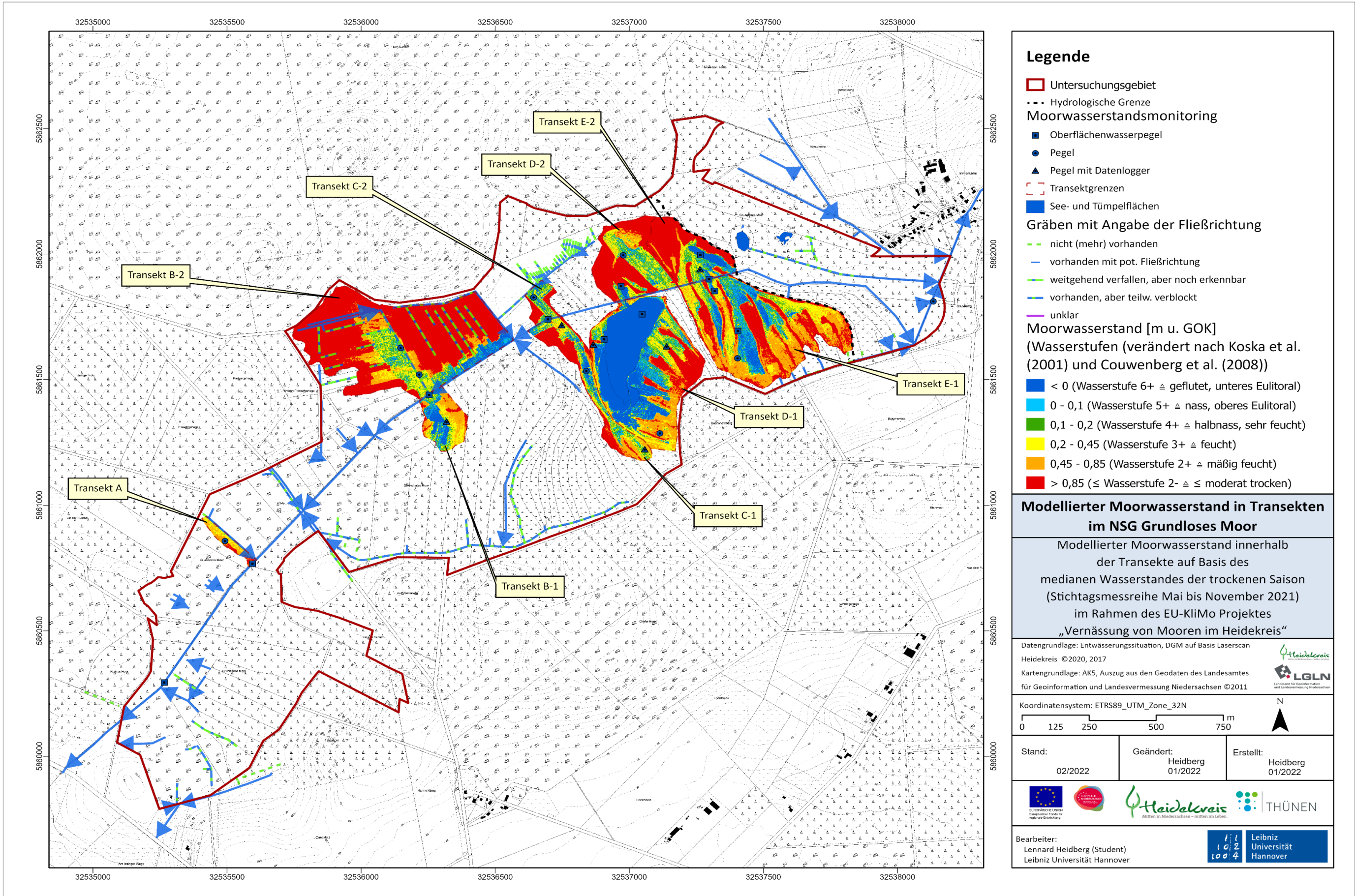
Auflagehumus		
Horizont	Mächtigkeit [cm]	Bestandteile
L	5	Wurzelfilz
Of	7	Auflagenhumus

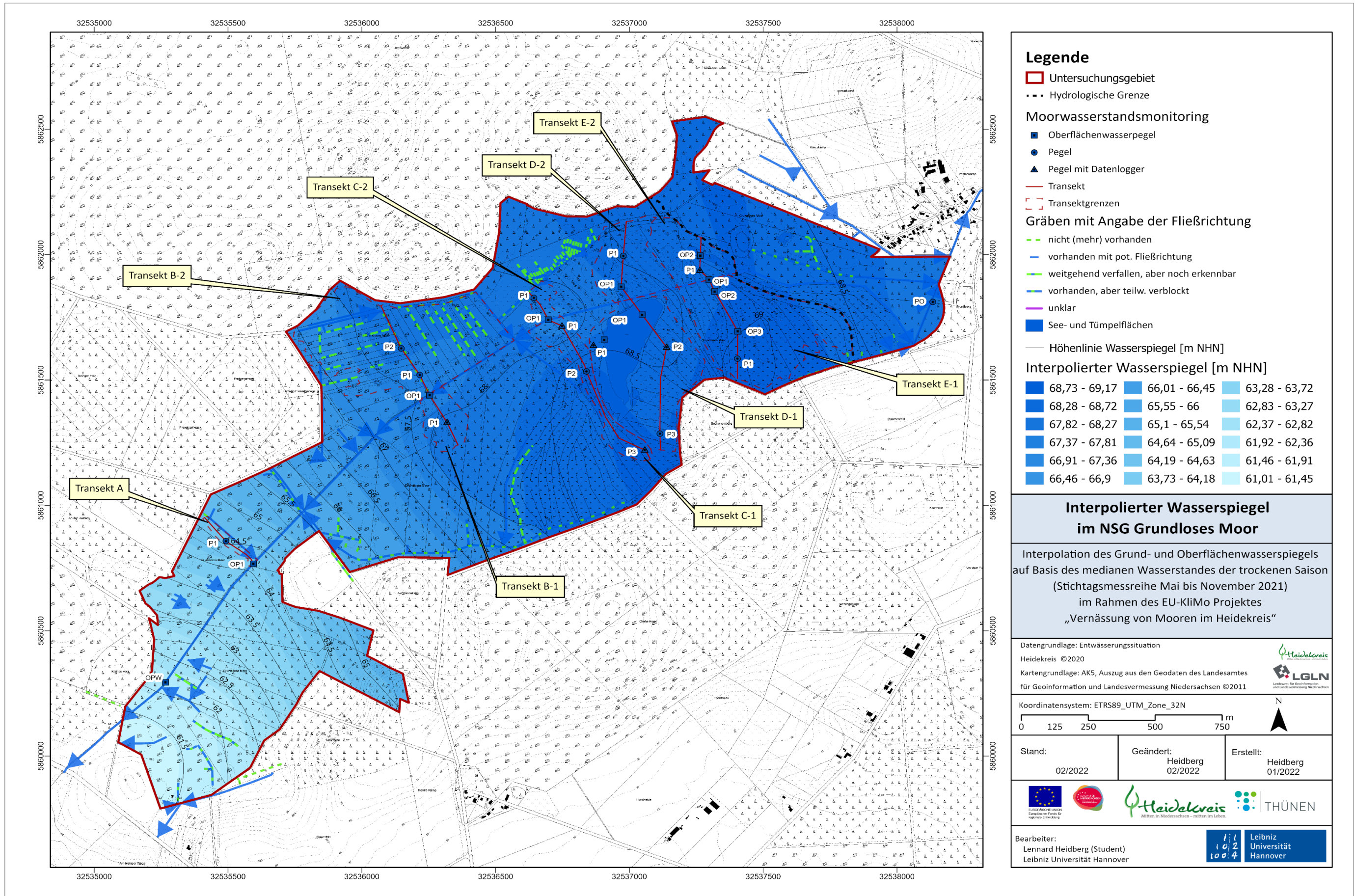
Tiefe [cm]		Horizont	Torf-, Mudde-, Bodenart	Zersetzungs- grad (nach V. Post)	Humus	Farbe	Feuchte	Durch- wurzel.	Gefüge	Bemerkung
von	bis									
0	12	hHv	Hhs		h6/h7	dunkelbrau	f2	W4	Bröckelgefüge	
12	45	hHw	hHs	H4-5		braun	f3	W2		
45	60	uHw	nHr	H5			f3			Radzellentorf
60	75	fAhe	fSmS		h4	grau	f3			

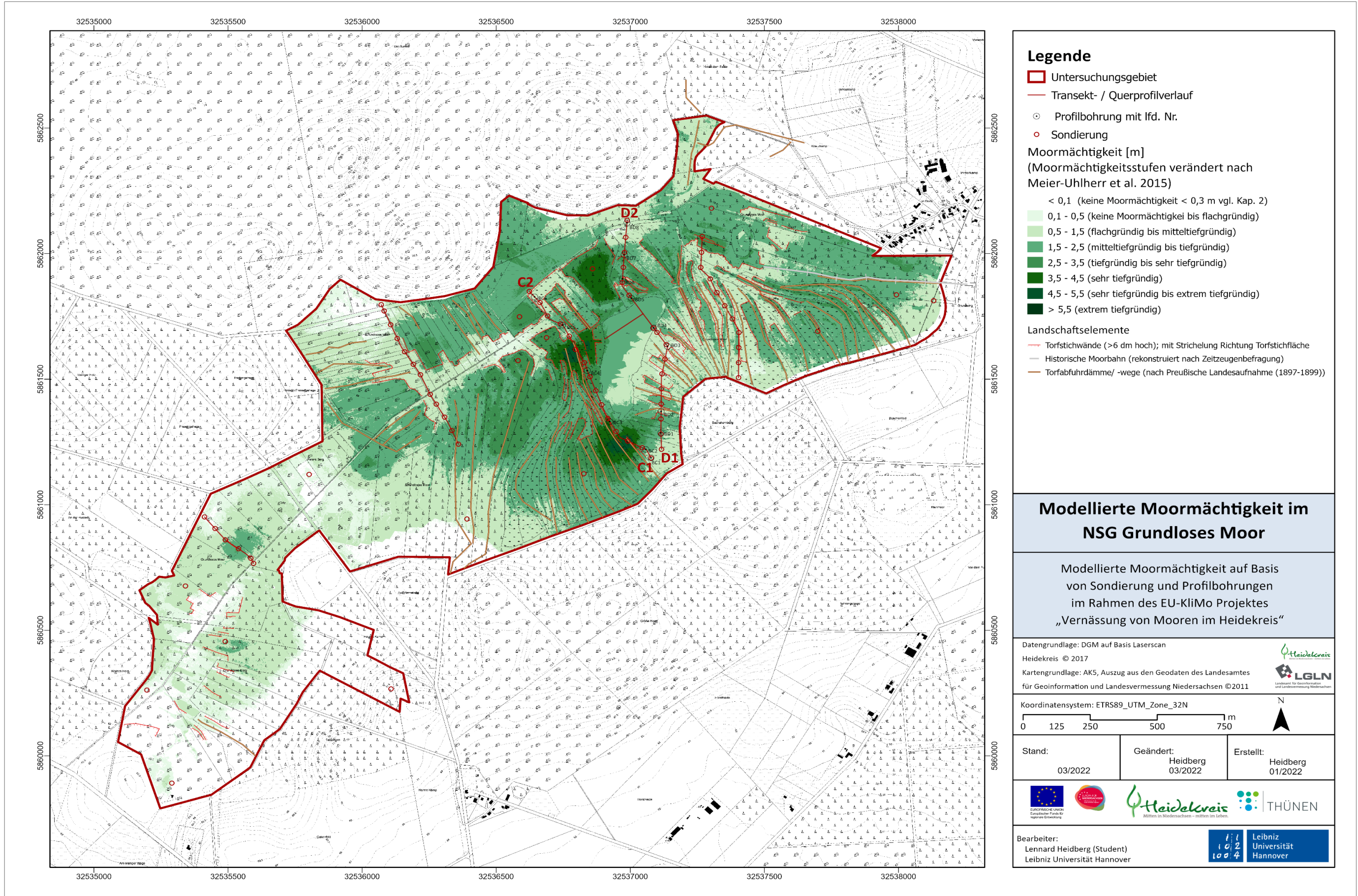


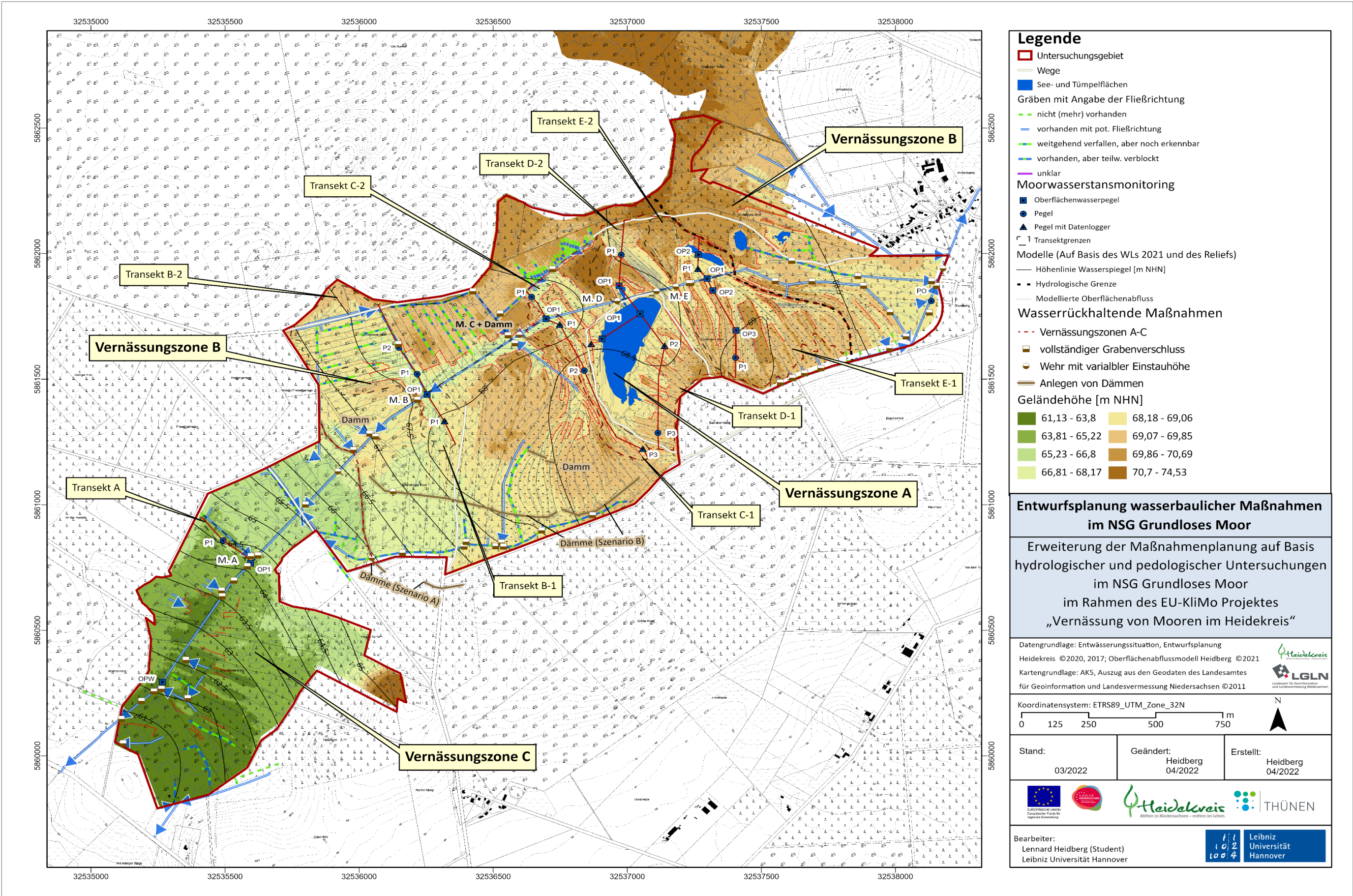










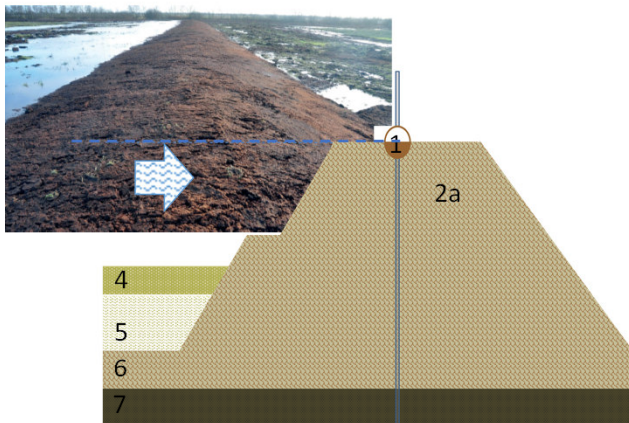


Wasserbauliche Maßnahmen

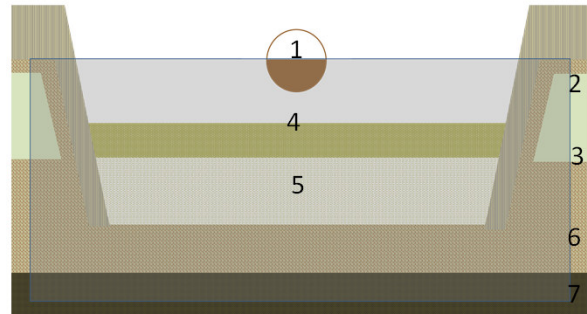
Damm; Torfverwallung oder Spundwand (mit variabler Einstauhöhe)



Schematische Darstellung B:



Schematische Darstellung A:



Beschriftung

- | | |
|----|---|
| 1 | Spundwand mit regulierbarem Überlauf (maximaler Anstauhöhe) |
| 2 | vererdeter Hochmoortorf |
| 2a | Schwarztorf (für Torfverwallungen) |
| 3 | Weißtorf (geringer Zersetzungsgrad) |
| 4 | Vegetation |
| 5 | Weißtorf / Bunkerde (sehr geringer Zersetzungsgrad) |
| 6 | Schwarztorf oder Niedermoortorf (hoher Zersetzungsgrad) |
| 7 | Mudde mit geringer hydraulischer Leitfähigkeit |

Notiz:

Beim Anlegen von Dämmen muss eine Abdichtung bis zur geringleitenden Mudde beachtet werden (Vermeidung einer Unterspülung der Dämme). Hier exemplarisch verbildlicht durch Spundwände; Ein regulierbarer Ablauf sollte vorgesehen werden um einem längern Übersau entgegenwirken zu können (vgl. Mordhorst-Bretschneider 2018).

Foto oben: Recyclingspundwände Diepholzer Moorniederung: <https://www.kreiszeitung.de/lokales/diepholz/wagenfeld-ort53277/klimatools-bund-diepholzer-moorniederung-efmk-stroehen-moor-wiedervernaessung-90862518.html> © BUND DHM (abgerufen 11.04.2022)

Foto und Shema unten: Stauwirkung einer Verwallung mit Torfdichtwand im Königsmoor: Foto und Shema verändert nach Mordhorst-Bretschneider 2018

Wasserbauliche Maßnahmen

Wehr mit variabler Einstauhöhe

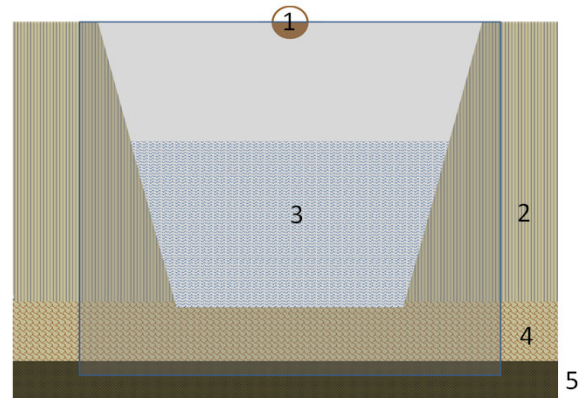


Notiz:

Beim Einbau der Spundwand sollte eine Abdichtung bis zur geringleitenden Mudde beachtet werden;
Ein regulierbarer Ablauf sollte vorgesehen werden um einem längern Übersau entgegenwirken zu können.

Foto: Lichtenmoor

Schematische Darstellung:



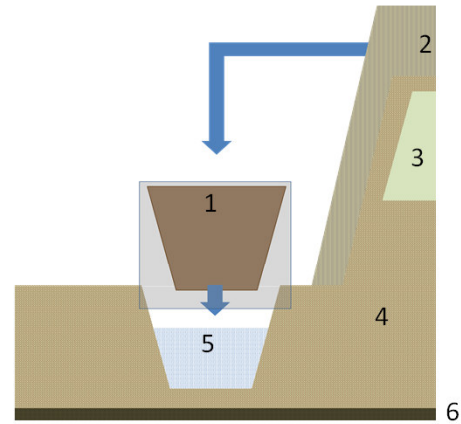
- | | |
|---|---|
| 1 | regulierbarer Überlauf (maximale Anstauhöhe) |
| 2 | Schwarztorf oder Niedermoortorf (hoher Zersetzungsgrad) |
| 3 | Entwässerungsgraben |
| 4 | Schwarztorf oder Niedermoortorf (hoher Zersetzungsgrad) |
| 5 | Mudde mit geringer hydraulischer Leitfähigkeit |

Wasserbauliche Maßnahmen

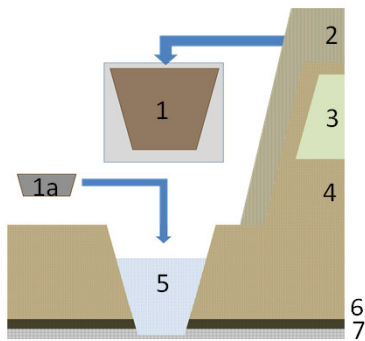
Vollständiger Grabenverschluss



Schematische Darstellung A:



Schematische Darstellung B:



Beschriftung

1	geringleitendes Material (z.B. Schwarztorf)
1a	geringleitendes Material (z.B. Ton)
2	vererdeter Hochmoortorf
3	Weißtorf (geringer Zersetzungsgrad)
4	Schwarztorf oder Niedermoor (hoher Zersetzungsgrad)
5	Entwässerungsgraben
6	Mudde mit geringer hydraulischer Leitfähigkeit
7	geologischer Untergrund

Notiz:

Verfüllung des Grabens mit Schwarztorf bzw. Material mit geringer hydraulischer Leitfähigkeit; Bei einem Durchbruch der Mudde gilt es die Grabensohle mit geringleitendem Material abzudichten, um einen vertikalen Abfluss zu vermeiden; Nach vollständiger Grabenverfüllung ggf. verdichten; Sicherung vor Erosion des Füllmaterials; Erfolgskontrolle durchführen vgl. https://moorevital.sachsen.de/?ID=5986&art_param=566 (abgerufen 11.04.2022).

Foto: Grabenverfüllung: https://moorevital.sachsen.de/?ID=5986&art_param=566 (abgerufen 11.04.2022)