



## Geofakten 52

## ■ Boden und Wasser

### Bodenkundliche Grundsätze für den Moorbodenschutz bei der Planung und Umsetzung von Bauvorhaben

Stadtman, R., Höper, H., Djuren, D., Hammerschmidt, U. & Herrmann, N.

Juli 2026

*In Niedersachsen befinden sich ca. 70 % der Hoch- und 20 % der Niedermoore Deutschlands. Moorböden erfüllen vielfältige und wichtige Funktionen, z. B. als Lebensraum, als Bestandteil des Naturhaushaltes sowie als Archive der Natur- und Kulturgeschichte. Gleichzeitig wird ein erheblicher Teil der Moorböden landwirtschaftlich genutzt und dient der Nahrungs- und Futtermittelproduktion. Darüber hinaus sind Moorböden bedeutende Kohlenstoffspeicher und stehen in intensivem Gasaustausch mit der Atmosphäre, so dass ihnen eine besondere Aufmerksamkeit im Kontext von Klimaschutz und Klimafolgenanpassung zukommt.*

*Aktuell sind Moorböden im Zuge der Energiewende durch zahlreiche Leitungsbauvorhaben betroffen. Hinzu kommt ihre Nutzung als Standort für Windenergieanlagen, Freiflächen-Photovoltaikanlagen, Umspannwerke und Konverterstationen. Auch die fortlaufende Ausweitung sonstiger Siedlungs- und Verkehrsflächen nimmt Moorböden in Anspruch.*

*In der Planungspraxis zeigt sich, dass die besonderen Eigenschaften und Empfindlichkeiten von Moorböden häufig nicht ausreichend berücksichtigt werden. Dies kann dazu führen, dass die Auswirkungen von Vorhaben unterschätzt sowie Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen unzureichend ausgestaltet werden. In der Folge entstehen erhebliche Herausforderungen bei der bodenschonenden Umsetzung von Bauvorhaben sowie bei der Nachnutzung der Flächen. Grundsätzlich sollte die Inanspruchnahme von Moorböden für Bauvorhaben so weit wie möglich beschränkt werden. Zudem sind zielgerichtete Vermeidungs-, Minderungs- und Kompensationsmaßnahmen vorzusehen. Der vorliegende Geofakt gibt hierzu einen Überblick über bodenkundliche und geotechnische Grundlagen des Bauens auf Moorböden und leitet daraus Maßnahmen für einen baubegleitenden Moorbodenschutz ab. Darüber hinaus werden Vorschläge für eine Gewichtung von Moorböden in Raumwiderstandsanalysen gemacht, Möglichkeiten zum Umgang mit überschüssigen Torfmassen aufgezeigt sowie Grundsätze zum Klimaschutz und zur Kompensation vorhabenbedingter Treibhausgasemissionen erläutert.*

*Bitte nutzen Sie die Lesezeichen im pdf-Dokument.*

Moorböden, kohlenstoffreiche Böden, Bodenschutz beim Bauen.

#### 1. Moorböden und Moorbodenschutz

Moorböden erfüllen wichtige natürliche Funktionen für Mensch und Umwelt, z. B. als spezieller Lebensraum für Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen, als Bestandteil der Wasser- und Nährstoffkreisläufe oder als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte (BBodSchG §2, LABO 2017a). Zudem werden viele Moorböden landwirtschaftlich genutzt. Besondere Aufmerksamkeit erfahren die durch organisches Material geprägten Böden seit einigen Jahren aufgrund der Klimafunktion als Quelle oder Senke von Treibhausgasen und somit im Sinne eines Kohlenstoffspeichers (WILLAND et al. 2014, BODLE et al. 2023). Bund und Länder haben die Moorböden deshalb als bedeutsames Handlungsfeld für den Klimaschutz identifiziert (BMUV & BMEL 2021). Auch die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz unterstreicht den besonderen Bedarf an Moor-

bodenschutz, mit Betonung der Rolle der Böden im Landschaftswasserhaushalt (LABO 2017a, 2017b). Moorböden und deren Erhalt sind also ein wichtiger Bestandteil der Bestrebungen zu Klimaschutz und Klimafolgenanpassung.

#### Ziele des Moorbodenschutzes

Moorbodenschutz zielt auf den Erhalt der Bodensubstanz, also der moorbildenden Substrate Torf und Mudde, und deren Eigenschaften. Er dient dem Erhalt und der Wiederherstellung der Bodenfunktionen (MOORIS 2023). Hierdurch werden auch negative Auswirkungen auf andere Umweltkompartimente vermieden. Konkrete Ziele sind:

#### Erhalt des Moorbodens:

- Erhalt der Torfsubstanz, Minderung der Torfmineralisation,

- Erhalt der Wasserspeicherfähigkeit und Wasserleitfähigkeit der Torfe,
- Erhalt der Stauschicht an der Moorbasis und der Vernässbarkeit des Standortes,
- Verminderung bis hin zum Stoppen von Höhenverlusten und physikalischer Degradierungsprozesse (Schrumpfung, Setzung),
- Erhalt der Torfstratigrafie als Träger unterschiedlicher Trophiestufen und der Archivfunktion.

#### Minderung von Stoffausträgen:

- Reduzierung der Austräge an gelösten oder gasförmigen, potenziell klimaschädlichen Stoffen,
- Reduzierung von Nährstoffausträgen,
- Verminderung von Stoffausträgen durch Winderosion.

#### Wiederherstellung von Bodenfunktionen:

- Einstellung eines naturnahen Wasserhaushalts,
- Herstellung möglichst standortgemäßer Trophieverhältnisse,
- Initiierung von Torfwachstum,
- Wiedereinbau überschüssiger Torfe an anderen geeigneten Standorten (z. B. (Wieder-)Vernässungsvorhaben),
- Wiederherstellung als Lebensraum moortypischer Tier- und Pflanzenarten,
- Erhalt oder Aufbau des Kohlenstoffspeichers.

Der Wiederherstellung der Bodenfunktionen kommt eine besondere Bedeutung zu, denn aktuell sind mehr als 90 % der Moorböden in einem nicht nachhaltigen Zustand und somit im Prozess der Degradation. Den derzeitigen Zustand zu erhalten reicht daher nicht aus, vielmehr müssen Verbesserungen erreicht werden. Der zentrale Schritt hierfür ist die Einstellung eines naturnahen Wasserhaushalts. Nur so kann die Torfzersetzung gemindert oder vermieden bzw., im Idealfall, die Torfakkumulation initiiert werden. Wird dieses primäre Ziel erreicht, wird ein Beitrag zu Klimaschutzzielen oder ggf. auch Zielsetzungen des Naturschutzes zum Erhalt von Lebensräumen geleistet (u. a. OSTERBURG et al. 2018). Moorbodenschutz bezieht sich deshalb sowohl auf den Erhalt als auch die Wiederherstellung intakter Moore (BMUV & BMEL 2021).

## Begriffsdefinitionen

Im Kontext des Moorbodenschutzes werden einige Begriffe häufig zusammen, teilweise auch synonym verwendet: Moorböden, organische Böden und kohlenstoffreiche Böden. *Per definitionem* ist zu trennen:

- Moorböden sind bodenkundlich definiert als Standorte mit mindestens 30 cm Torf, wobei die Torfschicht mindestens 30 Masse-% organische Substanz<sup>1</sup> enthält; zudem darf die Torfschicht nur mit weniger als 40 cm mineralischer Schichten überlagert sein („Klasse: natürliche und naturnahe Moore“; AG BODEN 2024).
- Organische Böden:
  - Moorböden sind Teil der Abteilung „Organische Böden“ sowie der Unterabteilung „Moore und subhydriche organische Böden“ nach der bodenkundlichen Kartieranleitung (AG BODEN 2024). Auch Moorkultisole stellen eine Klasse innerhalb der o. g. Unterabteilung dar, sofern 30 Masse-% organische Substanz innerhalb der Mischhorizonte vorliegen. Moorkultisole, welche diese Definition nicht erfüllen, sind nicht Teil der organischen Böden.<sup>2</sup>
  - An- und Abmoorgleye sind durch Gehalte organischer Substanz von 15–30 Masse-% definiert und sind dagegen Bestandteil der mineralischen Böden.
- Der Begriff „kohlenstoffreiche“ Böden wird ebenfalls verwendet und ist weiter gefasst. Neben den Moorböden gehören dazu weitere Böden, die innerhalb der oberen 40 cm eine mindestens 10 cm mächtige Schicht aus Torf oder anmoorigem Material mit einem Gehalt an organischer Substanz von mindestens 15 Masse-% aufweisen (HÖPER & GEHRT 2022, GAPKONDV 2025).
- Für weitere Definitionen (z. B. nach IPCC) siehe HÖPER & GEHRT (2022).

Die Anwendung dieser Begriffsdefinitionen ist bedeutsam. Ein in der Planungspraxis noch häufig vorliegendes Missverständnis ist, dass Moorböden mit dem Ökosystem Moor (z. B. mit moortypischer Vegetation) gleichgesetzt werden. Dies führt zu einer stark unterschätzten Verbreitung dieser Böden, z. B. auf Basis von Landnutzungsdaten.

Zudem sind auch einige Moorkultisole zu berücksichtigen, die in ihrem Horizontaufbau und Wasserhaushalt anthropogen verändert sind, jedoch eben-

<sup>1</sup> Die organische Substanz lässt sich durch Division mit dem Wert 2 in den Gehalt an organischem Kohlenstoff umrechnen (vgl. AG BODEN 2024: 222).

<sup>2</sup> Nach Auffassung des LBEG ist ein Kriterium von 50 Vol.-% organischer Anteil (AG BODEN 2024: 457) innerhalb der Umbruchshorizonte aufgrund sehr unterschiedlicher Lagerungsdichten des organischen Materials kein praktikables Kriterium.

falls kohlenstoffreich und klimarelevant sein können und in Niedersachsen erhebliche Flächen prägen (HÖPER & GEHRT 2022, SCHWENK & GEHRT 2023) und zudem im Falle von Deckkulturböden im Liegenden mächtige erhaltene Torfschichten aufweisen können.

### **Moorbodenschutz in Niedersachsen**

Als moorreiches Land, mit ca. 70 % der Hoch- und 20 % der Niedermoore Deutschlands, und gleichzeitig hohem Anteil landwirtschaftlicher Nutzung auf diesen Flächen, trägt Niedersachsen eine besondere Verantwortung beim Moorbodenschutz (MU NIEDERSACHSEN 2020). Damit ist der Moorbodenschutz auch ein wichtiger Beitrag zum Erreichen der Klimaschutzziele des Landes (MU NIEDERSACHSEN 2016). Die Emissionen aus Moorböden und anderen kohlenstoffreichen Böden betragen im Jahr 2020 15,8 Mio t. CO<sub>2</sub>-Äquivalente, was 17,7 % der Treibhausgasemissionen des Landes entspricht (HÖPER 2024).

Vor diesem Hintergrund wurde die Erhaltung von Moorböden und anderen kohlenstoffreichen Böden als übergeordnetes Handlungsfeld im Landes-Raumordnungsprogramm (LROP) identifiziert. Darin wird in 3.1.1. 06 als Grundsatz formuliert:

1. Böden mit hohen Kohlenstoffgehalten sollen in ihrer Funktion als natürliche Speicher für klimarelevante Stoffe erhalten werden.
2. Moore sollen dahingehend entwickelt werden, dass sie ihre natürliche Funktion als Kohlenstoffspeicher wahrnehmen können sowie nach Möglichkeit ihren weiteren natürlichen Funktionen im Naturhaushalt, wie Artenschutz, gerecht werden.

Dazu werden als Ziel der Raumordnung auch Vorranggebiete für die Torferhaltung festgelegt, in denen „[...] die vorhandenen Torfkörper in ihrer Funktion als Kohlenstoffspeicher zu erhalten [...]“ sind (LROP 3.1.1. 07).

Mit dem Ziel, Potenziale zur Erhaltung von Moorböden als Kohlenstoffspeicher und zur Minderung von Treibhausgas (THG)-Emissionen zu erfassen, wurden in der Potenzialstudie „Moore in Niedersachsen“ landesweit Potenziale für die Anhebung der Wasserstände in Moorböden bewertet und priorisiert (MU NIEDERSACHSEN 2025).

Um die Emissionen aus Moorböden zu reduzieren, werden bislang außerdem vor allem Anforderungen an die land- und forstwirtschaftliche Nutzung von Moorböden formuliert und alternative Nutzungskonzepte gefordert (ABEL et al. 2016, LABO 2017a). Gleichzeitig besteht die Notwendigkeit, im Rahmen weiterer Beanspruchungen, wie bei Bauvorhaben, möglichst schonend mit diesen Böden umzugehen. Dies dient auch dazu, die Freisetzung klimaschädlicher Gase gering zu halten, den Zustand der Moorböden zu verbessern sowie zukünftige Wiedervernässungsmaßnahmen nicht zu erschweren und so zur Erfüllung der Ziele beizutragen.

Niedersachsen ist durch die notwendigen Projekte des Netzausbaus im Rahmen der Energiewende in besonderem Maße betroffen (BNETZA 2025). Zahlreiche Linienbauwerke (Erdkabel und Freileitungen, Erdgas- und Wasserstoffleitungen, vgl. Abb. 1) werden umgesetzt, verbunden mit den erforderlichen Umspannwerken oder Konverter- und Verdichterstationen. Auch der allgemeine Ausbau der erneuerbaren Energien durch Windenergieanlagen, Freiflächen-PV-Anlagen, ebenso wie die fortlaufende Ausweitung der Siedlungs- (Wohnungsbau, Gewerbeflächen) und Verkehrsflächen (insbesondere Fernstraßenbau), beanspruchen Moorböden in z. T. erheblichem Ausmaß. Es besteht daher zunehmend Bedarf an Regelungen und Hinweisen für einen möglichst schonenden Umgang mit diesen Böden.



Abb. 1: Verlegung von Hochspannungserdkabeln durch Niedermoorböden in Südniedersachsen (Foto: Stadtmann, LBEG).

## 2. Moorbodenschutz bei Bauvorhaben

### 2.1 Bodenschutz beim Bauen

In den vergangenen Jahren wurden Standards und Handlungshilfen zum Bodenschutz bei Bauvorhaben entwickelt (u. a. BVB 2013, DIN 19639, HAMMERSCHMIDT & STADTMANN 2019, LLUR 2021). Die darin formulierten Anforderungen und Empfehlungen bedürfen für Moorböden einer weiteren Differenzierung, da diese aufgrund ihrer besonderen physikalischen Eigenschaften und ihrer hohen Empfindlichkeit gegenüber Eingriffen spezifische Anforderungen an Planung und Bauausführung stellen. Zudem sind moorbodenspezifische Erfahrungen und Erkenntnisse systematisch zu berücksichtigen.

Voraussetzung für die Entwicklung wirksamer und praktikabler Schutzmaßnahmen ist ein Verständnis der Auswirkungen von Baumaßnahmen auf Moorböden sowie der mit Bauvorhaben verbundenen Risiken und geotechnischen Anforderungen (Kap. 2.2 und 2.3). Darauf aufbauend werden Planungsgrundsätze (Kap. 2.4), Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen (Kap. 2.5) sowie Hinweise zur Rekultivierung von Eingriffsflächen (Kap. 2.6) dargestellt. Zur fachgerechten Umsetzung der Bodenschutzanforderungen sollte bodenkundliches Fachpersonal im Rahmen einer bodenkundlichen

Baubegleitung (BBB) eingebunden werden. Die rechtliche Grundlage hierfür bildet § 4 Abs. 5 BBodSchV. Die nachfolgenden Ausführungen sollen dazu beitragen, die Anforderungen des Moorbodenschutzes in der Planung und auf der Baustelle praxisgerecht umzusetzen.

### 2.2 Auswirkungen von Baumaßnahmen auf Moorböden

Je nach Baumaßnahme (z. B. Linienbauwerk mit Wiederverfüllung, dauerhafte Inanspruchnahme für Linien- und Flächenbauwerk oder Aufständigung von Photovoltaik-Freiflächenanlagen) variieren die Folgen und Vermeidungsmöglichkeiten. Deshalb sind in Anhang 1 unterschiedliche Wirkfaktoren aufgeführt und hinsichtlich der Auswirkungen bewertet. In Anhang 2 werden diese Wirkfaktoren dann Baumaßnahmen auf Moorböden zugeordnet.

Im Folgenden werden einige bedeutsame Aspekte der Auswirkungen von Baumaßnahmen auf Moorböden beschrieben. Der Fokus liegt hierbei insbesondere auf irreversiblen Schäden, die in den Böden entstehen können. Die Bewertungen basieren auf langjährigen Erfahrungen aus bodentechnologischer Forschung und auf Untersuchungen, die im Kontext der landwirtschaftlichen Nutzung von Mooren und den resultierenden Treibhausgasemissionen durchgeführt wurden und werden (u. a. NLFB

2002, ZEITZ & VELTY 2002, HÖPER 2015). Darüber hinaus stammen die Erkenntnisse aus Renaturierungsprojekten (z. B. GRAF et al. 2022), aus der Moorkartierung (u. a. SCHWENK & GEHRT 2023) oder auch dem Moorbodenmonitoring (z. B. FRANK et al. 2025). Nicht zuletzt liegen Erfahrungen zu den Auswirkungen von Infrastrukturprojekten auf Moorböden vor, die bereits vor Jahrzehnten Gegenstand von Untersuchungen waren (EGGELSMANN 1979, EGGELSMANN 1990c), und es fließen Erkenntnisse des LBEG aus der aktuellen Planungs- und Baupraxis, der Begleitung von Bauvorhaben und dem eingehenden fachlichen Austausch ein.

### Störung der Einbettung in die Landschaft

Moorböden sind Bestandteil des Geoökosystems (vgl. Abb. 2). Eingriffe in diese Böden verändern somit Funktionen dieser Böden im Landschaftshaushalt.

- **Moorstratigrafie**

Aufgrund unterschiedlicher klimatischer und topografischer Bedingungen bei ihrer Entstehung und Entwicklung weisen Moore eine standorttypische Stratigrafie, d. h. eine Abfolge von Substratschichten, auf. Diese spielt auch für ihren Erhalt und für eine mögliche Wiedervernässung eine besondere Rolle. Natürliche Hochmoore sind von der Basis bis zur Geländeoberfläche durch eine Substratabfolge von Mineralkörper (mit Grundwasserleitern und -geringleitern), Mudden (bei Verlandungsmooren), Niedermoor-torfen (sofern vorhanden) sowie Schwarztorfen und Weißtorfen gekennzeichnet (Abb. 2, oben). Über eine vertikale Distanz von wenigen Metern findet man Substrate mit erheblichen Unterschieden in ihren mineralischen, trophischen und hydrologischen Eigenschaften. Entnahme und Vermischung der Substrate kann zu erheblichen Veränderungen oder Störungen der Funktionsfähigkeit des Bodens führen.

- **Moorhydrologie**

Moore sind in die hydrologischen Verhältnisse einer Landschaft eingebettet, beeinflussen diese aber auch und haben teilweise einen eigenen Wasserhaushalt. Niedermoore werden vom Grundwasser durchströmt, liegen also im Grundwasserkörper. Niedermoore können an ihrer Basis, z. B. durch Mudden, stauende Schichten aufweisen, die den vertikalen Wasserfluss hemmen. Bei positiver klimatischer Wasserbilanz kann es dann zu Staunässe, bei negativer Wasserbilanz zu Druckwasserverhältnissen (artesischen Verhältnissen), bei denen der Druckwasserspiegel des Grundwasserleiters über dem Moowasserspiegel der Niedermoor-torfe liegt, kommen. Hochmoore haben, bei einem gut ausgeprägten Staukörper aus gering wasserleitendem Schwarztorf, einen eigenen, vom Grundwasserkörper unabhängigen Wasserspiegel (Moowasserkörper). Dieser wird ausschließlich vom Niederschlag gespeist, ist also stark klima- und witterungsabhängig. Der anstehende Weißturf ist gut wasserleitend und wird durch Entwässerungsmaßnahmen oder Störungen relativ schnell und effizient entwässert. Eingriffe vor Ort verändern damit neben der Stratigrafie auch die Hydrologie des Moores.

- **Bereits vorhandene Störungen**

Durch Torfabbau und durch Maßnahmen der Kultivierung (Entwässerung, Düngung, kulturtechnische Maßnahmen) sind die vorhandenen Moorböden auf dem Gros der Flächen bereits in der Vergangenheit stark gestört worden (Abb. 2, unten). Torfabbau, Fehnkultur, kulturtechnische Maßnahmen haben die Torfstratigrafie und die Moorhydrologie in vielen Gebieten stark verändert. Nicht selten stellt sich daher – hinsichtlich des Moorbodenerhalts – auch die Frage, ob eine Baumaßnahme tatsächlich noch zu einer signifikanten Verschlechterung des Moorbodenzustandes bzw. der Erhaltungsbedingungen vor Ort führt. Entscheidend in diesem Zusammenhang ist dann eher die Frage, ob eine Wiedervernässung durch die Baumaßnahme erschwert oder unmöglich gemacht wird.

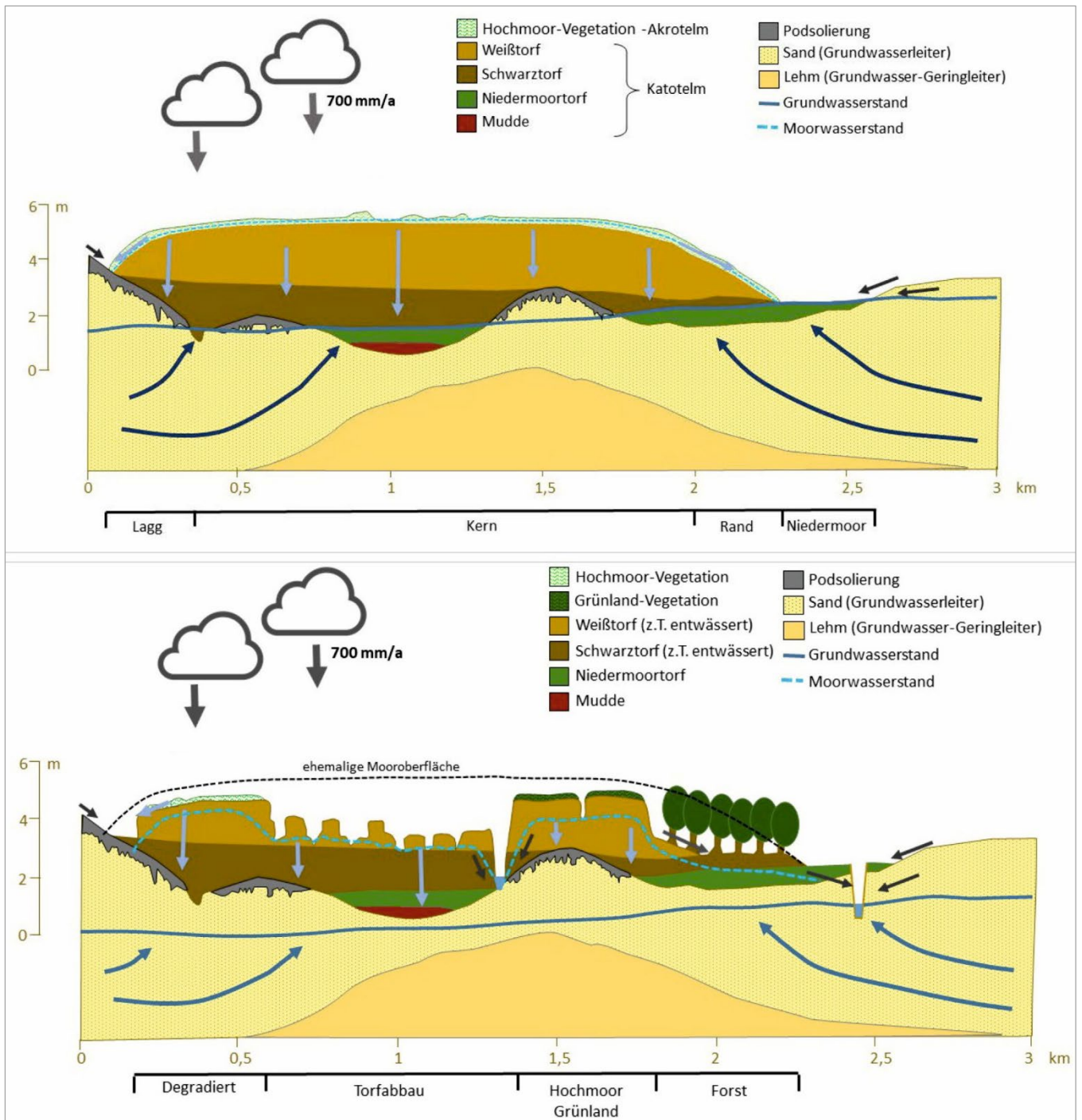


Abb. 2: Schemazeichnungen eines unberührten Hochmoores (oben) und einer degradierten Hochmoorlandschaft (unten) in Folge von Entwässerung und Hochmoor-Nutzung. Der mineralische Untergrund verläuft nicht eben, sondern weist Senken- und Rückenstrukturen auf. Die Senken oder Rinnen können Ausgangspunkt von Niedermoorbildungen und anschließend auch von Hochmoorbildungen sein, die dann als „wurzelechte“ Hochmoore die Rückenstrukturen erschließen. Das Verständnis dieses Aufbaus ist wichtig für die Erfassung der Situation vor Ort und Grundlage für Bodenschutzmaßnahmen (aus: STEGINK-HINDRIKS et al. (2022), verändert).

## Entwässerung

Für Baumaßnahmen auf Moorböden wird in der Regel eine Entwässerung vorgenommen, die temporär oder dauerhaft sein kann. Zudem wird der Boden häufig temporär oder dauerhaft ausgehoben.

Durch die Entwässerung und Belüftung werden mehrere irreversible Prozesse im Moorboden in Gang gesetzt. Ausführlich sind diese Prozesse in FRANK et al. (2025) beschrieben.

- **Setzung** (*bodenkundlich auch: Sackung, Kompression*)

Intakte Moorböden bestehen neben den Pflanzenresten im Wesentlichen aus Wasser, welches einen entsprechenden Auftrieb bewirkt. Wird der Moorboden entwässert, wird der Auftrieb gemindert und damit der Druck durch die oberen Torfschichten auf die unteren Bereiche des Bodens erhöht. Somit setzen sich nach einer Entwässerung alle Torfschichten, auch die dauerhaft wassergesättigten. Die Setzung ist umso größer, je stärker die Wasserstandsabsenkung erfolgt, je mächtiger der anstehende Torf ist und je weniger der Standort durch vorherige Entwässerungen bereits verändert war.

Abhängig von den Randbedingungen kann der Prozess Tage bis Jahre andauern. Durch Setzung nimmt die Geländehöhe ab, und die Lagerungsdichte der Torfe nimmt zu.

- **Schrumpfung**

Im bodenkundlichen Sinne ist Schrumpfung eine Volumenreduzierung aufgrund von Austrocknung. Durch Wasserentzug entwickeln sich konkave Wassermenisken innerhalb der Bodenmatrix. Die auftretenden Spannungen führen zu einer Verringerung des Porenraums und damit zu einer Verringerung des Bodenvolumens (SEIDEL et al. 2023). Schrumpfung führt zu einem Absonderungsgefüge mit verdichteten Aggregaten und Schrumpfrissen zwischen den Aggregaten infolge des freigewordenen Bodenraums (s. Abb. 3). Durch Schrumpfung entstehen Aggregate, die Trockenraumdicke bestehender Aggregate sowie der schrumpfenden Horizonte als Ganzes nimmt zu, und die Geländehöhe nimmt ab. Schrumpfung tritt nur in den entwässerten Horizonten auf. Eine Reversibilität der Schrumpfung durch Quellen bei einer erneuten Sättigung des Bodens mit Wasser kann bei Mooren ggf. angenommen werden, wenn die Entwässerung nur kurzzeitig ist, d. h. nur wenige Wochen anhält. Bei anhaltender Entwässerung ist die Schrumpfung in den betroffenen Bereichen des Torfs hingegen irreversibel (GEBHARDT et al. 2010, SEIDEL et al. 2023). Sehr kritisch kann auch die Zwischenlagerung von organischen Mudden an der Oberfläche sein, da irreversible starke Schrumpfungen auftreten können.



Abb. 3: Große Schrumpfrisse (>1 m tief, <0,2 m breit) in entwässerten Moorböden nach Trockenjahr (Foto: Evertsbusch, LBEG).

- **Torfmineralisation** (*bodenkundlich auch: Zersetzung*)

Die aus Pflanzenresten bestehenden Torfe sind aufgrund von Wassersättigung und Sauerstoffmangel erhalten. Werden diese entwässert und belüftet, setzt Mineralisation ein. Die komplexen organischen Verbindungen werden zu niedermolekularen anorganischen Molekülen zersetzt. Dabei werden Treibhausgase, mineralische Nährstoffe und/oder Huminstoffe freigesetzt. Die Bodensubstanz und die Struktur der Torfe gehen verloren (u. a. HÖPER 2015, LABO 2017a). Durch Torfmineralisation nimmt die Geländehöhe ab, der Kohlenstoffgehalt des Bodens nimmt ab, und der Aschegehalt sowie die Lagerungsdichte nehmen zu.

Die drei genannten Teilprozesse führen zu umfangreichen Veränderungen der Böden, die irreversibel oder nur teilweise reversibel sind. Das Porenvolumen in den Böden ändert sich: Der Anteil der Makroporen nimmt stark ab, während der Anteil der Mikroporen zunimmt. Daraus folgt, dass die Wasserleitfähigkeit im Boden abnimmt. Es können stauende Schichten entstehen, welche sowohl Infiltration und Versickerung als auch kapillaren Aufstieg beeinträchtigen (ROESCHMANN et al. 1993, EGGELSMANN 1990b). Dies beeinträchtigt die Hydrologie des Moorbodens zusätzlich. Auch kann die Benetzbarkeit der Torfe im Oberboden – in Abhängigkeit von der Dauer der Entwässerung – stark abnehmen (Hydrophobizität; ROESCHMANN et al. 1993, SZAJDAK & SZATYLOWICZ 2010). Aus den skizzierten Prozessen und Auswirkungen folgen Veränderungen der natürlichen Bodenfunktionen (u. a. Wasseraufnahme- und Speichervermögen als Bestandteil der

Funktion im Naturhaushalt, Wasserbereitstellung im Rahmen der Lebensraumfunktion, Klimafunktion). Im Grundsatz gelten diese Auswirkungen sowohl für Niedermoore als auch für Hochmoore, wenngleich Unterschiede im Ausprägungsgrad zu erwarten sind.

### Schädigung des Staukörpers

Hochmoore sind in ihrem Wasserhaushalt insbesondere durch Regenwasser geprägt. Die Entwicklung erfolgte i. d. R. ausgehend von Niedermoor-komplexen in Senkenpositionen (vgl. Abb. 2). „Wurzelechte“ Hochmoore liegen außerhalb dieser Entstehungskerne auf dem mineralischen Untergrund (beispielsweise Dünenkörper, (Grund-/End-)Moränenaufragungen). Eine wichtige Voraussetzung für die Torf- bzw. Moorbildung ist die Ausbildung eines Staukörpers zu Beginn der Entstehung. Dies sind heute insbesondere stärker zersetzte Torfschichten im unteren Bereich des Moorkörpers (Schwarztorf, vgl. Abb. 2). Zudem können primär gering durchlässige geologische Schichten wie Geschiebelehm oder pedogen entstandene Ortsteinhorizonte von Bedeutung sein (SCHÄFER et al. 1987, HOFER et al. 2022). Auch für die Entstehung von Niedermooeren können letztgenannte stauende Schichten relevant sein. In Verlandungsmooeren, die aus einer Verlandung eines Sees entstanden sind, können Mudden eine stauende Wirkung entfalten.

Wird der Staukörper durch Baumaßnahmen beschädigt, z. B. durch eine Gründung bis in den mineralischen Untergrund, das Anlegen eines Rohr-/Kabelgrabens mit Eintrag von durchlässigerem Material oder einen flächenhaften Abtrag der stauenden Schichten, können die hydrologischen Eigenschaften durch Entwässerung beeinträchtigt werden. Schneiden Gräben bis in den mineralischen Untergrund ein, findet hierüber eine Entwässerung statt. „Ein Einschnitt der Entwässerungsgräben in den Niedermoor-torf oder den mineralischen Untergrund hebt die Unabhängigkeit des hochmooreigenen Wasserregimes auf und führt zu [...] [einem Anschluss an] den Grundwasserkörper.“ (HOFER et al. 2022: 24). Der Wasserstand im Moorboden ist dann an den Grundwasserstand im mineralischen Liegenden gekoppelt, eine Wiedervernässung wäre nur durch Anhebung des Gebietsgrundwasserstandes möglich, was eine Vernässung extrem erschweren würde.

Eine Störung der Stauschicht kann auch zu einer Vernässung führen. Tritt gespanntes Grundwasser z. B. in Talniederungen auf, bei dem stauende Schichten von unten durch Grundwasser unter Druck stehen, können Eingriffe in die Schichten zu

einer Bewässerung führen. „Werden solche Deck-schichten beim Rohrleitungsbau gestört oder durchstoßen, so tritt im Bereich der Trasse eine akute Versumpfung auf, es wurden dann [...] mehrfach in der Trasse zutage getretene Quellen beobachtet.“ (EGGELSMANN 1990b: 356).

### Physikalische Belastung

Physikalische Belastungen bzw. Einwirkungen können z. B. durch die Befahrung mit schweren Maschinen, die Lagerung von Torf in Bodenmieten oder durch die Auflast von Baustraßen oder Baustelleneinrichtungsflächen entstehen.

Torfe weisen u. a. mit zunehmender Wassersättigung eine geringe Tragfähigkeit auf (s. Abb. 4). Nasse Moorböden und anmoorige Böden, insbesondere stark zersetzte Torfe, sind besonders empfindlich gegenüber Gefügeschäden infolge von mechanischer Belastung (DIN 19639, BUG et al. 2020, LLUR 2021).



Abb. 4: Auch kleinere Maschinen auf Ketten können bei nas-sen Bedingungen einsinken, hier beim Bau einer Frei-flächen-Photovoltaikanlage (Foto mit freundlicher Ge-nehmigung von L. Kaper).

Es können mehrere Teilprozesse infolge einer Be-lastung unterschieden werden: die Sofortsetzung (luftgefüllte Makroporen) sowie die primäre (Konso-lidation) und sekundäre, langfristig ablaufende, Set-zung der mit Wasser gefüllten Bereiche des Bodens (MORDHORST et al. 2018). Durch die Belastungen wird das Wasser aus den Poren gepresst und der Torf komprimiert, d. h. der Torf setzt sich. Zu beach-ten ist, dass primäre und sekundäre Setzungen zeitverzögert eintreten. Eine weitere Beschreibung erfolgt in Kapitel 2.3.

Der Großteil der eintretenden Setzungen ist somit nicht reversibel. Andere aus Moorböden bekannte Prozesse, wie die Hebung von Geländeoberflächen bei Vernässung oder die Mooratmung durch sich ändernde Wasserstände, sind davon zu unter-scheiden.

Durch die Setzungen kann der Wassertransport im Boden (vertikal und lateral) beeinträchtigt werden. So kann es z. B. zur Verminderung der Infiltrationsleistung und Versickerung und folglich zu Staunässe kommen, die Funktionen des Bodens im Naturhaushalt und als Vegetationsstandort werden beeinträchtigt (vgl. auch obige Ausführungen zur Entwässerung).

### Umlagerung und Vermischungen

Wird der Torf ausgehoben und um- oder zwischen- gelagert, wird das Porensystem des Bodens verändert (z. B. erhöhter Anteil von Mittel- und Feinporen). Auch bei einer Rückverfüllung des Torfes (z. B. in einen Kabelgraben) können deutliche Veränderungen der bodenphysikalischen Eigenschaften auftreten (u. a. MORDHORST et al. 2018). Der Umfang dieser Veränderungen ist abhängig von der Torfart und dem Zustand (z. B. Zersetzungsgrad, Anteil und Struktur der Pflanzenrückstände). Nach EGGELSMANN (1990b: 356) kann infolge der Bodenarbeiten aufgrund der Verringerung des Anteils der Makroporen die Wasserdurchlässigkeit stark abnehmen, die Versickerung gemindert und die Luftdurchlässigkeit wesentlich verringert werden. Mineralische Beimengungen in den Torfen, die im Zuge des Bauprozesses auftreten können, verringern je nach Umfang zudem die nutzbare Feldkapazität des Materials negativ (in Anlehnung an ROESCHMANN et al. 1993). Sandige Substrate, die mit viel Torf (v. a. bei hohem Zersetzungsgrad) vermengt werden, neigen zudem zu Staunässe, da die Poren mit dem Torf ausgefüllt werden können. Somit ist von einer Verringerung der Funktion des Bodens im Wasserhaushalt und als Pflanzenstandort auszugehen.

Aus Vermischungen können bei Leitungsbauvorhaben, abhängig von Aushubtiefe und Mächtigkeit der Torfschichten, im Vergleich zu den umliegenden Böden stark veränderte chemische und physikalische Bodeneigenschaften resultieren (PROBST et al. 2019). Wird nicht auf eine saubere Materialtrennung und den schichtgerechten Wiedereinbau geachtet, kann dies für die landwirtschaftliche Nutzung wesentliche negative Folgen haben. An die Oberfläche gebrachte, stark zersetzte Hochmoor-Schwarztorfe weisen z. B. für eine Nutzung sehr ungünstige pflanzenphysiologischen Eigenschaften auf (schwierige Nährstoff-, Wasser- und Lufthaushaltseigenschaften, schnelle Vermulmung, starke Aggregation), welche die landwirtschaftliche Nutzung beeinträchtigen können. Die Substrate sind sehr verdichtungsempfindlich und neigen stark zu Gefügeschäden infolge von mechanischen Belastungen, was wiederum sehr begünstigend auf

Vermulmungsprozesse wirkt. Wird stark vererdeter Oberboden flächenhaft in tiefere Bodenschichten eingebracht, kann dies wiederum zu Staunässe führen.

Die Torfstratigraphie (v. a. vererdeter Oberboden, Weißtorf, Schwarztorf, Niedermoor- torf, vgl. Kap. 2.5) muss also erhalten werden. Dies kann in der Praxis allerdings auch an Grenzen der Umsetzbarkeit stoßen (vgl. Abb. 5 und 6).



Abb. 5: Die Trennung des Bodenmaterials stößt gerade bei kleinräumigen Variabilitäten in der Mächtigkeit an Grenzen. Beispiel aus der Marsch mit eingeschalteten Niedermoor- torfen, aufgeschlossen in instabilem Leitungsgaben. Unten im Profil ist ein Baumstamm sichtbar (Foto: Hammerschmidt/Stadtman, LBEG).

Vermischungen von Bodenmaterial können zudem zu kleinräumig unterschiedlichem Setzungsverhalten und damit nachteiligen Oberflächeneigenschaften führen. Dies kann auch Moorkultisole betreffen: In Sanddeck- und Sandmischkulturen können so durch Baumaßnahmen negative Effekte auf die spätere landwirtschaftliche Nutzung entstehen, z. B. eine Verringerung der Wasserleitfähigkeit oder den Verlust der Tragfähigkeit.

SCHWENK & GEHRT (2023: 34) beschreiben zudem auf Böden mit flacher Torfauf- lage einen Durchmischungsprozess durch die Befahrung mit schweren Maschinen bei Wassersättigung, wobei die Maschinen bis auf tragfähigere Mineralbodenschichten (häufig Sand) einsinken und für Vermischungen, Abscherungen und somit starke Störungen des Porensystems sorgen. Grundsätzlich ist nach dem Wiedereinbringen der Torfe in gestörte Struktur mit späteren Setzungen und damit einhergehend ggf. mit einer zusätzlichen Vernässung zu rechnen.

Die Archivfunktion von Moorböden geht durch Vermischungen vollständig verloren und kann nicht wieder hergestellt werden.



Abb. 6: Bei Umbruchböden ist eine Trennung der Sand- und Torfbalken nicht möglich (Foto: Hammerschmidt/ Stadtmann, LBEG).

### 2.3. Geotechnische Ansprüche und Herausforderungen bei Baumaßnahmen auf Moorböden

Zentraler Anspruch der Geotechnik ist es, ein standsicheres und gebrauchstaugliches Bauwerk zu garantieren. Dabei können entgegengesetzte Ziele zum Bodenschutz vorliegen, was die Suche nach verträglichen Vorgehensweisen erfordert. Bodenschutz beim Bauen kann insbesondere dann erfolgreich sein, wenn die Ansprüche des Bauvorhabens und notwendige Bodenschutzmaßnahmen zusammengebracht werden können.

Basierend auf den Ausführungen in Kapitel 2.2 können folgende geotechnische Aspekte hervorgehoben werden:

Moorböden bzw. Torfe weisen, wie beschrieben, einen hohen organischen Anteil und eine hohe Wassersättigung auf. Auch weitgehend unzersetzte Pflanzenfasern können noch enthalten sein. Die Zusammensetzung der Böden führt zu einer sehr geringen Steifigkeit und damit einer sehr geringen Tragfähigkeit dieser Böden (Weichboden). Bauen auf Moorböden ist deshalb mit Risiken verbunden.

Grundsätzlich können wegen der geringen Tragfähigkeit der Moore bzw. Torfe zusätzliche Lasten bzw. Laständerungen zu Grundbrüchen oder Gelände-/Böschungsbrüchen führen.

Unter Grundbruch versteht man geotechnisch das Ausweichen des tragenden Bodens unter steifen Bauteilen/-werken (wie z. B. Baugeräte, Baggermatzen, Fundamente) bei zunehmender Erhöhung der Lasten der steifen Bauteile/-werke. Beim Grundbruch wird der Scherwiderstand des Bodens entlang einer Fuge oder in einem ganzen Gebiet erreicht bzw. überschritten, und es kommt zum Bruch.

Geotechnisch wird der klassische Fall des Böschungs- bzw. Geländebruchs dadurch ausgelöst, dass zu große Lasten in Form von schlaffen Bauwerken, wie z. B. durch Errichtung eines Dammes oder einer Bodenhalde, aufgebracht werden oder zu große Laständerungen durch die Herstellung von Böschungen, wie z. B. bei Leitungsgräben, generiert werden. Führt eine zu hohe Oberflächenlast, eine zu große Laständerung oder ein zusätzlicher Wasserdruck durch die Baumaßnahme zu Kräften, die nicht mehr mit den Reaktionskräften des Bodens im Gleichgewicht stehen, entsteht ein Böschungs- bzw. Geländebruch.

Werden Lasten auf einen Moorboden aufgebracht, reagiert dieser wegen der sehr geringen Steifigkeit bzw. Tragfähigkeit mit ausgeprägten Setzungen (Verformungen), d. h. der Moorboden wird zusammengedrückt. Zudem treten die Setzungen häufig nicht sofort, sondern zeitverzögert ein (vgl. Kap. 2.2). Wird der Moorboden belastet, kann das Wasser in den Poren wegen der geringen Wasserdurchlässigkeit nicht sofort entweichen. Es baut sich ein Porenwasserüberdruck auf, der die effektive Spannung reduziert. Erst wenn das Wasser entweicht, kann sich die effektive Spannung erhöhen und der Boden sich setzen. Bei diesem Vorgang der zeitabhängigen Verformung spricht man von Konsolidation (vgl. Kap. 2.2). Der Vorgang kann je nach Durchlässigkeit, Steifigkeit und Mächtigkeit der Moorböden Tage bis Jahre dauern.

Weitere Setzungen bzw. Sackungen können durch Schrumpfung und Zersetzung durch Wasserentzug entstehen (vgl. Kap. 2.2). Setzungen und insbesondere Setzungsdifferenzen können die Gebrauchstauglichkeit eines Bauwerkes einschränken oder verhindern. Bauen auf weichen Böden stellt hohe technische Anforderungen und erfordert wegen der sehr geringen Tragfähigkeit besondere Gründungsmaßnahmen und gegebenenfalls bodenverbessernde Maßnahmen<sup>3</sup>, um die langfristige Ge-

<sup>3</sup> In der Geotechnik feststehender Begriff, der technische Maßnahmen zur Veränderung der mechanischen oder hydraulischen Eigenschaften des Baugrunds zusammenfasst. Bodenkundlich werden darunter hingegen häufig kulturtechnische Maßnahmen zur Verbesserung der (landwirtschaftlichen) Bodennutzbarkeit verstanden (z. B. Meliora-

tion). Hierbei ist zu beachten: Wenn die Maßnahmen lediglich bauteillich vorgenommen werden und nicht dauerhafte Baugrundeigenschaften begründen sollen, können sie eine schädliche Bodenveränderung im Sinne des Bodenschutzrechts und erhöhte Rekultivierungs- (z. B. Bodenaustausch) und Kompensationsaufwendungen auslösen.

brauchstauglichkeit und Standsicherheit sicherzustellen.

Nachfolgend sind einige Maßnahmen bzw. Gründungsarten im Überblick aufgelistet, die auch kombiniert zum Einsatz kommen können (siehe hierzu Anhang 1).

- (Grund-)Wasserhaltung: Entwässerung der anstehenden Böden mit einer offenen und/oder geschlossenen Wasserhaltung z. B. mittels Gräben, Drainage, Spüllanzen, Brunnen.
- Bodenaustausch: Entfernen des Moorbodens bis in eine tragfähige Tiefe unterhalb des Moorbodens und Einbau von mineralischem Ersatzmaterial.
- Vorbelastung: Durch Aufbringen von hohen Lasten, wie z. B. Sanddämmen, ggf. kombiniert mit Vertikaldräns, erfolgt eine Setzungsvorwegnahme. Vertikaldräns sorgen für eine Änderung der Fließwege und reduzieren so den zeitlichen Verlauf der Setzungen. Die Vertikaldräns verbleiben i. d. R. im Untergrund.
- Flächengründungen: Biegesteife Fundamentplatten verteilen die Last großflächig auf den Moorboden. Mit größeren Setzungen ist weiterhin zu rechnen.
- Vertikale Tragelemente, wie z. B. Pfähle, Schottertragsäulen, Rüttelstopfsäulen, tragen die Lasten in unterlagernde tragfähige Bodenschichten ab. Mit Umläufigkeiten des Grundwassers oder veränderten Fließwegen ist zu rechnen.
- Erhöhung der Tragfähigkeit durch die Zugabe von Bindemitteln.<sup>4</sup>

Weitere Maßnahmen zur Umsetzung des Bauvorhabens, die gleichzeitig auch Vermeidungs- und Minderungsaspekte zum Bodenschutz beinhalten, sind:

- Wegebau, z. B. durch temporäre und rückbaubare Wege statt dauerhafter Flächenbeläge, Geotextilien oder Trennvliese unter dem Belag minimieren hierbei den direkten Kontakt zwischen Moor und mineralischem Material, sowie Einsatz von Baugeräten mit geringer Bodenpressung wie z. B. Moorraupen (vgl. hierzu auch Kapitel 2.5).
- Verwendung von Leichtbaustoffen, wie z. B. der Bau von Straßendämmen mit Hartschaumstoffen, die den Lasteintrag reduzieren.
- Bodenbewehrung: Geogitter oder -textilien werden zur Stabilisierung von Böden eingesetzt und können das Setzungsverhalten durch eine

Vergleichmäßigung der Lastverteilung reduzieren und die Befahrbarkeit verbessern.

Die aufgeführten Maßnahmen und Gründungsarten haben unterschiedliche Vor- und Nachteile mit Blick auf Moorböden. Anhang 1 gibt hierzu einen orientierenden Überblick.

## 2.4 Moorbodenschutz in der Planung

Um einen möglichst schonenden Umgang mit den Böden zu erreichen, ist eine frühzeitige und durchgehende Berücksichtigung des Schutzgutes Boden über alle Planungsebenen hinweg von besonderer Bedeutung (LBEG 2017, LABO 2018). Auf Basis der in diesem Kapitel genannten Datengrundlagen und Untersuchungen sind die Böden im Planungsprozess regelhaft hinsichtlich der Funktionserfüllung und insbesondere der Empfindlichkeit gegenüber dem Vorhaben zu bewerten (vgl. hierzu LABO 2025a, STADTMANN et al. 2022 und Kap. 2.2).

Grundlegende Prämisse sollte sein, Moorböden im Sinne des Vermeidungsgrundsatzes bereits in der Planung von Baumaßnahmen und Infrastrukturprojekten so weit wie möglich zu umgehen oder eine Verbesserung des Moorzustandes nach Abschluss der Baumaßnahme anzustreben. Daraus folgt, dass die Böden bereits frühzeitig in der Planung Berücksichtigung finden müssen. Ist eine Inanspruchnahme unvermeidlich, sind die Auswirkungen durch entsprechende Maßnahmen zu minimieren. Funktionseinschränkungen sind möglichst zu beheben und ein dauerhafter Funktionsverlust zu kompensieren. Dazu ist es erforderlich, die Besonderheiten dieser Böden und besondere Ansprüche bei Baumaßnahmen zu verdeutlichen, um in der Praxis umsetzbare Maßnahmen daraus abzuleiten.

Bodenschutz beim Bauen beginnt bereits im Planungsprozess. Für größere Vorhaben relevant sind insbesondere:

- vorgelagerte Planung (Raumverträglichkeit, Bundesfachplanung),
- Genehmigungsplanung,
- Ausführungsplanung.

Für diese Planungsebenen werden im Folgenden einige Hinweise gegeben.

<sup>4</sup> Anmerkung: Aus Bodenschutzsicht ist diese Maßnahme kritisch zu bewerten, da sie dauerhafte negative Veränderungen der Böden

darstellt (u. a. hohe pH-Werte, Eintrag von Grobboden etc., siehe FELDWISCH 2024).

## Vorgelagerte Planung (Raumverträglichkeit)

Auf der Ebene der Raumordnung oder Bundesfachplanung ist bei Linienbauvorhaben der Vorzugskorridor mit Hilfe bodenschutzfachlicher Kriterien so zu ermitteln, dass Moorböden soweit wie möglich gemieden werden. Dabei ist dem Schutzgut Boden bei der üblichen Raumwiderstandsbewertung ein angemessen hoher Raumwiderstand zuzuordnen (siehe folgende Ausführungen). Bei Moorböden ist je nach Ausprägung im Regelfall ein sehr hoher oder hoher Raumwiderstand anzunehmen, weil auch bei Umsetzung aller geeigneten Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen ein Dauerschaden zu erwarten ist (vgl. Kap. 2.2, Kap. 2.5). Vergleichbar sollte bei Flächenbaustellen bei der Alternativenprüfung vorgegangen werden.

### Frühzeitige Berücksichtigung über Raum- und Bauwiderstände

Moorböden haben durch die Funktion als Kohlenstoffspeicher in Niedersachsen eine raumordnerische Relevanz (vgl. Kap. 1). Darüber hinaus sind Moorböden, z. B. mächtige Hochmoore, auch Teil der Kulisse der besonders schutzwürdigen Böden aufgrund der besonderen Erfüllung der Archivfunktion (BUG et al. 2019). Diverse Moorkultisole sind Archive der Kulturgeschichte. Auch diese besonders schutzwürdigen Böden sind gemäß LROP (3.1.1 04) vor Maßnahmen der Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung besonders zu schützen. Unter anderem aus diesen Gründen ist eine Berücksichtigung in frühzeitigen Planungsstadien (z. B. Raumverträglichkeitsprüfungen (früher: Raumordnungsverfahren), Präferenzraumermittlungen bzw. Bundesfachplanungsverfahren geboten (Lenkungswirkung). In den sich i. d. R. anschließenden Planfeststellungsverfahren besteht innerhalb des vorgegebenen Korridors dann nur noch eingeschränkt die Möglichkeit, Moorböden tatsächlich zu meiden. Gleichwohl bestehen weitere Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen, die dann Anwendung finden müssen (vgl. Kap. 2.5).

Zur Berücksichtigung von Böden in überordneten, bundesweiten Planwerken (z. B. Netzentwicklungspläne Strom und Gas, Bundesverkehrswegeplan)

sind bundesweite Kulissen verfügbar, die z. B. im Rahmen der Strategischen Umweltprüfung (SUP) genutzt werden können. Zu nennen sind hier kleinmaßstäbige Auswertungen der BÜK250 (BGR 2025, LABO 2025b). Aus fachlicher Sicht ist hier jedoch bereits die Verwendung mittelmaßstäbiger Daten möglich und zielführend, in Niedersachsen der Bodenkarte 1 : 50.000 (BK50). In der Bewertung sollten Moorböden über Raum- und Bauwiderstände berücksichtigt werden (vgl. z. B. LABO 2018, BNETZA 2025). Raumwiderstände bezeichnen dabei nach BNETZA (2025) Bereiche mit besonderen raum- und umweltbezogenen Wertigkeiten, die frühzeitig berücksichtigt werden sollen, während Bauwiderstände Bereiche mit bautechnisch schwierigen Eigenschaften abbilden (s. Tab. 1). Zudem werden Moorböden als Flächenkategorien in der SUP geführt (BNETZA 2025). Aus Sicht der LABO (2018) sollten insbesondere naturnahe Moore der sehr hohen Raumwiderstandsklasse (RWK) 1 und organischen Böden allgemein ein besonderer Schutzbedarf zugewiesen werden.

- Zur Ermittlung der naturnahen Moore könnte die im MoorIS enthaltene Karte der Moorbiootope ausgewertet werden (MoorIS → Karten → Biootope → *Moorbiotope*) und mit bodenkundlichen Daten kombiniert werden.
- Der weit überwiegende Teil der Moorböden in Niedersachsen wird landwirtschaftlich genutzt. Wichtig ist deshalb, dass Moorböden bereits auf Basis bodenkundlicher Daten berücksichtigt werden und z. B. nicht nur über die Kategorie „Moor“ oder „Sumpf“ in Landnutzungs- bzw. Landbedeckungsdaten, da hierdurch landwirtschaftlich genutzte Moorböden keine der Empfindlichkeit entsprechende Konflikteinstufung erhalten.
- Um eine Abstufung in den Raum (RWK)- oder Bauwiderstandsklassen (BWK) zu erreichen, kann eine Gliederung nach der Mächtigkeit der Torfschichten zielführend sein (s. Tab. 1).
- Auch über andere Kriterien (z. B. besonders verdichtungsempfindliche Böden, besonders schutzwürdige Böden) sollten Moorböden in der Bewertung berücksichtigt werden.

Tab. 1: Raum- und Bauwiderstandskriterien mit Bezug zu Moorböden und deren Bewertung aus BNETZA (2025). Die abgestufte Bewertung: RWK EH (extrem hoch), RWK I (sehr hoch), RWK II (hoch), RWK III (mittel) bzw. BWK I (sehr hoch), BWK II (hoch), BWK III (mittel). Aus bodenschutzfachlicher Sicht sind Moorböden bzw. deren Empfindlichkeit noch stärker zu bewerten als hier geschehen (siehe Feld Bemerkung) und grünes Textfeld.

| RWK / BWK | Kriterium                               | Bemerkung                                                                                              |
|-----------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| RWK I     | Moore und Sümpfe                        | naturnahe Moore                                                                                        |
| RWK I     | Vorranggebiete für den Schutz der Moore | liegen in Niedersachsen vor (Vorranggebiete für die Torferhaltung)                                     |
| RWK III   | organische Böden                        | LBEG empfiehlt höhere Einstufung bei Verlegung im Boden (RWK II)                                       |
| BWK II    | tiefgründige Torfböden                  | Torfmächtigkeit $\geq 2$ m aus BÜK250, LBEG empfiehlt höhere Einstufung bei Verlegung im Boden (BWK I) |

Tab. 2: Raum- und Bauwiderstandskriterien mit Bezug zu Moorböden und ihre Bewertung aus einem Beispiel der Bundesfachplanung (§ 6 NABEG, AMPRION 2022). Die abgestufte Bewertung: RWK I\* (Verhinderung), RWK I (sehr hoch), RWK II (hoch), RWK III (mittel) bzw. BWK I (sehr hoch), BWK II (hoch), BWK III (mittel).

| RWK / BWK | Kriterium                          | Bemerkung                                                                     |
|-----------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| RWK II    | Moorboden                          | Moorböden allgemein                                                           |
| BWK II    | Baugrund: tiefgründiger Torfboden  | LBEG empfiehlt höhere Einstufung bei Verlegung im Boden (BWK I)               |
| BWK III   | Baugrund: flachgründiger Torfboden | zielführend, da auch flachgründigere Moorböden einen Bauwiderstand darstellen |

Das LBEG empfiehlt eine frühzeitige Berücksichtigung von Moorböden im Planungsprozess. Naturnahe Moorböden und Vorranggebiete für die Torferhaltung sollten RWK I, sonstigen Moorböden RWK II zugewiesen werden. Eine Differenzierung anhand der Torfmächtigkeit kann zielführend sein. Insbesondere mächtige Moorböden sollten eine hohe Einstufung erfahren. Zudem sollten die Herausforderungen beim Bauen auf Moorböden durch entsprechende Bauwiderstandsklassen (BWK I oder gestaffelt nach der Torfmächtigkeit) abgebildet werden.

Die Begriffe der Gründigkeit der Moorsubstrate (tiefgründig, flachgründig etc.) werden in den in diesem Kapitel benannten Vorhaben und Verordnungen bislang unterschiedlich verwendet, was eine Vergleichbarkeit oder auch Kombination erschwert. In Niedersachsen werden die folgenden Mächtigkeitsklassen verwendet:

| Moormächtigkeit [verbalisiert] | Moormächtigkeit [dm] |
|--------------------------------|----------------------|
| flach                          | 2 bis <3             |
| mittel                         | 3 bis <8             |
| abgetorft                      | 3 bis <8 (abgetorft) |
| tief                           | 8 bis <13            |
| sehr tief                      | 13 bis <20           |

Auch auf Landesebene gibt es diverse Beispiele, in denen Vorhaben das Schutzgut Boden und dabei auch Moorböden frühzeitig berücksichtigen und damit Inanspruchnahmen vermeiden können.

### Genehmigungs- und Ausführungsplanung

Im Rahmen der Genehmigungsplanung sind die möglichen Auswirkungen eines Vorhabens auf die Umwelt zu betrachten. Hierfür ist es erforderlich, die bau-, anlage- und betriebsbedingten Wirkungen differenziert zu analysieren und zu verdeutlichen, welche dieser Wirkungen dauerhaft und erheblich sind bzw. wie eine Vermeidung oder Minderung möglich ist (vgl. hierzu Anhang 2).

In der Ausführungsplanung wird das Bauprojekt detailliert geplant und die Vergabe der Leistungen somit konkret vorbereitet. Hier ist es dann zentral, die Arbeiten und Erfordernisse für den Bodenschutz möglichst genau zu kennen und zu verankern.

Die DIN 19639 und das darin beschriebene Bodenschutzkonzept (BSK) bieten für die Genehmigungs- und Ausführungsplanung sowie die folgende Umsetzung einen wichtigen Rahmen (s. Tab. 3). Das BSK ist die Grundlage dafür, die bodenschutzbezogenen Erfordernisse in die Bauausschreibung und das Bauleistungsverzeichnis zu integrieren (FELDWISCH 2024). Dies ist aufgrund der besonderen Eigenschaften von Moorböden und der ggf. speziellen Anforderungen essenziell. Die in der folgenden

Tabelle 3 genannten Inhalte von Bodenschutzkonzepten sind hierfür von besonderer Relevanz und werden deshalb in diesem Geofakt thematisiert. Auf Basis des in der Genehmigungsplanung zu erarbeitenden Bodenschutzkonzeptes können diese Inhalte dann in landschaftspflegerische Begleitpläne oder Umweltberichte einfließen.

Tab. 3: Aufbau eines Bodenschutzkonzeptes nach DIN 19639 und Zuordnung zu Kapiteln in diesem Dokument.

| Inhalt des BSK                                                                                              | Informationen in diesem Dokument |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Vorhabenbeschreibung und Planungsvorgaben                                                                   | Kapitel 2                        |
| bodenbezogene Datenerfassung und Bewertung                                                                  | Kapitel 2.4, Anhang 4            |
| Auswirkungen, vorhabenbezogen zu erwartende Beeinträchtigungen der Bodenqualität und der Funktionserfüllung | Kapitel 2.2, Anhang 1 und 2      |
| Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen mit konkreter Beschreibung der geplanten Maßnahmenumsetzung            | Kapitel 2.2, 2.5                 |
| Bodenschutzplan als räumliche Darstellung der baubegleitenden Bodenschutzmaßnahmen                          | Kapitel 2, Anhang 4              |
| Vermittlung von Informationen                                                                               | Kapitel 2.2, Anhang 4            |
| Dokumentation                                                                                               | ggf. Anhang 4                    |
| Rekultivierungsmaßnahmen zur Wiederherstellung durchwurzelbarer Bodenschichten                              | Kapitel 2.5                      |
| Zwischenbewirtschaftung                                                                                     | Kapitel 2.5                      |
| Maßnahmen bei Funktionseinschränkungen                                                                      | Kapitel 2.5, Kapitel 4           |

### Allgemeine Planungsgrundsätze

„Jede im Moor durch Entwässerung ausgelöste Bodendynamik hört praktisch kaum mehr auf, [...] [dies ist] [...] seit langem bekannt. Um diese Folgen möglichst gering zu halten oder zu kompensieren, sollten schon bei der Planung jeder Maßnahme in Mooren [...] gewisse Planungsgrundsätze erfüllt werden. Dadurch können die Erfahrungen vergangener Jahrzehnte genutzt und so unliebsame negative Folgen (Fehlschläge, Ärger, zusätzliche Kosten u. a.) ausgeschaltet werden.“ (EGGELSMANN 1990b: 323f.). Diese Ausführungen und die in Kapitel 2.2 erläuterten Zusammenhänge verdeutlichen, dass Moorböden gegenüber Baumaßnahmen besonders empfindlich sind. Dauerhafte und erhebliche Schäden sind bei der Inanspruchnahme für Baumaßnahmen häufig nicht gänzlich zu vermeiden.

Als Planungsgrundsatz sollte gelten, dass Moorböden nicht in Anspruch genommen werden. Dies gilt in besonderem Maße für naturnahe Moorstandorte. Allerdings erfüllen auch intensiver genutzte Moorböden die Bodenfunktionen häufig in besonderem Maße und sind besonders empfindlich.

Unterhalb der durch den Menschen veränderten Torfschichten können noch z. T. mehrere Meter mächtige, im natürlichen Zustand befindliche Torfe liegen. Dies muss unter anderem aufgrund der Bau Risiken (vgl. Kap. 2.3) und der Klimarelevanz (vgl. Kap. 4) in der Planung berücksichtigt werden.

In Anlehnung an EGGELSMANN (1990b) sollten deshalb folgende Planungsgrundsätze beachtet werden:

- Planung von Baumaßnahmen nicht nach dem Relief der heutigen Moorbodenoberfläche, sondern nach dem Relief der Moorbasis (mineralischer Untergrund). Dies ist eine entscheidende Information u. a. zur Kalkulation von auszuhebenden Bodenmassen und der Planung von deren Zwischenlagerung und Verwertung. Hierzu ist es wichtig, die Torfmächtigkeit zu erfassen und die teils erhebliche Heterogenität abzubilden. In Niedersachsen liegen Moorböden mit Torfmächtigkeiten auch von deutlich über 5 m vor.
- Moorstratigraphische Untersuchungen sind notwendig, um die Umsetzbarkeit der Maßnahme abschätzen zu können und um eine saubere Trennung des Bodenmaterials zu erreichen (vgl. hierzu Anhang 4).

- Beachtung der Setzungsprozesse (s. Kap. 2.2, 2.3), um Schäden zu vermeiden sowie auch eine fachgerechte Rekultivierung bauzeitlich genutzter Flächen zu erreichen.
- Erfassung kultureller Überprägungen der Moorböden. Sanddeckkulturen oder Flächen der Deutschen Hochmoorkultur zeigen ungestörte untere Torfschichten (BLANKENBURG 2015, GRAF et al. 2022). Baggergekuhlte oder tiefgepflügte Flächen (v. a. Sandmischkulturen) zeigen dies hingegen nicht (SCHWENK & GEHRT 2023).

Eine hochwertige Erfassung der Verbreitung der Böden auf Basis bestehender Daten und durch Geländeerfassungen kann wesentlich zu einem reibungsloseren Bauablauf, zur Minderung von Risiken für den Vorhabenträger, zur Vermeidung von aufwendigen nachträglichen Planänderungen und gleichzeitig zum Bodenschutz beitragen. Beispiele sind (u. a. FELDWISCH & HÖNERLAGE 2017):

- Vermeiden von Konflikten u. a. mit Eigentümern während der Bauphase,
- Reduzieren von Bauwiderständen (u. a. logistische Probleme aufgrund unbekannter nicht tragfähiger Böden, Setzungsgefährdung (DVGW 2016)),
- Reduzierung von Kosten für die Rekultivierung und Reduzierung der Kompensationsanforderungen,
- Vermeiden von Baustillständen auf Grund von vermeidbaren Beeinträchtigungen bzw. Schäden,
- Verbesserung der Kalkulation von Aushubmengen, Platzbedarfen und zu verwertendem Material (Bodenmanagement).

## Datengrundlagen und weitere Informationen



NIEDERSÄCHSISCHE  
MOORLANDSCHAFTEN

# MoorIS

Ein Moorinformationssystem für Niedersachsen

Für die Anwendung des Geofakts ist die Kenntnis moor- und bodenkundlicher Grundlagen Voraussetzung. Hintergrundwissen zum Aufbau von Moorböden und in ihnen ablaufenden Prozessen kann zum besseren Verständnis der folgenden Ausführungen z. B. im *Niedersächsischen Moorinformationssystem (MoorIS)* erlangt werden. Die Internetplattform hat das Ziel, vorhandene und zukünftig gewonnene Informationen über Moore für Behörden, Planungsbüros und interessierte Bürgerinnen und Bürger bereitzustellen.

Das LBEG bietet umfangreiche Datengrundlagen für Planungsprozesse an. Tabelle 4 gibt einen Überblick über Daten für unterschiedliche Maßstabsebenen. Das MoorIS gibt zudem einen interdisziplinären Überblick zu verfügbaren Fachdaten. Die zu berücksichtigenden Vorranggebiete Torferhaltung sind ebenfalls im MoorIS einsehbar oder über die GIS-Datensätze des LROP sowie auf Landkreisebene über die RROP zu beziehen.

Tabelle 4 verdeutlicht, dass für alle Planungsstadien Datengrundlagen zu Moorböden vorliegen, sowohl für die Genehmigungs- und Ausführungsplanung als auch als unterstützende Daten für Kartierungsarbeiten. Die Tiefe der Bearbeitung hängt dabei vom jeweiligen Vorhaben und Verfahrensstand ab. Basierend auf den vorliegenden Daten kann frühzeitig erkannt und ggf. zur Prüfung beauftragt werden, ob Moorböden durch ein Vorhaben betroffen sind. Abhängig davon kann gemäß Anhang 2 abgeleitet werden, welche Wirkfaktoren von dem Vorhaben für Moorböden ausgehen. Wichtige Hinweise für die Planung von Bauvorhaben können zudem ingenieurgeologische Auswertungskarten und Bohrungsdaten beinhalten. So können mit den Böden einhergehende Bauwiderstände und Risiken abgeleitet und umgangen werden (s. Tab. 5).

Tab. 4: Datensätze zur Berücksichtigung von Moorböden und anderen kohlenstoffreichen Böden. Alle Daten sind auf dem *NIBIS®-Kartenserver* im Themenbereich Bodenkunde/Moorstandorte verfügbar.

| Datensatz                                                                                                     | Erläuterung                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bodenkarte von Niedersachsen 1 : 50.000 (BK50), Erscheinungsjahr 2017, Grundlagendaten z. T. älter            | Mit jeweiligem Leitprofil bis 2 m Tiefe, siehe GEHRT et al. (2021).                                                                                                              |
| Auswertungskarten auf Basis der BK50 zur Empfindlichkeit der Böden                                            | z. B. Verdichtungsgefährdung, Winderosionsgefährdung                                                                                                                             |
| Kohlenstoffreiche Böden in Niedersachsen 1 : 50.000                                                           | Aus der BK50 abgeleitete Kulissen der kohlenstoffreichen Böden, siehe HÖPER & GEHRT (2022).                                                                                      |
| Kohlenstoffreiche Böden in Niedersachsen 1 : 50.000 mit Bedeutung für den Klimaschutz                         |                                                                                                                                                                                  |
| Kohlenstoffreiche Böden in Niedersachsen 1 : 50.000 – Torfmächtigkeit                                         | Die Karte gibt eine landesweite Übersicht zur Verbreitung und Mächtigkeit der Moorböden und weiterer kohlenstoffreicher Böden bis 2 m Tiefe auf Basis der BK50.                  |
| Bodenschätzung Standortinformationen Moor und Torf 1 : 5.000 (ab 1930er Jahre bis heute, Aktualität variabel) | Standardisierte Auswertung der Bodenschätzung (1 : 5.000). Hochauflösende Darstellung der Verbreitung von Standortklassen, siehe SCHULZ & WALDECK (2015).                        |
| Moorgebiete nach SCHNEEKLOTH (Kartierungsergebnisse 1960er und 1970er Jahre)                                  | Weiterleitung ins MoorIS zu textlichen Beschreibungen der Moore (SCHNEEKLOTH-Texte) mit detaillierten Beschreibungen u. a. der Torfstratigraphie.                                |
| Bohrungen in Moor und Torf (ab etwa 1950er Jahre bis heute, Aktualität variabel)                              | Im NIBIS® vorliegende moorkundliche Profile und Bohrungen mit Detailangaben zum Profilaufbau und den Merkmalen. Für Hochmoor häufig Differenzierung Weiß-/Schwarztorf enthalten. |

Tab. 5: Datensätze aus der Ingenieurgeologie. Alle Daten sind auf dem *NIBIS®-Kartenserver* im Themenbereich Ingenieurgeologie verfügbar.

| Datensatz                                                                                            | Erläuterung                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ingenieurgeologische Karte 1 : 50.000 (IGK50)                                                        | Baugrundklassen, bezogen auf 2 m Tiefe, Hinweise für besondere Gründungsmaßnahmen (z. B. Bodenaustausch, Tiefgründung), Grundwasserstand, gespanntes Grundwasser |
| Gefahrenhinweiskarte Niedersachsen 1 : 50.000 – Setzungs- und hebungsempfindlicher Baugrund (ISHB50) | setzungs- und hebungsempfindliche Baugrundtypen bis in 2 m Tiefe                                                                                                 |
| Ingenieurgeologische Bohrungen                                                                       | im NIBIS® vorliegende Bohrungen zur Erkundung des Baugrunds                                                                                                      |

### Bodenkundliche Erfassung im Gelände

Zu beachten ist, dass die in Tabelle 4 und 5 aufgeführten Datengrundlagen maßstabsbedingt und aktualitätsbedingt nicht immer den Status Quo abbilden können. Zudem sind die Daten in der Regel nicht flächenscharf. Eine weitere Limitierung liegt in der Mächtigkeit von i. d. R. maximal 2 Metern, die durch Bodenkarten abgedeckt werden. Mächtigere Moorböden können dann nur durch Bohrungen genauer gefasst werden.

Mit zunehmendem Detailgrad sind die Informationen also unbedingt durch Untersuchungen im Gelände (Kartierung) zu verdichten. Zur Vorgehensweise und wichtigen Grundsätzen für die Erhebung

von bodenkundlichen Geländeinformationen siehe Anhang 4.

### Ermittlung der entwässernden Wirkung eines Vorhabens auf umliegende Moorböden

Bei Planungen ist zu betrachten, inwiefern eine bau- oder anlagebedingte Entwässerung auch Auswirkungen auf umliegende (Moor-)Böden hat. Hierbei ist zu unterscheiden, ob diese Wirkungen dauerhaft oder temporär sind. Die Wirkungen der Entwässerung sind in Kapitel 2.2 beschrieben. Für die Berechnung der Reichweiten von Entwässerungseffekten liegt eine in der Praxis etablierte Methode nach EGGELSMANN (1981, 1982) vor (Tab. 6, vgl. auch HEUMANN et al. 2020).

Die dauerhaft entwässernde Wirkung von in Torfkörper eingebrachten Fundamenten ist im Einzelfall zu bewerten. Diese ist abhängig von den hydrologischen Eigenschaften des Untergrunds sowie des eingebrachten Materials. Für sehr durchlässige Materialien (Sandbettungen, grobkörnige Schotterssäulen o. ä.) sind wesentliche entwässernde Wirkungen anzunehmen. Wie bei Grundwassermessstellen könnte der Anschluss an den Unterboden z. B. durch Ton oder Schwarztorf abgedichtet werden. Bei weniger durchlässigen Materialien können sich Wegsamkeiten für Wasser entlang von Profilen oder Fundamenten (z. B. Windkraftanlagen) durch verlagertes Torfmaterial auch wieder verschließen (Self-Sealing-Effekt). Dies ist allerdings abhängig von den Eigenschaften des Torfmaterials und bei Schwarztorfen eher anzunehmen als bei Weißtorfen. Eine Betrachtung der Verhältnisse vor Ort ist somit erforderlich. Dauerhafte hydrologische Veränderungen sind durch entsprechende Maßnahmen zu vermeiden (s. Kap. 2.5).

Tab. 6: Beispielhafte Ergebnisse zur Ermittlung von hydrologischen Schutzzonen im Moor aus EGGELSMANN (1990d). Bei Anwendung wären vorhabenspezifische Werte zu ermitteln.

| Moortyp                        | Ermittelte Breite der Wasserabsenkung [m] |
|--------------------------------|-------------------------------------------|
| Tiefgründiges Hochmoor (>2 m)  | 30 – 80                                   |
| Flaches Hochmoor über Feinsand | 120 – 150                                 |
| Tiefes Niedermoor über Mudde   | 200 – 250                                 |
| Flaches Niedermoor über Sand   | 200 – 250                                 |
| Quellmoor, Bruchwaldmoor       | >350                                      |

## Bewertung von dauerhaften negativen Beeinträchtigungen

Grundsätzlich sind die Auswirkungen auf Moorböden zwar für Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen zugänglich (vgl. Kap. 2.5). In Kapitel 2.2 wird jedoch deutlich, dass viele der Auswirkungen als irreversibel betrachtet werden müssen. Hieraus ergibt sich der Bedarf nach einer Bewertung hinsichtlich des Kompensationsbedarfs. Hierzu wird auf die Leitfäden der Niedersächsischen Naturschutzverwaltung (NLWKN o. J.) verwiesen.

In der Planungspraxis werden teilweise Verfahren angewendet, die explizit für das Schutzgut Böden und Moorböden eine differenzierte Bewertung nach der Art des Eingriffs (z. B. Befahrung, Grabenaus- hub) beinhalten und diesen Kompensationsfaktoren zuweisen. Die Bundeskompensationsverordnung (BKompV), welche für Vorhaben im Zuständigkeitsbereich der Bundesverwaltung gilt, weist

einige konkrete Hinweise auf Moorböden auf. Nach BFN & BMU (2021) und MENGEL et al. (2025) sind Moorböden zum einen für das Schutzgut Boden, zum anderen aufgrund der Klimarelevanz allerdings auch für die Bewertung der Klimaschutzfunktion relevant. Hierbei wird abhängig von der Ausprägung des Bodens bzw. seiner Funktionen die Bedeutung abgeleitet und die Schwere der Beeinträchtigung abgeschätzt. Bedeutsam ist für die Klimaschutzfunktion insbesondere, ob eine hohe bis hervorragende Bedeutung der Funktionen in einer sechsstufigen Skala vorliegt (MENGEL et al. 2025). Diese wird wie folgt definiert:

- hervorragend (6): Moorböden und moorähnliche Böden mit hervorragendem  $C_{org}$ -Vorrat bzw. hoher Torfmächtigkeit (>70 cm), unabhängig von der Nutzung, oder weitgehend intakte Moore unabhängig von der Torfmächtigkeit,
- sehr hoch (5): Moorböden und moorähnliche Böden mit sehr hohem  $C_{org}$ -Vorrat bzw. mittlerer Torfmächtigkeit (30–70 cm), unabhängig von der Nutzung, oder leicht degradierte Moore mit dauerhafter moortypischer Vegetationsbedeckung und höchstens extensiver Nutzung, unabhängig von der Torfmächtigkeit und
- hoch (4): Moorböden und moorähnliche Böden mit hohem  $C_{org}$ -Vorrat bzw. geringer Mächtigkeit des Torfes bzw. organischen Bodens (<30 cm), unabhängig von der Nutzung.

Diese Ausführungen zeigen, dass die verfügbaren Daten und die Vorerkundung auch hierfür eine wichtige Rolle spielen können.

In den Kapiteln 3 und 4 dieses Geofakts werden Schnittstellen zur Kompensation von Eingriffen in Moorböden verdeutlicht.

## 2.5 Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen

Ist eine Querung oder Inanspruchnahme von Moorböden unvermeidlich, gilt es, die Auswirkungen des jeweiligen Vorhabens durch entsprechende Maßnahmen so weit wie möglich zu vermeiden oder zu mindern (u. a. Vorsorgepflicht gem. § 7 BBodSchG). Dies kann z. B. durch die Wahl spezieller Fahrzeuge mit Moorlaufwerken, eine möglichst kurze und angepasste Wasserhaltung oder eine entsprechende Lagerung und Verwertung des Bodenmaterials umgesetzt werden. Der Einsatz einer BBB sollte den Regelfall darstellen. Die BBodSchV (§ 4 (5)) bietet hierfür die Grundlage. Die Maßnahmen sind projektspezifisch in einem Bodenschutzkonzept nach DIN 19639 zu planen.

### 2.5.1 Moorbodenspezifische Maßnahmen aus Normen und Leitfäden

Für den baubegleitenden Bodenschutz sind mehrere zentrale Normen untergesetzlich bzw. in der Praxis etabliert. Zu nennen sind insbesondere DIN 19639, DIN 18915 und DIN 19731. Für Gastransportleitungen liegt das DVGW-Merkblatt G451 vor (DVGW 2016). Die in diesen DIN-Normen und Merkblättern konkret zu Moorböden genannten Maßnahmen sind (Redundanzen ergeben sich durch Überschneidungen der Normen):

1. Dauerhaft vernässte Böden (z. B. Anmoore, Moore, Grund- oder Stauwasserböden) sind stark verdichtungsempfindlich und für die Anlage von Baubedarfsflächen, insbesondere für die Anlage von Zwischenmieten, nicht geeignet (DIN 19639).<sup>5</sup>
2. Eine Absenkung des Wasserspiegels mit ausreichendem zeitlichem Vorlauf vor den Bauarbeiten mit geeigneten bautechnischen Verfahren oder mittels bestehender Drainagen kann erforderlich sein. Dabei sind ggf. eintretende großflächige Setzungen zu berücksichtigen (DIN 19639).
3. Beim Bodenabtrag sind die trockenen, feinen Oberschichten von tieferen, nassen Torfschichten zu trennen. Mineralische Schichten, die zwischen oder unterhalb des organischen Bodens liegen oder andere Horizonte von Moorböden mit unterschiedlichen Eigenschaften sind ebenfalls getrennt abzutragen und zu lagern (DIN 19639).
4. Überschüssiger organischer Boden sollte – soweit geeignet – zur Verbesserung von mineralischen Böden oder zur Wiederherstellung von Moorböden verwendet werden. Bei der Verbesserung von mineralischen Böden ist zu berücksichtigen, dass nasser Torf für eine notwendige Entwässerung bis zu einem Jahr zwischengelagert werden muss. Wenn überschüssiger Torf zur Wiederherstellung von Moorböden verwendet werden soll, ist eine Entwässerung zu vermeiden (DIN 19639).<sup>6</sup>
5. Die Wahl der Baumaschinen richtet sich nach der Tragfähigkeit des Bodens. Die Flächenpressung sollte so gering wie technisch möglich sein. Für notwendige lastverteilende

Maßnahmen bestehen erhöhte Anforderungen (DIN 19639).

6. Mieten aus verdichtungsempfindlichen Böden (insbesondere anmoorige und moorige Böden<sup>7</sup>) [...] sind dauerhaft feucht zu halten. Bei anmoorigem und moorigem Bodenaushub kann das durch Abdecken mit Folien oder Beregnung erfolgen. [...] In beiden Fällen sind die Maßnahmen zum Feuchthalten unmittelbar nach dem Aufmieten umzusetzen<sup>8</sup> (DIN 19639).
7. Bodenmieten aus nicht vererdeten Torfen [...] sind feucht zu halten, z. B. durch Folienabdeckung, gegebenenfalls Bewässerung (DIN 18915).
8. Auf Moorböden sollten die Maschinen mit technisch zur Verfügung stehenden, möglichst breiten Platten (sogenannte Moorlaufwerke) ausgestattet sein (DVGW 2016).

Die Nummerierung der Maßnahmen wird in Tabelle 7 fortgeführt.

Für den Bau, Betrieb und Rückbau von Freiflächen-Photovoltaikanlagen auf Moorböden bietet LABO (2023b) ergänzende Hinweise zum Bodenschutz.

### 2.5.2 Fachliche Grundsätze und weitere Maßnahmen

Die in Normen und Merkblättern genannten Maßnahmen (vgl. Kap. 2.5.1) können und sollten für die Anwendung in der Praxis weiter ausdifferenziert werden. Zum einen wurden mittlerweile auch weitere Maßnahmen etabliert. Zum anderen werden im Folgenden fachliche Grundsätze für die Umsetzung in der Praxis abgeleitet. Anschließend gibt die Tabelle 7 einen Überblick zu Maßnahmen, die zielführend sein können und je nach Vorhaben ausgewählt werden sollten. Das Ziel muss sein, die teils speziellen Anforderungen, z. B. an Fahrzeuge oder Bauzeiten, frühzeitig einzuplanen, mit Behörden abzustimmen und in die Bauausschreibung und Leistungsverzeichnisse zu integrieren.

#### Wasserhaltung und Reduzierung der Entwässerung

Die Entwässerung der Böden sollte grundsätzlich so schonend wie möglich vorgenommen werden. Für die bautechnische Umsetzung in nassen und

<sup>5</sup> Werden großflächig Moorböden gequert, ist die Inanspruchnahme für Mietenflächen ggf. nicht zu vermeiden. Eine Anpassung der Verletechnik (z. B. geschlossene Bauweise) oder Längstransporte (hier allerdings vermehrte Befahrungen) sind abzuwägen (vgl. Tab. 7).

<sup>6</sup> Siehe hierzu Kapitel 3.

<sup>7</sup> Dies gilt auch für Mudden.

<sup>8</sup> Bemerkung zu Punkt 6 und 7: Eine beschleunigte Bauweise mit sehr kurzer Zwischenlagerung kann aus fachlicher Sicht eine Alternative darstellen.

wenig tragfähigen Böden sind häufig Spundwände erforderlich, die laterale Entwässerungseffekte mindern können (s. Abb. 7). Aus dem Bereich der Renaturierung sind zudem Schlitzpflüge bekannt, die Folie in den Boden einbringen, um den lateralen Abfluss zu hemmen. Der Einsatz von Kunststoffspundwänden wird erprobt (BLANKENBURG et al. 2022), wobei für Baumaßnahmen die Rückbaubarkeit und Einträge von Plastik in den Boden zu prüfen wären. Hierbei wird die Schichtenabfolge kaum gestört. Zudem kann der Ansatz (Folie, Spundwände) von Vorteil sein, wenn kleinräumig höhere Wasserstandsunterschiede aufgebaut werden und die Leitfähigkeit der Schichten zu hoch ist. Die Barriere muss allerdings bis in eine geringdurchlässige Schicht eingebaut werden, damit sie nicht unterströmt werden kann.

Die Auswahl der Entwässerungsmethodik sollte unter den Gesichtspunkten a) möglichst geringe Störung des Bodenaufbaus (stauende Schichten) und b) möglichst gute Steuerbarkeit der Entwässerung vorgenommen werden. Das Einfräsen einer Längsdrainage bzw. Tiefendrainage kann vor allem bezüglich des ersten Kriteriums Nachteile aufweisen.



Abb. 7: Bauvorbereitung der Querung von Moorböden im offenen Graben auf einer Gasleitungsstrasse. Spundung und Einbringung von Lanzen zur Wasserhaltung (rechts; Foto: Hammerschmidt/Stadtmann, LBEG).

Ein erheblicher Entwässerungseffekt kann bei Linienbauwerken entstehen, wenn Torfmaterial im Zuge der Bauausführung aus technischen Gründen durch Mineralboden (i. d. R. Sand) ausgetauscht wird (vgl. Kap. 2.2). Insbesondere ein Vollaustausch, der bei Erdkabelvorhaben häufig aufgrund von Bedenken zur Wärmeleitfähigkeit der Torfe noch angestrebt wird, bildet einen entwässernden Graben im Torfkörper. Ein solcher Vollaustausch ist grundsätzlich nicht vereinbar mit einer torferhaltenden Vorgehensweise. Auch technische Maßnahmen, wie der Einbau von Tonriegeln zur Vermeidung

eines gebündelten Abflusses in dem sandigen Substrat, kann die entwässernde Wirkung wohl nicht stoppen, da die in Kapitel 2.2 beschriebenen stauenden Schichten zerstört sein dürften.

Gleichzeitig kann auch ein erhöhter Wasserfluss im Trassenbereich auftreten, der dann zu Vernässungen in tieferliegenden Bereichen führen kann.

### Lastverteilende und -reduzierende Maßnahmen

Die geringe Tragfähigkeit und die Verdichtungsgefährdung von Moorböden erfordern Maßnahmen, welche den Lasteintrag reduzieren (s. Abb. 8). Hierbei besteht aber die aus Kapitel 2.2 ableitbare Herausforderung, dass auch lastverteilende Maßnahmen (z. B. mineralische Baustraßen) ihrerseits durch das Eigengewicht Druck auf den Boden ausüben. Unter Baustraßen oder Baustelleneinrichtungsflächen kann es somit zu deutlichen und großflächigen Setzungen kommen. Hier stehen die Anforderungen an eine sichere (Arbeitsschutz) und die Last von Fahrzeugen verteilende Arbeitsfläche (häufig >40 cm mineralisches Material) einerseits und die Reduzierung des Lasteintrags andererseits ggf. im Gegensatz. Lösungsansätze, die unbedingt bereits in der Ausschreibung enthalten sein sollten, können sein:

- Auswahl möglichst leichter Maschinen, ggf. auch auf Kosten der Leistung, in Absprache mit der Baufirma. Dies kann mit der Beschaffung von Spezialwerkzeugen einhergehen, die benötigt werden (s. Abb. 9).
- Einsatz spezieller Fahrzeuge (Moorraupen, Pistenbullis/-raupen) bzw. spezieller Fahrzeugkonfigurationen mit Moorlaufwerken, Zwillingssbereifung o. ä. (s. Abb. 10). Eine Beschreibung der Eigenschaften und Kontaktflächendrücke ist im Geobericht 45 des LBEG enthalten (BLANKENBURG et al. 2022, Tab. 4.3). So können für viele Arbeiten Maschinen ausgewählt werden, die unter  $0,35 \text{ kg/cm}^2$  Kontaktflächendruck (teilweise deutlich niedriger) liegen.
- Bei wassergesättigten Torfen Befahrungen ausschließlich auf befestigten Baustraßen.
- Vermeidung von Beschädigung der Vegetationsdecke. „Reißt die Vegetationsdecke durch falsches oder zu häufiges Befahren auf, ist das Fahren auf dem wassergesättigten Torf häufig nur mit sehr breiten Ketten oder mittels Baggermatten möglich. Die Bergung eines versackten Fahrzeuges ist nur mit sehr hohem Aufwand möglich. Durch den Bergungseinsatz wiederum können erhebliche, nicht zu revidierende Schäden am Torfkörper entstehen.“ (BLANKENBURG et al. 2022: 43).

- Verbreitet auf Böden mit geringer Tragfähigkeit sind Baustraßen aus Sand, die jedoch durch das Eigengewicht zu deutlichen Setzungen führen können.
- Wenn möglich, mineralische Schüttungen als Material für Baustraßen vermeiden, ggf. durch Verlegung doppelagiger Baggermatratzen mit möglichst geringem Eigengewicht.
- Verwendung von Holzhackschnitzeln, ggf. mit aufliegenden Baggermatratzen oder Stahlplatten, als Baustraßenmaterial zur Reduzierung des Eigengewichts.

Auch an das einzusetzende Material sind besondere Anforderungen zu stellen. Insbesondere bei Hochmoorböden, die durch geringe pH-Werte geprägt sind, kann der Einsatz von alkalischem Material (z. B. Recyclingmaterial) für die Baustraßen die Böden negativ beeinträchtigen, da die Auswaschung basischer Substanzen möglich ist (FELDWISCH 2024).

Zu vermeiden ist die „Bodenverbesserung“ (vgl. Kap. 2.3) durch den Eintrag von Kalk-Zement-Gemischen, welche die Tragfähigkeit verbessern sollen. Auch die Einbringung von Grobschlag ist keine Maßnahme, die mit dem Bodenschutz vereinbar ist. Beide Optionen führen zu erheblichen negativen Veränderungen der Böden (vgl. Kap. 2.2) und mehr Aufwand bei der Behebung dieser Schäden (FELDWISCH 2024).



Abb. 8: Lastverteilungsmaßnahmen und Abdeckung der Bodenmitte mit Planen beim Leitungsbau im Niedermoor. Eine Sicherung der Planen gegen Wind kann ein Problem darstellen (Foto: Hammerschmidt, LBEG).



Abb. 9: Reduzierung der Bodenbefahrung und der beanspruchten Fläche durch die Platzierung von armierten Baggermatratzen quer auf den Spundwänden und „schwebende“ Arbeit des Baggers. So wird eine reduzierte Befahrung und der Lastabtrag in tiefere Schichten erreicht (Foto: Hammerschmidt/Stadtmann, LBEG).



Abb. 10: Beispiele für Moorraupen und Moorbagger mit sehr breiten Laufwerken. Im linken Bild ist zudem eine Doppelbereifung zu sehen (Fotos: Graf, LBEG / Stadtmann, LBEG).

### Materialtrennung und Wiederherstellung stauender Schichten

Für die Trennung des Bodenmaterials ist die Kenntnis der Torfstratigraphie und der Bodenhorizonte von grundlegender Bedeutung (vgl. Kap. 2.2 und Anhang 4, s. Abb. 11). Als grundsätzlich zu trennende Substrate sind zu betrachten:

#### Hochmoorböden

- Oberboden,
- Weißtorf,
- Schwarztorf,
- ggf. Niedermoor-torf,
- ggf. Mudden,
- mineralischer Untergrund.

#### Niedermoorböden

- Oberboden,
- ausgeprägt aggregierte/wenig aggregierte Bodenhorizonte,
- stark zersetzte/gering zersetzte Torfschichten,
- ggf. Mudden,
- mineralischer Untergrund.

Die Möglichkeiten der Trennung sind je nach Schichtmächtigkeit, eingesetzten Maschinen etc. abzuwägen. Mindestens getrennt werden sollten mineralische Substrate, Hoch- und Niedermoor-torfe sowie stark zersetzte und gering zersetzte Torfschichten aufgrund der hydrologischen Relevanz.

Die genannten Substrate und Horizonte haben unterschiedliche hydraulische (Wasserleitfähigkeit) und chemische (pH-Wert, Nährstoffgehalte) Eigenschaften, die für die Rekultivierung, für die folgende Bodennutzung oder die Verwertung des Torfs (Kap. 3) von Bedeutung sind (vgl. Kap. 2.2).

- Mineralische Substrate sind grundsätzlich von organischen Substraten (Torfen, Mudden) zu trennen. Herausforderungen bestehen diesbezüglich bei sehr geringmächtigen Schichten, die im Bauprozess kaum getrennt auszubauen sind, und bei unregelmäßig verlaufenden Tiefenlagen der Substrate. Dies ist bei Moorböden z. B. an der Grenze zum mineralischen Untergrund häufig vorzufinden, da das Relief vor dem Torfwachstum eher in Ausnahmefällen eben war (vgl. Abb. 2). Eine gute Vorerkundung (vgl. Anhang 4) und die Schulung des Baustellenpersonals sind eingeschränkte Lösungsansätze für diese Problematik.
- Es ist wichtig, den Bodenaushub nicht ausschließlich danach zu trennen, wo nasse und eher trockene Bereiche im Torf vorliegen. Je nach Jahresverlauf und Ausbau der Entwässerungsstruktur kann diese Grenze deutlich schwanken. Entscheidender sind die Eigenschaften der Torfe. So kann z. B. ein wenig zersetzter Weißtorf bei Anhebung der Wasserstände nach der Rekultivierung wieder stark aufquellen.

Beispiel 1: Es liegt ein Hochmoorboden mit 50 cm gering zersetztem Weißtorf und darunterliegendem stark zersetztem Schwarztorf vor. Bei einer Entwässerungstiefe von 1 m wären die Substrate bei einem Ausbau anhand des Wasserstandes bereits in der Bodenmiete vermischt, was zu vermeiden ist (vgl. Kap. 2.2).

Beispiel 2: Es liegen 80 cm mächtige Hochmoor-torfe über Niedermoor-torfen vor. Diese weisen unterschiedliche Nährstoffgehalte und auch pH-Werte auf. Auch diese würden bei einer Entwässerungstiefe von 1 m und dem Ausbau anhand dieses Kriteriums vermischt.



Abb. 11: Links in reißfestes Geotextil eingeschlagene Sandbaustraße, mittig mit Spundwänden und Gurtung gesicherter Leitungsgraben, der bis zum mineralischen Unterboden ausgehoben ist, mit Lanzen zur Entwässerung. Daneben Bodenmiete aus Hochmoortorf, ganz rechts sandiger Oberboden (Sanddeckkultur). Maßnahmen zum Feuchthalten des Materials stehen hier noch aus (Foto: Hammerschmidt/Stadtmann, LBEG).

Aus den bisherigen Ausführungen lässt sich eine bauliche Herausforderung schlussfolgern: Mit dem Abtrag der Vegetationsdecke und des Oberbodens kann die Tragfähigkeit der Fläche deutlich abnehmen. Die Befahrbarkeit und ggf. auch die Stabilität wird somit eingeschränkt. Dies kann die Kombination mehrerer Arbeitsgänge erforderlich machen, z. B. den Abtrag unterschiedlicher Torfschichten, was die Koordination der Bodentrennung weiter erschwert.

Größte Bedeutung für die Hydrologie des Standortes hat die Wiederherstellung stauender Schichten. Bei Hochmooren nimmt der Wiedereinbau der stark zersetzten Torfe (v. a. Schwarztorf), die durch geringe hydraulische Leitfähigkeiten gekennzeichnet sind, in der ursprünglichen Tiefenlage eine wichtige Rolle ein. Bei hinreichender Mächtigkeit bilden diese Torfe einen eigenen Staukörper aus und können somit den Wasserhaushalt des Moorbodens

stabilisieren (vgl. Kap. 2.2). Da durch einen Eingriff in den mineralischen Untergrund mögliche sonstige Stauschichten (z. B. Ortstein-Horizonte) zerstört werden, ist dies von besonderer Bedeutung (vgl. HOFER et al. 2022: 21ff.).

Auch Mudden stellen durch die hydrologischen Eigenschaften häufig wichtige Substrate für den Moorwasserhaushalt dar, sowohl bei Hoch- als auch bei Niedermooren. Viele Mudden fungieren dabei als Dichtschicht in Abgrenzung zu häufig durchlässigeren Substraten des geologischen präholozänen Untergrundes. Vom Nährstoffgehalt ähneln Mudden eher den Niedermoortorfen. Beim Wiedereinbau sind somit eine Vermischung mit nährstoffarmen Hochmoortorfen oder ein oberflächlicher Eintrag von Muddesubstraten in Hochmoorgebieten zu vermeiden und die Mudden an der Basis schichtgerecht wieder einzubauen. Voraussetzung dafür ist die Identifikation auch recht gering-

mächtiger Mudden an der Basis der Torfkörper. Als Mindestmächtigkeit für eine separate Berücksichtigung werden als Regelannahme 20 cm vorgeschlagen, die an die Bedingungen des Einzelfalls bodenschutzfachlich begründet anzupassen ist. Bei Unterschreitung wären organische Mudden als Teil der Niedermoortorfe zu behandeln.

Bei „wurzelechten“ Hochmoorstandorten (vgl. Abb. 2) fallen Mudden und Niedermoortorfe sowie durch die Baumaßnahme vermutlich auch andere stauende Schichten (siehe oben) aus. Hier kann der Wasserhaushalt nur durch stark zersetzte Hochmoortorfe (Schwarztorfe) stabilisiert werden.

### **Sulfatsaure Niedermoortorfe**

Eine spezielle Fragestellung liegt im Küstenholozän mit den sulfatsauren Böden vor (s. Abb. 12). Diese Böden sind häufig durch Zwischenschichten von Niedermoortorfen geprägt, die potenziell oder aktuell sulfatsauer sein können. Für Hintergrundinformationen, Empfehlungen zur Erkundung und die zu ergreifenden Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen wird auf die Geofakten 24 und 25 des LBEG verwiesen (HEUMANN et al. 2018, SCHÄFER et al. 2010).



Abb. 12: Im Kabelgraben aufgeschlossener sulfatsaurer Böden (sulfatsaure Kleimarsch über Organomarsch) mit Jarositbildung. Unten Wechsellagerung mit Niedermoortorfen (Foto: Stadtmann, LBEG).

Tab. 7: Zusammenstellung von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen und Hinweisen. Die Nummerierung wird aus Kapitel 2.5.1 fortgeführt. Falls möglich, wird zwischen Vermeidungs- und Minderungsmaßnahme unterschieden. Über die Spalte Schwerpunkt wird eine thematische oder planerische Gliederung der Maßnahmen vorgenommen. Das Feld mit fachlichen Hinweisen und Verweisen im Dokument dient der Erläuterung und Vernetzung. In einigen Fällen werden Kombinationsmöglichkeiten der Maßnahmen betont.

| Nr.                                         | Maßnahme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Vermeidung/<br>Minderung | Schwerpunkt<br>der Maßnahme | Fachliche Hinweise, Verweise im Dokument                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Technische und planerische Maßnahmen</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                          |                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 9                                           | Muffengruben von Erdkabeln oder Maststandorte bei Freileitungen so planen, dass diese möglichst außerhalb der Moorböden liegen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Vermeidung               | technisch/<br>planerisch    | Kabellängen im Energieleitungsbau wären ggf. anzupassen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 10                                          | Windenergieanlagen (WEA) oder Maststandorte von Freileitungen sollten so geplant werden, dass diese nicht oder zumindest nicht zentral in durch Moorböden geprägten Bereichen platziert werden. Kleinere Moorbodenflächen sollten ganz umgangen werden.                                                                                                                                                                                                                     | Vermeidung/<br>Minderung | technisch/<br>planerisch    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 11                                          | Die Verlegung von Kabeln zum Anschluss der WEA oder Freiflächen-Photovoltaikanlagen muss ebenfalls Anforderungen des (Moor-)Bodenschutzes berücksichtigen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Vermeidung/<br>Minderung | technisch/<br>planerisch    | Verlegung auf der Oberfläche prüfen, um Bodeneingriff zu vermeiden (Vermeidung).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 12                                          | Bei Wohn- oder Gewerbegebieten die Gebäude möglichst so anordnen, dass Moorböden ausgespart und dort ggf. Vegetationsflächen etabliert werden. Maßnahmen zum Erhalt von hohen Wasserständen in diesen Böden prüfen.                                                                                                                                                                                                                                                         | Vermeidung/<br>Minderung | technisch/<br>planerisch    | Gegebenenfalls Differenzierung nach Torfmächtigkeit.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 13                                          | Lenkung der Bauzeiten: Moorböden sollten in der Planung frühzeitig als Flächen ausgewiesen werden, auf denen im Winter aufgrund der Bodenfeuchte und der geringen Tragfähigkeit mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht oder nur sehr eingeschränkt gebaut werden kann. Liegen günstige Witterungs- und damit Bodenbedingungen vor, können die Arbeiten umgesetzt werden. Die erforderlichen Baubedarfsflächen sind rechtzeitig vor Beginn der feuchten Witterung vorzubereiten. | Minderung                | technisch/<br>planerisch    | Das Ziel hierbei ist, neben dem Bodenschutz, ein möglichst ungestörter Bauablauf und die Vermeidung von Konflikten. Dies kann bei der Umsetzung letztlich durch eine Beschränkung der Bodenarbeiten auf geeignete Konsistenzbereiche (u. a. DIN 19639) oder durch den Ausschluss feuchter Wintermonate (Bauzeitenregelung) erfolgen. Wird letztere Variante gewählt, können sich Baufirmen darauf einstellen, und gleichzeitig kann eine Ausnahmeregelung aufgenommen werden, z. B. für unerwartet trockene Bedingungen (vgl. FELDWISCH 2024). Eine pauschale Festlegung von Ausschlusszeiträumen ist schwierig und aufgrund der ohnehin eingeschränkten Bauzeiten nicht unbedingt zielführend. In Anlehnung an BLANKENBURG et al. (2022) kann eine Öffnung für die Bodenarbeiten möglichst ab Juli angestrebt werden. Ein frühzeitiger Austausch zu Fragestellungen des Naturschutzes ist hierfür zwingend erforderlich. Hierbei handelt es sich um ein klassisches Konfliktthema. Aus natur- bzw. artenschutzrechtlichen Regelungen resultiert ggf. ein Zeitfenster zwischen 1. Oktober und 28. Februar, das aus |

| Nr.                                                       | Maßnahme                                                                                                                                                                                                                                                                             | Vermeidung/<br>Minderung | Schwerpunkt<br>der Maßnahme | Fachliche Hinweise, Verweise im Dokument                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                          |                             | Bodenschutzsicht äußerst ungünstig sein kann. So steigt hier die Gefahr von sehr nassen Verhältnissen (Winterniederschläge, reduzierte Verdunstung durch Vegetation) und somit von Bodenschäden. Bei Frost können zwar gute Bedingungen für Bodenarbeiten vorliegen, allerdings kommt dies immer seltener vor. Gibt es eine Frostperiode, sind zudem Auftaulinsen im Anschluss problematisch für Bodenarbeiten, da das Wasser nicht abfließt und sehr nasse Oberbodenverhältnisse auftreten. |
| 14                                                        | Auf Moorböden BE-Flächen und Baustraßen auf das unbedingt erforderliche Maß beschränken. Wenn möglich, außerhalb platzieren. Abwägung von Längstransport von Material zwischen Anzahl der Befahrungen gegen Belastung durch BE-Flächen.                                              | Vermeidung/<br>Minderung | technisch/<br>planerisch    | Setzungen unter diesen Flächen sind nicht zu vermeiden. Auffüllungen führen ggf. zu Folgeproblemen und -kosten.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 15                                                        | Bei notwendiger Querung von Moorböden mit Leitungsbauvorhaben Prüfung, ob diese unterhalb der Moorbasis im mineralischen Boden unterbohrt werden können (HDD-Bohrungen, Pressbohrungen etc.).                                                                                        | Vermeidung               | technisch/<br>planerisch    | Spülsausrüstungen („Ausbläser“), bei denen die Bohrspülung die überlagernden Schichten durchdringt und an die Oberfläche tritt, sind möglich. Hierfür ist ein entsprechendes Konzept (technische Vermeidung, Erkennung, Eingrenzung, Entfernung des ausgetretenen Materials) vorzusehen.                                                                                                                                                                                                     |
| 16                                                        | Weitere alternative Verlegeverfahren (z. B. halbgeschlossen mittels Kabelpflug) können zudem in Betracht gezogen werden, sofern die bodenschutzfachliche Abwägung positiv ausfällt. Hierfür sind ggf. Ergebnisse von Pilotprojekten auf Moorböden erforderlich.                      | Minderung                | technisch/<br>planerisch    | Für die Abwägung wären positive Effekte (Wasserhaltung, ggf. verringerte Befahrung, Vermeidung Bodenaushub) möglichen negativen Effekten (Vermischung ggf. stauender Schichten, Einfluss von Ankerpunkten zum Ziehen des Pfluges) gegenüberzustellen.                                                                                                                                                                                                                                        |
| 17                                                        | Bei Unterbohrungen von großen Moorbodenkomplexen kann es technische Limitierungen bzgl. der Distanz geben. In diesem Fall sollten insbesondere die mächtigen Torfbereiche unbeeinträchtigt bleiben und Start-/Zielgruben in die randlichen oder geringmächtigen Torfe gelegt werden. | Minderung                | technisch/<br>planerisch    | Gute Vorerkundung erforderlich, s. Anhang 4.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Wasserhaltung, Vermeidung dauerhafter Entwässerung</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                          |                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 18                                                        | Wasserhaltungsmaßnahmen sind so kurz wie möglich zu halten und auf das unbedingt erforderliche Maß zu beschränken.                                                                                                                                                                   | Vermeidung/<br>Minderung | schonende<br>Wasserhaltung  | Zeitliche und räumliche Einschränkung der Entwässerung mit dem Ziel der Vermeidung von Setzungen, Schrumpfung, Mineralisation, Nährstoffaustragen. Dies erfordert eine umfassende Koordination des bauzeitlichen Beginns bzw. des Ablaufs der Baumaßnahmen in diesen Bereichen.<br>Kombination mit Maßnahme 34 und 38 zielführend.                                                                                                                                                           |
| 19                                                        | Die Entwässerung ist so schonend wie möglich zu gestalten (z. B. Minderung der Seitenwirkung durch Spundwände oder durch Auswahl der Entwässerungstechnik).                                                                                                                          | Minderung                | schonende<br>Wasserhaltung  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

| Nr.                              | Maßnahme                                                                                                                                                                                                               | Vermeidung/<br>Minderung | Schwerpunkt<br>der Maßnahme                                 | Fachliche Hinweise, Verweise im Dokument                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 20                               | Das Einfräsen von tiefen Längsdränagen in Moorböden möglichst vermeiden.                                                                                                                                               | Vermeidung/<br>Minderung | Vermeidung<br>dauerhafter<br>Entwässerung                   | Durch das Einfräsen sind Schädigungen an den stauenden Schichten und somit anhaltende Entwässerungseffekte nicht auszuschließen.                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 21                               | Bei eingefrästen Dränagen deren Kontakt zu durchlässigen Schichten vermeiden.                                                                                                                                          | Vermeidung               | Vermeidung<br>dauerhafter<br>Entwässerung                   | Die Annahme, dass die Dränage nicht mehr wirksam ist, sobald z. B. keine Pumpleistung mehr vorliegt, kann nur gelten, wenn keine Entwässerung durch den Kontakt zu durchlässigen Schichten erfolgt. Die Funktion der Dränage muss außer Kraft gesetzt sein, damit diese als schadlos gelten kann.                                                                                                    |
| 22                               | HGÜ-Erdkabel: Einsatz von mobilen Verbauboxen prüfen, um geringeren Bodenaushub, kürzere Grabenöffnungen und Lagerungszeiten des Bodenmaterials und schonendere Wasserhaltung zu erreichen.                            | Minderung                | schonende<br>Wasserhaltung,<br>Reduzierung<br>Bodeneingriff | Gute Abstimmung der Arbeitsschritte erforderlich, damit tatsächlich ein bodenschonendes Ergebnis erzielt wird.                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 23                               | Kein Bettungsmaterial mit hoher Durchlässigkeit in Moorböden einbauen.                                                                                                                                                 | Vermeidung/<br>Minderung | Vermeidung<br>dauerhafter<br>Entwässerung/<br>technisch     | Sowohl Eigengewicht als auch Durchlässigkeit für Wasser wirken sich dauerhaft negativ auf den Moorboden aus (Setzungen, Entwässerung, Mineralisation).                                                                                                                                                                                                                                               |
| 24                               | Bei Bauwerken Gründung so wählen, dass keine besonders durchlässigen Materialien (z. B. Kies-/Schotterssäulen) verwendet werden. Umläufigkeiten von vertikalen Traglelementen (z. B. Pfahlgründungen) berücksichtigen. | Vermeidung               | Vermeidung<br>dauerhafter<br>Entwässerung/<br>technisch     | Die Entwässerung des Moorbodens durch die durchlässigen Materialien soll vermieden werden.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 25                               | Um die entwässernde Wirkung z. B. von sandigem Bettungsmaterial bei Linienbauwerken zu mindern, können bindige Substrate mit geringerer Leitfähigkeit eingebaut werden.                                                | Vermeidung/<br>Minderung | Vermeidung<br>dauerhafter<br>Entwässerung                   | Ein Beispiel sind Ton-/Lehmriegel in regelhaften Abständen oder die Auskleidung/Abdeckung von Gräben mit bindigem Material. Bei dem Einsatz von Tonriegeln handelt es sich um eine gängige Maßnahme. Über die Wirksamkeit ist wenig bekannt bzw. dürfte diese stark vom Einzelfall abhängig sein. Eine Entwässerung nach unten bei zerstörten stauenden Schichten können Tonriegel nicht verhindern. |
| 26                               | Prüfung, ob ein dauerhafter Einsatz von Spundwänden in sensiblen Bereichen mit geringer Nutzungsintensität möglich ist, um Entwässerung zu verhindern.                                                                 | Vermeidung/<br>Minderung | Vermeidung<br>dauerhafter<br>Entwässerung                   | Auf landwirtschaftlich genutzten Flächen nur eingeschränkt oder nicht möglich.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Lastverteilende Maßnahmen</b> |                                                                                                                                                                                                                        |                          |                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 27                               | Einsatz von Sondermaschinen (reduziertes Gewicht, Moorlaufwerke etc.).                                                                                                                                                 | Vermeidung/<br>Minderung | Lastverteilung                                              | Siehe Ausführungen in Kapitel 2.5.1. Allgemeine Grundsätze zur Vermeidung von Bodenverdichtungen auf besonders verdichtungsempfindlichen Böden sind darüber hinaus zu beachten (u. a. DIN 19639).                                                                                                                                                                                                    |
| 28                               | Sonstige Maschinen: ausschließlich Befahrung auf Flächen mit lastverteilenden Maßnahmen.                                                                                                                               | Vermeidung/<br>Minderung | Lastverteilung                                              | Siehe Ausführungen in Kapitel 2.5.1. Allgemeine Grundsätze zur Vermeidung von Bodenverdichtungen auf besonders verdichtungsempfindlichen Böden sind darüber hinaus zu beachten (u. a. DIN 19639).                                                                                                                                                                                                    |

| Nr.                                                        | Maßnahme                                                                                                                                                                         | Vermeidung/<br>Minderung | Schwerpunkt<br>der Maßnahme                 | Fachliche Hinweise, Verweise im Dokument                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 29                                                         | Verzicht auf Oberbodenabtrag, wo möglich und zielführend, Erhalt/Anlegen einer Vegetationsdecke: „Grüne Baustraße“.                                                              | Vermeidung/<br>Minderung | Lastverteilung                              | Die Tragfähigkeit so weit wie möglich erhalten bzw. erhöhen. Bei flachgründigen Moorstandorten kann der Abtrag trotzdem sinnvoll sein, wenn darunter verdichtungsunempfindliche oder natürlicherweise dicht gelagerte mineralische Substrate folgen.                                                                                                                                                                                |
| 30                                                         | Überfahrten und zeitliche Beanspruchung auf das unbedingt erforderliche Maß beschränken.                                                                                         | Minderung                | Lastverteilung                              | Siehe Ausführungen in Kapitel 2.5.1.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 31                                                         | Möglichst Auswahl von Baustraßen mit geringem Eigengewicht (Holzhackschnitzel, doppelagige Baggermatratzen), um Setzungen zu mindern.                                            | Vermeidung/<br>Minderung | Lastverteilung,<br>Baustraßen               | Holzhackschnitzel-Baustraße ggf. mit Stahlplatten auf der Oberfläche weiter stabilisieren.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 32                                                         | Bei Hochmoorböden Auswahl von nicht-alkalischem Material für mineralische Baustraßen.                                                                                            | Vermeidung               | pH-Wert-<br>Änderungen                      | Auswaschungen aus der Baustraße sollen den natürlicherweise geringen pH-Wert nicht beeinträchtigen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 33                                                         | Gegebenenfalls Erhöhung der Tragfähigkeit durch Geogitter/Geotextil unterhalb der Baustraße. Einsatz von mineralischem Baustraßenmaterial in Abwägung zum erhöhten Eigengewicht. | Vermeidung/<br>Minderung | Lastverteilung,<br>Baustraßen               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 34                                                         | Lastabtrag in tiefere Schichten und Reduzierung der Befahrung durch Bewegung auf quer zu Spundwänden gelegte Baggermatratzen.                                                    | Vermeidung/<br>Minderung | Lastverteilung,<br>Reduzierung<br>Befahrung | Kombination mit Maßnahme zur Reduzierung der Wasserhaltung (Spundwände).<br>Kombination mit Maßnahme 18 zielführend.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Materialtrennung, Aus- und Einbau von Bodenmaterial</b> |                                                                                                                                                                                  |                          |                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 35                                                         | Schichtgerechter Aus- und Wiedereinbau: Trennung des Bodenmaterials nach mineralisch/organisch sowie anhand der Torfstratigraphie.                                               | Vermeidung/<br>Minderung | Materialtrennung                            | Siehe Ausführungen in Kapitel 2.5.1. Der Torfstratigraphie sollte ein höherer Stellenwert gegenüber der Trennung von nassen/trockenen Bereichen eingeräumt werden (siehe Ausführungen im Text).                                                                                                                                                                                                                                     |
| 36                                                         | Oberboden ist grundsätzlich getrennt zu lagern (sowohl mineralische Oberböden, z. B. aus Sanddeckkulturen, als auch Oberböden aus organischem Material).                         | Vermeidung               | Materialtrennung                            | Der Oberboden von landwirtschaftlich genutzten Moorböden ist i. d. R. mit Nährstoffen angereichert und im pH-Wert verändert. Somit ist dieser wichtig für die Rekultivierung von landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie bei Vermischung hinderlich für die Verwertung. Verstärkter Eintrag bzw. die Vermischung von mineralischem Boden mit Torf kann zu Problemen in der Befahrbarkeit, zu Verdichtungen und Setzungen führen. |
| 37                                                         | Überdeckte Torfe sollten in der ursprünglichen Tiefenlage ohne Vermischung wieder eingebaut werden.                                                                              | Vermeidung/<br>Minderung | schichtgerechter<br>Wiedereinbau            | Besonderheiten von (potenziell) sulfatsauren Böden mit Niedermoororten berücksichtigen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Lagerung von Bodenmaterial</b>                          |                                                                                                                                                                                  |                          |                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 38                                                         | Die Lagerung von Torfmaterial sollte so kurz wie möglich sein.                                                                                                                   | Minderung                | Lagerung von<br>Bodenmaterial               | Siehe Ausführungen in Kapitel 2.5.1.<br>Kombination mit Maßnahme 34 zielführend.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 39                                                         | Bodenmieten aus Torf sind dauerhaft feucht zu halten. Dies kann durch eine möglichst kurze Lagerungszeit, das Abdecken vor Austrocknung (Folie) oder durch                       | Minderung                | Lagerung von<br>Bodenmaterial               | Siehe Ausführungen in Kapitel 2.5.1.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

| Nr. | Maßnahme                                                                                                                                 | Vermeidung/<br>Minderung | Schwerpunkt<br>der Maßnahme | Fachliche Hinweise, Verweise im Dokument                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | Bewässerung erzielt werden. Eine Profilierung der Mieten unter Vermeidung der Verdichtung des Materials kann ebenfalls zielführend sein. |                          |                             | Eine Alternative können beschleunigte Bauzeiten mit Aushub, Zwischenlagerung und Wiederverfüllen möglichst innerhalb einer Woche sein.                                                                                                                                                                                                                            |
| 40  | Reduzierung der Mietenhöhe für Torf (z. B. max. 1,5 m).                                                                                  | Minderung                | Lagerung von Bodenmaterial  | Die Flächenpressung durch die Bodenmiete soll reduziert werden (Minderung von Setzungen). Ein erhöhter Platzbedarf ist einzuplanen.                                                                                                                                                                                                                               |
| 41  | Bodenmieten möglichst nicht auf nassen Moorböden anlegen.                                                                                | Vermeidung/<br>Minderung | Lagerung von Bodenmaterial  | Die durch die geringe Tragfähigkeit möglichen Setzungen sollen vermieden werden. Der Längstransport ist allerdings gegenüber häufigeren Befahrungen und Umlagerungen abzuwägen.                                                                                                                                                                                   |
| 42  | Bodenmieten aus Mischsubstraten (z. B. Torf-Sand-Substrate von Moorkultisolen) sind ebenfalls möglichst kurz zu lagern.                  | Minderung                | Lagerung von Bodenmaterial  | Die Horizonte von Moorkultisolen können hohe Anteile von Torf beinhalten, der mit Sand vermischt ist (Baggerkuhlungen z. B. bis zu 50 % Torf, vgl. SCHWENK & GEHRT 2023). Durch die Umlagerung und Belüftung ist auch bei diesen Böden von THG-Emissionen auszugehen. Ein aktives Feuchthalten der Bodenmieten ist bei diesen Böden allerdings nicht zielführend. |

## 2.6 Rekultivierung und Zwischenbewirtschaftung

### Rekultivierung

Unter Rekultivierung wird nach DIN 19639 die „Wiederherstellung der Bodeneigenschaften und der Bodenfunktionen vergleichbar den Ausgangsbedingungen oder angestrebter Eigenschaften, Geländeformen und Nutzungseignung der Böden (Rekultivierungsziel)“ verstanden. Das Rekultivierungsziel ist i. d. R. der Ausgangszustand. Bei Mooren könnte die Rekultivierung auf das Ziel erweitert werden, die Torfe bestmöglich zu konservieren oder gar ein Moor-Ökosystem zu initiieren (Renaturierung oder Restauration).

Bei der Rekultivierung von Moorböden ergeben sich grundsätzliche Unterschiede zu mineralischen Böden. Während bei mineralischen Böden möglichst trockenes Bodenmaterial bewegt wird, so wird der Torf dauerhaft feucht gehalten (vgl. Kap. 2.5). Auch kann das Ziel mit Blick auf die Torferhaltung einerseits sein, dass möglichst hohe Wasserstände erreicht werden. Andererseits muss, bei landwirtschaftlicher Folgenutzung, eine hinreichende Entwässerung gegeben sein.

Aus den Ausführungen der vorangehenden Kapitel ergeben sich folgende Grundsätze für die Rekultivierung:

- Ein Vollaustausch des Torfs (Ersatz durch mineralischen Boden) ist nicht mit einer torferhaltenen Vorgehensweise vereinbar.
- Beachtung der Torfstratigraphie: Schichtgerechter Wiedereinbau, insbesondere Wiederherstellung von abdichtenden Basisschichten.
- Einbau/Einmischung mineralischer Substrate in den Torf ist grundsätzlich zu vermeiden.
- Insbesondere auf landwirtschaftlichen Flächen ist zu vermeiden, dass Torfe mit ungünstigen Eigenschaften an die Oberfläche gelangen (v. a. stark zersetzte Schwarztorfe, stark zersetzte Niedermoortorfe, organische Mudden).
- Werden z. B. Leitungen oder andere Infrastruktur wie Fundamente in den Boden eingebracht, ist eine hinreichende Überdeckung erforderlich (Mindestüberdeckung). Dies ist geboten, um die Funktionen des Bodens im Naturhaushalt und als Lebensraum wiederherzustellen. Die Mindestüberdeckung muss auch eine mögliche Dränung von Flächen berücksichtigen (BLANKENBURG 2021). Zudem ist zu beachten, dass eine hinreichende Mindestüberdeckung aufgrund von Torfschwund ggf. nicht dauerhaft zu gewährleisten ist.

### Weitere wichtige Aspekte

- Ein sorgfältiger Abtrag des Materials von zurückzubauenden Baustraßen ist erforderlich, der insbesondere durch die vorherige Trennung mit Geovlies/Geogitter begünstigt werden kann (vgl. Kap. 2.5).
- Die Rückverfestigung des Materials ist schonend umzusetzen, z. B. durch das Andrücken mit der Baggerschaufel. Auch das Überfahren des Planums mit Moorlaufwerken bzw. Fahrzeugen mit sehr geringen Kontaktflächendrücken kann in Betracht gezogen werden.
- Es sollte geprüft werden, ob die Eingriffe durch das Bauvorhaben genutzt werden können, um eine Verbesserung für die Torferhaltung an selber Stelle zu erzielen. Dies muss bereits bei der Konzepterstellung/Planung diskutiert werden. Beispiele sind:
  - Prüfung, ob bei der Wiederherstellung auf die Dränage verzichtet werden kann oder ob mit Dränage höhere Wasserstände, z. B. in Verbindung mit einer kontrollierten Dränung oder einer unterirdischen Wasserzuführung (Unterflurbewässerung), angestrebt werden können.
  - Prüfung, ob Entwässerungsgräben verschlossen oder angestaut werden können.
  - Prüfung, ob Moorflächen im Umfeld im Zuge einer Kompensation vernässt werden können. Hier ggf. Nutzung des Torfmaterials für Verwallung.

### Ausgleich von Setzungen

Finden Baumaßnahmen auf Moorböden statt und sind anschließend Setzungen zu beobachten (durch Lasteinträge unter Baustraßen oder infolge der Wasserhaltung, vgl. Kap. 2.2), müssen diese ausgeglichen werden, um eine der Vor- bzw. Folgenutzung entsprechende Oberfläche herzustellen. Für den Höhenausgleich dieser Hohlformen ist dem Standort entsprechendes Torfmaterial zu verwenden. Gegebenenfalls fällt dieses im Rahmen der Baumaßnahme als Überschussmaterial an und kann so verwertet werden. Die erforderliche Torfmenge ist nicht zu unterschätzen, da die Setzungen mehrere Dezimeter betragen können. Besteht ein Materialdefizit, das nicht gelöst werden kann, ist die Herstellung von flachen Mulden eine Option, sofern dies mit der Nutzung vereinbar ist (z. B. extensive Nutzung, Naturschutzmaßnahmen).

Setzungen sind nicht durch Mineralböden auszugleichen, da dessen Auflast zu weiteren Setzungen führt (vgl. Kap. 2.2).

Das Material von Baust Straßen aus Sand kann deshalb nicht für den Ausgleich dieser Differenzen genutzt und eingearbeitet werden.

### (Tiefen-)Lockerung

Bauzeitlich in Anspruch genommene Torfe sind hinsichtlich der Lockerung anders zu bewerten als mineralische Böden. Tiefenlockerungen auf Torfböden sind nicht empfehlenswert. Allgemeine Empfehlungen sind hier schwierig, es muss ggf. im Einzelfall der Standort durch Sachverständige bewertet und entschieden werden (Kriterien z. B. Zersetzungsgrad, Bodenfeuchte). Dabei ist abzuwägen, inwiefern die Lockerung tatsächlich eine Besserung bringt oder welche negativen Effekte zu erwarten sind.

Als Grundsätze können gelten:

- Verdichtungen im Feinporbereich sind durch eine Lockerung nicht aufzulösen, sondern sie werden ggf. verstärkt oder erzeugt, insbesondere bei Torfen mit einem hohen Zersetzungsgrad.
- Mechanische Tiefenlockerungen können Schäden oder Probleme verursachen bzw. verstärken. Tiefgreifende Lockerungen im Torf führen z. B. zu Belüftung, Gefügeschäden und mechanisch erzeugten Verschmierungen und somit zu negativen Folgewirkungen (vgl. Kap. 2.2).
- Es ist zu erwarten, dass der Effekt von mechanischen Lockerungen bzw. Schlitzungen nicht lange anhält, da dieser durch negative Folgeeffekte wieder egalisiert wird oder die Situation sogar negativer zu bewerten ist als vorher (vgl. Kap. 2.2).
- Soll trotzdem eine Lockerung durchgeführt werden, sollte die Maßnahme keinesfalls bis in den mineralischen Untergrund greifen.

Wenn deutliche Hinweise auf verdichtungsbedingte Staunässe oder vergleichbare Wirkungen vorliegen, dann sollte auf Basis der genannten Punkte abgewogen werden, ob durch die Lockerung tatsächlich eine Verbesserung der Situation zu erwarten ist. Auch eine zusätzliche Dränung kann geprüft werden, wenn ansonsten eine dauerhafte Nutzungseinschränkung eintritt. Als Option kann zusätzlich diskutiert werden, ob die Fläche auf Basis einer entsprechenden Vereinbarung aus der Nutzung genommen werden kann bzw. muss.

### **Zwischenbewirtschaftung**

Das Ziel der Zwischenbewirtschaftung (auch: Wiederherstellungsbewirtschaftung) ist die „bodenschonende bzw. bodenverbessernde Bewirtschaftung nach erfolgter Rekultivierung mit dem Ziel der Wiederherstellung der natürlichen Bodenfunktionen vor der Ziel- oder Folgenutzung“ (DIN 19639: 10).

Üblich auf mineralischen Böden sind eine reduzierte Befahrungsintensität und reduzierte Bodenbearbeitung sowie die Etablierung von möglichst intensiv und tief wurzelnden Kulturen/Kulturartenmischungen zur Wiederherstellung eines substrattypischen Bodengefüges. Moorböden sind hier anders zu bewerten, wobei noch nicht viele Praxiserfahrungen vorliegen. Eine reduzierte Befahrungs- und Bearbeitungsintensität ist grundsätzlich übertragbar. Eine Bewirtschaftung, welche den durch die Baumaßnahme i. d. R. zunehmenden Anteil von Feinporen wieder mindert und Grobporen schafft, ist in Moorböden im Vergleich zu mineralischen Böden nur eingeschränkt möglich. Das ursprüngliche Gefüge ist nur bedingt oder gar nicht wiederherzustellen, insbesondere bei wenig strukturierten Torfen mit hohen Zersetzungsgraden. Der Anbau von tiefwurzelnden Pflanzen, wie häufig auf mineralischen Böden angestrebt, ist bei Moorböden i. d. R. nicht umsetzbar, da die feuchten Bedingungen und hohen Wasserstände die Auswahl an möglichen Pflanzen deutlich einschränken. Die umgehende Etablierung einer geschlossenen Vegetationsdecke nach der Rekultivierung ist allerdings sinnvoll. Je nach Situation sollten Pflanzen ausgewählt werden, welche eine Toleranz gegenüber nassen oder wechselfeuchten Situationen aufweisen (z. B. Rohrglanzgras, Waldsimse, vgl. DIN 18915).

Auf beanspruchten Treposolen können lockernde/stabilisierende Saatgutmischungen verwendet werden (vgl. DIN 18915 und Tab. 8).

Baubedingte Verdichtungen in Moorböden sind nicht oder nur eingeschränkt dauerhaft zu beheben.

Tab. 8: Beispielhafte Leistungen und Toleranzen von ausgewählten nassetoleranten Arten nach DIN 18915. Weitere Arten siehe dort. Die tatsächliche Anwendung sollte vor Ort durch Fachpersonal (Bodenkundliche Baubegleitung) in Abstimmung mit den Bewirtschaftenden empfohlen werden. 1 = sehr geringe Ausprägung, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = stark, 5 = sehr stark.

| Art                |                                                     | Waldsimse |   | Rohrglanzgras |   | Dt. Weidelgras |   |
|--------------------|-----------------------------------------------------|-----------|---|---------------|---|----------------|---|
| Leistungen         | lockern                                             | 3         |   | 4             |   | 3              |   |
|                    | strukturieren                                       | 4         |   | 5             |   | 5              |   |
|                    | entwässern im 1. Jahr/Folgejahr                     | 1         | 3 | 1             | 5 | 1              | 3 |
|                    | Erosionsschutz im 1. Jahr/Folgejahr                 | 1         | 3 | 1             | 5 | 2              | 4 |
|                    | Insektenweide, Aufwertung Landschaftsbild           | 2         |   | 1             |   | 1              |   |
|                    | Unkrautunterdrückung im 1. Jahr/Folgejahr           | 1         | 3 | 1             | 4 | 2              | 4 |
|                    | Futterwert                                          | 1         |   | 3             |   | 5              |   |
| Toleranz gegenüber | Trockenheit nach der Keimung                        | 2         |   | 1             |   | 2              |   |
|                    | Nässe                                               | 5         |   | 5             |   | 4              |   |
|                    | basische Bodenreaktion (z. B. kalkreiche Standorte) | 4         |   | 3             |   | 4              |   |
|                    | saure Bodenreaktion                                 | 4         |   | 3             |   | 3              |   |
|                    | Betreten und Befahren                               | 5         |   | 3             |   | 4              |   |
|                    | hohe Stickstoffversorgung                           | 4         |   | 4             |   | 4              |   |
|                    | Spätsaat                                            | ja        |   | ja            |   | ja             |   |
|                    | Vegetationsdauer                                    | 5         |   | 5             |   | 5              |   |
|                    | mehrfährig                                          | ja        |   | ja            |   | ja             |   |

### 3. Hinweise zur Verwertung von Torf

Regelhaft fallen bei Baumaßnahmen im Bereich von Moorböden überschüssige Torfmassen an. Diese stellen in der Praxis eine erhebliche Herausforderung dar. Aus § 6 KrWG lässt sich für den Umgang mit Bodenaushub die folgende Hierarchie ableiten (vgl. u. a. LFU-BY 2025):

1. Vermeiden,
2. Wiederverwenden,
3. Entsorgen (Verwerten oder Beseitigen).

Bei Baumaßnahmen kann trotz Vermeidungsstrategien überschüssiges Torfmaterial anfallen. Das gilt vor allem bei Versiegelungen, bei denen der Torf dauerhaft ausgehoben wird und nicht wieder eingebaut werden kann (Verdrängung durch Gründung, fehlende Eigenschaften als Bettungsmaterial oder zur Herstellung von Flüssigboden). Aber auch durch Bettungsmaterial, Kabel, Betonreiter, Tonriegel oder vergleichbare Aspekte des Leitungsbaus kann Material verdrängt werden. Auf Trassen kann dies im gewissen Maße beim Wiedereinbau ausgeglichen werden (leichte Überhöhung), allerdings hat diese Vorgehensweise Grenzen, da die Flächen fachgerecht rekultiviert werden müssen. Dies gilt auch für Gewässerrenaturierungsmaßnahmen, bei denen Niedermoor torfe oder Mudden anfallen können. Deshalb kann eine Verwertung von Torfen erforderlich sein.

Eine rechtliche Einordnung aus Sicht des Bodenschutzes zur Verwertung von organischen Materialien gemäß der BBodSchV bieten *LfU-SH 2023 und LfU-BY 2025*. Zudem bietet die *LABO-Vollzugshilfe* (LABO 2023a) fachliche Hinweise. DIN 19731 (Bodenbeschaffenheit – Verwertung von Bodenmaterial und Baggergut) sollte beachtet werden.

#### Grundsätze

Die oben genannten Leitfäden (LFU-SH 2023, LFU-BY 2025, LABO 2023a) behandeln das Thema umfangreich. An dieser Stelle soll deshalb auf praktische Aspekte eingegangen und mögliche Ansätze für moorboden- und torferhaltende Verwertungsoptionen diskutiert werden (Kap. 3.1). Der Vollständigkeit halber werden auch nicht-torferhaltende Optionen benannt (Kap. 3.2).

Eine weitergehende rechtliche Einordnung und die Definition von Rahmenbedingungen sind zukünftig vorgesehen.

Allgemein sind die folgenden Prioritäten für eine Verwertung von Überschusstorfen zu setzen:

1. Schichtgerechter Wiedereinbau mit entsprechender Hydrologie (moorbodenerhaltend).
2. Vermeidung von Treibhausgasemissionen (torferhaltend) mit Blick auf den Klimaschutz.

Für eine möglichst hochwertige Verwertung muss das Material aus fachlicher Sicht differenziert werden in

- Oberboden (vererdete oder vermüllte Torfe mit Nährstoffanreicherung),
- Weißtorf (Hochmoor),
- Schwarztorf (Hochmoor),
- Niedermoor torfe allgemein sowie ggf. organische Mudden und
- mineralische Mudden und mineralisches Material aus dem Untergrund.

Zudem sind die Torfeigenschaften (z. B. Zersetzungsgrad, potenziell sulfatsaures Material) von Relevanz. Wie die Substratdifferenzierung vorgenommen werden kann, ist in Anhang 4 beschrieben.

Die Eigenschaften der Torfe entscheiden über die Verwertungsoptionen. Es gilt deshalb möglichst:

- keine Vermischung von Torf, Mudden und Mineralboden bei Ausbau und Lagerung,
- keine Vermischung der getrennt auszubauenden Torfschichten.

Im Folgenden werden Optionen knapp mit fachlichen Hintergründen benannt, die unter den jeweils vorliegenden Rahmenbedingungen betrachtet werden müssen.

### 3.1 Torferhaltende Verwertungsmöglichkeiten

#### 3.1.1 Vernässungsprojekte

Es sollte das Ziel sein, Boden- und Klimaschutz beim Umgang mit dem Material so gut wie möglich zu verbinden. Dies kann nur mit torferhaltenden Verwertungsoptionen erreicht werden.

(Wieder-)Vernässungsprojekte können eine hochwertige Verwertungsmöglichkeit für anfallendes Torfmaterial darstellen. Dies wird auch in DIN 19639 empfohlen. Allerdings sind hierzu einige fachliche Aspekte von Bedeutung:

- Auch hierfür ist die Differenzierung der Torfe nach Eigenschaften wichtig. Nicht alle Materialien können verwendet werden. Hinweise bietet der Geobericht 45 (GRAF et al. 2022):
  - Zwar wird bei der Hochmoorrenaturierung Material für Verwallungen und das Schließen von Gräben benötigt, allerdings können die Verwallungen nur begrenzt Material aufnehmen. Fremdmaterial wird zudem bei Renaturierungsprojekten unter Umständen nicht

benötigt, weil vor Ort Oberboden abgetragen und verwendet wird.

- Hinweise für den Umgang mit torfbürtigen eutrophen Oberböden bieten GRAF et al. (2022): Mit Nährstoffen angereichertes Oberbodenmaterial kann nur eingeschränkt in Wiedervernässungsvorhaben verwendet werden. Eine Verwertung, auch von nährstoffreichem Oberbodenmaterial, in den Verwallungen einer Renaturierungsmaßnahme ist allerdings ggf. möglich.
- Stark zersetzte Torfe können z. B. zur Abdichtung von Grabensohlen eingesetzt werden.
- Ein frühzeitiger Kontakt mit Ansprechpersonen aus Landkreisen (v. a. Untere Naturschutzbehörden) oder z. B. bei den Landesforsten ist wichtig, da räumlich und zeitlich sehr unterschiedliche Bedarfe zu erwarten sind.
- Eine Übersicht über Moorprojekte in Niedersachsen bietet das *MoorIS*.

#### 3.1.2 Wiederherstellung von degradierten Moorstandorten durch Aufbringung von Bodenmaterial mit Vernässung

Niedermoor torfe können genutzt werden, um degradierte Niedermoorstandorte aufzuwerten und gleichzeitig die Torferhaltung sicherzustellen. Ein Vorteil der Vorgehensweise ist die Wahrung des Grundsatzes „Gleiches zu Gleichem“ (u. a. LABO 2023a).

Die folgende Vorgehensweise wird vorgeschlagen:

- Entwässerte Niedermoorflächen, die renaturiert werden sollen, können durch das Aufbringen von Überschusstorfen flächenhaft aufgehöhht werden. Die Zielhöhe könnte sich an der ursprünglichen Moormächtigkeit orientieren.
- Anschließend erfolgt eine Vernässung.
- Eine Umsetzung ohne Vernässung ist nicht zielführend (keine Torferhaltung). Auch könnte es durch die Aufbringung von Fremdmaterial zu Staunässe kommen, die einer landwirtschaftlichen Nutzung entgegensteht. Insgesamt wäre es sinnvoll, die Fläche für Naturschutzzwecke aus der Nutzung zu nehmen.

Zu bedenken wäre:

- Gegebenenfalls großer Aufwand für Materialtransport, der allerdings auch bei anderen Verwertungsoptionen erforderlich ist. Eine Nähe der Zielfläche zum Ort des Anfallens wäre positiv.
- Zudem müssten ggf. Baustraßen oder andere Infrastruktur für eine schonende Ausbringung angelegt werden (Hinweise s. Kap. 2.5).

### 3.1.3 Einbau von Niedermoortorfen in eine Hohlform mit anschließender Vernässung

Das Ziel der im Folgenden skizzierten Optionen wäre der Einbau von Überschusstorfen (Niedermoortorfe) in eine Hohlform, die anschließend vernässt wird. Es entstehen Bedingungen, welche die Entwicklung eines Moores ermöglichen.

#### Option 1: Aufbau einer durchwurzelbaren Bodenschicht (Moorboden) in baubedingter Hohlform mit Vernässung

- Liegt eine baubedingte bzw. vorhabenbezogene Hohlform (z. B. sog. Seitenentnahmen zur Rohstoffgewinnung) vor, kann geprüft werden, ob hier der Einbau von Niedermoortorfen möglich ist.
- Es entstehen im Bereich der Grube niedermoor-ähnliche Bedingungen bzw. ein nasses Niedermoor, welches wieder eine natürliche Niedermoordynamik (Aufwuchs niedermoortypischer Pflanzen) entwickeln kann.
- Priorität kann dieser Vorgehensweise eingeräumt werden, wenn die Fläche ohnehin durch Moorböden geprägt war und diese somit, nach dem Abbau des Baumaterials (i. d. R. Kiese und Sande), vor Ort wiederhergestellt und ggf. durch Zufuhr weiteren Materials aus der Baumaßnahme aufgehört werden können.

Mögliche Vorgehensweisen sind:

- Das Material wird mit Spezialgerät vom zukünftigen Gewässerrand aus in ein durch die Entnahme von Material entstandenes, flaches Gewässer eingebracht (z. B. mit Moorraupen).
- Eine trockengelegte Grube wird schrittweise mit Torf aufgefüllt, anschließend wird der Wasserstand wieder angehoben. Ein solcher Abbau mit Grundwasserabsenkung, um die Grube für den Einbau trocken zu halten, wäre allerdings aufgrund der Wasserhaltung ein großer Aufwand. Eine Umsetzbarkeit wäre zu prüfen.

Dabei ist zu beachten:

- Die Option gilt ausdrücklich nicht für bestehende natürliche Gewässer.
- Mit Nährstoffen angereicherte Oberböden können ggf. mit Blick auf eine Eutrophierung nicht verwendet werden.
  - Einträge von Nährstoffen und Huminstoffen/DOC.
- Über die hydrologischen Rahmenbedingungen müsste geprüft werden, ob eine dauerhafte Vernässung möglich ist (z. B. hydrogeologisches Gutachten).

Beispiel: Eine Seitenentnahme beim Straßenbau zur Gewinnung von Sand betrifft ein Gebiet mit Niedermoortorfen über Sand. An anderer Stelle der Baumaßnahme fallen zudem Niedermoortorfe als Überschussmaterial an. Durch die Seitenentnahme entsteht ein Massedefizit. Dieses könnte, bei weiterhin für den Erhalt eines Niedermoores günstigen hydrologischen Bedingungen, durch die Niedermoortorfe mit anschließender Vernässung ausgeglichen werden.

#### Option 2: Bau eines Polders zur Umlagerung von Niedermoortorfen mit Vernässung

Ähnlich wie sulfatsaures Bodenmaterial (vgl. SCHÄFER et al. 2010, HEUMANN et al. 2018) können die anfallenden Torfe in dafür angelegte Polder eingebaut und anschließend vernässt werden. Für den Bau von Poldern für Vernässungsprojekte liegen zudem fachliche Hinweise für Hochmoorrenaturierungen vor (BLANKENBURG et al. 2022).

- Diese Option besteht ggf. insbesondere im Küstenholozän, da im Untergrund eine geringe Durchlässigkeit erforderlich sein kann.
- Mit dieser Vorgehensweise würde, begründet durch den Klimaschutz, die Grundlage für die Neuanlage eines Moores geschaffen. Es entsteht ein künstliches Landschaftselement, das ggf. einen erheblichen Flächenbedarf aufweisen kann und auch Bodeneingriffe bedeutet.
- Zudem ist das Wassermanagement sicherzustellen (Wasserspeicherkapazität für dauerhaft nasse Verhältnisse, Anforderungen an die Qualität von Abflusswasser zur Einleitung in Oberflächengewässer). Es können Folgekosten für die Aufrechterhaltung des Wasserregimes und für die Pflege entstehen.

### 3.2 Nicht-torferhaltende Verwertungsmöglichkeiten

Die nicht-torferhaltenden Maßnahmen entsprechen nicht mehr den Ansprüchen des Moorbodenschutzes im engeren Sinne und sind somit nicht gleichwertig mit den torferhaltenden Maßnahmen. Sie werden hier allerdings der Vollständigkeit halber und als Teil der gängigen Praxis aufgeführt.

#### 3.2.1 Erdenwirtschaft

Torfmaterial kann grundsätzlich interessant für Erdenwerke sein. Insbesondere Hochmoortorfe können ggf. über die Erdenwirtschaft verwertet werden, sofern die Mindestanforderungen an die Qualität zur Herstellung von Pflanzenbaubsubstraten erfüllt sind. Auch für andere Substrate (Niedermoortorfe) ist eine Verwertungsmöglichkeit zu prüfen.

- Eine frühzeitige Kontaktaufnahme und Klärung der Qualitätsansprüche sind wichtig.
- Der nach der Stratigraphie getrennte Ausbau ist erfahrungsgemäß grundlegende Voraussetzung für eine entsprechende Abnahme. Nicht alle Materialien können verwendet werden. Material von Sandmischkulturen und flachen Mooren/Moor- gleyen sind für hochwertige Substrate nicht geeignet.
- Hochmoortorfe können verwertet werden, sofern die Mindestanforderungen an die Qualität zur Herstellung von Pflanzenbausubstraten erfüllt sind. Eine Orientierung bietet die RAL-Güte- gemeinschaft (GSFP 2018).
- Weiß- und Schwarztorfe mit geringerem Nieder- mooranteil können als Champignondeckerde verwendet werden. Es kann zielführend sein, dass Firmen die Torfe selber abbauen, um ent- sprechende Qualitäten sicherzustellen (HOFER & PAUTZ 2012).
- Für die Verwertung der Torfe ist eine Trocknung erforderlich, die i. d. R. zwischen Mai bis Ende August stattfindet (HOFER & PAUTZ 2012). Hier- für sind entsprechende Flächen erforderlich. Es wäre somit zu prüfen, ob dies bei Erdenwerken erfolgen kann.
- Niedermoor- torfe sind aufgrund ihrer Eigenschaf- ten weniger geeignet, werden aber ggf. zur Her- stellung günstiger Blumenerde genutzt.
- Für das ein- bzw. aufzubringende Material so- wie für den Boden am Ort des Ein- bzw. Aufbrin- gens ist sicherzustellen, dass die Vorsorgewerte der BBodSchV, insbesondere für Schwerme- talle, eingehalten werden. Bei landwirtschaftli- cher Folgenutzung darf in der entstandenen durchwurzelbaren Bodenschicht ein Schadstoff- wert von 70 % des Vorsorgewertes nicht über- schritten werden. Da diese Regelung für Boden- material mit TOC-Gehalten >9 % keine Anwen- dung findet, hat das LFU-SH (2023) Vorsorge- hilfswerte für diese Böden abgeleitet. Die Ver- wendung dieser Werte bei der Prüfung wird empfohlen.
- Niedermoor- torfe aus dem Küstenholozän kön- nen potenziell oder aktuell sulfatsauer sein. In aktuell sulfatsauren Niedermoor- torfen erfolgt keine Jarositbildung als optisches Erkennungs- merkmal, weshalb die Identifikation nur über den pH-Wert (pH-Wert <4) erfolgen kann. Die niedri- gen pH-Werte können erhebliche negative Fol- gen für die Böden und deren Nutzung haben, weshalb das Aufbringen des Materials auf an- dere Standorte zu vermeiden ist. Die Analytik und Bewertung sind beschrieben in SCHÄFER et al. (2010), weitere Informationen in HEUMANN et al. (2018).

Zur Verwertung von organischen Materialien in den Oberböden von landwirtschaftlichen Nutz- flächen ist darauf hinzuweisen, dass der Torf in diesen Fällen mineralisiert wird und Treibhaus- gasen freisetzt. Aus Klimaschutzsicht ist dieser Verwertungsweg folglich nicht zu empfehlen. Zudem ist dabei die Freisetzung von Nährstof- fen zu berücksichtigen (vgl. auch DIN 19731).

### 3.2.2 Verbesserung von mineralischen Böden

Die DIN 19639 führt dazu aus: „[...] überschüssiger organischer Boden sollte – soweit geeignet – zur Verbesserung von mineralischen Böden [...] ver- wendet werden. Bei der Verbesserung von minera- lischen Böden ist zu berücksichtigen, dass nasser Torf für eine notwendige Entwässerung bis zu ei- nem Jahr zwischengelagert werden muss. [...]“

Einschränkend für die Verwertung können wirken:

- Es ist zu berücksichtigen, dass durch Torfmine- ralisation mineralischer Stickstoff freigesetzt wird. Nach DIN 19731 kann bei einem C:N-Ver- hältnis von 12:1 eine Mineralisationsrate von 2 % pro Jahr angenommen werden. Um eine Stickstoffauswaschung gering zu halten, sollte daher nicht mehr Material aufgebracht werden, als daraus freigesetzter Stickstoff durch die an- gebaute Kulturpflanze aufgenommen werden kann. Dies schränkt die Menge des aufzubrin- genden Torfmaterials ein. Dazu kommt, dass bei TOC-Gehalten >8 % eine Aufbringung nur im Einzelfall nach Prüfung zulässig ist (vgl. DIN 19731).

### 3.2.3 Einbau von Niedermoor- torfen ohne Vernässung mit mineralischer Überdeckung

Falls eine torferhaltende Verwertung mit Vernäs- sung nicht möglich ist, können Überlegungen be- züglich einer Überdeckung des Torfmaterials ange- stellt werden.

In Anlehnung an Sanddeckkulturen ist eine Über- deckung von Torf mit mineralischem Material eine mit Blick auf den Klimaschutz diskutierte Option (MU NIEDERSACHSEN 2025, HÖPER et al. 2025). Ist ein Spülfeld geplant, kann geprüft werden, ob an- fallendes Torfmaterial zuvor auf die Flächen aufge- bracht werden kann. Diese Möglichkeit kann z. B. im Falle von Flussvertiefungen anfallen (MU NIE- DERSACHSEN 2025). Bei Letzteren würde durch den

Auftrag des Torfs die Aufnahmekapazität der Fläche für Klei bzw. Baggergut reduziert.

Für diese Vorgehensweise besteht Forschungsbedarf, da bislang nur wenige wissenschaftliche Daten hinsichtlich der THG-Emissionen vorliegen (MU NIEDERSACHSEN 2025). HÖPER et al. (2025) verdeutlichen, dass geringmächtige Überdeckungen <40 cm bei nachfolgender Nutzung nicht ausreichen, um torferhaltende Bedingungen zu erreichen. Allerdings kann auch davon ausgegangen werden, dass mächtige mineralische Decken, z. B. ≥80 cm, einen ausreichenden Schutz für die liegenden Torfe darstellen sollten. Weitere Rahmenbedingungen für die Umsetzung einer solchen Maßnahmen sind (vgl. HÖPER et al. 2025):

- Es sollte möglichst humusarmes mineralisches Material aufgetragen werden. Auch sollte der pH-Wert des aufgetragenen Materials dem der liegenden Torfe möglichst nahekommen.
- Die liegenden Torfe sollten möglichst ganzjährig wassergesättigt sein. Es wäre also eine Anhebung der Wasserstände so weit wie möglich bis zum Übergang von der Torf- zur mineralischen Schicht erforderlich.

Es wird deshalb empfohlen, diese Maßnahmen unter einen Genehmigungsvorbehalt zu stellen und die Interaktion mit anderen Belangen (Naturschutz, Wiedervernässung) zu prüfen. Zudem sollten Pilotversuche unter wissenschaftlicher Begleitung durchgeführt werden, um die Kenntnisse zu verbessern (HÖPER et al. 2025).

#### **4. Grundsätze zu Klimaschutz und Kompensation**

Bund und Länder haben sich dem Klimaschutz verpflichtet (vgl. Kap. 1). Durch das Klimaschutzgesetz wurde die Berücksichtigung des Klimaschutzes in Planungen der Träger öffentlicher Aufgaben gestärkt (KSG § 13 (1)). Planungen und Entscheidungen müssen den Klimaschutz – und damit globale Wirkungen – in der Abwägung berücksichtigen. Hierfür ist folglich zu ermitteln bzw. abzuschätzen, welche THG-Emissionen von dem Vorhaben ausgehen. Dies gilt grundsätzlich auch für Umweltverträglichkeitsprüfungen (BOSCH & PARTNER 2022).

Wie in Kapitel 2.2 beschrieben, werden durch die Entwässerung von Moorböden bei Bauvorhaben bzw. bei einer nicht-torferhaltenden Verwertung von Torfen (Kap. 3) THG-Emissionen verursacht, die in die Betrachtungen einzubeziehen sind. Im Folgenden werden fachliche Empfehlungen vorgelegt, wie die vorhabenbedingten Emissionen aus Moorböden und anderen kohlenstoffreichen Böden

ermittelt werden können. Eine Abschätzung der bereits bestehenden THG-Emissionen aus den o. g. Böden kann auf Basis von Daten des LBEG vorgenommen werden (*NIBIS®-Kartenserver* → Themenkarten → Bodenkunde → Moorstandorte → *Treibhausgasemissionen*; HÖPER 2022).

Als fachliche Grundsätze für Vorhaben sollte mit Blick auf den Klimaschutz gelten:

- Auf naturnahen Mooren sollten keine Baumaßnahmen stattfinden.
- Der Zustand der Moorböden sollte sich durch die Baumaßnahmen nicht verschlechtern.
- Der Eingriff darf zukünftige Maßnahmen, die auf eine Vernässung der Standorte abzielen, nicht erschweren oder unmöglich machen.
- Nach Möglichkeit sollten die Baumaßnahmen genutzt werden, um Moorböden, auch im näheren Umfeld, in einen besseren und nachhaltigeren Zustand zu versetzen als vor dem Eingriff.
  - Die Verbesserung könnte als Kompensation für dauerhaft entnommene Torfe bzw. für maßnahmenbedingte Treibhausgasemissionen, zusätzlich zu einer naturschutzfachlichen Kompensation, angesehen werden. Eine Etablierung von Moorbiotopen bzw. moortypischer Vegetation könnte sowohl vom Klimaschutz her als auch naturschutzfachlich als Kompensation bewertet werden.
  - Es sollte eine Vernässung am Standort oder an einer Ersatzfläche auf kohlenstoffreichem Boden vorgenommen werden. Hierzu ist das Einverständnis des Eigentümers der zu vernässenden Fläche erforderlich.
- Die in Kapitel 2 geschilderten Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen sind vorhabenspezifisch so weit wie möglich umzusetzen (u. a. geringe mechanische Beanspruchung, so wenig Torf wie möglich entnehmen, entnommene Torfe feucht halten, Wasserabsenkung so schonend wie möglich umsetzen). Bei Wiedereinbau von Torf ist die Torfstratigraphie, vor allem im Hinblick auf Stauschichten, zu beachten.

## Ansatz zur Ermittlung der vorhabenbedingten Emissionen aus Moorböden

Die Abschätzung der vorhabenbedingten Emissionen kann auf folgenden Grundsätzen beruhen:

Es werden die Emissionen durch entnommene und nicht torferhaltend verwertete Torfe ermittelt. Dabei wird berücksichtigt, welche Emissionen an dem Standort ohnehin aufgetreten wären, da diese nicht dem Vorhaben zuzurechnen sind:

- Je 1 m<sup>3</sup> Torf, der entnommen und nicht torferhaltend verwertet wird, ergeben sich Emissionen von 250 kg CO<sub>2</sub>.<sup>9</sup>
- An bereits seit Jahrzehnten entwässerten Standorten muss eine Torfentnahme bis in eine Tiefe von 0,3 m (Oberboden) nicht kompensiert werden, da die hier vorhandenen Torfe stark degradiert, meist auch eutrophiert sind und nicht erhalten werden können.<sup>10</sup>
- Bei einer Entnahme von Torf bis in eine Tiefe von mehr als 0,3 m ohne anschließende torferhaltende Verwendung ist eine Klimakompensation erforderlich.
- Ideal im Hinblick auf den regionalen und fachlichen Bezug ist eine Klimakompensation durch Vollvernässung einer Moorfläche im Umfeld der Maßnahme. Bei Vernässung eines trockenen bzw. wechselfeuchten mesophilen Moorgrünlandes kann eine Minderung der jährlichen Emissionen um 20 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente je Hektar und Jahr erreicht werden.
- Eine Klimakompensation für die Torfentnahme bei nicht-torferhaltender Verwertung ist erreicht, wenn je 1 m<sup>3</sup> über eine Tiefe von 0,3 m hinaus entnommenes Torfvolumen 5 m<sup>2</sup> mesophiles Moorgrünland voll vernässt werden

### Beispielrechnung

Eine Stromtrasse wird mit zwei Gräben als Erdkabel auf 1 km Länge und insgesamt 10 m Breite durch ein Mooregebiet mit sehr tiefen Mooren (Mächtignitätsklasse 1,3–2,0 m, im Mittel 1,65 m) geführt. Der Torf wird vollständig bis auf den mineralischen Unterboden entnommen und einer Verwendung als Gartenbausubstrat zugeführt.

- Entnommenes Torfvolumen abzüglich 0,3 m Torfmächtigkeit:

$$1000 \text{ m} * 10 \text{ m} * (1,65 \text{ m} - 0,3 \text{ m}) = 13.500 \text{ m}^3$$

- Fläche zu vernässendes bisher trockenes Hochmoorgrünland:

$$13.500 \text{ m}^3 ** 5 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3} == 67.500 \text{ m}^2 \triangleq 6,75 \text{ ha}$$

## Querung von Vorranggebieten Torferhaltung

Eine in Niedersachsen auftretende Fragestellung bezieht sich auf die Querung von Vorranggebieten für die Torferhaltung mit Linienbauwerken (v. a. erdverlegte Stromleitungen). Aus den Ausführungen in diesem Geofakt ergeben sich die folgenden fachlichen Erfordernisse:

1. Moorböden sollten so weit wie möglich im mineralischen Untergrund unterbohrt werden.
2. Im Falle der technischen Notwendigkeit einer offenen Querung müssen die Torfschichten bei Hochmoortorfen getrennt nach Oberboden, Weißtorf, Schwarztorf und ggf. weiteren Schichten (unterlagernder Niedermoor- oder Mudden) ausgehoben, die Leitung im mineralischen Untergrund verlegt und der Torf schichtgetreu und möglichst vollständig wieder eingebaut werden (vgl. Kap. 2.5.2).
3. Mögliche anfallende Überschussmassen müssen torferhaltend verwertet werden.

Eine wichtige Grundlage ist der vollständige Wiedereinbau des für den Kabelgraben ausgehobenen Torfmaterials im Bereich des Kabelgrabens. Dieser vollständige Wiedereinbau des Materials wird bislang, mit Verweis auf die notwendige Wärmeableitung von den Kabeln und eine geringe Wärmeleitfähigkeit der Torfe, häufig ausgeschlossen. Es wird dann üblicherweise ein vollständiger Bodenaustausch angestrebt (vgl. Kap. 2.2), mit den entsprechenden Folgen für den Moorboden (vgl. Kap. 2.2). Für diese Vorgehensweise (Bodenaustausch) ist eine Vereinbarkeit mit den Zielen der Raumordnung nicht zu erkennen. Daraus kann abgeleitet werden, dass Stromleitungen nur in bzw. unterhalb von Moorböden verlegt werden können, wenn klar ist, dass keine Probleme hinsichtlich der Wärmeableitung bestehen und somit kein vollständiger Boden-

<sup>9</sup> Für die Praxis wurde ein grob gerundeter Wert ermittelt: Bei einer Dichte der Torfe im Unterboden von ca. 135 g/l und einem C-Gehalt von 50 % sowie einem CO<sub>2</sub>/C-Faktor von 44/12 ergibt sich gerundet eine Emission von 250 kg CO<sub>2</sub> je m<sup>3</sup> Torf.

<sup>10</sup> HUTH et al. (2022) empfehlen für Hochmoorböden einen Oberbodenabtrag, der ausreichend bemessen sein sollte, um nährstoffarme und ausreichend saure Bedingungen für die Etablierung von Torfmoosen herzustellen. Die von ihnen getesteten Varianten von 30 cm

Oberbodenabtrag wiesen bezüglich Vegetationsentwicklung und langfristiger Klimabilanz, unter Einbeziehung der Treibhausgas-Emissionen aus den abgetragenen Torfen, die günstigsten Ergebnisse auf. SÄURICH et al. (2020) stellen für degradierte Oberböden von Niedermooeren fest, dass diese chemisch stark verändert sind und eher den degradierten Oberböden von Hochmooren ähnlich sind, als den Unterböden von Niedermooeren. Damit gibt es auch für degradierte Niedermooere erhebliche Zweifel, dass diese ohne Oberbodenabtrag renaturiert werden können.

austausch erforderlich ist. Wenn der Wiedereinbau erfolgt, kann aus fachlicher Sicht eine Vereinbarkeit erzielt werden. Zudem ist der Wiedereinbau der durch geringe hydraulische Leitfähigkeiten gekennzeichneten Torfe in der ursprünglichen Tiefenlage wichtig (vgl. Kap. 2.5.2). Bei hinreichender Mächtigkeit bilden diese Torfe einen eigenen Staukörper aus und können somit den Wasserhaushalt des Moorbodens stabilisieren (vgl. Kap. 2.2).

Unabhängig von diesen Grundsätzen sind die in Kapitel 2.5 genannten Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen umzusetzen. Schwerpunkt ist eine möglichst kurze Gestaltung der Bauphase und der daran gekoppelten bauzeitlichen Wasserhaltung, damit die Torfe so wenig wie möglich entwässert werden.

Aus fachlicher Sicht sollten diese Anforderungen nicht nur für Böden in Vorranggebieten für die Torferhaltung, sondern allgemein für Moorböden gelten.

## 5. Schlussfolgerungen

Moorböden sind besonders empfindlich gegenüber der Inanspruchnahme bei Baumaßnahmen und sind ein herausfordernder Baugrund. Auch für diese Böden gibt es zwar zielführende Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen, allerdings sind Schäden und daraus folgende bodenfunktionale Einschränkungen häufig nicht vollständig zu vermeiden. Vielmehr sind erhebliche Beeinträchtigungen zu erwarten. Der baubegleitende Bodenschutz kann hier somit die Erwartungen, die in ihn gesetzt werden, nämlich dauerhafte und erhebliche Beeinträchtigungen zu vermeiden, häufig nicht hinreichend erfüllen. Daraus lässt sich schlussfolgern:

- Eine bessere Lenkung muss bereits in der Planung erfolgen.
- Raum- und Bauwiderstandsklassen fördern die frühzeitige Berücksichtigung und vermeiden Konflikte. Dies muss zukünftig stärker erfolgen.
- Die meisten Moorböden werden landwirtschaftlich genutzt. Eine Berücksichtigung anhand der Bodeneigenschaften, nicht anhand der aktuellen Nutzung, ist erforderlich.
- Um die bodenschutzfachlichen Anforderungen hinreichend erfüllen zu können, ist eine gute Vorkundung von wesentlicher Bedeutung. Neben normalen Baugrunduntersuchungen sind bodenkundliche Untersuchungen vorzunehmen und auch die Torfarten und Zersetzungsgrade zu bestimmen (vgl. Anhang 4).

- Ist eine Inanspruchnahme unvermeidbar, sind entsprechende moorbodenspezifische Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen zu ergreifen.
- Große Herausforderungen verbleiben bei der Verwertung von überschüssigem Torfmaterial. Letzteres kann zum einen durch eine gute Planung reduziert werden. Zum anderen ist die frühzeitige Abstimmung mit potenziellen Partnern für die möglichst torferhaltende Verwertung erforderlich.

Vor dem Hintergrund des Klimawandels und Bestrebungen zur Minderung von THG-Emissionen aus Moorböden ergibt sich die Herausforderung, die Umsetzung von Bauvorhaben stärker als bisher mit den Zielen des Moorboden- und Klimaschutzes in Einklang zu bringen. In diesem Geofakt werden daher Grundlagen und Handlungsempfehlungen für einen möglichst boden- und klimaschonenden Umgang mit Moorböden und anderen kohlenstoffreichen Böden bei der Planung und Umsetzung von Baumaßnahmen dargestellt. Auf dieser Basis lassen sich auch Empfehlungen für konkrete Anwendungsfälle ableiten, wie sie beispielhaft für die Querung von Vorranggebieten für die Torferhaltung durch HGÜ-Leitungen dargestellt werden (vgl. Kap. 4).

## 6. Dank

Die Autoren bedanken sich für den fachlichen Austausch und sehr hilfreiche Hinweise zum Manuskript bei Prof. Dr. Jutta Zeitz, Dr. Joachim Blankenburg sowie Dr. Norbert Feldwisch, Carlotta Koumans und Dr. Christian Friedrich vom Ingenieurbüro Feldwisch sowie den Kolleginnen und Kollegen aus Schleswig-Holstein (Jörn Fröhlich, Dr. Nicole Bädger, LfU und Johanna Kannieß, MEKUN) und Baden-Württemberg (Lydia Schumacher, LUBW).

## 7. Literatur

- ABEL, S., CASPERS, G., GALL, B., GAUDIG, G., HEINZE, S., HÖPER, H., JOOSTEN, H., LANDGRAF, L., LANGE, G., LUTHARDT, V., MEISSNER, J. K., OSTERBURG, B., PADEKEN, K., PHILIPP, H.-R., SCHRÖDER, C., STRASSBURGER, T., TIEMEYER, B., TREPEL, M., VAN LEERDAM, A., WICHMANN, S., WICHTMANN, W., WOLLESEN, S. & ZEITZ, J. (2016): Diskussionspapier zur guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Moorbodennutzung. – TELMA **46**: 155–174.
- AG BODEN (2024): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA6). Band 1: Grundlagen, Kennwerte und Methoden. Band 2: Geländeaufnahme und Systematik. – 6. Aufl., 552 S., 73 Abb., 160 Tab.; Hannover.
- AMPRION GMBH (2022): Antrag auf Bundesfachplanung nach § 6 NABEG. Vorhaben 48. – Verfügbar unter <https://www.netzausbau.de>.
- BBODSCHG – Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I: 502), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 25. Februar 2021 (BGBl. I: 306) geändert worden ist. – <https://www.gesetze-im-internet.de/bbodschg/BJNR050210998.html>.
- BEHÖRDE FÜR UMWELT UND ENERGIE HAMBURG (2015): Merkblatt für die Verwertung von Bodenmaterial mit erhöhtem TOC-Gehalt. – <https://www.hamburg.de/contentblob/4630390/14bd18df0a463ab9f6b02656a9881830/data/d-toc-merkblatt-bue.pdf>.
- BFN & BMU – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ & BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND NUKLEARE SICHERHEIT (Hrsg.) (2021): Handreichung zum Vollzug der Bundeskompensationsverordnung, November 2021. – <https://www.bfn.de/eingriffsregelung>.
- BGR – BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (2025): Bodenübersichtskarte 1 : 250.000 (BÜK250). – [https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Flaechen-Rauminformationen/Bodenkundliche-Flaecheninformationen/BUEK250/buek250\\_node.html](https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Flaechen-Rauminformationen/Bodenkundliche-Flaecheninformationen/BUEK250/buek250_node.html) (letzter Zugriff: 28.10.2025).
- BLANKENBURG, J. (2015): Die landwirtschaftliche Nutzung von Mooren in Nordwestdeutschland. – TELMA **5**: 39–58.
- BLANKENBURG, J. (2021): Entwässerungsprobleme richtig lösen. – Land und Forst **6/2021**: 38–40.
- BLANKENBURG, J., NIEMEYER, F., KULP, H.-G., BEUSTER, T., GERMER, P. & GRAF, M. (2022): Technische Maßnahmen. – In: GRAF, M., HÖPER, H. & HAUCK-BRAMSIEPE, K. (Redaktion) (2022): Handlungsempfehlungen zur Renaturierung von Hochmooren in Niedersachsen. – GeoBerichte **45**: 25–48; Hannover (LBEG); DOI 10.48476/geober\_45\_2022.
- BMUV & BMEL (2021): Bund-Länder-Zielvereinbarung zum Klimaschutz durch Moorbodenschutz. – 13 S., Bundesministerin für Ernährung und Landwirtschaft und die Bundesministerin für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit; Bonn; <https://www.bmuv.de/download/bund-laender-ziel-vereinbarung-zum-moorbodenschutz>.
- BNETZA – BUNDESNETZAGENTUR (2025): Bedarfsermittlung 2025–2037/2045. Entwurf der Festlegung des Untersuchungsrahmens für die Strategische Umweltprüfung. – Bonn; [https://data.netzausbau.de/2037-2025/Untersuchungsrahmen2025\\_Entwurf.pdf](https://data.netzausbau.de/2037-2025/Untersuchungsrahmen2025_Entwurf.pdf) (letzter Zugriff: 24.06.2026).
- BODLE, R., DÜCK, L.-M., HERMANN, A., MILLER, R., STOCKHAUS, H. & VON VITTORELLI, L. (2023): Überarbeitung des Bodenschutzrechts - Diskussionspapier. Ergebnisse zu ausgewählten Rechtsfragen. – Umweltbundesamt; Dessau-Roßlau; <https://www.ecologic.eu/de/19345>.
- BOSCH & PARTNER (2022): Arbeitshilfe zur Erstellung eines Fachbeitrags Klimaschutz für Straßenvorhaben in Mecklenburg-Vorpommern. – Ad-hoc-Arbeitshilfe Klimaschutz. Im Auftrag des Landesamts für Straßenbau und Verkehr Mecklenburg-Vorpommern. – [https://www.strassen-mv.de/static/LSBV/Dateien/Downloads/Arbeitshilfe%20Klimaschutz/220801\\_FB-Klima\\_Ad-hoc-Papier\\_Fortschreibung.pdf](https://www.strassen-mv.de/static/LSBV/Dateien/Downloads/Arbeitshilfe%20Klimaschutz/220801_FB-Klima_Ad-hoc-Papier_Fortschreibung.pdf) (Stand: 01.08.2022, letzter Zugriff: 28.11.2025).
- BUG, J., ENGEL, N., GEHRT, E. & KRÜGER, K. (2019): Schutzwürdige Böden in Niedersachsen. Arbeitshilfe zur Berücksichtigung des Schutzgutes Boden in Planungs- und Genehmigungsverfahren. – GeoBerichte **8**: 4. überarb. Aufl., 56 S., 25 Abb., 5 Tab., Anh.; Hannover (LBEG); DOI 10.48476/geober\_8\_2019.
- BUG, J., HEUMANN, S., MÜLLER, U. & WALDECK, A. (2020): Auswertungsmethoden im Bodenschutz - Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS®). – GeoBerichte **19**: 9. Aufl., 383 S., 36 Abb., 384 Tab.; Hannover (LBEG); DOI 10.48476/geober\_19\_2020.
- BVB – BUNDESVERBAND BODEN (2013): Bodenkundliche Baubegleitung BBB. – BVB-Merkblatt **2**.
- CASPERS, G. (2010): Die Unterscheidung von Torfarten in der bodenkundlichen und geologischen Kartierung. – TELMA **40**: 33–66.

- CONSTANTIN, G. L., GEHRT, E. & ZEITZ, J. (2022): Das WIKIMooS-Feldbuch zur Horizontansprache in Moorböden. – 1. Aufl., 174 S., Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.); Berlin; DOI: <https://doi.org/10.18452/27142>.
- CONSTANTIN, G. L., GRAF, M., GEHRT, E. & ZEITZ, J. (2023): WIKIMoos: Moorböden verstehen mit einem Feldbuch und zehn Videos. – TELMA **53**: 161–166.
- DEGES – DEUTSCHE EINHEIT FERNSTRASSENPLANUNGS- UND -BAU GMBH (2026): Torf zurück ins Moor. – <https://www.deges.de/torf-zurueck-ins-moor/> (Stand: 2026, letzter Zugriff: 18.02.2026).
- DIN 18915 (2018): Vegetationstechnik im Landschaftsbau. Bodenarbeiten. – Ausgabedatum: 2018-06, Deutsches Institut für Normung; Berlin (Beuth).
- DIN 19639 (2019): Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben. – Ausgabedatum: 2019-09, Deutsches Institut für Normung; Berlin (Beuth).
- DIN 19731 (2023): Bodenbeschaffenheit. Verwertung von Bodenmaterial und Baggergut. – Ausgabedatum: 2023-10, Deutsches Institut für Normung; Berlin (Beuth).
- DVGW – DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES E. V. (2016): Bodenschutz bei Planung und Errichtung von Gastransportleitungen. Technischer Hinweis. – Merkblatt DVGW **G 451** (M), 2016-09; Bonn (DVGW).
- EGGELSMANN, R. (1979): Bodentechnologische Aspekte der Folgeschäden in Niederungsböden nach Rohrleitungsbauten. – Tiefbau, Ingenieurbau, Straßenbau **21** (10): 799–806.
- EGGELSMANN, R. (1981): Dränanleitung für Landbau, Ingenieurbau und Landschaftsbau. – 2. Aufl.; Hamburg (Parey).
- EGGELSMANN, R. (1982): Anmerkungen zur Berechnungsmethode der Breite hydrologischer Schutzzonen im Moor. – TELMA **12**: 183–187.
- EGGELSMANN, R. (1990a): Moor und Wasser. – In: GÖTTLICH, K. (Hrsg.) (1990): Moor- und Torfkunde. 3. Aufl.; Stuttgart (Schweizerbart).
- EGGELSMANN, R. (1990b): Wasserregelung im Moor. – In: GÖTTLICH, K. (Hrsg.) (1990): Moor- und Torfkunde. 3. Aufl.; Stuttgart (Schweizerbart).
- EGGELSMANN, R. (1990c): Moorerschließung - Bauten im Moor. – In: GÖTTLICH, K. (Hrsg.) (1990): Moor- und Torfkunde. 3. Aufl.; Stuttgart (Schweizerbart).
- EGGELSMANN, R. (1990d): Ökohydrologie und Moorschutz. – In: GÖTTLICH, K. (Hrsg.) (1990): Moor- und Torfkunde. 3. Aufl.; Stuttgart (Schweizerbart).
- ENGEL, N. & PRAUSE, D. (2021): Erhalt und Wiederherstellung von Bodenfunktionen in der Planungspraxis. – Geofakten **31**: 2. Aufl., 12 S., 2 Tab.; Hannover (LBEG); DOI [10.48476/geofakt\\_31\\_2\\_2021](https://doi.org/10.48476/geofakt_31_2_2021).
- FELDWISCH, N. & HÖNERLAGE, T. (2017): Grundlagen und Anwendungsbeispiele einer Bodenkundlichen Baubegleitung in Nordrhein-Westfalen. – LANUV-Fachbericht **82**; Recklinghausen (LANUV).
- FELDWISCH, N. (2024): Ausschreibung von Leistungen des Bodenschutzes bei Bauvorhaben. – Bodenschutz **02/2024**: 50–56.
- FRANK, S., DETTMANN, U., PIAYDA, A., SEIDEL, R., AMIRI, E., BAMBERGER, S., HEIDKAMP, A., HELLER, S., HOLZTRÄGER, S., KUWERT, M., LAKEBERG, S., LAQUA, S., MINKE, M., NAGEL, S., OEHMKE, W., SCHEMSCHAT, B., SIMON, C., WITTNEBEL, M., WYWIAS, H. & TIEMEYER, B. (2025): Bericht zum Aufbau eines deutschlandweiten Moorbodenmonitorings für den Klimaschutz: Band 1: Offenland. – Thünen-Report **123**, Bd. 1, Johann Heinrich von Thünen-Institut; Braunschweig; <https://doi.org/10.3220/253-2025-181>.
- GAPKONDV – GAP-KONDITIONALITÄTEN-VERORDNUNG vom 7. Dezember 2022 (BGBl. I: 2244), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 18. Dezember 2025 (BGBl. 2025 I Nr. 357) geändert worden ist. – <https://www.gesetze-im-internet.de/gap-kondv/>.
- GEBHARDT, S., FLEIGE, H. & HORN, R. (2010): Shrinkage processes of a drained riparian peatland with subsidence morphology. – J. Soils Sediments **10**: 484–493; <https://doi.org/10.1007/s11368-009-0130-9>.
- GEHRT, E., BENNE, I., EVERTSBUSCH, S., KRÜGER, K. & LANGNER, S. (2021): Erläuterung zur BK 50 von Niedersachsen. – GeoBerichte **40**: 282 S., 125 Abb., 100 Tab.; Hannover (LBEG); DOI [10.48476/geober\\_40\\_2021](https://doi.org/10.48476/geober_40_2021).
- GRAF, M., HÖPER, H. & HAUCK-BRAMSIEPE, K. (Redaktion) (2022): Handlungsempfehlungen zur Renaturierung von Hochmooren in Niedersachsen. – GeoBerichte **45**: 117 S., 45 Abb., 8 Tab.; Hannover (LBEG); DOI [10.48476/geober\\_45\\_2022](https://doi.org/10.48476/geober_45_2022).

- GSFP – GÜTEGEMEINSCHAFT SUBSTRATE FÜR PFLANZEN E. V. (2018): Gütekriterien für Hochmoortorf als Substratausgangsstoff (RAL-GZ 250/5-2). – <https://www.substrate-ev.org/wp-content/uploads/2023/03/Torf-Guete-2018a.pdf>.
- HAMMERSCHMIDT, U. & STADTMANN, R. (2019): Bodenschutz beim Bauen. Ein Leitfaden für den behördlichen Vollzug in Niedersachsen. – GeoBerichte **28**: 2. Aufl., 47 S., 25 Abb., 2 Tab.; Hannover (LBEG); DOI 10.48476/geober\_28\_2019.
- HEUMANN, S., BUG, J., EVERTSBUSCH, S. & MÜLLER, U. (2020): Bodenkundliche Ermittlungen von Grundwasserabsenkungen im Gelände – Erfassung und Abschätzung der anteiligen Grundwasserabsenkungsbeträge durch Grundwasserentnahme und Entwässerungsmaßnahmen. – Geofakten **5**: 4. Aufl., 9 S., 5 Abb., 2 Tab.; Hannover (LBEG); DOI 10.48476/geofakt\_5\_4\_2020.
- HEUMANN, S., GEHRT, E. & GRÖGER-TRAMPE, J. (2018): Sulfatsaure Böden in niedersächsischen Küstengebieten: Entstehung, Vorerkundung und Auswertungskarten. – Geofakten **24**: überarbeitete Fassung (2. Aufl.), 17 S., 6 Abb., 1 Tab.; Hannover (LBEG); DOI 10.48476/geofakt\_24\_2\_2018.
- HOFER & PAUTZ GBR (2012): Gutachten zur Torfverwertung im Trassenbereich der A 20 Abschnitt 1 (von der A 28 bei Westerstede bis zur A 29 bei Jaderberg). – Abschlussbericht. – [https://www.strassenbau.niedersachsen.de/download/96896/Unterlage\\_20.2\\_Torfgutachten.pdf](https://www.strassenbau.niedersachsen.de/download/96896/Unterlage_20.2_Torfgutachten.pdf).
- HOFER, B., ROSINSKI, E. & BLANKENBURG, J. (2022): Abschätzungsrahmen für den Erfolg von Wiedervernässungsmaßnahmen auf Hochmoorstandorten. – In: GRAF, M., HÖPER, H. & HAUCK-BRAMSIEPE, K. (Redaktion) (2022): Handlungsempfehlungen zur Renaturierung von Hochmooren in Niedersachsen. – GeoBerichte **45**: 21–25; Hannover (LBEG); DOI 10.48476/geober\_45\_2022.
- HÖPER, H. & GEHRT, E. (2022): Karten der kohlenstoffreichen Böden in Niedersachsen im Maßstab 1 : 50.000. – Geofakten **37**: 12 S., 1 Abb., 6 Tab.; Hannover (LBEG); DOI 10.48476/geofakt\_37\_1\_2022.
- HÖPER, H. (2015): Treibhausgasemissionen aus Mooren und Möglichkeiten der Verringerung. – TELMA Beiheft **5**: 133–158.
- HÖPER, H. (2022): Treibhausgasemissionen der Moore und weiterer kohlenstoffreicher Böden in Niedersachsen. – Geofakten **38**: 23 S., 1 Abb., 10 Tab., 2 Anh.; Hannover (LBEG); DOI 10.48476/geofakt\_38\_1\_2022.
- HÖPER, H. (2024): Landesweite Treibhausgasemissionen aus Mooren und weiteren kohlenstoffreichen Böden sowie aus der Torfproduktion und -gewinnung in Niedersachsen. – Geofakten **45**: 17 S., 1 Abb., 8 Tab., 4 Anh.; Hannover (LBEG); DOI 10.48476/geofakt\_45\_1\_2024.
- HÖPER, H., WEDUWEN, M., KRÜGER, K., HERRMANN, F. N. & MEYER, K. (2025): Vorläufige Bewertung von Sandmischkultur (Treposol aus Moor) und Deckkultur auf kohlenstoffreichen Böden im Hinblick auf den Boden- und Klimaschutz. – GeoBerichte **55**: 50 S., 11 Abb., 10 Tab., Anh.; Hannover (LBEG); DOI 10.48476/geober\_55\_2025.
- HUTH, V., GÜNTHER, A., BARTEL, A., GUTEKUNST, C., HEINZE, S., HOFER, B., JACOBS, O., KOEBSCH, F., ROSINSKI, E., TONN, C., ULLRICH, B. & JURASINSKI, G. (2022): The climate benefits of topsoil removal and Sphagnum introduction in raised bog restoration. – Restoration Ecology **30** (1): e13490; doi: 10.1111/rec.13490.
- IFB – INSTITUT FÜR BODENKUNDE DER UNIVERSITÄT HAMBURG (2024): Erfassung klimaschädlicher Gase – A26 (EkG). Projektbeschreibung. – <https://www.geo.uni-hamburg.de/bodenkunde/forschung/laufende-projekte/ekg-a26.html> (Stand: 29.11.2024 - letzter Zugriff: 18.02.2026).
- KOEPKE, C. (2022): „Vorlastschüttung statt Auskofierung“ zum Schutz von Moorböden. – Beitrag beim Online-Expertenworkshop „Innovative technische landschaftspflegerische Maßnahmen in Umwelt und Naturschutz für Planung, Bau und Betrieb von Infrastrukturanlagen“. – [https://www.strassen-mv.de/static/LSBV/Dateien/Veranstaltungen/Expertenworkshop%20technische%20LPM/220330\\_Fachvortrag\\_Geotechnik\\_LS-FGSV\\_Vorlastsch%C3%BCttung.pdf](https://www.strassen-mv.de/static/LSBV/Dateien/Veranstaltungen/Expertenworkshop%20technische%20LPM/220330_Fachvortrag_Geotechnik_LS-FGSV_Vorlastsch%C3%BCttung.pdf) (letzter Zugriff: 22.01.2026).
- KRWG – Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24. Februar 2012 (BGBl. I: 212), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 2. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 56) geändert worden ist. – <https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/BJNR021210012.html>.
- KSG – Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I: 2513), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 15. Juli 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 235) geändert worden ist. – <https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/BJNR251310019.html>.
- LABO – BUND/LÄNDER ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ (2009): Bodenschutz in der Umweltprüfung nach BauGB. Leitfaden für die Praxis der Bodenschutzbehörden in der Bauleitplanung. – [https://www.labo-deutschland.de/documents/umweltpruefung\\_494\\_2c1.pdf](https://www.labo-deutschland.de/documents/umweltpruefung_494_2c1.pdf).

- LABO – BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ (2017a): Bedeutung und Schutz von Moorböden – Hintergrundpapier. – [https://www.labo-deutschland.de/documents/171222\\_LABO\\_Hintergrundpapier\\_Moorbodenschutz.pdf](https://www.labo-deutschland.de/documents/171222_LABO_Hintergrundpapier_Moorbodenschutz.pdf) (Stand: 22.12.2017, letzter Zugriff: 04.04.2025).
- LABO – BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ (2017b): Bedeutung und Schutz von Moorböden – Positionspapier. – [https://www.labo-deutschland.de/documents/171222\\_LABO\\_Positionspapier\\_Moorbodenschutz.pdf](https://www.labo-deutschland.de/documents/171222_LABO_Positionspapier_Moorbodenschutz.pdf) (Stand: 22.12.2017, letzter Zugriff: 04.04.2025).
- LABO – BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ (2018): Bodenschutz beim Netzausbau. Empfehlungen zur Berücksichtigung des Schutzgutes Boden für erdverlegte Höchstspannungsleitungen. – [https://www.labo-deutschland.de/documents/LABO\\_AH\\_Bodenschutz\\_beim\\_Netzausbau.pdf](https://www.labo-deutschland.de/documents/LABO_AH_Bodenschutz_beim_Netzausbau.pdf) (Stand: 24.07.2018, letzter Zugriff: 28.10.2025).
- LABO – BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ (2023a): Vollzugshilfe zu §§ 6–8 BBodSchV. Anforderungen an das Auf- und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden. – [https://www.labo-deutschland.de/documents/LABO-Vollzugshilfe\\_%C2%A7%C2%A7\\_6-8\\_BBodSchV\\_10-08-2023.pdf](https://www.labo-deutschland.de/documents/LABO-Vollzugshilfe_%C2%A7%C2%A7_6-8_BBodSchV_10-08-2023.pdf).
- LABO – BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ (2023b): Bodenschutz bei Standortauswahl, Bau, Betrieb und Rückbau von Freiflächenanlagen für Photovoltaik und Solarthermie. – [https://www.labo-deutschland.de/documents/LABO-Arbeitshilfe\\_FFA\\_Photovoltaik\\_und\\_Solarthermie.pdf](https://www.labo-deutschland.de/documents/LABO-Arbeitshilfe_FFA_Photovoltaik_und_Solarthermie.pdf).
- LABO – BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ (2025a): Erarbeitung einer bundesweiten, länderübergreifenden, kleinmaßstäbigen Bodenfunktionsbewertung. – [https://www.labo-deutschland.de/documents/Erarbeitung\\_einer\\_bundesw\\_Bodenfunktionsbewertung\\_LABO.pdf](https://www.labo-deutschland.de/documents/Erarbeitung_einer_bundesw_Bodenfunktionsbewertung_LABO.pdf).
- LABO – BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ (2025b): Checklisten Schutzgut Boden für Planungs- und Zulassungsverfahren. – [https://www.labo-deutschland.de/documents/Erarbeitung\\_einer\\_bundesw\\_Bodenfunktionsbewertung\\_LABO.pdf](https://www.labo-deutschland.de/documents/Erarbeitung_einer_bundesw_Bodenfunktionsbewertung_LABO.pdf).
- LBEG – LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE (2017): Handlungsempfehlungen zur frühzeitigen Berücksichtigung der Belange des Bodenschutzes in Planungsverfahren zur Erdkabelverlegung. – [https://www.lbeg.niedersachsen.de/download/118162/Handlungsempfehlungen\\_Bodenschutz\\_Erdverkabelung.pdf](https://www.lbeg.niedersachsen.de/download/118162/Handlungsempfehlungen_Bodenschutz_Erdverkabelung.pdf) (letzter Zugriff: 28.10.2025).
- LFU – LANDESAMT FÜR UMWELT BAYERN (2016): Umgang mit humusreichem und organischem Bodenmaterial. Vermeidung – Verwertung – Beseitigung. – Stand: 04/2016; <https://www.lbb-bayern.de/fileadmin/merkblaetter/201604-LfU-Merkblatt-Entsorgung-humusreiches-Bodenmaterial.pdf>.
- LFU-BY – BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2025): Umgang mit Bodenmaterial. – [https://www.lfu.bayern.de/abfall/mineralische\\_abfaelle/bodenmaterial/index.htm](https://www.lfu.bayern.de/abfall/mineralische_abfaelle/bodenmaterial/index.htm) (Stand: Oktober 2025).
- LFU-SH – LANDESAMT FÜR UMWELT SCHLESWIG-HOLSTEIN (2023): Verwendung von humusreichen oder organischen Materialien aus Sicht des Bodenschutzes. – [https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/B/boden/Downloads/Infoblatt.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/B/boden/Downloads/Infoblatt.pdf?__blob=publicationFile&v=2) (Stand: 01.08.2023, letzter Zugriff: 03.11.2025).
- LLUR – LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND LÄNDLICHE RÄUME SCHLESWIG-HOLSTEIN (2021): Leitfaden zum Bodenschutz beim Bauen. – [https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/B/boden/Downloads/leitfadenBodenschutzBauen.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/B/boden/Downloads/leitfadenBodenschutzBauen.pdf?__blob=publicationFile&v=1).
- LROP – LANDES-RAUMORDNUNGSPROGRAMM NIEDERSACHSEN (2022): Nds. GVBl. Nr. 29/2022: 521; berichtigt Nds. GVBl. Nr. 10/2023: 103.
- MEIER-UHLHERR, R., SCHULZ, C. & LUTHARDT, V. (2015a): Steckbriefe Moorsubstrate, Teil I: Einführung. – 2., unveränd. Aufl., HNE Eberswalde (Hrsg.); Berlin; <https://e-docs.geo-leo.de/entities/publication/dd21cf8d-e839-44e0-8c33-4f96833a638f>.
- MEIER-UHLHERR, R., SCHULZ, C. & LUTHARDT, V. (2015b): Steckbriefe Moorsubstrate, Teil II: Geländeunterlagen. – 2., unveränd. Aufl., HNE Eberswalde (Hrsg.); Berlin; <https://e-docs.geo-leo.de/entities/publication/dd21cf8d-e839-44e0-8c33-4f96833a638f>.
- MENGEL, A., PIECK, S., SCHWARZER, M., MÜLLER-PFANNENSTIEL, K. & MÖLLER, T. (2025): Leitfaden zum Vollzug der Bundeskompensationsverordnung bei Energieleitungsprojekten – Freileitungen und Erdkabel (BKompV-Leitfaden Energieleitungen). – <https://bfn.bsz-bw.de/frontdoor/index/index/docId/1941>.

- MOORIS – NIEDERSÄCHSISCHES MOORINFORMATIONSSYSTEM (2022): Prozesse im Moorboden durch Entwässerung und Nutzung. – <https://mooris-niedersachsen.de/?pgld=104> (letzter Zugriff: 30.05.2025).
- MOORIS – NIEDERSÄCHSISCHES MOORINFORMATIONSSYSTEM (2023): Moore schützen – wegen des Bodens! – <https://www.mooris-niedersachsen.de/?pgld=43> (letzter Zugriff: 04.04.2025).
- MORDHOST, A., FLEIGE, H., BRETSCHNEIDER, A., FILIPINSKI, M. & HORN, R. (2018): Bewertung des Staueffekts von Verwallungen zur Wiedervernässung von Hochmooren in Schleswig-Holstein anhand bodenphysikalischer Kennwerte. – *TELMA* **48**: 111–128.
- MU NIEDERSACHSEN – NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE UND KLIMASCHUTZ (2016): Programm Niedersächsische Moorlandschaften. Grundlagen, Ziele, Umsetzung. – Hannover; <https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/moorschutz/niedersachsische-moorlandschaften-116261.html>.
- MU NIEDERSACHSEN – NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, BAUEN UND KLIMASCHUTZ (2020): Auf gutem Grund. Ein Aktionsprogramm zum Schutz der Böden in Niedersachsen. – Hannover; [https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/boden/aktionsprogramm\\_boden/boeden-und-bodenschutz-194720.html](https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/boden/aktionsprogramm_boden/boeden-und-bodenschutz-194720.html).
- MU NIEDERSACHSEN – NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE UND KLIMASCHUTZ (Hrsg.) (2025): Potenzialstudie „Moore in Niedersachsen“ Teil A – Textteil. – <https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/moorschutz/potenzialstudie-moore-in-niedersachsen-232691.html> (Stand: März 2025).
- NABEG – Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz vom 28. Juli 2011 (BGBl. I: 1690), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 22. Dezember 2025 (BGBl. 2025 I Nr. 351) geändert worden ist. – <https://www.gesetze-im-internet.de/nabeg/BJNR169010011.html>.
- NIBIS®-KARTENSERVEN: Kartenserver im niedersächsischen Bodeninfromationssystem NIBIS®. – <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/>.
- NLFB – NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (Hrsg.) (2002): 125 Jahre Moor- und Bodenforschung in Bremen. – Arbeitshefte Boden 2002/3: 142 S., 57 Abb., 34 Tab.; Hannover (NLfB).
- NLWKN – NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ (o. J.): Arbeitshilfen der Landesnaturschutzverwaltung zur Anwendung der Eingriffsregelung. – [https://www.nlwkn.niedersachsen.de/naturschutz/landschaftsplanung\\_beitrage\\_zu\\_anderen\\_planungen/eingriffsregelung/arbeits-hilfen/arbeits-hilfen-der-landesnaturschutzverwaltung-zur-anwendung-der-eingriffsregelung-38680.html](https://www.nlwkn.niedersachsen.de/naturschutz/landschaftsplanung_beitrage_zu_anderen_planungen/eingriffsregelung/arbeits-hilfen/arbeits-hilfen-der-landesnaturschutzverwaltung-zur-anwendung-der-eingriffsregelung-38680.html) (letzter Zugriff: 18.11.2025).
- OSTERBURG, B., TIEMEYER, B. & RÖDER, N. (2018): Hintergrundpapier zum Moorbodenschutz und zur torfschonenden und -erhaltenden Moorbodennutzung als Beitrag zum Klimaschutz. – Thünen Working Paper **105**; Braunschweig.
- PROBST, R., JUSCHUS, O. & CHMIELESKI, J. (2019): Veränderung von Moorböden durch den Bau einer Erdgas-Pipeline. – *Bulletin BGS* **40**: 39–46.
- ROESCHMANN, G., GROSSE-BRAUCKMANN, G., KUNTZE, H., BLANKENBURG, J. & TÜXEN, J. (1993): Vorschläge zur Erweiterung der Bodensystematik der Moore. – *Geol. Jahrb.* **F 29**.
- RUNGE, K., SCHOMERUS, T., GRONOWSKI, L., MÜLLER, A. & RICKERT, C. (2021): Hinweise und Empfehlungen bei Erdkabelvorhaben. F+E-Vorhaben im Rahmen des Umweltforschungsplanes des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz (FKZ 3518 86 0700). – BfN-Skripten **606**.
- SÄURICH, A., TIEMEYER, B., DETTMANN, U., FIEDLER, S. & DON, A. (2020). Substrate quality of drained organic soils – Implications for carbon dioxide fluxes. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **1–13**. – <https://doi.org/10.1002/jpln.202000475>.
- SCHÄFER, W., DAVID, K. & KUNTZE, H. (1987): Modellversuche zur Grabenabdichtung im Sanduntergrund wiederzuvernässender Hochmoore. – *TELMA* **17**: 95–108.
- SCHÄFER, W., PLUQUET, E., WEUSTINK, A., BLANKENBURG, J. & GRÖGER, J. (2010): Handlungsempfehlungen zur Bewertung und zum Umgang mit Bodenaushub aus (potenziell) sulfatsauren Sedimenten. – *Geofakten* **25**: 8 S., 4 Abb., 2 Tab.; Hannover (LBEG); DOI 10.48476/geofakt\_25\_1\_2010.
- SCHULZ, S. & WALDECK, A. (2015): Kohlenstoffreiche Böden auf Basis hochauflösender Bodendaten in Niedersachsen. – *GeoBerichte* **33**: 85 S., 46 Abb., 10 Tab.; Hannover (LBEG); DOI 10.48476/geober\_33\_2015.

SCHWENK, F. & GEHRT, E. (2023): Gliederung, Beschreibung und Verbreitung von Moorkultursolen in Niedersachsen. – *GeoBerichte* **47**: 50 S., 28 Abb., 7 Tab., Anh.; Hannover (LBEG); DOI 10.48476/geober\_47\_2023.

SEIDEL, R., DETTMANN, U. & TIEMEYER, B. (2023): Reviewing and analyzing shrinkage of peat and other organic soils in relation to selected soil properties. – *Vadose Zone Journal* **22**: e20264; <https://doi.org/10.1002/vzj2.20264>.

STADTMANN, R., BUG, J. & WALDECK, A. (2022): Bodenkundliche Netzdiagramme als Beitrag zur Berücksichtigung von Bodenfunktionen und -empfindlichkeiten in der Planungspraxis. – *Geofakten* **40**: 14 S., 3 Abb., 4 Tab.; Hannover (LBEG); DOI 10.48476/geofakt\_40\_1\_2022.

STEGINK-HINDRIKS, L., HÖPER, H. & GRAF, M. (2022): Hydrologische Kernprozesse von Hochmooren. – In: GRAF, M., HÖPER, H. & HAUCK-BRAMSIEPE, K. (Redaktion) (2022): Handlungsempfehlungen zur Renaturierung von Hochmooren in Niedersachsen. – *GeoBerichte* **45**: 13–20; Hannover (LBEG); DOI 10.48476/geober\_45\_2022.

SZAJDAK, L. & SZATYLOWICZ, J. (2010). Impact of drainage on hydrophobicity of fen peat-moorish soils. – *Mires and Peat*. 6<sup>th</sup> Ed.: 158–174, University of Latvia Press; Riga.

WILLAND, A., BUCHSTEINER, D., HÖKE, S. & KAUFMANN-BOLL, C. (2014): Erarbeitung fachlicher, rechtlicher und organisatorischer Grundlagen zur Anpassung an den Klimawandel aus Sicht des Bodenschutzes. Teilvorhaben 1: Erarbeitung der fachlichen und rechtlichen Grundlagen zur Integration von Klimaschutzaspekten ins Bodenschutzrecht. – Umweltbundesamt (Hrsg.): Texte **57/2014**.

ZEITZ, J. & VELTY, S. (2002): Soil properties of drained and rewetted fen soils. – *J. Plant. Nutr. Soil Sci.* **165**: 618–626.

## Anhang

### Anhang 1

Tab. A1: Bauverfahren auf Moorböden und die Vor- und Nachteile mit Blick auf Bauprozess, Verwertung und Torferhaltung (nach KOEPKE (2022), verändert).

| Bauverfahren                                                                                                                               | Vorteile                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Nachteile                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Bemerkung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bodenaustausch                                                                                                                             | <b>Allgemein/bautechnisch:</b><br>+ planerisch und bautechnisch relativ einfach umsetzbar (kein Spezialtiefbau),<br>+ keine gesonderte Arbeitsebene erforderlich,<br>+ die bautechnisch ungünstigen Moorböden werden vollständig beseitigt, die anschließende Gründung erfolgt auf gut tragfähigen Füllböden (Sand / Kies).<br><b>Boden- und Klimaschutz:</b><br>keine.                                                 | <b>Allgemein/bautechnisch:</b><br>- Abfallproblematik (Transport / Verwertung / Entsorgung),<br>- Schüttstoffbedarf / Schüttstofftransporte.<br><b>Boden- und Klimaschutz:</b><br>- vollständiger Funktionsverlust des natürlichen Bodens,<br>- Flächenbedarf außerhalb des eigentlichen Bauwerksgrundrisses,<br>- zwangsläufige Freisetzung von gebundenem Kohlenstoff, eine „klimaneutrale“ Verwertung der organischen Böden ist ggf. nicht möglich.                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zur weiteren Ausführung der Nachteile siehe Kapitel 2.2.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| „Stabilisierung“ / Vermörtelung des wenig tragfähigen Bodens<br>→ tieferreichende Bodenstabilisierung, z. B. Fräs-Mischgut-Injektion (FMI) | <b>Allgemein/bautechnisch:</b><br>+ kein Aushub,<br>+ Kohlenstoff bleibt weitestgehend gebunden.<br><b>Boden- und Klimaschutz:</b><br>keine.                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Allgemein/bautechnisch:</b><br>- Bei organischen Böden i. d. R. nur eingeschränkt anwendbar (Huminstoffe, geringer Feststoffanteil).<br><b>Boden- und Klimaschutz:</b><br>- irreversible Vermörtelung des Bodens, gänzlicher Verlust der Bodenfunktionen,<br>- Flächenbedarf außerhalb des eigentlichen Bauwerksgrundrisses (ähnlich dem Bodenaustausch),<br>- Eintrag von Bindemitteln in umliegende Bereiche nicht ausgeschlossen.                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stabilisierung wird beim Bauen auf Moorböden kaum angewendet, die Anwendung beschränkt sich i. d. R. auf geringe Mächtigkeiten der Moorböden.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                |
| Tiefgründungen                                                                                                                             | <b>Allgemein/bautechnisch:</b><br>+ planerisch und bautechnisch relativ einfach umsetzbar,<br>+ im Grunde kein Anfall von Bodenaushub,<br>+ grundsätzlich in allen Böden anwendbar,<br>+ geringe Setzungsbeträge, keine merklichen Kriechsetzungen,<br>+ Vorbelastungsschüttung zur Setzungsvornahme ist nicht erforderlich.<br><b>Boden- und Klimaschutz:</b><br>+ geringere Bodeneingriffe als bei anderen Verfahren. | <b>Allgemein/bautechnisch:</b><br>- Einsatz von Großgeräten des Spezialtiefbaus (Rüttler, Rammen, Bohrgeräte), übliche Einsatzgewichte ca. 50 bis 120 t,<br>- Herstellung von Arbeitsebenen (→ „schwimmende“ Gründungen),<br>- je nach Tiefgründung kann ggf. Umläufigkeit entlang der vertikalen Tragelemente entstehen oder die vertikalen Tragelemente, wie z. B. Schottersäulen, wirken als vertikale Drainage.<br><b>Boden- und Klimaschutz:</b><br>- Hohe Einsatzgewichte und mögliche Umläufigkeiten sowie dränende Wirkung auch hier nachteilig. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Belassen des wenig tragfähigen Moorbodens,</li> <li>• Aufständungen mit vermörtelten Säulen im Dammbau,</li> <li>• Pfahlgründungen im Dammbau (Verkehrswegebau: Moorbrücke),</li> <li>• Pfahlgründungen bei Ingenieurbauwerken<br/>→ Abtrag der Bauwerkslasten in tiefere, tragfähige Böden, der wenig tragfähige Moorboden trägt nicht mit.</li> </ul> |
| „schwimmende“ Gründungen                                                                                                                   | <b>Allgemein/bautechnisch:</b><br>+ im Grunde kein Anfall von Bodenaushub,<br>+ in Verbindung mit baugrundverbessernden Maßnahmen und ggfs. dem Einsatz von Leichtbaustoffen im Grunde immer anwendbar,<br>+ oft ausreichend: Einbau einer Geokunst-                                                                                                                                                                    | <b>Allgemein/bautechnisch:</b><br>- Bemessung und Planung sehr anspruchsvoll / Ausführungsrisiken.<br>- Bei besonders hohen Lasten und/oder sehr geringer Festigkeit der Moorböden sind zur Gewährleistung der Standsicherheit weitergehende baugrundverbessernde Maßnahmen erforderlich (z. B. zwischenzeitliche                                                                                                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Gründung erfolgt direkt auf den wenig tragfähigen Moorböden,</li> <li>• Einsatz sowohl beim Bau von Arbeitsebenen für Tiefgründungen als auch zur Gründung von Dammbauwerken (Streckenbau, Anschlussdämme von Brücken, Lärmschutzwälle usw.).</li> </ul>                                                                                            |

| Bauverfahren           | Vorteile                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Nachteile                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Bemerkung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        | <p>stoffbewehrung in der Schüttsohle,<br/>+ Geräte des Spezialtiefbaus werden nur in wenigen besonderen Fällen erforderlich, z. B. für die Herstellung von Vertikaldräns zur Setzungsbeschleunigung (Nutzung der Schüttung, kein direktes Befahren des Moorbodens).</p> <p><b>Boden- und Klimaschutz:</b><br/>+ Herstellung / Einbau im Vor-Kopf-Verfahren (kein direktes Befahren des Moorbodens).</p> | <p>Schüttpausen oder geokunststoffummantelte Sandsäulen).</p> <p>- Zur Gewährleistung einer ausreichenden Gebrauchstauglichkeit wird fast immer entweder eine Überschüttung zum langfristigen Setzungsausgleich oder eine Vorbelastungsschüttung zur Vorwegnahme der Setzungen aus Schüttilasten und Verkehrslasten erforderlich.</p> <p><b>Boden- und Klimaschutz:</b><br/>- Überdeckung und Verdichtung.</p>                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Überschüttung          | <p><b>Allgemein/bautechnisch:</b><br/>+ Im Grunde kein Anfall von Bodenaushub.</p> <p><b>Boden- und Klimaschutz:</b><br/>+ die Wassersättigung bleibt grundsätzlich erhalten,<br/>+ es findet somit keine Freisetzung von gebundenem Kohlenstoff statt.</p>                                                                                                                                             | <p><b>Boden- und Klimaschutz:</b><br/>- unterhalb einer Schüttung wird der Moorboden kompaktiert (verdichtet). Wasserdurchlässigkeit nimmt ab,<br/>- Setzungsmulde im Torf.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dammprofil wird um das Maß der zu erwartenden Setzungen dauerhaft überhöht hergestellt, es erfolgt kein Rückbau, die Setzungen treten langanhaltend ein (ggfs. während der gesamten Nutzungsdauer),</li> <li>• gängige Bauweise im Deichbau,</li> <li>• im Straßenbau anwendbar z. B. bei Lärmschutzwällen oder gering belasteten Arbeitsebenen,</li> <li>• für Straßendämme, die künftig als Verkehrswege genutzt werden, ist eine reine Überschüttung wegen der Restsetzungsbeträge nach Verkehrsfreigabe nicht anwendbar (keine ausreichende Gebrauchstauglichkeit).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Vorbelastungsschüttung | <p><b>Allgemein/bautechnisch:</b><br/>+ im Grunde kein Anfall von Bodenaushub.</p> <p><b>Boden- und Klimaschutz:</b><br/>+ die Wassersättigung bleibt grundsätzlich erhalten,<br/>+ es findet somit keine Freisetzung von gebundenem Kohlenstoff statt.</p>                                                                                                                                             | <p><b>Allgemein/bautechnisch:</b><br/>- zusätzlicher Flächenbedarf im Bereich der zurückzubauenden Schüttung.</p> <p><b>Boden- und Klimaschutz:</b><br/>- häufig in Kombination mit Vertikaldränagen zur Setzungsbeschleunigung<br/>→ dann künstliche bleibende Wasserwegigkeit nach oben und/oder unten,<br/>- unterhalb einer Schüttung wird der Moorboden kompaktiert (verdichtet). Wasserdurchlässigkeit nimmt ab,<br/>- Setzungsmulde im Torf.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelbauweise für Straßendämme und höher belastete Arbeitsebenen.</li> <li>• Bei einer Vorbelastungsschüttung wird das Dammprofil zur Vorwegnahme der zu erwartenden Setzungen aus ständigen Lasten und aus künftigen Verkehrslasten temporär überhöht hergestellt, nach ausreichender Vorbelastung des Baugrundes wird die temporäre Überschüttung auf das abschließende Dammprofil zurückgebaut, danach sind keine merklichen Setzungen mehr zu erwarten.</li> <li>• Nach dem Rückbau einer temporären Schüttung (Arbeitsebene, temporärer zusätzlicher Flächenbedarf bei einer Vorbelastungsschüttung) verbleibt eine Setzungsmulde, d. h. die Oberkante des Moorbodens liegt tiefer als ursprünglich. Der Umfang des notwendigen Rückbaus der Schüttung und die Art und der Umfang von Renaturierungsmaßnahmen (Bodenandeckung, Begrünung) muss geregelt werden.</li> <li>• Ein Belassen der entstehenden (Wasser-)Flächen wäre auch möglich.</li> </ul> |

## Anhang 2

Tab. A2: Beschreibung der Wirkfaktoren bei Baumaßnahmen auf organischen Böden. Wirkfaktoren nach LABO (2009), ENGEL & PRAUSE (2021).

| baubedingt/<br>anlagebedingt/<br>betriebsbedingt | Wirkfaktor                              | Beispiele der Auswirkungen auf organische Böden<br>und deren Funktionen                                                                               | Besonder-<br>heiten<br>Niedermoor | Besonderheiten Hoch-<br>moor                                                                          | Bemerkung                                                                                     |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| anlagebedingt                                    | Versiegelung                            | Verlust der Bodenfunktionen, u. a. des C-Speicher-<br>potenzials                                                                                      |                                   |                                                                                                       |                                                                                               |
| anlagebedingt                                    | überdeckte<br>Bauwerke im<br>Unterboden | Einschränkung Wurzelraum und Bodenvolumen                                                                                                             |                                   |                                                                                                       | z. B. verbleibende Fundamente,<br>Bettungsmaterial, Betonreiter                               |
| anlagebedingt,<br>baubedingt                     | dauerhafte<br>Entwässerung              | Mineralisation, Setzungen                                                                                                                             |                                   | besondere Bedeutung<br>abdichtender Torfschicht<br>(z. B. Schwarztorf)                                |                                                                                               |
| baubedingt                                       | Abgrabung                               | tiefgreifende Beeinträchtigung von Bodenfunktionen, u. a.<br>des C-Speicherpotenzials, Verlust der Archivfunktion                                     |                                   |                                                                                                       |                                                                                               |
| baubedingt                                       | Auftrag/<br>Überdeckung                 | abhängig von Art und Mächtigkeit der Überdeckung<br>Beeinträchtigung der Bodenfunktionen                                                              |                                   |                                                                                                       |                                                                                               |
| baubedingt                                       | Vermischung                             | Veränderung Substrateigenschaften, Belüftung,<br>Verlust der Archivfunktion                                                                           |                                   | Weiß- und Schwarztorf<br>als zu trennende<br>Hochmoortorfe                                            | z. B. bei Aufgraben und wieder<br>Verfüllen eines Kabelgrabens                                |
| baubedingt                                       | temporäre<br>Entwässerung               | Mineralisation, Setzungen                                                                                                                             |                                   |                                                                                                       | Wasserhaltung im Baubetrieb                                                                   |
| baubedingt                                       | Bodenverdichtung                        | Veränderung der Wasserleitfähigkeit                                                                                                                   |                                   |                                                                                                       | Befahrung                                                                                     |
| baubedingt                                       | vollständiger<br>Bodenaustausch         | vollständiger Verlust der ursprünglichen Bodenfunktionen<br>als Kohlenstoffspeicher, Wasserspeicher,<br>entwässernde Wirkung bei fehlender Abdichtung |                                   |                                                                                                       | insbesondere bei Stromleitungen durch<br>befürchtete geringe Wärmeleitfähigkeit<br>des Torfes |
| baubedingt                                       | Erosion<br>Wind/Wasser                  | Verlust der Bodenfunktionen                                                                                                                           |                                   |                                                                                                       | Entfernung der Vegetationsdecke                                                               |
| baubedingt                                       | Nährstoffeintrag                        | Verstärkung von Mineralisationsprozessen                                                                                                              |                                   | nährstoffarme Hoch-<br>moore können durch<br>den Eintrag zuneh-<br>mende Mineralisierung<br>aufweisen |                                                                                               |
| baubedingt                                       | pH-Wert-Änderung                        | Verstärkung von Mineralisationsprozessen,<br>Veränderungen der natürlichen Lebensbedingungen<br>für Organismen                                        | sulfatsaure<br>Böden              | Veränderung des<br>Milieus in sauren<br>Hochmooren verändert<br>Lebensbedingungen für<br>Organismen   | u. a. Baustraßen aus alkalischem<br>Material                                                  |
| baubedingt, ggf.<br>betriebsbedingt              | Schadstoffeintrag                       | Beeinträchtigung der Bodenfunktion als Lebensraum                                                                                                     |                                   |                                                                                                       | die Stoffeinträge können bau- oder<br>betriebsbedingt verursacht werden                       |
| betriebsbedingt                                  | Änderung<br>Bodentemperatur             | mögliche Zunahme der Mineralisation                                                                                                                   |                                   |                                                                                                       |                                                                                               |

### Anhang 3

Tab. A3: Übersicht zu Vorhaben und den wesentlichen bodenbezogenen Wirkfaktoren mit Fokus auf organische Böden. Wirkfaktoren nach LABO (2009), ENGEL & PRAUSE (2021), RUNGE et al. (2021). In Klammern gesetzte Kreuze bedeuten eine untergeordnete Bedeutung/abhängig vom Einzelfall.

| Vorhaben/<br>Wirkfaktoren                                                                                        | (HGÜ-)<br>Erdkabel         | Freileitung               | Gas- oder<br>Sole-<br>leitungen    | Wasser-<br>leitungen               | Straßenbau                                                                                     | Wohnungsbau                                                                                        | Gewerbe und<br>Industrie                                                                           | WEA                                              | FFA-PV                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Versiegelung                                                                                                     | (x)                        | x                         | (x)                                | (x)                                | x                                                                                              | x                                                                                                  | x                                                                                                  | x                                                | (x)                                    |
| Abgrabung                                                                                                        | x                          | x                         | x                                  | x                                  | x                                                                                              | x                                                                                                  | x                                                                                                  | x                                                | (x)                                    |
| Auftrag / Überdeckung                                                                                            | (x)                        | (x)                       | (x)                                | (x)                                | x                                                                                              | x                                                                                                  | x                                                                                                  | x                                                | (x)                                    |
| Vermischung                                                                                                      | x                          | x                         | x                                  | x                                  | x                                                                                              | x                                                                                                  | x                                                                                                  | x                                                | x                                      |
| überdeckte Bauwerke<br>im Unterboden                                                                             | x                          | x                         | x                                  | x                                  | (x)                                                                                            | (x)                                                                                                | (x)                                                                                                | x                                                | (x)                                    |
| dauerhafte<br>Entwässerung                                                                                       | x                          | (x)                       | x                                  | x                                  | x                                                                                              | x                                                                                                  | x                                                                                                  | (x)                                              | (x)                                    |
| temporäre<br>Entwässerung                                                                                        | x                          | x                         | x                                  | x                                  | x                                                                                              | x                                                                                                  | x                                                                                                  | x                                                | (x)                                    |
| Vernässung durch<br>veränderte Hydrologie<br>(gestörte Torfe,<br>durchlässiges Material)                         | (x)                        | –                         | (x)                                | (x)                                | (x)                                                                                            | –                                                                                                  | –                                                                                                  | –                                                | –                                      |
| Bodenverdichtung                                                                                                 | x                          | x                         | x                                  | x                                  | x                                                                                              | x                                                                                                  | x                                                                                                  | x                                                | x                                      |
| vollständiger<br>Bodenaustausch                                                                                  | x                          | (x)                       | (x)                                | (x)                                | x                                                                                              | x                                                                                                  | x                                                                                                  | x                                                | –                                      |
| Änderung<br>Bodentemperatur                                                                                      | x                          | –                         | (x)                                | (x)                                | –                                                                                              | –                                                                                                  | –                                                                                                  | –                                                | –                                      |
| Erosion Wind / Wasser                                                                                            | x                          | (x)                       | x                                  | x                                  | x                                                                                              | x                                                                                                  | x                                                                                                  | (x)                                              | (x)                                    |
| Schadstoffeintrag                                                                                                | (x)                        | (x)                       | (x)                                | (x)                                | (x)                                                                                            | (x)                                                                                                | (x)                                                                                                | (x)                                              | (x)                                    |
| Nährstoffeintrag                                                                                                 | (x)                        | (x)                       | (x)                                | (x)                                | (x)                                                                                            | (x)                                                                                                | (x)                                                                                                | (x)                                              | (x)                                    |
| pH-Wert-Änderung                                                                                                 | (x)                        | (x)                       | (x)                                | (x)                                | (x)                                                                                            | (x)                                                                                                | (x)                                                                                                | (x)                                              | (x)                                    |
| ggf. Schwerpunk-<br>flächen, besondere<br>Herausforderungen<br><br>Allgemein: Baustellen-<br>einrichtungsflächen | Kabelgraben,<br>Baustraßen | Fundamente,<br>Baustraßen | Leitungs-<br>graben,<br>Baustraßen | Leitungs-<br>graben,<br>Baustraßen | neue Fahrbahn<br>wird versiegelt,<br>kann beim Bau<br>als Baustraße<br>dienen;<br>Lagerflächen | zu versiegeln-<br>der Bereich,<br>Fokus Erhalt<br>der Funktionen<br>von zukünftigen<br>Grünflächen | zu versiegeln-<br>der Bereich,<br>Fokus Erhalt<br>der Funktionen<br>von zukünftigen<br>Grünflächen | Fundament,<br>Kranplätze,<br>Kabel-<br>anschluss | Zuwegungen,<br>Fahrspuren<br>und Kabel |

## Anhang 4

### Feldbodenkundliche Hinweise

Es liegen umfangreiche und anschauliche Materialien zur Unterstützung bei der Moorkartierung vor. Im folgenden Kapitel werden Grundsätze für die feldbodenkundlichen Arbeiten erläutert und auf diese Materialien verwiesen.

### Informationsgrundlagen

Grundlegende Informationen zur lateralen und vertikalen Verbreitung und Gliederung der Torfe und der mineralischen Basis lassen sich im Vorfeld bereits über den NIBIS®-Kartenserver, das MoorIS und dort insbesondere über die detaillierten *Beschreibungen der Mooregebiete* von SCHNEEKLOTH und Mitarbeitern erlangen. Auf Basis dieser Informationen sollten bodenkundliche Geländeuntersuchungen geplant und durchgeführt werden.

Tab. A4.1: Schrittweise Handlungsanleitung für Geländearbeiten.

| Nr. | Schritt                                  | Erläuterung                                                                                                             |
|-----|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | Informationsgrundlagen                   | zu erwartende Situation erfassen                                                                                        |
| 2   | Bodenkundliche Geländeuntersuchungen     | Vor-Ort-Informationen erfassen per Flachscharf und Moorbohrung, ggf. Peilbohrung, anthropogene Kulturmaßnahmen erkennen |
| 3   | Erarbeiten einer Substratdifferenzierung | Differenzierung der Torfe als Grundlage für Bodenschutzmaßnahmen und Verwertung                                         |

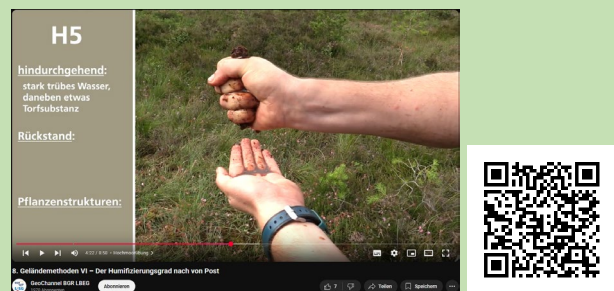
### Bodenkundliche Geländeuntersuchungen

Feldbodenkundliche Untersuchungen mit dem Ziel einer Substratgliederung erfordern als Aufschlussmethode eine Kombination aus Schürfgruben und Bohrungen mittels eines Moor-Kartierbohrers (Guts-Bohrer), um Mächtigkeiten und Substrateigenschaften erfassen zu können. Schlagende Verfahren (z. B. Pürckhauer- und Rammkernbohrungen) sind mit Ausnahme von Moortrepsolen und mächtigen mineralischen Überdeckungen nicht geeignet, Lagerungstiefen und Substrateigenschaften ausreichend genau zu identifizieren. Auch Edelman-Bohrer sind nicht geeignet, um ausreichend genaue Informationen zu Lagerungsverhältnissen und Schichtgrenzen zu erarbeiten.

### Youtube GeoChannel BGR & LBEG:

#### WIKIMooS-Moorvideos

CONSTANTIN et al. (2023) haben zur Unterstützung für bodenkundliche Geländearbeiten anschauliche Videos erarbeitet. *Alle Videos sind online verfügbar.*



Der Abstand der bodenkundlichen Aufnahmen ist bei linienhaften Vorhaben nach DIN 19639 mit 50–200 m Abstand zwischen den Untersuchungspunkten zu wählen. Regelhaft ist aber gerade bei Niedermoorunterlagerungen unter Hochmoor oder bei Niedermoorstandorten auch ein 50-m-Abstand kaum ausreichend, um die kleinräumigen Unterschiede in der Tiefe der Moorbasis präzise erfassen zu können. Daher sind Aufnahmeabstände von 50 m oder geringer zielführend. Für flächenhafte Vorhaben ergibt sich eine ähnliche Rasterweite. Moortiefenpeilungen zwischen den Rasteraufnahmepunkten sind geeignet und ggf. sinnvoll, um zusätzlich die kleinräumige Heterogenität in der Mächtigkeit des Torfkörpers zu identifizieren. Diese können Moorprofilaufnahmen zur Substratgliederung allerdings nicht ersetzen. Auch der Einsatz geophysikalischer Methoden zwischen den Bohrpunkten kann geprüft werden.

#### Erarbeiten einer Substratdifferenzierung

Die Erarbeitung einer Moorsubstratgliederung ist die Grundlage dafür, dass die im vorliegenden Gefakt beschriebenen Vermeidungs- bzw. Minderungsmaßnahmen umgesetzt werden können. Es sollte abhängig vom Moorboden eine Differenzierung in

- Oberboden (regelmäßiger Bearbeitungsbereich auf landwirtschaftlich genutzten Flächen),
- Unterboden (bei ausgeprägter Gefügeaggregation),
- Weißtorf (Hochmoor),
- Schwarztorf (Hochmoor),
- Niedermoororf,
- Organomudden,

- organo-mineralische Mudden und
  - die Tiefe des mineralischen Untergrundes
- abgebildet sein.

Agrarkulturell stark geprägte Standorte (Baggerkühlung, Sandmischkultur, Tiefpflug-Sanddeckkultur sowie mächtige mineralische Überdeckungen) bedürfen zudem einer Erfassung der Bearbeitungstiefen dieser Kulturmaßnahmen.

## Moorkultisole

Das LBEG hat eine Zusammenstellung der Moorkultisole in Niedersachsen erarbeitet, die hilfreich für die Identifikation ist (SCHWENK & GEHRT 2023).



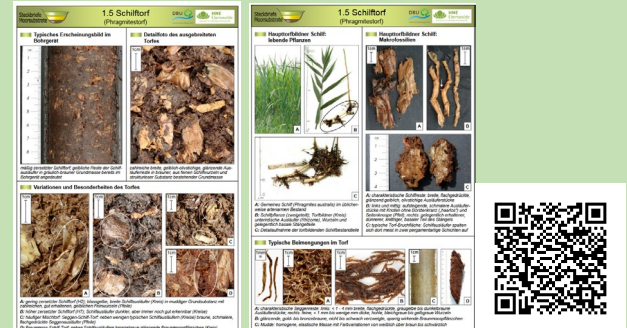
Die Identifikation mineralischer Bodenschichten (mineralische Überdeckung oder mineralischer Untergrund) in Abgrenzung zu den organischen Schichten erfolgt entsprechend den Vorgaben nach bodenkundlicher Kartieranleitung (AG BODEN 2024) sowie anhand der Humus-/C<sub>org</sub>-Gehalte.

Die Unterscheidung der einzelnen organischen (z. T. auch organo-mineralischen) Bodenschichten untereinander erfolgt zunächst über minerogene Anteile und die elastische Konsistenz. Weitere Identifikationsmerkmale finden sich in den Steckbriefen Moorsubstrate (MEIER-UHLHERR et al. 2015a, b).

Torfe sollten aufgrund der sehr unterschiedlichen Eigenschaften zumindest in Hochmoortorfe, mit der Differenzierung in Weiß- (Hsw) und Schwarztorf (Hss), sowie Niedermoor- (Hn, ggf. mit Berücksichtigung unterschiedlicher Zersetzungsgrade) unterschieden werden. Anleitungen und Erläuterungen zur Ansprache dieser Torfe finden sich insbesondere bei MEIER-UHLHERR et al. (2015a, b). Praktische Anleitungen und Hinweise zur Feldansprache finden sich insbesondere bei CONSTANTIN et al. (2022). Vegetative Merkmale von Pflanzenresten als Bestimmungsgrundlagen werden sehr anschaulich bei CASPERS (2010) erläutert.

## Steckbriefe Moorsubstrate

MEIER-UHLHERR et al. (2015a, b) verdeutlichen in anschaulichen Steckbriefen die Eigenschaften, das Erscheinungsbild von Moorsubstraten und Merkmale für die Geländeansprache.



Grundlage zur Unterscheidung der Hochmoortorfe in Weiß- und Schwarztorf ist der Zersetzungsgrad der Torfe nach VON POST. Anleitungen zur Durchführung der Quetschprobe zur Bestimmung des Zersetzungsgrades finden sich bei MEIER-UHLHERR et al. (2015b, Abschnitt C). Anschauliche Praxisdarstellungen sind in einem WIKIMooS-Video verfügbar. Prinzipiell geeignet sind allerdings auch die Angaben der bodenkundlichen Kartieranleitung (AG BODEN 2024: 245f.).

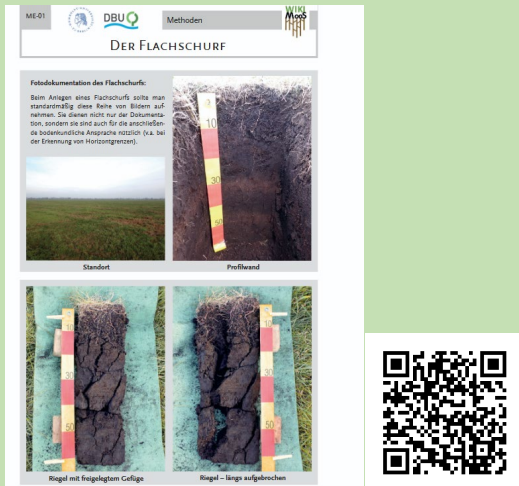
Weißtorfe sind durch weitgehende Erhaltung der torfbildenden Pflanzen mit den Zersetzungsgraden H1–H5 gekennzeichnet und weisen im Allgemeinen günstige physiologische Eigenschaften zum Pflanzenbau (Grün- und Ackerland) auf (Probleme sind auf Moor natürlich stets die Bodenwasserverhältnisse und die Befahrbarkeit, die auch hier nutzungseinschränkend wirken).

Schwarztorfe sind durch hohe Zersetzungsgrade (H6–H10) mit geringerem Anteil (H6) oder gänzlich fehlenden erkennbaren Pflanzenresten (H10) charakterisiert.

Neben den Zersetzungsgraden nach VON POST sind auch einfache Merkmale der Pflanzenreste gut zur Identifikation der Torfarten geeignet. Für Niedermoor- (Hn) können Erlenholz und Schilfreste als einfache und recht sichere Bestandteile gelten, die eine Identifikation der Niedermoorökologie des Substrats erlauben. Bei geringeren Zersetzungsgraden sind Radizellen, also Seggenreste, recht gut erkennbar.

## WIKIMooS Feldbuch

CONSTANTIN et al. (2022) liefern in einem Feldbuch zusätzlich zu den o. g. Videos umfangreiche Hinweise für die Geländeansprache von Moorböden.



Hochmoortorfe, insbesondere Weißtorfe, sind durch Torfmoose gekennzeichnet (neben weiteren Hochmoorpflanzenresten), die bei geringer Zersetzung gut identifiziert werden können. Schwieriger ist in der Regel die Identifikation von Schwarztorfen (Hss, H6–H10), gerade in Abgrenzung zu ebenfalls häufig vorkommenden Niedermoortorfen mit starker Zersetzung (Hn, mit H6–H10). Für diese Unterscheidung können aber beispielsweise die im Schwarztorf sehr häufig vorkommenden Reste des scheidigen Wollgrases (*Eriophorum vaginatum*, landläufige Bezeichnung: „Bullenfleisch“) genutzt werden. Insbesondere bei CASPERS (2010) finden sich detaillierte Beschreibungen und Fotografien physiologischer Merkmale von Pflanzenresten, die eine einfache und genaue Torfunterscheidung ermöglichen.

Verschiedene Mudden unterlagern häufig Niedermoortorfe. Auch Hochmoortorfe (insbesondere Schwarztorfe) weisen häufig, wenn auch meist sehr geringmächtige Unterlagerungen durch Mudden auf (meist 5–20 cm, selten auch mehr). Diese Mudden sind aus der Verlandung von Stillgewässern oder Vernässungsbereichen im engen Vorfeld der wachsenden Mooraußengrenze hervorgegangen.

Sicherlich müssen dabei nicht immer die Dimensionen eines Sees angenommen werden. Die Häufigkeit und verbreitete geringe Mächtigkeit lassen auch kleinere Versumpfung und Nassflächen als Entstehungsraum wahrscheinlich erscheinen.

Als Kriterien zur Abgrenzung von Mudden gegenüber Torfen werden häufig die sehr homogene Struktur mit geringer Lagerungs-/Packungsdichte und hohem Wasseranteil bei weitgehender Abwesenheit anderer makroskopisch erkennbarer torfbildender Pflanzenreste benannt. Zu beachten ist dabei aber, dass beispielsweise Erlenwurzeln aus überlagerndem Niedermoortorf nachträglich in das Muddesubstrat eingewachsen sein können und genetisch nicht der Muddebildungsphase zuzuordnen sind. Es ist gegebenenfalls sehr schwierig, insbesondere bei sehr stark zersetzten Torfen (H9–10, Hss und Hn), eine präzise Abgrenzung der Organo-Mudden von diesen Torfen im Gelände zu leisten.

Mudden werden untereinander durch den Anteil mineralischer und organischer Bestandteile differenziert (organo-mineralische Mudden und Organo-Mudden). Weiterhin wird der Carbonatanteil zur Abgrenzung von Kalkmudden herangezogen. Die Organo-Mudden zeichnen sich durch fast ausschließlich organische Bestandteile aus (Fein-, Grobdetritus, Diatomeen etc.). Entsprechend der Zusammensetzung und der Konsistenzeigenschaften können allgemein Grob- und Feindetritusmudden sowie Lebermudden innerhalb der Organo-Mudden unterschieden werden. Organo-mineralische Mudden weisen deutliche Anteile (70–95 Masse-%) Ton oder Schluff auf. Sandmudden sind dagegen eher selten vorzufinden. Die Kalkmudden sind von Körnung und Konsistenz meist den Schluffmudden sehr ähnlich, weisen dabei aber bei Feldbestimmungen eine positive Reaktion zum Carbonatgehalt auf. Diese Kalkmudden unterscheiden sich daher vor allem chemisch deutlich von den anderen organo-mineralischen Mudden (Ton-, Schluff-, Sandmudden). Präzise Angaben zu den Merkmalen der Geländeansprache bietet MEIER-UHLHERR et al. (2015b, Abschnitte A, B und C). Auch bei MEIER-UHLHERR et al. (2015a) finden sich weiterführende Hinweise.

## Zusammenfassung

Tab. A4.2: Zusammenfassung der Hinweise zur Substratdifferenzierung.

| Substrat          | Einfache Erkennungsmerkmale                                                                                                                                                     | Sicherheit der Identifikation anhand des Merkmals                                                                                                                                                                                                                                           | Häufigkeit des Erkennungsmerkmals                                                    |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Weißtorf (Hsw)    | H1–H5, Sphagnumtorf erkennbar, i. d. R. weitere Hochmoorpflanzen vorhanden (z. B. scheidiges Wollgras („Bullenfleisch“))                                                        | Sehr sicher.                                                                                                                                                                                                                                                                                | regelmäßig                                                                           |
| Schwarztorf (Hss) | H6–H10, z. T. als homogene, amorphe Masse vorliegend, meist nur an Resten zersetzungsresistenter Pflanzen (scheidiges Wollgras („Bullenfleisch“)) erkennbar.                    | Wenn scheidiges Wollgras („Bullenfleisch“) vorhanden, dann sehr sicheres Identifikationsmerkmal.                                                                                                                                                                                            | Scheidiges Wollgras („Bullenfleisch“) ist im Hss häufig vorhanden, aber nicht immer. |
| Niedermoor (Hn)   | H1–H3 (selten), H4–H10 (häufig), Erlenholz oder Schilffreste                                                                                                                    | Durch meist höhere Zersetzungsstufen (>H5), Radizellen bzw. Seggenreste häufig nicht gut erkennbar. Sicheres Merkmal sind v. a. Schilffreste und Erlenholz, die aber nicht immer im Niedermoor vorkommen.                                                                                   | Erlenholz häufig, aber nicht immer. Schilffreste eher selten.                        |
| Mudde             | sehr homogene Struktur mit geringer Lagerungs-/Packungsdichte und hohem Wasseranteil bei weitgehender Abwesenheit anderer makroskopisch erkennbarer torfbildender Pflanzenreste | In der Regel bei Lebermudden durch charakteristische Konsistenz recht sicher. Bei organo-mineralischen Mudde mit klar erkennbarem mineralischen Anteil ebenfalls recht sicher. Übergangsformen gerade in Abgrenzung zu stark zersetzten Schwarztorfen oder Niedermoor torfen oft schwierig. | variabel                                                                             |

### Impressum

Die Geofakten werden vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) herausgegeben und erscheinen unregelmäßig bei Bedarf.

Die bisher erschienenen Geofakten können unter <https://www.lbeg.niedersachsen.de> abgerufen werden.

© LBEG Hannover 2026

Version: 09.07.2026

DOI: 10.48476/geofakt\_52\_1\_2026

### Autorenschaft

- Dr. Robin Stadtmann, Tel.: 0511/ 643-3901  
mail: [Robin.Stadtmann@lbeg.niedersachsen.de](mailto:Robin.Stadtmann@lbeg.niedersachsen.de)  
L2.1 Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme
- Dr. Heinrich Höper, Tel.: 0511/ 643-3265  
mail: [Heinrich.Hoeper@lbeg.niedersachsen.de](mailto:Heinrich.Hoeper@lbeg.niedersachsen.de)  
L3.2 Landwirtschaft, Bodenmonitoring
- Dirk Djuren, Tel.: 0511/ 643-3428  
mail: [Dirk.Djuren@lbeg.niedersachsen.de](mailto:Dirk.Djuren@lbeg.niedersachsen.de)  
L3.7 Geotechnik, Geosicherheit, Niedersächsischer Erdbebendienst
- Uwe Hammerschmidt, Tel.: 0511/ 643-3602  
mail: [Uwe.Hammerschmidt@lbeg.niedersachsen.de](mailto:Uwe.Hammerschmidt@lbeg.niedersachsen.de)  
L2.1 Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme
- Dr. Nico Herrmann, Tel.: 0511/ 643-3070  
mail: [FrankNico.Herrmann@lbeg.niedersachsen.de](mailto:FrankNico.Herrmann@lbeg.niedersachsen.de)  
L2.1 Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme  
Landesamt für Bergbau,  
Energie und Geologie  
Stilleweg 2, 30655 Hannover  
Internet: <https://www.lbeg.niedersachsen.de>