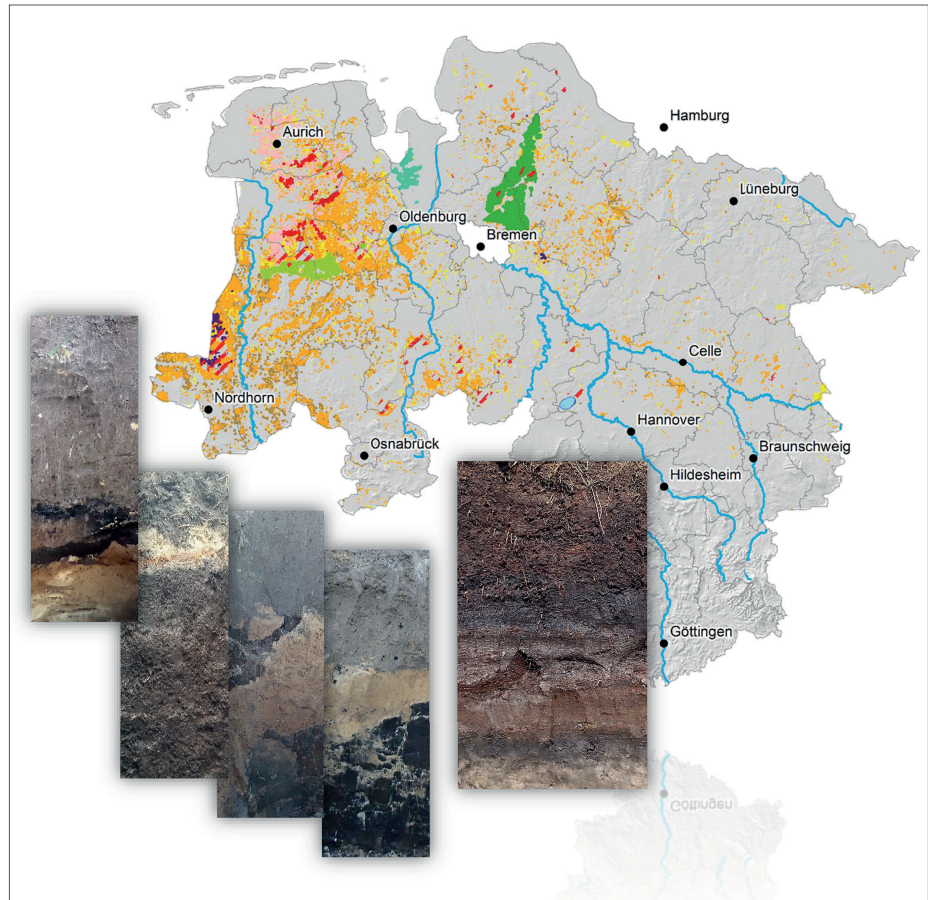


GeoBerichte 47



LANDESAMT FÜR
BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE



Gliederung,
Beschreibung und Verbreitung
von Moorkultursolen
in Niedersachsen



Niedersachsen



GeoBerichte 47

Landesamt für
Bergbau, Energie und Geologie

Gliederung, Beschreibung und Verbreitung von Moorkultosolen in Niedersachsen

FRIEDERIKE SCHWENK & ERNST GEHRT

Hannover 2023

Impressum

Herausgeber: © Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie

Stilleweg 2
30655 Hannover
Tel. (0511) 643-0
Fax (0511) 643-2304

Download unter www.lbeg.niedersachsen.de

1. Auflage.

Version: 04.07.2023

Redaktion: Ricarda Nettelmann
Mail: bodenkundlicheberatung@lbeg.niedersachsen.de

Titelbild: Collage: F. Schwenk.

ISSN 1864–6891 (Print)

ISSN 1864–7529 (digital)

DOI 10.48476/geober_47_2023

GeoBer.	47	S. 3 – 50	28 Abb.	7 Tab.	Anh.	Hannover 2023
---------	-----------	-----------	---------	--------	------	---------------

Gliederung, Beschreibung und Verbreitung von Moorkulturosolen in Niedersachsen

FRIEDERIKE SCHWENK & ERNST GEHRT

unter Mitarbeit von LAURENTIU CONSTANTIN, SVEN EVERTSBUSCH, FRANK NICO HERRMANN,
GERO JAHNS, KARSTEN KRÜGER, INGA PREISS-DAIMLER & MAIKE WEDUWEN

Kurzfassung

Im Laufe der bereits mehrere Jahrhunderte andauernden Kultivierung niedersächsischer Moore haben sich vielfältige Varianten von Moorkulturen ausgebildet. Diese lassen sich im Wesentlichen in Moorkulturen, in denen die Torfstratigraphie aufgrund von Durchmischung des mineralischen Untergrundes mit dem anstehenden Torf deutlich verändert wurde und Kulturen ohne Profilveränderung differenzieren. In diesem GeoBericht liegt der Fokus auf kultivierten Mooren, deren Torfstratigraphie deutlich verändert wurde. Diese werden unter dem Begriff Moorkulturosole zusammengefasst.

Im ersten Teil des Berichts werden grundlegende Begriffe definiert, und es wird eine Übersicht der beschriebenen Moorkulturosole, mit Einordnung nach den Vorgaben der kohlenstoffreichen Böden, gezeigt. Weiterhin wird der schematische Profilaufbau der stark profilveränderten Varianten dargestellt.

Im zweiten Teil werden die verschiedenen Varianten von Moorkulturosolen differenziert und dokumentiert, da eine vollständige und genaue Beschreibung sowie eine Verortung regionaltypischer Varianten bisher nicht vorliegen. Grundlage der Abgrenzung ist eine EDV-gestützte Klassifikation aus Daten der Bodenschätzung mit anschließender Zuweisung der klassifizierten Flächen zu den Kategorien kohlenstoffreicher Böden. In einem weiteren Schritt werden räumliche Informationen lokaler bzw. regionaler Kulturgebiete verwendet, um weitere Varianten der Moorkulturosole abzugrenzen. Ergänzend werden Karten der Verbreitung von Moorkulturosolen auf landwirtschaftlichen Flächen der Bodenschätzung in Niedersachsen sowie bisherige Ergebnisse zur Anzahl und Flächengröße der jeweiligen Varianten dargestellt.

Inhalt

Vorwort.....	5
1. Einleitung und Zielsetzung	6
2. Grundlegendes.....	6
2.1. Definition der Moorkulturosole	6
2.2. Moorkulturosole als kohlenstoffreiche Böden	6
2.3. Hinweise zur Klassifikation aus Daten der Bodenschätzung.....	7
3. Entwicklung der Moorkultivierung in Niedersachsen	8
4. Übersicht und schematische Profile der Moorkulturosole	10
5. Beschreibung und Klassifizierung von Moorkulturosolen	14
5.1. Historische bis vorindustrielle Moorkultivierung	14
5.1.1. Verbreitung historischer bis vorindustrieller Moorkulturen in Niedersachsen.....	14
5.1.2. Fehnkultur	16
5.1.3. Spittkultur	18
5.1.4. Findorffkultur	19
5.1.5. Rimpau'sche Moordammkultur	20
5.1.6. Unvollständige Abtorfung auf Heidemoor	21
5.2. Frühindustrielle Moorkultivierung	23
5.3. Industrielle Moorkultivierung	23
5.3.1. Verbreitung industrieller Moorkulturen in Niedersachsen	23
5.3.2. Industrielle Abtorfung	25
5.3.3. Deutsche Sandmischkultur und Tiefpflug-Sanddeckkultur	25
5.3.4. Sanddeckkultur auf Hoch- und Niedermoor.....	28
5.3.5. Niedermoor mit Kleimarschauflage.....	29
5.3.6. Baggerkuhlung	30
5.4. Alter Moor-Treposol	31
5.5. Flachumbruch	34
5.6. Böden in Spülflächen	38
6. Ergebnisübersicht zu den Moorkulturosolen auf Bodenschätzungsflächen.....	40
7. Fazit und Ausblick	42
8. Quellen	42
Anhang.....	46

Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

Boden ist eine der wichtigsten Ressourcen unserer Erde und spielt eine entscheidende Rolle für das ökologische Gleichgewicht sowie die nachhaltige Entwicklung unserer Gesellschaft. Niedersachsen, als eines der flächenmäßig größten Bundesländer Deutschlands, beheimatet eine Vielzahl von Böden, die eine hohe Kohlenstoffkonzentration aufweisen. Die kohlenstoffreichen Böden Niedersachsens haben eine große Bedeutung in Bezug auf die Herausforderungen des Klimawandels. Um diesen in den gesellschaftlich und politisch angelaufenen Prozessen zu begegnen, stellen Renaturierungsvorhaben und Anpassungen in der Landnutzung zentrale Aktionsfelder dar. Dabei ist die große Verantwortung Niedersachsens als moorreichstes Bundesland unbestritten.

Die heutigen Moore sind vorwiegend in den letzten 10.000 Jahren, im Holozän, unter Wasserüberschuss entstanden. Kohlenstoffreiche Böden bedecken heute in Niedersachsen etwa 8 bis 10 % der Landesfläche. Die Moore werden überwiegend als Grünland, aber auch als Ackerland oder Wald genutzt. Etwa 16 % der Moore befinden sich ungenutzt unter Gehölz, Heide oder Moorvegetation.

Während naturnahe Moore Kohlendioxid aufnehmen und langfristig als Torf festlegen, dabei etwas Methan freisetzen, geben entwässerte und gedüngte Moore in großem Maßstab Kohlendioxid ab. Da die meisten Moore entwässert und genutzt sind, tragen sie deutlich zur Klimabilanz bei. Niedersächsische Moore emittieren nach bisherigen Karten- und Datengrundlagen 10,6 Mio. t CO₂-Äquivalente und damit etwa 11 % der Gesamtemissionen des Landes. Klimaschutz ohne Einbeziehung der Moore ist daher unvollständig.

Nicht nur im Hinblick auf die Nutzung unterscheidet sich die Moorlandschaft Niedersachsens. Der Moorreichtum Niedersachsens bedeutet eine sehr große Diversität bei den Eigenschaften der kohlenstoffreichen Böden. Neben den naturnahen Moorarealen sind auch die intensiv agrarkulturell genutzten Böden durch diese Vielgestaltigkeit gekennzeichnet. Diese sogenannten Moorkultusole weisen vielfältige Ausprägungen auf und unterscheiden sich sowohl in Hinblick auf ihre chemischen und physikalischen Eigenschaften untereinander als auch

im Vergleich zu den naturnahen Mooren. Aufgrund des hohen Kohlenstoffgehaltes, der unter bestimmten Bewirtschaftungsformen eine Emission von Treibhausgasen zur Folge haben kann, sind diese Flächen zudem als klimarelevante Böden von Bedeutung, dabei aber, je nach Art der agrarkulturellen Überprägung, in der Wirkung sehr unterschiedlich.

Die Flächengröße und Vielfalt der in Niedersachsen entstandenen kultivierten Moore ist dabei einzigartig in Deutschland. Dies begründet die Notwendigkeit einer Klassifizierung der Varianten, denn nur mit dieser Kenntnis ist es möglich, adäquate Maßnahmen zu planen und arealspezifisch zu steuern, wenn der Emission treibhausrelevanter Gase aus Moorgebieten begegnet werden soll.

In diesem GeoBericht werden die Varianten der unter dem Begriff Moorkultusole zusammengefassten, kultivierten Moore Niedersachsens charakterisiert. Dabei werden Entstehung und Merkmale ausführlich erläutert sowie verschiedene Verbreitungskarten der klassifizierten Moorkultusole dargestellt. Zudem sind Informationen zu besonderen historischen Formen der Moornutzung, die auf lokaler und regionaler Ebene bedeutsam sind, herausgearbeitet. Dies bildet eine wichtige Grundlage, um die Gehalte organischer Bodensubstanz innerhalb der verschiedenen Moorkultusol-Varianten in den Kontext der kohlenstoffreichen Böden einordnen zu können.

Mit diesem GeoBericht liegt eine umfangreiche Dokumentation vor, die als Werkzeug zur Erkennung und Differenzierung unterschiedlicher Moorkultusole sowie zur Einordnung in die kohlenstoffreichen Böden eingesetzt werden kann.

Ich wünsche Ihnen viele neue und interessante Erkenntnisse sowie viel Freude bei der Lektüre dieses GeoBerichts.

Carsten Mühlenmeier

Präsident LBEG

1. Einleitung und Zielsetzung

Niedersachsen ist mit insgesamt über 600.000 ha ehemaliger Moorfläche (OVERBECK 1975) mit Abstand das moorreichste Bundesland in Deutschland. Bis in das 17. Jahrhundert fand in einem Großteil der Moore Mitteleuropas noch Torfwachstum statt (JOOSTEN 2012). Mit Ausnahme früher bäuerlicher Torfstiche werden Moore in Deutschland seit über 300 Jahren genutzt und dadurch anthropogen verändert. Die Entwicklung unterschiedlicher kulturtechnischer Verfahren führte zu zahlreichen Varianten der Kulturosole aus Torfen (BLANKENBURG 2015, GÖTTLICH & KUNTZE 1990). Heute gelten ca. 99 % aller Moore in Deutschland als entwässert (JOOSTEN 2012). Stellvertretend sei hier auf die umfangreichen Maßnahmen im Zuge des Emslandplanes verwiesen (HAVERKAMP 2011). Auf dieser Grundlage wurden weite Teile der Moore in Westniedersachsen tiefgreifend umgestaltet und kultiviert.

Im Grundsatz werden die kultivierten Moore in der einschlägigen Literatur beschrieben, und ihre Verbreitung wird z. T. auch in der Bodenkarte von Niedersachsen im Maßstab 1 : 50.000 (BK50) räumlich dargestellt. Ein Teil der in diesem Bericht differenzierten kulturbeeinflussten Moorböden Niedersachsens ist durch die Kartierung der BK50 bekannt (GEHRT et al. 2021) und wurde in der Geologischen Kartieranleitung beschrieben (GEHRT 2019a, 2019b). Eine umfassende und genaue Beschreibung, Kennzeichnung und Verortung der Varianten liegt jedoch bislang nicht vor.

Aufgrund von limitierten Klassifikationsmöglichkeiten der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5; AD-HOC-AG BODEN 2005) liefern WITTNEBEL, TIMEYER & DETTMANN (2021) ein angepasstes Klassifikationssystem gestörter Moore und weiterer organischer Böden unter landwirtschaftlicher Nutzung. Für Niedersachsen liegen Informationen aus den Grablochbeschreibungen der Bodenschätzung sowie räumliche Daten historischer Moorkulturgebiete vor, die eine weitere Differenzierung der in diesem Bericht unter dem Oberbegriff „Moorkulturosol“ zusammengefassten, kultivierten Moore erlaubt.

Zielsetzung dieses Berichtes ist daher, die Vielfalt regionaltypischer Varianten kultivierter Moore zu erkennen, zu differenzieren und zu beschreiben. Weiterhin können Moorkulturosole

auch bei ähnlichem Meliorationsverfahren unterschiedlich ausgeprägt sein, und der Anteil an Torf im Boden kann variieren. Es wird daher geprüft und bewertet, inwieweit die unterschiedlichen Varianten der Moorkulturosole zu den kohlenstoffreichen Böden (HÖPER & GEHRT 2022) zu stellen sind. Hierfür wird, soweit möglich, eine eindeutige Zuordnung der Varianten zu den kohlenstoffreichen Böden vorgenommen.

2. Grundlegendes

2.1. Definition der Moorkulturosole

Der Moorkulturosol steht in diesem Bericht als Oberbegriff aller Varianten kultivierter Moore, die in der Vergangenheit durch unterschiedliche Meliorationsmaßnahmen verändert wurden. Moorkulturosole lassen sich im Wesentlichen durch die angewandten Meliorationsverfahren unterscheiden.

Moor-Treposole umfassen Böden, die durch einmaligen Umbruch und Vermischung von Torf und Sand in über 4 dm Tiefe geprägt sind, wobei die Profil- und Torfstratigraphie verändert wurde. Im Vergleich dazu bleibt bei Verfahren wie der Sanddeckkultur die Torfstratigraphie unter der aufgetragenen mineralischen Decke intakt (HÖPER & GEHRT 2022).

In diesem Bericht liegt der Fokus auf kultivierten Mooren, deren Torfstratigraphie deutlich durch profilverändernde Maßnahmen umgestaltet wurde. Daher werden Kultivierungsmethoden wie die Moorbrandkultur, die Deutsche Hochmoorkultur oder die Niedermoorschwärzkultur, bei denen es nicht zu einer Profilveränderung oder zu einem Auftrag von mineralischem Material kommt (GÖTTLICH & KUNTZE 1990, ZEITZ 2014), in diesem Bericht nicht behandelt.

2.2. Moorkulturosole als kohlenstoffreiche Böden

Im Kontext der kohlenstoffreichen Böden werden insbesondere Moorkulturosole betrachtet, die Klimarelevanz haben.

Von Bedeutung für anthropogen veränderte, landwirtschaftlich genutzte Flächen sind dabei die Kriterien zur Ausweisung kohlenstoffreicher

Böden nach der aktuellen GAP-Konditionalitäten-Verordnung (GAPKONDV 2022).

Demnach werden Böden als kohlenstoffreich festgelegt, die in einer mindestens 10 cm mächtigen, horizontal oder schräggestellten Bodenschicht innerhalb der oberen 40 cm C_{org} -Gehalte von mindestens 7,5 % aufweisen (§ 11 Abs. 2 GAPKondV).

Anhand dieser Vorgaben soll geprüft und bewertet werden, inwieweit die unterschiedlichen Varianten der Moorkulturosole zu den kohlenstoffreichen Böden zu stellen sind.

Hierzu gehören auch Moorkulturosole wie beispielsweise Moor-Treposole und Sanddeckkulturen, die unter Ackernutzung vergleichbar hohe Treibhausgasemissionen wie tiefgründige Moore emittieren können (TIEMEYER, FREIBAUER & DRÖSLER 2013). Im besonderen Maße gilt dies für Sanddeckkulturen mit einer Mächtigkeit der Sanddecken von ca. 0,2 m, bei welchen die Treibhausgasemissionen unter Ackernutzung bei bis zu 40 t CO₂-Äq. ha⁻¹ a⁻¹ liegen können (HÖPER 2015, 2022).

2.3. Hinweise zur Klassifikation aus Daten der Bodenschätzung

Die Klassifizierung der unterschiedlichen Varianten erfolgt in drei Schritten aus den Daten der Bodenschätzung. Sie lässt sich wie folgt zusammenfassen:

1. EDV-gestützte Klassifikation der Bodenschätzungsdaten,
2. Zuweisung der (Unter-)Kategorien der kohlenstoffreichen Böden,
3. Zuweisung weiterer räumlicher Daten zur Bodenschätzung.

Die EDV-gestützte Klassifikation richtet sich nach den Vorgaben der Methode „BS Standortinformation Moor und Torf“ (SCHULZ & WALDECK 2015). Hierbei sind im Klassenzeichen der Bodenschätzung per Definition Hinweise auf anthropogene Einflüsse enthalten. So deutet z. B. eine Moorangabe in der Bodenart (BODART),

aber keine Angabe der Zustandsstufe (ZUSTAN) auf einen Moorkulturosol hin. In den Schichtbeschreibungen weisen inhomogene Beschreibungen oder Mischangaben zu Torfen sowie mineralischen Bodenarten auf meliorative Veränderungen hin. Nach Zuweisung und Klassifizierung entsprechend der Karte der kohlenstoffreichen Böden 1 : 50.000 (BHK50) ergeben sich folgende Kategorien (HÖPER & GEHRT 2022):

1. Hochmoor,
2. Niedermoor,
3. Moorgley,
4. flach überlagerter Torf,
5. Organomarsch mit Niedermoorauflage,
6. Sanddeckkultur,
7. Moor-Treposol
(Tiefumbruchboden aus Moor),
8. mächtig überlagerter Torf.

Dabei stehen hinter den Kategorien „Sanddeckkultur“ und „Moor-Treposol“ verschiedene Ausprägungen und Genesen der Moorkulturosole, welche zudem durch die generalisierten Angaben des Klassenzeichens (z. B. *SMo* --) der Bodenschätzung verschlüsselt sind. Dies zeigt die Tabelle 1, in der die Bodenarten des Klassenzeichens der Bodenschätzung entsprechend ihrem Vorkommen in den Varianten der Moorkulturosole zugeordnet sind. Es zeigt sich, dass Bodenarten, die auf eine Mischung von Torf und Mineralboden hinweisen, in unterschiedlichen Kategorien auftreten können.

Die Informationen reichen somit nicht aus, um aus den Angaben der Bodenschätzung auf weitere lokal- und regionaltypische Varianten von Moorkulturosol zu schließen. Dies macht den Einsatz zusätzlicher Quellen, wie die Abgrenzung von Moorkulturgebieten, für eine Differenzierung notwendig. Hierbei werden den Daten der Bodenschätzung die (Unter-)Kategorien der kohlenstoffreichen Böden zugewiesen. Anschließend werden räumliche Informationen zu lokal bzw. regional verbreiteten Moorkulturgebieten in den Bodenschätzungsdaten hinterlegt.

Tab. 1: Übersicht der Zuordnung von Moorkultursolen nach Bodenarten im Klassenzeichen der Bodenschätzung.

Kategorie Moorkultursol	Bodenart im Klassenzeichen der Bodenschätzung						
	Mo	Mo/*	ISMo, SMo, MoS	S/Mo, IS/Mo	LMo, MoL, MoT, TMo	L/Mo, T/Mo	mineralische Bodenarten
Fehnkultur			x	x			
Spittkultur					x		
Findorffkultur	x	x					
Rimpau'sche Moordammkultur				x			
unvollständige Abtor- fung auf Heidemoor	x	x					
frühindustrielle Abtorfung	x	x					
industrielle Abtorfung	x	x					
Moor-Treposol (Sandmischkultur (Hh), Tiefumbruch (Hn))			x				
Sanddeckkultur				x			
Niedermoor mit Kleimarschauflage					x	x	
Baggerkuhlung			x				
Alter Moor-Treposol			x				x
Flachumbruch			x SMo < 4 dm				x
Boden in Spülfläche							x

3. Entwicklung der Moorkultivierung in Niedersachsen

Die in Abbildung 1 dargestellte Entwicklung der kulturellen Überprägung und Nutzung von Mooren beginnt, abgesehen von wenigen nicht sehr ausgedehnten mittelalterlichen Anfängen, im 17. Jahrhundert (BLANKENBURG 2015, GÖTTLICH & KUNTZE 1990). Triebfeder früher Moorkulturen wie der Spitt-, Fehn- oder Findorffkultur war die Brenntorfgewinnung durch Abtorfung des Schwarztorfes in den Hochmooren. In zweiter Linie waren die Flächen für die anschließende Kultivierung und landwirtschaftliche Nutzung von Interesse (BÜNSTORF 1966). Die weniger als Brenntorf geeigneten, schwächer zersetzten Hochmoortorfe (Weißtorf) wurden ab etwa 1880 vermehrt als Einstreu für den Stall abgetragen (SCHMATZLER 2015).

Frühindustrielle Abtorfungen zwischen 1900 bis 1950 wurden durch erste mechanische Verfahren zur Torfgewinnung durchgeführt (GÜNTHER 2018). In dieser Phase kam es aufgrund erhöhter Nachfrage durch die Weltkriege zu einem verstärkten Abbau des Schwarztorfes zur Brenntorfgewinnung sowie zur Verstromung in Torfkraftwerken. Ab den 1960er Jahren stand der Weißtorfabbau zur Nutzung in gärtnerischen Erden im Vordergrund.

Seit dem Bodenabbaugesetz aus dem Jahr 1972 steht der Schutz der Moore verstärkt im Fokus (FALKENBERG 1991). Die Folgenutzung abgebauter Moorflächen wurde auf Wiedervernässung und Renaturierung der Gebiete ausgerichtet (SCHMATZLER 2015). Durch die Entwicklung moderner Maschinen und Techniken entstanden in der Folge industrielle Moorkultivierungsverfahren, welche die Verbesserung der Befahrbarkeit und Steigerung der Ertragsfähigkeit (Wasserhaltung, Durchwurzelungseigenschaften, Nährstoffhaltung) zum Ziel hatten.

Durch diese Verfahren kam es zu einer zunehmenden agrarstrukturellen Überprägung und intensiveren landwirtschaftlichen Nutzung von Moorflächen. Mit der Kultivierung und Entwässerung einsetzende Prozesse (Sackung, Schrumpfung, Torfzehrung) führen zur Abnahme der Torfmächtigkeit der Moore (EGGELSMANN 1978, 1990). Dabei folgt auf den Höhenverlust nach Entwässerung häufig ein erneuerter Entwässerungsbedarf durch zu hohe Grund- bzw. Moorwasserstände, und infolgedessen kommt es wiederum zu weiteren Höhenverlusten. Diese als „Teufelskreis der Moornutzung“ bekannten Veränderungen führen zur Verschlechterung der Mooreigenschaften und können Stau- und Haftnässe auf Moorstandorten fördern (KUNTZE 1984).

Wie bereits in Kapitel 3.1 dargestellt, werden in dieser Dokumentation Moorkulturen ohne Veränderung der Torfstratigraphie wie die Moorbrandkultur, die Deutsche Hochmoorkultur und die Niedermoorschwarzkultur nicht betrachtet. Für eine Übersicht und Beschreibung dieser Kultivierungsmethoden wird auf weiterführende Literatur wie GÖTTLICH & KUNTZE (1990) oder ZEITZ (2014) verwiesen.

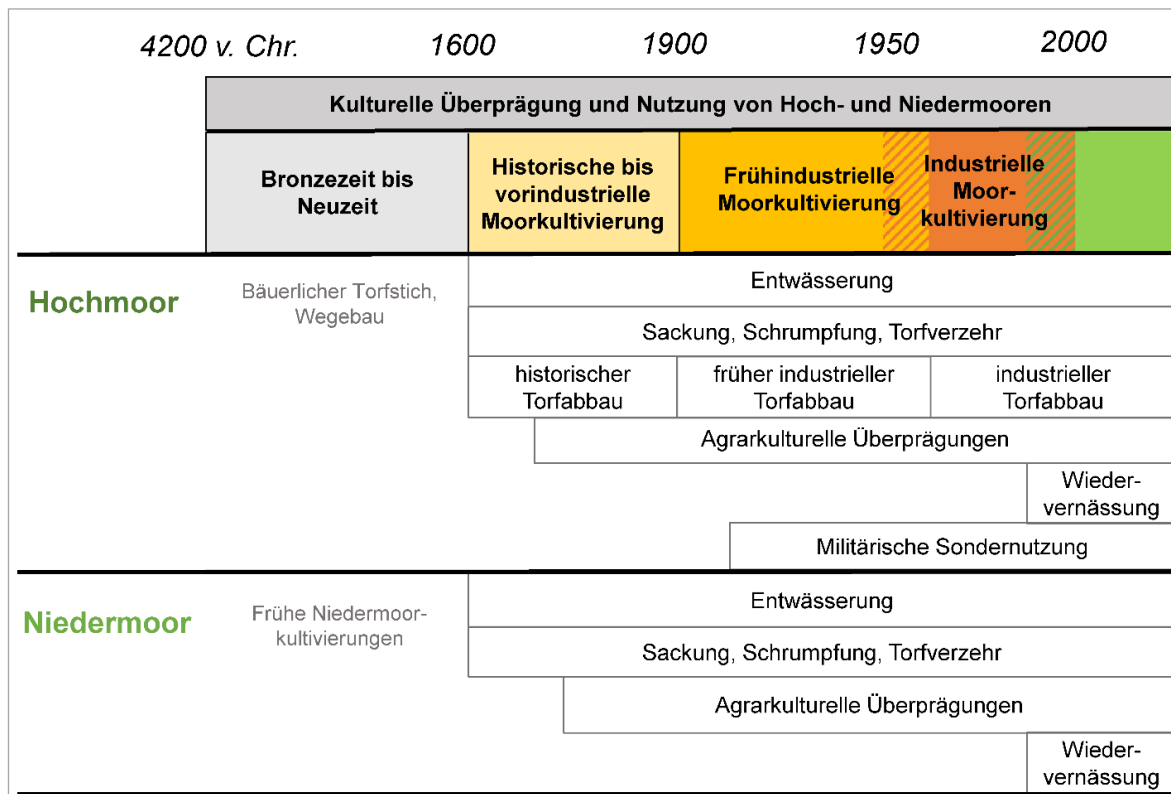


Abb. 1: Zeitliche Einordnung der Moorkultivierung mit kultureller Überprägung und Nutzung von Hoch- und Niedermooren.

4. Übersicht und schematische Profile der Moorkulturosole

Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Kategorien von Moorkulturosolen erfolgt im Kapitel 5. Die nachfolgende Tabelle 2 gibt daher einen kurzen Überblick der Varianten kultivierter Moore und eine Zuordnung zu den kohlenstoffreichen Böden in diesem Bericht. Hervorzuheben sind die bisher nicht definierten Moorkulturosol-Kategorien „Alter Moor-Trepsol“ (Kap. 5.4)

und „Flachumbruch“ (Kap. 5.5), die in diesem Bericht erkannt und beschrieben werden.

Neben der Differenzierung und detaillierten Beschreibung der Moorkulturosole ist ein weiteres Ziel dieses Berichtes die Einordnung der Moorkulturosole zu den kohlenstoffreichen Böden. In der Abbildung 2 wurden, zusätzlich zur textlichen Beschreibung in Kapitel 5, schematische Profile der Moorkulturosole skizziert. Hervorzuheben ist die Definitionsgrenze, nach der die Moorkulturosole zu den kohlenstoffreichen Böden gestellt bzw. nicht zu diesen gezählt werden.

Tab. 2: Übersicht und Gliederung der Moorkulturosole und Hinweise zu Erfassung sowie Zuordnung zu den kohlenstoffreichen Böden (KRB).

Ja: erfüllt die Merkmale der kohlenstoffreichen Böden (mindestens 10 cm mächtige Schichten mit mehr als 7,5 % Kohlenstoff in den oberen 40 cm); **Nein:** erfüllt nicht die Merkmale der kohlenstoffreichen Böden.

Kap.	Name	Hinweise zur Erfassung			Zuordnung KRB
		BOTYP GEOGE	Boden- art des Klassen- zeichens	Kurzbeschreibung	
5.1	Historische bis vorindustrielle Moorkultivierung				
5.1.2	Fehnkultur	YF yf	MoS, SMo, S/Mo	- in den Fehnkulturgebieten tritt eine hohe Variabilität der Profile auf - typische Fehnkulturböden weisen Resttorfe (< 1 dm) sowie eine 4 bis 5 dm mächtige sandige Überdeckung auf	nein
5.1.3	Spittkultur	YT yt	LMo, MoL, MoT, TMo	- in Spittkulturgebieten tritt ein Wechsel von 2 bis 2,5 m breiten Streifen umgelagerter Torfe (Bunkerde und Weißtorf) und mineralischer Sedimente auf - typische Spittkulturböden sind durch eine Kleidecke von 4 ±1 dm gekennzeichnet	nein
5.1.4	Findorffkultur	HH/HN Hh, Hn	Mo, Mo/*	- im Gebiet der Findorffkultur sind keine typischen Kulturböden bekannt - die Findorffkultur ist durch eine Abtorfung der Hochmoortorfe mit anschließender landwirtschaftlicher Nutzung auf den übriggebliebenen Niedermoortorfen geprägt	ja
5.1.5	Rimpau'sche Moordammkultur	YD/HN ydk	S/Mo	die Böden der Rimpau'schen Moordammkultur im Drömling sind durch eine 1 bis 1,2 dm mächtige künstliche Sanddecke über unveränderten Niedermoortorfen geprägt	ja
5.1.6	Unvollständige Abtorfung (Heidemoor)	HH Hh	Mo, Mo/*	- die unvollständigen Abtorfungen auf Heidemooren sind weiterhin als Moor mit veränderter Torfstratigraphie (unvollständig abgetorft) gekennzeichnet - stellenweise kam es zur Abtorfung bis auf den Sanduntergrund, oder es sind geringmächtige Torflagen (Basistorfe) (< 3 dm) erhalten geblieben	ja

Tab. 2: Übersicht und Gliederung der Moorkultusole und Hinweise zu Erfassung sowie Zuordnung zu den kohlenstoffreichen Böden (KRB) (Fortsetzung).

Kap.	Name	Hinweise zur Erfassung			Zuordnung KRB
		BOTYP GEOGE	Boden- art des Klassen- zeichens	Kurzbeschreibung	
5.2	Frühindustrielle Moorkultivierung				
	umgelagerte Weißtorfe nach Schwarztorfabbau	HH yhw	Mo, Mo/*	zwischen 1900 und 1950 wurde in frühindustriellen Abtorfungen Brenntorf entnommen und teilweise mit Resten von Weißtorf verfüllt	ja
	Frühindustrielle Abtorfung	HH		- die Profile sind hierbei weiterhin als Moor mit z. T. veränderter Torfstratigraphie gekennzeichnet - die Areale frühindustrieller Abtorfungen sind bisher nicht klar auskartiert	
5.3	Industrielle Moorkultivierung				
5.3.2	Industrielle Abtorfung	HH yhs, yhw	Mo, Mo/*	- die Profile in industriellen Abtorfungen, wie sie seit Mitte des 20. Jh. entstehen, sind weiterhin als Moore gekennzeichnet - die Folgenutzung industriell abgetorfter Moore ist heute auf Wiedervernässung und Renaturierung der Gebiete ausgerichtet - Moorkultusole können im Zuge der Kultivierung nach Abtorfung entstanden sein	ja
5.3.3	Deutsche Sandmischkultur und Tiefpflug-Sanddeckkultur				
	Deutsche Sandmischkultur	YUhh smk	SMo, MoS	- mit dem Tiefpflug hergestellter Tiefumbruch auf Hoch- oder Niedermoortorfen - durch das Tiefpflügen entstehen um 135° schräggestellte, wechsellagernde Torf- und Sandbalken - das Sand-Torf-Verhältnis variiert zwischen 2:1 bis 1:2, je nach Zersetzungsgrad der Torfe bzw. der Pflugtiefe und Mächtigkeit der vormaligen Torfdecke - im Hochmoor werden Sand und Torf im Pflughorizont homogenisiert	ja
	Tiefpflug-Sanddeckkultur	YUhn tug		im Niedermoor möglichst dauerhafte Überdeckung des Umbruchhorizonts mit einer mindestens 2 dm mächtigen Sanddecke	ja
5.3.4	Sanddeckkultur über Hoch- und Niedermoor				
	Sanddeckkultur über HH	YD/HH ydk	S/Mo, IS/Mo	es wird eine etwa 1 bis 2 dm mächtige künstliche Sanddecke (ggf. auch andere mineralische Materialien) über anstehendem unverändertem Torf aufgebracht	ja
	Sanddeckkultur über HN	YD/HN ydk		eine flache Bodenbearbeitung verhindert die Durchmischung von Sand und Torf und dadurch eine weniger schnelle Zersetzung der Torfe	ja

Tab. 2: Übersicht und Gliederung der Moorkulturosole und Hinweise zu Erfassung sowie Zuordnung zu den kohlenstoffreichen Böden (KRB) (Fortsetzung).

Kap.	Name	Hinweise zur Erfassung			Zuordnung KRB
		BOTYP GEOGE	Boden- art des Klassen- zeichens	Kurzbeschreibung	
5.3.5	Niedermoor mit Kleimarschauflage	MN/H* eps/h*	L/Mo, T/Mo	- die geringmächtigen Kleidecken über Torf, mit einer Mächtigkeit von weniger als 4 dm, sind im tiefliegenden Hinterland der Marsch an der Grenze zur Geest verbreitet - die Auflagen können anthropogen oder natürlich entstanden sein	ja
5.3.6	Baggerkuhlung	YBhh ybk	SMo, MoS	- das Meliorationsverfahren wird auf maximal 3 bis 3,5 m mächtigen Hochmooren durchgeführt - die Torfe werden mit dem Bagger umgelagert, sodass Weiß- und Schwarztorf nicht mehr in natürlicher Lagerung vorliegen - im Vergleich zum Tiefumbruch mit dem Tiefpflug liegt eine komplett gestörte Torfstratigraphie vor, die jedoch nicht schräggeschichtet ist - die Überdeckung erfolgt mit einer Sanddecke von 5 bis 6 dm Mächtigkeit	nein
5.4	Alter Moor-Treposol				
	Alter Moor-Treposol	YA tug	SMo, S, SI, IS	die Profile der alten Moor-Treposole sind mehr als 4 dm, z. T. auch bis zu 10 dm tief homogenisiert, mit geringen Anteilen stark aggregierter Torfe	nein
5.5	Flachumbruch				
	Flachumbruch	YU/G fug	SMo < 40, S, SI, IS	- Flachumbrüche auf Mooren entstehen durch Umbruch und Einmischung des Mineralbodens bei Resttorfmächtigkeiten von 30 (–40) cm - Zweischichtprofile (Torf über Mineralboden) können bei Mächtigkeiten unter 30 cm vollständig vermischt sein - in der Matrix sind z. T. noch kleinere Nester stark zersetzter Torfe oder sehr geringe Resttorfe vorhanden	nein
5.6	Böden in Spülflächen				
	Spülflächen, z. B. Riepe/Emden oder Ihrhove	MN ysp	L, T	Böden in den Spülfeldern sind nach künstlicher Aufspülung von feinkörnigem Material als mächtig überdeckte Torfe mit über 5 dm Überdeckung erfassbar	nein

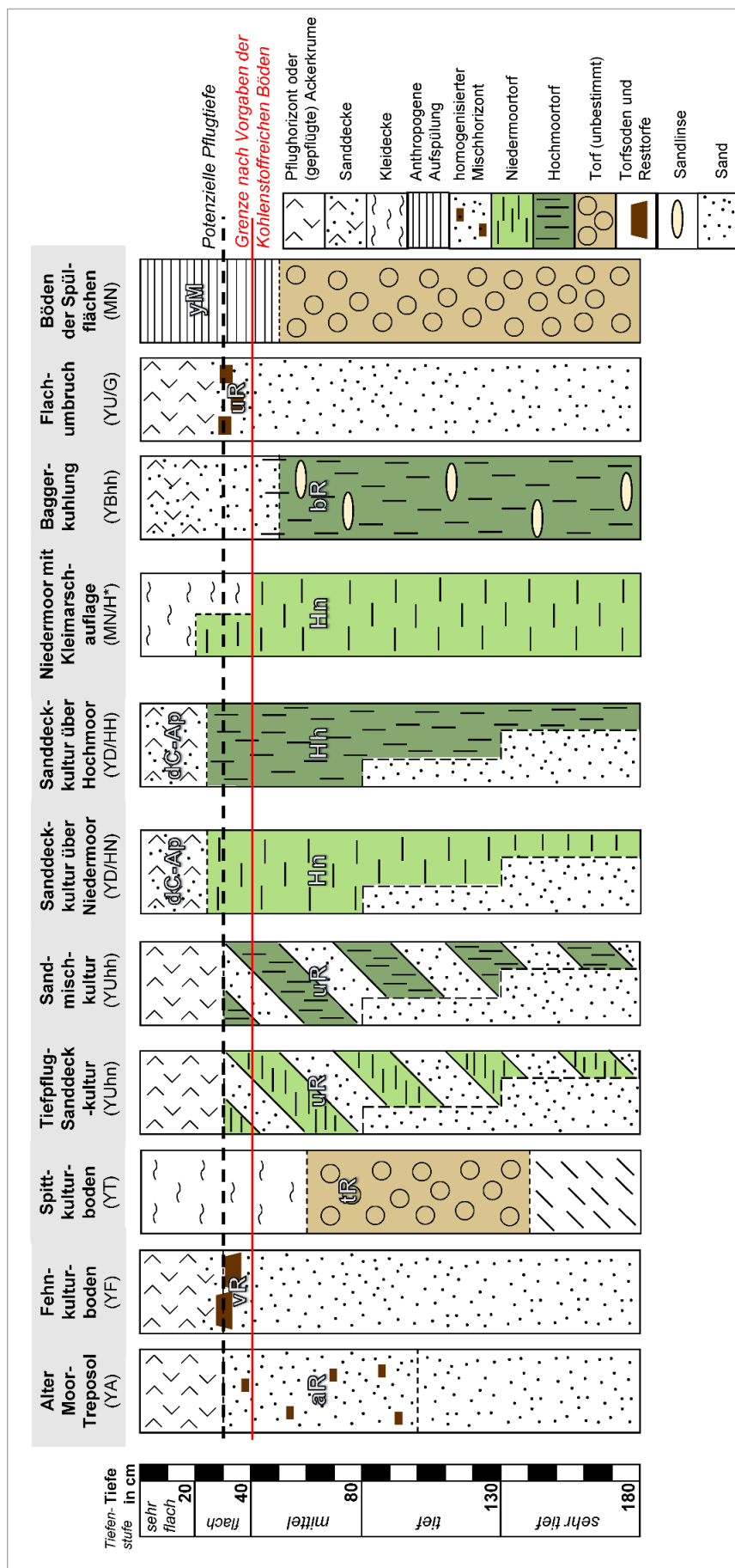


Abb. 2: Schematische Profile der differenzierten und beschriebenen Moorkulturböden mit Definitionsgrenze der kohlenstoffreichen Böden und Horizontsymbolen.

5. Beschreibung und Klassifizierung von Moorkultosolen

5.1. Historische bis vorindustrielle Moorkultivierung

5.1.1. Verbreitung historischer bis vorindustrieller Moorkulturen in Niedersachsen

Die historische bis vorindustrielle Moorkultivierung kann zeitlich in die Phase zwischen dem 17. bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts eingeordnet werden. Aufgrund des großen Aufwandes ohne technische Hilfsmittel sind diese Verfahren nicht großflächig umgesetzt, so wie es im Zuge des technischen Fortschritts durch maschinelle Verfahren möglich wurde (GÖTTLICH & KUNTZE 1990). Typisch für historische Moorkulturen ist daher die lokale bzw. regionale Begrenzung der Areale in einem bestimmten Gebiet. Da die Angaben in den Daten der Bodenschätzung häufig nicht spezifisch genug sind, um diese auf einen bestimmten Raum begrenzten Formen der Moornutzung direkt auszuweisen, ist es für die Abgrenzung und Klassifizierung von Flächen notwendig, die Verbreitung der historischen Moorkulturgebiete in den Daten der Bodenschätzung zu hinterlegen.

Abbildung 3 zeigt ein überwiegendes Auftreten von Fehn-, Spitt- und Findorffkulturen sowie Arealen unvollständiger Abtorfungen auf Heide Mooren am Nordhümmling im Nordwesten Niedersachsens. Die Gebiete der Rimpau'schen Moordammkultur sind lokal auf das Gebiet des Drömling in Ostniedersachsen, nahe Wolfsburg, an der Grenze zu Sachsen-Anhalt begrenzt (Kap. 5.4).

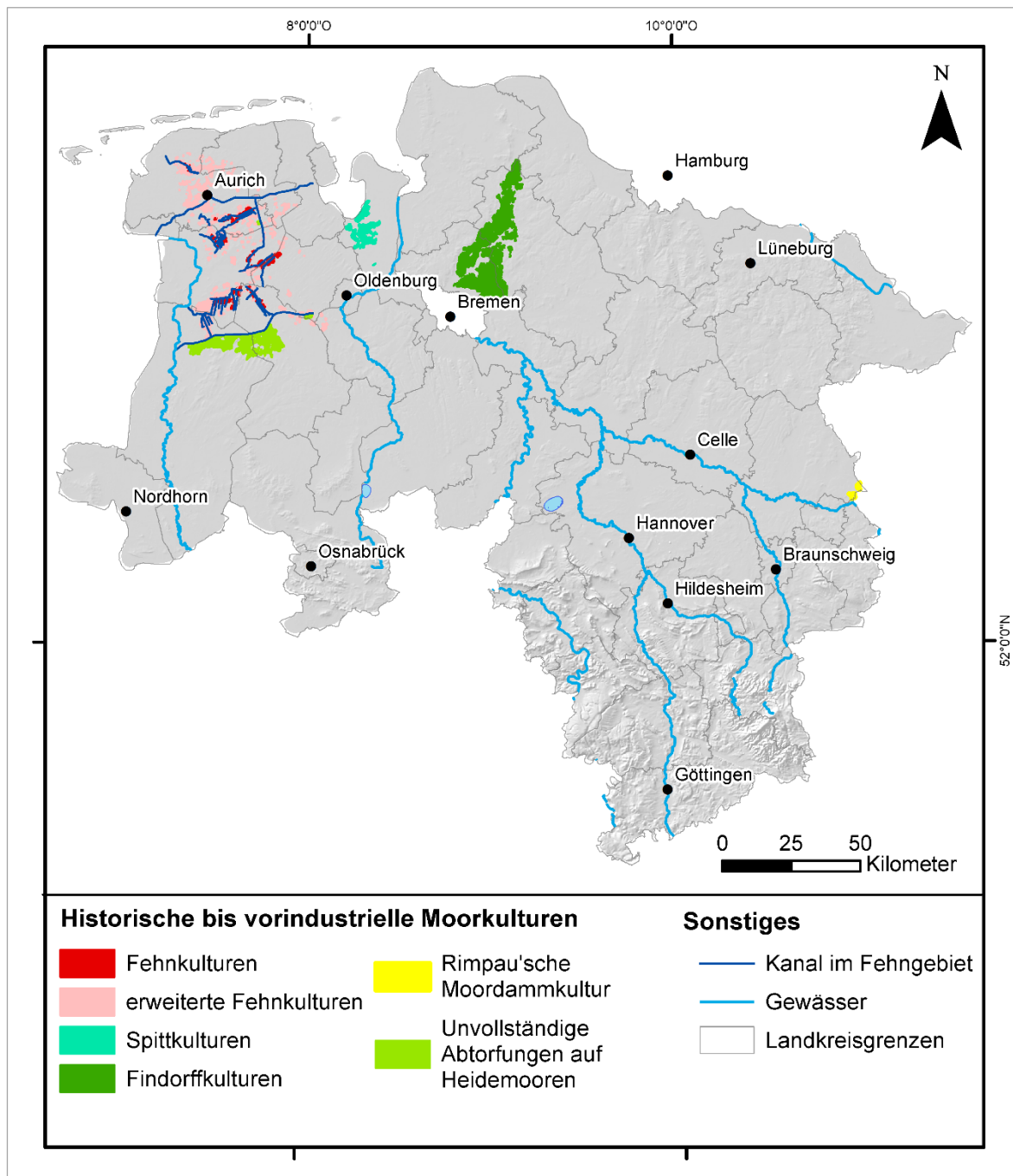


Abb. 3: Karte der Verbreitung historischer Moorkulturgebiete auf landwirtschaftlich genutzten Flächen nach Bodenschätzung.

5.1.2. Fehnkultur

Definition und Entstehung

Die Fehnkultur ist Teil einer umfassenden Neubesiedlung und Inkulturnahme von Hochmooren, einhergehend mit der Anlage von Entwässerungs- und Torfkanälen verschiedener Ausprägung (Hauptkanäle und Seitenkanäle, sogenannte Wieken) sowie Straßen und Siedlungen. Die Fehnkultur entstand Ende des 16. Jahrhunderts in den Niederlanden und begann sich von dort aus nach Osten auszubreiten. Wie auch bei der Spittkultur handelte es sich um ein aufwendiges Umsetzverfahren von Hand, bei dem im ersten Schritt die obersten Torfschichten (Bunkerde und Weißtorf) abgeräumt wurden. Anschließend wurde der Schwarztorf zur Brenntorfgewinnung entnommen. Das zuerst abgehobene Material wurde wieder auf den Untergrund aufgetragen und mit bis zu 15 cm Sand bedeckt und vermischt. Der Wasserstand wurde auf 60 bis 100 cm unter Geländeoberfläche eingeregelt. Mit dem Rückgang der Brenntorfnachfrage bzw. der Substitution durch Kohle wurde die Fehnkultur Ende des 19. Jahrhunderts eingestellt (AD-HOC-AG BODEN 2005, BÜNSTORF 1966, HEUSER 1927).

In diesem Bericht werden zwei Varianten von Fehngebieten unterschieden. Die Fehnkultur i. e. S. wurden durch RAECKE & GEHRT (2022) geprüft und nach Quellenlage validiert. Es handelt sich um Fehnkulturen mit Kanal, Siedlung, nachweisbaren Kolonaten und Wieken sowie Gruppen. Bei den erweiterten Fehnkulturen fehlen die Kanäle und die Siedlungen. Die Gruppen und z. T. auch die Wieken sind vorhanden, und in der Oberfläche ist die typische Abtorfungstreppe mit den vollständigen Hochmoorprofilen, den zur Abtorfung vorbereiteten Schwarztorfstufen und den tiefliegenden Basistorfen erkennbar.

Merkmale

Innerhalb der Fehnkulturgebiete sind unterschiedliche Ausprägungen von Bodenprofilen in verschiedenen Abtorfungsstadien anzutreffen. Direkt am Kanal, welcher als primäre bauliche Maßnahme in den Fehnsiedlungen entstand, wurden auch die Gebäude errichtet. Die Landparzellen (Kolonate) der Siedler wurden ausgehend vom Kanal abgetorft (BÜNSTORF 1966).

Innerhalb eines Kolonats liegen nahe der Siedlung stark bis vollständig abgetorfte und i. d. R. landwirtschaftlich in Kultur genommene Flächen. Hier können Fehnkulturböden mit Resttorfen und Sandüberdeckungen auftreten (Abb. 5). Die Fehnkulturböden sind nachweislich schon in der Kartieranleitung der Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde (KA3; AG BODENKUNDE 1982) erwähnt. Eine bodenkundliche Beschreibung und Kartierung wurde allerdings erst in jüngerer Zeit vorgelegt (AWUAH & GEHRT 2022, BRÜNECKE et al. 2022, RAECKE & GEHRT 2022).

Mit zunehmender Entfernung zur Siedlung können sich die vorherrschenden Böden und insbesondere die Torfmächtigkeit deutlich verändern. Hier treten Profile aus umgelagerten Weißtorfen sowie Basistorfen auf, welche durch das Umsetzungsverfahren mit Entnahme des Schwarztorfes entstanden. Auf weit von der Siedlung und dem Hauptkanal entfernten Flächen können außerdem nicht abgetorfte Bereiche mit erhaltenen Hochmoorprofilen stehen geblieben sein (Abb. 4 und 5).

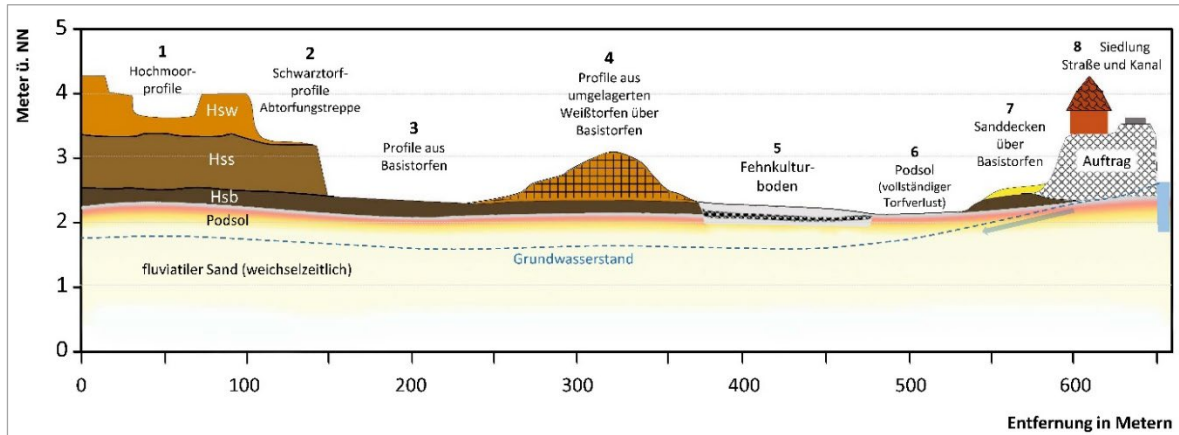


Abb. 4: Schematischer Aufbau und Variabilität der Profile in den Kolonaten der Fehnkultur nach BRÜNECKE et al. (2022).



Abb. 5: Unvollständige Abtorfung (A) und Fehnkulturböden (B und C) in den Kolonaten der Fehnkultur.

Klassifizierung nach Bodenschätzung

Innerhalb der Gebietskulisse historischer Fehnkulturgebiete werden Fehnkulturböden anhand der Bodenarten *S_{Mo}*, *MoS* und *S/Mo* im Klassenzeichen der Bodenschätzung erfasst. Es können auch reine Moorprofile (*Mo*) auftreten. Innerhalb der Fehnkolonate sollten die Bodenschätzungsflächen daher auf Grundlage unterschiedlicher Klassenzeichen gekennzeichnet werden, um unvollständige bzw. nicht abgetorfte Moore und Moorkulturosole zu differenzieren.

Einordnung in den Kontext der kohlenstoffreichen Böden

Die Fehnkulturböden weisen sandige Überdeckungen von 4 bis 5 dm und z. T. geringmächtige Torfschichten < 1 dm auf. Die Vorgabe, dass in den oberen 4 dm ein mindestens 1 dm mächtiger Horizont mit mehr als 7,5 % organischem Kohlenstoffgehalt (*C_{org}*) auftritt, wird daher nicht erfüllt. Die Böden dieser Kategorie werden deshalb nicht zu den kohlenstoffreichen Böden gezählt.

5.1.3. Spittkultur

Definition und Entstehung

Die ersten Spittkulturen entstanden ab dem 12. Jahrhundert mit der Besiedlung des Gebiets südöstlich des Jadebusens (FLEISCHMANN & VOIGT 1963). Bei dem angewandten Meliorationsverfahren, das sogenannte „Umspitten“ oder „Kleischießen“, wird in Handarbeit geeignetes Material aus dem Untergrund mit dem Spaten auf zuvor abgetorfte Flächen aufgebracht. Hierfür wurde bei gleichzeitigem Abbau des Schwarztorfs, angelehnt an die historischen Besitzstreifen (Baue oder Hufen), der Weißtorf in einer Breite von ca. 5 m abgetragen und im aus dem Vorjahr offen gebliebenen Graben gelagert

(FLEISCHMANN & VOIGT 1963). Nach Abbau des Schwarztorfes wurde mittig in der Abtorfungsfläche in einem Graben (1,5 bis 2 m breit, ca 90 cm tief) Mineralboden (Klei) entnommen und auf die gesamte Fläche aufgebracht. Die Seitenwände sind dabei gerade oder können auch schräg oder treppenförmig sein, damit sie nicht einstürzen. Der erste, meist entkalkte, Spatenstich kommt auf den umgelagerten Weißtorf des vorhergehenden Abtorfungstreifens. Der 2. und 3. Spatenstich werden auf der ganzen Breite verteilt, sodass das Material des untersten Stiches (kalkhaltig) die Oberfläche bildet (Abb. 6). Anschließend beginnt der Prozess von vorne (FLEISCHMANN & VOIGT 1963, KUNTZE 1965, WITTE & GIANI 2010).

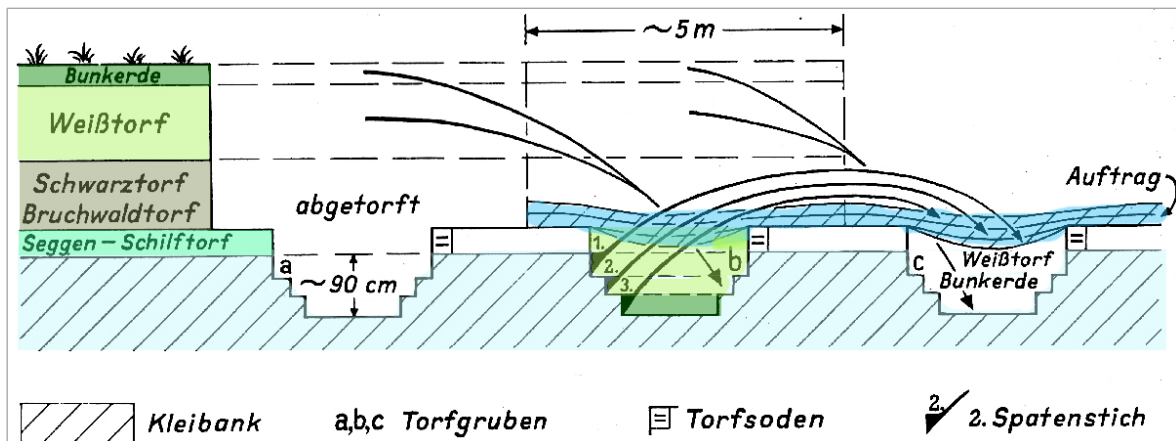


Abb. 6: Schematische Darstellung des Umspittens (Kleischießen) nach FLEISCHMANN & VOIGT (1963), geändert.

Merkmale

Bei der Spittkultur finden sich unter einer bis zu 6 dm mächtigen mineralischen Decke aus umgelagerten Ablagerungen des Küstenholozäns (epilitorale Sedimente, Uferwall, Wattablagerungen) im Wechsel 2 bis 2,5 m breite Streifen von umgelagerten Torfen und mineralischen Sedimenten (Abb. 7). Die Oberfläche alter Spittkulturen zeichnet diesen Wechsel in flachen Rücken über den mineralischen und flachen Senken über den gesetzten Torfen nach.



Abb. 7: Querschnitt durch eine Spittkultur bei Schwei mit Wechsel von Streifen umgelagerter Torfe und mineralischer Sedimente.

Klassifizierung nach Bodenschätzung

Innerhalb der Gebietskulisse der Spittkultur weisen die Bodenarten *LMO* und *MoL* im Klassenzeichen auf Spittkulturböden hin.

Einordnung in den Kontext der kohlenstoffreichen Böden

Spittkulturböden sind häufig durch einen 4 bis 6 dm mächtigen mineralischen Auftrag gekennzeichnet. Die Vorgabe, dass in den oberen 4 dm ein mindestens 1 dm mächtiger Horizont mit mehr als 7,5 % organischem Kohlenstoffgehalt (C_{org}) auftritt, wird daher i. d. R. nicht erfüllt. Die Böden dieser Kategorie werden deshalb nicht zu den kohlenstoffreichen Böden gezählt.

Als *Mo* ausgewiesene Flächen innerhalb dieser Gebiete sind zu den Mooren zu stellen und zählen daher zur Kulisse der kohlenstoffreichen Böden.

5.1.4. Findorffkultur

Definition und Entstehung

Ab Mitte des 18. Jahrhunderts kam es zur staatlichen Kolonisation der Moore nördlich von Bremen, zwischen Weser und Elbe (Abb. 8). Die planmäßige Erschließung und Besiedlung der Moore wurde wesentlich durch den königlich-hannoverschen Moorkommissar J. C. Findorff vorangetrieben. Die Siedlungen entstanden auf bisher unveränderten Hochmoorflächen, die durch die Siedler selbst entwässert und anschließend abgetorft sowie landwirtschaftlich, vornehmlich als Weideland, genutzt wurden (BLANKENBURG 2015, KONUKIEWITZ & WEISER 2013). Die Kultivierung der Hochmoore nach den Vorgaben von Findorff wurde später von der effektiveren und ertragssteigernden Moorbrandkultur abgelöst (GÖTTLICH & KUNTZE 1990).

flach, weshalb es i. d. R. zu keiner Durchmischung von Sanddecke und Torfschicht kam (SAUERBREY, LEHRKAMP & GÖBEL 2003; ZEITZ 2014).

Merkmale

Der Aufbau der Böden dieser Kulturform zeigt eine 1 bis 1,2 dm mächtige Sanddecke, die auf ein ungestörtes Niedermoorprofil aufgebracht wurde. Es kommt daher zu keiner Veränderung der Torfstratigraphie (Abb. 9). Die in regelmäßigen Abständen für die Sandentnahme hergestellten Gräben können zwischen 1 m Tiefe in flachen Mooren und bis > 2 m in sehr tiefgründigen Mooren haben (SAUERBREY, LEHRKAMP & GÖBEL 2003).



Abb. 9: Niedermoor mit geringmächtiger Sanddecke (ca. 1 dm) in einer ehemaligen Rimpau'schen Moordammkultur.

Klassifizierung nach Bodenschätzung

Innerhalb der Gebietskulisse der Moordammkultur im Drömling können die mineralisch überdeckten Moore anhand der Bodenart *S/Mo* im Klassenzeichen nach Bodenschätzung erfasst werden. Dies weist auf eine geringmächtige mineralische Überdeckung des Torfes hin.

Einordnung in den Kontext der kohlenstoffreichen Böden

Moordammkulturen weisen ca. 1 bis 1,2 dm mächtige künstliche Sanddecken über anstehenden unveränderten Torfen auf. Die Vorgabe, dass in den oberen 4 dm ein mindestens 1 dm mächtiger Horizont mit mehr als 7,5 % organischem Kohlenstoffgehalt (C_{org}) auftritt, wird daher erfüllt. Die Böden der Moordammkultur sind als geringmächtig überdeckte Torfe zu den kohlenstoffreichen Böden zu stellen.

5.1.6. Unvollständige Abtorfung auf Heidemoor

Definition und Entstehung

Die Areale der Heidemoore am Nordhümmling wurden erstmals durch JONAS (1934) beschrieben. Umfangreicher wurde die komplexe Entstehung durch EGGELSMANN & BLANKENBURG (1990) diskutiert. Das Gebiet umfasst weite Teile südlich des Küstenkanals (Timpemoor). Es treten unvollständige Abtorfungen auf, wobei die Weißtorfauflage nicht vorhanden bzw. durch eine sehr geringmächtige Bunkerde substituiert ist. Es ist davon auszugehen, dass vergleichbare Entwicklungen auch in anderen Hochmoorgebieten vorliegen.

EGGELSMANN & BLANKENBURG (1990) zeigen, dass der Verlust des Weißtorfs die Folge einer über 200jährigen anthropogenen Nutzung der Moore ist. Bereits im 18. Jahrhundert wurde die Moorbrandkultur mit anschließendem Buchweizenanbau durchgeführt. Durch das regelmäßige Moorbrennen kam es zu einer Verheidung der Mooroberfläche. Hierdurch war die Schafbeweidung auf Hochmooren möglich. Diese brachte, neben Eintrag und Anreicherung von Nährstoffen (Eutrophierung) der ansonsten nährstoffarmen (oligotrophen) Hochmoore, eine höhere Anfälligkeit für Winderosion auf den häufig überweideten offenen Flächen mit sich.

Weiterhin wurden die Moorheiden durch die Entnahme von Heidesoden (Abplaggen) verändert. Durch ein einmaliges Abplaggen der Heide konnte es bereits zu einem Verlust des Weißtorfes von ca. 8–12 cm Mächtigkeit kommen. Insgesamt kam es durch diese Bewirtschaftung zu einem Torfverlust von durchschnittlich 1,5 m. Eine weitere Schrumpfung des Torfkörpers um mindestens 0,75 m ist zudem durch Entwässerung und Sackung anzunehmen (EGGELSMANN & BLANKENBURG 1990). Entsprechend war die Weißtorfauflage soweit verringert, dass sich ein weiterer Abbau nicht mehr lohnte (NICK 1983). Der darunter anstehende Schwarztorf wurde zur Brenntorfgewinnung bereits ab dem 18. Jahrhundert vermehrt abgebaut (EGGELSMANN & BLANKENBURG 1990) und im Leegmoor ab ca. 1950 auch industriell abgetorft (NICK 1983).

Merkmale

Die Heidemoore weisen keinen spezifischen Kulturboden auf. Es handelt sich weiterhin um gewachsene Moorprofile, die aufgrund von anthropogenen Veränderungen unvollständig abgetorft sein können, sodass z. B. die Weißtorflage gänzlich fehlt. Stellenweise kann das Moor auch bis auf den Sanduntergrund abgetorft sein oder nur noch geringmächtige Torflagen (Basistorfe) unter 30 cm Mächtigkeit aufweisen (NICK 1983). Daher können auch mineralische Böden im ehemaligen Hochmoorgebiet auftreten. Hinzu kommen Meliorationsmaßnahmen, wie Übersandungen oder Tiefumbrüche auf den abgetorften Flächen, die zu Veränderungen des ursprünglichen Torfkörpers führten. Ein Beispiel unvollständiger Abtorfungen mit fehlender Weißtorflage nach Regeneration durch Grabenverfüllung im Gebiet des Leegmoores zeigt Abbildung 10.

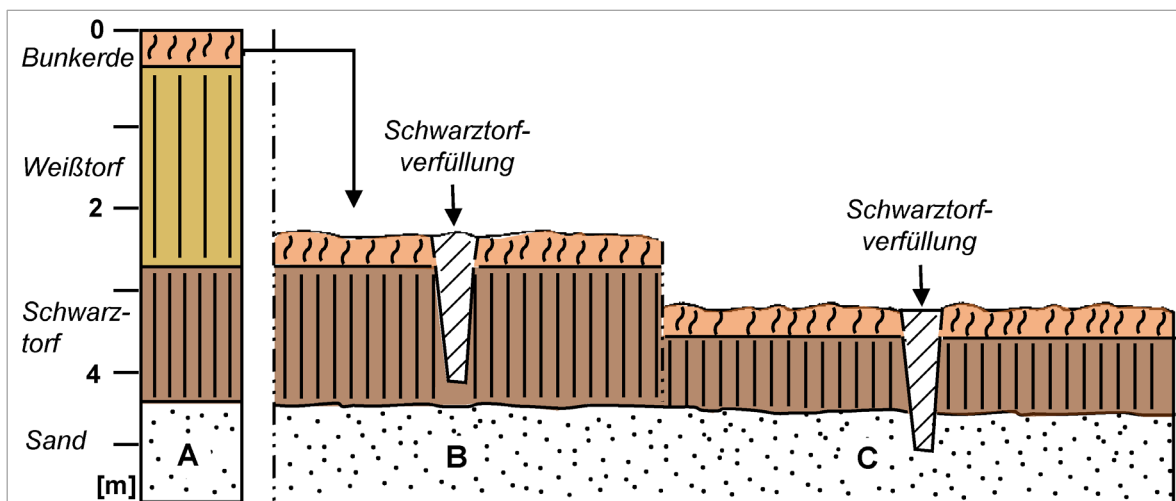


Abb. 10: Die Grafik zeigt schematische Profile unvollständiger Abtorfungen nach Grabenverfüllung mit Schwarztorf im Zuge von Renaturierungsmaßnahmen im Leegmoor;
A: natürlich gewachsenes Hochmoorprofil,
B: unvollständige Abtorfung und verfüllter Graben mit Grabensohle im Hochmoor,
C: unvollständige Abtorfung und verfüllter Graben mit Grabensohle im Sanduntergrund
(nach EGGELSMANN (1987), geändert).

Klassifizierung nach Bodenschätzung

Die Bodenart *Mo* im Klassenzeichen ist als unvollständige Abtorfung zu werten. Gegebenenfalls können auch Reste natürlich gewachsener Moorprofile erhalten geblieben sein.

Weitere konkrete Hinweise zu typischen Profilen oder Kulturböden der Heidemoore fehlen und sind auch nicht in der Bodenschätzung vorhanden. Treten z. B. die Bodenarten *SMo*, *MoS* oder *S/Mo* im Klassenzeichen auf, handelt es sich um Moorkultusole (Sandmischkulturen, Sanddeckkulturen), die spätere Überprägungen der Flächen anzeigen.

Einordnung in den Kontext der kohlenstoffreichen Böden

Als *Mo* ausgewiesene Flächen erfüllen die Vorgaben zur Identifikation von kohlenstoffreichen Böden. Moorkultursole sollten anhand der Kategorie differenziert und anschließend einer Prüfung bezüglich Zuordnung zu den kohlenstoffreichen Böden unterzogen werden. Rein mineralische Klassenzeichen sind nach Bodenschätzung entweder auf Kartierungsungenauigkeiten oder vollständige Abtorfungen zurückzuführen und zählen nicht zu den kohlenstoffreichen Böden.

5.2. Frühindustrielle Moorkultivierung

Definition und Entstehung

Die frühindustrielle Moorkultivierung beschreibt die Phase zwischen 1900 bis ca. 1950. Ab 1900 kam der Strenge-Bagger zur Brenntorfgewinnung zum Einsatz (GÜNTHER 2018). Soweit die frühindustriellen Abtorfungen landwirtschaftlich genutzt werden, liegen durch die Bodenschätzung Informationen zum Profilaufbau vor.

Aus Elisabethfehn ist bekannt, dass Areale frühindustrieller Abtorfungen in den 70er Jahren, also bereits in der Phase der industriellen Moorkultivierung, als Sandmischkulturen melioriert wurden. Inwieweit sich die Bodenprofile dieser Sandmischkulturen von jüngeren unterscheiden, ist bisher nicht untersucht.

Merkmale

Eine systematische Erfassung frühindustrieller Abtorfungen wurde bisher nicht durchgeführt und soll über Höhenmodelle erfolgen. Es ist zu erwarten, dass frühindustrielle Abtorfungen im Vergleich zu umgebenden Flächen tiefer liegen und weitere Geländemerkmale, wie beispielsweise Abtorfungskanten, aufweisen. Zu beachten ist, dass frühindustrielle Abtorfungen außerhalb der bisher bekannten industriellen Abtorfungen liegen (Kap. 5.3.1).

Verbreitung und Klassifizierung nach Bodenschätzung

Die konkrete Verbreitung frühindustrieller Abtorfungen ist bisher nicht bekannt. Hinweise zu typischen Profilen oder Kulturböden fehlen und

sind auch nicht in der Bodenschätzung vorhanden.

Einordnung in den Kontext der kohlenstoffreichen Böden

Da eine systematische Erfassung bisher noch aussteht, kann für diese Moorkultur keine genaue Einordnung in die kohlenstoffreichen Böden erfolgen. Profile, die als abgetorfte Moore oder Moore mit veränderter Torfstratigraphie gekennzeichnet sind, können zu den kohlenstoffreichen Böden gestellt werden. Moorkultursole (z. B. Sanddeck- oder Sandmischkulturen) sind entsprechend den Vorgaben der jeweiligen Kategorie als kohlenstoffreich einzustufen.

5.3. Industrielle Moorkultivierung

5.3.1. Verbreitung industrieller Moorkulturen in Niedersachsen

Die industrielle Moorkultivierung kann in die Zeit ab 1950 bis zum Beginn des 21. Jahrhunderts eingeordnet werden. Es ist eine Phase umfassender agrarstruktureller Überprägung, die mithilfe verbesserter Maschinen im Zuge des technischen Fortschritts im großen Maßstab umgesetzt wurde.

Meliorationsmethoden, wie der Einsatz von Tiefpflügen bei der Deutschen Sandmischkultur, kamen in der großräumigen Kultivierung, z. B. bei Flurbereinigungsmaßnahmen, zum Einsatz. Diese wurden auch auf Flächen älterer Moorkulturen, wie auf gealterten Deutschen Hochmoorkulturen, angewendet (KUNTZE & VETTER 1980). Stellvertretend sei hier auf die umfangreichen Maßnahmen im Zuge des Emslandplanes verwiesen, durch welche weite Teile der Moore in Westniedersachsen tiefgreifend umgestaltet und kultiviert wurden (HAVERKAMP 2011).

Abbildung 11 zeigt die flächige Verbreitung industrieller Moorkulturen überwiegend im Nordwesten Niedersachsens. Die Gebiete der Niedermoore mit Kleimarschauflage sind im tiefliegenden Hinterland der Marsch, an der Grenze zur Geest, verbreitet. Die Gebiete industrieller Abtorfung beruhen auf systematisch ausgewerteten Daten (FRANK et al. 2021) und haben in Niedersachsen eine lokale und verstärkt im Nordwesten auftretende Verbreitung.

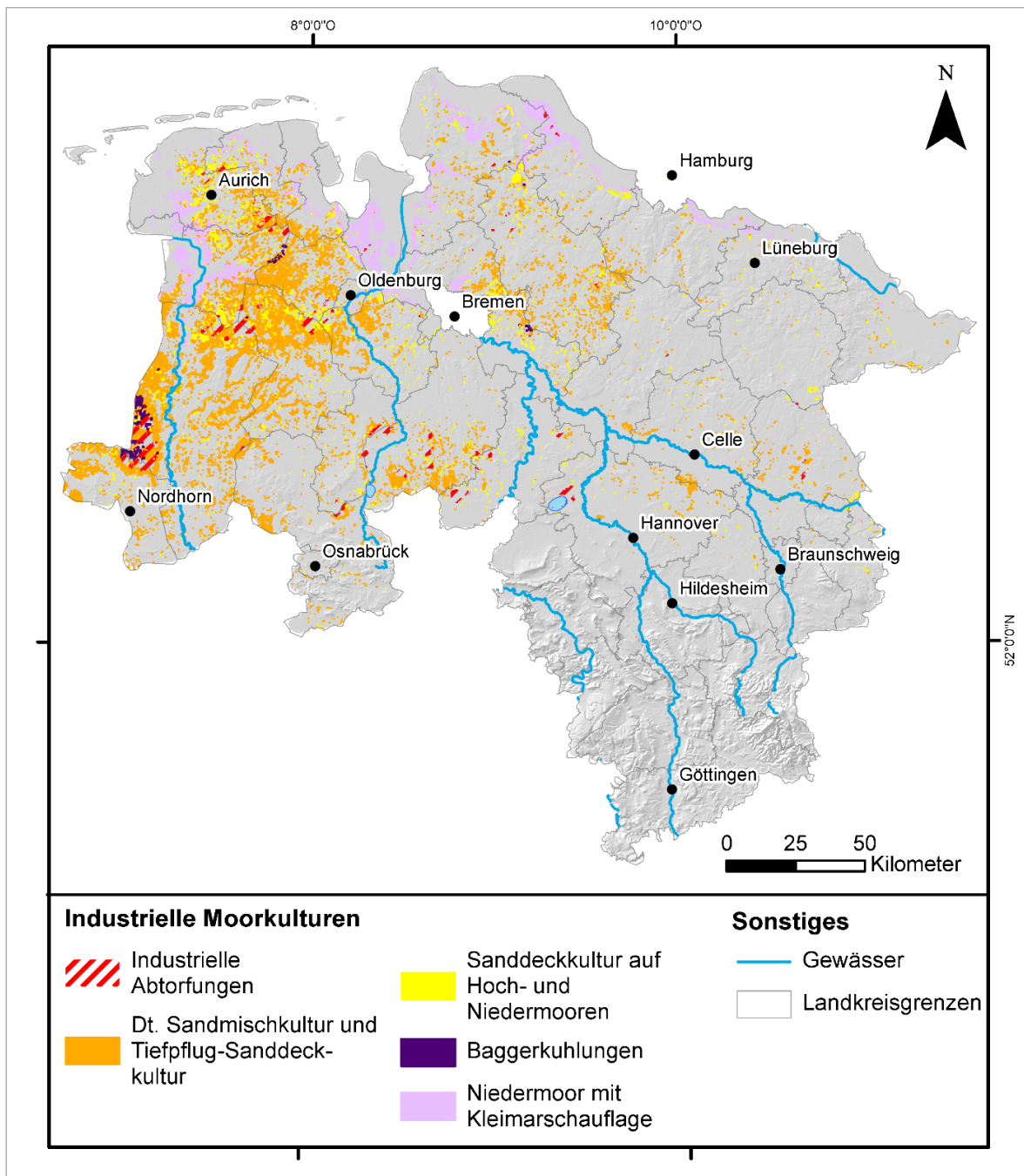


Abb. 11: Karte der Verbreitung industrieller Moorkulturen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen nach Bodenschätzung mit industriellen Abtorfungen (FRANK et al. 2021) und Baggerkühlungsflächen nach BK50 (GEHRT et al. 2021).

5.3.2. Industrielle Abtorfung

Definition und Entstehung

Im Gegensatz zu den frühindustriellen Abtorfungen beruhen die Flächen der industriellen Abtorfung auf gesicherten und systematisch ausgewerteten Daten, die bis etwa zur Mitte des 20. Jahrhunderts zurückverfolgt werden können. Zudem kann auf Flächen industrieller Abtorfung eine Folgenutzung nachverfolgt werden, welche im Rahmen der Abbaugenehmigung festgeschrieben war (FRANK et al. 2021).

Mit der Einführung des Bodenabbaugesetzes im Jahr 1972 wurde erstmals eine strikt ökologisch orientierte Folgenutzung festgeschrieben (FALKENBERG 1991). Im Rahmen des Torfabbaus ist aktuell nach den Vorgaben der Anlage 3 des „Leitfadens zur Zulassung des Abbaus von Bodenschätzen unter besonderer Berücksichtigung naturschutzrechtlicher Anforderungen“ ein Erhalt der Resttorfmächtigkeit von mindestens 0,5 m festgeschrieben. Die Folgenutzung industriell abgetorfte Moore ist auf Wiedervernässung und Renaturierung der Gebiete ausgerichtet (SCHMATZLER 2015).

Merkmale

Durch industrielle Abtorfung erfolgte ein Eingriff in die Torfmächtigkeit und Torfstratigraphie. Zudem kam es nach Abtorfung von Moorflächen zu Veränderungen der Nutzung. Diese kann land- oder forstwirtschaftlicher Art sein, aber auch die Herrichtung für Zwecke des Naturschutzes beinhalten. Auf einem nicht unerheblichen Flächenanteil wurden Sandmischkulturen auf Hochmoor hergestellt (FRANK et al. 2021).

Verbreitung und Klassifizierung nach Bodenschätzung

Auswertungen nach FRANK et al. (2021) beziffern die Größe von industriellen Torfabbauflächen in Niedersachsen mit rund 53.700 ha. Wie die Abbildung 11 zeigt, liegen die größten Abtorfungsflächen im Nordwesten Niedersachsens.

Als *Mo* ausgewiesene Flächen sind als Moore zu bewerten. Klassenzeichen wie *S_{Mo}*, *MoS* oder *S/Mo* weisen auf Moorkultusole mit anthropogenen Meliorationen in den Abtorfungsgebieten hin.

Einordnung in den Kontext der kohlenstoffreichen Böden

Als *Mo* ausgewiesene Flächen sind weiterhin als Moore zu werten und erfüllen die Vorgaben zur Identifikation von kohlenstoffreichen Böden. Moorkultusole sind entsprechend den Vorgaben der jeweiligen Kategorie als kohlenstoffreich einzustufen.

5.3.3. Deutsche Sandmischkultur und Tiefpflug-Sanddeckkultur

Definition und Entstehung

Die Deutsche Sandmischkultur entwickelte sich aus dem Tiefumbruchverfahren, das zunächst für Hochmoore mit Podsolunterlagerung (wurzelechte Hochmoore) im liegenden Sand und für das Aufbrechen eines Ortsteinhorizonts gedacht war. 1937 begannen in der Moorversuchsstation Königsmoor im LK Harburg Versuche zur Kultivierung trockengelegter Hochmoore mit dem Dampfpflug (KUNTZE & VETTER 1980). Ursprünglich als Hochmoorkultur entwickelt, wurde die Sandmischkultur verbreitet auch auf Niedermooren angewendet. Diese als Tiefpflug-Sanddeckkultur bezeichnete Methode auf Niedermooren ist somit als Variante der Sandmischkultur aufzufassen (EGGELSMANN 1979, EGGELSMANN & BLANKENBURG 2009).

Bei der Anlage der Sandmischkultur muss der Boden in ausreichender Tiefe entwässert sein, damit nicht im Wasser gepflügt wird. Mit dem Tiefpflug werden Torf und liegender Sand gewendet, wodurch schrägliegende und wechselagernde Balken von Torf und Sand entstehen. Anschließend wird die Krume durch Pflügen gemischt. Die Tiefpflugsohle sollte auch nach dem Tiefpflügen weiterhin mindestens 20 cm über dem Mittelwasserstand im Vorfluter liegen. Ab den 1970er Jahren wurden die bei der Meliorationsmaßnahme eingesetzten Dampfpflüge durch moderne, dieselgetriebene Zugraupen ersetzt, wodurch eine Pflugtiefe von bis zu 2,4 m erreicht wurde. Zum Ende des 20. Jahrhunderts kam die Sandmischkultur aus verschiedenen Gründen (Moorschutz etc.) zum Erliegen (CAPPELLE & BURGHARDT 2007; KUNTZE, ROESCHMANN & SCHWERTDFEGER 1994; KUNTZE & VETTER 1980; ZEITZ 2014).

Merkmale

Die Sandmischkultur ist durch wechsellagernde Torf- und Sandbalken gekennzeichnet. Die Pflugbalken sind dabei um 135° schräggestellt und auch nach Planierung und Durchmischung der Krume weiterhin im Untergrund erhalten (Abb. 12). Das Sand-Torf-Verhältnis variiert zwischen 2:1 bis 1:2, je nach Zersetzungsgrad der Torfe bzw. der Pflugtiefe und Mächtigkeit des ursprünglichen Torfkörpers. Es entstehen mit der Wechsellagerung von Torf und Sand grundsätzlich geänderte Standorteigenschaften. Die Torfbalken dienen der Wasser- und Nährstoffspeicherung und Verbesserung der Durchwurzelbarkeit. Die Sandbalken wirken dagegen drainierend (GÖTLICH & KUNTZE 1990; KUNTZE, ROESCHMANN & SCHWERTFEGER 1994; KUNTZE & VETTER 1980; ZEITZ 2014). Nach der Meliorationsmaßnahme stellen sich im Laufe der Jahre durch eine regelmäßige und dadurch homogenisierende Oberbodenbearbeitung, je nach Vernässung, Nutzung und Wirtschaftsweise, die Humusgehalte in der Krume auf 6–8 % ein (KUNTZE & VETTER 1980). Weiterhin nimmt die Verdichtung mit dem Alter der Sandmischkulturen zu (BURGHARDT 1977).

Beim Tiefumbruch von Niedermoortorfen wird mit der Tiefpflug-Sanddeckkultur eine andere Variante des Meliorationsverfahrens angewendet. Kalkhaltige und nährstoffreiche Niedermoorböden zeichnen sich durch einen hohen Stoffumsatz aus, weshalb der Niedermoorwurf nicht in die Ackerkrume eingemischt werden sollte. Durch eine spezielle Pflugtechnik wird Sand aus dem Untergrund aufgeflogen, sodass eine mindestens 20 cm mächtige Sanddecke den Niedermoorwurf dauerhaft überlagert und so der Abbau der organischen Substanz verringert wird (Abb. 12 rechts und Abb. 14; GÖTLICH & KUNTZE 1990, SCHEFFER & BARTELS 1999, ZEITZ 2014).

Abbildung 13 und 14 zeigen, dass Sandmischkulturen auf Hochmoor bzw. Tiefpflug-Sanddeckkulturen auf Niedermoor in Bezug auf das Sand-Torf-Verhältnis sowie die Tiefe der Maßnahme variieren und heterogen ausgeprägt sein können.



Abb. 12: Links: Sandmischkultur auf Hochmoor (YUhh), rechts: Tiefpflug-Sanddeckkultur auf Niedermoor (YUhn).

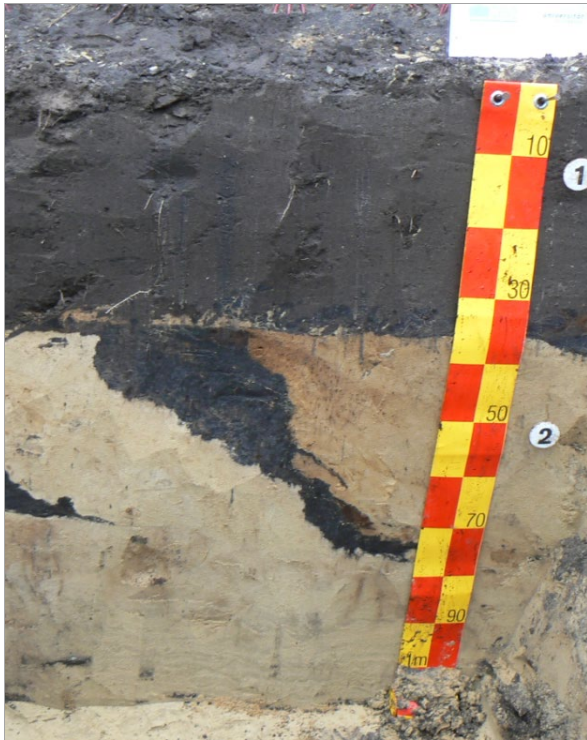


Abb. 13: Sandmischkultur auf Hochmoor mit dominantem Sandanteil und ca. 35 cm Pflughorizont.

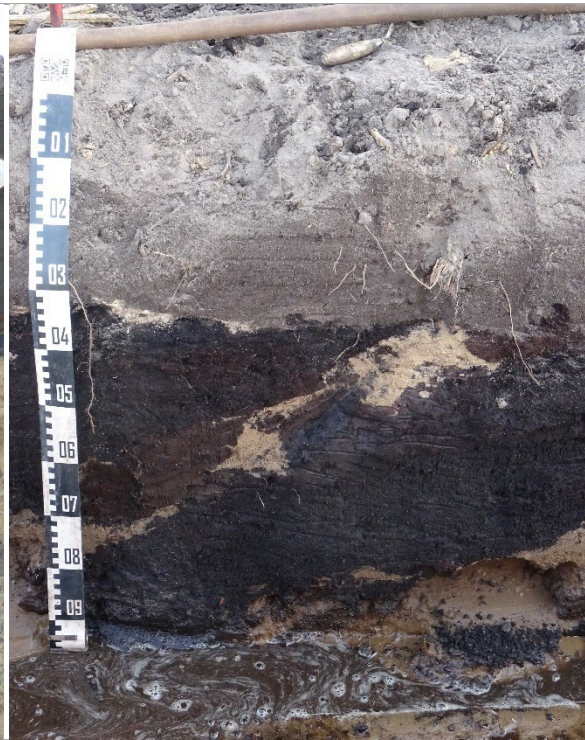


Abb. 14: Tiefpflug-Sanddeckkultur auf Niedermoor mit dominantem Torfanteil und ca. 30 cm Sanddecke.

Klassifizierung nach Bodenschätzung

Die Flächen der Deutschen Sandmischkultur sowie der Tiefpflug-Sanddeckkultur können aus den Angaben zur Bodenart *SMo* oder *MoS* im Klassenzeichen der Bodenschätzung und den fehlenden Angaben zur Zustandsstufe und Entstehung klassifiziert werden.

Einordnung in den Kontext der kohlenstoffreichen Böden

Aufgrund der vielfältigen Ausprägungen tiefumgebrochener Moorböden ergibt sich auch eine unterschiedliche Zuordnung zu den kohlenstoffreichen Böden. In einer typischen Sandmischkultur wird ein Sand-Torf-Mischungsverhältnis zwischen 2:1 bis 1:2 angestrebt. Die Torfbalken setzen direkt unter dem Ap-Horizont an. Damit besteht die Möglichkeit, dass bei Bearbeitung frischer Torf aus den Torfbalken in den Ap-Horizont hineingezogen und damit erneut CO_2 freigesetzt wird. Dies gilt im besonderen Maße für Umbrüche mit dominanten Torfbalken (Abb. 12 und 14).

Die Vorgabe, dass in den oberen 4 dm ein mindestens 1 dm mächtiger Horizont mit mehr als 7,5 % organischem Kohlenstoffgehalt (C_{org}) auftritt, hängt somit von der Dominanz und Mächtigkeit der Torfbalken unterhalb der Pflughorizonte (Sandmischkultur) bzw. Sanddecken (Tiefpflug-Sanddeckkultur) ab. Sandmischkulturen bzw. Tiefpflug-Sanddeckkulturen mit dominantem Sandanteil in den oberen 40 cm (Abb. 13) können daher nur noch bedingt zu den kohlenstoffreichen Böden gezählt werden.

Problematisch ist allerdings die ungenaue Datentlage zur weiteren Differenzierung der Ausprägungen. Die unterschiedlichen Ausprägungen können nicht direkt aus der Bodenschätzung abgeleitet werden, da die Angaben hierfür nicht spezifisch genug sind. Gegebenenfalls sind hier Einzelfallprüfungen notwendig.

5.3.4. Sanddeckkultur auf Hoch- und Niedermoor

Definition und Entstehung

Sanddeckkulturen lassen sich in solche über Hoch- sowie über Niedermoor unterscheiden. Bei dem Verfahren wird eine etwa 1 bis 2 dm mächtige, künstliche Sanddecke (ggf. auch aus anderem mineralischen Material) über anstehendem Torf aufgebracht. Bei Hochmooren wird die Sandschicht einmalig mit dem liegenden Torf vermischt (Sand : Torf - Verhältnis 2:1). Auf Niedermooren, die als Ackerfläche genutzt werden sollen, wird die Sanddecke nicht mit dem darunter anstehenden Torf vermischt. Die weitere Bodenbearbeitung erfolgt nur sehr flach, etwa 10 bis 15 cm tief. Maschinell wurden die Sanddeckkulturen z. B. mit Besandungsmaschinen angelegt, die ursprünglich zur Meliorationskalkung und Besandung kalkarmer, toniger Marschen entwickelt wurden (CAPELLE & BURGARDT 2007, GÖTTLICH & KUNTZE 1990, ZEITZ 2014).

Merkmale

In Sanddeckkulturen kommt es durch den Auftrag einer künstlichen Sanddecke zu einer Änderung des Profilaufbaus im Vergleich zum natürlichen Moor, wobei die Torfstratigraphie des Moorkörpers unter der Sanddecke erhalten bleibt (HÖPER & GEHRT 2022; Abb. 15). Eine flache Bodenbearbeitung verhindert eine Durchmischung des Sandes mit Torf und damit die schnelle Zersetzung des Torfes. Zu tiefes Pflügen führt zur Durchmischung und Mineralisierung der Torfe und dadurch zu staunassen und unkrautwüchsigen Flächen (GÖTTLICH & KUNTZE 1990). Problematisch ist allerdings eine ungleichmäßige Sanddecke, der stellenweise zu viel Torf zugemischt wird. Dadurch wird der Oberboden anmoorig und neigt zu Staunässe (GÖTTLICH & KUNTZE 1990).



Abb. 15: Sanddeckkulturen mit einer Mächtigkeit der Sanddecke von ca. 1,5 bis 2 dm.

Klassifizierung nach Bodenschätzung

Die Abgrenzung von Sanddeckkulturen erfolgt aus den Angaben zur Bodenart *S/Mo* und *IS/Mo* im Klassenzeichen und den fehlenden Angaben zur Zustandsstufe und Entstehung.

Einordnung in den Kontext der kohlenstoffreichen Böden

Sanddeckkulturen können in der Unterkategorie über die Unterlagerung (Hoch- bzw. Niedermoor) spezifiziert werden. Die Kategorie erfüllt mit einer nur ca. 1–2 dm mächtigen, künstlichen Sanddecke über anstehendem Torf per Definition ($> 7,5\%$ C_{org} in den ersten 4 dm mit mindestens 1 dm Mächtigkeit) die Kriterien der kohlenstoffreichen Böden.

5.3.5. Niedermoor mit Kleimarschauflage

Definition und Entstehung

Im tiefgelegenen Hinterland der Marsch, an der Grenze zur Geest, finden sich verbreitet Niedermoore, in wenigen Fällen auch Hochmoore, die durch den Meeresspiegelanstieg natürlich überdeckt wurden. Mit einer Mächtigkeit von weniger als 4 dm zählen diese Böden zur Kategorie der flach überlagerten Moore. Erreichen die Überdeckungen eine Mächtigkeit von über 4 dm, werden sie zu den mächtig überlagerten Mooren gestellt.

In den überdeckten Mooren ist die landwirtschaftliche Nutzung (Befahrbarkeit, Trittfestigkeit) deutlich besser als bei unbedeckten Mooren. Diese Erfahrung wurde deshalb zur Standortverbesserung eingesetzt, indem Klei aus marinogenen Sedimenten auch künstlich aufgetragen wurde. Mit Hilfe von Pferdefuhrwerken oder mittels eigens dafür gebauter Lorensysteme auf Schienen wurde der Klei dafür aus entfernteren Gebieten herantransportiert (GIANI & WITTE 2011; SPOHN, MALSY & GIANI 2008).

Merkmale

Die Unterscheidung von natürlich und anthropogen flach überlagerten Mooren ist nur im Einzelfall möglich (SPOHN, MALSY & GIANI 2008). Bei natürlich flach überlagerten Torfen ist der Übergang der Kleidecke zum Torf gerade, und es zeigt sich eine klare Schichtgrenze. Sinkt die Mächtigkeit unter 1–1,5 dm, liegen häufig Mischungen von Torf und Marschsediment vor. Anthropogene Kleiaufträge bestehen aus geringmächtigen (< 40 cm), tonigen bis schluffigen, ursprünglich marinogenen Sedimenten über Torf. Der Übergang zwischen der Kleidecke und dem unterlagernden Torf ist unregelmäßig und zeigt z. T. Vermischungen von Torf und Klei (Abb. 16). Größere anthropogene Artefakte wie Scherben- oder Ziegelreste sind ein Indiz für den anthropogenen Auftrag (GEHRT 2019b).



Abb. 16: Anthropogen flach überlagelter Torf mit einer Kleidecke über Hochmoortorf bei Schwei, LK Wesermarsch.

Klassifizierung nach Bodenschätzung

Bei flach überlagerten Mooren treten im obersten Horizont des Profils mineralische über organischen Schichten auf. Sie werden in der Bodenschätzung als *L/Mo* oder *T/Mo* beschrieben. Sinkt die Mächtigkeit unter 10–15 cm, liegen häufig Mischungen von Torf und Marschsediment vor, die im Klassenzeichen z. B. als *TMo* oder *LMo* bezeichnet werden.

Mächtig überlagerte Moore mit über 4 dm Überdeckung sind, mit Ausnahme der Böden in Spülflächen (vgl. Kap. 5.5), i. d. R. natürlich entstanden. Hinweise auf Torf finden sich nur in der Schichtbeschreibung des Profils; er ist nicht im Klassenzeichen angegeben.

Einordnung in den Kontext der kohlenstoffreichen Böden

Geringmächtige Kleidecken über Torf können bis zu 3 dm mächtig sein und zählen zur Kategorie der flach überlagerten Torfe. Erreichen die Überdeckungen eine Mächtigkeit von maximal 3 dm, wird die Vorgabe, dass in den oberen 4 dm ein mindestens 1 dm mächtiger Horizont mit mehr als 7,5 % organischem Kohlenstoff-

gehalt (C_{org}) auftritt, erfüllt. Somit sind geringmächtige Kleiaufträge über Moor Teil der Kulisse der kohlenstoffreichen Böden. Eine Unterscheidung von natürlicher Sedimentation oder anthropogenem Auftrag ist in diesem Kontext überflüssig.

5.3.6. Baggerkuhlung

Definition und Entstehung

Der umgangssprachliche Begriff „Kuhlung“ bezeichnet einen Vorgang, bei dem aus der Tiefe Material zur Standortverbesserung oder Melioration an die Oberfläche geholt wird. Durch den Einsatz konventioneller Bagger kann das Verfahren der Baggerkuhlung auf Hochmooren mit bis zu 3 bis 3,5 m Mächtigkeit angewendet werden. Der Torf wird ungeschichtet in eine zuvor ausgehobene Grube umgesetzt und anschließend mit dem mineralischen Untergrund (Sand) in einer Mächtigkeit von etwa 5 bis 6 dm überdeckt. Der Oberboden wird durch eine Vermischung mit dem Pflug mit doppelter Tiefe hergestellt. Dadurch werden etwa 50 Vol.-% Torf in die Sanddeckschicht eingearbeitet (BLANKENBURG 2015, CAPELLE & BURGHARDT 2007).



Abb. 17: Profil und Anlage einer Baggerkuhlung mit ca. 5 dm mineralischer Überdeckung.

Merkmale

Durch das Verfahren liegt der Hochmoortorf (Weiß- und Schwarztorf) ungeschichtet und somit nicht mehr in natürlicher Lagerung vor. Es können zudem Sandlinsen eingemischt sein. Im Gegensatz zur Sandmischkultur entsteht jedoch kein schräggeschichteter Horizont, sondern eine komplett gestörte und inhomogene Torfstratigraphie. Der gestörte Torf wird durch eine Sanddecke von 5 bis 6 dm Mächtigkeit (im Grünland z. T. auch geringmächtiger) überdeckt (Abb. 17).

Nach der Maßnahme muss mit Setzungen gerechnet werden, weshalb die gekuhlten Flächen nicht direkt anschließend in Nutzung genommen werden können.

Klassifizierung nach Bodenschätzung

Hinweise auf Baggerkühlungen liegen nur selektiv in jüngeren Aufnahmen der Bodenschätzung vor. Unter Besonderheiten zur Profilbeschreibung erfolgt der Hinweis mit dem Eintrag „Baggerkühlung“ (YBK; SCHULZ & WALDECK 2015). In der Bodenart des Klassenzeichens sind die Flächen als *SMo* oder *MoS* gekennzeichnet.

Einordnung in den Kontext der kohlenstoffreichen Böden

Bei mineralischen Aufträgen von 5 bis 6 dm sind die Baggerkühlungen zur Kategorie der mächtig überdeckten Torfe zu stellen. Die Vorgabe, dass in den oberen 4 dm ein mindestens 1 dm mächtiger Horizont mit mehr als 7,5 % organischem Kohlenstoffgehalt (C_{org}) auftritt, wird allerdings nicht erfüllt. Die Böden dieser Kategorie werden deshalb nicht zu den kohlenstoffreichen Böden gezählt.

5.4. Alter Moor-Treposol

Definition und Entstehung

Der Alte Moor-Treposol wird als neue Kategorie eingeführt. Die Lage in ehemaligen wurzelechten Hochmooren macht primär eine Entstehung nach intensiver Abtorfung im 19. bis zum frühen 20. Jahrhundert wahrscheinlich. Aufgrund der schlechten landwirtschaftlichen Nutzbarkeit wurden die Standorte in einer späteren Phase vermutlich mehrfach tiefgepflügt oder gefräst.

Merkmale

Alte Moor-Treposole sind Sandböden mit diffus verteilten, hoch zersetzten Torfpartikeln aus Baisitorfen. Die Profile sind i. d. R. in Tiefen von über 7 bis häufig 10 dm anthropogen verändert und homogenisiert. Der homogenisierte Mischhorizont zeigt i. d. R. humose Sande (Humusklasse h2 und h3) mit geringen Anteilen von eingestreuten 2–20 mm großen Torfpartikeln oder seltener tiefliegenden Nestern aus Torfplaggen (Abb. 18).



Abb. 18: Weitgehend homogenisierte Profile alter Moor-Treposole enthalten geringe Anteile von Torfpartikeln.

Verbreitung und Klassifizierung nach Bodenschätzung

Die Alten Moor-Treposole können anhand der Bodenart des Klassenzeichens der Bodenschätzung erfasst werden. Diese werden häufig als *SMo* oder *S--* in der Bodenschätzung gekennzeichnet. In den Schichtbeschreibungen finden sich Angaben zur Feinbodenart, die als Sand, sowie zum Humus, der als *mo2* oder *mo3* beschrieben wird.

Die Flächen Alter Moor-Treposole sind weniger lokal begrenzt als historische Moorkulturgebiete. Regional tritt die Kategorie verstärkt im Westen Niedersachsens auf. Dies betrifft die Landkreise Emsland, Cloppenburg sowie die Grafschaft Bentheim (Abb. 19).

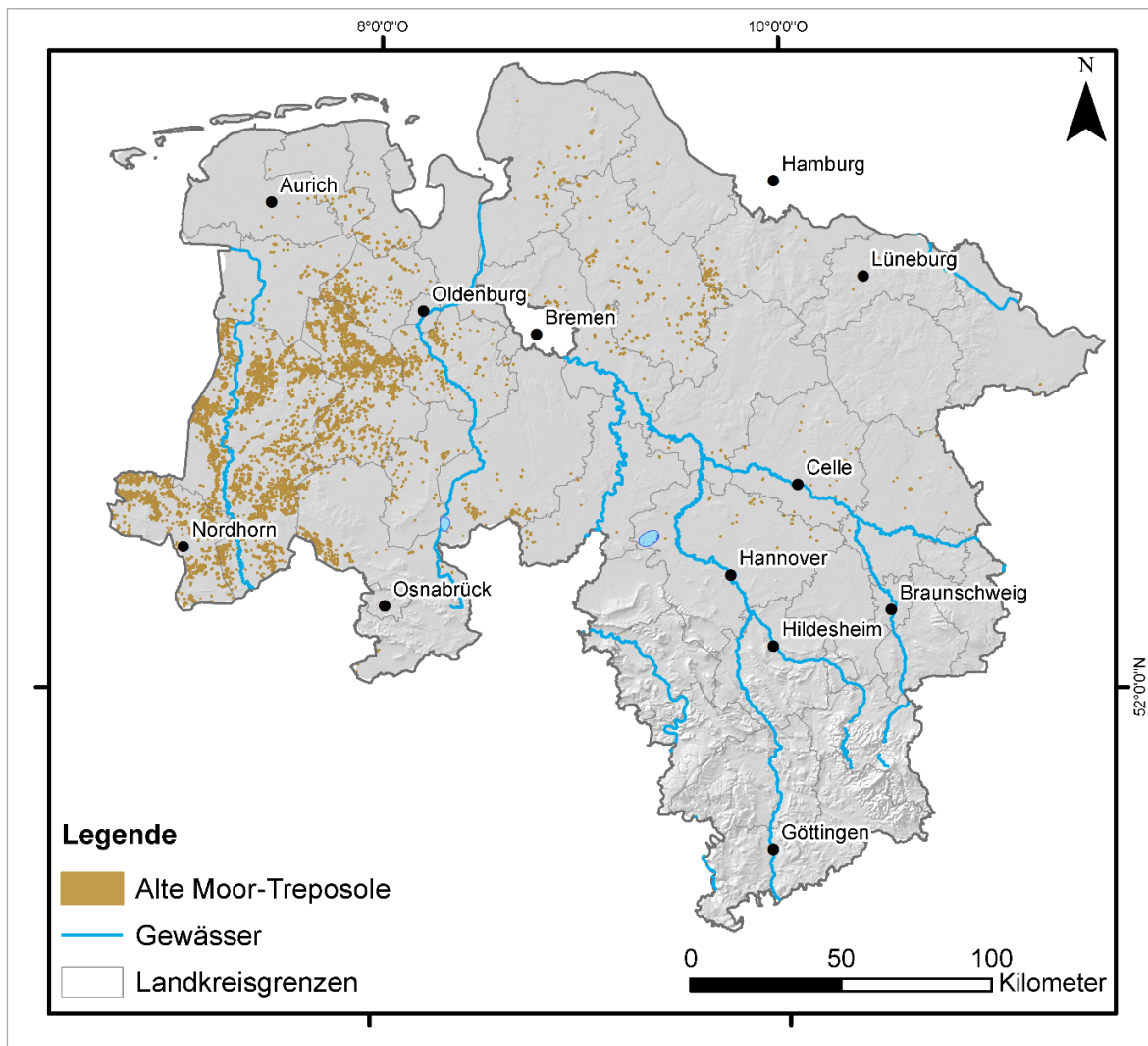


Abb. 19: Karte der Verbreitung Alter Moor-Trepostole auf landwirtschaftlich genutzten Flächen nach Bodenschätzung.

Einordnung in den Kontext der kohlenstoffreichen Böden

Alte Moor-Trepostole sind auf ehemaligen, abgetorften Hochmoor-Standorten verbreitet. Da es sich um Sandböden mit geringen Anteilen von Torfpartikeln handelt, die häufig bis in 1 m Tiefe weitgehend homogenisiert sind, werden die Vorgaben zur Identifikation von kohlenstoffreichen Böden nicht mehr erfüllt. Die Böden dieser Kategorie werden deshalb nicht zu den kohlenstoffreichen Böden gezählt.

5.5. Flachumbruch

Definition und Entstehung

Nach der Entwässerung und Nutzung nimmt die Torfmächtigkeit der Moore durch Sackung, Schrumpfung und Torfzehrung ab. Im Endstadium dieser Torfdegradation verschlechtern sich die Standortbedingungen für die landwirtschaftliche Nutzung, wodurch weitere Meliorationsmaßnahmen notwendig werden (EGGELSMANN 1978, 1990). Unterschreiten die Torfauflagen eine Mächtigkeit von 30 (–40) cm kann be-

reits beim weiteren Pflügen, Grubbern oder Fräsen das natürlich verbliebene Zweischichtprofil (Torf über Mineralboden) umgebrochen oder mit dem liegenden Sand vermischt werden. Es kommt zu höherer Sandbeimengung und fortschreitender Homogenisierung von Torf und mineralischem Untergrundmaterial, wodurch die Humusgehalte abnehmen (Abb. 20). Diese Böden sind durch mischende Bearbeitungsverfahren im Bodenaufbau stark beeinflusst und werden im Kontext der kohlenstoffreichen Böden in Niedersachsen als Flachumbrüche beschrieben.

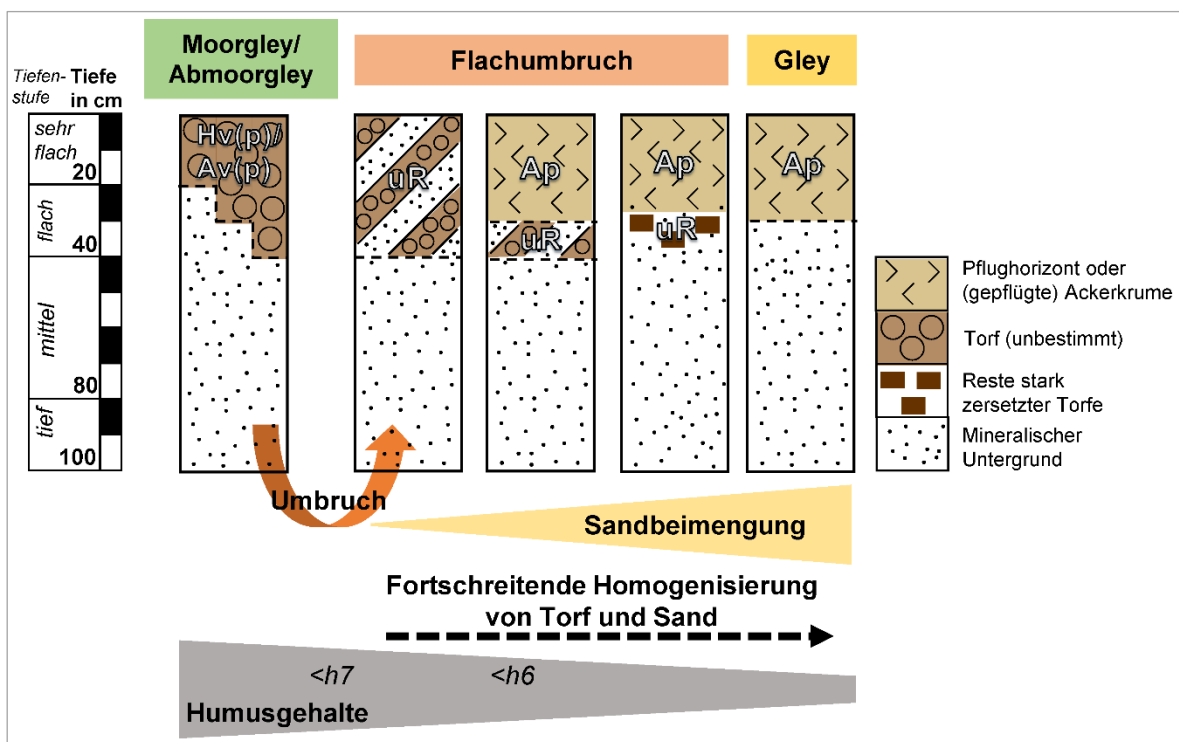


Abb. 20: Schematische Darstellung der Entwicklung von Flachumbrüchen durch Umbruch geringmächtiger (30 (–40) cm) Torfe.

Neben diesen meliorativen Veränderungen durch die Bearbeitung ist mit weiteren Einflüssen auf den Oberboden zu rechnen. Augenfällig ist besonders die Durchmischung der Ackerkrume durch das Befahren, besonders bei Wassersättigung (Abb. 21). Die schweren Erntemaschinen sinken dabei bis auf den tragfähigen, liegenden Mineralboden ein, wobei i. d. R. Sand partiell hochgedrückt und in den kohlenstoffreichen Oberboden eingemischt wird.



Abb. 21: Beispiele der Durchmischung von kohlenstoffreichen Oberböden unter Ackernutzung.

Merkmale und Hinweise zur Bestimmung

Unterschreiten die flachen Torfauflagen eine Mächtigkeit von 30 (–40) cm, kann das natürlich verbliebene Zweischichtprofil (Torf über Mineralboden) durch den Pflugeinsatz umgebrochen oder vollständig vermischt sein. Durch einmaligen Umbruch können in Flachumbrüchen noch z. T. kleinere Nester stark zersetzter Torfe

(Abb. 22) oder sehr geringe Reste von Torfen unterhalb der umgebrochenen Ackerkrume (R-Horizont < 4 dm Tiefe) vorhanden sein (Abb. 23). Regelmäßiges Pflügen, Grubbern oder Fräsen führt zur weiteren Homogenisierung, so dass mit der Zeit keine Torfbestandteile in der Ackerkrume (R-Ap-Horizont ≤ 3 dm Tiefe) mehr erkennbar sind (Abb. 24).



Abb. 22: Beispiel eines umgebrochenen Gleys mit ehemaliger Erdniedermoorauflage und Torfresten im Pflughorizont.

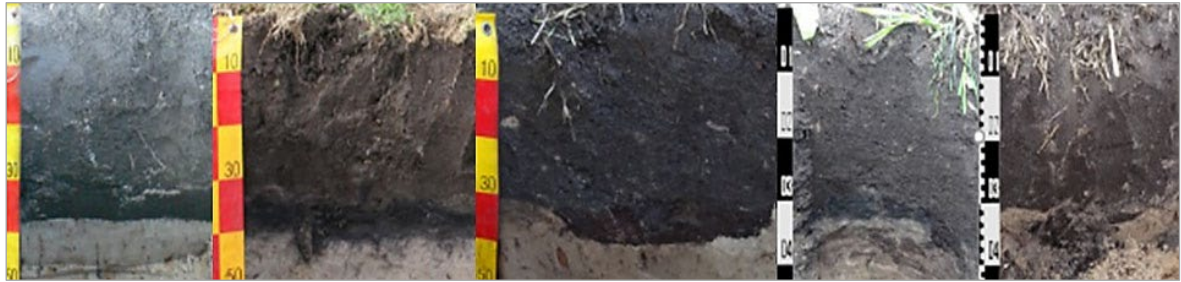


Abb. 23: Resttorfe unterhalb der umgebrochenen Ackerkrume als Beleg für ehemals geringmächtige Torfdecken.



Abb. 24: Vollständige Homogenisierung von Torf und Sand in Flachumbrüchen.

Die Abgrenzung kohlenstoffreicher Böden von den mineralischen Böden wird durch den Kohlenstoffgehalt von mehr als 7,5 % (Humusklasse h6 und h7) definiert und ist speziell bei der Kartierung und Abschätzung der Humusgehalte von Flachumbrüchen von Bedeutung.

Abbildung 25 fasst Analyseergebnisse aus dem Jahr 2013 zusammen (MANOLIS et al. 2013). Die Proben stammen aus dem Grenzbereich gemäß o. g. Definition. Es zeigt sich, dass die Geländeansprache des Humusgehaltes in Klassen keine abgesicherten Ergebnisse liefert und gerade hohe Humusgehalte nicht in ausreichender Qualität abzuschätzen sind.

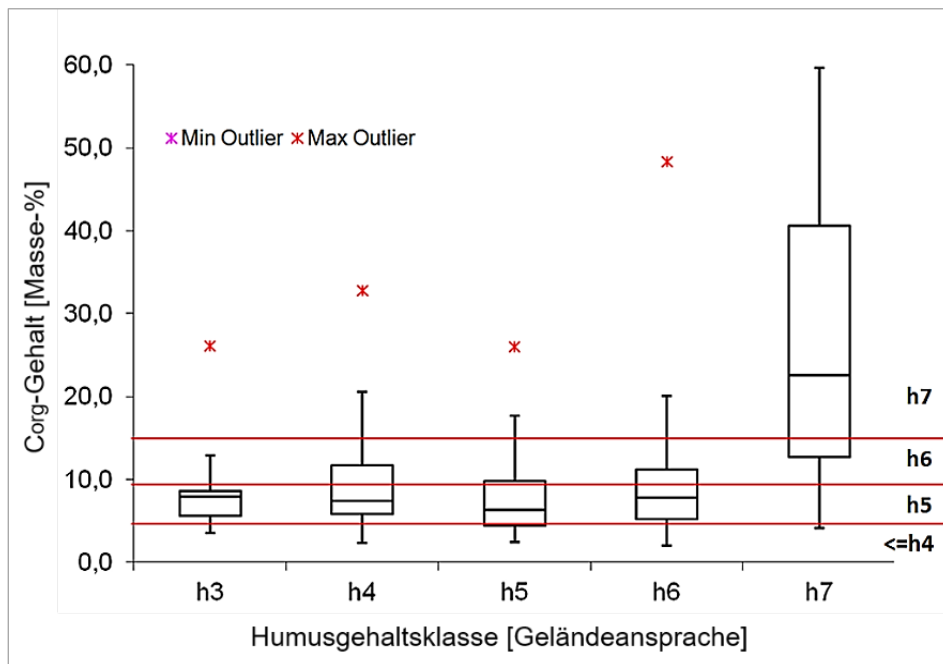


Abb. 25: Boxplots der im Labor ermittelten C_{org} -Gehalte gegenüber den Humusgehaltsklassen h3 bis h7 aus Geländeaufnahmen. In Klasse h7 ist die Streuung der analysierten Werte sehr groß, und die Mehrzahl der Daten liegt in der Klasse h7. In den Klassen h4–h6 ist die Feldansprache nicht ausreichend genau.



Abb. 26: Unterscheidung des Kohlenstoffgehalts bei stark zersetzten, umgebrochenen Torfen.
 Links: $C_{org} > 15\%$ – die Sandkörner „schwimmen“ in einer Matrix von stark zersetztem Torf.
 Rechts: Sandkörner liegen häufig nebeneinander – Kohlenstoffgehalt 5–15 % (nicht schätzbar).
 Mitte: beide Varianten nebeneinander zum Vergleich.

Verbreitung und Klassifizierung nach Bodenschätzung

Über die Verbreitung und den Flächenumfang von Flachumbrüchen in der Bodenschätzung sind nach aktuellem Stand noch keine genauen Aussagen zu treffen. Eine systematische Erfassung von Flachumbrüchen, unter Einbezug des Alters der Bodenschätzung und der zeitlichen Entwicklungsabfolge, ist bisher noch nicht erfolgt.

Im Grundsatz können Flachumbrüche anhand von Hinweisen aus den Schichtbeschreibungen der Bodenschätzung erfasst werden. Betreffende Bodenschätzungsprofile weisen Mischungsangaben von Sand und Torf in den oberen 4 dm des Profils sowie geringmächtige Torfhorizonte (< 1 dm) bzw. Hinweise zu Torfresten auf. Typische Bodenarten im Klassenzeichen sind *SMo* oder mineralische Bodenarten mit Sand als Hauptbestandteil.

Einordnung in den Kontext der kohlenstoffreichen Böden

Flachumbrüche unterschreiten in der Regel einen C_{org} -Gehalt von 7,5 % im Oberboden oder erfüllen die Vorgabe eines mindestens 1 dm mächtigen Horizonts mit mehr als 7,5 % organischem Kohlenstoffgehalt (C_{org}) nicht. Die Böden dieser Kategorie werden daher nicht zu den kohlenstoffreichen Böden gezählt.

5.6. Böden in Spülflächen

Definition und Entstehung

Künstliche Aufspülungen bzw. Spülfelder bezeichnen Aufspülungen von feinkörnigen (spülfähigen) Massen, z. B. Bagger- und Spülgut aus Wasserstraßen und Häfen, Bodenaustauschmaßnahmen und Tagebauverfüllungen. Im Bereich der Marsch wurde junges kalkhaltiges Spülgut über lagunären oder torfigen Ablagerungen aufgespült (HEUMANN, GEHRT & GRÖGER-TRAMPE 2018). Zu beachten ist hierbei auch der Umgang mit Bodenaushub bei potenziell sulfatsauren Sedimenten des Küstenholozäns (SCHÄFER et al. 2010). Künstliche Aufspülungen bzw. Spülfelder werden häufig angelegt, um die Gründungseigenschaften im Bereich setzungsfähiger Schichten zu verbessern, z. B. für die Industrieansiedlung und den Hafenbau. Spülfelder wurden, wie in der Niederung Emden-Riepe, zur Schaffung von leistungsfähigen Ackerstandorten auf z. T. schlecht nutzbaren Moorböden geschaffen (HERMS, SCHÄFER & KUNTZE 1988; KÖTHE, RUPP & FUCHS 1994; MUSTAFA 1994; SCHÄFER, KUNTZE & BARTELS 1987).

Merkmale

Eine künstliche Aufspülung besteht meist aus feinkörnigem, schluffigem bis sandigem Sediment und kann organische Beimengungen enthalten. Nach Reifung und Sackung besitzt das aufgespülte Material eine Mächtigkeit von etwa 0,5 bis 1 m (Abb. 27). In dieser Mächtigkeit überschlickte Moore gehören somit zu den mächtig überlagerten Torfen.



Abb. 27: Mächtig überdecktes Niedermoor aus Kleiauftrag bei Riepe.

Verbreitung und Klassifizierung nach Bodenschätzung

Innerhalb der Gebietskulisse bekannter Spülfelder weisen Bodenarten wie z. B. *L* und *T* im Klassenzeichen der Bodenschätzung auf mineralische Böden durch künstliche Aufspülungen hin. Da aktuelle Bodenschätzungsdaten der Nachschätzung von Spülfeldern bei Ihrhove noch nicht vorliegen, sind hier weiterhin Flächen als Moore (Bodenart *Mo*) ausgewiesen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass es sich bei diesen Flächen ebenfalls um mächtig überdeckte Moore handelt. Für die Spülfelder von Riepe sind die Überdeckungen bereits in der Bodenschätzung vermerkt.

Spülflächen in Arealen mit Moor und Torf auf landwirtschaftlich genutzten Flächen nach Bodenschätzung wurden ab 1954 in der Niederung Emden-Riepe angelegt. Seit ca. 20 Jahren entstehen zudem abschnittsweise Spülflächen in Ihrhove, Gemeinde Westoverledingen (Abb. 28).

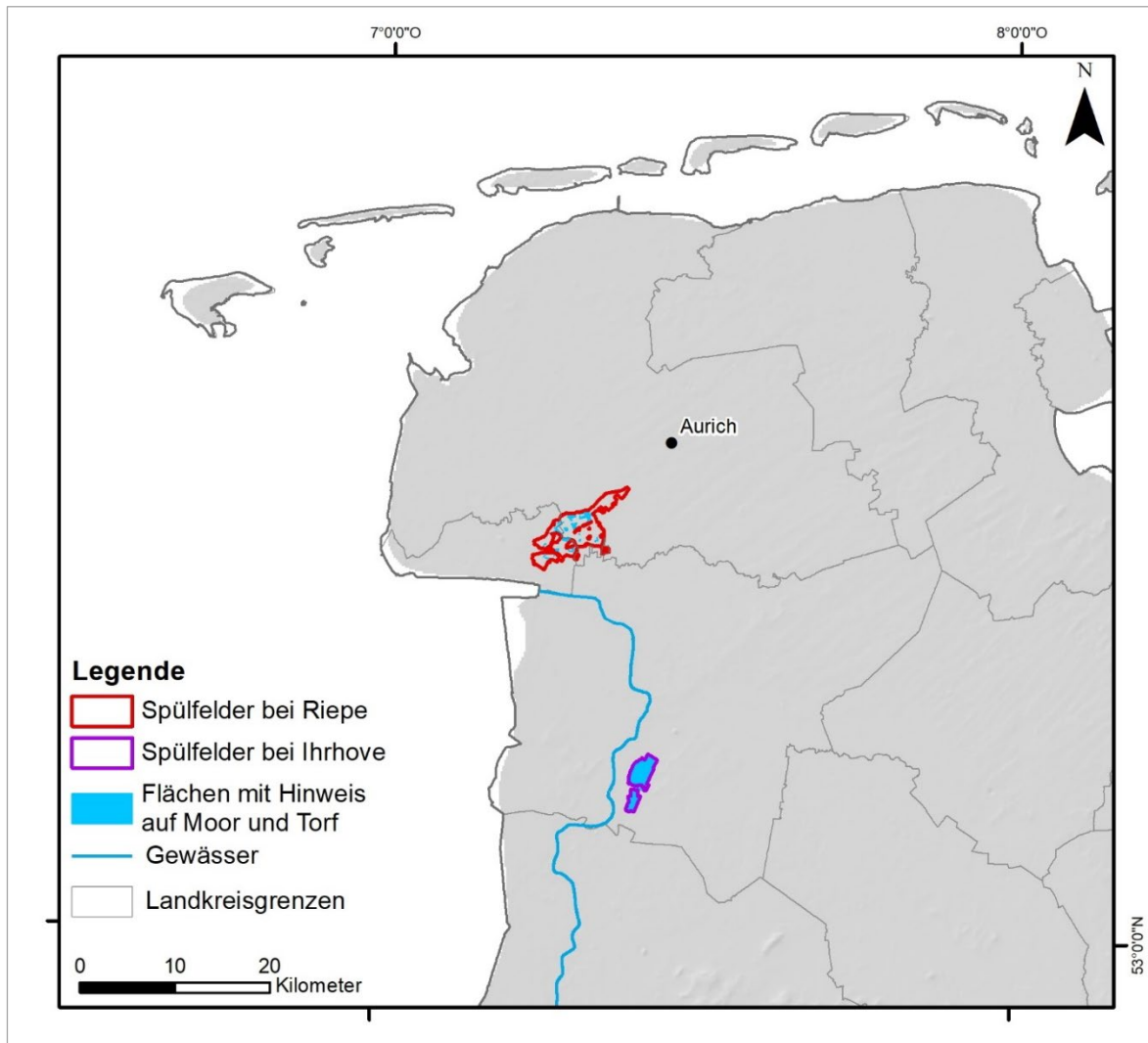


Abb. 28: Karte der Verbreitung der Spülfelder bei Riepe und Ihrhove auf Grundlage der BK50 (GEHRT et al. 2021) mit landwirtschaftlich genutzten Flächen nach Bodenschätzung.

Einordnung in den Kontext der kohlenstoffreichen Böden

Die Böden in Spülflächen gehören zur Kategorie der mächtig überlagerten Torfe und weisen eine mineralische Überdeckung von 0,5 bis 1 m auf. Die Vorgabe, dass in den oberen 4 dm ein mindestens 1 dm mächtiger Horizont mit mehr als 7,5 % organischem Kohlenstoffgehalt (C_{org}) auftritt, wird daher nicht erfüllt. Die Böden dieser Kategorie werden deshalb nicht zu den kohlenstoffreichen Böden gezählt.

6. Ergebnisübersicht zu den Moorkultosolen auf Bodenschätzungsflächen

Nachfolgend werden die räumliche Bedeutung der Moorkultosole auf landwirtschaftlich genutzten Flächen nach Bodenschätzung sowie die Anteile der historischen Moorkulturen dargestellt. Von insgesamt ca. 478.000 ha landwirtschaftlich genutzter Flächen mit Moor und Torf

sind über 148.300 ha den Moorkultosolen zuzuordnen. Nach aktuellem Stand der Auswertung zählen somit ca. 31 % der Flächen zu den historischen Hochmoorkulturen oder industriell kultivierten Mooren, die profilverändernden Maßnahmen unterlagen. Dabei sind die frühindustriellen und industriellen Abtorfungen sowie Flachumbrüche noch nicht berücksichtigt. Die aktuelle Darstellung von Fläche und Anzahl der Moorkultosole ist deshalb als vorläufiger Kenntnisstand zu betrachten.

Tab. 3: Übersicht zur vorläufigen Auswertung von Anzahl und Fläche (gerundet auf 100 ha) der Moorkultosole innerhalb und außerhalb historischer Kulturgebiete, bezogen auf Flächen mit Moor und Torf innerhalb der Bodenschätzung.

Ausgewiesene Kategorien nach Bodenschätzung	Bodenschätzungsflächen außerhalb hist. Kulturgebiete		Historische bis vorindustrielle Hochmoorkulturen										Bodenschätzungsflächen innerhalb hist. Kulturgebiete	
	Summe		Fehnkulturgebiete				Spittkulturgebiete		Findorffkulturgebiete		unvollständige Abtorfungen (Heidemoore)		Summe	
	Anz.	ha	Fehnkultur i. e. S.		erweiterte Fehnkultur		Anz.		Anz.		Anz.		Anz.	ha
			Anz.	ha	Anz.	ha	Anz.	ha	Anz.	ha	Anz.	ha	Anz.	ha
Hoch- oder Niedermoor	89.900	207.200	400	1.000	1.400	4.500	300	400	7.900	22.100	600	2.100	10.600	30.100
Moorgley	23.400	43.000	100	200	300	600	100	100	800	1.400	100	200	1.400	2.500
flach überlagerter Torf (lehmig, tonig)	17.300	42.100	100	200	200	500			400	700			700	1.400
Sanddeckkultur (ydk)	5.900	10.500	100	200	300	600			300	600	200	800	900	2.200
Spittkulturboden < 40 cm							500	1.100					500	1.100
Spittkulturboden > 40 cm							200	700					200	700
Fehnkulturboden*			200	800	700	1.400							900	2.200
Alte Moor-Trepose	6.900	14.300									400	1.000	400	1.000
Tiefumbruch (Sandmischkultur (Hh), Tiefumbruch (Hn))	32.700	74.200	200	600	500	1.300			400	700	1.600	4.800	2.700	7.400
Baggerkuhlung	40	100**												
mächtig überlagerter Torf	16.500	35.400			100	200			300	400			400	600
weitere Flächen mit Hinweis auf Torf	1.000	2.000												
Summe	193.700	428.800	1.100	3.000	3.500	9.100	1.100	2.300	10.100	25.900	2.900	8.900	18.700	49.200

* Fehnkulturböden nach RAECKE & GEHRT (2022) ca. 11.000 ha;

** Baggerkühlungen nach BK50 (GEHRT et al. 2021) 3.000 ha.

Die in Tabelle 3 dargestellten Bodenschätzungsflächen in historischen bis vorindustriellen Hochmoorkulturen umfassen ca. 47.000 ha und somit etwa ein Drittel der als Moorkultosole ausgewiesenen Flächen. Das sind in der Mehrzahl Flächen wie Fehn-, Spitt- und Findorffgebiete, in denen per Hand Brenntorf (Schwarztorf) gewonnen wurde und die anschließend landwirtschaftlich kultiviert wurden. In den Gebieten mit unvollständigen Abtorfungen (Heidemoore des

Hümmlings) wurde der Weißtorf durch landwirtschaftliche Inkulturnahme und Nutzung in vorindustrieller Zeit, wie z. B. durch Moorbrandkultur, Plaggenhieb und Winderosion, soweit verändert, dass die Weißtorflage weitestgehend fehlt (s. Kap. 5.1.6).

Bei der Fehnkultur ist zu berücksichtigen, dass in den Fehnkolonaten eine differenzierte Bodenvergesellschaftung vorliegt (vgl. Abb. 4). Im Umfeld der Kanäle bzw. der Siedlungen sowie im mittleren Bereich wurden die Moorflächen bis

zum Basistorf abgetragen, aber anschließend wieder mit Weißtorf überlagert. Weiter vom Kanal entfernte Bereiche können als teilabgetorfte oder ungestörte Moorprofile vorliegen, in denen der Schwarztorf weiterhin vorhanden ist. Der Anteil der Torfprofile beträgt je nach Fehngebiet 20 bis 40 %. Die Anzahl der Fehnkulturböden, also Böden, in denen der Torf per Hand untergegraben wurde, ist vergleichsweise gering. Diese werden i. d. R. im Klassenzeichen der Bodenschätzung als *S_{Mo} -*, also wie Tiefumbrüche bezeichnet.

Bei den Spittkulturen ist eine Zweiteilung der Bodenformen in vollständige Hochmoorprofile sowie kulturell beeinflusste Böden erkennbar. Diese sind als Spittkulturböden anzusprechen und weisen 40 ± 10 cm mächtige Kleidecken auf oder liegen als flache Umbrüche mit Torfeinlagerungen vor. Spittkulturböden bilden mit insgesamt ca. 1.800 ha den größten Anteil der landwirtschaftlich genutzten Bodenschätzungsflächen im Spittkulturgebiet. Die Zweiteilung zeichnet sich auch auf kleinem Raum innerhalb einer Fläche durch den Wechsel von umgelagerten Torfen und mineralischen Sedimenten ab.

Im Unterschied zu den Spitt- und Fehnkulturarealen sind aus dem Gebiet der Findorffkultur keine typischen kultivierten Böden bekannt. Kennzeichnend für dieses Gebiet war die Brenntorfgewinnung und anschließende landwirtschaftliche Nutzung der abgetorften Moorflächen als Weideland. Dies bildet sich in den über 20.000 ha Hoch- und Niedermoorflächen ab. Nur ein geringer Teil (< 3.000 ha) ist durch profilverändernde Maßnahmen anthropogen überprägt.

Moore mit unvollständigen Abtorfungen wurden bisher vorwiegend südlich des Küstenkanals nachgewiesen. Neben einem hohen Anteil an Hoch- und Niedermoorflächen (ca. 2.100 ha) ist ein wesentlicher Anteil (> 5.000 ha) durch profilverändernde Maßnahmen anthropogen überprägt.

Aus kulturhistorischer Sicht und aufgrund ihrer Seltenheit in Niedersachsen ist außerdem die Niedermoor-Sanddeckkultur im Drömling zu nennen. Diese lokale Ausprägung der Sanddeckkultur wurde durch aufwändig von Hand geschaffen und nimmt gegenüber der gesamten Fläche der Sanddeckkulturen in Niedersachsen (ca. 10.500 ha) nur einen sehr geringen Anteil ein.

Im Kontext der kohlenstoffreichen Böden sind die Spülfelder an der Ems gesondert zu nennen. Wie beschrieben, wurden bzw. werden Schlickablagerungen aus dem Flussbett der Ems in Niedermoorarealen deponiert. Das Spülfeld in Riepe (Emdener Hafenschlick) wurde schon vor Jahrzehnten angelegt und bereits von der Bodenschätzung nachgeschätzt. Die Böden sind als mächtig überlagerter Torf zu kategorisieren. Die Aufspülungen westlich von Ihrhove sind noch in Betrieb. Nach der bisher noch nicht aktualisierten Bodenschätzung werden hier Niedermore bzw. flach tonig überdeckte Niedermore ausgewiesen. Die Böden in Ihrhove sind nach der Aufspülung ebenfalls als mächtig überlagerter Torf zu kategorisieren. Somit sind die landwirtschaftlich genutzten Flächen beider Gebiete nach der Aufspülung nicht mehr zu den kohlenstoffreichen Böden zu stellen.

7. Fazit und Ausblick

Mit diesem Bericht liegt eine Dokumentation zur Erkennung und Differenzierung von Moorkulturosolen in Niedersachsen vor. Damit steht auch ein Werkzeug zur Einordnung kultivierter Moore, mit speziellem Fokus auf Böden mit deutlich verändertem Profilaufbau, in die Gruppe der kohlenstoffreichen Böden zur Verfügung. Die sichere Identifikation und Zuordnung unterschiedlicher Moorkulturosolen im Gelände ist grundsätzlich nur an Aufgrabungen oder Bodenprofilenschürfen zu leisten. Besonders in historischen Moorkulturgebieten ist ein Mosaik unterschiedlicher Kulturböden, durch die Anwendung verschiedener manueller bzw. mechanischer Verfahren auf engem Raum und in verschiedenen Zeitphasen entstanden, zu erwarten.

Die Kenntnis zur Verbreitung und Lage ist ein weiterer wichtiger Aspekt zur räumlichen Präzisierung und weiteren Differenzierung von Moorkulturosolen. Hierfür ist, neben den Informationen in den Profilbeschreibungen der Bodenschätzungsdaten, insbesondere die Verknüpfung lokaler bzw. regionaler Verbreitungsschwerpunkte von Moorkulturgebieten ein wichtiger Schritt.

Auswertungen aus der Bodenschätzung zeigen, dass nach aktuellem Stand ca. 36 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Gebieten mit Hinweisen auf Moor und Torf den Kategorien der verschiedenen Moorkulturosolen zugeordnet werden können. Über ein Viertel der kultivierten Moorflächen liegt dabei in historischen Moorkulturgebieten.

Hinweise zur Verbreitung von Moorkulturosolen können allerdings nur bei landwirtschaftlichen Nutzflächen der Bodenschätzung als sicher angenommen werden. Darüberhinausgehende Verbreitungsgebiete kultivierter Moore, wie z. B. in Forst- und Naturschutzflächen, die nicht durch die Bodenschätzung abgedeckt werden, sind aus den bestehenden Daten nicht sicher identifizierbar.

8. Quellen

- AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.
- AG BODENKUNDE (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA3). – 3. Aufl., 331 S., 19 Abb., 98 Tab., 1 Beil.; Hannover.
- AWUAH, L. & GEHRT, E. (2022): Die Böden einer Fehnkultur am Beispiel Elisabethfehn: Entstehung, Eigenschaften und Überprägung. – <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14683.23847>.
- BLANKENBURG, J. (2015): Die landwirtschaftliche Nutzung von Mooren in Nordwest-Deutschland. – TELMA Beiheft 5: 39–58, <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33767.32168>.
- BODSCHÄTZG – GESETZ ZUR SCHÄTZUNG DES LANDWIRTSCHAFTLICHEN KULTURBODENS (2007): Bodenschätzungsgesetz vom 20. Dezember 2007 (BGBl. I: 3150, 3176), das zuletzt durch Artikel 15 des Gesetzes vom 26. November 2019 (BGBl. I: 1794) geändert worden ist. – https://www.gesetze-im-internet.de/bodsch_tzg_2008/BJNR317600007.html.
- BRÜNECKE, L., BOY, J., KÖGEL-KNABNER, I. & GEHRT, E. (2022): Kohlenstoffanalysen an Hochmooren und Böden der Fehnkulturen. – <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33767.32168>.
- BRÜNING, K. (1934): Atlas Niedersachsen - Natur und Bevölkerung, Siedlungs-, Wirtschafts- und Verkehrsverhältnisse eines deutschen Kultur- und Lebensraumes, Übersichten für Wirtschafts- und Siedlungsplanung. – Oldenburg i. O. (Gerhard Stalling).
- BÜNSTORF, J. (1966): Die ostfriesische Fehnsiedlung als regionaler Siedlungsform-Typus und Träger sozial-funktionaler Berufstradition. – Göttinger Geographische Abhandlungen 37: 200 S.; Göttingen.
- BURGHARDT, W. (1977): Untersuchungen der Lagerungsdichte von Sandmischkulturen. – Mitt. Dt. Bodenk. Ges. 25 (2): 715–726.
- CAPELLE, A. & BURGHARDT, H. (2007): Zur bodentypologischen Profilansprache anthropogen veränderter Moor- und Mineralböden. – Mitt. Dt. Bodenk. Ges. 110: 63–64.

- EGGELSMANN, R. (1978): Oxidativer Torfverzehr in Niedermoor in Abhängigkeit vom Klima und mögliche Schutzmaßnahmen. – *TELMA* **08**: 75–81, <<https://doi.org/10.23689/FIDGEO-3238>>.
- EGGELSMANN, R. (1979): Vom Dampfpflug zum Tiefkulturpflug - Entwicklung und Einsatz. – *Z. Kulturtech. Flurber.* **20**: 99–112.
- EGGELSMANN, R. (1987): Ökotechnische Aspekte der Hochmoor-Regeneration. – *TELMA* **17**: 59–94, <<https://doi.org/10.23689/FIDGEO-3236>>.
- EGGELSMANN, R. (1990): Wasserregelung im Moor. – in: GÖTTLICH, K. & AVERDIECK, F.-R. (Hrsg.): *Moor- und Torfkunde*, 3. Aufl.; Stuttgart (Schweizerbart).
- EGGELSMANN, R. & BLANKENBURG, J. (1990): Zur Entwicklung der Heidemoore am Nordhümmling in Niedersachsen. – *TELMA* **20**: 55–78, <<https://doi.org/10.23689/FIDGEO-3228>>.
- EGGELSMANN, R. & BLANKENBURG, J. (2009): 131 Jahre Moor- und Bodenforschung in Bremen. – *TELMA* **39**: 193–218, <<https://doi.org/10.23689/FIDGEO-3021>>.
- FALKENBERG, H. (1991): Gesetzliche Grundlagen für Bodenabbau - Genehmigungsverfahren. – *TELMA* **21**: 199–204, <<https://doi.org/10.23689/FIDGEO-3341>>.
- FLEISCHMANN, R. & VOIGT, H. (1963). Die Entstehung und Entwicklung der umgespitteten Böden im Küstenmoor des Jadebusens. – *Mitt. Dt. Bodenk. Ges.* **1**: 41–51.
- FRANK, S., CASPERS, G., HÖPER, H. & SCHÄFER, W. (2021): Karte der Flächen mit industriellem Torfabbau in Niedersachsen. – *GeoBerichte* **38**: 31 S., 11 Abb., 7 Tab.; Hannover (LBEG), <https://doi.org/10.48476/GEOBER_38_2021>.
- GAPKONDV – VERORDNUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DER IM RAHMEN DER GEMEINSAMEN AGRARPOLITIK GELTENDEN KONDITIONALITÄT (2022): GAP-Konditionalitäten-Verordnung vom 7. Dezember 2022 (BGBl. I: 2244), die durch Artikel 1 des Gesetzes vom 9. Dezember 2022 (BGBl. I: 2273) geändert worden ist. – <<https://www.gesetze-im-internet.de/gap-kondv/GAPKondV.pdf>>.
- GEHRT, E. (2019a): Dislozierte Torfe. – *Geologische Kartieranleitung*. AG Geologie, <<https://www.geokartieranleitung.de/Fachliche-Grundlagen/Genese/Geogenetische-Geosteinsbezeichnung/Lockergesteine/entry/7beeb285-2ca8-4a50-be28-2a2732415758/mid/3427>>.
- GEHRT, E. (2019b): Aufträge über Torf. – *Geologische Kartieranleitung*, AG Geologie, <<https://www.geokartieranleitung.de/Fachliche-Grundlagen/Genese/Geogenetische-Geosteinsbezeichnung/Lockergesteine/entry/89ca7a38-6d24-442f-b322-51a056795648/mid/3427>>.
- 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), <https://dx.doi.org/10.48476/geober_40_2021>.
- GIANI, L. & WITTE, S. (2011): Kultusole der Marsch - Entstehung, Eigenschaften, Klassifikation. – *Ber. Dt. Bodenk. Ges.*, <https://eprints.dbges.de/695/1/DBG_Giani_2011.pdf>.
- GÖTTLICH, K. & KUNTZE, H. (1990): Moorkultivierung für Land- und Forstwirtschaft. – in: GÖTTLICH, K. & AVERDIECK, F.-R. (Hrsg.): *Moor- und Torfkunde*, 3. Aufl.; Stuttgart (Schweizerbart).
- GÜNTHER, J. (2018): Pioniere im Großherzogtum Oldenburg - Die Bedeutung der Familie Strenge aus Elisabethfehn für die Entwicklung der industriellen Brenntorfgewinnung in Europa. – *TELMA* **48**: 185–202, <<https://doi.org/10.23689/FIDGEO-3299>>.
- HAVERKAMP, M. (2011): Binnenkolonisierung, Moorkultivierung und Torfwirtschaft im Emsland unter besonderer Berücksichtigung des südlichen Bourtanger Moores - Entwicklungslinien und Forschungsstand. – *TELMA* **41**: 257–282, <<https://doi.org/10.23689/FIDGEO-2993>>.
- HERMS, U., SCHÄFER, W. & KUNTZE, H. (1988): Schwermetallgehalte und -verteilung in unterschiedlich alten Hafenschlick-Spülfeldern im Raum Hamburg. – in: WOLF, K., VAN DEN BRINK, W. J. & COLON, F. J. (Hrsg.): *Altlastensanierung '88*. – 2. Aufl.; London (Kluwer).
- HEUMANN, S., GEHRT, E. & GRÖGER-TRAMPE, J. (2018): Sulfatsaure Böden in niedersächsischen Küstengebieten: Entstehung, Vorkundung und Auswertungskarten. – überarbeitete Fassung (2. Auflage), *Geofakten* **24**: 17 S., 6 Abb., 1 Tab.; Hannover (LBEG).

- HEUSER, O. (1927): Grundriss der Moorkultur. – V. Lengerken, H. (Hrsg.): Bücherei für Landwirte, 176 S., 1 Ktn.-Skizze, 50 Abb.; Berlin (de Gruyter).
- HÖPER, H. (2015): Treibhausgasemissionen aus Mooren und Möglichkeiten der Verringerung. In: TELMA Beiheft 5: 133–158, <DOI: 10.23689/fidgeo-2929>.
- HÖPER, H. (2022): Treibhausgasemissionen der Moore und weiterer kohlenstoffreicher Böden in Niedersachsen. – Geofakten **38**: 23 S., 1 Abb., 10 Tab., 2 Anh.; Hannover (LBEG), <https://doi.org/10.48476/GEOFAKT_38_1_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), <https://doi.org/10.48476/GEOFAKT_37_1_2022>.
- JONAS, F. (1934): Die Entwicklung der Hochmoore am Nordhümmling. – Rep. spec. nov. regni. vegetab **2**, Beiheft 78: 88 S.; Dahlem (Repertorium).
- JOOSTEN, H. (2012): Zustand und Perspektiven der Moore weltweit. – Natur und Landschaft **87** (2): 50–55, <<https://doi.org/10.17433/2.2012.50153141.50-55>>.
- KONUKIEWITZ, W. & WEISER, D. (2013): Die Findorff-Siedlungen im Teufelsmoor bei Worpswede: Ein Heimatbuch. – 2., durchges. Aufl., 327 S.; Bremen (Temmen).
- KÖTHE, H., RUPP, H. & FUCHS, E. (1994): Zur Geologie des Spülfeldes am Flemhuder See (Nord-Ostsee-Kanal - Km 85). – Nr. 0868: 43 S.; Koblenz (BfG).
- KUNTZE, H. (1965): Die Marschen - Schwere Böden in der landwirtschaftlichen Evolution: Nutzungs- und Verbesserungsmöglichkeiten schwieriger Standorte. – 128 S., 26 Abb., 39 Tab.; Hamburg (Parey).
- KUNTZE, H. (Hrsg.) (1984): Bewirtschaftung und Düngung von Moorböden. – 80 S., 26 Abb., 39 Tab.; Bremen (NLFb).
- KUNTZE, H., ROESCHMANN, G. & SCHWERTFEGGER, G. (1994): Bodenkunde. – 5. Neubearb. und erw. Aufl., 424 S.; Stuttgart (Ulmer).
- KUNTZE, H. & VETTER, H. (1980): Bewirtschaftung und Düngung von Sandmischkulturen. – 120 S., Landwirtschaftsverlag Weser-Ems GmbH; Oldenburg.
- MANOLIS, K., GEHRT, E., HÖPER, H., KRÜGER, K., LANGNER, S., MÜLLER, U., RÖDER, C. & SCHÄFER, W. (2013): Kohlenstoffreiche Böden in Niedersachsen, Teil Grünland. Erstellung einer Gebietskulisse im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Landwirtschaft. Abschlussbericht. – Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Referat L3.5 Geologie und Boden; Hannover (LBEG) [Unveröff.].
- MUSTAFA, M. (1994): Bodengenese und Schwermetallbelastung in den Spülfeldern der Überschiebungsgebiete Emden-Riepe. – Dissertation, Universität Oldenburg [Unveröff.].
- NICK, K.-J. (1983): Die Renaturierung des „Leegmoores“ im Timpemoor westlich Esterwegen im Landkreis Emsland - Ein Pilotprojekt für die Regeneration eines Moores nach industriellem Schwarztorfabbau. – TELMA **13**: 259–269, <<https://doi.org/10.23689/FIDGEO-3318>>.
- NIEDERSÄCHSISCHER MINISTERPRÄSIDENT KUBEL, NIEDERSÄCHSISCHER KULTUSMINISTER VON OERTZEN (1972): Gesetz zum Schutz der Landschaft beim Abbau von Steinen und Erden (Bodenabbaugesetz) vom 15. März 1972. – Nieders. Gesetz- und Verordnungsbl. **26**, Nr. 12 v. 20.03.1972: 137–140; Hannover.
- OVERBECK, F. (1975): Botanisch-geologische Moorkunde: Unter besonderer Berücksichtigung der Moore Nordwestdeutschlands als Quellen zur Vegetations-, Klima- und Siedlungsgeschichte. – 719 S.; Neumünster (Wachholtz).
- RAECKE, S. A. & GEHRT, E. (2022): Fehnsiedlungen und deren Böden in Nordwest-Niedersachsen: Verbreitung und Entstehungsgeschichte der Fehnsiedlungen und Fehnkulturen. – <<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33977.03680>>.
- SAUERBREY, R., LEHRKAMP, H. & GÖBEL, F. (2003): Rimpau'sche Moordammkulturen in Brandenburg. – TELMA **33**: 121–132, <<https://doi.org/10.23689/FIDGEO-3074>>.
- SCHÄFER, W., KUNTZE, H. & BARTELS, R. (1987): Bodenentwicklung aus Spülgut in Deponieflächen. – Geol. Jb. **F 22**: 79 S., 24 Abb., 41 Tab.; Hannover.

- SCHÄFER, W., PLUQUET, E., WEUSTINK, A., BLANKENBURG, J. & GRÖGER, J. (2010b): Handlungsempfehlungen zur Bewertung und zum Umgang mit Bodenaushub aus (potenziell) sulfatsauren Sedimenten. – *Geofakten* **25**: 8 S., 4 Abb., 2 Tab.; Hannover (LBEG), <https://doi.org/10.48476/GEOFAKT_25_1_2010>.
- SCHEFFER, B. & BARTELS, R. (1999): Stoffumsetzungen in einer Tiefpflugdeckkultur aus kalkhaltigem Niedermoor. – *Mitt. Dt. Bodenk. Ges.* **91** (3): 1319–1322.
- SCHMATZLER, E. (2015): Moornutzung und Moorschutz in Niedersachsen - Geschichtlicher Rückblick und zukünftige Entwicklung. – *TELMA Beiheft* **5**: 19–38, <<https://doi.org/10.23689/FIDGEO-2925>>.
- SCHULZ, S. & WALDECK, A. (2015): Kohlenstoffreiche Böden auf Basis hochauflösender Bodendaten in Niedersachsen. – *GeoBerichte* **33**: 85 S., 46 Abb., 10 Tab.; Hannover (LBEG), <https://doi.org/10.48476/GEOBER_33_2015>.
- SPOHN, M., MALSY, M. & GIANI, L. (2008): Vergleichende Untersuchung einer natürlich entwickelten und einer anthropogenen Moormarsch. – Tagung: Die Böden der Küste und deren Genese im Spannungsfeld von Landnutzung und Klimawandel; Oldenburg.
- TIEMEYER, B., FREIBAUER, A. & DRÖSLER, M. (2013): Klimarelevanz von Mooren und Anmooren in Deutschland: Ergebnisse aus dem Verbundprojekt „Organische Böden in der Emissionsberichterstattung“. – Thünen-Institut, <https://doi.org/10.3220/WP_15_2013>.
- WITTE, S. & GIANI, L. (2010): Kultusole der Marsch. – Diplomarbeit, Carl von Ossietzky Universität; Oldenburg [Unveröff.].
- WITTNEBEL, M., TIEMEYER, B. & DETTMANN, U. (2021): Peat and other organic soils under agricultural use in Germany: Properties and challenges for classification. – *Mires and Peat* **27** (19): 1–24, <<https://doi.org/10.19189/MaP.2020.SJ.StA.2093>>.
- ZEITZ, J. (2014): Moorkulturen. – In: BLUME, H. P., FELIX-HENNINGSSEN, P., FISCHER, W. R., FREDE, H. G., HORN, R. & STAHR, K. (Hrsg.) *Handbuch der Bodenkunde*; Landsberg (Ecomed), <<https://doi.org/10.1002/9783527678495.hbbk2003006>>.

Anhang

Tab. 4: Übersicht der Hinweise zur Klassifikation von Moorkultursolen aus der Bodenschätzung mit Zusatzmerkmalen und Nutzung weiterer räumlicher Daten für die Abgrenzung.

Kap.	Name	Hinweise zur Klassifikation		
		Bodenart des Klassenzeichens	weitere Merkmale der Bodenschätzung	Nutzung weiterer Daten zur Abgrenzung
5.1	Historische bis vorindustrielle Moorkultivierung			
5.1.2	Fehnkultur	- Fehnkulturböden: <i>SMo</i>, <i>MoS</i>, <i>S/Mo</i> - unvollständige Abtorfung oder nicht abgetorft: <i>Mo/*</i>, <i>Mo</i>	keine	Abgrenzung der Fehnkulturgebiete
5.1.3	Spittkultur	Spittkulturböden: <i>LMo</i>, <i>MoL</i>, <i>MoT</i>, <i>TMo</i>	keine	Abgrenzung der Spittkulturgebiete
5.1.4	Findorffkultur	- kein typischer Moorkultursol - natürliche Moore oder unvollständige Abtorfungen werden als <i>Mo/*</i> oder <i>Mo</i> gekennzeichnet	keine	Abgrenzung der Findorffkulturen
5.1.5	Rimpau'sche Moordammkultur	Moordammkulturen werden als <i>S/Mo</i> gekennzeichnet	keine	Abgrenzung der Moordammkulturen
5.1.6	Unvollständige Abtorfung auf Heidemoor	- kein typischer Moorkultursol <i>Mo</i>, <i>Mo/*</i> bei unvollständiger Abtorfung <i>SMo</i>, <i>MoS</i> oder <i>S/Mo</i> bei stark profilveränderten Mooren	keine	Abgrenzung der unvollständigen Abtorfungen (Heidemoore)
5.2	Frühindustrielle Moorkultivierung	- kein typischer Moorkultursol - natürlich gewachsene Moore mit <i>Mo</i>-Profilen <i>SMo</i>, <i>MoS</i> oder <i>S/Mo</i> bei stark profilveränderten Mooren	keine	bisher nicht systematisch erfasst
5.3	Industrielle Moorkultivierung			
5.3.2	Industrielle Abtorfung	- kein typischer Moorkultursol - natürlich gewachsene Moore mit <i>Mo</i>-Profilen <i>SMo</i>, <i>MoS</i> oder <i>S/Mo</i> bei stark profilveränderten Mooren	keine	systematische Erfassung industrieller Abtorfungen
5.3.3	Deutsche Sandmischkultur und Tiefpflug-Sanddeckkultur	<i>SMo</i>, <i>MoS</i>	fehlende Angaben zum Zustand und der Entstehung	keine
5.3.4	Sanddeckkultur auf Hoch- und Niedermoor	<i>S/Mo</i>, <i>IS/Mo</i>	- fehlende Angaben zum Zustand und der Entstehung - dC-Horizonte in der ersten Schicht eines Profils	keine

Tab. 4: Übersicht der Hinweise zur Klassifikation von Moorkultusole aus der Bodenschätzung mit Zusatzmerkmalen und Nutzung weiterer räumlicher Daten für die Abgrenzung (Fortsetzung).

Kap.	Name	Hinweise zur Klassifikation		
		Bodenart des Klassenzeichens	Weitere Merkmale der Bodenschätzung	Nutzung weiterer Daten zur Abgrenzung
5.3.5	Niedermoor mit Kleimarsch-auflage	▪ <i>T/Mo, L/Mo</i> ▪ <i>LMo, MoL, MoT, TMo</i> bei Mischungen von Torf und Schlick	keine	keine
5.3.6	Baggerkuhlungen	▪ <i>SMo, MoS</i>	▪ „YBK“ oder „Baggerkuhlung“ in Besonderheiten zum Profil (BODSON)	keine
5.4	Alte Moor-Treposesole	▪ <i>SMo, S, SI, IS</i>	▪ Feinbodenart Sand ▪ Humus „mo2“ oder „mo3“	keine
5.5	Flachumbrüche	▪ <i>SMo < 40 cm, S, SI, IS</i>	▪ geringmächtige Schichten der Bodenart Mo im Klassenzeichen ▪ Mischungsangaben zu Sand und Torf sowie Torfrete in Besonderheiten zum Profil (BODSON)	keine
5.6	Böden in Spülflächen	▪ <i>L, T</i>	keine	Abgrenzung der Spülflächen in Riepe und Ihrhove

Tab. 5: Schlüsselliste (Auswahl) von Bodentypen (BOTYP) und diagnostischen Horizonten nach niedersächsischer Nomenklatur (PEP).

BOTYP Kürzel	Klartext	Untergrenze des bestimmenden diagnostischen Horizonts
HH	(Norm-)Hochmoor	Untergrenze H-Horizont
HN	(Norm-)Niedermoor	Untergrenze H-Horizont
MN	(Norm-)Kleimarsch	Untergrenze Go-Horizont
YA	Alter Moor-Treposesol	Untergrenze aR-Horizont
YBhh	Baggerkuhlungsboden aus Hochmoor	Untergrenze bR-Horizont
YD	Deckkulturboden	Untergrenze dC-Horizont
YF	Fehnkulturboden	Untergrenze vR-Horizont
YT	Spitkulturboden	Untergrenze tR-Horizont
YU	tiefer (> 4 dm) bzw. flacher (< 4 dm) Umbruchboden	Untergrenze uR-Horizont
YUhh	Tiefumbruchboden aus Hochmoor	Untergrenze uR-Horizont
YUhn	Tiefumbruchboden aus Niedermoor	Untergrenze uR-Horizont

Tab. 6: Schlüsselliste (Auswahl) zur Kennzeichnung der Geogenese (GEOGE) nach niedersächsischer Nomenklatur (PEP).

GEOGE Kürzel	Klartext
eps	epilitorale Ablagerung
fug	flach umgebrochen, Flachumbruch (≤ 4 dm)
Hh	Hochmoor
Hn	Niedermoor
smk	Sandmischkultur
tug	tief umgebrochen, Tiefumbruch (> 4 dm)
ybk	Baggerkuhlung
ydk	Deckkultur
yf	Fehnkultur
yhs	umgelagerter Schwarztorf (nach Baumaßnahmen)
yhw	umgelagerter Weißtorf (in Fehngebieten, nach Brenntorfabbau oder Baumaßnahmen)
yt	Spittkultur
ysp	Spülfeldablagerung

Tab. 7: Schlüsselliste wichtiger Bodenarten (BODART) im Klassenzeichen der Bodenschätzung der Moorkultusole (Anlage 1 und 2 BodSchätzG; VR BodSchätzG zu § 3).

BODART Kürzel	Klartext
Moor und Übergangsbodenarten im Moorboden	
Mo	Moor
LMo, MoL, TMo, MoT	Übergangsbodenarten zwischen Moorboden und Mineralböden mit Lehm und Ton
SMo, MoS, ISMo, MoIS	Übergangsbodenarten zwischen Moorboden und Mineralböden mit Sand oder anlehmiger Sand
Schichtwechsel der Bodenart von der Krume zum Untergrund im Moorboden	
Mo/L, Mo/T	Schichtwechsel Moor zu Lehm oder Ton
Mo/S, Mo/IS	Schichtwechsel Moor zu Sand oder anlehmiger Sand
L/Mo, T/Mo	Schichtwechsel Lehm oder Ton zu Moor (überdecktes Moor)
S/Mo, IS/Mo	Schichtwechsel Sand oder anlehmiger Sand zu Moor (überdecktes Moor)
Mineralische Bodenarten	
S	Sand
SI	anlehmiger Sand
IS	lehmiger Sand
T	Ton
L	Lehm

Autorenschaft

- Friederike Schwenk

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 2.1 Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.

- Dr. Ernst Gehrt

<https://orcid.org/0000-0002-3664-1796>

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 2.1 Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.

Mit Beiträgen von

- Laurentiu Constantin

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 2.1 Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.

- Sven Evertsbusch

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 2.1 Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.

- Dr. Frank Nico Herrmann

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 2.1 Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.

- Gero Jahns

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 3.3 Grundwasserschutz,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.

- Dr. Karsten Krüger

<https://orcid.org/0000-0003-0263-8668>

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 2.1 Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.

- Dr. Inga Preiss-Daimler

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 2.1 Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.

- Maike Weduwen

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 2.1 Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.

ISSN 1864 – 7529