

ISSN 0340-4927

# TELMA

Berichte der  
Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde



2023

T E L M A	Band 53	Seite 1 - 232	Hannover, November 2023
-----------	---------	---------------	-------------------------

# Deutsche Gesellschaft für Moor- und Torfkunde (DGMT) e.V.

Stilleweg 2, 30655 Hannover (Alfred-Bentz-Haus)

www.dgmtv.de

IBAN: DE90 2501 0030 0303 2003 01, BIC: PBNKDEFF

## VORSTAND

1. Vorsitzender: ANDREAS BAUEROCHSE, Stilleweg 2, 30655 Hannover  
2. Vorsitzender: JUTTA ZEITZ, Albrecht-Thaer-Weg 2, 14195 Berlin  
1. Schriftführer: HORST WEISSER, Rosengarten 1, 88410 Bad Wurzach  
2. Schriftführer: ANDREAS LECHNER, Seminarstraße 19b, 49074 Osnabrück  
Schatzmeister: ANN CHRISTIN SIEBER, Stilleweg 2, 30655 Hannover  
Schriftleitung der TELMA: SABINE JORDAN, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), Box 7014, S-75007 Uppsala, VOLKER SCHWEIKLE, Ebertstraße 12A, 69190 Walldorf

## Sektions-Vorsitzende

- Sektion I: Geowissenschaften  
STEFAN FRANK, Thünen-Institut für Agrarclimaschutz, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig  
NIKO ROßKOPF, Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, Inselstraße 26, 03046 Cottbus
- Sektion II: Torf-Gewinnung und -Verwertung  
SILKE KUMAR, Moorgutsstraße 1, 26683 Saterland
- Sektion III: Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Gartenbau  
JÜRGEN MÜLLER, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock
- Sektion IV: Chemie, Physik und Biologie  
LYDIA RÖSEL, Albrecht-Thaer-Weg 2, 14195 Berlin,  
DOMINIK ZAK, Aarhus University, Vejløvej 25, DK-8600 Silkeborg
- Sektion V: Naturschutz und Raumordnung  
MICHAEL TREPEL, Kleiner Kuhberg 18-20, 24103 Kiel
- Sektion VI: Medizin und Balneologie – nicht besetzt
- Sektion VII: Landeskunde und Umweltbildung  
MICHAEL HAVERKAMP und JANNA GERKENS  
Emsland Moormuseum, Geestmoor 6, 49744 Geeste

## Beirat

- |                              |                               |                       |
|------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| GERFRIED CASPERS, Uetze      | MICHAEL EMMEL, Hannover       | JOSEF GRAMANN, Vechta |
| BERND HOFER, Altenberge      | GERD LANGE, Hannover          |                       |
| ECKHARD SCHMATZLER, Hannover | DIANA WEIGERSTORFER, Freiburg |                       |

## Redaktionsbeirat der TELMA

- |                    |                    |                     |
|--------------------|--------------------|---------------------|
| ANDREAS BAUEROCHSE | ANDRÉ-MICHAEL BEER | JOACHIM BLANKENBURG |
| ARTHUR BRANDE      | JÖRG GELBRECHT     | JÜRGEN GÜNTHER      |
| MICHAEL HAVERKAMP  | ADAM HÖLZER        | HEINRICH HÖPER      |
| HAGEN KNAFLA       | GERD LANGE         | VERA LUTHARDT       |
| AXEL PRECKER       | MICHAEL TREPEL     | JUTTA ZEITZ         |

Stand 28. November 2023

Schriftwechsel, der sich auf die TELMA bezieht, an SABINE JORDAN, E-Mail: jordan@dgmtv.de

TELMA	Band 53	Seite 167 - 184	7 Abb., 1 Tab.	Hannover, November 2023
-------	---------	-----------------	----------------	-------------------------

# Wurzelverteilungsmuster im stauwassergeprägten Niedermoorgrünland und Möglichkeiten einer Gefügesanierung durch Wurzeln

Root distribution patterns in waterlogged fen grassland and possibilities  
of structural restoration by roots

JULIA BASTIAN, VERA LUTHARDT und JUTTA ZEITZ

## Zusammenfassung

Durch den Einsatz von schwerer Agrartechnik, die Verlagerung vermulmter Bodenpartikel und den Wechsel von Auftauen und Gefrieren können sich in landwirtschaftlich genutzten Niedermooren Verdichtungsschichten bilden. Die Folgen sind eingeschränkte Wasserleitfähigkeiten und saisonal auftretende Überstauereignisse, die sich negativ auf die Ertragsleistung der Standorte auswirken. Das von verdichteten Mineralböden bekannte Konzept des bio-tillage bzw. biological drilling verspricht einen neuen Lösungsansatz zur Verbesserung der Bodenstruktur, bei dem Pflanzenwurzeln zur Lockerung und Regeneration der Bodenstruktur eingesetzt werden. Jedoch ist nicht jede Pflanzenart gleichermaßen geeignet, da das Penetrationsvermögen artspezifisch ausgebildet ist. Um die identifizierte Forschungslücke zu Arten des Niedermoorgrünlands aufzugreifen, wurden auf drei Niedermoorflächen im Land Brandenburg, von denen das Auftreten von Stauwasser bekannt ist, Vegetations-, Boden- und Wurzelstudien durchgeführt. Von den elf betrachteten Arten erscheinen acht potenziell für eine Gefügesanierung geeignet, die gut in die bestehenden Konzepte der Nutzung von Paludikulturen zu integrieren sind.

## Abstract

Employing heavy agricultural machinery, the relocation of moorshyfted soil particles, and the alternation between thawing and freezing, can lead to the formation of barrier layers in agricultural used fens. The consequences are limited water conductivity and seasonal waterlogging events, which have a negative impact on the yield of the sites. The concept of bio-tillage or biological drilling, previously known in compacted mineral soils, promises a new approach to improving the soil structure by using plant roots to loosen and regenerate the soil structure. However, not every plant species is equally suitable, as its penetration ability is species-specific. To reduce the identified research gap for fen grassland species, vegetation, soil and root studies were made at three fen sites in Brandenburg where the occurrence of waterlogging is known. Of the eleven species examined, eight appear potentially suitable for structural regeneration and can be well integrated into existing concepts for the use of paludicultures.

Schlüsselwörter: Niedermoorboden, Grünland, oberflächennahe Verdichtung, Vegetationsuntersuchungen, Durchwurzelung

Keywords: fen soil, grassland, near-surface compaction, vegetation studies, root penetration

## 1. Einleitung

Eine andauernde entwässerungsbasierte Nutzung von Moorstandorten setzt sekundäre Bodenentwicklungsprozesse in Gang, durch die sich die Wasserspeicher- und -leitfähigkeit der Torfe verschlechtern (EDOM 2001, SCHMIDT 1994, ZEITZ 2001). Immer häufiger wird an der Oberfläche landwirtschaftlich genutzter Moore Stauwasser sichtbar, während das Grundwasser deutlich tiefer steht (ZEITZ & PICKERT 2017).

Das Auftreten anthropogen bedingter stauender Schichten wurde erstmals von ZEITZ et al. (1987) untersucht. Die AutorInnen stellten eine starke Verdichtung unter der Hauptwurzelschicht vererdeter und vermulmter Moore fest. Während bis dato die Meinung bestand, derartige Verdichtungen seien durch Verflechtung und Verfilzung der Wurzeln bedingt, erkannten ZEITZ et al. (1987) eine plattige Gefügeschicht in 15 bis 25 cm Tiefe, die vor allem auf Standorten mit vermulmtem Oberboden auftrat (siehe Abb. 1).

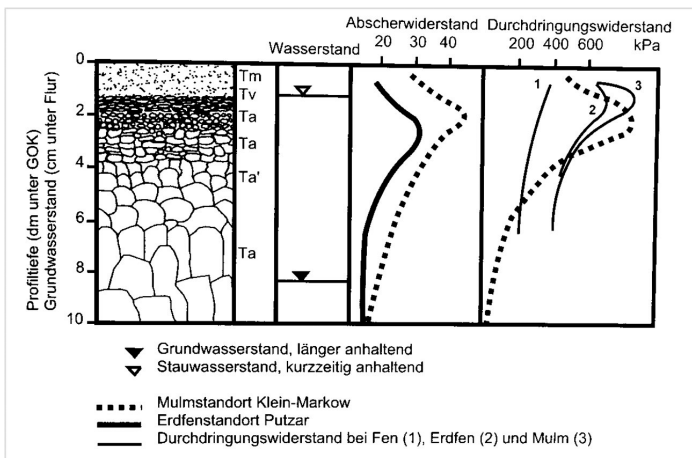


Abb. 1: Ausprägung einer Stauschicht auf einem Mulmniedermoor (ZEITZ et al. 1987 zitiert nach ZEITZ 2001).

Formation of a barrier layer on a moorshyfted fen (ZEITZ et al. 1987 cited from ZEITZ 2001).

HORN & HARTGE (1979) erklären die Ausbildung eines Plattengefüges in Mineralböden wie folgt: Durch das Befahren mit zu hohen Radlasten entstehen im Boden im Bereich unterschiedlicher Elastizitäten senkrecht zur Belastungsrichtung Risse, zwischen denen

sich bei räumlicher Betrachtung Aggregate in Form von dünnen Platten zeigen. Neben dem Einsatz von zu schwerer Agrartechnik bedingen in Niedermooren nach derzeitigem Wissensstand auch die Verlagerung vermulmter Oberbodenpartikel unter die Hauptwurzelzone und der Wechsel von Auftauen und Gefrieren die Plattenbildung (ZEITZ 2014).

In der Vergangenheit wurde das Gefüge bei der Moorbodenansprache oft vernachlässigt, da sowohl eine geeignete Aufnahmemethode als auch ein standardisiertes Aufnahmeformular in Deutschland fehlten. Zudem bezogen sich die Gefügeformen nach KA5 (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005) auf mineralische Böden (CONSTANTIN et al. 2022a, MEIER-UHLHERR 2015). Durch das Projekt „WIKIMooS - Wissens- & KartierungsIndikatorenset MoorSubstrate“ (<https://hu.berlin/wikimooS>) wird nun das Gefüge in den Fokus der Moorbodenansprache gestellt, da es das Ausmaß der sekundären Bodenentwicklung entwässerter Moorstandorte indiziert.

Das Bodengefüge beeinflusst über Größe und Lagerungsdichte der Aggregate maßgeblich das Wurzelwachstum (NIEVERGELT et al. 2002). Allgemein erfolgt dieses nach dem Prinzip des kleinsten Widerstands. Nur die weiten Grobporen mit einem Durchmesser  $>50 \mu\text{m}$  sind für Wurzeln zugänglich. Auch durch ehemalige Wurzelkanäle und Regenwurmröhren entstandene Bioporen sowie pedogenetisch bedingte Klüfte, Spalten und Risse dienen als Wachstumswege. Ist die Wasser- und Nährstoffversorgung über die Grobporen nicht ausreichend, können sich Wurzeln unter Energieaufwand durch eine Durchmesserergrößerung in die Mittelporen drängen. Ab einem Eindringwiderstand von 2 bis 5 MPa übersteigt die Widerstandskraft des Bodengerüsts jedoch die Penetrationskraft der Wurzeln (POLOMSKI & KUHN 1998). Allerdings unterscheidet sich der Toleranzbereich einzelner Arten selbst innerhalb einer Gattung stark (DANNOWSKI & WERNER 1997).

Zusammenhänge zwischen Bodenstruktur und Wurzelwachstum wirken nicht nur einseitig. Wurzeln verändern auch den Boden etwa durch den Entzug von Wasser und Ionen, die Abgabe von organischen und anorganischen Stoffen, die Bewegung von Bodenaggregaten und das Erschaffen von Wurzelgängen (HELAL 1991). Die zwei letztgenannten Aspekte befähigen Wurzeln dazu, Regenerationsprozesse in verdichteten Böden einzuleiten. Das Konzept des bio-tillage bzw. biological drilling bezeichnet den gezielten Anbau bestimmter Pflanzenarten zur Verbesserung der Bodenstruktur, indem die Pflanzen mit ihren Wurzeln bis in den Unterboden reichende Bioporen schaffen und die Wachstumsbedingungen für die Folgekultur verbessern. Die bisherige Erforschung erfolgte jedoch nur in Mineralböden (ZHANG & PENG 2021).

Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen einer Bachelorarbeit der Forschungsfrage nachgegangen, ob das Konzept des bio-tillage im Niedermoorgrünland anwendbar ist und welche Pflanzenarten für die Lockerung anthropogen bedingter Stauschichten eingesetzt werden könnten. Dazu erfolgten in drei Niedermoorgebieten im Land Brandenburg

Aufnahmen des Wurzelsystems verschiedener Pflanzenarten mit Fokus auf der räumlichen Verteilung und Intensität der Durchwurzelung sowie in Zusammenschau mit den Bodenmerkmalen Gefüge, Eindringwiderstand und Trockenrohdichte.

## 2. Untersuchungsgebiete und Methoden

Bei der Auswahl der Untersuchungsflächen bestand das Problem, dass bei vorherigen Bodenansprachen das Gefüge zumeist vernachlässigt worden war und die Identifikation einer (anthropogenen) Verdichtungsschicht über die häufig ausgewiesenen ökohydrologischen Kennwerte Wasserstufe und Wasserregimetyt nach KOSKA (2001) nicht möglich ist. Daher wurde auf subjektive Erfahrungswerte, d. h. Stauwasserbeobachtungen durch die Bewirtschaftenden und/oder Mitarbeitenden aus Forschungsprojekten, zurückgegriffen. Auf dieser Grundlage wurden die Untersuchungsflächen im Rhinluch, im Havelländischen Luch und auf den Hammerfließwiesen bei Templin ausgewählt.

Das Rhinluch umfasst eine 240 km<sup>2</sup> große Niederung nordwestlich von Berlin, in der sich in Folge der Nordseetransgression und des Elbe-Rückstaus großflächige Grundwasser-Versumpfungsmoore aus Schilf-, Großseggen- und Erlenbruchtorfen mit einer durchschnittlichen Mächtigkeit von 2 m gebildet haben (LUTZE 2014, SUCCOW 2001). Im 869 km<sup>2</sup> großen Havelländischen Luch kam es ähnlich wie im Rhinluch zur großflächigen Bildung von Grundwasser-Versumpfungsmooren (SCHNEIDER 1962). In beiden Gebieten erfolgte zu DDR-Zeiten im Zuge der Komplexmeliorationen eine tiefreichende Entwässerung und eine intensive Nutzung als (Saat-)Grasland (NEITSCH 2023, PETRI 2023). Die nur 170 ha großen Hammerfließwiesen wurden bis 1993 mit 200 Rindern beweidet und über das namensgebende Hammerfließ entwässert (SCHULTZ 2023). Radzellen-, Braunmoos-, Schilf- und Erlenortfe sowie Mudden deuten auf eine Entstehung als Verlandungsmoor hin (WENZL 2023). Nach 1990, insbesondere aber innerhalb der letzten zehn Jahre, erfolgte auf allen drei Untersuchungsflächen eine Extensivierung der Nutzung einschließlich Bio-Zertifizierung.

Tab. 1: Erfasste Vegetationsbestände auf den Untersuchungsflächen.  
Examined vegetation on the study sites.

Untersuchungsfläche	Punkt A	Punkt B	Punkt C
Rhinluch	Ackerkratzdistel- Flatterbinsen-Bestand	Knickfuchsschwanz- Bestand	Gänsefingerkraut- Ackerkratzdistel-Bestand
Havelländisches Luch	Schlankseggen- Dominanzbestand	Sumpfseggen-Bestand	Rasenschmielen- Bestand
Hammerfließ	Gelbe Wiesenraute- Flatterbinsen-Wolliges Honiggras-Bestand	Kriechender Hahnenfuß- Wiesenrispengras- Flatterbinsen-Bestand	Sumpfseggen-Bestand

Die Aufnahmen auf den Untersuchungsflächen erfolgten vom 15. Juni bis 20. Juli 2022. Bei der Auswahl der Untersuchungspunkte wurden Vorkommen von Zeigerpflanzen für Staunässe, Wechsellässe, Wechselfeuchtigkeit, Verdichtung und Narbenstörung durch Überstauung und/oder Vermulmung nach GALL (2007) berücksichtigt. Je Untersuchungsgebiet bzw. -fläche (Rhinluch, Havelluch, Hammerfließ) wurden jeweils drei Untersuchungspunkte in verschiedenen Vegetationsbeständen (A, B, C) festgelegt (siehe Tab. 1). In diesen wurde zuerst ein 4 x 4 m großes Quadrat für eine Vegetationsaufnahme nach Braun-Blanquet abgegrenzt (DIERSCHKE 1994). In das 16 m<sup>2</sup> große Quadrat wurde das 1 x 1 m kleine Untersuchungsquadrat gelegt, in dem alle weiteren Aufnahmen erfolgten (siehe Abb. 2). Bei der Vegetationsaufnahme im 1 x 1 m Quadrat wurden alle Gefäßpflanzenarten und Moose mit ihrem Deckungsgrad nach LONDO (1976) aufgenommen. Die ein bis drei Gefäßpflanzenarten mit den höchsten Deckungsgraden finden sich in der Bezeichnung des Untersuchungspunktes wieder, da die Arten aufgrund ihrer Dominanz in den Fokus der Wurzelauftnahmen gestellt wurden.

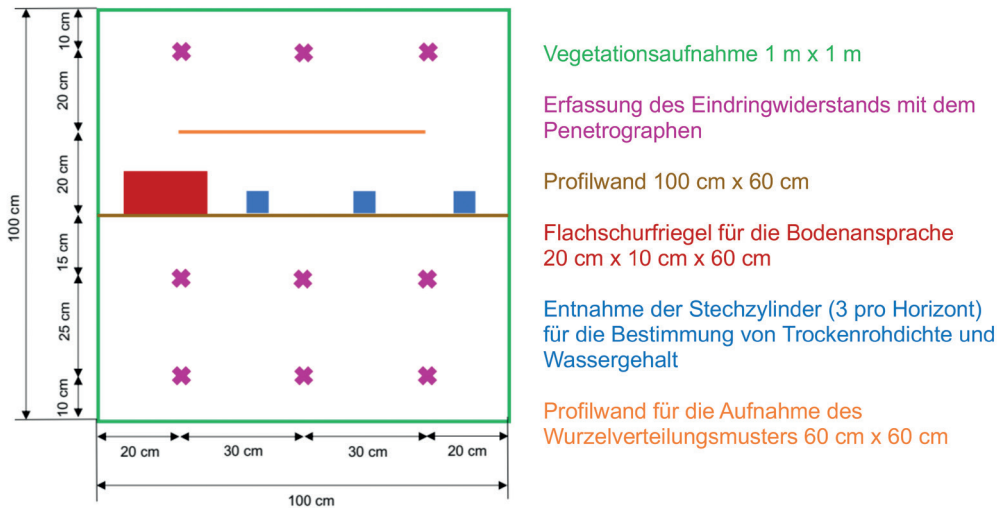


Abb. 2: Anlage eines Untersuchungspunktes zur Verortung der Aufnahmen im 1 x 1 m Untersuchungsquadrat.

Design of an investigation site to localise the measurements in the 1 x 1 m investigation square.

Nach den Vegetationsaufnahmen folgten neun Messungen des (Kegel-)Eindringwiderstands mit einem Penetrographen bis in 60 cm Tiefe. Für die Bodenansprache wurde ein 60 cm langer, 20 cm breiter und 10 cm starker Flachschurfriegel (siehe Abb. 3 links) nach der Methode von CONSTANTIN et al. (2022b) entnommen. Die Ansprache erfolgte nach der zum Aufnahmezeitpunkt gültigen Bodenkundlichen Kartieranleitung KA5 (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005). Die Gefügeformen wurden nach CONSTANTIN et



al. (2022c) benannt. Nach der Bodenansprache wurden anhand der ausgewiesenen Horizontgrenzen in der stehengebliebenen Profilwand sechs horizontbezogene Eindringwiderstandsmessungen mit einem Taschenpenetrometer durchgeführt (nicht in der Abb. 2 eingezeichnet). Des Weiteren wurden für die Bestimmung von Trockenrohichte und Wassergehalt je Horizont drei Bodenproben mittels 100 cm<sup>3</sup> fassenden Stechzylindern senkrecht zur Profilwand entnommen.

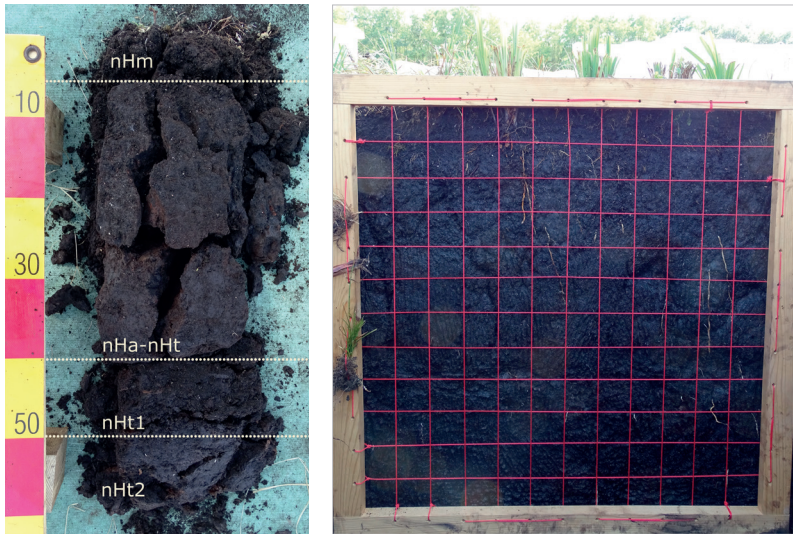


Abb. 3: Bodenriegel mit den ausgewiesenen Horizontgrenzen (links) und Wurzelprofil mit Holzrahmen (rechts) am Untersuchungspunkt Havelluch B (aufgenommen am 19.07.2022; Fotos: Julia Bastian).

Soil monolith with the identified horizon boundaries (left) and root profile with wooden frame (right) at the investigation site Havelluch B (photographed on 19/07/2022; photos Julia Bastian).

Die Durchwurzelung wurde in Anlehnung an LUTHARDT (1987) untersucht. Zunächst wurde eine ca. 20 cm dicke Bodenschicht von der Profilwand abgestochen, herausstehende Wurzeln abgeschnitten und mit Wasserstrahl und Haarbürste eine 5 mm dünne Torfschicht abgetragen, um die Aufnahme des Wurzelverteilungsmusters und der Wurzellängendichte an der Profilwand vorzubereiten. Zur Verortung der Wurzeln im Profil kam ein Holzrahmen mit einem Gitternetz zum Einsatz, das die 60 x 60 cm große Aufnahmefläche durch einen roten Faden in 5 x 5 cm große Quadrate unterteilte (siehe Abb. 3 rechts). Ein entsprechendes Raster war mit einem Millimeterpapierausschnitt auf dem Aufnahmebogen im Maßstab 1:5 abgebildet. Dort wurden die Horizontgrenzen und ihre Bezeichnungen eingetragen sowie Besonderheiten, beispielsweise Schumpfrisse, skizziert. Die Wurzellänge wurde je 5 x 5 cm-Rasterfeld in 5 mm-Einheiten erfasst, um mit der folgenden Formel nach LUTHARDT (1987) die Wurzellängendichte zu berechnen.



$$\text{Wurzellängendichte} \left[ \frac{\text{mm}}{\text{cm}^3 \text{Boden}} \right] = \frac{\text{Anzahl der 5 mm Wurzellängeneinheiten je Raster} \times 5 \text{ mm}}{12,5}$$

LEBERT et al. (2004) benennen die Wurzellängendichte als „ideale[n], qualitative[n] Indikator von Schadverdichtungen“ (ebd.: S. 26), da dieser Parameter gut mit der Wasser- und Nährstoffaufnahmefähigkeit korreliert und damit auch eine ökologische Aussagekraft besitzt.

### 3. Ergebnisse

An allen neun Untersuchungspunkten wurde ein vermulmter Oberboden festgestellt, der in der Regel mit der Ausbildung einer anthropogenen Verdichtungsschicht korreliert. An zwei Standorten wurde zudem ein Plattengefüge beobachtet. Dieses zeigte sich am Punkt

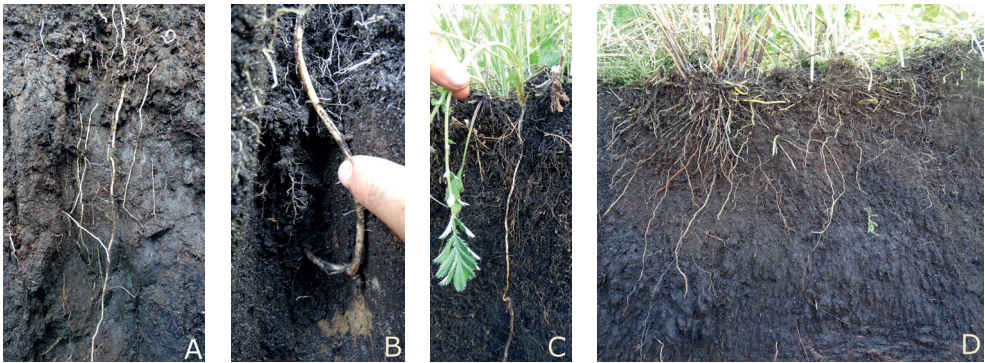


Abb. 4: Von links nach rechts: A: Gehäuftes Vorkommen und senkrechtliches Wachstum der Wurzeln von Flatter-Binse (*Juncus effusus*) und Kriechendem Hahnenfuß (*Ranunculus repens*) in den Aggregatzwischenräumen am Untersuchungspunkt Hammerfließ B (aufgenommen am 03.07.2022); B: Richtungsänderung der Polwurzel einer Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*) in 25 bis 30 cm Tiefe am Untersuchungspunkt Rhinluch C (aufgenommen am 26.06.2022); C: Verdickung der Wurzeln eines Gänse-Fingerkrauts (*Potentilla anserina*) in 20 bis 25 cm Tiefe am Untersuchungspunkt Rhinluch C (aufgenommen am 26.06.2022); D: feines Wurzelsystem des Wolligen Honiggrases (*Holcus lanatus*, rechts) reicht unter den kräftigen „Korkenzieherwurzeln“ der Flatter-Binse (*Juncus effusus*, links) tiefer in den Boden am Untersuchungspunkt Hammerfließ A (aufgenommen am 29.06.2022; Fotos: Julia Bastian).

From left to right: A: frequent occurrence and vertical growth of the roots of the common rush (*Juncus effusus*) and creeping buttercup (*Ranunculus repens*) in the inter-aggregate spaces at the study site Hammerfließ B (photographed on 03/07/2022); B: change in direction of the polar root of a field thistle (*Cirsium arvense*) at a depth of 25 to 30 cm at the study site Rhinluch C (photographed on 26/06/2022); C: thickening of the roots of a common silverweed (*Potentilla anserina*) at a depth of 20 to 25 cm at the study site Rhinluch C (photographed on 26/06/2022); D: fine root system of the velvet grass (*Holcus lanatus*, right) reaches deeper into the soil under the strong “corkscrew roots” of the common rush (*Juncus effusus*, left) at the study site Hammerfließ A (photographed on 29/06/2022; photos Julia Bastian).

Havelluch A in einem amorphen Torf mit Kiefernbeimengungen in 20 bis 35 cm Tiefe und am Punkt Havelluch B in einem Radizellen-Erlentorf mit beigemengtem Schilf in 40 bis 50 cm Tiefe. Die Abb. 3 (links) zeigt beispielhaft den entnommenen Bodenriegel am Punkt Havelluch B.

An allen Standorten zeigte sich eine ausgeprägte Segregation und Häutchenbildung (CONSTANTIN et al. 2022a). In den entsprechend ausgewiesenen nHa- und nHa-nHt-Horizonten wurde mit dem Taschenpenetrometer die höchste Druckfestigkeit gemessen, die für das Vorhandensein einer anthropogenen Verdichtungsschicht sprechen. Zumeist wurde in diesen Horizonten auch die höchste oder zweithöchste Trockenrohdichte des Profils ermittelt. Der durchschnittliche Eindringwiderstand aus den neun Penetrograph-Messungen zeigte Anstiege und „Nasen“ (Maxima) in verschiedenen Tiefen. Die für die Durchwurzelung kritische Grenze von 2 MPa wurde in den oberen 60 cm Torf an fünf von acht Standorten (am neunten Standort kam es zum Ausfall des Penetrographens) überschritten, mit Ausnahme eines Standortes erstmalig in 30 bis 40 cm Tiefe. An den drei Untersuchungspunkten am Hammerfließ blieb der Eindringwiderstand unter 2 MPa, jedoch wurden auch hier an zwei Standorten maximale Eindringwiderstände in 15 bis 30 cm Tiefe gemessen.

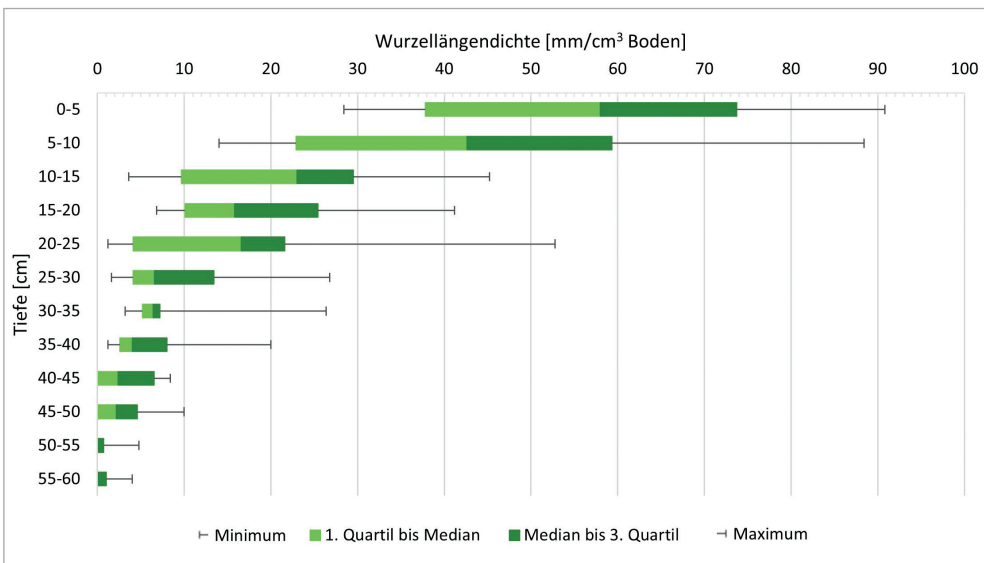


Abb. 5: Wurzelverteilungsmuster des Sumpfschilf-Bestands am Untersuchungspunkt Havelluch B dargestellt durch die Wurzellängendichte je 5 cm-Tiefenschicht (horizontaler Box-Whisker-Plot mit Minimum, 1. Quartil, Median, 3. Quartil und Maximum).

Root distribution pattern of the swamp sedge population at the study site Havelluch B shown by root length density per 5 cm depth layer (horizontal box-whisker plot with minimum, 1<sup>st</sup> quartile, median, 3<sup>rd</sup> quartile and maximum).

An der Profilwand war ein gehäuftes und nahezu ungestörtes, senkrecht nach unten gerichtetes Wachstum der Wurzeln in den Aggregatzwischenräumen zu sehen (siehe Abb. 4A). Es wurden aber auch abknickende Wurzeln und Verdickungen beobachtet (siehe Abb. 4B und Abb. 4C). Wo Wurzeln verschiedener Arten vorkamen, war der Boden intensiver erschlossen, beispielsweise konnten die feinen Wurzeln des Wolligen Honigrases (*Holcus lanatus*) unter einer Flatter-Binse (*Juncus effusus*) tiefer und intensiver in den Boden eindringen (siehe Abb. 4D).

Die Darstellung des Verteilungsmusters der Wurzeln anhand der im Feld erfassten Wurzellängendichte erfolgte in Form eines horizontalen Box-Whisker-Plots, wie beispielhaft in Abb. 5 für den Sumpfseggen-Bestand am Untersuchungspunkt Havelluch B gezeigt wird. Die intensivste Durchwurzelung wurde in einem Rasenschmielen-Bestand festgestellt (siehe Abb. 6).

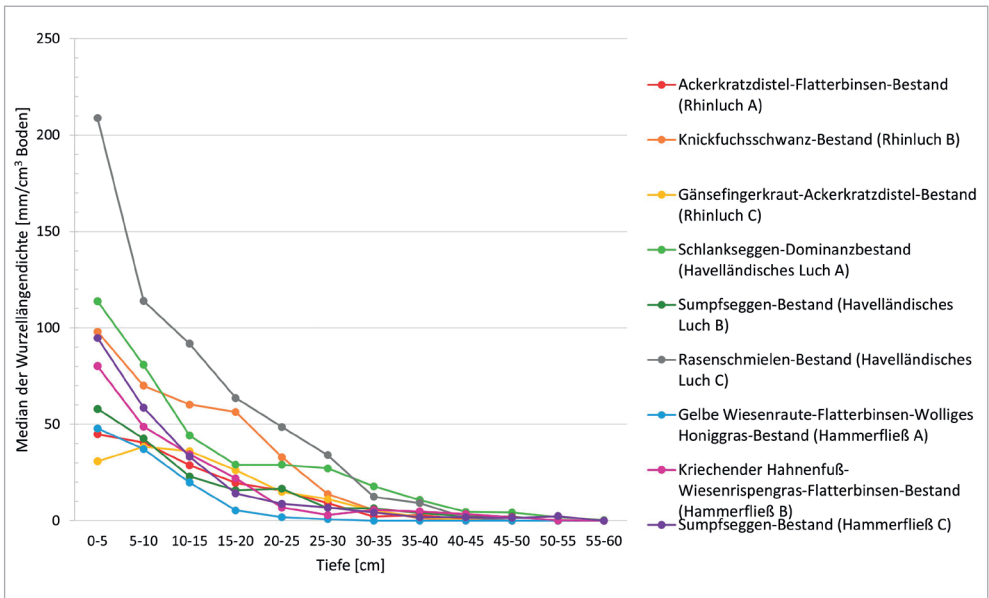


Abb. 6: Median der Wurzellängendichte je 5 cm-Tiefenschicht von allen neun aufgenommenen Vegetationsbeständen im Vergleich.

Median of the root length density per 5 cm depth layer of all nine studied vegetation populations in comparison.

#### 4. Diskussion

Zunächst stellten sich die Fragen, warum trotz Vermulmung nur an zwei Standorten ein Plattengefüge auftrat und warum dennoch bei der Betriebsbefragung von Stauwasser berichtet wurde. Neueste Erkenntnisse sprechen dafür, dass sich ein Plattengefüge nur in primär schichtigen Torfarten wie beispielsweise Schilftorf ausbildet, da diese vertikal schrumpfungsresistent sind. In den anderen Torfarten verursacht die Befahrung unter Umständen nur die Entstehung eines oder mehrerer horizontaler Risse (CONSTANTIN et al. 2022a). In älterer Literatur ist auch zu lesen, dass der segregierte Unterboden „im trockenen, aggregierten Zustand wie ein Kiesband, im feucht-plastischen Zustand wie ein Tonband [wirkt] und [...] somit sowohl die vertikale, ungesättigte (Kapillarhub) als auch die gesättigte (Versickerung) Wasserbewegung [unterbindet]“ (KUNTZE 1982 zitiert nach ZEITZ 2001: S. 89 f.). Zudem kann auch der vermulmte Oberboden hydrophobe Eigenschaften entwickeln (ZEITZ 2014), sodass es in einer Senkenlage zur Ansammlung des Oberflächenabflusses kommen kann. Ebenso können natürliche Stauschichten auftreten, beispielsweise oberflächennah anstehende Muddeschichten (LANDGRAF 2014).

Werden Einschränkungen der Durchwurzelung betrachtet, so ist der in der Einleitung erwähnte Wissensstand zum Wurzelwachstum (Prinzip des kleinsten Widerstands, Zugänglichkeit der Grobporen und ggf. Mittelporen) für die Betrachtung von entwässerten Moorstandorten bedeutsam, da infolge der Entwässerung Schrumpfungs- und Zersetzungsvorgänge ausgelöst werden, die den Anteil der Grobporen im Torf reduzieren (ZEITZ 2001). Die Bodenstruktur ist jedoch nur ein Faktor der Wurzelbildung, die komplex gesteuert wird durch verschiedene Umweltbedingungen, zu denen auch der Lichtgenuss des Sprosses, die Kontinuität der Bodenfeuchte, Bodentemperatur, Nährstoffverfügbarkeit und Nutzung (z.B. Düngung, Schnitthöhe) zählen. Hinzu kommen endogene Aspekte, wie die phänologische Entwicklung der oberirdischen Pflanzenorgane, deren Vitalität sowie Stoffwechselvorgänge und hormonelle Einflüsse. Allerdings lassen sich diese Einwirkungen in der Felderfassung nur schwer voneinander abgrenzen, aufgrund dessen Details noch ungeklärt sind (BOCKSCH 2018, HELAL 1991, HIMMELBAUER et al. 2003, POLOMSKI & KUHN 1998, RUSSEL & GOSS 1974).

Auf die Frage, welche Arten für eine Gefügesanierung im Niedermoorgrünland geeignet sind, vermag diese Arbeit erste Hinweise zu geben. Unter Hinzuziehung der anatomischen und morphologischen Beschreibungen von KUTSCHERA & LICHTENEGGER (1982, 1992) und KUTSCHERA & SOBOTIK (1992) wurde das Potenzial der untersuchten Arten eingeschätzt (siehe Abb. 7).

Von den elf untersuchten Arten wurden acht als geeignet eingeschätzt. So halten die Wurzeln der Flatter-Binse (*Juncus effusus*) laut KUTSCHERA & LICHTENEGGER (1982) temporäre Trockenheit in stark wechselfeuchten Böden aus und können dichte, luftarme Böden durchdringen. Die Schlank-Segge (*Carex acuta*) bildete am Untersuchungspunkt

### Zur Gefügesanierung geeignete Arten des Niedermoorgrünlands



Abb. 7: Einschätzung des Potenzials der untersuchten Arten für eine Gefügesanierung auf Basis eigener Beobachtungen sowie anatomischer und morphologischer Beschreibungen von KUTSCHERA & LICHTENEGGER (1982, 1992) und KUTSCHERA & SOBOTIK (1992).  
Assessment of the potential of the investigated species for structural restoration based on own observations and anatomical and morphological descriptions from KUTSCHERA & LICHTENEGGER (1982, 1992) and KUTSCHERA & SOBOTIK (1992).

Havelluch A einen Dominanzbestand und ihre Wurzeln wurden auch noch in 60 cm Tiefe festgestellt, obwohl sich im Profil eine (Stau-)Schicht aus plattigen Kiefernstückchen zeigte. Auch unter der am Standort Havelluch B erfassten Sumpf-Segge (*Carex acutiformis*) zeigte sich ein Plattengefüge im Radizellen-Erlentorf, dennoch wurden Wurzeln in 60 cm Tiefe erfasst. Die Sumpf-Segge kann im Vergleich zu anderen *Carex*-Arten besser Trockenheit ertragen, ist jedoch anfälliger für Fäulnis (KUTSCHERA & LICHTENEGGER 1982). Bei den eigenen Untersuchungen wurde sie auf einem trockenen und einem feuchten Standort erfasst. Auf letzterem erreichte sie die höhere Deckung und erschien wuchskräftiger, sodass die Eignung für die Durchwurzelung stauwasser geprägter Niedermoore nicht abgesprochen werden kann. Die bei den Geländeaufnahmen erfasste äußerst hohe Durchwurzelung des Oberbodens durch die Rasen-Schmiele (*Deschampsia cespitosa*) stimmt mit den Beschreibungen von KUTSCHERA & LICHTENEGGER (1982) überein. Die starke Verdickung des ausdauernden Außen- und Innenrindenparenchyms erklärt, warum diese Art große Unterschiede in der Bodenfeuchte zu ertragen vermag. Die Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*) besitzt gegen Fäulnis und Austrocknung geschützte Wurzeln (KUTSCHERA & LICHTENEGGER 1992), die die wechselnden Bodenfeuchteverhältnisse auf Standorten mit einer Verdichtungsschicht ertragen würden. Allerdings wurde bei den eigenen Untersuchungen ein horizontales Abknicken in 25 bis 30 cm Tiefe beobachtet. Dies erfolgte jedoch direkt über dem mineralischen Untergrund, weswegen nicht abschließend geklärt werden konnte, ob der Eindringwiderstand oder andere Umwelt-

faktoren limitierend auf das Wurzelwachstum wirkten. Der Knick-Fuchsschwanz (*Alopecurus geniculatus*) besitzt nach KUTSCHERA & LICHTENEGGER (1982) nur eine geringe Trockenheitstoleranz. Da eine Stauschicht nicht nur Staunässe, sondern auch eine starke Austrocknung des Oberbodens bewirkt, ist diese Art unter Umständen nicht gut angepasst. Allerdings wurde bei den Aufnahmen eine dichte Durchwurzelung bis in 60 cm Tiefe erfasst, die so auch bei KUTSCHERA & LICHTENEGGER (1982) beschrieben ist. Daher wäre es denkbar, *A. geniculatus* als Bestandteil einer Artenmischung für die Durchwurzelung verdichteter Niedermoorstandorte zu verwenden. Die Wurzeln des Gänse-Fingerkrauts (*Potentilla anserina*) sind an wechselnde Bodenfeuchten angepasst. Bei KUTSCHERA & LICHTENEGGER (1992) werden Durchwurzelungstiefen von über 55 cm genannt. Am Untersuchungspunkt Rhinluch C wurde jedoch ein horizontales Abknicken der spindelförmig verdickten Polwurzeln in den oberen 30 cm des Profils festgestellt, wodurch das Potenzial entkräftet wird. Die Wurzeln des Wolligen Honiggrases (*Holcus lanatus*) können laut KUTSCHERA & LICHTENEGGER (1982) bei ausreichender Erwärmung des Bodens in verdichtete Schichten eindringen. Ebenso sind sie angepasst an wechselfeuchte bis feuchte, schlecht durchlüftete Bodenbedingungen. Dies spricht für eine Eignung. In der Literatur werden dieser Art Durchwurzelungstiefen von 90 cm zugeschrieben, bei den Untersuchungen wurde jedoch ab -45 cm keine Durchwurzelung mehr erfasst. Dies wäre je nach Tiefenlage der Stauschicht nicht ausreichend, um die Art für eine Gefügesanierung einzusetzen. Das Wiesen-Rispengras (*Poa pratensis*) erscheint ungeeignet, da es kaum stauende Wechselfeuchte erträgt (KUTSCHERA & LICHTENEGGER 1982). Aufgrund fehlender Literaturangaben konnten die Gelbe Wiesenraute (*Thalictrum flavum*) und der Kriechende Hahnenfuß (*Ranunculus repens*) nicht zugeordnet werden.

## 5. Fazit

Geräte für eine mechanische Tieflockerung sind im Niedermoorgrünland aufgrund des Umbruchverbots nicht anwendbar und sollten aus Umwelt- und Klimaschutzgründen (Belüftung des Bodens, Mineralisation des Torfes) auch nicht zum Einsatz kommen. Auf der Suche nach einer Alternative verspricht das Konzept des bio-tillage eine neue Perspektive, da hierbei Pflanzenwurzeln zur Regeneration der Bodenstruktur eingesetzt werden. Weitere Untersuchungen zu Wurzelverteilungsmustern in Niedermooren können hierfür die Grundlage bilden und erscheinen insbesondere vor dem Hintergrund integrierter Nutzungsmöglichkeiten der degradierten Niedermoorflächen interessant. Der Vergleich mit den bei BIRR et al. (2021) aufgeführten Paludikulturen für Niedermoore im nordostdeutschen Tiefland offenbart, dass sich Überschneidungen mit den untersuchten Arten ergeben, die für eine Gefügesanierung als potenziell geeignet eingestuft wurden. Beispielsweise ist die Nutzung von Großseggenrieden bei entsprechend hohen Wasserständen zu nennen, die auch den Torferhalt bedingen. Weitere Vorteile bestehen, da Schlank- und Sumpf-Segge nach Anheben der Wasserstände in der Regel innerhalb von drei Jahren von allein in die Fläche einwandern und sich verschiedene Verwertungsoptionen eröffnen.



In den aufgezeigten Verknüpfungen der Gefügesanierung durch Wurzeln mit einer nachhaltigen landwirtschaftlichen Nutzung von Niedermooren liegt großes Potenzial. Durch die Verbesserung der Gefügestruktur der degradierten Horizonte könnte deren Wasserleit- und -haltefähigkeit wieder verbessert werden, was die Kontinuität der Wasserversorgung, die Verminderung von sommerlichen Überstauphasen nach Starkregenereignissen und die Regulierbarkeit der Wasserstände erhöhen würde. Diese Faktoren beeinflussen u. a. maßgeblich ein stabiles Ertragsniveau. Jedoch besteht noch weiterer Forschungsbedarf zu den für die Gefügesanierung geeigneten Pflanzenarten. Ergänzende Betrachtungen etwa zum anatomischen Aufbau sind nötig, um die Anpassung an wechselnde Bodenfeuchten und das Durchwurzelungsvermögen zu verstehen. Unbeachtet bleiben darf auch nicht die ökologische Perspektive, denn bei einem gehäuften Wurzelvorkommen in wenigen Grobporen und/oder zu weiten Spalten kann unter Umständen keine ausreichende Wasser- und Nährstoffversorgung erzielt werden (PASSIOURA 1991). Auch ist die zusätzliche Wirkung der Bodentiere zu beleuchten.

Festzustellen ist, dass eine weitere Entwässerung der Moorflächen den Prozess der Bodendegradierung mit der Herausbildung anthropogener Verdichtungsschichten fortsetzt und verstärkt. Nur durch Vernässung und Umstrukturierung der Pflanzenbestände kann diesen negativen Effekten entgegengewirkt werden.

## 6. Danksagung

Für den Flächenzugang, das Zusenden von Koordinaten für die Untersuchungspunkte und die aufgebrauchte Zeit für die Nutzungsbefragung danken wir den Landwirten Herrn Sebastian Petri, Herrn Reiner Schultz und Herrn Detlef Neitsch.

## 7. Literaturverzeichnis

- AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. verbesserte und erweiterte Auflage. – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 438 S.; Hannover.
- BIRR, F., ABEL, S., KAISER, M., NÄRMANN, F., OPPERMAN, R., PFISTER, S., TANNEBERGER, F., ZEITZ, J. & LUTHARDT, V. (2021): Zukunftsfähige Land- und Forstwirtschaft auf Niedermooren – Steckbriefe für klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftungsverfahren (=Auszug aus den BfN-Skripten 616). 148 S.; Eberswalde, Greifswald (Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde und Greifswald Moor Centrum).
- BOCKSCH, M. (2018): Auswirkungen des Schnittes auf das Wachstum der Gräser. – URL: <https://neulandschaft.de/artikel/auswirkungen-des-schnittes-auf-das-wachstum-der-graeser-5308>; geöffnet 16.05.2023



- CONSTANTIN, G. L.; GEHRT, E. & ZEITZ, J. (2022a): Das WIKIMooS-Feldbuch zur Horizontansprache in Moorböden. – URL: [https://www.agrar.hu-berlin.de/de/institut/departments/dntw/bodenkstandort/forschung/projekte\\_abgeschlossen/wikimoos/wikimoos\\_feldbuch\\_teila\\_theorie-1.pdf](https://www.agrar.hu-berlin.de/de/institut/departments/dntw/bodenkstandort/forschung/projekte_abgeschlossen/wikimoos/wikimoos_feldbuch_teila_theorie-1.pdf); geöffnet 07.06.2023
- CONSTANTIN, G. L.; GEHRT, E. & ZEITZ, J. (2022b): Der Flachschorf. ME-01. – URL: [https://www.agrar.hu-berlin.de/de/institut/departments/dntw/bodenkstandort/forschung/projekte\\_abgeschlossen/wikimoos/wikimoos\\_feldbuch\\_gelaendematerialien.pdf](https://www.agrar.hu-berlin.de/de/institut/departments/dntw/bodenkstandort/forschung/projekte_abgeschlossen/wikimoos/wikimoos_feldbuch_gelaendematerialien.pdf); geöffnet 26.07.2023
- CONSTANTIN, G. L.; GEHRT, E. & ZEITZ, J. (2022c): Übersicht Gefügeformen. GF-ÜS. – URL: [https://www.agrar.hu-berlin.de/de/institut/departments/dntw/bodenkstandort/forschung/projekte\\_abgeschlossen/wikimoos/wikimoos\\_feldbuch\\_gelaendematerialien.pdf](https://www.agrar.hu-berlin.de/de/institut/departments/dntw/bodenkstandort/forschung/projekte_abgeschlossen/wikimoos/wikimoos_feldbuch_gelaendematerialien.pdf); geöffnet 26.07.2023
- DANNOWSKI, M. & WERNER, A. (1997): Die Bedeutung von Pflanzenwurzeln bei der ökologischen Beurteilung des Bodengefüges im Labor und in der Landschaft. – *Die Bodenkultur*, Jg. **48**, Nr. 2: S. 73-88.
- DIERSCHKE, H. (1994): *Pflanzensoziologie*. 683 S.; Stuttgart (Verlag Eugen Ulmer).
- EDOM, F. (2001): Hydrologische Eigenschaften. – In: SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. (Hrsg.): *Landschaftsökologische Moorkunde*. 2., völlig neu bearbeitete Auflage: S. 17-18; Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- GALL, B. (2007): *Sicherung und Entwicklung von Böden und ihren Funktionen in Niederungen durch Naturschutzmaßnahmen. Anhang I. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades „doctor rerum naturalium“ (Dr. rer. nat.) in der Wissenschaftsdisziplin „Landschaftsplanung / Geoökologie“ eingereicht an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Potsdam.*
- HELAL, H. M. (1991): Bodengefüge, Wurzelentwicklung und Wurzelfunktionen. – *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, Jg. **154**, Nr. 6: S. 403-407.
- HIMMELBAUER, M. L., KASTANEK, F., LOISKANDL, W. & CEPUDER, P. (2003): Einfluss unterschiedlicher N-Düngermengen im Zusammenhang mit Bodeneigenschaften auf die Wurzelentwicklung. – In: BUNDESANSTALT FÜR ALPENLÄNDISCHE LANDWIRTSCHAFT GUMPENSTEIN (Hrsg.): *10. Gumpensteiner Lysimetertagung*, 29. und 30. April 2003: S. 175-178; Irndning (Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein).
- HORN, R. & HARTGE, K. H. (1979): Anthropogene Aggregatbildung als Folge unterschiedlicher Elastizitätsmoduln des Bodens. – *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, Bd. **29**, Heft 1: S. 197-206.
- KOSKA, I. (2001): Ökohydrologische Kennzeichnung. – In: SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. (Hrsg.): *Landschaftsökologische Moorkunde*. 2., völlig neu bearbeitete Auflage: S. 92-111; Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- KUTSCHERA, L. & LICHTENEGGER, E. (1982): *Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen. Band 1: Monocotyledoneae*. 516 S.; Stuttgart, New York (Gustav Fischer Verlag).
- KUTSCHERA, L. & LICHTENEGGER, E. (1992): *Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen. Band 2: Pteridophyta und Dicotyledoneae (Magnoliopsida), Teil 1: Morphologie, Anatomie, Ökologie, Verbreitung, Soziologie, Wirtschaft*. 851 S.; Stuttgart, Jena, New York (Gustav Fischer Verlag).

- KUTSCHERA, L. & SOBOTIK, M. (1992): Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen. Band 2: Pteridophyta und Dicotyledoneae (Magnoliopsida), Teil 2: Anatomie. 261 S.; Stuttgart, Jena, New York (Gustav Fischer Verlag).
- LANDGRAF, L. (2014): Wiedervernässung von Mooren. – In: LUTHARDT, V. & ZEITZ, J. (Hrsg.): Moore in Brandenburg und Berlin: S. 239-253; Rangsdorf (Verlag Natur+Text GmbH).
- LEBERT, M., BRUNOTTE, J. & SOMMER, C. (2004): Ableitung von Kriterien zur Charakterisierung einer schädlichen Bodenveränderung, entstanden durch nutzungsbedingte Verdichtung von Böden/Regelungen zur Gefahrenabwehr. 122 S.; Berlin (Umweltbundesamt).
- LONDO, G. (1976): The decimal scale for relevés of permanent quadrats. – *Vegetatio*, Vol. **33**, No. 1: S. 61-64.
- LUTHARDT, V. (1987): Ökologische Untersuchungen an landwirtschaftlich genutzten tiefgründigen Niedermoorstandorten unterschiedlicher Bodenentwicklung. Dissertation aus dem Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Bereich Bodenkunde/Fernerkundung Eberswalde zur Erlangung des akademischen Grades doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.) an der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der Deutschen Demokratischen Republik.
- LUTZE, G. W. (2014): Naturräume und Landschaften in Brandenburg und Berlin. Gliederung, Genese und Nutzung. 159 S.; Berlin (be.bra wissenschaft verlag GmbH).
- MEIER-UHLHERR, R., SCHULZ, C. & LUTHARDT, V. (2015): Teil I: Einführung. – In: HOCHSCHULE FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG EBERSWALDE (Hrsg.): Steckbriefe Moorsubstrate. 2., unveränderte Auflage. 50 S.; Berlin (Concept Medien & Druck).
- NEITSCH, D. (2023): Erläuterungen zur Nutzung der Untersuchungsfläche im Havelländischen Luch, mdl. Mitteilung, 06.07.2023, Betriebsleiter der Neitsch-Munk-OHG.
- NIEVERGELT, J., PETRASEK, M. & WEISSKOPF, P. (2002): Bodengefüge. Ansprechen und Beurteilen mit visuellen Mitteln (=Schriftenreihe der FAL 41). 93 S.; Zürich (Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau).
- PASSIOURA, J. B. (1991): Soil Structure and Plant Growth. – *Australian Journal of Soil Research*, Vol. **29**, S. 717-728.
- PETRI, S. (2023): Erläuterungen zur Nutzung der Untersuchungsfläche im Rhinluch, mdl. Mitteilung, 14.06.2023, Betriebsinhaber des Moorhofer Grünlandhofs.
- POLOMSKI, J. & KUHN, N. (1998): Wurzelsysteme. 290 S.; Bern, Stuttgart, Wien (Paul Haupt Verlag).
- RUSSELL, R. S. & GOSS, M. J. (1974): Physical aspects of soil fertility – the response of roots to mechanical impedance. – *Netherlands Journal of Agricultural Science*, Vol. **22**, No. 4: S. 305-318.
- SCHMIDT, W. (1994): Über den Einfluß der Entwässerung und der Nutzung auf die Gefügeentwicklung in Niedermoorböden. – *NNA-Berichte*, Jg. **7**, Nr. 2: S. 59-66.

- SCHNEIDER, R. (1962): Die Moore des Havellands. – In: BEZIRKSHEIMATMUSEUM POTSDAM (Hrsg.): Beiträge zur Erdgeschichte und Landschaftsentwicklung der Mark (= Veröffentlichung des Bezirksheimatmuseums Potsdam, Nr. 1): S. 67-76; Potsdam (Druckerei Märkische Volksstimme).
- SCHULTZ, R. (2023): Erläuterungen zur Nutzung der Untersuchungsfläche am Hammerfließ, mdl. Mitteilung, 22.06.2023, Geschäftsführer Landwirtschaftsbetrieb Gerit Schultz.
- SUCCOW, M. (2001): Versumpfungsmoore. – In: SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. (Hrsg.): Landschaftsökologische Moorkunde. 2., völlig neu bearbeitete Auflage: S. 338-343; Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- WENZL, F. (2023): Erläuterungen zum hydrogenetischen Moortyp am Hammerfließ, schriftl. Mitteilung, 28.06.2023, Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Projekt „Implementierung einer einzelbetrieblich optimierten Grünlandnutzung auf organischen Standorten (BOGOS)“, Fachbereich Landschaftsnutzung und Naturschutz der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde.
- ZEITZ, J. (2001): Physikalisch-hydrologische Kennzeichnung. – In: SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. (Hrsg.): Landschaftsökologische Moorkunde. 2., völlig neu bearbeitete Auflage: S. 85-92; Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- ZEITZ, J. (2014): Prozesse und Auswirkungen einer entwässerungsbedingten Moornutzung. – In: LUTHARDT, V. & ZEITZ, J. (Hrsg.): Moore in Brandenburg und Berlin: S. 113-122; Rangsdorf (Verlag Natur+Text GmbH).
- ZEITZ, J. & PICKERT, J. (2017): Grünland auf Niedermooren – Balance zwischen Nutzung und Schutz. – In: PICKERT, J. & KANNEMANN, V. (Hrsg.): Nachhaltige Futterproduktion auf Niedermoorgrünland. 61. Jahrestagung in Berlin/Paulinenaue vom 24. bis 26. August 2017: S. 13-18; Berlin (Professur für Landnutzungssysteme am Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften der Humboldt-Universität zu Berlin).
- ZEITZ, J., TITZE, E. & KOSSOW, W. (1987): Auswirkungen von zu tiefen Grundwasserständen auf Standorteigenschaften und Ertrag bei tiefgründigen Niedermooren. – *Feldwirtschaft*, Jg. **28**, Nr. 5: S. 214-216.
- ZHANG, Z. & PENG, X. (2021): Bio-tillage: A new perspective for sustainable agriculture. – *Soil and Tillage Research*, Vol. **206**: S. 104844.

## Anschriften der Verfasserinnen:

Julia Bastian  
Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde  
Schicklerstraße 5  
D-16225 Eberswalde  
E-Mail: Julia.Bastian@hnee.de

Prof. Dr. Vera Luthardt  
Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde  
Schicklerstraße 5  
D-16225 Eberswalde  
E-Mail: Vera.Luthardt@hnee.de

Prof. Dr. Jutta Zeitz  
Universitätsprofessorin a.D.  
Humboldt-Universität zu Berlin,  
Albrecht-Daniel-Thaer-Institut für  
Agrar- und Gartenbauwissenschaften,  
Fachgebiet Bodenkunde und Standortlehre  
Albrecht-Thaer-Weg 2  
D-14195 Berlin  
E-Mail: jutta.zeitz@agrار.hu-berlin.de

Manuskript eingegangen am 14. November 2023

Persönliche Mitglieder zahlen einen Jahresbeitrag von 40,- Euro, korporative einen von 150,- Euro, Studenten und Auszubildende auf Antrag 10,- Euro. Der Jahresbeitrag ist bis zum 1. März des betreffenden Jahres auf das DGMT-Postbankkonto IBAN: DE90 2501 0030 0303 2003 01, BIC: PBNKDEFF zu überweisen.

Mitglieder erhalten die alljährlich herausgegebenen Bände der TELMA sowie die Beihefte zur TELMA gegen ihren Mitgliedsbeitrag.

Anträge auf Mitgliedschaft richten Sie bitte per E-Mail an [info@dgmtev.de](mailto:info@dgmtev.de).