

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Kleinmachnow, Cottbus	15 (2008), 1/2	S. 119-129	5 Abb., 3 Tab., 18 Lit.
------------------------------	--------------------------	----------------	------------	-------------------------

# Bodenkundliche Untersuchungen von sekundären Muddeböden in Brandenburg

## Secondary developed gyttja-bearing soils in Brandenburg/Germany

JANA CHMIELESKI UND JUTTA ZEITZ

### 1. Mudde als Substrat und Boden: Begriffe und Klassifikationen

Mudde ist der Oberbegriff für in stehenden Gewässern abgelagerte Sedimente. Sie unterscheiden sich von anderen Sedimenten durch ihren Gehalt an primär aus aquatischen Organismen entstandener organischer Substanz. Zugleich bezeichnet Mudde die am Grunde rezenter Gewässer sedimentierten Substrate subhydrischer Böden und, an der Oberfläche vorkommend, Substrate mit sekundärer Pedogenese unter atmosphärischen Bedingungen, als reliktsche oder fossile Mudden.

In der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005) wird Mudde als Synonym für limnische Sedimente mit einem Anteil an organischer Substanz von mehr als 5 Masse-% nach einem Vorschlag von HINZE et al. (1989) verwendet.

Das niederdeutsche Wort „Mudde“ wurde von C. A. WEBER (1907) in die wissenschaftliche Literatur eingeführt; zunächst für alle Süßwassersedimente, später nur für die Süßwassersedimente, die einen deutlich sichtbaren Anteil an organischer Substanz enthielten.

Aus dem Schwedischen wurden die Namen Gyttja und Dy übernommen und finden u. a. bei GROSSE-BRAUCKMANN (1961) Verwendung. Zur Unterteilung von Diatomeenmudden mit einem hohen Gehalt an Diatomeen wurde der Begriff Gur verwendet. Kalziumkarbonathaltige Ablagerungen im Liegenden der Torfe von Mooren werden insbesondere in der älteren Literatur als Wiesenkalk und manchmal als Kalkgyttja angesprochen (PASSARGE 1901). Massenhaftes Auftreten der Schalenreste von Schnecken und Muscheln, Kalkinkrustierungen verschiedener Algen, wie z. B. Characeenröhren sowie biogener silikatischer Komponenten aus Diatomeenschalen lassen eine eindeutige Identifizierung als Mudde zu.

Das weite Farbspektrum reicht von reinweiß bis tiefschwarz, über beige, rötlich, gelblich, olivgrün bis hin zu blau. Die Konsistenz lässt sich in Abhängigkeit vom Wassergehalt bei feldfrischem Zustand als breiig, weich bis fest, elastisch oder plastisch bis bröckelig bezeichnen. Im trockenen Zustand sind Mudden hart und spröde, körnig-locker oder mehlig-staubig.



Abb. 1

Karte der Untersuchungsflächen (blau: Kalkmudde, orange: Detritusmudde, gelb: Diatomeenmudde)

Fig. 1

Map of investigation sites (blue: calcareous gyttja, orange: organic gyttja, yellow: diatomous earth)

## 2. Untersuchungsflächen, Material und Methoden

### 2.1 Untersuchungsflächen

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden 60 Bodenprofile auf insgesamt 12 Untersuchungsflächen angelegt. Davon befinden sich drei Untersuchungsflächen im Bundesland Brandenburg (siehe Abb. 1), die hier exemplarisch unter besonderer Berücksichtigung des Ziethener Seebruchs vorgestellt werden.

Die Anlage und Beschreibung der Bodenprofile erfolgte in Anlehnung an die Bodenkundliche Kartieranleitung (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005). Zusätzlich wurden durch das Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR) die bezüglich Mudden im Rahmen der bodenkundlichen Landesaufnahme vorhandenen Profil- und Labordaten zur Verfügung gestellt.

#### Jagow

Die Untersuchungsfläche befindet sich im Rückland der Endmoräne der Ückerstaffel in einer parallel zum Ückerbecken verlaufenden Rinne (BRAMER et al. 1991), die in Richtung Süden an das Stromtal (südliche Verlängerung des Ückerbeckens) mit dem Bach „Der Strom“ Anschluss findet. Der Niederungsbereich um die Ortslagen Jagow und Taschenberg bildet dabei ein Teilbecken dieser Rinne. Das Einzugsgebiet wird ackerbaulich genutzt. Die Niederung selbst wurde Anfang der 90er Jahre umgebrochen, gepflügt und es wurde Mais angebaut.

#### Rhinluch

Das Rhinluch ist ein von Sander- und Moränenflächen umgebenes großes Niederungsgebiet, in dem sich das Thorn-Eberswalder-Urstromtal und das Berliner Urstromtal zum in Richtung Westen verlaufenden Unterelbe-Urstromtal (BRAMER et al. 1991) vereinigen. Es handelt sich um ein großes Niedermoorgebiet, das von Talsandinseln und Dünen durchragt wird. Der überwiegende Teil der Moorfläche entspricht dem hydrogenetischen Moortyp Versumpfungsmoor (SUC-COW 1988, SUC-COW et al. 2001), während kleinflächig auch Verlandungsmoore vorkommen, die durch Torf unterlagernde Mudden charakterisiert sind (ZEITZ 1993). Mit Beginn des 20. Jahrhunderts wurde das Gebiet entwässert und landwirtschaftlich nutzbar gemacht. Großflächiger Torfabbau fand bis zum Ende des 19. Jahrhunderts statt. Der überwiegende Teil des Rhinluchs wird heute als Grünland genutzt.

#### Ziethener Seebruch

Das Ziethener Seebruch befindet sich im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin nordöstlich von Berlin 10 km südwestlich von Angermünde. Die flache Senke, deren mineralische Basis vorwiegend aus Ton, Geschiebemergel und sandigen Substraten besteht, weist ein heterogenes Basisrelief auf und hat eine Größe von ca. 170 ha. Die Sedimentabfolge besteht aus einem mehrfachen Wechsel von Mudde und Torf und ist damit Ausweis mehrerer Veränderungen des Seespiegels. Die Moormächtigkeit variiert zwischen 0,3 und 6,4 m. Der See, aus dem das Ziethener Seebruch hervorgegangen ist,

war bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts ein flaches verlandendes Gewässer, das über einen Graben abgelassen wurde. Das Ziethener Seebruch wurde flächendeckend gedränt, wobei z. T. ausgesprochen tiefe Gräben und Verrohrungen angelegt wurden und die Fläche durch ein dichtes Grabenetz stark zergliedert wurde. Aufgrund mehrfacher Wasserabsenkungen zum Zwecke landwirtschaftlicher Nutzung sind die oberflächennahen Substrate stark mineralisiert, was zur Eutrophierung des Standortes führte. Ein Teil der Moorfläche wird als Grünland unter extensiver Weidenutzung sowie als Mähweide genutzt. Die zentralen Moorbereiche sind für eine landwirtschaftliche Nutzung zu nass.

### 2.2 Methoden

Auf Grund der auf einigen Flächen hohen Wasserstände und der geringen Standfestigkeit des Materials mussten die Ausmaße der Profilgruben den jeweiligen Bedingungen angepasst werden. So erreichten einige Profile statt 120 cm nur 100 cm Tiefe. Die Geländeaufnahmen dienten der Identifizierung und Beschreibung von Substraten, Schichtung und Bodenhorizonten sowie der Entnahme von Bodenproben.

In ursprünglichen, nicht entwässerten Mudden, wie sie in Moorbohrungen angetroffen werden, sind die in der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005) aufgeführten morphologischen Merkmale relativ gut zu erkennen. Es bedarf allerdings einiger Erfahrung in der Ansprache von Sedimenten, da es vielfach Übergänge und Abstufungen zwischen die einzelnen Typen gibt. Torfmudde im Sinne der Definition der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005, S. 164), d. h. „... Sedimente vorwiegend aus aufgearbeitetem Torf, mit deutlich erkennbaren Torfstreben ...“ wurde nicht angetroffen, wohl aber Sedimente aus der Übergangsphase von Stillgewässer zu Moor, also torfhaltige Mudden und muddehaltige Torfe. Dabei erfolgte die Abschätzung der Sediment-Anteile von Torf und Mudde nach visuellen Kriterien und die anschließende Zuordnung zu Substratarten nach Dominanzkriterien. Die Benennung der Muddeart wurde untersetzt durch Merkmale, die unerlässlich für eine detaillierte Beschreibung des Substrates sind und in anderen Klassifikationen z. T. schon in den Bezeichnungen enthalten sind (wie z. B. Grob- und Feindetritus): makroskopisch erkennbare Einzelbestandteile der Mudde, z. B. die Art und Größe der Pflanzenreste sowie deren Humifizierungsgrad, Vorhandensein und Menge von Molluskenschalen und Characeenröhrchen, die Farben von Matrix und Beimengungen, die Konsistenz und Plastizität, Art und Menge von Beimengungen, der Kalkgehalt sowie der Geruch.

Da bei der Geländeaufnahme insbesondere der Humusannteil einige Male schwierig zu bestimmen war, wurden nach Vorliegen der Laborbefunde falsch zugeordnete Substrate reklassifiziert.

Anhand der Profilaufnahmen wurden für jede Untersuchungsfläche mindestens zwei repräsentative Punkte für eine detaillierte Untersuchung von chemischen und physikalischen Parametern ausgewählt. Hier erfolgte zusätzlich

eine Entnahme von ungestörten Proben in Metallstechzylindern mit einem Volumen von 100 cm<sup>3</sup> in vertikaler Richtung aus jeweils allen Horizonten.

Eine Pollenanalyse an einem ausgewählten Profil wurde von Frau Dr. J. Strahl (LBGR) mit dem Ziel durchgeführt, anhand der pollenanalytisch belegbaren standorteigenen Vegetation die mittels makroskopischer Merkmale vorgenommenen Substratzuordnungen zu evaluieren.

Für die chemische Analytik wurden die Proben homogenisiert, luftgetrocknet, in der Achatmühle auf eine Korngröße von < 63 µm gemahlen und für die einzelnen Analysen aufgeteilt. In der Tabelle 1 sind die angewandten Verfahren aufgeführt. Die Bestimmung von physikalischen Bodenkennwerten erfolgte überwiegend laborativ. Die gesättigte Wasserleitfähigkeit wurde im Feld gemessen. Die Messung der Saugspannungskurve wurde mit Apparaten der Firma Eijkelkamp durchgeführt. Ab pF 2,0 kam es zu deutlich sichtbaren Schrumpfungen vor allem bei den Mudden mit mehr als 30 Masse-% organischer Bodensubstanz. Die Einteilung der Porengrößenbereiche erfolgt nach dem Äquivalentdurchmesser und der Wasserspannung (hPa, pF) als Grenzwert zur Entwässerung kreiskapillarer Poren. Die

Berechnung von Substanz- und Porenvolumen erfolgte unter Verwendung der experimentell ermittelten Reindichten. Die Reindichte erlangt bei der Ermittlung des Substanzvolumens und des Porenvolumens Bedeutung, so dass einer genauen Bestimmung großer Wert beizumessen ist.

### 3. Prinzipien der sekundären Pedogenese in Brandenburger Muddeböden

Bei den untersuchten Muddeböden traten eine primäre und eine sekundäre Pedogenese auf. Als primäre Pedogenese bezeichnet man die aquatische Bodenbildung, die mit der Ablagerung der Mudde am Seegrund beginnt. Gelangen die Mudden aufgrund von Seeablassung oder Moorentwässerung und nachfolgendem Torfabbau an die Oberfläche, findet eine sekundäre Pedogenese statt. In beiden Fällen kann das Moor in Anlehnung an die von Succow (1988) dargestellten hydrogenetischen Moortypen als sekundäres anthropogen induziertes Versumpfungsmoor bezeichnet werden. Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit untersuchte sekundäre Pedogenese von organischen Mudden wird im Folgenden dargestellt:

Tab. 1 Analysemethoden für die feste Bodensubstanz

Tab. 1 Methods used for analysing bulk soil matter

Parameter	Messverfahren
pH-Werte	Bestimmungen nach DIN ISO 10390 mit Reinwasser (pH H <sub>2</sub> O) und CaCl <sub>2</sub> Lösung (pH CaCl <sub>2</sub> )
Wassergehalt	Trocknung bei 105°C (W105) nach DIN ISO 11465
Glühverlust	Veraschung bei 550°C (GVV550) nach DIN 19684, T3 bzw. bei 1000°C (LOI) (Angaben bezogen auf die bei 105°C getrocknete Probe)
Karbonate	Säureäquivalentmethode nach Scheibler
potenzielle Kationenaustauschkapazität (KAKpot)	nach Mehlich (DIN ISO 19684-8), KAKpot entspricht rückgetauschtem Barium, Bestimmung der Einzelkationen (Na, K, Ca, Mg) sowie des Ba mittels ICP-AES, Bestimmung der H-Ionen maßanalytisch mittels Titrierautomat; Bestimmung nur an Proben mit pH(H <sub>2</sub> O) > 5,5
effektive Kationenaustauschkapazität (KAKeff)	nach Ulrich (1990), KAKeff = Summe der Einzelkationen, Bestimmung von Na, K, Ca, Mg, Al, Fe mittels ICP-AES, Bestimmung NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> maßanalytisch mittels Titrierautomat nach Wasserdampfdestillation; Bemerkung: Bestimmung nur an Proben mit pH(H <sub>2</sub> O) < 5,5
TC, TN, TS	Elementaranalyse nach DIN ISO 10694 (trockene Verbrennung bei 1150°C unter O <sub>2</sub> -Zufuhr)
Elementgehalte im Königswasseraus-zug	Aufschluss in Anlehnung an DIN ISO 11466, Elementbestimmung mittels ICP-AES (DIN 38406-E22) bzw. GFAA S
Element-Totalgehalte	Bestimmung nach Schmelzaufschluss mittels WDRFA, Proben vorab bei 1000°C geglüht; (SO <sub>3</sub> ), (F), (CL), (As) = Restkonzentrationen
Fe/Al, aktive Oxide (amorph)	mit oxalsaurem Ammonium-Oxalat n. Schwertmann (1964)
Fe/Al, pedogene Oxide (kristallin)	Extraktion mit Dithionit-Citrat n. Mehra u. Jackson (1969)
Feuchtrohdichte	Wägung der feuchten Probe
Trockenrohdichte	Wägung nach Trocknung bei 105°C
Reindichte	Ermittlung mittels Heliumpyknometer sowie Berechnung aus der Trockenrohdichte
kf-Wert	Gelände-Bohrlochmethode DIN 19682 (vgl. Eggelsmann, 1981)
pF-Wert	DIN 19 683
Gefügeentwicklung	Computertomographie
Einheitswasserzahl	Verfahren nach Ohde

**Mineralisation von Decktorfschichten**

Dieser Typ der sekundären Pedogenese tritt z. B. im Rhinluch auf. Bedingt durch ein flaches Relief, wie u. a. in den Urstromtälern, bildeten sich großflächige und flachgründige Moore, die oft dem hydrogenetischen Moortyp der Versumpfungsmoore (SUCCOW 1988) angehören. In Versumpfungsmooren sind häufig Mudden mit geringmächtigen Torfen vergesellschaftet. Gerade diese Flächen unterliegen vielfach einer intensiven landwirtschaftlichen Nutzung, wobei sie für die Urbarmachung melioriert werden mussten. In Folge der mit der Melioration verbundenen Grundwasserabsenkung setzt eine sekundäre Bodenbildung in den Substraten ein. In Abhängigkeit von der Torfmächtigkeit sowie der Entwässerungstiefe sind anfangs vorwiegend die Torfe betroffen. In ihnen bildet sich ein Niedermoorfolgeboden (SCHLEIER & BEHRENDT 2000). Da Torf bei intensiver Belüftung fast vollständig in gasförmige und wasserlösliche Substanzen zerlegt werden kann, kommt es auf diesen Flächen zur Verringerung der Decktorfschichten bis hin zu deren völliger Auflösung (s. Abb. 2). Damit verbunden sind Translokationsprozesse und Auswirkungen der Bodenentwicklung auf

die darunter liegenden Mudden. Bei anhaltender Entwässerung unterliegen auch die Mudden pedogenetischen Prozessen und einer den Torfen vergleichbaren Degradierung, da sie in Folge der kontinuierlichen Abnahme der Mächtigkeit der Torfböden unter zunehmenden Lufteinfluss gelangen.

**Seeablassung**

Dieser Typ wurde im Ziethener Seebruch und in Jagow angetroffen. Seit dem Mittelalter und verstärkt im 19. Jahrhundert wurde der Wasserspiegel in vielen Seen abgesenkt und die Seen vollständig abgelassen. Durch das rasche Absenken des Wasserspiegels wurde der natürliche Prozess der Verlandung abrupt gestoppt und Mudden gelangten direkt an die Geländeoberfläche. Wegen der starken Sackungsbeträge waren die Grundwasserflurabstände weiterhin hoch, so dass Torf- bzw. Anmoorbildung stattfand. Besonders die grabennächsten, am stärksten entwässerten Bereiche, erfuhren dabei hohe Substanzverluste. Schlechter entwässerte Bereiche sackten dagegen weniger stark. Der durch die Entwässerung hervorgerufene Luftzutritt führte zu Mineralisation und anderen bodenbildenden Prozessen.

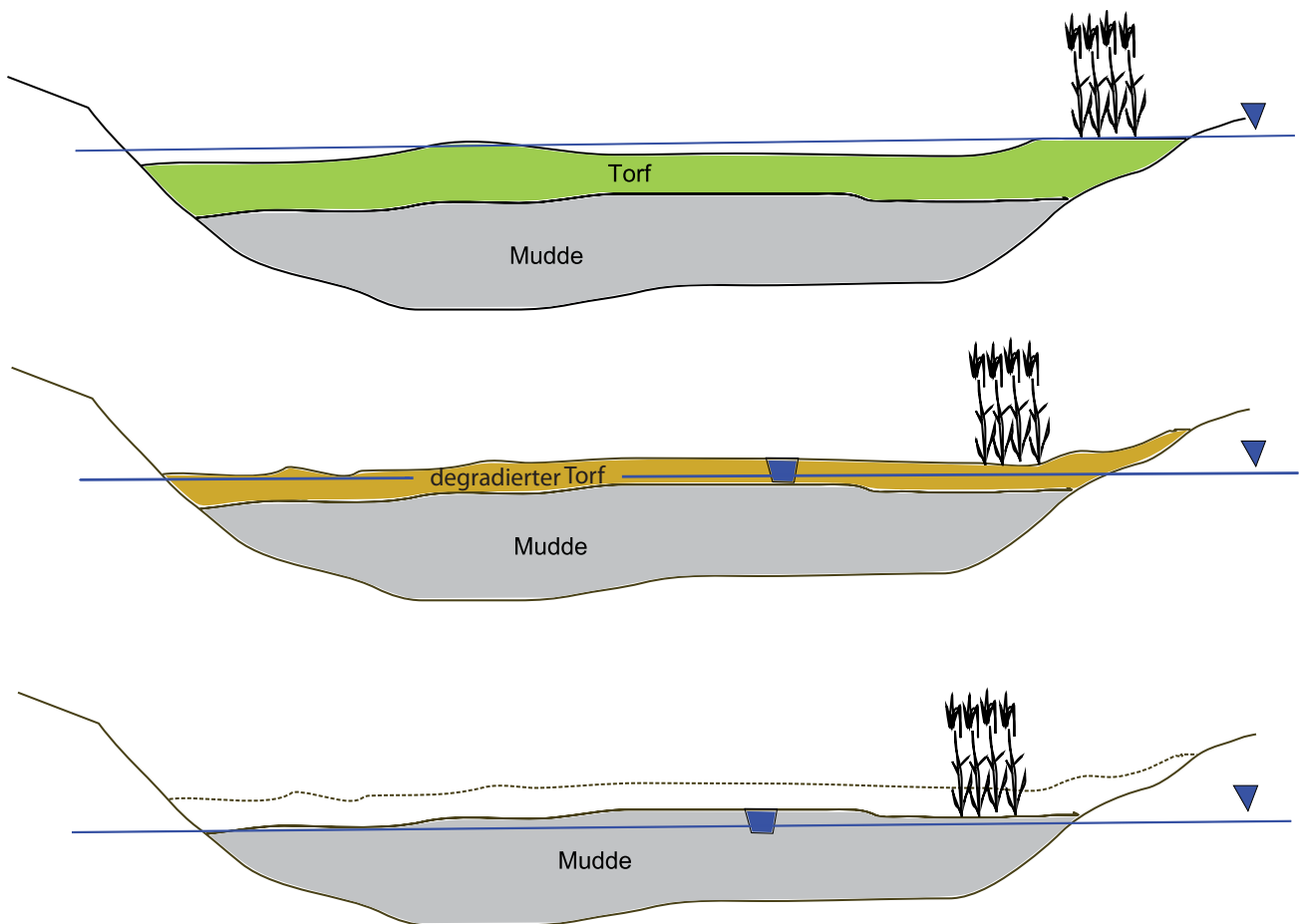


Abb. 2 Schematische Darstellung der Entstehung eines Muddemoores durch Degradation der Decktorfschichten

Fig. 2 Schematic diagram of the development of a so-called gytja fen as a result of topsoil peat degradation

**4. Biostratigraphische Untersuchung der Mudden (Pollenanalyse)**

Auf der Untersuchungsfläche des Ziethener Seebruchs (ZIEETH) wurde zusätzlich eine Bohrung für eine Pollenanalyse abgeteuft. Die primäre Fragestellung war dabei, ob sich im Profil z. T. nur undeutlich erkennbare Substratwechsel über eine wechselnde Pollenzusammensetzung fassen lassen und daraus limnische und telmatische Phasen ableitbar sind, die mit den Substratwechseln übereinstimmen. Dies kann vor allem aus dem Eintrag von Pollen, Sporen und anderen Mikroresten der standorteigenen Wasser- und Sumpflvegetation abgeleitet werden, die das ökologische Milieu widerspiegelt. Ein weiteres Ziel war die relative zeitliche Einordnung der Substratwechsel.

schen 1, 2 und 3 m auf. In den Profilen zeigt sich ein häufiger Wechsel von limnischen und telmatischen Substraten. Auf Grund des Reliefs kamen Moor-, Verlandungs- und offene Wasserflächen nebeneinander vor (siehe Tab. 2).

Dies spiegelt sich auch in der Zusammensetzung der Pollenspektren hinsichtlich des vielfachen Nebeneinandervorkommens von Vertretern der Sumpf- und der Wasservegetation innerhalb einer Probe wider.

Die darin repräsentierten Schwankungen der Wasserstände wurden durch Veränderungen der hydrologischen Bedingungen hervorgerufen, wie schon für zahlreiche Seen und Moore im Jungmoränenland beschrieben (ROG 1978, 1979, DRIESCHER 1974, CHMIELESKI 1997 a, b, KAISER 2001).

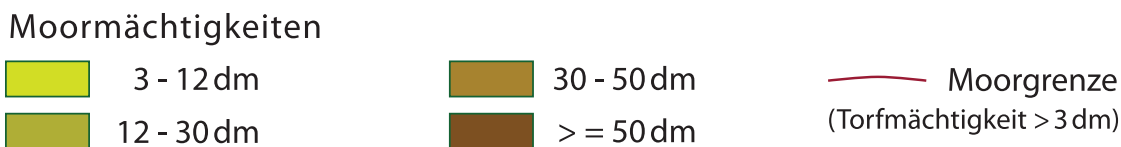
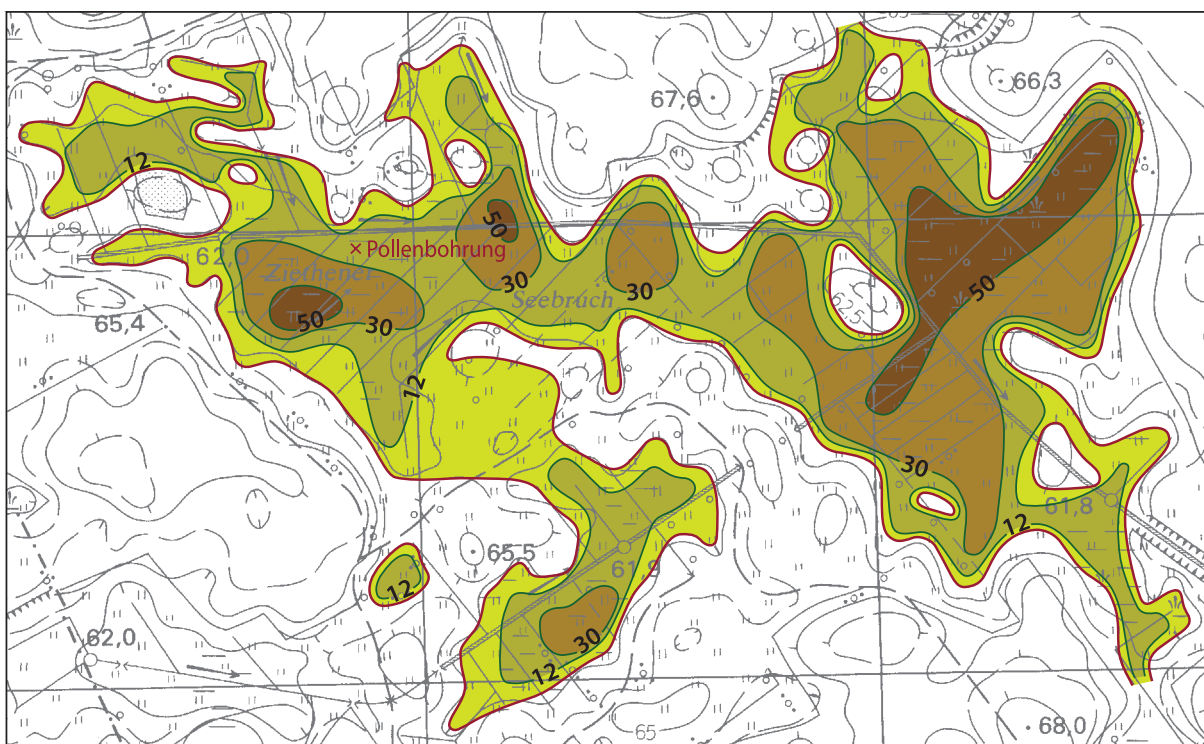


Abb. 3 Karte des Ziethener Seebruchs  
 Fig. 3 Map of the site Ziethener Seebruch

Das heutige Ziethener Seebruch wird durch fünf Kessel (Abb. 3), die durch aus mineralischen Sedimenten aufgebauten Schwellen voneinander getrennt sind, gebildet. In den Kesseln erreicht die Moormächtigkeit mehr als fünf Meter, während sie auf den Schwellen 1,20 m nicht überschreitet. Die überwiegende Fläche weist Moormächtigkeiten zwi-

Am Bohrpunkt begann die Akkumulation von limnischen Sedimenten in der Jüngerer Dryas (12 700 - 11 600 v. h.) mit der Ablagerung von Feinsand, Schluff- und Tonmudde. Dieser Zeitraum ist gegenüber dem vorhergehenden Alleröd durch eine einschneidende Klimaverschlechterung geprägt, die sich auch in der gegenüber dem Holozän sehr

Tab. 2

Ergebnisse der Pollenanalyse für die Untersuchungsfläche ZIETH bezüglich der standorteigenen Vegetation (aus: STRAHL 2002)

Tab. 2

Results of the palynological analysis of ZIETH concerning the local vegetation (after STRAHL 2002)

Teufe [m]	Sediment	Stratigraphische Einordnung	Vegetation am Standort
2,38–2,05	Feinsand, Schluff- und Tonmudde	Jüngere Dryas	keine nennenswerte Sumpf- und Wasservegetation, sporadisches Vorkommen von Laichkraut ( <i>Potamogeton</i> ), Ährentausendblatt ( <i>Myriophyllum spicatum</i> ), Schachtelhalm ( <i>Equisetum</i> ), Pflanzen der Röhrichte: z. B. Rohr- u./o. Igelkolben ( <i>Typha-Sparganium-Typ</i> ), verschiedene Zahnradchen-Arten ( <i>Pediastrum</i> ): insbesondere das Gekörnelte Zahnradchen ( <i>P. kawraiskyi</i> ) und das seltenere <i>P. boryanum</i> var. <i>longicorne</i> auf kühlere Wassertemperaturen hindeutend, Häufung von Macroscleren des Geweihschwammes ( <i>Spongilla</i> cf. <i>lacustris</i> ) und seltener auch des Krustenschwammes ( <i>Trochospongilla horrida</i> ), beides Arten stehender und fließender Gewässer, Auftreten von Strudelwürmern (Tubellaria) und Dauereiern der Rotatorie <i>Filinia hofmannii</i>
1,99–1,96	Tonmudde	Präboreal	häufige Nachweise von Schwamm-Macroscleren, mit geringeren Werten Warziges Zahnradchen ( <i>Pediastrum boryanum</i> )
		Hiatus	
1,95–0,49	Wechsel von faserreicher Detritusmudde und Torf in unterschiedlichen Zersetzungsgraden	Subboreal	ausgeprägtes Nebeneinanderexistieren von Pflanzen der versumpften bzw. vermoorten Bereiche sowie der in das offene Wasser hineinragenden Schwingrasen und Pflanzen der untergetauchten und Schwimmblattvegetation: häufig Macroscleren von Süßwasserschwämmen, vor allem epiphytische Diatomeen (u. a. <i>Epithemia</i> sp.) zunehmend, im Verlandungsbereich Hornblatt und Seerosengewächse sowie im Bereich der Röhrichte vereinzelt Rohr- u./o. Igelkolben und Langblättriger Rohrkolben ( <i>Typha latifolia</i> ) erscheinend, später monolete Farne, evtl. in Vergesellschaftung mit Erle ( <i>Alnus</i> ) folgend, mit erneutem lithologischem Wechsel zu Torf Ausbildung einer reich entwickelten untergetauchten Wasser- (Ährentausendblatt, Hornblatt ( <i>Ceratophyllum</i> )) und Schwimmblattvegetation (Seerose ( <i>Nymphaea</i> ), Teichmummel ( <i>Nuphar</i> )), Schwammnadeln und Diatomeen dagegen deutlich rückläufig bzw. ganz verschwindend, häufiger Dauereier von <i>Filinia hofmannii</i> , Reste von Strudelwürmern, Warzigem Zahnradchen von Wasserflöhen (Cladocera).
0,50–0,02	Wechsel von Detritusmudde, faserreicher Detritusmudde und Torf in unterschiedlichen Zersetzungsgraden, schwankende Wasserstände bzw. Verzahnung von Wasser- und Sumpfflächen	Älteres Subatlantikum	Vegetation offener Wasserbereiche bzw. der Schlenken (insbesondere Seerosengewächse (Nymphaeaceae), seltener Ährentausendblatt, Hornblatt und Wasserknöterich ( <i>Polygonum amphibium</i> ) sowie Algen (Warziges Zahnradchen, Jochalgen (Zygnematales, <i>Spirogyra</i> ), Strudelwürmer und Wasserflohreste zeigen erhöhte Werte und überwiegen gegenüber den Vertretern der Sumpf- (monolete Farne, Sauergräser (Cyperaceae), Schachtelhalm, Fieberklee ( <i>Menyanthes trifoliata</i> )) und Röhrichtstandorte (Rohr- u./o. Igelkolben), oberste entnommene Probe zeigt deutliche Verarmung der höheren und niederen Wasserflora

armen standorteigenen Vegetation widerspiegelt (Tab. 2). Die entsprechende Pollenprobe wies nur sehr geringe Werte der Sumpf- und Wasservegetation auf. Bis mindestens ins Präboreal (11 600 - 10 600 v. h.) wurden weiterhin mineralische Mudden akkumuliert. In einer in diesen Abschnitt datierten geringmächtigen Tonmudde fanden sich lediglich Macroscleren des Geweihschwammes (*Spongilla cf. palustris*) sowie wenige Coenobien des Warzigen Zahnradchens (*Pediastrum boryanum*).

Die das Subboreal (5 700 - 2 400 v. h.) repräsentierenden Pollenproben weisen eine Verzahnung von telmatischen und aquatischen Lebensräumen aus (Tab. 2). Das Sediment wechselte zwischen faserreicher und feinerer Detritusmudde. Wahrscheinlich entstanden auf Grund der fortgeschrittenen Verlandung ehemaliger Seebereiche bei vergleichbaren Wasserständen größere Areale, die mit Röhricht- und Sumpfpflanzen bestanden waren. Dagegen existierten in den tiefsten Bereichen der Becken Wasserflächen, in denen Pflanzen der untergetauchten und Schwimmblattvegetation siedelten. Es war also durchgehend ein See vorhanden, dessen Wasserstand allerdings schwankte.

Im Älteren Subatlantikum (2 400 - 800 v. h.) setzte die Akkumulation von Detritusmudde ein. Im weiteren Verlauf weist die Sequenz aufgrund von Wasserspiegelschwankungen mehrfache Übergänge zwischen Detritusmudde, faserreicher Detritusmudde (als Übergangsbildung im Flachwasserbereich) und Torf auf. Bei besonders niedrigen Wasserständen waren nur noch die tiefsten Bereiche der Becken des Ziethener Seebruchs mit einem See erfüllt. In den Pollenspektren (Tab. 2) überwiegt zunächst die Vegetation offener Wasserbereiche gegenüber der Flora der Sumpf- und Röhrichtstandorte. Erst im Übergang zum hangenden Torf nehmen die Anzeiger der Wasserflora deutlich ab. Abgeschlossen wird der Sedimentationszyklus durch eine Detritusmuddeschicht, die ab einer Tiefe von 80 cm Beimischungen von Braunmoosen enthält.

Es tritt aber nicht nur ein häufiger Wechsel zwischen See- und Moorphasen auf, sondern auch innerhalb des Moores herrschte eine unterschiedliche Dynamik der Verlandung. So zeigte die Pollenanalyse ein gleichzeitiges Vorkommen von telmatischen und limnischen Organismen. Nahezu über die gesamte Zeit der Entwicklung des Ziethener Seebruchs existierte eine mosaikartige Verteilung von Moor- und Flachwasserbereichen. Erstere traten in den Bereichen mit geringer Beckentiefe auf und letztere in den tiefen Kesseln. In den als Detritusmudde angesprochenen oberen 70 cm des Profils dominieren Vertreter der Gewässerflora, während Sumpfpflanzen kaum auftreten. Der unter den Sumpfpflanzen neben Sauergräsern (Cyperaceae, Seggenriede) am häufigsten nachgewiesene Schachtelhalm (*Equisetum*) kann auch, wie insbesondere der Rohr- und/oder Igelkolben (*Typha-Sparganium*-Typ) innerhalb von Röhrichten bis in den Flachwasserbereich hinein vorkommen. Das Auftreten von Rohr- und/oder Igelkolben belegt ebenso die Existenz eines Flachwasserstandortes zu diesem Zeitpunkt, wie die dominierende Wasserflora.

Anhand der vorliegenden Pollen- und Mikrorestanalyse konnte festgestellt werden, dass Feindetritusmudden sich

u. a. in verhältnismäßig flachen, nicht mehr als drei Meter tiefen Gewässern bilden. So wies das Pollenprofil der Untersuchungsfläche ZIETH für die oberen Schichten, die als Detritusmudde identifiziert wurden, einen hohen Anteil an Seerosenpollen (*Nymphaea*) auf, die eine typische Pflanze für relativ flache, nährstoffreiche Gewässer ist. Mehr als die Tiefe des Gewässers ist wahrscheinlich jedoch seine Trophie von Bedeutung für die Ausprägung der Muddeart.

## 5. Sekundäre Pedogenese in organischen Mudden

Im Folgenden soll exemplarisch die sekundäre Pedogenese der Bodenhorizonte in organischen Mudden (hier Detritusmudden), als einem bisher selten untersuchten Typ dargestellt werden. Alle Angaben beziehen sich auf Mudden und Muddeböden, die einer sekundären Pedogenese unterliegen. Auf die Definition von primärer und sekundärer Pedogenese wurde in Kapitel 3 eingegangen.

Die Detritusmudden weisen verschiedene Farben auf: olivgrün, grau-bläulich, grüngrau bis braun, rötlich, rotbraun sowie schwarz. Grünliche Farben treten bei Mudden mit Humus-Gehalten größer als 70 % auf, deren Zusammensetzung primär durch See-interne Einflüsse, wie z. B. Art und Menge der organischen Substanz oder Ab- und Umbauprozesse, gesteuert wird. Ein hoher Gehalt an Algenresten läßt sie grünlich erscheinen. Graue und dunkelgraue (anthrazit) Farben treten bei Humus-Gehalten von ca. 50 Masse- % auf.

Den Oberboden bildende organische Mudden sind überwiegend schwarzbraun. Diese Färbung ist auf Huminstoffe bzw. eingemischte Torf- und Anmoorpartikel zurückzuführen. Bei der Entnahme von Proben wurde ein schnelles und starkes Nachdunkeln der Mudden festgestellt. Auf Grund ihrer grauen Färbung sind die mineralreichen Detritusmudden leicht mit Schluffmudden zu verwechseln. Allerdings trocknen die Detritusmudden extrem langsam und haften auch nach dem Trocknen zusammen, wobei sie eine harte und spröde Masse bilden. Demgegenüber trocknen Schluffmudden schnell und lassen sich in der Hand leicht zerreiben, wobei die Substanz ein mehliges Pulver ergibt. Detritusmudden bilden eine meist homogene, feinkörnige Masse mit gallertartiger, elastischer bis plastischer Konsistenz. Oft sind makroskopisch erkennbare Reste von Makrophyten oder Samen von Wasserpflanzen beigemischt. Seltener sind Reste von Schnecken und Muscheln. Samen von Wasserpflanzen treten häufig in durch seeninterne Strömungen zusammengetragenen Nestern auf.

Es treten deutliche Unterschiede in der Konsistenz zwischen oberflächennahen, wechselnden Grundwasserständen unterworfenen und tieferen, im permanent Grundwasser gesättigten Bereich liegenden Schichten auf. Die in Folge der Entwässerung konsolidierten Mudden verhalten sich gegenüber geringem Druck zunächst elastisch, gegenüber stärkerem Druck eher plastisch. Bei abnehmendem Wassergehalt nehmen die Festigkeit der Substrate und damit ihre Belastbarkeit gegenüber Zug- und Druckkräften zu. Sie

nehmen dann eine gummiartige Konsistenz an. Wassergesättigte Detritusmudden sind knet- und ausrollbar. Geringer konsolidierte Mudden weisen z. T. eine breiige Konsistenz auf. Die im permanenten Grundwasserbereich liegenden Mudden reagieren thixotrop.

**5.1 Organische Substanz und pH-Werte**

Bei Detritusmudden mit mehr als 30 Masse-% Humusgehalt liegt rund ein Viertel im Bereich zwischen 40 und 60 Masse-%. Zwischen 80 und 90 Masse-% gibt es eine weitere Häufung. Sehr selten kommen reine Detritusmudden mit einem Humusgehalt von größer als 90 Masse-% vor. Nach SUCROW (1988) entsprechen diese Mudden so genannten Reinmudden. Tatsächlich lassen sich bei den Glühverlusten zwischen Ober- und Unterbodenhorizonten Differenzen bis zu 40 Masse-% nachweisen (siehe Tab. 3). Die Glühverluste der unterhalb des entwässerten Bereiches liegenden Detritusmudden erreichen Werte zwischen 70 und 90 Masse-%, während die im Schwankungsbereich des Grundwassers liegenden Detritusmudden Werte zwischen 40 und 60 Masse-% aufweisen. Die hohen Werte sind somit als ursprünglich anzusehen, die niedrigen Werte als das Ergebnis des Abbauprozesses.

Tab. 3  
Tiefenbezogene Abnahme der Glühverluste in der Detritusmudde im Ziethener Seebruch

Tab. 3  
Decrease of organic matter with depth in Ziethener Seebruch

Profil	Tiefe [cm]	GV Masse-%	pH Wert
Zieth 1	0-25	59,74	6
	25-35	43,02	6,2
	35-100	86,98	5,7
Zieth 12	0-25	55,1	7
	25-35	30,0	5,5
	35-55	42,1	5,1
Zieth 13	0-25	40,2	6
	25-35	44,5	6,1
	35-45	49,4	6,2
	45-55	42,4	7

**5.2 Bodenhorizonte in sekundären Muddeböden**

In den untersuchten Detritusmudden waren Polyeder mit bis zu 30 cm Durchmesser ausgebildet. Die Klüfte zwischen den Polyedern erreichten bis zu 5 cm Breite und waren meist mit Material des Oberbodens verfüllt. In den Polyedern herrschten auf Grund des Luftmangels reduzierende Ver-

hältnisse, so dass deren kaum gegliederte amorphe Masse von graugrüner, z. T. ins bläuliche gehender Farbe war. Auf den Aggregatoberflächen waren tapetenartig rostrote Eisenoxide ausgebildet. Bis zur Untergrenze der durchwurzelten Schicht waren die Mudden von vertikal verlaufenden, feine Wurzelbahnen auskleidende, braunschwarzen Manganverbindungen durchzogen. Diese „Nadelstichporen“ traten bei frisch angeschnittenen Aggregaten auf Grund der Farbunterschiede zwischen der durch Reduktion graubraun, z. T. hellgrau gefärbten Mudde und dem sich um die Feinwurzeln herum ausbildenden, ca. 1-2 mm breiten, dunkelgrauanthrazitfarbenen Ring deutlich sichtbar hervor. Besonders gut zu erkennen waren die Oxidationsareale beim Abstechen von Bodenscheiben parallel zur Bodenoberfläche und senkrecht zum Verlauf der Wurzelbahnen.

In allen untersuchten Profilen trat in einer Tiefe von 10 bis 50 cm ein lamellenartiges horizontales Plattengefüge auf. Die Platten besaßen einen scherbigen Bruch. Je trockener der Boden und je weiter die Bodenentwicklung vorangeschritten war, desto kleiner und dünner wurden die einzelnen Platten. In feuchtem Zustand kamen zusammenhängende Lagen mit gummiartiger Konsistenz vor. Diese spalteten bevorzugt an Schwächezonen, wie z. B. lithologischen Wechseln von feinkörnigem zu gröberem Material. Im trockenen Zustand kam es zur Auflösung in cm-große und nur mm-mächtige „Plättchen“.

In Abbildung 4 und 5 ist die Entwicklung der nachfolgend beschriebenen Bodenhorizonte sowie deren hydrologische Charakteristik schematisch dargestellt.

Die Detritusmudden besaßen ursprünglich ein kohärentes Grundgefüge, das bei sich ganzjährig im Grundwasserbereich befindenden Schichtpaketen erhalten geblieben ist. Wiesen Schichtpakete vertikale Klüfte auf, war dies ein Zeichen dafür, dass sie von Entwässerungsmaßnahmen betroffen waren bzw. sind. Die in den Detritusmudden aufgetretenen Klüfte besaßen meist scharfe Grenzflächen und erreichten maximal 150 cm Tiefe und bis zu 10 cm Breite. Sie waren teilweise mit Material aus dem Oberboden verfüllt und zum Teil Luft erfüllt. Senkrecht zu den vertikal verlaufenden Schrumpfrissen bildeten sich weitere Risse, z. T. an durch Substratwechsel hervorgerufenen horizontal verlaufenden Schwächezonen.

Folgende Bodenhorizonte wurden beschrieben:

*I. Vererdete Mudde*

Dieser Horizont ist das Ergebnis von anthropogener und biogener Turbation von Mudde und Torf. Er weist meist Krümelgefüge auf und ist von dunkelbrauner bis braunschwarzer Farbe. Der Torf ist meist vererdet oder zumindest so stark zersetzt, dass die Torfart makroskopisch nicht mehr bestimmbar ist. Von dem darunter liegenden Muddehorizont sind Aggregate entweder durch Pflügen oder durch Labilisierung der Grenzschicht in Folge der Wechselwirkungen zwischen Schrumpfs- und Quellungsprozessen, Wurzelwachstum der Pflanzen und Bioturbation durch Bodenorganismen gelöst. Diese werden bei weiterer Bodenbear-



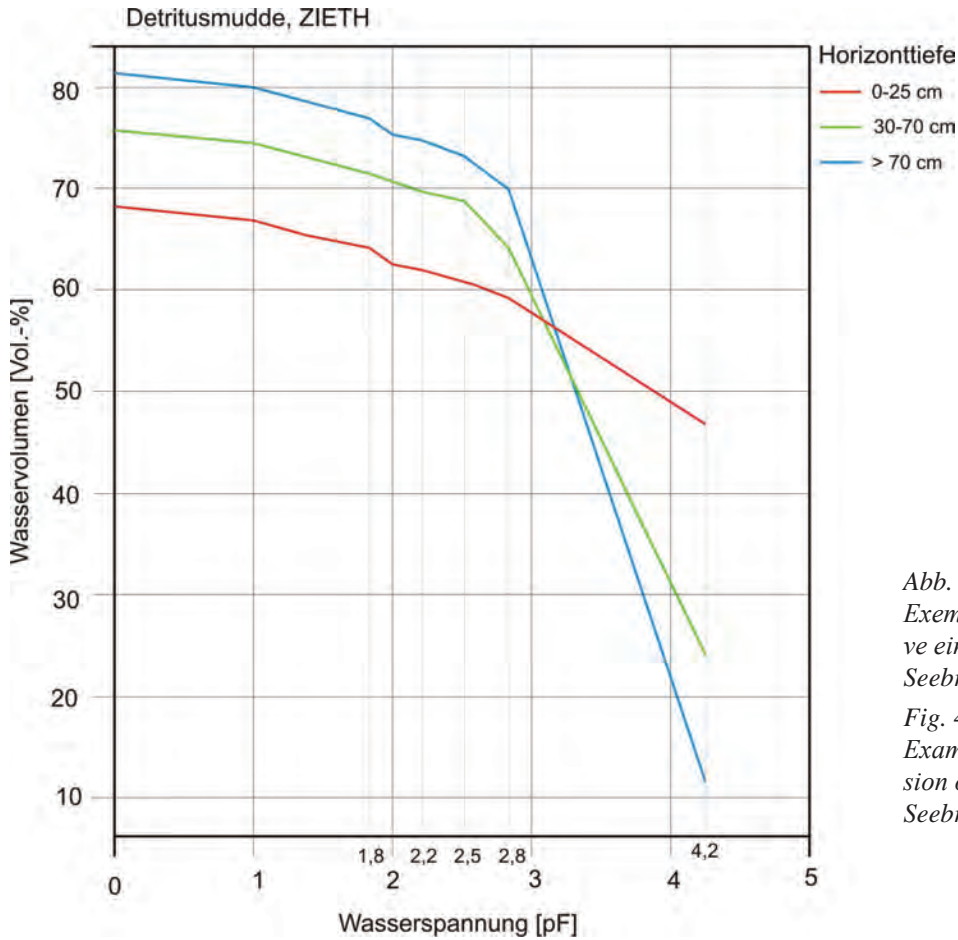


Abb. 4  
Exemplarische Wasserspannungskurve eines Profils aus dem Ziethener Seebruch

Fig. 4  
Exemplary diagram of water tension of a soil profile from Ziethener Seebruch

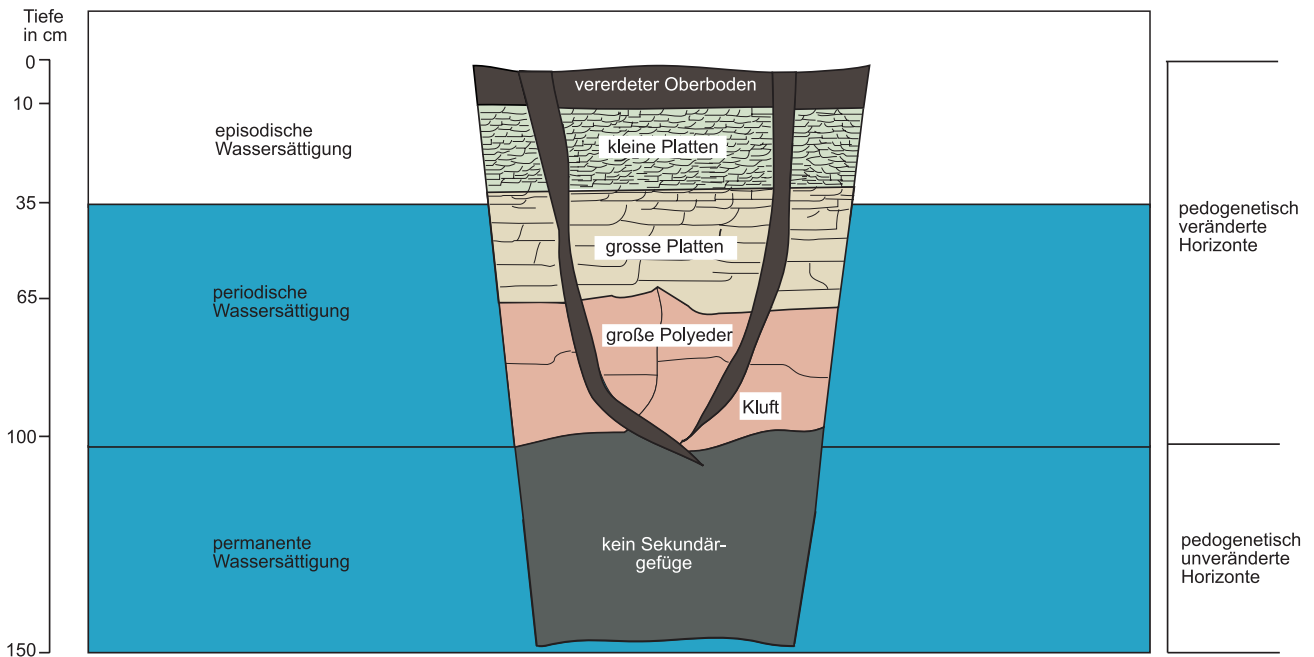


Abb. 5 Schematische Darstellung der Horizontentwicklung in organischen Mudden

Fig. 5 Schematic diagram of horizon development in organic gyttja

beitung oder Bioturbation in den Torf eingearbeitet. Die Muddeaggregate weisen unterschiedliche Größen auf und sind deutlich größer als der meist zu feinen Partikeln zerfallene vererdete Torf. Das krümelige Gefüge ist somit vorwiegend auf die Torfbestandteile zurückzuführen. Besonders in nahe zur Ackerkante gelegenen Profilen traten mineralische Beimengungen auf, die wahrscheinlich auf Hangabspülung zurückgehen. In Arealen mit besonders geringmächtigen Moorsubstraten kann mineralisches Material auch aus tieferen Schichten an die Oberfläche gepflügt worden sein.

#### *II. Schrumpfungshorizont 1*

Aus Mudde mit lose zusammenhaltenden kleinen Aggregaten bestehend. Dieser Horizont trat in einer Tiefe von 10 bis 50 cm auf. Die Gefügeelemente waren bis zu 3 cm lang, nur 1-3 mm dick und dachziegelartig angeordnet. Die Gefügefragmente werden bei intensiver Durchwurzelung durch die Pflanzenwurzeln zusammengehalten. Je trockener der Boden und je weiter die Bodenentwicklung vorangeschritten war, desto kleiner und dünner waren die einzelnen Platten. In feuchtem Zustand kamen zusammenhängende Lagen mit gummiartiger Konsistenz vor. Diese spalteten bevorzugt an Schwächezonen, wie z. B. lithologischen Wechsellagen von feinkörnigem zu größerem Material.

#### *III. Schrumpfungshorizont 2*

Aus Mudde mit verdichteten, größeren Aggregaten gebildet. In diesem Horizont trat ein Plattengefüge mit Aggregaten von maximal 7 cm horizontaler und 5-10 mm vertikaler Ausdehnung auf. Die Platten waren dachziegelartig angeordnet und relativ fest miteinander verzahnt. Infolge der Primärschrumpfung hatte das Substrat eine steife, elastische Konsistenz. Die Festigkeit der horizontal lagernden Schichten verhindert ein vertikales Wachstum der Pflanzenwurzeln, es kommt zur Bildung von typischen Horizontalwurzeln.

#### *IV. Schrumpfungshorizont 3*

Der Horizont wird aus Polyedern von bis zu 50 cm Durchmesser gebildet. Innerhalb der Polyeder tritt Kohärentgefüge auf. Eine Feinstschichtung des Substrates im Bereich von 1 bis 3 mm ist für beide Untersuchungsflächen zu verzeichnen, die erst bei Austrocknen des Bodens sichtbar wurde. In den Polyedern herrschten auf Grund des Luftmangels reduzierende Verhältnisse. Manganausfällungen kamen nur in der Umgebung von durch Pflanzenwurzeln verursachten Poren vor.

#### *V. Horizont*

Abschnitt ohne pedogenetisch bedingte morphologische Veränderungen. Hierbei handelt es sich um einen Reduktionshorizont, der permanent im Grundwasserbereich liegt und bisher nicht drainiert wurde. Möglicherweise weist er gegenüber liegenden Horizonten eine größere Trockenrohddichte auf, die durch die Vergrößerung der Auflast bei Entwässerung verursacht wird. Das primäre Kohärentgefüge ist unverändert erhalten. Seine Konsistenz ist weicher als die der hangenden Horizonte.

## 6. Schlussfolgerungen

Gelangen Mudden an die Geländeoberfläche, unterliegen sie einer sekundären Pedogenese. Das Vorkommen von oberflächennahen Mudden ist auf zwei unterschiedliche Prozesse zurückzuführen: 1. Seeablassung und 2. vollständige Mineralisierung von geringmächtigen Decktorfschichten. In beiden Fällen entsteht ein sekundäres, anthropogen induziertes Versumpfungsmoor. Dieser Moortyp wird hier in Anlehnung an die von SUCCOW (1988) vorgestellten hydrogenetischen Moortypen erstmalig ausgewiesen.

Es wurden maximal fünf Bodenhorizonte identifiziert, wobei die Anzahl der Horizonte ein Maß für den Fortschritt der Bodenentwicklung ist: Je mehr Horizonte, desto weiter fortgeschritten die Bodenbildung. Ähnlich wie bei den Torfen, verändert sich bei den Mudden als zuerst sichtbares Merkmal das Gefüge. Dieses konnte zur Identifizierung der Horizonte herangezogen werden, da es zwischen den untersuchten Flächen Parallelen gab. Die sekundäre Pedogenese führt zu einer Veränderung der bodenphysikalischen und -chemischen Eigenschaften, wobei sich die physikalischen Eigenschaften, wie z. B. Trockenrohddichte, Gesamtporenvolumen und Porenverhältnisse sehr schnell ändern. Der in den organischen Mudden vorhandene große Anteil an organischer Substanz unterliegt dabei der Mineralisierung.

Mit der Dokumentation der pedogenetischen Merkmale von sekundären organischen Muddeböden liegt ein Ansatz für die Weiterentwicklung von pedogenetischen Kennzeichnungsformen der organischen Mudden im Rahmen der Bodensystematik vor.

### Zusammenfassung

Mudden treten in Brandenburg oberflächennah in der Folge zweier Prozesse auf: 1. Durch die gezielte Ablassung von Seen mit dem Ziel landwirtschaftlich nutzbare Fläche zu gewinnen sowie 2. als Folge des Abbaus von geringmächtigen von Mudde unterlagerten Torfschichten. Während die Ablassung von Seen in der Vergangenheit stattfand, dauert der Abbau von Torf an. Daher ist in Zukunft mit einer größeren Fläche von oberflächennah anstehenden Mudden zu rechnen.

Die Mudden an der Geländeoberfläche unterliegen einer sekundären Bodenbildung, die einerseits zur Ausbildung von Bodenhorizonten als auch zur Veränderung der bodenphysikalischen und -chemischen Eigenschaften führt. Bodenhorizonte wurden primär anhand ihres Gefüges identifiziert. Während pedogenetisch unveränderte Mudde generell extrem hohe Porenvolumina aufweist, und im Besonderen das Volumen der Mesoporen groß ist, nimmt das Gesamtporenvolumen in Folge der Pedogenese ab. Dabei nimmt der Anteil der Mikroporen zu, während sich das Volumen der Mesoporen verringert.

## Summary

Surface-near gyttja sediments in the federal state of Brandenburg results from two processes: 1. The intentionally drainage of lakes and 2. as a result of the decomposition of thin peatlayers that directly overlay the gyttja sediments. While the drainage of lakes took place in the past the process of decomposition of peat is still going on and we expect an increase of these areas.

As a result of drainage the surface-near gyttja sediments are effected by a secondary pedogenesis, that leads to the development of soil horizons and an alteration of the soil physical and chemical characteristics. However, while not altered gyttja show a huge volume of pores and a especially of the mesopores, the porespace volume decreases subsequently to the drainage. While the volume of micropores increases the volume of mesopores decreases.

## Literatur

- AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN (2005): *Bodenkundliche Kartieranleitung*. - 5. Aufl., 438 S., Hannover
- BRAMER, H., HENDL, M., MARCINEK, J., NITZ, B., RUCHHOLZ, K. & S. SLOBODDA, (1991): *Physische Geographie von Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen*. - 548 S., Gotha (Haack-Gotha)
- CHMIELESKI, J. (1997a): *Das Baberowmoor - Moor- und Landschaftsgenese im Bereich der Pommerschen Eisrandlage*. - TELMA 27, S. 23-33, Hannover
- CHMIELESKI, J. (1997b): *Das Baberowmoor - Moor- und Landschaftsgenese im Bereich der Pommerschen Eisrandlage*. - 75 S., Diplomarbeit, Humboldt Universität zu Berlin, Berlin (unveröff.)
- DRIESCHER, E. (1974). *Veränderungen an Gewässern in historischer Zeit*. - 427 S., Diss. B, Humboldt Universität zu Berlin, Geographisches Institut, Berlin
- GROSSE-BRAUCKMANN, G. (1961): *Zur Terminologie organogener Sedimente*. - Geol. Jb. 79, S. 117-144, Hannover
- HINZE, C., JERZ, H., MENKE, B. & H. STAUDE (1989): *Geogenetische Definitionen quartärer Loclergesteine für die Geologische Karte 1 : 25 000 (GK 25)*. - Geol. Jb. A112, 243 S., Hannover
- KAISER, K. (2001): *Die spätglaziale bis frühholozäne Beckenentwicklung in Mecklenburg-Vorpommern. Untersuchungen zur Stratigraphie, Geomorphologie und Geoarchäologie*. - 208 S., Greifswalder Geographische Arbeiten 24, EMAU Universität Greifswald, Greifswald
- PASSARGE, S. (1901): *Die Kalkschlammablagerungen in den Seen von Lychen, Uckermark*. - Jb. Königlich Preußische Geologische Landesanstalt XXII, 1, 152 S., Berlin
- ROG, Z. (1978): *Some Morphological Features as the Indexes of Lacustrine Sedimentation Conditions*. - Pol. Arch. Hydrobiol. 25, S. 355-359, Warszawa
- ROG, Z. (1979): *Genesis of funnel-forms occurring in carbonate fluvioglacial sands and gravels*. - Polish Journal of Soil Science 12, S. 53-58, Warszawa
- SCHLEIER, C. & A. BEHRENDT (2000): *Kennzeichnung von Eigenschaften der Folgeböden Nordostdeutscher Niedermoore*. Aus Anlass des 65. Geburtstages von Dr. Wilhelm Schmidt“. - Archives of Agronomy and Soil Science 45, 3, S. 207-221, London
- SCHMIDT, W. (1988): *Untersuchungen zur Bestimmung des Verformungsverhaltens von Torfen und Mudden und der dafür maßgeblichen Bodenkennwerte*. - Akademie der Landwirtschaftswissenschaften, Institut für Futterproduktion, Paulinenaue, 75 S., Berlin
- STRAHL, J. (2002): *Bericht zur pollenanalytischen Untersuchung von 23 Proben aus dem Profil 13, Ziethener Seebruch, Land Brandenburg*. - Bericht LBGR vom 27.03.2002, 10 S., Kleinmachnow (unveröff.)
- SUCCOW, M. (1988): *Landschaftsökologische Moorkunde*. - 340 S., Jena (Fischer)
- SUCCOW, M. & H. JOOSTEN (Hrsg.) et al. (2001): *Landschaftsökologische Moorkunde*. - 622 S., Stuttgart (Schweizerbart)
- WEBER, C. A. (1907): *Aufbau und Vegetation der Moore Norddeutschlands*. - Beiblatt zu den Botanischen Jahrbüchern 90, S 19-43, Berlin
- ZEITZ, J. (1993): *Möglichkeiten der Vernässung von Teilflächen des Oberen Rhinluchs*. - Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg. Sonderheft Niedermoore, S. 26-29, Potsdam

Anschrift der Autoren:

Dr. Jana Chmielewski

Prof. Dr. Jutta Zeitz

Humboldt-Universität zu Berlin

Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät

Fachgebiet Bodenkunde und Standortlehre

Invalidenstr. 42

10115 Berlin,

[jana.chmielewski@gmx.de](mailto:jana.chmielewski@gmx.de)