

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DBG, Kommission V

Titel der Tagung: Böden verstehen-Böden nutzen-Böden fit machen Berichte der DBG (nicht begutachtete online – Publikation)

## **Neues zu den Böden der Marsch - Profilprägende Prozesse, Merkmale und Kennzeichnung -**

Krüger, K.<sup>1</sup>, Burbaum, B.<sup>2</sup>, Fleige, H.<sup>3</sup>, Gehrt, E.<sup>1</sup>,  
Giani, L.<sup>4</sup> und Gröngröft, A.<sup>5</sup>

Marschböden, Bodensystematik, Schwefeldynamik

### **Zusammenfassung**

Für die eindeutige Beschreibung von Böden bedarf es klar definierter Symbole zur Kennzeichnung von Bodenmerkmalen und Bodenbildungsprozessen. Für die Böden der Marsch ist festzustellen, dass die Merkmale der Schwefeldynamik in der KA5 nur unzureichend Berücksichtigung finden. Daneben wird in der AG Bodensystematik im Rahmen einer Neuordnung die systematische Stellung der Marschen und deren bodentypologische Ansprache diskutiert. Direkte Anwendung finden diese Überlegungen in der derzeit stattfindenden Neukartierung der niedersächsischen Marsch. Hierfür sind eindeutige Beschreibungen der Bodenmerkmale und Horizontsymbole zwingende Voraussetzung. Der Beitrag macht diesbezüglich Vorschläge zur Kennzeichnung von Merkmalen und Horizonten.

### **Einleitung**

Die AG Bodensystematik befasst sich in den letzten Jahren mit einer Überprüfung der Kriterien zur Gliederung der Böden. Dabei wurde auch die Frage aufgeworfen,

<sup>1</sup>Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Stilleweg 2, 30655 Hannover

<sup>2</sup>Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Hamburger Chaussee 25, 24220 Flintbek

<sup>3</sup>Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, der Christian Albrecht Universität zu Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 2, 24118 Kiel

<sup>4</sup>AG Bodenkunde, Fakultät V, Institut für Biologie und Umweltwissenschaften, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Uhlhornsweg 84, 26129 Oldenburg.

<sup>5</sup>Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg, Allende-Platz 2, 20146 Hamburg

wie die Bodenklasse der Marschen begründet ist.

Im Zusammenhang mit der Neukartierung der Marsch in Niedersachsen wurde eine gemeinsame Exkursion durchgeführt. Dabei wurde u.a. festgestellt, dass wesentliche Prozesse und resultierende Merkmale der Marsch mit den heutigen Regelwerken nicht zu erfassen sind. Diese Defizite bzw. Vorschläge zur Ansprache wurden durch eine Arbeitsgruppe „Marschen“ in einem Arbeitspapier zusammengestellt und werden hier in Auszügen wiedergegeben.

### **Profilprägende Merkmale und Prozesse**

#### *Ausgangsgestein der Bodenbildung in der Marsch*

Das Korngrößenspektrum der im Holozän abgesetzten Sedimente im Bereich der Meeresküsten zeigt eine hohe Variation. Je nach Sedimentationsbedingung reicht dies von reinen Sanden bis hin zu sehr tonreichen Absätzen. Nach Untersuchungen von BRÜMMER (1968) und RAGUTZKI (1982) besteht im Ausgangsgestein der Bodenbildung ein Zusammenhang zwischen Ton- (0->65 %), C<sub>org</sub>- (bis ca. 6 Gew.-%) und Carbonatgehalt- (ca. 2 bis >8 Gew.-%). Hiernach steigt tendenziell mit zunehmendem Tongehalt des Sediments der C<sub>org</sub>- und Carbonatgehalt. Alle Faktoren spielen für die im Folgenden beschriebene Sulfatdynamik eine wesentliche Rolle. Die Gehalte an Gesamtschwefel können 1-3 Gew.-% betragen (SCHÄFER ET AL. 2010).



**Abbildung 1: Tonreiches, organisches Sediment  
(hier: lagunäres Sediment mit schwarzen  
Wurzelresten und oxidativem Eisensaum).**

## Herkunft, Umwandlung und Verlagerung von Schwefelverbindungen in Marschböden (Transformation- und Lokation)

Die charakteristischen Prozesse der Marschböden beruhen auf der Schwefeldynamik unter anoxischen und oxidischen Bedingungen. Der primäre Prozess ist dabei die Festlegung des Sulfats aus dem Meerwasser unter anoxischen Bedingungen als Eisensulfid (FeS) oder Pyrit (FeS<sub>2</sub>). Sulfat wird von marinen Mikroorganismen zum Abbau von am Meeresboden vorhandenem Methan (CH<sub>4</sub>) genutzt. Das Sulfat wird dabei zu Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S) reduziert. Dieser Prozess wird durch mikrobiellen Abbau der organischen Substanz unter anaeroben Bedingungen (Reduktion) gefördert und setzt höhere Gehalte an C<sub>org</sub> voraus. Ferner ist die Entstehung von Eisensulfid und Pyrit an das Vorhandensein von Eisenmineralen gebunden (s. Abb.2).

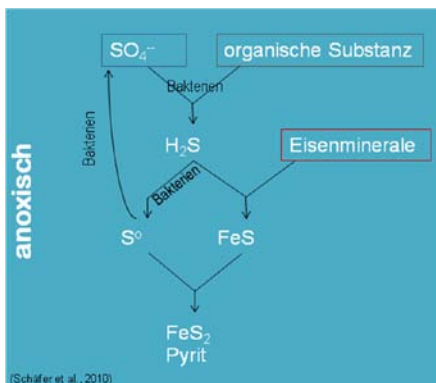


Abbildung 2: Schematische Darstellung der sedimentären Pyritbildung (aus Schäfer 2010)

### Merkmale der Schwefeldynamik

Die Schwefeldynamik in Böden der Marsch obliegt vor allem den Prozessen der Reduktion und Oxidation schwefelhaltiger Substanzen (Abb. 3). Das Ausgangsmaterial der Bodenbildung ist hier meerwasserbeeinflusst und damit sulfat-, chlorid- und kalkhaltig. Bei zugleich hohen Gehalten an organischer Substanz kommt es unter Sauerstoffabschluss zur Reduktion des Sulfat zu Eisensulfid (FeS) oder Pyrit (FeS<sub>2</sub>). Gelangen diese in ein oxidatives Milieu, wird Schwefelsäure freigesetzt und Kalk gelöst. Die Lösungsprodukte des Kalks und das hierbei frei werdende Sulfat werden mit

dem Sickerwasser profilabwärts verlagert. Letzteres wird im Gr-Horizont wieder als Eisensulfid ausgefällt und angereichert.

Treten oxidative Bedingungen ein und es ist kein oder zu wenig Kalk zur Säurepufferung vorhanden, kommt es zur Ausbildung von Jarosit und zu einer starken Versauerung des Bodens. Hält der Prozess länger an, so wird Jarosit in einem letzten Schritt zu Eisenhydroxid oxidiert.

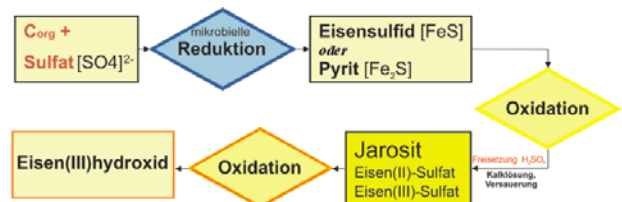


Abbildung 3: Schematische Darstellung der Schwefeldynamik in Marschböden.

Insgesamt ist festzuhalten, dass die Prozesse der Schwefeldynamik in wenigen Jahren bis Dekaden ablaufen. So ist zu beobachten, dass sich bereits wenige Jahre nach Grabenvertiefung und Grundwasserabsenkung die schwefelreiche in die eisenreiche Organomarsch entwickelt.

### *Die Prozesse und Merkmale im Einzelnen Sulfatreduktion*

Unter Sauerstoffabschluss im Grundwassermilieu entsteht durch mikrobielle Reduktion Pyrit oder Eisensulfid.



Abbildung 4: Schematische Darstellung der Reduktion von Sulfat zu Eisensulfid, bzw. Pyrit.

Pyrit ist in Form weißer Nester (< 50 µm) im Gelände zwar erkennbar, aber auch mit der Lupe nicht sicher zu identifizieren (Abb.5). Abhilfe könnte die Entwicklung einer Indikatorflüssigkeit schaffen.

Gerät Pyrit unter den Einfluss von Sauerstoff, entsteht Schwefelsäure, die unter Kalklösung solange gepuffert wird, bis der Kalk restlos gelöst ist. Als Faustzahl gilt, dass 1 Gew.% Pyrit-Schwefel das Lösungspotential für ca. 3 Gew.% Kalk haben (SCHÄFER 1987). Die aus dieser Reaktion hervorgehenden Produkte werden mit dem Sickerwasser profilabwärts verlagert. Er-

reicht das im Sickerwasser enthaltene Sulfat das Grundwasser, wird es als Eisensulfid ausgefällt und sekundär angereichert oder es wird mit dem Drainwasser abgeführt.

Charakteristisches Merkmal sind die in Folge der Eisensulfid-Anreicherung intensiv schwarz gefärbten Gr-Horizonte. Im Detail ist zu erkennen, dass die schwarzen Ausfällungen des Eisensulfid von den größeren Poren in die Matrix gewandert sind (s. Abb. 6).

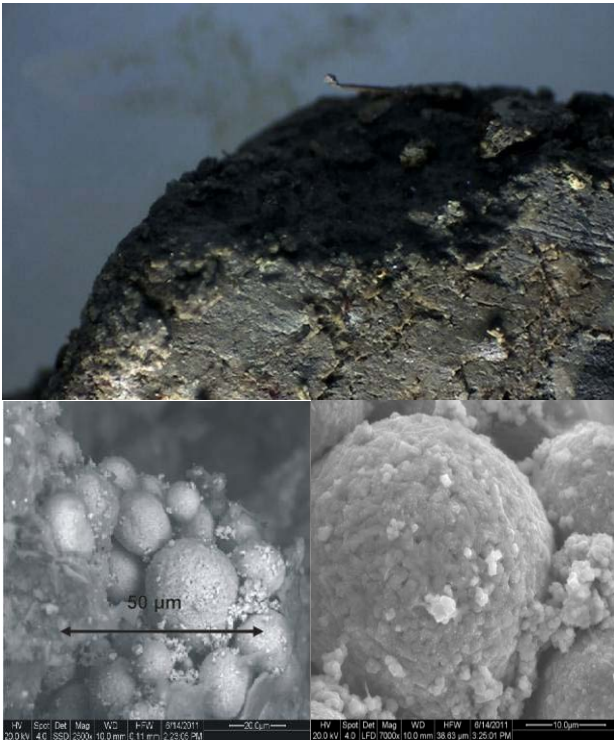


Abbildung 5: Mikroskopische Aufnahmen von Pyrit ( $\text{FeS}_2$ ).

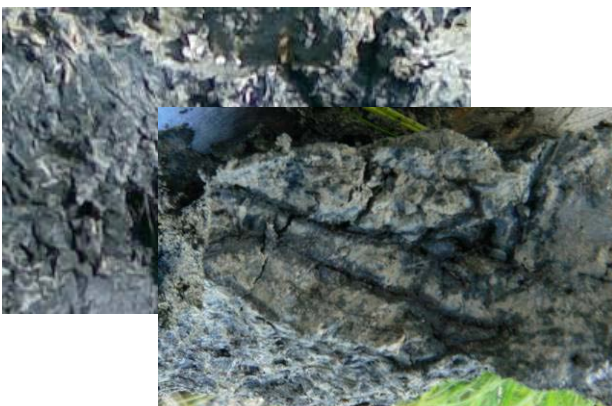


Abbildung 6: Schwarze Färbung der Poren und der Bodenmatrix durch eingewandertes Eisensulfid ( $\text{FeS}$ ).

Anders als beim Pyrit ist Eisensulfid mit dem HCl-Test organoleptisch leicht zu detektieren. Zumeist tritt der dabei entstehende faulige Geruch bereits beim Anlegen einer Profilgrube deutlich zu Tage.

### Jarositbildung

Bei der Oxidation von Eisensulfid und Pyrit bleibt nach der Aufzehrung des gesamten Kalks Schwefelsäure im System, die zu einer starken Versauerung des Bodens führt. Bei Eisen- und Sulfatüberschuss kommt es zur Ausfällung von gelblichem Jarosit oder Maibolt.



Abbildung 7: Schematische Darstellung der Oxidation von Eisensulfid, bzw. Pyrit zu Jarosit.



Abbildung 8: Jarosit-Ausfällung [ $\text{K}_2\text{Fe}_6(\text{OH})_{12}(\text{SO}_4)_4$ ]

### Oxidation des Jarosit zu Eisenhydroxid

Bei weiter andauernder Oxidation wird Jarosit schließlich zu Eisenhydroxid umgewandelt (Abb.9). Dieses stellt gewissermaßen das Endstadium der Reduktion/Oxidation der Schwefelverbindungen im Profil dar und liegt als Relikt der Schwefeldynamik vor.



Abbildung 9: Schematische Darstellung der Oxidation von Jarosit zu Eisenhydroxid.

Je nach sedimentologischem Aufbau, Grundwasserverhältnissen und Fortschritt der Pedogenese, können Marschböden im Resultat einzelne oder auch alle beschriebenen Merkmale aufweisen.



Abbildung 10: Eisenhydroxid-Ausfällung des Jarosit

Merkmale der Schwefeldynamik und Marschhorizonte in den Kartieranleitungen

Die bisherigen Kartieranleitungen bieten keine Möglichkeiten, pedogene Prozesse der Schwefeldynamik in Form von Horizontsymbolen zum Ausdruck zu bringen. In der KA3 (S. 134) werden mit FeS (Schwefelanreicherungen) und M (Maibolt) Symbole zur Kennzeichnung von Mineralischen Beimengungen angeboten. Diese sind in der KA4 und KA5 nicht mehr enthalten. Pyrit hingegen ist in der KA5 bei den Mineralischen Beimengungen (Mpy, FeS<sub>2</sub>, S.183) aufgeführt. Ansonsten besteht die Möglichkeit eine sulfat- (sf) oder eisenreiche (ei) Variante des entsprechenden Bodentyps auszuweisen, welche jedoch keinen Bezug auf bestimmende oder kennzeichnende Horizontsymbole oder Merkmale nimmt.

Vorschlag zur Beschreibung der Schwefelmerkmale und Horizontsymbole zur Charakterisierung von Marschenböden

Wie dargelegt, ist eine neue Beschreibung für Bodenmerkmale und Horizontsymbole bzgl. der Marschböden notwendig und in die Kartieranleitung einzuführen, ggf. mit neuen Bodentypen. Eine Überarbeitung der Klassifikation der Marschböden ist in Zusammenarbeit mit der AG Bodensystematik in Vorbereitung. Einen Überblick zu vorge-

schlagene, neu einzuführende pedogene Merkmale und resultierende Horizontsymbole gibt Tabelle 1.

Mineralische Beimengungen	Pedogene Zusatzsymbole	Merkmal
Msf	s	FeS - Anreicherung, schwarz
Mpy	p	Pyrit - Anreicherung
Mja	j	Jarosit - Ausfällung
Mei	i	Eisenhydroxid - Ausfällung des Jarosit, rötlich-braun

Tabelle 1: Vorschläge zur Kennzeichnung pedogener Merkmale der Marsch und der daraus resultierenden Horizontsymbole

**Ausblick**

Nach heutigem Kenntnisstand wird die Bodenentwicklung in den Marschböden maßgeblich durch die Schwefeldynamik geprägt. Merkmale von Schwefelverbindungen und Kalk liefern gute Kriterien zur Definition und Abgrenzung von Böden. Die Relevanz der marschbodenimmanenten Schwefeldynamik und das räumliche Ausmaß ist spätestens durch die Untersuchungen von SCHÄFER ET AL. (2010) deutlich geworden und dokumentiert.

Bzgl. der Bodenkundlichen Kartieranleitung bleibt festzuhalten, dass derzeit wesentliche Prozesse der Bodenentwicklung in der Marsch (Schwefeldynamik) nicht abgebildet werden. Daneben treten hier weitere Unsicherheiten bzgl. der Benennung des Bodenausgangsgestein (s. GEHRT ET AL. 2011) sowie der Bezeichnung und Definition von Bodentypen und deren Merkmalen (s. BENNE ET AL. 2011) auf.

**Literatur**

Die gesammelten Literaturhinweise finden sich in:

Eilers, R., Benne, I., Gehrt, E., Henschler, M., Krüger, K. Langner, S. (2011): Die Neukartierung der niedersächsischen Marschen - von der Konzept- zur Bodenkarte Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DBG, Kommission V, Titel der Tagung: Böden verstehen-Böden nutzen-Böden fit machen Berichte der DBG (nicht begutachtete online – Publikation)