

|       |         |             |                |                         |
|-------|---------|-------------|----------------|-------------------------|
| TELMA | Band 18 | Seite 61—72 | 2 Abb., 6 Tab. | Hannover, November 1988 |
|-------|---------|-------------|----------------|-------------------------|

# Nährstoffdynamik der Niedermoore und Gewässereutrophierung\*)

Nutrient Dynamics of Fens and Water Eutrophication

HERBERT KUNTZE\*\*)

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Sanierung der hypertrophierten, zunehmend verschlammenden Flachseen gelingt nur, wenn die verschiedenen Quellen des Nährstoffeintrags eingegrenzt werden können.

Niedermoore sind während ihrer Entstehung durch Verlandung und/oder Versumpfung eine Falle (sink) für die im Torf akkumulierten Nährstoffe. Mit zunehmender Entwässerung und Nutzungsintensität werden die Torfe jedoch zur Quelle (source) von remineralisierten Nährstoffen.

Es wird über die freisetzbaren Mengen an  $\text{NO}_3\text{-N}$  und  $\text{PO}_4\text{-P}$  unter Bezug auf langjährige Feldversuche des Bodentechnologischen Institutes Bremen berichtet. Bei intensiver landwirtschaftlicher Nutzung der Niedermoorböden werden mehr Nährstoffe freigesetzt als auch durch die Dauerkultur Grünland jährlich entzogen werden können. Bei relativ geringer Nitrat- und Phosphatauswaschung wird die Bedeutung der N-Inkorporierung bei der Humifizierung und der Denitrifizierung bei der Zersetzung der Torfe diskutiert. Der P-Austrag aus Niedermoorböden in das Grundwasser ist ähnlich niedrig wie aus Mineralböden. Hier gilt es vor allem die Verlagerung in die Oberflächengewässer durch Erosion zu vermeiden. Eine Torfsubstanz schonende Wirtschaftsweise ist eine Boden- und Gewässerschutzmaßnahme. Sie verlangt eine begrenzte Nutzungsintensität.

\*) Vortrag gehalten auf der DGMT-Hauptversammlung, 13.10.1987 in Malente

\*\*\*) Anschrift des Verfassers: Prof.Dr.H.KUNTZE, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Bodentechnologisches Institut, Friedrich-Mißler-Str. 46-50, 2800 Bremen 1

## SUMMARY

The rehabilitation of hypertrophied shallow lakes in which more and more sludge accumulates will be successful only if the nutrient input from different sources might be reduced.

During their formation by sedimentation and subsequent peat formation or peat formation on paludified soils fens are a sink for nutrient accumulating in the peat. Due to increasing drainage and intense farming they become however a source of remineralized nutrients.

Based on long-term trials of the Institute for Soil Technology Bremen an account is given of the remineralizable quantities of  $\text{NO}_3\text{-N}$  and  $\text{PO}_4\text{-P}$ . More nutrients are mineralized by intense agricultural use of fen soils than might be withdrawn annually even by permanent grassland. Considering the relatively low leaching of nitrate and phosphate the importance of N-incorporation during humification as well as the denitrification during peat decomposition is discussed. The P-leaching from fen soils into the ground water is similarly low as in mineral soils. The main task is above all to avoid a transfer into surface waters by erosion. Soil and water conservation means conservation of the peat substance. This demands a restricted intensity of land use.

## GLIEDERUNG

- 1 Problemstellung - zunehmende Verschlämmung der Flachseen Norddeutschlands
2. Niedermoore als Falle ('sink') oder Quelle ('source') für Mineralstoffe
3. Freisetzbare Nährstoffmengen
  - 3.1 Stickstoff
  - 3.2 Phosphor
4. Schlußfolgerung
5. Literatur

#### 1. PROBLEMSTELLUNG - ZUNEHMENDE VERSCHLÄMMUNG DER FLACHSEEN NORDDEUTSCHLANDS

Seit Jahren beobachten Limnologen mit Sorge die zunehmende Verschlämmung und Abnahme der Wassergüte der Flachseen in Norddeutschland, wie z.B. Dümmersee, Bederkesaer See (DAHMS 1974, POLTZ 1977, 1982). Neben diesen typischen Flachseen in großflächigen Niedermooren zeigen auch primär oligotrophe - dystrophe Seen im Einzugsgebiet von Sand- und Hochmoorböden, wie z.B. Steinhuder Meer und Zwischenahner Meer, zunehmende Eutrophierung und Verschlämmung (POLTZ 1983, PLATE 1976). Ihr Wert für Naturschutz und Erholung sinkt. Entschlammungen haben bisher als Kurieren von Symptomen nicht den erwünschten Erfolg gezeigt. Die Neuverschlämmung verläuft schneller als entschlammt werden kann (POLTZ 1982). Eine Sanierung dieser Flachseen mit Aussicht auf nachhaltigen Erfolg muß die verschiedenen Quellen der diese Gewässerverschmutzung auslösende Eutrophierung - Hypertrophierung, nämlich kommunal-gewerbliche Abwässer, Überlastungen durch

den Erholungsbetrieb und landwirtschaftliche Nutzung im nahen Einzugsgebiet eingrenzen. Nachfolgend soll die Bedeutung intensiver landwirtschaftlicher Nutzung der Moorböden in unmittelbarer Nachbarschaft von Flachseen für diese Gewässereutrophierung dargestellt und relativiert werden.

## 2. NIEDERMOORE ALS FALLE ('SINK') ODER QUELLE ('SOURCE') FÜR MINERALSTOFFE

Flachseen unterliegen der Verlandung in Abhängigkeit von der Topographie, Geologie und Trophie ihres hydrologischen Einzugsgebietes. Dieser nacheiszeitliche geologische Prozeß der Niedermoorbildung beginnt mit einer jahreszeitlich geprägten Sedimentation verschiedener Mudden (Schluff-, Ton-, Kalk-, Algenmudden), ehe mit dadurch zunehmender Verflachung, Erwärmung und Nährstoffkonzentrierung die randliche Vertorfung in der Sukzession von Schwimmblattpflanzen über Riedgräser und schließlich Bruchwälder einsetzt.

Wie der Beitrag von SCHWAAR (1987) belegt, können Seespiegelschwankungen besonders bei sogenannten Durchströmungs- und Überflutungsmooren (SUCCOW u. JESCHKE, 1986), z.B. in Flußaltarmen, diese Gesetzmäßigkeiten der Sukzession auch unterbrechen und eine abweichende Zonation verursachen.

Allen niedermoorortorfbildenden Pflanzen ist gemeinsam, daß sie eutraphent sind und große Mengen an Mineralstoffen, vorzugsweise N und Ca, akkumulieren. Niedermoorortorfe sind die nährstoffreichsten bodenbildenden Substrate (s.Tab. 1)

| Tabelle 1: Die Hauptunterschiede von Mineral- und Moorböden<br>The main differences between mineral and peat soils |            |           |        |                       |
|--|------------|-----------|--------|-----------------------|
| Mineralböden   |            | Moorböden |        | Eigenschaft           |
| 35   | - 70       | 3         | - 20   | % Substanzvolumen     |
| 60   | - 10       | 97        | - 65   | % Wasservolumen       |
| 160  | - 350      | 500       | - 4000 | t/ha·m Org.Substanz   |
| 4  | - 9        | 5         | - 250  | t/ha·m N <sub>t</sub> |
| (Acker)  | (Grünland) | (Hh)      | (Hn)   |                       |

Sehr früh hat man deshalb ihren Wert als witterungs- und düngungsunabhängigen landwirtschaftlichen Standort, vorzugsweise zur Produktion eiweißreichen Grundfutters, erkannt. Entwässerte, belüftete Niedermooere geben bei der Torfmineralisation die im natürlichen Ablauf der Vertorfung akkumulierten Nährstoffe wieder frei. Mit der Landnahme der Niedermooere wandelt sich also ihre Funktion von der Mineralstoffakkumulation (sink) während der Vermoorung zur Nährstoffquelle (source) in Agrarökosystemen (s.Abb. 1). Dabei sind die jährlichen Mineralisationsraten (s.Tab.2) größer als die Akkumulationsraten, wie sie z.B. für Schilfröhrichte von OSTENDORP (1988) ermittelt wurden.

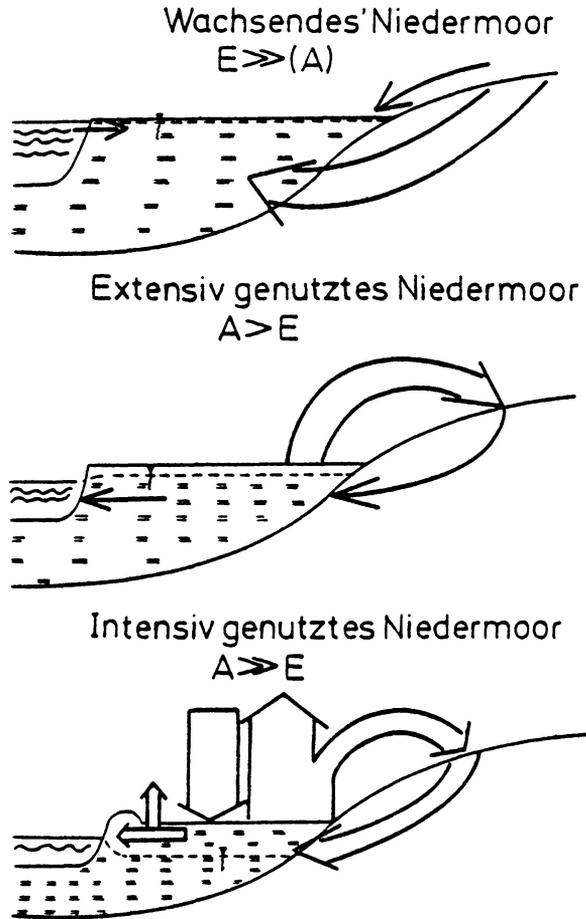


Abb. 1

Die Nährstoffflüsse verschiedener Nutzungsstadien eines Niedermoors  
Nutrient fluxes of different stages of utilization of a fen

A = Austrag/output

(A) = Austrag gering/ output low

E = Eintrag/input

Solange diese Niedermoornutzung *e x t e n s i v* blieb, d.h. bei nur Oberflächenentwässerung eine von der jahreszeitlich gesteuerten klimatischen Wasserbilanz abhängige *W i e s e* -nutzung zuließ, blieben die Menge der freigesetzten Mineralstoffe relativ gering und wurde innerbetrieblich über den Verdauungstrakt der Wiederkäuer und Pferde auf andere nährstoffarme Mineralböden exportiert. Nach ALBRECHT DANIEL THAER ist die Wiese die sprichwörtliche Mutter des Ackerlandes. Viele alte norddeutsche Dörfer und Gehöfte sind deshalb in der Nähe von futterwüchsigen Niedermooren gegründet worden.

Mit der Intensivierung der Landwirtschaft seit Ende des Zweiten Weltkriegs wurde der Nährstoffumsatz der Böden allgemein erhöht. Niedermoore wurden zur Verbesserung ihrer Tragfähigkeit im Vollzug der Motorisierung der Landwirtschaft tiefer entwässert. Aus Wiesen wurden *i n t e n s i v* nutzbare

W e i d e n. Dadurch entwickelte sich ein mehr auf den Niedermoorstandort bezogener interner Nährstoffkreislauf. Die im Frühjahr relativ lange kalten Niedermoorböden werden zusätzlich mit mineralischem Stickstoff gedüngt. Tierische Spitzenleistungen sind nur mit hohen zusätzlichen Kraftfuttergaben zu erzielen. Mit diesen wird außerbetriebliche Bodenfruchtbarkeit "importiert". Vermehrt anfallender flüssiger Wirtschaftsdünger (Gülle) aus der winterlichen Stallhaltung fließt nun auch zurück auf das Dauergrünland. Agrarpreisentwicklungen und Milchkontingentierungen führen zu Überschüssen an Grünlandflächen. Deshalb werden auch absolute Grünlandflächen zeitweise ackerbaulich für den Feldfutterbau (Mais) genutzt. Eine intensive Grünlandnutzung zwingt ebenfalls zu turnusmäßigem Grünlandumbruch mit Neuansaat (KUNTZE, 1982). Alle diese aus moorkundlicher, boden- und gewässerschützerischer Sicht negativen Entwicklungen führen dazu, daß von einer "naturnahen" Dauergrünlandnutzung der Moorböden (BADEN, 1966) oft nicht mehr gesprochen werden kann. Die Torfschwundraten des intensiv genutzten Niedermoorgrünlandes nähern sich denen des Ackerlandes. Liegt es da nicht nahe, die Misere der Gewässereutrophierung vorrangig dieser intensiven Moorbodennutzung in der Nähe von Seen anzulasten?

### 3. FREISETZBARE NÄHRSTOFFMENGEN

#### 3.1 Stickstoff

Die Gesamtstickstoffgehalte der Niedermoortorfe schwanken je nach torfbildenden Pflanzengesellschaften, Rohdichte und Entwicklungsgrad zwischen 1,5 und 4,5 Gew.% Trockenmasse (TM). Der biochemische Torfumsatz ist von der Belüftungsintensität (Grad der Entwässerung, Ackerbau > Dauergrünland), Bodenreaktion (saure Hochmoorböden < alkalische Niedermoorböden) (EGGELSMANN u. BARTELS, 1975), C/N-Verhältnis (optimal  $\sim$  20) und Klimalage (EGGELSMANN, 1976, STEVENS u. STEWART, 1976) abhängig.

Tabelle 2 zeigt, daß der aus der organischen Moorbodensubstanz freisetzbare Stickstoff zwischen wenigen kg bei locker gelagerten Hochmoorböden und mehreren 1000 kg/ha bei dicht lagernden Niedermoorböden betragen kann.

| Tabelle 2: Jährliche Mineralisation von Stickstoff aus Moorböden<br>(KUNTZE, 1984)<br>Annual mineralization of nitrogen in peat soils |              |     |     |      |      |    |
|---|--------------|-----|-----|------|------|----|
| Rohdichte, tr.<br>g/l   | Nmin kg/ha·a |     |     |      |      | %N |
|   | 0,5          | 1   | 2   | 3    | 4    |    |
| 50  | 12           | 25  | 100 | 300  | 400  |    |
| 100   | 25           | 50  | 200 | 600  | 1200 |    |
| 200   | 50           | 100 | 400 | 1200 | 1600 |    |
| 400   | 100          | 200 | 800 | 2400 | 3200 |    |
| Torfschwund (cm/a)  | 0,5          | 0,5 | 1   | 2    | 2    |    |
|   | Hh           |     | Hn  |      |      |    |

Auch stickstoffreiche Niedermoorböden werden im Frühjahr zusätzlich mit mineralischem Stickstoff bzw. stickstoffhaltigem Wirtschaftsdünger gedüngt, weil der Stickstofffluß aus der mineralisierbaren organischen Bodensubstanz in diesen dann noch zu kalten Böden mit gehemmter bodenbiologischer Aktivität verzögert einsetzt. Bis zu 250 kg/ha mineralischer Stickstoffdünger werden bei intensiver Grünlandwirtschaft jährlich zusätzlich auf Niedermoorböden gedüngt. Hinzu kommen oft noch 2 Dungeeinheiten ( $DE = 80 \text{ kg N}_t$  u.  $70 \text{ kg P}_t$ )/ha Gülle (=  $160 \text{ kg N}_t$ ). Der N-Entzug beträgt bei maximal 150 dt TM/ha und 4% N in der TM bis zu  $600 \text{ kg/ha} \cdot \text{a}$ . Eine überschlägige Stickstoffbilanz ist in Tabelle 3 aufgestellt.

| Tabelle 3: Überschlägige N-Bilanz eines intensiv genutzten Niedermoorbodens<br>Roughly calculated N-balance of an intensively utilized fen soil |         |
|---|---------|
|   | kg/ha·a |
| N-Mineralisation (Tab.2)  | 1200    |
| N-Düngung   | 250     |
| N-Immission   | 30      |
| I. Verfügbarer N insgesamt  | 1480    |
| N-Entzug ( $150 \text{ dt/ha TM} \cdot 4\%N$ )  | - 600   |
| N-Auswaschung (Tab.4)   | - 72    |
| II. Gemessene N-Verluste  | - 672   |
| I - II  | 808     |
| Inkorporation   | - 300   |
| Denitrifikation   | - 500   |

Insgesamt ist die Stickstoffauswaschung unter Dauergrünland auch bei intensiver Nutzung geringer als unter ackerbaulich genutzten Niedermooren. Tabelle 4 bringt Vergleichszahlen von 3 langjährigen Versuchen des Bodentechnologischen Instituts Bremen unter besonderer Berücksichtigung der Gülldüngung. Nur ackerbaulich intensiv (Mais, Gülle) genutzte Niedermoorböden zeigten hohe Nitrat- und Kalkausträge - auch als Hinweise auf erhöhten Torfumsatz.

In der Bilanz von Bodenstickstofffreisetzung, Düngung und Immissionen einerseits und dem N-Entzug durch Pflanzen und Sickerwasser andererseits bleiben einige 100 kg Stickstoff offen. Mineralisierung und Humifizierung bestimmen die Torfzersetzung. Die relative Stickstoffanreicherung der primär stickstoffarmen Hochmoorböden ist bekannt (KUNTZE, 1982). Sie führt in den oberen, bearbeiteten Torflagen zu einer Verdoppelung bis Verdreifachung der Stickstoffgehalte innerhalb weniger Jahrzehnte bei gleichzeitig um den Faktor 3 bis 5 zunehmender Lagerungsdichte.

Tabelle 4: Nährstoffauswaschung nach Gülledüngung (2,5 DE/ha)  
Nutrient leaching after fertilization with liquid manure

| Nährstoff          | Auswaschung in kg/ha·250 mm          |  |       |                             |
|--------------------|--------------------------------------|--|-------|-----------------------------|
|                    | Dt.Hochmoorkultur<br>(Teufelsmoor)*) | Niedermoorschwarzkultur<br>(Dümmer)**) |       | Gley-Podsol<br>(Bokern)***) |
|                    | Grünland                             | Grünland                               | Acker | Acker                       |
| PO <sub>4</sub> -P | 9,6                                  | 0,5                                    | 1,0   | 0,1                         |
| NO <sub>3</sub> -N | 12,5                                 | 5,6                                    | 72,5  | 47,0                        |
| Ca                 | 14,0                                 | 144,0                                  | 308,0 | 35,0                        |
|                    | 6jähriger Durch-<br>schnitt          | 4jähriger Durchschnitt                 |       | 12jähriger<br>Durchschnitt  |

\*) SCHEFFER, KUNTZE, BARTELS, 1982; \*\*) SCHEFFER, 1987;

\*\*\*) SCHEFFER, KUNTZE, BARTELS, 1984

Eine relative Stickstoffanreicherung um den Faktor 10 ist möglich (s.Tab. 5). Vor der Kultivierung sind mit einer Rohdichte, tr. von nur 50 g/l und durchschnittlich 1% N<sub>t</sub> in der Trockenmasse je 10 cm Bodentiefe nur 500 N/ha vorhanden. Nach 23 Jahren ist durch Sackung die Rohdichte auf rund 100 g/l angestiegen. Der Torf enthält dann bereits 2% N<sub>t</sub> in der TM = 2000 kg/ha·10 cm Bodentiefe. In weiteren 20 Jahren nimmt die Rohdichte infolge weiterer Entwässerung auf 200 g/l zu. Bei schließlich 2,5% N<sub>t</sub> TM sind in der humifizierten Torfsubstanz 5000 kg N/ha·10 cm akkumuliert.

Tabelle 5: N-Akkumulation (Gew.%) in Hochmoorböden (Königsmoor) unter Dauergrünland unterschiedlichen Alters (KUNTZE, 1982)  
N-accumulation (weight%) in raised bog soils (Königsmoor) under permanent grassland of different age

| Tiefe<br>cm | vor Kultivierung<br>(1913) | Dauergrünland |      |      |          | Gew.% N |
|-------------|----------------------------|---------------|------|------|----------|---------|
|             |                            | 13            | 23   | 41   | 62 Jahre |         |
| 0 - 2       |                            | 2,01          | 2,54 | 2,54 | 2,51     | Gew.% N |
| 2 - 5       | 1,31                       | 1,45          | 2,21 | 2,24 | 2,13     | "       |
| 5 - 10      |                            | 1,36          | 1,96 | 1,54 | 1,74     | "       |
| 10 - 20     | 0,93                       | 0,71          | 1,77 | 0,97 | 1,13     | "       |

In den primär N-reichen Niedermoortorfen ist dagegen eine relativ geringere N-Inkorporation von ca. 3 auf maximal 4 Gew.% N<sub>t</sub> festzustellen. Mit der sukzessiven Torfmineralisation eine gleichmäßige N-Inkorporation durch Humusneubildung innerhalb von 41 Jahren unterstellend, können im Beispiel der Tabelle 5 je 10 cm Humifizierungstiefe jährlich bis zu 100 kg N organisch gebunden werden. Auch dieser "sink" reicht zur Bilanzierung noch nicht aus.

| Tabelle 6: Potentielle Denitrifikationsraten (kg N/ha·dm·d) von Mineral- und Niedermoorböden (cit.in RICHTER, 1987)<br>Potential denitrification rate (kg N/ha·dm·d) of mineral and fen soils (cited in RICHTER, 1987) |              |                        |
|--|--------------|------------------------|
| Boden  | kg N/ha·dm·d | Quelle                 |
| Mineralböden   |              |                        |
| fs - ts  | 0,6 - 9,0    | MÜLLER et al., 1980    |
| uL   | 1,5 - 7      | BENCKISER et al., 1986 |
| T  | 18 - 20      | COLBOURN et al., 1984  |
| Niedermoorböden  |              |                        |
| Hn brach, trocken  | 16,2         | TERRY & TATE, 1980 b   |
| " " , geflutet   | 32,2         | TERRY et al., 1981 b   |
| Hn, Grünland   | 65,6         | TERRY & TATE, 1980 b   |

Das Denitrifikationspotential der stickstoffreichen Niedermoorböden ist gegenüber Mineralböden sehr hoch (s.Tab. 6), besonders unter Grünland. Denitrifikation und Nitrifikation sind biochemische und daher von der Temperatur abhängige Prozesse. Neben freiem mineralisierbaren Nitratstickstoff müssen als energieliefernde Substanzen leicht lösliche, niedermolekulare Kohlenstoffverbindungen vorhanden sein. Dies erklärt, daß mit zunehmendem Zersetzungsgrad der Niedermoorstoffe das Denitrifikationspotential abnimmt (s.Abb. 2) (RICHTER, SCHEFFER u. KUNTZE, 1986). Nur die rezenten Wurzeln sind dann noch solche Kohlenstofflieferanten. Unter Dauergrünlandnutzung ist daher die Denitrifikation infolge mehr Wurzelmassenbildung größer als unter den Ackerkulturen, die weniger und nur kurzfristig mineralisierbare, frische Biomasse liefern.

### 3.2 Phosphor

Limitierendes Element der Gewässereutrophierung ist in der Regel nicht der Stickstoff, sondern der Phosphor (VOLLENWEIDER, 1968). Erst oberhalb 0,02 mg P/l setzt spontan Algenwachstum ein. Unsere langjährigen Untersuchungen zur P-Dynamik der Moorböden haben die geringe P-Sorption der mineralstoffarmen Hochmoorböden belegt. Vor allem bei ackerbaulicher Nutzung führt eine über den Entzug bemessene, leicht lösliche P-Düngung zu erhöhten P-Auswaschungen, die um bis zu 2 Zehnerpotenzen über den bei Mineralböden bekannten P-Austrägen liegen (EGGELSMANN u. KUNTZE, 1972; KUNTZE u. SCHEFFER, 1979 ; BLANKENBURG, 1983).

Dagegen sind sowohl die Ca-reichen Niedermoorböden der weichseleiszeitlichen Glaciallandschaft wie auch die sauren, dafür aber Fe- und Al-reichen Niedermoorböden der saaleiszeitlich geprägten Geestlandschaften durch ähnlich niedrige P-Austräge wie aus Mineralböden gekennzeichnet (SCHEFFER u. BLANKENBURG, 1983).

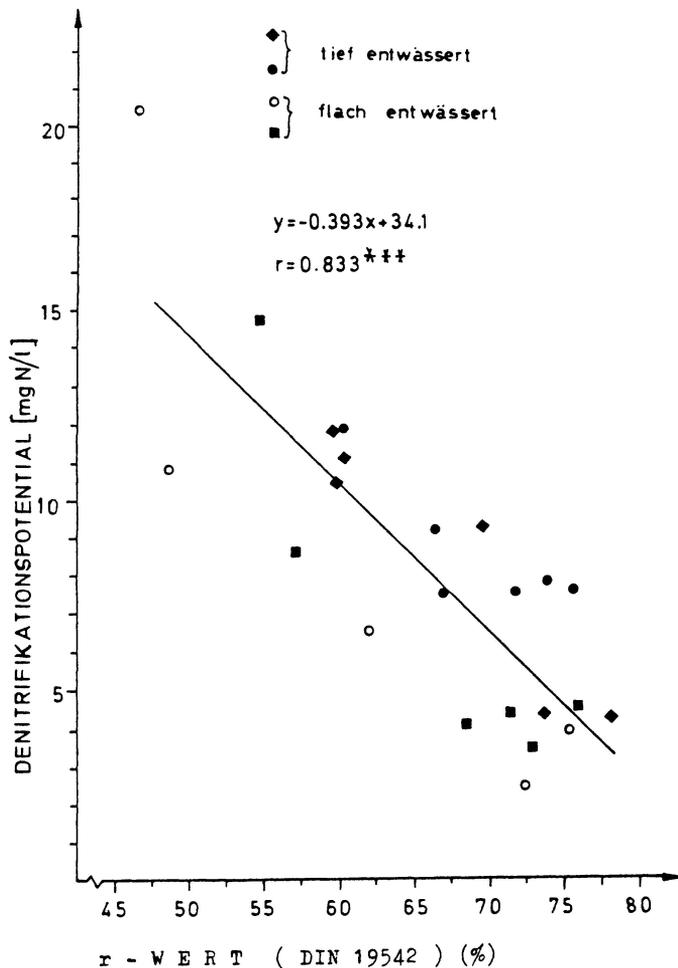


Abb. 2

Von Zersetzungsgrad (r-Wert) und Entwässerung abhängiges Denitrifikationspotential von Niedermoorböden (RICHTER, SCHEFFER und KUNTZE, 1986)  
 Denitrification potential of fen soils, dependent on the degree of decomposition (r-value) and drainage (RICHTER, SCHEFFER, KUNTZE 1986)

Vor allem die mit organischer Flüssigdüngung (Gülle) aufbrachten löslichen Phosphate sind aus Hochmoorböden noch schneller ausgetragen als die anorganischen, schwer löslichen Phosphate, vor allem die nicht aufgeschlossenen Rohphosphate (SCHEFFER, KUNTZE u. BARTELS, 1982). Die Tabelle 4 läßt auch erkennen, daß die Ca-reichen mudeunterlagerten Niedermoorböden am Dümmmer keine nennenswerten P-Austräge zeigen. Nimmt man die über Dränaufläufe gemessenen Nährstoffausträge als Bezugsgröße für Nährstofffreisetzungen aus dem Boden und düngungsspezifische Auswirkungen, so kann im speziellen Fall des Dümmmers die landwirtschaftliche Nutzung der Niedermoorböden nicht als Hauptursache der Eutrophierung dieses Flachsees gelten, sofern nicht wesentliche P-Mengen durch unsachgemäße Düngung und Erosion direkt in die Vorfluter eingetragen werden. Durch bodentechnolo-

gische Maßnahmen (Sanddeck- und Mischkulturen) sowie düngetechnologische Vorkehrungen (Kalkung und dem Pflanzenbedarf gemäße Düngungen nach Zeitpunkt, Menge und Form der P-Düngung) lassen sich ökologisch wie ökonomisch unzulässige Torfmineralisation und P-Austräge aus Moorböden minimieren (KUNTZE, 1987). Da Moorböden zum Erhalt primär günstiger Torfeigenschaften nicht über pH 4,5 aufgekalkt werden sollten, ist der Einsatz des Kalles zur Steuerung der P-Mobilität in Moorböden begrenzt. Als wirksame Alternative hat sich Rotschlamm (SCHEFFER, KUNTZE u. BARTELS, 1986) erwiesen. Bei Minderung des P-Austrages um über 70% bleiben die P-Gehalte der Pflanzen unbeeinflusst. Die Erträge wurden sogar leicht erhöht.

#### 4. SCHLUSSFOLGERUNG

Die Ursachen der Flachsee-Eutrophierung sind sehr komplex. Die Stellung und Bedeutung der Niedermoore als vernetzende Teile von limnischen und terrestrischen Ökosystemen bedingen mit jeder Nutzung Auswirkungen auf beide Systeme. Gewässerschutz und Bodenschutz verlangen gleichermaßen eine die Torfsubstanz schonendere, d.h. begrenzte Nutzungsintensität auf den Niedermoorböden. Diese sind je nach Nutzungsintensität Standorte hoher Stickstoffdynamik. Nitrifizierung, Denitrifizierung und Humifizierung sind die wichtigsten Prozesse der Stickstofffreisetzung bzw. Immobilisierung. Dagegen ist die P-Dynamik der Niedermoore niedriger als die der Hochmoore. Bei ordnungsgemäßer Landbewirtschaftung der Niedermoore sind keine nennenswerten Verfrachtungen von bodenbürtigen wie düngungsspezifischen Phosphaten in die Gewässer zu erwarten. Sofern jedoch größere Hochmoorflächen im Einzugsgebiet von Flachseen liegen, z.B. das Venner Moor am Dümmer, werden neben boden- und düngetechnologischen auch wasserbauliche Maßnahmen wie Vorfluterumleitung (z.B. Bornbach am Dümmersee) erforderlich. Zusätzlich muß jedoch eine P-Elimination (3. Reinigungsstufe der Kläranlagen) aller in den See gelangenden Abwasserfrachten zur Entlastung der Gewässer beitragen. Folgt man den Vorstellungen von POLTZ (1983) zur Nährstoffbelastung des Zwischenahner Meeres, dann verhindern bei ausreichendem Nitratangebot die durch Denitrifizierung geschaffenen Redoxbedingungen an der Sedimentoberfläche eine Rückführung von Nährstoffen aus den Sedimenten. Erst die Erschöpfung des Nitratvorrates im Seewasserkörper ermöglicht eine intensive Rücklösung von  $\text{NH}_4$  und  $\text{PO}_4$  aus den Sedimenten und selbst bei geringer allochthoner Belastung eine beachtliche Algenmassenentwicklung. Die Rolle der Sedimente als interne Belastungsquelle wurde offensichtlich bisher unterschätzt.

Eine Gewässereutrophierung ist insgesamt Zeichen einer zu intensiven Landschaftsnutzung einschließlich der Seen selbst. Sie beschleunigt den sonst in geologisch längeren Zeiträumen zwangsläufigen Prozeß der Verlandung von Flachseen, die dann ihre Bedeutung für Naturschutz und Erholung verlieren.

## 5. LITERATUR

- BADEN, W. (1966): Bewirtschaftung und Leistung des Grünlandes auf "Deutscher Hochmoorkultur".- Mitt.Arb.Staatl.Moor-Versuchsstation Bremen, 9:1-222, 113 Abb., 65 Tab., Bremen.
- BLANKENBURG, J. (1983): Untersuchungen zur Phosphatdynamik saurer organischer Böden im Hinblick auf die Reduzierung des Phosphoraustrages und der Gewässereutrophierung durch boden- und düngetechnische Maßnahmen.- Dissertation Univ.Göttingen, 101 S., 22 Abb., 31 Tab., 133 Lit., Göttingen.
- DAHMS, E. (1974): Ergebnisse geologischer und limnologischer Untersuchungen am Dümmer und ihre Auswertung für die Umweltplanung.- Ber.Naturhist. Ges.Hannover, 118: 213-240, 11 Abb., 1 Tab., 26 Lit., Hannover.
- EGGELSMANN, R. (1976): Peat consumption under influence of climate, soil condition and utilization.- Proc. 5th Internat.Peat Congress, Poznań, Poland, Vol.I: 233-247, 6 Abb., 2 Tab., 53 Lit.; NOT, Warszawa.
- u. BARTELS, R. (1975): Oxidativer Torfverzehr im Niedermoor in Abhängigkeit von Entwässerung, Nutzung und Düngung.- Mitt.Deutsch.Bodenkundl.Ges., 22: 215-221, 3 Tab., 15 Lit., Göttingen.
- u. KUNTZE, H. (1972): Vergleichende chemische Untersuchungen zur Frage der Gewässereutrophierung aus landwirtschaftlich genutzten Moor- und Sandböden.- Landwirtsch.Forsch., 27/I.Sonderheft : 140-154, 6 Abb., 12 Tab., 27 Lit., Frankfurt.
- KUNTZE, H. (1982): Die Anthropogenese nordwestdeutscher Grünlandböden.- Abh.Naturwiss.Verein Bremen, 39: 379-395, 6 Abb., 6 Tab., 1 Übersicht, 28 Lit., Bremen.
- (1987): Conservation of peatlands.- Transact.XIII.Congr.Intern.Soc. Soil Sciences, Vol.III: 834-835, Hamburg.
- (1987): Grenzen der Nutzungsintensität von Niedermoorstandorten.- Akad.d.Landw.-Wissenschaften d.DDR Symposium "Bodenentwicklung auf Niedermoor", Eberswalde 1987, S. 60-74, Eberswalde.
- (Hrsg.) (1984): Bewirtschaftung und Düngung von Moorböden.- 80 S., 26 Abb., 39 Tab., Niedersächs.Landesamt f. Bodenforschung, Hannover, Bodentechnol.Institut Bremen.
- u. SCHEFFER, B. (1979): Die Phosphatmobilität im Hochmoorboden in Abhängigkeit von der Düngung.- Z.Pflanzenernähr.u.Bodenkunde, 142 (1): 155-168, 6 Abb., 4 Tab., 20 Lit., Weinheim.
- OSTENDORP, W. (1988): Nährstoffkreisläufe und Nährstoffakkumulation in Schilfröhricht-Niedermoorböden - am Beispiel des Bodensee-Untersees.- Vortrag DGMT-Tagung, 1987 Malente, TELMA 18: 351-372, 7 Abb., 2 Tab., 27 Lit.; Hannover,
- PLATE, V. (1976): Hydrologische Untersuchungen am Steinhuder Meer.- Z.Kulturtechn.u.Flurbereinig. 17: 287-294, Berlin - Hamburg.
- POLTZ, J. (1977): Bericht über die limnologische Untersuchung des Bederkesaer Sees.- Mitt.Nds.Wasseruntersuchungsamt Hildesheim, 2: 81-156, 11 Tab., 9 Abb., 15 Lit., Hildesheim.

- POLTZ, J. (1982): Der Dümmer - Nutzungsansprüche, Probleme, Sanierungsmaßnahmen.- Mitt.Nds.Wasseruntersuchungsamt 8: 100-159, 1 Tab., 3 Abb., 45 Ref., Hildesheim.
- "- (1983): Modellrechnungen zur Frage der Nährstoffbelastung des Zwischenahner Meeres.- Mitt.Nds.Wasseruntersuchungsamt Hildesheim 9: 75-103, Hildesheim.
- RICHTER, G.M. (1987): Bedeutung der Denitrifikation im Stickstoffumsatz von Niedermoorböden.- Diss.Univ.Göttingen, 169 S., 29 Abb., 42 Tab., 174 Lit. u. Göttinger Bodenkundl.Berichte (im Druck).
- "- , SCHEFFER, B. u. KUNTZE, H. (1986): Denitrification potential of organic soils as a function of soil depth and chemical properties.- Proc. 13th ISSS-Congress, Hamburg, Vol. II: 445-446, 1 Tab., 3 Lit., Hamburg.
- SCHEFFER, B. u. BLANKENBURG, J. (1983): Phosphataustrag aus Niedermoorböden - Ergebnisse eines Lysimeterversuches ohne Pflanzenbewuchs.- Z.Pflanzenernähr. u. Bodenkde. 146: 275-284, 5 Abb., 3 Tab., 7 Lit., Weinheim.
- "- , KUNTZE, H. u. BARTELS, R. (1982): Zum Phosphataustrag aus mit Gülle gedüngtem Hochmoorboden.- Landwirtsch.Forsch., Kongreßber.1981, Sonderh.38: 288-296, 5 Abb., 4 Tab., 8 Lit., Frankfurt.
- "- , KUNTZE, H. u. BARTELS, R. (1984): Reduzierung des Nitrataustrages aus einem Sandboden durch Einsatz von Didin.- VDLUFA-Schriftenr., H 11: 87-96, Darmstadt.
- "- , KUNTZE, H. u. BARTELS, R. (1986): Anwendung von Rotschlamm und Grünsalz auf sauren Hochmoorböden zur Reduzierung des Phosphataustrages.- Z.Kulturtechn.u. Flurbereinig. 27: 76-82, 2 Abb., 5 Tab., 7 Lit., Berlin - Hamburg.
- SCHWAAR, J. (1988): Subfossile Schilfröhrichte und Großseggenrieder.- Unveröff.Vortragsmanuskript Bodentechn.Institut Bremen, Veröff.i.Vorbereitung f. Phytocoenologia.
- SUCCOW, M. u. JESCHKE, L. (1986): Moore in der Landschaft.- 268 S., zahlr. Abb. u. Farbfotos, Lit., Urania Verl.Leipzig - Jena - Berlin.
- STEPHENS, J.C. & STEWART, E.H. (1976): Effect of climate on organic soil subsidence.- Int.Assoc.Hydrological Sci.Proc.Anaheim Symp.Washington D.C. 1976, Publication No.121: 647-655, Washington D.C.
- TATE, R.L. (1976): Nitrification in Everglades Histosols: A potential role in soil subsidence.- Int.Assoc.Hydrological Sci.Proc.Anaheim Symp. Washington D.C.1976, Publication No.121: 667, Washington D.C.
- VOLLENWEIDER, R.A. (1968): Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication.- OECD-Report DAS/CSI/68.27; Paris.

|       |         |             |                |                         |
|-------|---------|-------------|----------------|-------------------------|
| TELMA | Band 18 | Seite 73—84 | 5 Abb., 1 Tab. | Hannover, November 1988 |
|-------|---------|-------------|----------------|-------------------------|

# Die Torfbildung im telmatischen Bereich — Limnogeologisch-lagerstättenkundliche Aspekte\*)

Peat Formation in the Telmatic Reed Belt —  
Aspects of Limnogeology and Economic Geology

GERD LÜTTIG\*\*)

## ZUSAMMENFASSUNG

In der Moor- und Torfkunde stehen zum großen Teil die Hochmoore im Blickpunkt; ökonomisch sind aber die Niedermoore viel bedeutsamer.

Ein großer Teil unserer Niedermoore ist im Telmaticum, d.h. im Verlandungsgürtel von Seen oder langsam fließenden Gewässern entstanden. Das Telmaticum ist nicht nur in ökologisch-botanischer, sondern auch in geologisch-lagerstättenkundlicher Hinsicht wichtig. Der Telmatologe, der Niedermoore untersucht, ist sehr eng auf limnologische und limnogeologisch-genetische Bezüge angewiesen. Limnogeologischer und telmatologischer Sachverstand ist auch bei der Prospektion auf Braunkohlenlagerstätten gefordert. Die größten intramontanen Braunkohlenlagerstätten des Tertiärs und Altpleistozäns sind im Telmaticum entstanden.

## SUMMARY

In peat science raised bogs are mainly the area of focus; but economically fens are much more important.

A large portion of our fens originated in the telmaticum, i.e. in the reed belts of lakes or in slowly flowing waters. The telmaticum is not only

\*) Vortrag gehalten auf der DGMT-Hauptversammlung vom 12.-16.10.1987 in Malente, Schleswig-Holstein.

\*\*\*) Anschrift des Verfassers: Prof.Dr.G.LÜTTIG, Lehrstuhl für Angewandte Geologie der Universität Erlangen-Nürnberg, Schloßgarten 5, 8520 Erlangen