

TELMA	Band 10	Seite 173-196	9 Abb., 5 Tab.	Hannover, Juli 1980
-------	---------	---------------	----------------	---------------------

Ökohydrologische Aspekte zur Erhaltung von Moorgewässern

Ecohydrological Aspects for the Preservation of Moor Waters

RUDOLF EGGELSMANN*)

-ZUSAMMENFASSUNG

- Von 186 natürlichen Gewässern im Flachland Niedersachsens liegen 48 % in Mooren und Anmooren. Auch die drei größten Binnenseen Steinhuder Meer, Dümer und Zwischenahner Meer sind von Mooren umgeben.

Die Erhaltung und Regeneration von Feuchtbiotopen und Moorgewässern ist seit 1973 gesetzlich vorgeschrieben. Es wird unterschieden zwischen (tiefen) Mooreseen und (flachen) Moorteichen, die natürlich entstanden oder durch den Menschen angelegt sind. Es werden die wichtigsten Daten der Wasserbilanz diskutiert, wie Niederschlag und Zufluß (= input) sowie Verdunstung und Abfluß (= output). Auch die Gewässergüte wird angesprochen und damit die Zuordnung zu limnologisch definierten Seentypen.

Summary

About 48 % of the 186 lakes and ponds in Lower Saxony are situated in peatlands and peaty soils. Also the three greatest lakes Steinhuder Meer, Dümer and Zwischenahner Meer are surrounded by peatland.

Since 1973 the law has provided that wet biotopes and moor waters be preserved and regenerated. A distinction is made between (deep) lakes and (shallow) ponds which have formed under natural conditions or were man-made. The important data on the water balance, such as input (rainfall and influx) and output (evaporation and discharge) are discussed. Additionally, the quality of water is discussed and thus, also, the assignment to limnologically defined types of lakes.

*) Anschrift des Verfassers: Ing.(grad.) R.EGGELSMANN, Wiss. Oberrat, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Bodentechnologisches Institut, Friedrich-Mißler-Str. 46/50, D - 2800 Bremen 1

INHALT

1. Einleitung
2. Definition
3. Limnologische Aspekte
4. Hydrologie
 - 4.1 Verdunstung von Wasserflächen
 - 4.2 Grundwasserzu- und -abfluß
5. Natürliche Moorgewässer
 - 5.1 Mooreseen
 - 5.2 Moorweiher
6. Künstliche Moorgewässer
 - 6.1 Baggerseen
 - 6.2 Fischteiche
7. Gewässergüte
8. Schlußbemerkung
Danksagung
9. Literatur

1. EINLEITUNG

Es gibt keine genaue Statistik über die in den nordwestdeutschen Mooren seit der Jahrhundertwende verschwundenen Moorgewässer, nach GRAHLE & STAESCHE (1964) sollen es allein in Niedersachsen mehr als fünfzig sein.

Die im Jahre 1980 vorhandenen 186 natürlichen Seen und Weiher des niedersächsischen Flachlandes wurden hinsichtlich der sie umgebenden Böden auf der Bodenkundlichen Standortkarte von Niedersachsen im Maßstab 1 : 200 000 überprüft und gezählt (Tab. 1). Danach liegen 48 % dieser Gewässer in Moor-, Anmoor- und Marschgebieten, 45 % werden von meist sandigen Podsolen und Gleyen umgeben.

Tab. 1:

Anzahl und Lage der im Jahre 1980 vorhandenen natürlichen Gewässer im niedersächsischen Flachland.
Number and soil position of the natural waters (1980) in the Lower Saxony plain.

Moor- und Bodentypen	Anzahl	
	n	%
Hochmoor	42	23
Niedermoor	36	19
Anmoor, Marsch	11	6
Podsol bis Gley (Sand)	84	45
Sonstige	13	7
Insgesamt	186	100

Seit Anfang der 70er Jahre ist die Trockenlegung von Feuchtgebieten und Kleingewässern in der Bundesrepublik Deutschland gesetzlich verboten (Gemeins.Erl.Nds.Min.f.ELF und Min.f.Kultus, 1973). Zur Zeit werden zur Erhaltung der noch vorhandenen Gewässer und zur Regeneration der Moore große Anstrengungen unternommen (PREISING, 1970; POHL, 1975). In den letzten Jahren wurden in Niedersachsen für viele Moorgewässer die bisherigen Landschafts- und Naturschutzgebiete vergrößert (EGGELSMANN, 1975) und andere Maßnahmen unternommen, um diese Moorgewässer zu regenerieren. Die dabei im Rahmen von Gutachten gewonnenen bodenkundlich-hydrogeologischen Erkenntnisse (EGGELSMANN, 1977a) werden hier zusammengefaßt wiedergegeben.

2. DEFINITION

Die von uns im Rahmen moorkundlich-hydrologischer Untersuchungen erfaßten Moorgewässer haben eine Mindestfläche von 0,1 ha; sie schwanken im Durchschnitt zwischen 1 und 10 ha, sind jedoch zum Teil auch wesentlich größer.

Unter " S e e " versteht man ein tiefes, großes Gewässer, mit " W e i h e r " bezeichnet man größere, flache Gewässer (dieser Name ist allerdings im norddeutschen Sprachraum kaum verbreitet); " T e i c h " ist ein flaches Gewässer geringer Größe, das abgelassen werden kann; " T ü m p e l " sind Kleingewässer, die periodisch trockenfallen können, wie z.B. Heideschlatts (WECHMANN, 1963).

3. LIMNOLOGISCHE ASPEKTE

Typische Merkmale von Seen sind klar begrenzte Zonen: die Litoralzone mit bewurzelter Vegetation, die limnische Zone von offenem Wasser mit Plankton und schließlich die Profundal- oder Tiefenwasserzone (THIENEMANN, 1955).

Im gemäßigten Klima sind Seen während des Sommers und Winters aufgrund unterschiedlicher Erwärmung und Abkühlung thermisch geschichtet. Der obere Teil des Sees (= Epilimnion) wird für eine längere Zeit vom unteren, tieferen Wasser (= Hypolimnion) durch eine Thermokline (= Metalimnion oder Sprungschicht) isoliert (Abb. 1). Diese wirkt wie eine Barriere gegen den Stoffaustausch; folglich können der Sauerstoffvorrat im Hypolimnion und die Nährstoffe im Epilimnion knapp werden. Im Frühjahr und Herbst findet bei gleicher Temperatur, begünstigt durch Wind, eine Durchmischung des Sees statt.

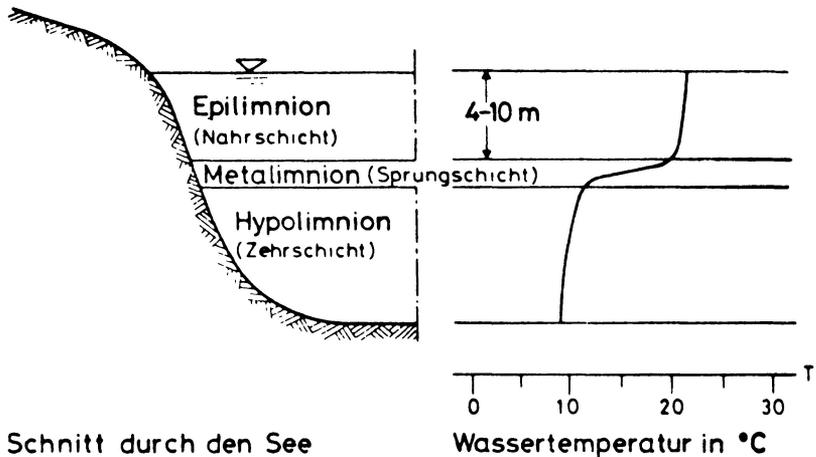


Abb. 1

Schema eines geschichteten Sees im Sommer (THON et al., 1978)

Scheme of a stratified lake in summer (THON et al., 1978)

Die weitaus meisten Moorgewässer in Niedersachsen sind jedoch mit ein bis zwei Meter Wassertiefe außerordentlich flach. Ihre Genese ist sehr vielfältig, bisher sind nur einzelne große Moorgewässer limnogeologisch untersucht worden, wie z.B. der Dümmer (DAHMS, 1972) oder der Federsee in Schwaben (GÖTTLICH, 1961). Eine Übersicht für Niedersachsen vermitteln GRAHLE u. STAESCHE (1964).

Wegen ihrer Flachheit muß man die meisten Moorgewässer als "Weiher" bezeichnen; sie tragen vielfach jedoch den Namen ...see oder ...meer, Kolle oder Kuhle, Moor- oder Seeauge, Blänke oder Bleek, Pool, Pohl oder Schlatt, Blindsee oder gar "Unergründliches Meer"*), weitere Namen aus anderen Landschaften zählt SCHREIBER (1927) auf.

Flachseen sind im Gegensatz zu tieferen Seen limnologisch bisher kaum untersucht worden (GRAHLE, LÜTTIG & STAESCHE, 1967); für die sehr großen niedersächsischen Flachseen Steinhuder Meer ($F = 29,1 \text{ km}^2$, $t_m = 1,1 \text{ m}$), Zwischenahner Meer ($F = 5,3 \text{ km}^2$, $t_m = 5 \text{ m}$) und Bederkesaer See ($F = 1,7 \text{ km}^2$, $t_m = 0,9 \text{ m}$), die in oder am Rande von ausgedehnten Moorgebieten liegen, sind limnologische Untersuchungen erst in jüngster Zeit angelaufen (GRAHLE & MÜLLER, 1967; NEUMANN, 1973; POLTZ, 1979), sie sind jedoch keineswegs abgeschlossen.

In Tabelle 2 ist vereinfacht eine Übersicht der Hauptseentypen wiedergegeben. Es muß schon hier darauf hingewiesen werden, daß sich die Moorgewässer Nordwestdeutschlands in diese Gliederung nur bedingt einordnen lassen, insbesondere ihrer geringen Tiefe wegen. Für die meist flachen Moorgewässer, die - wie noch gezeigt wird - sehr unterschiedlich sind, fehlt eine Klassifikation.

Während in (tiefen) Seen organische (und mineralische) Sedimente im Hypolimnion abgelagert und damit während des Sommers und Winters dem Stoffkreislauf im Epilimnion des Sees entzogen werden, sind die Verhältnisse in Flachseen und Teichen völlig anders. Schon bei geringen Wellenbewegungen und Strömungen werden die leichten organischen Sedimente aufgewirbelt und ständig verlagert, stabile Schichtungsverhältnisse sind kaum möglich. Diese können sich im Laufe eines Tages entwickeln, z.B. bei windstillem Wetter und intensiver Sonneneinstrahlung. Dadurch kann sich im Laufe eines Vormittags eine Temperaturschichtung aufbauen, die sich jedoch in der Nacht wieder auflöst. Im Gegensatz zu den Seen sind also in den Weihern die Sedimente ständig und unmittelbar am Stoffhaushalt des gesamten Gewässers beteiligt, es erfolgt eine dauernde Rückdüngung des Wassers durch die aus dem Sediment freigesetzten Nährstoffe, insbesondere Phosphat (OHLE, 1953, 1962; POLTZ, 1979). Von erheblichem Einfluß sind in flachen Gewässern ferner die Schwankungen des Wasserspiegels.

4. HYDROLOGIE

Überaus bedeutungsvoll ist für die Erhaltung von Moorgewässern deren Hydrologie, d.h. der Zusammenhang zwischen Niederschlag und Zufluß (= input) einerseits, Verdunstung und Abfluß (= output) andererseits, ferner die hydrogeologische Situation (RICHTER & LILLICH, 1975).

*) Dieser Name von Hochmoor-Weihern wurde wohl abgeleitet aus der (dunkel-)braunen Farbe des Wassers.

Tab. 2
Limnologische Übersicht der Hauptseentypen nach E. SCHMIDT (1973), vereinfacht.
Limnological summary of the main lake types.

	Klarwassersee					Braunwassersee
	stark eutroph eutrophierter Flachlandsee	typisch eutroph typischer Flachlandsee	kalkr.oligotroph	kalkarm.oligotroph		
Seentyp geograph.-ökolog. Kennzeichnung			Alpensee	Heidensee		
Wasserfarbe						
Sommer bedingt durch	grün Wasserblüte	grünlich Plankton	blau Reinheit	gelblich Huminstoffe		gelb/braun Huminstoffe
Wasserblüte	++	+	-	-		-
pH (Sommer)	≥ 9	~8	~7	6 - 7		5 - 6
Reaktion	stark alkalisch	schw.alkalisch	neutral	schw.sauer		sauer
NO ₃ + NH ₄ - Stickstoff mg/l Herbst	> 2	≤ 1	≤ 1	Spuren		höchstens Spuren
PO ₄ -Phosphor mg/l Herbst	> 0,5	0,2 - 0,1	< 0,05	Spuren		höchstens Spuren
Charakt. Uferpflanzen	Schilf Wasserrosen	Schilf, Groß- laichkräuter	Armleuchter- algen	Lobelie, Strandling		Schwingrasen aus Seggen (C.rostrata) Sphagnen, Wollgr.
Charakt. Fische	Hecht, Zander, Aal	Hecht, Barsch, Aal, Schleie, Plötze	Maränen, See- forelle	Hecht, Schleie		höchstens Hecht, meist Fische ganz fehlend
Tiefe	meist gering < 50 m	mäßig 50 - 100 m	groß > 100 m	meist gering < 20 m		sehr gering 10 m
Einschwemmung	sehr hoch, meist organ. Abwässer	hoch, + organ. kalk- u. nähr- stoffreich	+ hoch, minera- lisch	gering + Huminsäuren		gering/hoch, saure Huminstoffe
Jährl. organ. Sedimentation	sehr hoch (Faulschlamm)	hoch (Faulschlamm)	-	sehr gering (Torfschlamm)		gering (Torf bis Torfschlamm)
Entwicklung zum	Niedermoor	Niedermoor	eutrophen See	dystrophen See		Hochmoor
geograph. Ver- breitung und Beispiel	Siedlungsnähe oder mit Ab- wasser belaste- te Zuflüsse (Tegeler See/ Berlin)	Flachland, Alpenvorland (Gr. Plöner See/Holst.)	Alpen (Bodensee vor 30 Jahren)	Skandinavien, bei uns selten in nährstoff- armen Senken		Gebirge, atlant. Klimabereich

4.1 VERDUNSTUNG VON WASSERFLÄCHEN

Es gibt nur sehr wenige hydrologische Meßdaten, überdies sind ältere Verdunstungswerte von Wasserflächen oft fehlerhaft (KELLER, 1960, S. 449). Neue hydrologische Untersuchungen für das Steinhuder Meer (PLATE, 1975) und für zu- und abflußlose Seen im Norddeutschen Tiefland (HEITMANN et al., 1969; SCHUMANN, 1972) bestätigen deren hohe Verdunstungsraten.

In Anlehnung an WERNER (1973) werden in Tabelle 3 Jahreswerte für Niederschlag und Verdunstung einer Wasserfläche in Nordwestdeutschland zusammengestellt, und zwar getrennt für ein trockenes, warmes Jahr, für ein Normaljahr und für ein nasses, kaltes Jahr.

Tab. 3			
Jahressumme (in mm) von Niederschlag und Verdunstung einer Wasserfläche in Nordwestdeutschland. Annual sum (in mm) of rainfall and evaporation of a water area in Northwestern Germany for a dry, warm year, a normal year and a wet, cool year.			
Jahressumme	Trockenes, warmes Jahr	Normaljahr	Nasses, kaltes Jahr
Niederschlag	550	750	950
Verdunstung	850	750	650
Differenz	- 300	<u>+</u> 0	+ 300

Man erkennt unschwer, daß im Normaljahr die Niederschlagsmenge der Verdunstung entspricht, die Wasserbilanz also ausgeglichen ist. Im trockenen, warmen Jahr besteht dagegen ein Defizit von etwa 300 mm; wird dieses nicht durch verstärkten Zufluß ausgeglichen, so sinkt der Wasserspiegel um rund 30 cm. Das kann bei flachen Gewässern überaus kritisch werden und konnte während des vergangenen Jahrzehnts (1969 bis 1978) in vielen norddeutschen Moorgewässern beobachtet werden.

Im nassen, kalten Jahr tritt dagegen in der Wasserbilanz ein Überschuß von rund 300 mm auf; kann dieser wie häufig bei Moorgewässern nicht abfließen, so steigt der Wasserspiegel um etwa 30 cm, das Gewässer ufert aus; auch das ließ sich ebenfalls vielfach beobachten.

Bei flachen Gewässern kann die Verdunstungsrate durch die Transpiration einer üppigen Vegetation um 25 bis 35 % ansteigen, wie Meßergebnisse für Schilf (P h r a g m i t e s c o m m u n i s) am Neusiedler See gezeigt haben (BURIAN, 1973, S. 76). Auch die Evapotranspiration eines Sphagnum-Rasens ist meistens größer als die Verdunstung einer Wasserfläche (EGGELSMANN, 1964).

4.2 GRUNDWASSERZU- UND ABFLUSS

Die Grundwasserspende von Mooren wurde aufgrund umfangreicher bodenkundlich-hydrologischer Messungen (EGGELSMANN, 1960, 1973a, b; BADEN & EGGELSMANN, 1964) im Vergleich zu Sandböden als relativ gering ermittelt (Tab. 4).

Tab. 4

Grundwasserspende nordwestdeutscher Moore bei einem Jahresniederschlag von 700 mm im Vergleich zu Sand und Kies.
Groundwater discharge of peatland in Northwestern Germany in relation to sand and gravel for an annual rainfall of 700 mm.

Boden	Nq $l/s \cdot km^2$	Au mm/Jahr
Hochmoor	< 1	< 30
Niedermoor	1 - 2	30 - 60
Bruchwaldmoor	> 2	> 60
Sand	3 - 4	90 - 125
Kies	> 5	> 150

Der aufgrund von Durchlässigkeitsmessungen berechnete unterirdische Abfluß innerhalb der Torfe am Steinhuder Meer entsprach den in Trockenperioden im Nord- und Südbach gemessenen Abflußmengen; er war mit 0,063 mm/Tag, d.h. 23 mm/Jahr sehr gering (BADEN & EGGELSMANN, 1961).

Die in Tabelle 4 genannten Werte können somit als Vergleichsdaten dienen, um größenordnungsmäßig den unterirdischen Zu- bzw. Abfluß an Moorgewässern abzuschätzen.

5. NATÜRLICHE MOORGEWÄSSER

5.1 MOORSEEN

Natürliche Moorseen sind dort entstanden, wo während des Eisrückzuges Toteislöcher verblieben, durch Schmelzwässer eine Ausstrudelung erfolgte oder durch Subrosion Erdfälle entstanden, in denen dann im Holozän die Moorgenese begann.

Ein durch Subrosion über dem Salzstock Gehlenberg entstandener Moorsee ist z.B. das "Große Tate-Meer". In Abbildung 2 ist ein Querschnitt (West - Ost) durch das rund 20 m tiefe Moorgewässer dargestellt. Die offene Wasserfläche ist 1,16 ha groß, das oberirdische Einzugsgebiet umfaßt 123 ha. Es ist also mehr als 100-fach größer als die jetzige Wasserfläche und besteht überwiegend aus Sand. Nur die unmittelbare Umgebung des Tate-Meeres ist durch einen Schwingrasen verlandet, die Uferregion besteht noch heute aus "schwimmendem Torf"; die früher durch Peilung ermittelte schwimmende Uferzone wurde durch Sporttaucher bestätigt (EGGELSMANN, 1977b).

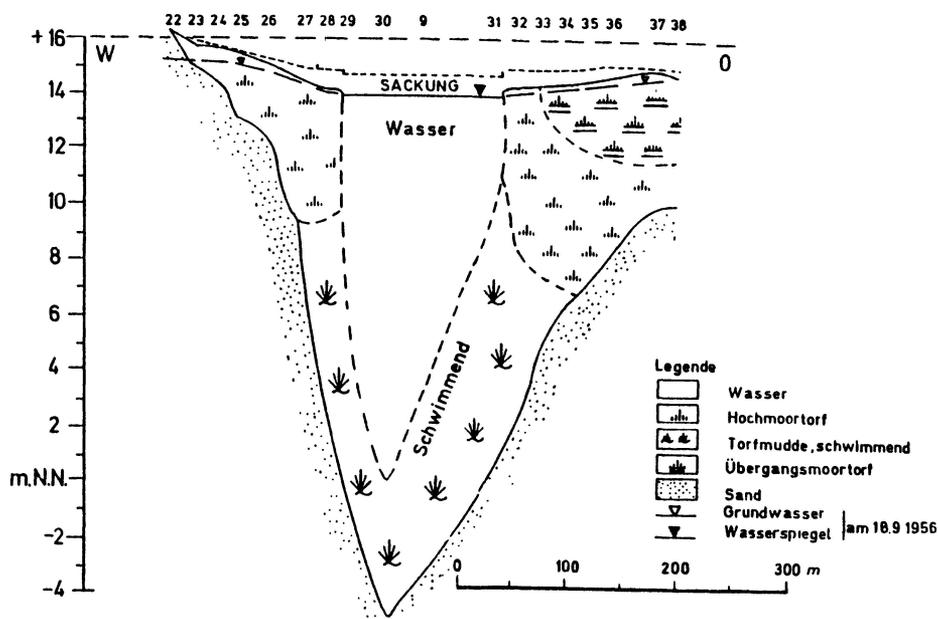


Abb. 2

Querschnitt durch den tiefen Moorsee "Großes Tate-Meer" im Hümmling (25fach überhöht).

Cross section through the deep lake "Großes Tate-Meer", the water area is about 1,3 ha (25fold exaggerated).

Das "Große Tate-Meer" hat nur einen zeitweiligen geringen oberirdischen Zufluß, dagegen einen ständigen unterirdischen Zufluß aus dem Grundwasser der bis zu 15 m höher gelegenen Sande.

In den frühen 50er Jahren wurde der Graben unterhalb des Sees um etwa 1 m vertieft, worauf der Wasserspiegel im Tate-Meer sich ebenfalls senkte und das umgebende Moorgelände absackte (Abb. 2). Seit mehr als 15 Jahren wird der Abfluß durch ein hölzernes Stauwehr geregelt, dadurch ist die Höhe des Wasserspiegels im "Großen Tate-Meer" festgelegt.

Regelmäßige Wasserstandsbeobachtungen liegen nicht vor. Ortskundige Wahrnehmungen durch Mitglieder des "Friesoyther Angelvereins" der dies (hervorragende) Fischgewässer (Forellen, Karpfen) gepachtet hat, belegen, daß gerade während der extremen warmen und niederschlagsarmen Jahre 1975 bis 1977 der Wasserspiegel im "Großen Tate-Meer" nicht abgesunken war. Daraus folgt, daß der hohe Verdunstungsverlust durch ausreichenden Zufluß bei vermindertem Abfluß ausgeglichen wurde (EGGELSMANN, 1977b).

Limnologisch wäre der Moorsee "Großes Tate-Meer" gemäß Tabelle 2 dem "kalkarmen, oligotrophen Heidesees" zuzuordnen. Die Ergebnisse von chemischen Wasseranalysen (Tab. 5) bestätigen diesen Sachverhalt.

Über den "Großen Bullensee" (Kreis Rotenburg/Wümme), einem rund 10 ha großen und 9 m tiefen, sauren Heidensee, liegt eine umfassende limnologische Untersuchung von FRANKEN & FRANKEN (1977) vor.

5.2 MOORWEIHER

Natürliche Moorgewässer sind im niedersächsischen Flachland sehr häufig (Tab. 1). Obwohl für die meisten Moorgewässer Angaben über Wassertiefen bisher fehlen, kann doch aufgrund eigener Ortskenntnisse für viele die Flachheit vermutet werden. Das gilt für die meisten Hochmoor- und Niedermoor-Gewässer.

In den Niedermooren liegen die natürlichen Moorgewässer oft über Mulden des mineralischen Untergrundes.

Sehr zahlreich kommen in Hochmooren flache Moorgewässer vor, vielfach Kolk oder Moorauge genannt. Nach Untersuchungen von SCHNEEKLOTH (1963) im Weißen Moor bei Kirchwalsede (Krs. Rotenburg) liegen dort die vier Hochmoorkolke zwar über einer Mulde im mineralischen Untergrund, die Kolkbildung beginnt jedoch meist über dem stark zersetzten, älteren Hochmoortorf (Schwarztorf) mit Scheuchzeria-reichem Sphagnum-Cuspidatum-Torf. Die Kolke haben während der ganzen Weißtorfbildung, d.h. zwei Jahrtausende hindurch, im wesentlichen an der gleichen Stelle gelegen. Die Abbildung 3 zeigt einen schematischen Querschnitt durch einen Hochmoorweiher.

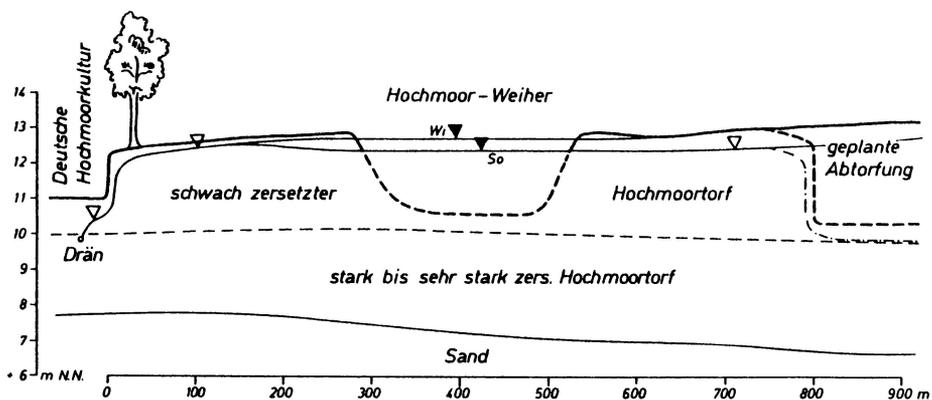


Abb. 3

Schema für einen Hochmoor-Weiher (40fach überhöht).

Scheme of a natural pond in a raised bog (40fold exaggerated).

Einige von uns in anderen Hochmoorkolken durchgeführte Peilungen zeigen auch dort ähnlich geringe Wassertiefen (z.B. Engelsmeer bei Bad Zwischenahn, Wüschemeer bei Oldenburg, Glockenmeer bei Vechta, Buschmeer und Rundesmeer bei Sulingen), die Sohle lag ebenfalls oberhalb des Schwarztorfes. Danach dürfte die von OVERBECK (1975, S. 637 ff) dargelegte Genese wohl allgemein zutreffen, daß nämlich Hochmoorkolke ihren Ur-

sprung meist in größeren Schlenkenkomplexen haben, die mehr und mehr zu Sammelbecken offenen Wassers wurden.

Am Rande von größeren Hochmooren vorkommende flache Gewässer lassen sich dagegen unschwer "als aus einem Lagg (Randsumpf) entstandene Weiher" deuten, so z.B. das Theikenmeer im Hümmling (EGGELSMANN, 1977b).

Das oberirdische Einzugsgebiet solcher Hochmoorweiher ist meist außerordentlich klein, entsprechend gering ist der unterirdische Zufluß (es handelt sich gewissermaßen um zutage getretenes Moorgrundwasser). Die Wasserbilanz setzt sich zusammen aus dem Niederschlag (= input) und der Verdunstung (= output); es gelten also die Daten in Tabelle 3.

Es gibt unseres Wissens von solchen Moorweihern keine Wasserstandsbeobachtungen. Sie sind nicht nur wegen der abgeschiedenen Lage sehr erschwert, sondern auch dadurch, daß die Uferregionen oft aus Schwinggrasen bestehen, welche den Wasserspiegelschwankungen folgen.

Es kommen in Hoch- und Niedermooren auch sogenannte Quellweiher vor, auf die schon WEBER (1902, S. 107) im wachsenden Hochmoor Augstumal/Ostpreußen aufmerksam wurde. Sie sind u.a. an einem ständigen Abfluß erkennbar, während Hochmoore sonst nur im Spätherbst und Winter einen Abfluß aufweisen (EGGELSMANN, 1971). Es ist ferner der Wasserchemismus unterschiedlich und damit die Flora am und im Abflußgerinne (WEBER, 1902; EGGELSMANN, 1967).

In gefällreichen Hochmooren treten auch Kolke auf, die sich in Rüllen (Erosionsrinnen) infolge Verstopfung gebildet haben (EGGELSMANN, 1960), so z.B. im Sonnenberger Moor im Oberharz.

In flachen Mulden der Heidesande (Podsole), meist Ausblaugswannen, haben sich in der Nähe oder am Rande von Mooren sogenannte "Schlatts" gebildet. Es sind flache Tümpel (Abb. 4), die nur durch Niederschläge gespeist werden. In trockenen, warmen Perioden können sie infolge hoher Verdunstung trockenfallen (Abb. 5); sie werden daher vielfach als "Himmelsteiche" bezeichnet. Diese Gewässer sind kalkarm und obligotroph, ihre Vegetation hochmoorartig (ALTEHAGE, 1957).

Über Wasserstands- und Oszillationsbeobachtungen in solchen sogenannten "Kleinstmooren" über Sand (Podsol) ist in jüngster Zeit durch TÜXEN, STAMER & ONKEN-GRÜSS (1977) berichtet worden. Sie geben zugleich Hinweise auf die Ökohydrologie von Hochmoorkolken oder Mooraugen, deren Vegetation zwar wiederholt beschrieben wurde (K.MÜLLER, 1965; OVERBECK, 1975, S. 331; PILLE, 1976; SIEBELS, 1976), bei denen jedoch hydrologische Messungen fehlen.

Langfristige Wasserstände seit 1874 liegen für das Steinhuder Meer (Insel Wilhelmstein) vor. Eine vergleichende Auswertung zeigte deutlich den großklimatischen Einfluß von niederschlagsarmen, warmen Jahren, in denen tiefe See-Wasserstände analog zu Niedrigwasser-Perioden an Pegeln von Oder, Elbe, Donau und Rhein (BADEN & EGGELSMANN, 1961) registriert wurden.



Abb. 4
Schlatt- (Tümpel) in Sand (Podsol).
Shallow pond in sandy soil (type: Podsol)



Abb. 5
Schlatt in einer Dünenmulde nach drei trockenen Jahren im Beginn der
Regeneration mit Sphagnum-Rasen (Foto: Autor).
Shallow pond in a dune trough after three dry years in the beginning of
regeneration with Sphagnum vegetation.

Fische können in Hochmoorweihern nicht leben, derartige Gewässer können jedoch durch Kalkung und Düngung zu einem Fischgewässer hergerichtet werden (BUHSE, 1968). Ob dieser große Aufwand ökonomisch sinnvoll ist, wäre im Einzelfall eingehend zu prüfen. In jedem Falle ist diese Maßnahme eine nachteilige ökologische Veränderung. Da meist ein ausreichender Wasserzufluß fehlt, können solche flachen Gewässer durch Eutrophierung und üppigen Algenwuchs leicht "umkippen", was zum Fischsterben führen kann.

Es wurde bereits angemerkt, daß unter Umständen die Evapotranspiration eines Schwinggrases aus Sphagnum, Scheuchzeria und anderen die Verdunstung einer Wasserfläche übertrifft (EGGELSMANN, 1964).

Limnologisch sind Hochmoorkolke gemäß Tabelle 2 dem dystrophen Braunwassersee zuzuordnen, Flachseen in Niedermooren jedoch häufig dem (stark) eutrophen Flachlandsee. Die Ökologie von Gewässern in Hochmooren wurde im Gegensatz zu jenen in Niedermooren kaum untersucht (THIENEMANN, 1955; ODUM, 1973; E.SCHMIDT, 1974; SCHWOERBEL, 1966).

6. KÜNSTLICHE MOORGEWÄSSER

Vom Menschen geschaffene Gewässer - auch in Mooren - sind häufiger als allgemein angenommen. Man beachte nur die im Zuge von Autobahn-, Eisenbahn-, Straßen- und anderen Bauten entstandenen zahlreichen Baggerseen im norddeutschen Flachland, oder die in den letzten Jahren neu angelegten zahlreichen Fischteiche oder -weiher.

6.1 BAGGERSEEN

Solche Baggerseen entstehen, wenn in Hoch- oder Niedermooren Sand aus dem Untergrund, meist im Spülverfahren, gewonnen wird, der im Bereich der Straßen- oder Bahntrasse als Ersatz für nicht belastbare Torf- oder Tonschichten eingespült wird. Entlang der A 27 entstanden auf diese Weise zwischen Bremer Kreuz und Bremerhaven 12 Baggerseen, die zwischen fünf und zehn Hektar groß und 12 bis 30 m tief sind. Der Grundwasserzufluß erfolgt aus den Sanden und aus den Torflagen, der Wasserspiegel dieser Baggerseen entspricht der Höhenlage des Grundwasserspiegels im Moor (Abb. 6).

Systematische hydrologische Untersuchungen von Baggerseen in Mooren fehlen im Gegensatz zu denen von Baggerseen am Niederrhein (LÜBBE, 1977), am Oberrhein (LANDES, 1975, 1977) und in der Schotterebene bei München (HAMM, 1974, 1975) bisher. In Sand- und Kiesgebieten wurde ein recht intensiver Zu- und Abfluß zwischen Grundwasser und Baggersee festgestellt (THON et al., 1978).

Kürzzeitige Wasserstands- und Grundwasserbeobachtungen des Wasserwirtschaftsamtes Bremen an Moor-Baggerseen zeigten unter-

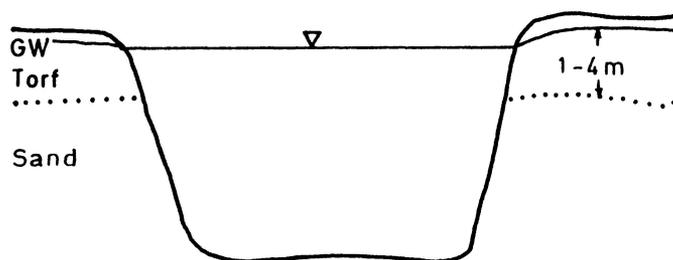


Abb. 6

Baggersee im Sand mit Moorauflage (1-4 m Torfmächtigkeit), Seewasserspiegel und Grundwasseroberfläche im Moor.

Dredge lake in sand with peat layer (1-4 m peat thickness), lake water surface and ground-water surface lie in the peat layer.

schiedliche Ergebnisse. Mehrfach deutete sich an, daß in Baggerseen ein Grundwasser-Zu-/abfluß kaum stattfindet, denn der Wasserspiegel im Baggersee war während der Sommermonate um einige Dezimeter abgesunken. (Für diese persönliche Mitteilung durch Oberbaurat WOHLLEBEN wird hier herzlich gedankt.) Da hydrogeologische Untersuchungen noch ausstehen, muß vorerst offenbleiben, ob die Ursachen dafür geringdurchlässige Feinsande und stark zersetzte Torfe (BADEN & EGGELSMANN, 1963; EGGELSMANN, 1973b) sind oder ob während des Spülverfahrens an Sohle und Böschung abgelagerte Schluff-/Tonschichten einen Grundwasseraustausch ver- oder behindern.

In einigen anderen Baggerseen im Moor sank der Wasserspiegel während der Sommermonate dagegen nicht oder nur geringfügig. Hier kann daher ein Grundwasserzufluß vermutet werden, vorwiegend wohl aus den Sanden unterhalb des Moores, der den Verdunstungsverlust kompensiert hat.

Aus regelmäßigen langjährigen Grundwasserbeobachtungen in Flach- und Tiefbrunnen mehrerer nordwestdeutscher Moore wissen wir, daß das Grundwasser in den Sanden unterhalb der Moore vielfach während der Winter- und Frühjahrsmonate gespannt ist (EGGELSMANN & KLOSE, 1979). Ein Baggersee würde daher entspannend wirken, was verstärkten Zufluß bedeutet.

Limnologisch steht ein Baggersee im Moor gemäß Tabelle 2 zwischen dem kalkarmen, oligotrophen Heidesee und dem dystrophen Braunwassersee (vgl. auch Tab. 5).

Von Sportanglern wurden in den letzten Jahren vielfach in flachgründigen Mooren durch Ausbaggern 1 - 2 m tiefe Angelgewässer angelegt, deren Sohlen ebenfalls im Sanduntergrund liegen. Auch solche, oft nur wenige Ar große Weiher entwickeln sich zu Moorgewässer. Dies ist insbesondere dann, wenn kein ständiger Quellwasserzufluß besteht, zu erwarten.

6.2 FISCHTEICHE

In schmalen, häufig vermoorten Bachtälern, wurden vielfach durch Dammbau und Wasseraufstau Fischteiche angelegt. Zum Abfischen werden diese Teiche abgelassen. Abbildung 7 zeigt einen derartigen Fischteich im Moor im Schnitt, oben im Zeitpunkt der Überstauung, unten abgelassen; zugleich ist der Grundwasserverlauf im Moor eingezeichnet. Man erkennt deutlich eine mehr als 100 m breite, durch Sickerwasser vernäbte Zone unterhalb des Fischteiches. Hier wird eine landwirtschaftliche Nutzung erheblich erschwert, während andererseits im Fischteich ein beträchtlicher Wasserverlust eintritt, der auch durch vermehrte Zuleitung aus dem Bach während der Sommermonate nicht ausgeglichen werden konnte. Eine Abdichtung des Dammes, der vor etwa 100 Jahren aus Moorboden errichtet worden war, ist sehr aufwendig.

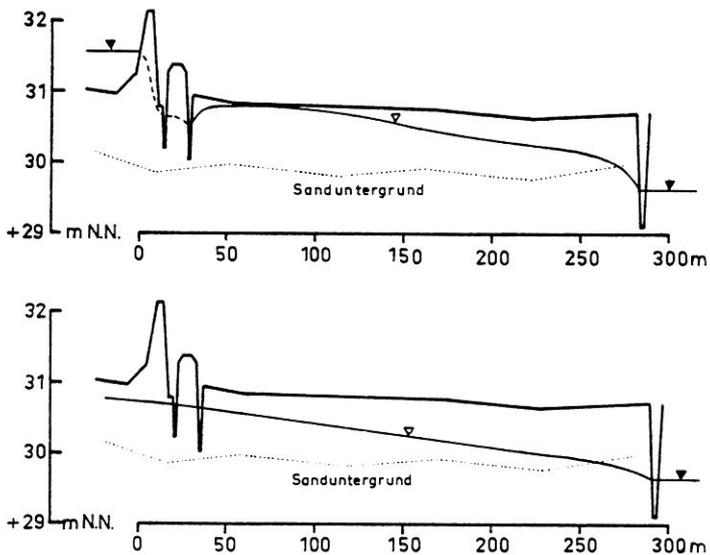


Abb. 7

Fischteich im Moor mit ständigem Zufluß (40fach überhöht); oben gestaut, unten abgelassen; man beachte den unterschiedlichen Grundwasserverlauf.
Fish pond in peatland with permanent influx (40fold exaggerated; above with pond water, below let off; see the different ground-water level.

Abbildung 8 zeigt den abgelassenen Fischteich im Moor mit zahlreichen fossilen Holzresten und Stubben, Abbildung 9 dagegen den aufgestauten Teich. An diesem Beispiel wird deutlich, daß auch ein unterirdischer Abfluß bei Moorgewässern einen bedeutsamen Umfang annehmen kann (Kuver- und Qualmwasser).



Abb. 8

Abgelassener Fischteich im Moor mit zahlreichen fossilen Holzresten und Stubben (Foto: Autor).

Fish pond in peatland in let off state with numerous fossile wood residues and stumps.



Abb. 9

Derselbe Fischteich im Moor, aufgestaut, wie Abb. 8 (Foto: Autor).

The same fish pond in peatland, as in fig. 8, with pond water.

7. GEWÄSSERGÜTE

Eigene systematische Untersuchungen zur Gewässergüte liegen nicht vor.

Die in Tabelle 5 zusammengestellten Ergebnisse chemischer Wasseranalysen sind während des letzten Jahrzehntes bei dienstlichen Gutachten zu Fragen des Moorschutzes oder der Raumordnung im Bodentechnologischen Institut Bremen angefallen (Laborleiter Wiss. Rat Dr. B. SCHEFFER).

Es wurden ferner die im Rahmen von Forschungsvorhaben zum Thema "Düngung und Gewässerbelastung" gewonnenen Erkenntnisse verwertet (EGGELSMANN & KUNTZE, 1972; KUNTZE, 1974, 1975, 1976; SCHEFFER, 1976).

Bei der limnologischen Beurteilung der niedersächsischen Flachseen stützen wir uns auf NEUMANN (1973) und POLTZ (1979), für Baggerseen auf NOWACK (1980) und THON et al. (1978) sowie auf diverse Beratungen und Besichtigungen des Arbeitsausschusses "Baggerseen und Abgrabungen" der Fachgruppe "Wasserwirtschaft in der Kultur- und Erholungslandschaft" im "Deutschen Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau" (DVWK, Obmann Baudirektor THON, Wiesbaden), dem der Autor als ordentliches Mitglied seit 1974 angehört.

Vor der Betrachtung der Daten von Tabelle 5 muß angemerkt werden, daß sie von bisher (noch) nicht durch Badebetrieb oder intensive Fischhaltung mit Zufütterung beeinträchtigten Gewässern stammen. Auf die damit verbundene Problematik besonders bei Gewässern in Stadtnähe macht NOWACK (1980) aufmerksam, der unter anderem acht Baggerseen in Bremen auf ihre Gewässergüte untersuchte. Nur in zwei Baggerseen, die dem Naturschutz (mit Badeverbot) unterliegen, war die Gewässergüte unbeeinträchtigt.

Den untersuchten Moorgewässern fehlen ferner weitgehend oberirdische Zuflüsse, d.h. sie wurden (bisher) kaum oder nur gering durch anthropogen bedingte Nährstoff-Einträge beeinflusst; es handelt sich um Gewässer in abseits gelegenen, häufig nicht oder nur extensiv landwirtschaftlich genutzten Mooren.

Vergleicht man die chemischen Analysendaten (Tab. 5), so unterscheiden sich bei den flachen Gewässern (Weiher) die im Hochmoor von denen im Niedermoor und Sand durch niedrigere pH-Werte, geringere Leitfähigkeit und N-, P- und Fe-Gehalte, ferner durch einen höheren Kaliumpermanganatverbrauch.

Bei den (tiefen) natürlichen Seen und Baggerseen, deren Sohlen in der Regel mehr oder weniger tief in den meist sandigen mineralischen Untergrund einschneiden, sind die Unterschiede im Chemismus stark vermindert, hier wirkt der größere Grundwasserzufluß aus den Sanden gegenüber dem geringeren aus dem Moor ausgleichend.

Die hier mitgeteilten chemischen Kennwerte können nur einen ersten Einblick vermitteln. Sie sollen zu weiteren, möglichst umfassenden limnologischen Untersuchungen anregen.

Tab. 5 Chemische Wasseranalysen Chemical analyses of water samples									
Gewässer	Zustand	Farbe	pH	elek. Leit- fähigkeit mS / cm	NO ₃ - N mg/l	ges. P mg/l	ges. Fe mg/l	KMn O ₄ - Verbrauch mg/l	
Weiher:									
Hochmoor	schwach trübe	gelbbraun b. braun	< 4	< 0,15	< 0,5	< 0,1	< 0,1	> 150	
Niedermoor	klar	grünlich	8-11	0,3-1,0	1 -2	0,1-0,25	0,4-0,6	120-200	
Sand	klar	gelblich	7- 9	0,1-0,3	0,5-1,0	< 0,05	1 -2	50-100	
See:									
Hochmoor	klar	bräunl. gelb	6- 7	0,2-0,4	0,5-1,0	< 0,05	0,1-0,2	50-100	
Niedermoor	klar	grün gelbl.	7,5-10	0,2-0,6	0,5-2,0	0,05-0,15	0,2-0,4	80-150	
Sand	klar	hellgelbl.	7- 9	0,1-0,3	0,5-1,0	< 0,05	0,5-3	20- 50	
Baggersee:									
Hochmoor	klar	bräunl. gelbl.	6,5-7,5	0,3	0,5-1,0	< 0,05	0,2-0,4	30- 80	
Niedermoor	klar	grün gelbl.	7- 9	0,3-0,4	0,5-2,0	0,1-0,2	0,3-0,7	50-120	
Sand	klar	gelblich	7- 8	0,2	0,5-1,0	< 0,005	1 -5	10- 30	

8. SCHLUSSBEMERKUNG

Aus den dargelegten ökohydrologischen Aspekten zur Erhaltung von natürlichen oder künstlichen Moorgewässern lassen sich folgende Thesen ableiten:

1. Die noch vorhandenen Moorgewässer sind als Refugien für Pflanzen und Tiere schützenswert.
2. Bei den am meisten verbreiteten Moorgewässern ohne oberirdischen Zufluß sollten feste Stauanlagen in natürlichen oder künstlichen Abflüssen Abflußmenge und Seespiegelhöhe regeln. Es sollten möglichst große Wassertiefen angestrebt werden.
3. Schützenswerte Moorgewässer sollten mit Schutzzonen umgeben werden. Dadurch können einerseits die Gewässer ausreichend geschützt werden, andererseits lassen sie eine zweckmäßige Entwässerung von genutzten Nachbarflächen zu. Die Breite solcher "hydrologischen Schutzzonen" lassen sich objektiv bemessen nach der Moorstratigraphie, der Bodendurchlässigkeit und der Höhenverhältnisse bzw. der Wasserspiegeldifferenzen zwischen Gewässer und benachbarten Vorflutern (EGGELSMANN, 1975, 1977c; KUNTZE, 1977).
4. Alle Moorgewässer sollten vor einem Eintrag von Nährstoffen und Fremdstoffen aller Art - soweit dies überhaupt möglich ist - geschützt werden. Dabei sollte die Wirksamkeit von Windschutzstreifen gegen den Eintrag von Dünger und Staub geprüft werden.
5. Vorhandene Oberflächenzuflüsse sind auf Nährstoffe - vor allem P und N - zu überprüfen (NEUMANN, 1973; POLTZ, 1979).
6. Man sollte jedoch nicht vergessen, daß aus geologischer Sicht "ein jeder See im feuchten Klima nur eine vorübergehende Erscheinung ist, die einmal durch Verlandung ihr Ende findet" (von BÜLOW, 1964, S. 96). Unter natürlichen Bedingungen ist also der Begriff "vorübergehende Erscheinung" im geologischen Zeitmaß zu sehen, d.h. in Jahrhunderten bis Jahrtausenden. Erst die anthropogene Eutrophierung hat den Prozeß der "rasanten Seeneutrophierung" gebracht (OHLE, 1962).
7. Es konnte in verschiedenen Hoch- und Niedermooren wiederholt festgestellt werden, daß aus trockengefallenen Moorgewässern keine ertragreichen Moorkulturen entstanden waren. Dort ist vielmehr trotz intensiver Grabenentwässerung und Dränung bodenbedingt eine starke Oberflächenvernässung vorhanden, wie bodenkundlich-hydrologische Untersuchungen ergaben. Auch diese Erfahrungen sprechen für eine Erhaltung von Moorgewässern!

DANKSAGUNG

Dieser Aufsatz entstand aus einer Anregung von Prof.Dr.H.KUNTZE, Bremen, zu einem Vortrag über "Ökohydrologische Aspekte der Gewässer" auf der Jahrestagung 1979 der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde (DGMT) in Bad Zwischenahn.

Für kritische Durchsicht und Ergänzung danke ich herzlich Dr.G.FRIEDRICH, Lehrbeauftragter für Limnologie an der Universität Düsseldorf, mit dem mich seit Jahren eine kollegiale Zusammenarbeit im Ausschuß "Baggerseen und Aufgrabungen" im DVWK verbindet.

Meinem Kollegen Dr.J.SCHWAAR danke ich für Literaturhinweise und für überlassene Aufsätze, meinen Mitarbeitern, den Techn. Angestellten H.-J.UNGER und W.MÜLLER, für Hilfe und Zeichnungen.

9. LITERATUR

- ALTEHAGE, C. (1957): Der "Ahlde-Pool" im Kreise Lingen als wichtige atlantische Florenstätte Nordwestdeutschlands. - Naturw. Ver. Osnabrück (Sonderdruck), 22-32, 4 Abb. (105-106), 1 Tab., 17 Lit., Osnabrück.
- BADEN, W. & EGGELSMANN, R. (1961): Moorhydrologische Untersuchungen am Westrand des Steinhuder Meeres zur Feststellung eines unterirdischen Seeabflusses. - Wasser u. Boden, 13, 403-410, 8 Abb., 5 Tab., 27 Lit., Hamburg.
- , (1963): Zur Durchlässigkeit der Moorböden. - Z. f. Kulturtechnik u. Flurbereinigung, 4, 226-254, 13 Abb., 10 Tab., 89 Lit., Berlin.
- , (1964): Der Wasserkreislauf eines Nordwestdeutschen Hochmoores (Eine hydrologische Studie über den Einfluß von Entwässerung und Kultivierung auf den Wasserhaushalt des Königsmoores bei Tostedt). - Schriftenr. KfK, 12, 156 S., 70 Abb., 35 Tab., 113 Lit., (Wasser und Boden), Verlag Paul Parey, Hamburg.
- BUHSE, G. (1968): Fischereiliche Möglichkeiten in einem Moorsee. - N.-Archiv Nieders., 17, 132-138, 3 Abb., 1 Tab., Göttingen.
- BÜLOW, K. von, (1964): Geologie. - 247 S., 179 Text-Abb., 124 Tafel-Abb., 7 Farbtaf., Franckh'sche Verlagshandlung (Kosmos), Stuttgart.
- BURIAN, K. (1973): Phragmites communis Trin. im Röhricht des Neusiedler Sees. Wachstum, Produktion und Wasserverbrauch. - In: ELLENBERG, H.: Ökosystemforschung, 61-78, 14 Abb., 34 Lit., (Springer-Verlag) Berlin-Heidelberg-New York.
- DAHMS, E. (1972): Limnogeologische Untersuchungen im Dümmer-Becken im Hinblick auf seine Bedeutung als Natur- und Landschaftsschutzgebiet. - 231 S., 56 Abb., 3 Ta., 1 Kte. u. Profilschnitt im Anhang, 182 Lit., Hannover.
- EGGELSMANN, R. (1960): Über den unterirdischen Abfluß aus Mooren. - Wasserwirtschaft, 50, 149-154, 11 Abb., 2 Ta., 40 Lit., Stuttgart.
- , (1964): Die Verdunstung der Hochmoore und deren hydrographischer Einfluß.- Dt. Gewässerkundl. Mitt., 8, 138-147, 4 Abb., 6 Tab., 39 Lit., Koblenz.
- , (1967): Oberflächengefälle und Abflußregime der Hochmoore. - Wasser u. Boden, 19, 247-252, 6 Abb., 5 Tab., 39 Lit., Hamburg.
- , (1971): Über den hydrologischen Einfluß der Moore. - TELMA, 1, 37-48, 6 Abb., 5 Tab., 48 Lit., Hannover.

- EGGELSMANN, R. (1973a): Die Rolle der Moore bei der Grundwasserneubildung. - Dt. Gewässerkundl. Mitt., 17, 134-137, 3 Abb., 5 Tab., 24 Lit., Koblenz.
- , (1973b): Durchlässigkeit nordwestdeutscher Sandböden. - ICID-Congr. Proc., 63-73, 3 Tab., 22 Lit., Bratislava.
- , (1975): Zur Erhaltung von Naturschutzgebieten im Moor aus hydrologischer Sicht. - Moor und Torf in Wissenschaft und Wirtschaft, Festschrift S.SCHNEIDER, 105-111, Bad Zwischenahn.
- , (1977a): Bodenkundlich-hydrologische Feldmethoden und deren Aussagewert für Wasserwirtschaft, Bodenkultur und Landschaftspflege. - Geol.Jb., F4, 51-78, 17 Abb., 6 Tab., Hannover.
- , (1977b): Hydrologie der Naturschutzgebiete "Großes Tate-Meer" und "Theikenmeer" am Hümmling. - Abh. Naturwiss. Ver. Bremen, 38/18, 305-333, 16 Abb., 7 Tab., 25 Lit., Bremen.
- , (1977c): Bodenhydrologie und Moorschutz. - Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges., 25, 705-708, Göttingen.
- EGGELSMANN, R. & KLOSE, E. (1979): Über Wasserhaushaltsuntersuchungen kleinster Einzugsgebiete und kurzer Zeitspannen. - Festschrift "125 Jahre Wasserwirtschaft und Kulturtechnik in Suderburg", 90-109, 17 Abb., 5 Tab., 106 Lit., Suderburg/Hannover.
- EGGELSMANN, R. & KUNTZE, H. (1972): Vergleichende chemische Untersuchungen zur Frage der Gewässereutrophierung aus landwirtschaftlich genutzten Moor- und Sandflächen. - Landw. Forschg., Sonderheft 22, 140-154, 6 Abb., 12 Tab., 27 Lit., Frankfurt.
- FRANKEN, M. & FRANKEN, W. (1977): Limnologische Untersuchungen am Großen Bullensee, einem sauren Heidensee Norddeutschlands. - Arch. Hydrobiol./Suppl. 53/3, 364-403, 31 Abb., 10 Tab., 44 Lit., Stuttgart.
- FRIEDRICH, G. (1975): Studien zur Entwicklung der spontanen Vegetation anthropogener Gewässer im Rekultivierungsgebiet des rhein. Braunkohlentagebaues. - Botan. Jb., 96, 1-4, 71-83, 3 Abb., 14 Lit., Stuttgart.
- GÖTTLICH, Kh. (1961): Neue Beiträge zur Stratigraphie und Entwicklungsgeschichte des Federseemoores. - In: ZIMMERMANN, W. (Herausg.): Der Federsee, 368-386, Stuttgart.
- GRAHLE, H.-O., LÜTTIG, G. & STAESCHE, U. (1967): Stand und Ziele limnologischer Forschung in Niedersachsen. - Arch. Hydrobiol., 63, 256-266, 4 Abb., 1 Tab., 9 Lit., Stuttgart.
- GRAHLE, H.-O. & MÜLLER, H. (1967): Das Zwischenahner Meer. - Oldenburger Jahrb., 66, 83-121, 13 Text-Abb., 1 Abb. im Anh., 3 Pollendiagr., 17 Lit., Oldenburg.
- GRAHLE, H.-O. & STAESCHE, U. (1964): Die natürlichen Seen Niedersachsens. - Geol. Jb., 81, 809-838, 1 Tafel, 1 Abb., 7 Tab., 56 Lit., Hannover.
- GROSSE-BRAUCKMANN, G. (1976): Zum Verlauf der Verlandung bei einem eutrophen Flachsee (nach quartärbotanischen Untersuchungen am Steinhuder Meer). II. Die Sukzessionen, ihr Ablauf und ihre Bedingungen. - Flora, 165, 415-455, 6 Abb., 8 Tab., 34 Lit., Jena.

- HAMM, A. (1974): Forschungsarbeiten der Bayerischen Biologischen Versuchsanstalt über die Gewässergüte von Baggerseen und ihre Eignung als Bade- und Erholungsseen. - Amtsblatt Bayer. Staatsmin. für Landesentwicklung und Umweltfragen, München.
- , (1975): Chemisch-biologische Gewässeruntersuchungen an Kleinseen und Baggerseen im Großraum München im Hinblick auf die Bade- und Erholungsfunktion. - Manuskr., 47 S., 15 Abb., 2 Tab., 26 Lit., München.
- HEITMANN, MARIE-LUISE, RICHTER, D. & SCHUMANN, D. (1969): Der Wärme- und Wasserhaushalt des Stechlin- und Nehmitzsees. - Abh. Meteor. Dienst DDR., Bd. XII, Nr. 96, 98 S., 39 Abb., 44 Tab., 62 Lit., Berlin.
- KELLER, R. (1961): Gewässer und Wasserhaushalt des Festlandes. - 520 S., 298 Abb., 120 Tab., 571 Lit., (Hause & Spener), Berlin.
- KÜSTER, E.R., FRIEDRICH, G. & HERBST, H.V. (1975): Produktionsbiologische Aspekte der Entwicklung eines mit nährstoffreichem Wasser gespeisten künstlichen Sees. - Verh. Intern. Verein. Limnol., 19, 1880-1888, 4 Abb., 14 Lit., Stuttgart.
- KUNTZE, H. (1974): Bodennutzung und -düngung als Grundwassergefahr? - Dt. Gewässerkundl. Mitt., 18, 38-44, 5 Abb., 2 Tab., 33 Lit., Koblenz.
- , (1975): Meliorationen - Gewässer ent- oder belastend? - Z. f. Kulturtechn., 16, 212-220, 1 Abb., 20 Lit., Berlin.
- , (1976): Belastung und Schutz von Gewässern. - Bayer. Landw. Jb., 53, 158-174, 7 Abb., 5 Tab., 39 Lit., München.
- , (1977): Von der Kultur- zur Ökotechnik - dargestellt am Beispiel einer 100jährigen Forschungsstätte angewandter Bodenkunde. - Z. f. Kulturtechnik u. Flurberein., 18, 193-199, 1 Abb., 9 Lit., Berlin-Hamburg.
- LANDES et al. (1975): Wasserwirtschaftliche Untersuchungen Baggerseen (1. Teil). Herausg. Landesanstalt f. Umweltschutz Baden-Württ., 53 S., 30 Anl., 5 Tab., 20 Lit., Karlsruhe.
- , (1977): Wasserwirtschaftliche Untersuchungen (2. Teil). Herausg. Landesanstalt f. Umweltschutz Baden-Württ., 165 S., 61 Abb., 15 Tab., 13 Lit., Karlsruhe.
- LÜBBE, E. (1977): Baggerseen, Bestandsaufnahme, Hydrologie und planerische Konsequenzen. - 214 S., 59 Abb., 25 Tab., 128 Lit. Diss. Bonn, Schriftr.Kuratorium f. Wasser- und Kulturbauwesen, H. 29, (Verlag Paul Parey), Hamburg.
- MÜLLER, L. (1965): Zur Flora und Vegetation der Hochmoore des nordwestdeutschen Flachlandes. - Schr. Naturw. Ver. Schleswig-Holstein, 36, 30-77, 29 Abb., 22 Tab., 78 Lit., Kiel.
- NEUMANN, H. (1973): Beiträge zur Limnologie des Zwischenahner Meeres - unter besonderer Berücksichtigung der Nährstoffbelastung und der Reinhaltemaßnahmen im Einzugsgebiet. - Vom Wasser, 41, 163-186, 5 Abb., 4 Tab., 28 Lit., Weinheim/Bergstraße.
- NOWACK, K.-E. (1980): Natürliche und künstliche Gewässer im Bremer Umland - Naturschutz und Erholung im Konflikt. - Vortrag im Naturwiss. Verein Bremen am 21.1.1980.

- N. N. (1973): Berücksichtigung von Naturschutz und Landschaftspflege bei wasserbaulichen Maßnahmen. - Gemeins. Erl. Nds. Min. f. ELF u. Kultus-Min., Nds. Min. Blatt, Nr. 47, 1518-1520, Hannover.
- ODUM, E.P. (1973): Ökologie, 3. Aufl. - 161 S., 39 Abb., 4 Tab., 99 Lit., BCV-Ges.mBH., München-Bern-Wien.
- OHLE, W. (1953): Phosphor als Initialfaktor der Gewässereutrophierung. - Vom Wasser, 20, 11-23, Weinheim/Bergstraße.
- , (1962): Chemische und mikrobiologische Aspekte des biogenen Stoffhaushaltes der Binnengewässer. - Mitt. Intern. Ver. Limnologie, 14, 122-133.
- OVERBECK, F. (1975): Botanisch-geologische Moorkunde. - 720 S., 263 Abb., 38 Tab., 6 Klappkarten, 1635 Lit., Verlag Wachholtz, Neumünster.
- PLATE, V. (1975): Hydrologische Untersuchungen am Steinhuder Meer. - 127 S., 31 Abb., 5 Tab., 44 Lit., (Wasserwirtschaftsamt), Hannover.
- POHL, D. (1975): Bibliographie der niedersächsischen Naturschutzgebiete. - Naturschutz und Landschaftspflege, H. 4, 290 S., 1 Tab., 1 Karte, Hannover.
- PILLE, E. (1976): Die heutige potentielle natürliche und reale Vegetation im Naturschutzgebiet "Lengener Meer". - Arb. z. Natur- u. Landeskde. Ostfrieslands, Bd.2, 61-100, 18 Abb., 14 Tab., 2 Karten im Anh., 32 Lit., Verlag Ostfries. Landschaft, Aurich.
- POLTZ, J. (1979): Limnologische Untersuchungen an Flachseen in Niedersachsen. - Wasser u. Boden, 31, 343-347, 7 Abb., 12 Lit., Hamburg.
- PREISING, E. (1971): Der Schutz von Mooren aus der Sicht der Raumordnung. - TELMA, 1, 27-30, Hannover.
- RICHTER, W. & LILLICH, W. (1975): Abriß der Hydrogeologie. - 281 S., 96 Abb., 18 Tab., 243 Lit., Verlag Schweizerbarth, Stuttgart.
- RUTTNER, F. (1940): Grundriß der Limnologie. - 167 S., 39 Abb., 5 Tab., 70 Lit., Verlag W. de Gruyter & Co., Berlin.
- SCHEFFER, B. (1976): Gewässerbelastung aus Dränabflüssen - dargestellt an Beispielen nordwestdeutscher Niederungsböden. - Schriftenr. Min. f. ELF Nordrhein-Westf., Forschung und Beratung C 30: 217-226, 6 Abb., 1 Tab., 12 Lit., Landw. Verlag GmbH., Münster-Hiltrup.
- SCHMIDT, E. (1974): Ökosystem See. - 170 S., 37 Abb., 28 Tab., 109 Lit., Biol. Arb. Bücher, H. 12, Verlag Quelle & Meyer, Heidelberg.
- SCHNEEKLOTH, H. (1963): Das Weiße Moor bei Kirchwalsede (Krs. Rotenburg/Hannover). - Beih. Geol. Jb., 55, 105-138, 12 Abb., 2 Tab., 6 Taf., 12 Lit., Hannover.
- SCHREIBER, H. (1927): Moorkunde. - 192 S., 20 Abb., 20 Taf., 1 Karte, 1 Übers., 185 Lit., Verlag Paul Parey, Berlin.
- SCHUMANN, D. (1972): Die Beziehungen zwischen Niederschlagshöhe und Wasserstandsänderung in oberirdisch zu- und abflußlosen Seen des Norddeutschen Tieflandes. - Wasserwirtschaft - Wassertechnik, 22, 50-56, 4 Abb., 4 Tab., 6 Lit., Berlin/DDR.
- SCHWOERBEL, J. (1966): Methoden der Hydrologie. - 207 S., 100 Abb., 12 Tab., rd. 800 Lit., Franck'sche Verlagshandlung (Kosmos), Stuttgart.

- SIEBELS, WILKE (1976): Die Pflanzengesellschaft der Dobbe und ihrer näheren Umgebung. - Arb. z. Natur- und Landeskd. Ostfrieslands, Bd.2, 5-59, 42 Abb., 4 Tab., 31 Lit., Verlag Ostfries. Landschaft, Aurich.
- THIENEMANN, A. (1955): Die Binnengewässer in Natur und Kultur. - 156 S., 50 Abb., 27 Lit., Verständl. Wiss., Bd. 55, Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg.
- THON, E., et al. (1978): Richtlinie für die Gestaltung und Nutzung von Baggerseen. - KWK-DUWW-Heft 108, 11 S., 5 Abb., 2 Tab., Verlag Paul Parey, Hamburg-Berlin.
- TÜXEN, J., STAMMER, R. & ONKEN-GRÜSS, ANETTE (1977): Beobachtungen über den Wasserhaushalt von Kleinstmooren. - 50 Jahre Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft (1927-1977), 19/20, 283-296, 7 Abb., 19 Lit., Todenmann-Göttingen.
- WEBER, C.-A. (1902): Über die Vegetation und Entstehung des Hochmoores von Augstmal im Memeldelta (mit vergleichenden Ausblicken auf andere Hochmoore der Erde). - 252 S., 27 Fig., 14 Tab., 1 Foto-Beil., Verlag Paul Parey, Berlin.
- WECHMANN, A. (1963): Hydrologie. - 534 S., 271 Abb., 38 Tafeln, 394 Lit., VEB Verlag Bauwesen, Berlin.
- WERNER, J. (1973): Baggerseen - ihre Bedeutung für Landschaftsplanung und Wasserwirtschaft. - Naturschutz und Naturparke, H. 69, 12-16, 3 Abb., Hamburg.