

TELMA	Band 17	Seite 59—94	9 Abb., 8 Tab.	Hannover, Dezember 1987
-------	---------	-------------	----------------	-------------------------

Ökotechnische Aspekte der Hochmoor-Regeneration*)

Ecotechnical Aspects of the Regeneration of Raised Bogs

RUDOLF EGGELSMANN**)

ZUSAMMENFASSUNG

In Niedersachsen werden während der nächsten zwei bis drei Jahrzehnte vermehrt industriell teilabgetorfte Hochmoorflächen (= Leegmoor) nach dem Ende der Abtorfung zurückgegeben, insgesamt nahezu 30.000 ha. Diese sollen gemäß Niedersächsischem Moorschutzprogramm unter gesetzlichen Naturschutz gestellt, wiedervernäßt und renaturiert werden.

Eingangs werden gemessene Daten der Wasserbilanz und daraus abgeleitete ökohydrologische Erkenntnisse dargelegt.

Da es gegenwärtig in Nordwestdeutschland keine wachsenden Hochmoore mehr gibt, wird die Morphologie ursprünglicher Hochmoore nach Topographischen Karten 1:25.000 der Jahrhundertwende vorgestellt und es wird auf die Erkenntnisse des Botanikers C. A. WEBER (1901) zurückgegriffen, der die Zusammenhänge zwischen Oberflächen-Morphologie, Moorvegetation und Torfbildung überzeugend dargelegt hat.

Die geschilderten ökotechnischen Aspekte basieren auf Ergebnissen teils langjähriger Versuche, die der Autor als wissenschaftlicher Mitarbeiter des

*) Nach einem gleichnamigen Vortrag, gehalten am 15.11.1984 auf den Zwischenahner Torftagen und einem Referat "Renaturierung von Frästorffeldern", gehalten am 29.04.1986 auf der Arbeitstagung der Sektionen II und III der DGMT in Rohrdorf bei Rosenheim

***) Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Dipl.-Ing. R. EGGELSMANN, Baumeister für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik, Julius-Leber-Str. 11, D-2800 Bremen 41

Bodentechnologischen Instituts Bremen im Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung gewonnen hat, sowie auf umfangreichen Erfahrungen in der Beratung und auf vielen Besichtigungen und in Diskussionen mit Kollegen aus dem In- und Ausland. Es wurde ferner auf Erkenntnisse der Kulturtechnik in der angewandten Bodenkunde zurückgegriffen, so insbesondere bei den Verfahren der Wiedervernässung.

SUMMARY

During the coming two to three decades in Lower Saxony more and more raised-bog cutover fields (= Leegmoore), in sum about 30.000 ha, will be given back for other kinds of utilization after peat cutting is finished. According to the Peatland Conservation Programme of Lower Saxony these areas shall be protected by law and shall then be rewetted and renatured.

Introductory in this article measured water balance data and ecohydrological perceptions derived therefrom are explained.

As at present there are no growing raised bogs in northwestern Germany the original raised-bog surface morphology is described on the basis of the Topographical Maps 1:25.000 from the turn of the century and of the knowledge of the botanist C. A. WEBER (1901) who has convincingly elucidated the relationship between surface morphology, living vegetation, and peat accumulation.

The described ecotechnical aspects are based on results of partly long-term field experiments which the author has won as Senior Officer at the Soil-technological Institute Bremen, on extensive experiences in consulting, as well as on many excursions and in discussions with colleagues from Germany and foreign countries. Further, the experiences of agricultural engineering in applied flood irrigation have been used, especially with respect to the rewetting processes.

INHALT

1. Einleitung
2. Wasserhaushalt und Moorschutz
 - 2.1 Hochmoore im Flachland
 - 2.2 Hochmoore im Berg- und Hügelland
 - 2.3 Verdunstung natürlicher Hochmoore
 - 2.4 Hydrologische Schutzzonen
3. Wassergehalt im natürlichen Hochmoor
4. Bodenkundlich-hydrologische Voraussetzungen
 - 4.1 Voraussetzungen für eine Wiedervernässung
 - 4.1.1 Wurzelechte Hochmoore
 - 4.1.2 Hochmoore mit Grundwassereinfluß
 - 4.2 Voraussetzungen für eine Renaturierung (Bunkerde-Effekt)
5. Morphologie ursprünglicher Hochmoore
 - 5.1 Uhrglasförmige Wölbung der Flachland-Hochmoore
 - 5.2 Relief der Gebirgs-Hochmoore
 - 5.3 Oberflächenmorphologie - Moorvegetation - Torfbildung
 - 5.4 Bult-Schlenken-Komplex
6. Ökotechnische Maßnahmen
 - 6.1 Zweck und Ziel

Tab. 1: Für den Naturschutz wertvolle Hochmoor-Bereiche in Niedersachsen (ohne Harz) nach von DRACHENFELS, MEY & MIOTK (1984)
 Raised-bog areas in Lower Saxony (except the Harz mountains) valuable for nature conservation, according to v.DRACHENFELS, MEY & MIOTK (1984)

Moor		Anzahl Gebiete	Fläche	
Art	Zustand		ha	%
Hochmoor	Degenerationsstadium	260	12.866	52,7
Hochmoor Anmoor	Moorheide	176	5.484	22,5
Hochmoor	Regeneration nach Torfstich	182	3.762	15,4
Hochmoor Übergangsmoor	Naturnähe	163	2.305	9,4
Insgesamt		781	24.417	100,0

Es gibt in Niedersachsen, aber auch in Schleswig-Holstein, Nordrhein-Westfalen sowie in Bayern bereits eine recht beträchtliche Anzahl von Hochmooren und hochmoorartigen Leegmooren (= teilabgetorft), die gesetzlich geschützt sind und in denen Maßnahmen zur Wiedervernässung, Renaturierung und Regeneration begonnen wurden. Da der Ausgangszustand in diesen Mooren außerordentlich unterschiedlich war, variieren auch die zwischenzeitlichen Veränderungen sehr stark.

Auf dem "Symposium zur Regeneration von Hochmooren" vom 9. bis 11. Juni 1980 in Vechta (AKKERMANN, 1982) wurden zwar alle Aspekte - Für und Wider - erörtert (vgl. DIERSSEN, 1981), und es haben EIGNER & SCHMATZLER (1980) ihre Erfahrungen dazu publiziert. Inzwischen gibt es aber weitere Erkenntnisse vor allem für industriell abgetorfte Hochmoore (= Leegmoore), wovon hier insbesondere berichtet werden soll, da solche Leegmoore künftig mehr und mehr anfallen (SCHNEEKLOTH, 1983).

Es gibt mittlerweile eine sehr große Zahl von Publikationen, Berichten und Mitteilungen über die verschiedenen Probleme der Hochmoor-Regeneration; NIEMEYER (1982) hat sie "im Hinblick auf die Wiederbelebung der Hochmoorbiozönose (Fauna und Flora) des nordwestdeutschen Flachlandes" ausgewertet (etwa 300 Titel). Er stellt abschließend fest: "Über manche Bereiche der Hochmoor-Wiederbesiedlung ist kaum etwas bekannt. Die gesamte Regeneration der Hochmoorbiozönose befindet sich noch im Stadium des Experimentes."

Die nachstehend beschriebenen "ökotechnischen Aspekte" basieren auf gemessenen Daten der Wasserbilanz und ökohydrologischen Erkenntnissen sowie praktischen Erfahrungen bei ökotech-

nischen Maßnahmen (analog der Kulturtechnik in der angewandten Bodenkunde). Ausgespart sind hier dagegen Arbeiten der Landespflege wie Anpflanzungen und Pflegemaßnahmen, wozu auf EIGNER & SCHMATZLER (1980) verwiesen wird.

2. WASSERHAUSHALT UND MOORSCHUTZ

Erste Voraussetzung für einen erfolgreichen Hochmoor-Schutz ist ein humides Klima, wobei in der Wasserbilanz $N = A + V \pm \Delta S$ der mittlere jährliche Niederschlag (N) höher ist als die mittlere Verdunstung (V), der Überschuß (N - V) wird als Abfluß (A) abgeführt; ΔS ist die Wasservorratsänderung zwischen Sommer- und Winterhalbjahr.

2.1 Hochmoore im Flachland

In Tabelle 2 sind die Halbjahres- und Jahresdaten der Wasserbilanz für Flachland-Hochmoore in Küstennähe und Küstenferne zusammengestellt. Die küstennahen Hochmoore sind nach OVERBECK (1950, S.50) vorwiegend durch Sphagnen der Cymbifolia-Gruppe, die der küstenfernen Lagen durch Sphagnen der Acutifolia-Gruppe aufgebaut.

Tab. 2: Wasserbilanz eines hydrologischen Normaljahres $N = A + V \pm \Delta S$, berechnet zur Hochmoor-Regeneration in Nordwestdeutschland Water balance of a hydrologically normal year $N = A + V \pm \Delta S$, calculated to raised-bog regeneration in Northwest Germany					
Lage	Zeit	Wasserhöhe in mm/a			
		Nieder- schlag ¹⁾ (N)	Abfluß ²⁾ (A)	Verdun- stung ²⁾ (V)	S
küstennah	Winter	350	150	140	+ 60
	Sommer	400	50	410	- 60
	Jahr	750	200	550	+ 0
küstenfern	Winter	300	110	130	+ 60
	Sommer	350	-	410	- 60
	Jahr	650	110	540	+ 0

1) nach Klimaatlas von Niedersachsen (1964)

2) Extrapoliert nach eigenen Meßergebnissen

Die Wasserbilanzen unterscheiden sich insbesondere durch unterschiedliche Niederschlags- und Abflußhöhen, während die Verdunstungshöhen nahezu gleich sind. Stets überwiegt jedoch im Normaljahr im Mittel der Niederschlag gegenüber der Verdunstung (= humides Klima). In trockenen, warmen Jahren kann in küstenferner Lage die Verdunstung (= Evapotranspiration) durchaus den Niederschlag zeitweilig beträchtlich übersteigen. In solchen Perioden stellen die Sphagnen - wenn kein Kapillarwasser mehr

verfügbar ist - ihr Wachstum ein, sie trocknen aus und werden bleich (= Bleichmoose); nach höheren Niederschlägen wachsen sie jedoch weiter. Eine Hochmoor-Regeneration ist in küstennaher Lage deutlich günstiger als in küstenferner, jedoch auch hier - langfristig - durchaus möglich, wie der 1976 begonnene Regenerationsversuch im Lichtenmoor (Kreis Nienburg) veranschaulicht (EGGELSMANN & KLOSE, 1982).

2.2 Hochmoore im Berg- und Hügelland

In Tabelle 3 sind für vier deutsche Hochmoore in verschiedener Seehöhe die langjährigen durchschnittlichen Daten der Wasserbilanz zusammengestellt. Sie zeigen, daß mit ansteigender Höhenlage nicht nur der Niederschlag, sondern auch der Abfluß beträchtlich zunimmt, während die Verdunstung sich absolut nur geringfügig ändert, relativ (bezogen auf den Niederschlag) sogar erheblich verringert.

Tab. 3: Niederschlag (N), Abfluß (A) und Verdunstung (V) für Hochmoore mit naturnaher Vegetation in verschiedener Seehöhe (SH)
Precipitation, runoff and evaporation of nearly natural raised bogs at different altitudes

Name/Lage	SH m NN	N mm	A		V		Periode
			mm	%N	mm	%N	
Königsmoor b. Tostedt/Han. ¹⁾	+ 39	742	236	32	506	68	1951/58
Mecklenbruch/Solling	+460	1066	554	52	512	48	1972/76
Chiemsee/Obb.	+530	1345	820	61	525	39	1959/68
Brockenfeld/Harz	+800	1434	924	64	510	36	1958/70

¹⁾ Flachland-Hochmoor zum Vergleich

2.3 Verdunstung natürlicher Hochmoore

Die Transpirationsrate natürlicher Hochmoorvegetation und die Verdunstung europäischer Hochmoore wurden untersucht; es wurden die verfügbaren Daten vieler Autoren zusammengestellt und mit eigenen langjährigen Meßergebnissen verglichen (EGGELSMANN, 1964). Sie entsprechen den Verdunstungswerten in den Tabellen 2 und 3.

2.4 Hydrologische Schutzzonen

Im Umfeld von Natur- und Landschaftsschutzgebieten sind in Mooren Pufferzonen notwendig, welche die Schutzgebiete gegen mancherlei Einwirkungen wie z.B. Verkehr, Dünger- und Schadstoffeintrag abschirmen sollen.

Erhaltungswerte Feuchtbiotope in Mooren sind stets sehr wasserreich, daher müssen sie gegen Wasserentzug besonders geschützt werden. Das Umland solcher Moor-Schutzgebiete wird

meistens als Grünland genutzt. Dies bedarf im Moor - allein um die Tragfähigkeit zu erhalten - einer angemessenen Wasserregulierung, welche Feuchtbiotope beeinflussen kann.

Seit 1975 wurden für zahlreiche Schutzgebiete in Moor und Anmoor hydrologische Schutzzonen vorgeschlagen und ausgewiesen, sie haben sich mittlerweile in der Praxis bewährt und werden von der Verwaltung anerkannt (KUNTZE & EGGELSMANN, 1981). Die Breite hydrologischer Schutzzonen ist außer von der Topographie abhängig von Stratigraphie, Torfart, Zersetzungsgrad und Lagerungsdichte, die zusammen als gesättigte Wasserdurchlässigkeit meßbar sind, sowie von der Tiefe der benachbarten Gräben und Dräne. Ihre erforderliche Breite kann damit objektiv berechnet werden (EGGELSMANN, 1982a). Erfahrungswerte sind in Tabelle 4 zusammengefaßt.

Tab. 4: Erforderliche Breite hydrologischer Schutzzonen (Erfahrungswerte) (EGGELSMANN, 1982)
Necessary width of hydrological buffer zones (from experience) (according to EGGELSMANN, 1982)

Moor- und Bodentyp	Breite in m
Tiefes Hochmoor	30 - 80
flaches Hochmoor über Feinsand, tiefes Niedermoor	120 - 150
flaches Niedermoor über Sand, Gley und Moorgley aus Sand	200 - 350
Quellmoor, Bruchwaldmoor	> 350

Die hydrologischen Schutzzonen können in der Regel als Grünland extensiv genutzt werden, sie erfüllen damit zugleich eine wertvolle ökologische Ausgleich- und Schutzfunktion für die Fauna.

3. WASSERGEHALT IM NATÜRLICHEN HOCHMOOR

Die Wassergehalte der sehr schwach zersetzten Sphagnumtorfe in einem wachsenden Hochmoor sind höher als der Wassergehalt der Milch, wie ein physikalischer Vergleich in Tabelle 5 zeigt, was manchen mit der Materie weniger Vertrauten überraschen dürfte.

Ein wachsendes Hochmoor steht im hydrologisch-geographischen Sinne zwischen einem See und dem Land, es ist weder das eine noch das andere. In Tabelle 6 sind zum bodenkundlichen Vergleich die Wassergehalte in Vol.-% bei Feldkapazität eines Sees, von Hochmooren und Mineralböden aufgeführt.

Tab.5: Physikalischer Vergleich von Hochmoor und Milch
Comparison of physical data of raised bog and milk

Art	Dimension	Milch	wachsendes Hochmoor
Spez. Gewicht	g/cm ³	1,02 - 1,04	1,05 (frisch)
Wassergehalt	Gew.-%	87,5	97 - 95
Trockensubstanz	Gew.-%	12,5	3 - 5
Mineralstoffgehalt (tr.)	Gew.-%	7	1,0 - 1,2

Tab. 6: Wassergehalte (in Vol.-% für See, Hochmoore und Mineralböden
Water content (Vol.%) of a lake, of raised bogs and of mineral soils

See	Hochmoor			Mineralböden bei Feldkapazität (FK)		
	wachsend	vor-entwässert	kultiviert, Grünland	Ton	Lehm	Sand
100	97	93	85 - 75	48	35	10

Trotz eines Wassergehaltes bis zu 97 Vol.-% kann man in einem wachsenden Hochmoor nicht mit einem Kahn fahren, sich nur mühsam zu Fuß von Bult zu Bult fortbewegen, in den Schlenken bis über die Knöchel oder knietief versacken.- Im Oldenburgischen tragen manche Hochmoore die Namensendung ...-meer, in Bayern ...-filz, womit die ursprüngliche Situation der Hochmoore recht gut gekennzeichnet ist.

4. BODENKUNDLICH-HYDROLOGISCHE VORAUSSETZUNGEN

4.1 Voraussetzungen für eine Wiedervernässung

Mit Aussicht auf Erfolg können nur Hochmoore oder teil- abgebaute hochmoorartige Leegmoore durch Niederschlagsretention wiedervernäßt werden. Mehr oder weniger vollständig abgetorfte Leegmoore sind dafür kaum geeignet. Über ein solches Pilot-Projekt nach industriellem Schwarztorfabbau im "Leegmoor" des Timpemoores südlich Papenburg, Landkreis Emsland, in dem der Autor die bodenhydrologischen Untersuchungen des wissenschaftlichen Begleitprogrammes leitet, hat kürzlich NICK (1983) berichtet.

4.1.1 Wurzelechte Hochmoore

Etwa zwei Drittel der Hochmoore in Niedersachsen (EGGELSMANN, 1967) sind "wurzelecht" unmittelbar über sehr nährstoff-/basen-armen, sauren Sandböden entstanden, die schon vor Beginn der Moorbildung infolge hoher Niederschläge "podsoliert" sind. Das heißt, daß sich in diesen Sandböden durch Auswaschung von Nährstoffen, Humus und Eisen der Bodentyp "Podsol" (Name aus dem Russischen = Asche) gebildet hat mit einem hellgrauen

Auswaschungs-(Eluvial-/Bleichsand-)horizont über einem braunen bis rötlich-braunen Anreicherungs-(Illuvial-/Ortstein-)horizont.

Bei wurzelechten Hochmooren kann und darf eine Wiedervernässung mit dem Ziel einer Hochmoor-Regeneration nur durch Retention der Niederschläge erfolgen, die Ein- oder Zuleitung von Fremdwasser (Graben- oder Grundwasser) birgt stets die Gefahr einer Eutrophierung in sich, die eine baldige Renaturierung erschwert oder gar verhindert.

Wurzelechte Hochmoore oder hochmoorartige Leegmoore müssen für eine Wiedervernässung aus bodenkundlich-hydrologischer Sicht folgende Voraussetzungen aufweisen (KUNTZE & EGGELSMANN, 1981):

- Die Resttorfmächtigkeit aus stark zersetztem Hochmoortorf (= Schwarztorf) als Stauschicht soll mindestens 50 cm betragen, eine größere Mächtigkeit ist vorteilhaft,
- die für eine Abtorfung notwendigen Gräben dürfen mit ihren Grabensohlen verbreitet **n i c h t** in den Sanduntergrund einschneiden,
- eine Bunkerdeschicht aus schwach bis mäßig zersetztem Hochmoortorf (= Weißtorf) von mindestens 30 cm Dicke sollte vorhanden sein.

Modellrechnungen über die Versickerungsrate von Niederschlagswasser in Abhängigkeit von der Mächtigkeit einer Schwarz- und Weißtorfschicht hat kürzlich BLANKENBURG (1987) mitgeteilt, diese Ergebnisse bestätigen die vorgenannten bodenhydrologischen Voraussetzungen für die Wiedervernässung von Hochmooren, sie basieren auf früheren Untersuchungen über den unterirdischen Abfluß von Mooren (EGGELSMANN, 1960, 1973).

4.1.2 Hochmoore mit Grundwassereinfluß

Manche Hochmoore oder Hochmoor-Teilflächen sind über Versumpfungs- oder Verlandungsmooren entstanden. Die Basistorfe solcher Hochmoore, meist Bruchwaldtorfe, aber auch Seggen-, Laubmoos- oder Schilftorfe, sind durch Grundwasser der Umgebung oder des mineralischen Untergrundes beeinflußt (EGGELSMANN, 1967, 1973, 1984).

Bei einer Wiedervernässung solcher Hochmoore oder hochmoorartiger Leegmoore ist zu prüfen, ob durch Gräben, Vorfluter oder Schöpfwerke im betreffenden Moorgebiet selbst oder in der nahen Umgebung das Grundwasserregime beeinflußt ist. Gegebenenfalls muß für die Basistorfe solcher Hochmoore der Grundwasseranschluß wieder hergestellt werden (siehe Abschnitt 6).

4.2 Voraussetzungen für eine Renaturierung (Bunkerde-Effekt)

"Bunkerde" ist die zu Beginn einer Abtorfung zurückgesetzte (= abgebunkte) Torfschicht der Mooroberfläche; sie besteht in der Regel aus schwach bis mäßig zersetzten Sphagnumtorfen, ist durchsetzt mit Resten der rezenten Vegetation und enthält Samen und Sporen davon. Sie ist im Verlauf der Abtorfungsperiode durch Bröckeltorf angereichert.

Die Beschaffenheit der Bunkerde wurde an vielen Proben mittels botanischer, bodenphysikalischer und chemischer Analysen untersucht, wobei die bisherigen Ergebnisse nur recht geringe Differenzen zu ungestörten Sphagnumtorfen gezeigt haben (KUNTZE, EGGELESMANN, BLANKENBURG u. SCHWAAR, 1984; RODERFELD, 1986). Ein zur Zeit noch laufendes Forschungsprogramm beim Bodentechnologischen Institut Bremen des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung umfaßt weitere Aspekte.

Eine Bunkerdeauflage begünstigt und beschleunigt die Wiedervernässung und Regeneration gegenüber Schwarztorf (= stark zersetzter Hochmoortorf), denn Bunkerde wirkt

- physikalisch, da sie einerseits in extrem nassen Perioden aufschwimmt und andererseits viel Wasser für niederschlagsarme Zeitspannen in sich speichert,
- biologisch, weil in ihr Samen, Sporen und andere Bestandteile der Hochmoorflora sowie Relikte der Mikrofauna enthalten sind,
- ökochemisch, denn sie reagiert stark sauer und ist extrem nährstoffarm,
- hydrologisch, da sie den Abfluß vermindert und die Verdunstung verstärkt gegenüber Schwarztorf.

Es ist eine bislang noch offene Frage, ob eine Hochmoor-Regeneration auch ohne Bunkerde möglich ist, beziehungsweise um welche Zeitspanne sich eine Regeneration verzögern würde. Zur Klärung dieser Frage dient unter anderen auch das schon erwähnte Projekt im "Leegmoor" des Timpemoores bei Papenburg (Landkreis Emsland).

5. MORPHOLOGIE URSPRÜNGLICHER HOCHMOORE

5.1 Uhrglasförmige Wölbung der Flachland-Hochmoore

Die ursprüngliche Oberflächenform der Hochmoore des Flachlandes ist seit der Jahrhundertwende infolge Entwässerung, Kultivierung, Abtorfung und Besiedlung weitgehend oder gänzlich verändert worden. Durch den Menschen viel weniger beeinflußt sind dagegen die Gebirgs-Hochmoore.

Die Morphologie der Flachland-Hochmoore in Niedersachsen wurde anhand der Erstausgaben der Topographischen Karte 1:25.000 der Preußischen Landesaufnahme um 1895 und der auf ihnen verzeichneten Höhenschichtlinien und -ordinaten untersucht (EGGELESMANN, 1967). Es wurden dabei 64 große Flachland-Hochmoore mit einer Fläche von 1.561 km² erfaßt, das waren rd. zwei Drittel der gesamten Hochmoore.

Es ergab sich aus dem Kartenbild eindeutig, daß damals die betreffenden Hochmoore offensichtlich anthropogen erst wenig beeinflußt waren.

Die mittleren Gefällswerte der Hochmoor-Oberfläche im Urzustand sind graphisch in Abbildung 1 wiedergegeben bei einer 125fachen (!) Überhöhung der Geländeschnitte. Es ergibt sich daraus unverkennbar die bekannte "uhrglasförmige" konvexe Aufwölbung der Hochmoor-Oberfläche.

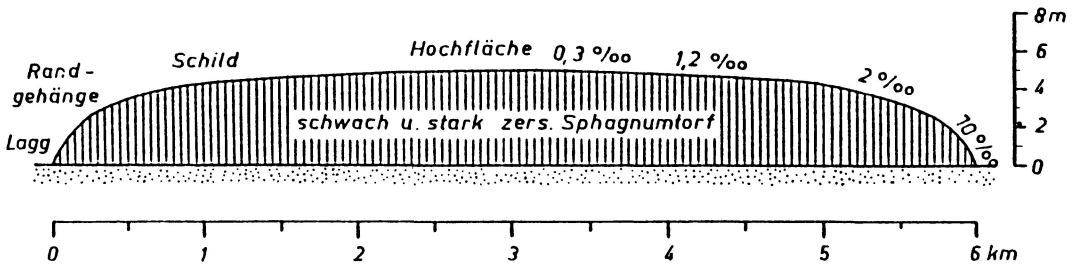


Abb. 1

Mittleres Oberflächengefälle (in ‰) nordwestdeutscher Hochmoore im Urzustand (EGGELSMANN, 1967)

Mean surface slope (per thousand) of natural raised bogs in northwestern Germany (EGGELSMANN, 1967)

Das Oberflächengefälle der Hochmoore nimmt nach Abbildung 1 vom Zentrum mit $0,3\text{‰}$ auf $1,2\text{‰}$ allmählich zu, beträgt auf dem Schild im Mittel 2‰ und erreicht im Randgehänge schließlich 20 bis 70‰ und mehr. Es sind dies Mittelwerte aus insgesamt 180 Meßergebnissen (EGGELSMANN, 1967).

Dieser "Idealschnitt" der niedersächsischen Flachland-Hochmoore stimmt sehr gut überein mit den Längs- und Querschnitten des urtümlichen (damals noch wachsenden) Hochmoores bei Augstumal im Memeldelta (EGGELSMANN, 1967), dessen Urzustand der Botaniker C.A.WEBER (1902) monographisch beschrieben hat.

Eine recht ähnliche Gestalt weist der mittlere Querschnitt von 28 ausgewählten Hochmooren in Bayern auf (EGGELSMANN & SCHUCH, 1980). Allerdings sind die bayerischen Hochmoore flächenmäßig kleiner und in ihrer Oberfläche stärker gewölbt als die Hochmoore des norddeutschen Flachlandes.

Ähnliche Schemata der uhrglasförmigen Hochmoor-Aufwölbung sind in der Literatur vielfach zu finden, jedoch ohne Maßangaben für Längen und Höhen bzw. Überhöhung der Gefälle (z.B. OSVALD in von BÜLOW, 1929, S. 133; OVERBECK, 1975, S. 53).

5.2 Relief der Gebirgs-Hochmoore

Die Mooroberfläche der meisten Gebirgs-Hochmoore ist sehr viel stärker geneigt als die der Hochmoore im Flachland. Die Gefällswerte schwanken in weiten Grenzen zwischen 30‰ bis 150‰ , so z.B. bei den Hochmooren im Harz, Solling, Hohen Venn und Riesengebirge, in den Sudeten und in der Rhön (EGGELSMANN, 1967). Auch das jüngst von INGRAM & BRAGG (1984) hydrologisch-botanisch untersuchte, noch ursprüngliche Hochmoor "Dun Moss" in Schottland weist auf der Hochfläche ein Gefälle von 8‰ auf, auf dem Randgehänge über 100‰ .

Das üppige Wachstum der Sphagnen im Gebirge, wodurch dort Hochmoore - trotz stark geneigter Oberfläche - entstanden sind, wird zweifellos nicht allein durch hohe Niederschläge gefördert, sondern mehr vielleicht noch durch häufigen und langanhaltenden Nebel und durch viele Nächte mit hoher Luftfeuchte und starkem Taufall.

Wie weit die in jüngster Zeit festgestellten extrem hohen Schadstoff-Konzentrationen in der Vegetation bei saurem Nebelniederschlag ("Auskämmen" des Nebels), die heute zehnbis hundertfach höher sind als bei den anderen Niederschlagsarten, ein Sphagnum-Wachstum erschweren oder gar verhindern, ist zur Zeit noch nicht bekannt.

5.3 Oberflächenmorphologie - Moorvegetation - Torfbildung

Der Botaniker und Moorforscher C.A.WEBER (1902) hat in dem im Memeldelta gelegenen Augstumalmoor, aber auch in anderen damals noch ursprünglichen Hochmooren Norddeutschlands den Einfluß der Moorvegetation auf die Torfbildung und die Wechselwirkung mit der Oberflächenmorphologie studiert. WEBER schreibt (S.133 ff):

"Ich habe erwartet, daß die Sphagnen an den Rändern der größeren Hochmoore des Memeldeltas ganz besonders lebhaft wüchsen, und daß der von ihnen gebildete Moostorf hier besonders filzig, hell und schwach zersetzt wäre. Aber gerade das Gegenteil war der Fall. Der Moorboden war auf den Randgehängen in weitester Ausdehnung tiefer gebräunt, mürber und besser zersetzt als an anderen Stellen der Moore und fand nur in den Heidbulten der Hochfläche sein Analogon, und die Sphagnen hatten sich während der letzten 10 bis 20 Jahre nur halb so stark verlängert wie auf der Hochfläche. Ich hatte erwartet, auf den Randhängen dieser Hochmoore einen besonders reinen Sphagnumrasen zu finden. Statt dessen war gerade hier der Heidewuchs viel lebhafter als anderswo; Bäume hatten sich in großer Menge angesiedelt und zum Teil ein Alter von 80 und mehr Jahren erreicht, ohne durch das Moosamt und sondern erstickt worden zu sein!"

In seiner noch heute sehr lesenswerten Studie, denn große urwüchsige Hochmoore mit Randgehängen gibt es in NW-Deutschland jetzt nicht mehr, stellt C.A.WEBER (S. 135) fest:

"Befinden sich diese Hochmoore etwa in einer Periode zeitweiligen Stillstandes? Die starke Zersetzung des Bodens der Gehänge und das bedeutende Alter der Bäumchen auf ihnen legt eine solche Vermutung nahe. Aber sie ist mit dem Hinweise auf das lebhafte Wachstum der Moose der Hochfläche abzuthun!

Drei Umstände scheinen mir für die Deutung der Erscheinung von Wichtigkeit zu sein. Erstlich der, daß das Ericaletto-Pinetum in dem Sphagnetum des Randhanges um so schärfer hervortritt, je steiler er ist; zweitens die Erscheinung, daß das Sphagnetum, das den Randhang bedeckt, je weiter an ihm nach oben, um so lebhafter wächst und um so mehr gegenüber dem zurückweichenden, von ihm immer mehr unterdrückten und überwucherten Ericaletto-Pinetum zur Herrschaft gelangt; und drittens die Tatsache, daß die Vegetation des Randhanges und die Beschaffenheit seines Bodens in hohem Maße mit denen der Heidbulte der Hochfläche übereinstimmt.

Was die Abhängigkeit des Ericaeto-Pinetums von der Neigung des Randhanges anlangt, so erscheint sie nur als minder extremer Fall der Erscheinung, die ich zuerst bei nordwestdeutschen Hochmooren beobachtet habe. Wo dort nämlich in dem Moore oder an seinen Rändern tiefe Gruben (oder Gräben) angelegt werden, da sinkt das Moor in der Richtung nach der Grube zunehmend zusammen. Seine Oberfläche erhält dadurch ein rasch wachsendes Gefälle, welches eine stärkere Abwässerung ermöglicht, die so weit gehen kann, daß die Sphagnen auf dem stärker geneigten unteren Teil des Geländes völlig zu Grunde gehen. Aber auch wenn dies nicht der Fall sein sollte, so wird doch ihr Wachstum sichtlich stark beeinträchtigt, und es siedeln sich Heidesträucher und daneben gewöhnlich Birken und Espen an dieser Stelle an, Pflanzen, die erst jetzt unter den besseren Entwässerungsverhältnissen zu gedeihen vermögen."

Nach weiteren Vergleichen mit niedersächsischen Hochmooren fährt C.A.WEBER (S.136) fort:

"Immer ist es die bessere Entwässerung, die den Heidewuchs und den Baumwuchs auf den Hochmooren fördert, ... und es ist sicher, daß die große Neigung des Randhanges der Hochmoore und die dadurch bewirkte bessere Abwässerung der Grund der Erscheinung ist, daß das Sphagnetum hier langsamer wächst als auf der Hochfläche."

C.A.WEBER folgert schließlich (S. 137):

"Das Leben der Sphagnen ist an die Stagnation des auffallenden Regenwassers gebunden." -

Und dies ist auf der nahezu horizontalen Hochfläche der Fall! Bei fast fehlendem Gefälle kann das Moorgrundwasser kaum abfließen. Der Verdunstungsverlust des Sphagnumrasens in Trockenperioden wird kapillar aus dem flach anstehenden Moorgrundwasser im Weißtorf ersetzt.

Anders im geneigten Randgehänge, wo das Gefälle des Moorgrundwassers nahezu dem Gefälle der Mooroberfläche entspricht, dort also das Moorgrundwasser abfließt. Dadurch werden im Randgehänge - wenn auch nur gering - Nährstoffe angereichert, was ebenfalls dem Wachstum der Sphagnen schadet, das Gedeihen der Zwergsträucher und Bäume ebenso fördert wie der hier besser durchlüftete Moorboden.

5.4 Bult-Schlenken-Komplex

Da es heute in Nordwestdeutschland keine intakten ursprünglichen Hochmoore mehr gibt, sind wir auch hier auf den Botaniker C.A.WEBER angewiesen, der 1902 (S.21) schreibt:

"Blickt man über die Hochfläche eines solchen nordwestdeutschen (Hoch-) Moores, so erscheint es wie ein wild bewegter See, dessen Wellen plötzlich erstarrt sind. In nassen Zeiten füllen sich die Schlenken mit Wasser und man kann das Moor nur durchwandern, indem man von Bult zu Bult springt.- Diese treten in Abständen von einigen Metern auf. Bulte bedecken eine Fläche von einem viertel bis zu mehreren Quadratmetern, die erheben sich bis zu einem halben Meter über die zwischen ihnen liegenden nassen Schlenken (ebenda, S.20)".

K.MÜLLER hat 1962/3 in der Esterweger Dose (östlich Papenburg) und im Ahlenmoor (Kr.Cuxhaven) für den Bult-Schlenken-Komplex auf neun sorgfältig ausgewählten Flächen von insgesamt 1.440 m² im Detail das Vegetationsgefüge untersucht (OVERBECK, 1975, S.321). Einen 100 m² großen Ausschnitt gibt Abbildung 2 wieder. Ein Flächenvergleich von Bulten und Schlenken sämtlicher untersuchter Ausschnitte ergab im Mittel einen etwas höheren Anteil der Schlenken gegenüber den Bulten.



Abb. 2

Bult-Schlenken-Komplex im noch wachsenden Hochmoor (Esterweger Dose) nach K.MÜLLER in: OVERBECK, 1975 (S.324)

Hummock-hollow-complex in the growing raised bog "Esterweger Dose" according to K.MÜLLER in: OVERBECK, 1975 (p.324)

Die Vegetation von Bulten und Schlenken ist nach K.MÜLLER untergliedert und nach abnehmender Hygrophilie für fünf Schlenken-Gesellschaften geordnet in

- Sphagnum-cuspidatum-Gesellschaft
- Sph.-pulchrum-Gesellschaft
- Sph.-tenellum-Gesellschaft
- Sph.papillosum-Gesellschaft
- Sph.-balticum-Gesellschaft

sowie in die vier Bult-Gesellschaften

- Sph.-magellanicum-Gesellschaft
- Sph.-rubellum-Gesellschaft

- Sph.-imbricatum-Gesellschaft
- Sph.-fuscum-Gesellschaft;

weitere Einzelheiten dazu in OVERBECK (1975, S.327/29). Daraus kann man folgern (ebenda, S.257): "Ohne Sphagnum kein Hochmoor!"

Für die wachsende Hochfläche der echten Hochmoore Mittel- und Nordeuropas gibt FIRBAS (1931, zitiert in OVERBECK, 1975, S. 257) für den Regenerationskomplex von der nassen Schlenke bis zum Gipfel der Bulten nachfolgende Liste der Gefäßpflanzen an. Hierin sind die Arten, die in der vollwüchsigen Vegetationsdecke nur mehr oder weniger vereinzelt auftreten, eingeklammert, während die angekreuzten auf bestimmte geographische Varianten des Hochmoores beschränkt bleiben:

1. "Bäume und Sträucher, immer nur kümmerlich: (*Pinus silvestris*), (*Pinus montana**), (*Betula pubescens*), (*Picea excelsa**).
2. Zwergsträucher: *Calluna vulgaris*, *Andromeda polifolia*, *Vaccinium uliginosum*, *V.oxycoccus* (var. *quadripetalus* und *microcarpus*), (*V.Myrtillus*), (*V.Vitis-idaea*), *Empetrum nigrum*, *Ledum palustre** , *Myrica gale** , *Erica tetralix** , *Chamaedaphne calyculata* * , *Betula nana** .
3. Grasartige: *Eriophorum vaginatum*, (*E.angustifolium*), *Trichophorum austriacum* und *T.germanicum** , *Scheuchzeria palustris*, *Carex limosa*, *C.pauciflora*, (*C.rostrata*), *Rhynchospora alba*.
4. Krautige: *Rubus chamaemorus** , *Narthecium ossifragum** , *Drosera rotundifolia*, (*D.longifolia*, *D. intermedia*), (*Lycopodium innundatum*)."

OVERBECK ergänzt (ebenda):

"Nicht berücksichtigt sind bei dieser Liste das Randgehänge (stärkere Beschattung, Abtrocknung und Durchlüftung); die Rüllen und der Lagg (bessere Nährstoffversorgung, geringere Azidität), bei denen die Vegetation erheblich anderen Bedingungen unterliegt als auf der freien Hochfläche."

6. ÖKOTECHNISCHE MASSNAHMEN

6.1 Zweck und Ziel

Zweck und Ziel aller Maßnahmen zur Wiedervernässung und Regeneration kann es stets nur sein, solche ökologischen Voraussetzungen zu schaffen, daß sich langfristig die Natur (Flora und Fauna) a l l e i n (ohne weitere menschliche Eingriffe) bis zum Ziel des natürlichen, echten, wachsenden Hochmoores entwickelt.

Zeigen die Standortbedingungen jedoch an, daß dieses Ziel "echtes Hochmoor" nicht erreichbar ist, so sollte man sich - je nach Trophie und Feuchtezustand - mit anderen Vegetationsstadien begnügen, wie

- Erica-Stadium,
- Calluna-Stadium
- Molinia-Stadium,
- Seggen-Wiese,
- Bruchwald (Birken, Espen, Kiefern) oder anderen.

Für "die Wiedereinfügung von gestörten und/oder teilabgetorfte Hochmoorflächen" in die Landschaft empfehlen EIGNER & SCHMATZLER (1980, S. 48 ff) ein "Leitbild" aufzustellen, in dem die einzelnen Schritte der Regenerationsmaßnahmen wie Wiedervernässung, landschaftsgestaltende und -pflegende und andere Maßnahmen zusammengestellt sind. Diese müssen sich in erster Linie nach der Ausgangssituation richten.

6.2 Ausgangssituation

Die Ausgangssituation in anthropogen beeinflussten Hochmooren ist stark abhängig von der vorausgegangenen Nutzung, der Art und Dauer einer Abtorfung sowie Abbautiefe und damit des verbliebenen (Leeg-)Moorprofils sowie von der Art, Dauer und Tiefe der Entwässerung, wie das Schema in Abbildung 3 zeigt.

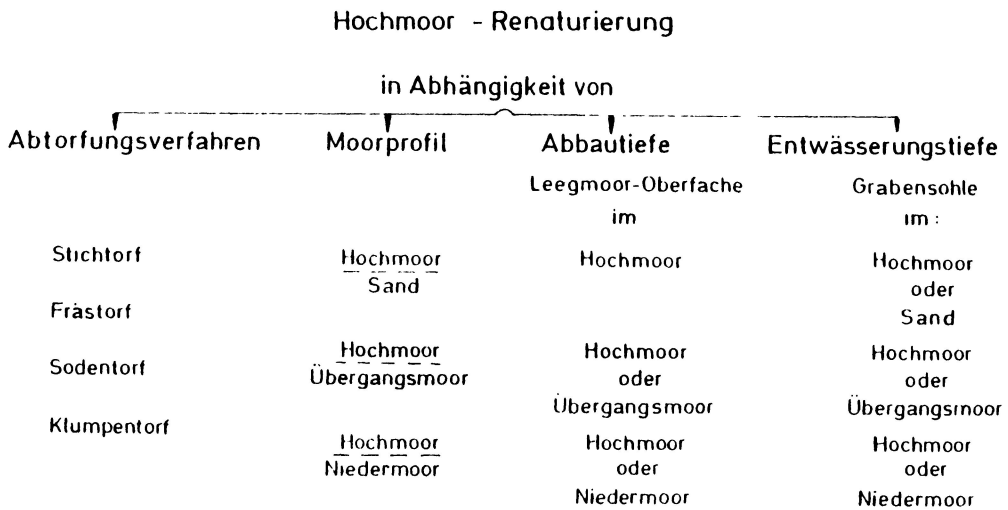


Abb. 3:

Schema der Ausgangssituation zur Hochmoor-Renaturierung nach Ende einer Abtorfung

Scheme of the initial situation for raised bog renaturation after the end of peat cutting

Das Ziel von ökotechnischen Maßnahmen muß die jeweilige Ausgangssituation berücksichtigen. Solche - meist kostspieligen - Maßnahmen müssen sorgfältig geplant werden, wobei die vorhandenen Topographischen Karten, Boden- und Moorkarten in der Regel nicht nur durch Höhenmessungen (Nivellement), sondern auch durch die Moormächtigkeiten (Moorpeilung) und Moorstratigraphie ergänzt werden müssen, weil gerade diese während der vergangenen Jahrzehnte meist erheblich verändert worden sind. Die Art und Auswertung solcher Vorarbeiten wurden zwar für Planung und

Ausführung von Moormeliorationen erläutert (BADEN & EGGELSMANN, 1958), sie sind aber gleichermaßen für ökotechnische Maßnahmen notwendig; weitere Hinweise darüber findet man bei SCHNEEKLOTH in GÖTTLICH (Hrsg.) (1980, S. 47 ff).

6.3 Wiedervernässung

Bei der Wiedervernässung sollte man analog zur Bewässerung im Landbau (SCHROEDER, 1968, S. 426 ff) streng unterscheiden zwischen Anstau-, Einstau- und Überstau-Verfahren. Durch Anstau- und Einstau-Verfahren a l l e i n kann bei Hochmooren und (teilabgetorften) hochmoorartigen Leegmooren eine Wiedervernässung und Renaturierung in der Regel n i c h t erreicht werden. Fast stets muß eine Niederschlagsretention mittels Überstau-Verfahren hinzukommen.

6.3.1 Anstau-Verfahren

Von einem Anstau oder Rückstau spricht man dann, wenn im gefällearmen und flachen (ebenen) Gelände in Bächen oder Vorflutern durch Staue das Wasser in regenarmer Zeit angestaut werden soll, um eine zu schnelle und zu tiefe Entwässerung der Flächen zu verhindern.

Bei der Wiedervernässung von Mooren kann durch An- bzw. Rückstau in einem Bach oder Vorfluter das Grundwasser-Regime einer Niederung gespeist werden. Dies ist nur dann erfolgversprechend, wenn der Boden gut durchlässig und die Geländeoberfläche gefällearm oder besser horizontal ist. Die Wirksamkeit ist in erster Linie abhängig von einer ausreichenden Wasserführung des Gewässers; die Anstauwirksamkeit wird verstärkt, wenn in eine Niederung Grundwasser aus höher gelegenem Nachbargebiet einströmt.

Ein An- bzw. Rückstau bei der Wiedervernässung von Moorflächen ist dann überlegenswert, wenn durch frühere wasserwirtschaftliche Maßnahmen der Grundwasserspiegel abgesenkt wurde; bei abgetorftem Hochmoor (Leegmoor) dann, wenn die Vorfluter und Gräben verbreitet in den Sanduntergrund oder in Übergangsbzw. Niedermoortorf einschneiden oder wenn gar die Leegmoor-Oberfläche selbst bereits im Übergangs- oder Niedermoor liegt (vgl. Abb. 3). Im letzten Fall ist allerdings eine Hochmoor-Regeneration nur sehr l a n g fristig denkbar, kurz- und mittelfristig dagegen eine Renaturierung zum Bruchwald- und Niedermoor.

Wehre für den Anstau des Wasserspiegels in einem Bach oder Vorfluter sind massive Bauwerke aus Holz oder Beton und Stahl mit oder ohne bewegliche Verschlüsse, diese müssen nach den Regeln des Wasserbaues geplant, hydraulisch bemessen und statisch berechnet werden. Hierbei muß insbesondere geprüft werden, ob und wie anderweitig genutzte oder gar bebaute Flächen vom Anstau betroffen werden. In der Regel muß ein förmliches Planfeststellungsverfahren durch das zuständige Amt für Wasserwirtschaft eingeleitet werden.

Ein Simulationsmodell SWAMP (= Surface Water Management Program) für die Regelung des Gebiets- und Bodenwasserhaushaltes in einem 8.000 ha großen Einzugsgebiet mit Holländischen Fehnkulturen in den Provinzen Drenthe und Groningen hat VAN BAKEL (1986) entwickelt. Über den Anstau der Wasserstände im Kanalsystem soll das Grundwasser reguliert werden. Diese Studie erscheint nach Modifikation auch geeignet zu sein für die Wiedervernässung von Moor und Anmoor.

6.3.2 Graben-Einstau

Unter Einstau-Bewässerung versteht man das Furcheneinstau-Verfahren beim Acker- und Gemüselandbau, wobei in den Zuwässerungsgräben und Furchen das Wasser nur eingestaut und nicht zum Überlaufen gebracht wird (SCHROEDER, 1968, S. 426 ff). Ein Graben-Einstau kann analog auch bei der Wiedervernässung von Mooren angewendet werden.

Viele anthropogen genutzte Moore weisen ein regelmäßiges Netz von Beet- oder Binnengräben auf, dies gilt im besonderen für industriell abgebaute Leegmoore (= teilabgetorfte Hochmoore). Hier kann mittels Graben-Einstau das mooreigene Grund-/Stauwasser bis dicht an, in Mulden bis über die Mooroberfläche angehoben werden.

Ein Graben-Einstau ist ebenfalls stark abhängig vom Gelände- und Grabengefälle, wie das in Abbildung 4 wiedergegebene Beispiel zeigt. Darin weisen die Grabensohle wie auch die Leegmoor-Oberfläche ein Gefälle von 3^o/oo bis 10^o/oo auf, wonach die jeweiligen Abstände der Stauwehre ausgerichtet werden müssen.

Bei Stauwehren aus Holz kann die Stauhöhe durch Lage der Staubohlen den Geländehöhen örtlich und gegebenenfalls auch zeitlich angepaßt werden; im Regenerationsversuch Lichtenmoor hat sich die Höhenlage der Leegmoor-Oberfläche in den zehn Jahren seit 1976 um zwei bis vier Dezimeter infolge Aufquellung der Torfe erhöht (EGGELSMANN & KLOSE, 1982), entsprechend wurden die Überläufe der Staue bisher zweimal angehoben.

Die Querschnitte des Grabens und der Stauwehre müssen hydraulisch bei Hochwasser einen Hochwasser-(HW) Abfluß gewährleisten, anderenfalls sind sie in ihrem Bestand gefährdet. Auch der HW-Abfluß im Unterlauf muß gewährleistet sein.

Ein Graben-Einstau ist bei der Wiedervernässung aussichtsreich im

- Hochmoor mit ausreichend durchlässigen Torflagen aus schwach zersetztem Torf (Weißtorf),
- hochmoorartigen Leegmoor, dessen Resttorflagen durch das Abbauverfahren ausreichend gelockert und durchlässig sind (Bunkerde).

Der Graben-Einstau mit nährstoffarmem, stark saurem Hochmoorwasser verstärkt bei einer Hochmoor-Regeneration die Wiedervernässung durch Niederschlags-Retention.

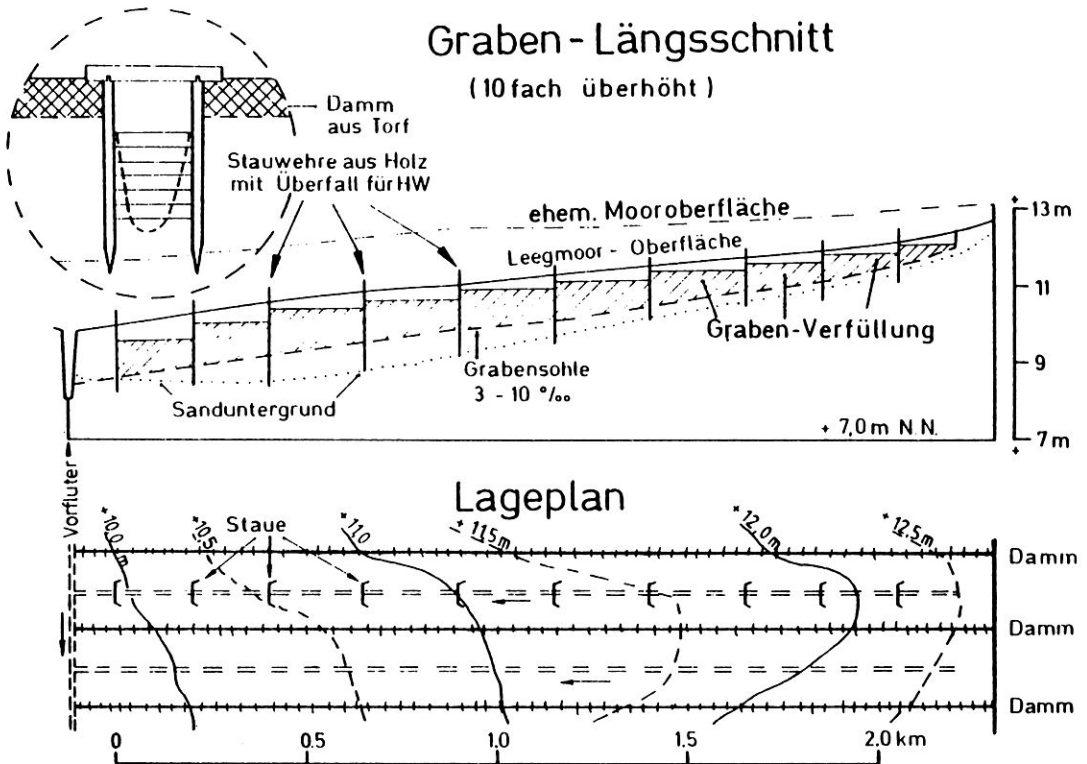


Abb. 4

Beispiel für Graben-Einstau bei der Wiedervernässung eines industriell teilabgetorften Hochmoores (= Leegmoor) mit Graben-Längsschnitt (oben) und Lageplan (unten)

Example for irrigation by means of ditch weirs for the rewetting of industrially cutover raised bogs (= Leegmoor), longitudinal section of ditch (above) and sketch map with contour lines (below)

6.3.3 Graben-Verfüllung im Hochmoor

Recht bedeutsam für die Wiedervernässung in Hochmooren ist das Verfüllen vorhandener Gräben. Dies gilt im besonderen für wurzelechte Hochmoore (vgl. Abschnitt 4.1.1). Von großem Einfluß ist dabei, ob die Grabensohle in den Sanduntergrund einschneidet oder nicht (vgl. Abb. 3).

Alle Beet- und Binnengräben im Hochmoor oder hochmoorartigem Leegmoor sollten stets mit möglichst stark zersetzten, nassen Hochmoortorfen (Schwarztorf) verfüllt werden (Abb. 5), um die dort versickernde Wassermenge möglichst gering zu halten.

In dem bereits genannten Pilotprojekt Leegmoor im Timpemoor südlich von Papenburg (Landkreis Emsland) wird versuchsweise der Frage nachgegangen, mit welchem Material (Schwarz-/Weißtorf, Kunststoffolie) und mit welcher Arbeitsmethode solche in den Sanduntergrund einschneidenden Gräben verfüllt werden können und welche Kosten dadurch entstehen (NICK, 1983).

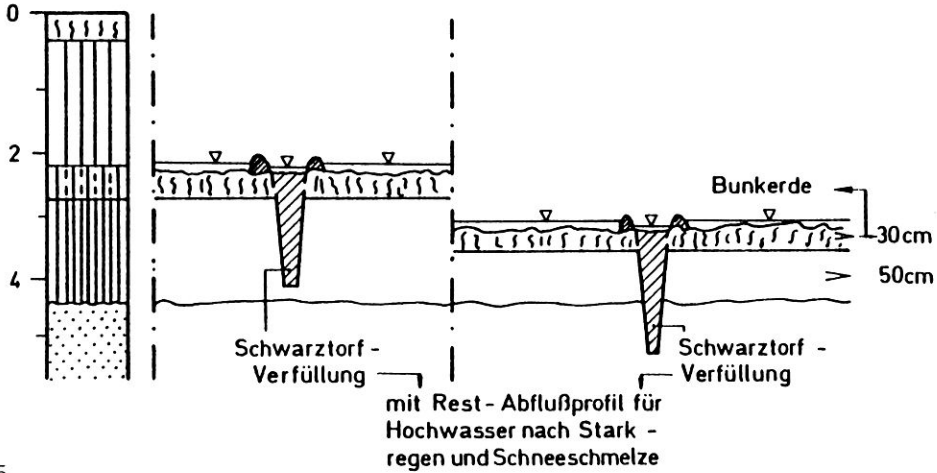


Abb. 5

Grabenverfüllung im industriell teilabgebauten Hochmoor mit Grabensohle im Hochmoor (links) bzw. im Sanduntergrund (rechts)

Ditch filling in industrially cutover raised bogs with ditch bottom in the peat layer (left) and in the sandy subsoil (right)

Neben der dünnen Kunststoffolie weist bislang auch der naß eingebrachte Schwarztorf die beste Wirksamkeit auf. Die Versuche sind jedoch bisher nicht abgeschlossen.

Über Modellversuche zur Grabenabdichtung im Sanduntergrund wiederzuvernässender Hochmoore hat jüngst SCHÄFER (1987) berichtet. Er hat in Perkolationsversuchen nicht nur für Schwarz- und Weißtorf, sondern auch für unterschiedliche Beigaben von Bentonit (ein Dichtungsmittel im Erd- und Grundbau aus aktiviertem Ton aus Montmorillonit) im Feinsand den zeitlichen Verlauf des Abdichtungsprozesses und die Versickerungsmenge bestimmt. Den besten Abdichtungseffekt weist auch hier der Schwarztorf auf.

Unabhängig von der Art der Grabenverfüllung muß darauf geachtet werden, daß für Hochwasser-Abfluß stets ein Rest-Abflußprofil im Grabenquerschnitt verbleibt (Abb. 5). Wie die Daten der Wasserbilanz (Tab. 2 u. 3) ausweisen, muß nach der Phase der Wiedervernässung von ein bis drei Jahren (vgl. Tab. 2) schon im Normaljahr, erst recht in Jahren mit nasser, kühler Witterung, mit einem Abfluß gerechnet werden (= humides Klima); dies gilt im besonderen für extreme Witterungsereignisse wie Schneeschmelze oder Stark-/Dauerregen. Fehlt eine ausreichende Abflußmöglichkeit, so kann durch Überschwemmung und Erosion Schaden verursacht werden.

6.4 Niederschlagsretention mittels Überstau-Verfahren

6.4.1 Sphagnum-Wachstum verlangt Stauwasser

Eine Wiedervernässung bei Hochmooren und hochmoorartigen Leegmooren kann in der Regel durch Anstau- und Einstau-Verfahren allein fast nie erreicht werden. Wie C.A.WEBER schon 1902 (S. 137) präzisiert hat: "Das Leben der Sphagnumen ist an die Stagnation des auffallenden Regens gebunden", so müssen wir folgern, dies ist langandauernd nur auf einer nahezu h o r i-

z o n t a l e n Mooroberfläche möglich (EGGELSMANN, 1987a), auf welcher das N i e d e r s c h l a g s w a s s e r mittels flacher Verwallungen aus Hochmoortorf zurückgehalten und a u f g e s t a u t wird (Abb. 5).

6.4.2 Hochmoor-Reste

Die gegenwärtig in Nordwestdeutschland noch vorhandenen Hochmoor-Reste sind in der Regel durch die frühere Moorbrandkultur sowie durch Entwässerung und/oder Abtorfung in der Umgebung nachhaltig verändert. Mit ihrer Heide- oder Bentgras-Vegetation oder dem Birkenbusch werden sie zwar als "naturnahe" Hochmoore eingestuft; die Mooroberfläche solcher verbliebenen Hochmoor-Blöcke ist aber zu den Rändern oder zu seit langem bestehenden Gräben, Vorflutern oder Straßen mehr oder weniger deutlich abgesackt. Das Oberflächengefälle erreicht oder übersteigt sogar das der ehemaligen Randgehänge. Es ist nur ausnahmsweise durch neuere Nivellements vermessen und ordinatenmäßig belegt. Das Oberflächengefälle kann - vor allem bei unterschiedlich hohem Bewuchs - nur schwer geschätzt werden. Im Zweifelsfall kann daher nur ein Nivellement oder eine einfache Messung mittels Latte, Wasserwaage und Metermaß einen zahlenmäßig genauen Aufschluß geben. Es wurden Gefällswerte von $8^{\circ}/\text{oo}$ bis $40^{\circ}/\text{oo}$ gemessen. Der Hochmoor-Rest im Roten Moor/Rhön hat heute Gefällswerte zwischen $10^{\circ}/\text{oo}$ bis über $100^{\circ}/\text{oo}$.

Für die dem Autor bekannten Hochmoor-Reste aus dem Amtsvenn (Krs.Steinfurt/NRW) und dem Dosenmoor (bei Neumünster/SH) lagen zwar auch keine Nivellements vor, deren Oberfläche ist aber ebenfalls erheblich geneigt, was für das Dosenmoor aus einer unmaßstäblichen Skizze unschwer entnommen werden kann (EIGNER & SCHMATZLER, 1980, S.57).

Bei Hochmoor-Resten muß bei ökotechnischen Maßnahmen zur Wiedervernässung die "noch naturnahe" Vegetation weitgehend geschont werden, d.h. flächenmäßige Planierungsarbeiten müssen weitgehend unterbleiben!

Da ein An-/Einstau der Binnengräben hier meistens nicht ausreicht, müssen die Graben- und Moorränder unter Schonung der vorhandenen Vegetation verwallt werden (= flache, niedrige Wälle, z.B. 40 - 20 cm hoch aus Torf). Es ist nicht erforderlich, daß diese flachen Wälle vollständig dicht sind. Zum Schutz gegen Erosion muß überschüssiges Wasser nach Starkregen oder Schneeschmelze an niedrigen Geländepunkten in festen Überläufen schadlos abgeleitet werden.

Bei einem Oberflächengefälle von mehr als $10^{\circ}/\text{oo}$ kann eine Niederschlagsretention gegebenenfalls durch mehrere höhenmäßig gestaffelte flache Wälle erreicht werden, die h a n g p a r a l l e l aufgeworfen oder mittels Einscharpflug so hergestellt werden, daß die Furche o b e r h a l b des Walles als künftige künstliche Schlenke verbleibt ähnlich den langgestreckten streifenförmigen Kermi- (Strang-, Bult-) und Schlenkenkomplexen in den Aapamooren von Nordskandinavien (RUUHIJÄRVI in KIVINEN, 1972). Auch hier muß darauf geachtet werden, daß die Vegetation möglichst wenig geschädigt wird.

dunstung übersteigen (= humides Klima). Anderenfalls kann es passieren, daß nach hohen Niederschlägen oder nach Schneeschmelze die flache Verwallung durch abfließendes Wasser erodiert wird. Im übrigen brauchen solche aus Torf geschaffenen flachen Dämme nicht völlig dicht zu sein, denn durchsickerndes Wasser kommt dem unterhalb liegenden Polder zugute.

Wird bei einer staffelförmigen Reihe von Poldern der Abfluß vom oberen jeweils dem unterhalb liegenden Polder zugeführt (Abb. 6), so müssen die Überläufe der Polder im unteren Bereich hydraulisch leistungsstärker dimensioniert werden, da das Einzugsgebiet sich ständig vergrößert; wegen der hydraulischen Berechnung wird auf SCHROEDER (1968, S. 171 ff) verwiesen.

6.5 Künstliche Bulten und Schlenken

Die Mooroberfläche darf nach einer Planierung jedoch nicht vollständig eben verbleiben. Wir wissen, daß wachsende Hochmoore gekennzeichnet sind durch Bulten und Schlenken, die - wie Höhenmessungen bewiesen haben - Höhendifferenzen von 30 cm bis 50 cm aufweisen. Daher sollte die Mooroberfläche für die Wiedervernässung und Hochmoor-Regeneration ähnliche Höhendifferenzen haben, was z.B. durch eine rauhe Schälplflugfurche geschaffen werden kann, wie sie Abbildung 7 schematisch wiedergibt (= 10fach überhöht!). In den Furchen (= künstlichen Schlenken) sammelt sich rasch Niederschlagswasser, das längere Zeit stehen bleibt (Stauässe). Die Pflugdämme (= künstliche Bulte) bieten für die Furchen zugleich einen gewissen Windschutz. Beide, Stauässe und Windschutz, begünstigen den Wuchs zunächst von *Sphagnum cuspidatum* und *Sph.fallax*, später auch von Bult-Sphagnen.

Die Bulten bieten dem Scheidigen Wollgras (*Eriophorum vaginatum*) oder *Calluna vulgaris* einen günstigen Wuchsort.

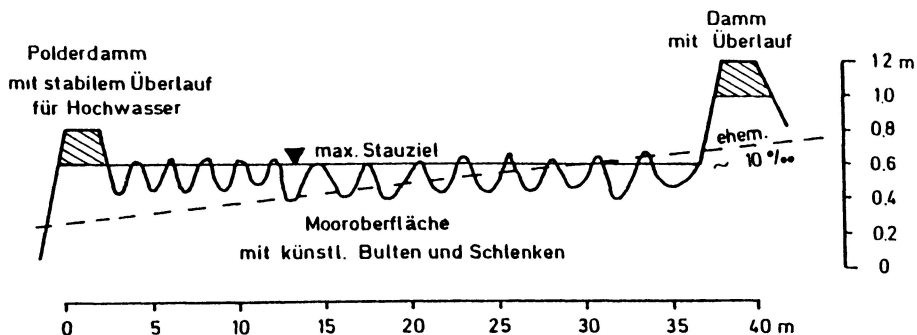


Abb. 7

Polder für Hochmoor-Regeneration mit künstlichen Bulten und Schlenken (vergl. Abb. 2)

Polder for raised bog regeneration with artificial hummocks and hollows (see fig.2)

Es hat sich weiter in der ökotechnischen Praxis gezeigt, daß alle Sphagnen für ein optimales Wachstum einen lockeren gelagerten Moorboden bevorzugen. Darauf ist besonders zu achten, wenn Planierungsarbeiten mit schwerem Gerät vorgenommen werden.

Nach einer Schälpfflugfurche ist der Moorboden locker gelagert.

6.9 Tümpel und Weiher

Die ungestörten Hochmoore wiesen früher eine große Anzahl von Kleingewässern (Kolke, Mooraugen) in einer Größe von 0,1 ha bis mehr als 10 ha auf. Die meisten sind in den letzten hundert Jahren infolge Abtorfung, Entwässerung und Kultivierung verschwunden. Über die ökohydrologischen Aspekte der Erhaltung noch vorhandener Moorgewässer wurde berichtet (EGGELSMANN, 1980).

Nach der allgemeinen limnologischen Definition wird unter "Weiher" ein flaches Gewässer verstanden, das nahezu ständig eine Wasserfläche aufweist, mit "Tümpel" wird ein Kleingewässer bezeichnet, das periodisch auch trockenfallen kann.

Bei der Wiedervernässung und Regeneration von Hochmooren und hochmoorartigen (teilabgetorften) Leegmooren sollte stets auch geprüft werden, ob und wo solche Tümpel und Weiher gemäß Nds.Naturschutzgesetz (Nds.Ministerpräsident 1981, § 2, Abs. 15), zweckmäßig neu angelegt werden können. Sie sind als Refugien für eine spezielle Flora und Fauna, die nach der "Roten Liste" des Naturschutzes sehr stark bis stark gefährdet sind, überaus bedeutsam.

Da solche Tümpel und Weiher möglichst einen hochmoorartigen Charakter aufweisen sollen, ist eine künstliche Anlage dort empfehlenswert, wo die Moormächtigkeit

- für Tümpel \cong 1,2 m und
- für Weiher \cong 2,0 m

beträgt, denn die Sohle solcher Moorgewässer darf **n i c h t** in den Sanduntergrund einschneiden.

Hydrologische Untersuchungen an einigen noch vorhandenen flachgründigen Hochmoorweihern haben bewiesen, daß sie keinen Zu- und Abfluß aufweisen, sie werden lediglich durch den Niederschlag (= input) gespeist und durch die Verdunstung (= output) beeinträchtigt. In zu- und abflußlosen Seen Norddeutschlands entspricht im Normaljahr die Verdunstungshöhe etwa der Niederschlagshöhe, die Wasserbilanz ist also ausgeglichen (Tab. 7). Ganz anders ist dagegen die Wasserbilanz in einem trockenen, warmen Jahr, in dem ein Defizit von etwa 300 mm entstehen kann, d.h. der Wasserspiegel kann um etwa 30 cm absinken, was vielfach beobachtet werden konnte.

Umgekehrt tritt in Jahren mit nasser, kühler Witterung in der Wasserbilanz ein Überschuß von 300 mm auf, d.h. der Wasserspiegel steigt um 30 cm an, im flachen Gelände kann das Gewässer ausufernd, auch das ließ sich mehrfach beobachten. Es ist allerdings zu beachten, daß sich in wachsenden Hochmooren auch die Mooroberfläche um einige Zentimeter hebt und senkt infolge Quellung und Schrumpfung, was als "Atmen" oder Mooroszillation bekannt ist (EGGELSMANN, 1981).

Tab. 7: Wasserbilanz für zu- und abflußlose Hochmoor-Weiher/
Tümpel mit Jahressumme (in mm Wassserhöhe) für Nieder-
schlag und Verdunstung (EGGELSMANN, 1980)
Water balance of raised-bog ponds and puddles without
water inflow and runoff = annual sum (mm) of precipita-
tion and evaporation

Jahressumme	Trockenes, warmes Jahr	Normal- Jahr	Nasses, kühles Jahr
Niederschlag	550	750	950
Verdunstung	850	750	650
Differenz	- 300	+ 0	+ 300

Damit sind für die Praxis zugleich die zwischen Jahren mit extremer Witterung etwa maximal möglichen Wasserstandsschwankungen solcher Kleingewässer aufgezeigt. Will man einen künstlichen Hochmoor-Kolk mit flachen Ufern anlegen, der auch in niederschlagsarmen Jahren nicht austrocknet, so sollte die größte Wassertiefe mehr als 100 cm betragen. Bei Tümpeln im Hochmoor, bei denen ein periodisches Trockenfallen erwünscht ist, sollte die größte Wassertiefe etwa 40 cm bis 50 cm aufweisen.

Eine Zufuhr von Hochmoor-Grabenwasser aus dem Umfeld ist möglich, sofern dort keine land-, garten- oder forstwirtschaftliche Nutzung besteht und auch künftig ausgeschlossen bleibt; anderenfalls besteht die Gefahr eines Nähr- und Schadstoffeintrages (Eutrophierung). Liegt der Wasserspiegel im künstlichen Kolk höher als im Umfeld, so kann sich ein Windschöpfwerk empfehlen, dessen Hubhöhe beträgt in der Regel nur etwa 0,5 m. Es sollte jedoch bedacht werden, daß in niederschlagsarmen Perioden vielfach auch die Gräben infolge der Verdunstung rasch trockenfallen.

6.7 Torfwände und Bermen

Sehr viele anthropogen beeinflusste Hochmoore weisen steile, unterschiedlich hohe, durch Torfstich entstandene Torfwände auf. Manche haben schon mehrere bis viele Jahrzehnte überdauert, andere können erst wenige Jahre oder Monate alt sein. Solche Torfstichwände sind Relikte einer unter Umständen sehr alten Moornutzung (vgl. dazu Abschnitt 8) durch den Menschen. Diese Stichwände können starke Hindernisse für die Renaturierung von Flora und Fauna sein.

Es sollte von Fall zu Fall entschieden werden, ob und wo zum Schutz von Jungtieren und Amphibien abschnittsweise ein Abschrägen der Torfwände z.B. an steilen, tiefen und schmalen Vorflutern oder kleinräumig an Torfkuhlen notwendig ist, oder ob an anderen Torfwänden die Anlage von einer oder mehreren Bermen empfehlenswert erscheint, unter Umständen mit Bepflanzung von Espen oder Birken als Sonnenschutz für die Torfwand.

7. ABTORFUNG MIT RÜCKSICHT AUF NATURSCHUTZ

7.1 Gesetzliche Vorschriften

Das Bundesnaturschutzgesetz vom 20. Dezember 1976 (Der Bundespräsident, 1976) bestimmt in § 8 bei Eingriffen in Natur und Landschaft, daß der "Verursacher eines Eingriffs zu verpflichten ist, vermeidbare Beeinträchtigungen durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege auszugleichen. Ausgeglichen ist ein Eingriff, wenn nach seiner Beendigung keine erhebliche oder nachhaltige Beeinträchtigung des Naturhaushaltes zurückbleibt und das Landschaftsbild landschaftsgerecht wieder hergestellt oder neu gestaltet ist."

Das Niedersächsische Naturschutzgesetz vom 20. März 1981 hat analog in § 2, Absatz 5, festgelegt: "Bei Abbau von Bodenschätzen sind dauernde Schäden des Naturhaushaltes zu verhüten."

Das vom Niedersächsischen Landwirtschaftsministerium als Oberste Naturschutzbehörde des Landes (1981) aufgelegte Moorschutzprogramm Teil I schreibt vor, daß rd. 30.000 ha durch Abtorfung erheblich veränderte Hochmoorflächen als Naturschutzflächen zu sichern und in einen naturnäheren Zustand zu versetzen sind (LÜDERWALDT, 1983). Es wurde 1985 ergänzt durch das Moorschutzprogramm Teil II.

Für Hochmoor- und Leegmoorflächen, bei denen ein (weiterer) Abbau noch bevorsteht, können daher Überlegungen über Verfahren und Durchführung einer Abtorfung angezeigt sein.

7.2 Sodentorf-Verfahren

Es bestehen überhaupt keine Zweifel mehr, daß bei dem bislang üblichen Weißtorfabbau im Stechverfahren (maschinell, oder früher von Hand) eine Wiedervernässung mit anschließender Renaturierung dann möglich ist, wenn die schon genannten bodenkundlich-hydrologischen Voraussetzungen (Abschnitt 4.1) eingehalten werden. Auf die große Bedeutung der Bunkerde für die Wiedervernässung und Renaturierung wurde in Abschnitt 4.2 hingewiesen.

Das Sodentorf-Verfahren für den Weißtorfabbau setzt allgemein voraus, daß die Mooroberfläche sorgfältig planiert und meist ständig tadellos eingeebnet wird. Dies erfordert ein ständiges Verschieben und Einebnen der Bunkerde (RICHARD, 1980).

7.3 Frästorf-Verfahren

Das Frästorf-Verfahren eignet sich weniger für schwach zersetzten Sphagnumtorf (Weißtorf) als für mäßig und stark zersetzten Sphagnumtorf.

Sofern beim Frästorf-Verfahren wie beim Sodentorf-Verfahren eine ausreichende Menge an Bunkerde für die spätere Renaturierung beiseite gesetzt wird, ist auch dieses Verfahren akzeptabel. Es muß allerdings das Frästorffeld abschließend wieder horizontal planiert werden (Abb. 8), und zwar *b e v o r* die beiseite gesetzte Bunkerde zurückgebracht wird. Abschließend sind

für die Wiedervernässung und Renaturierung die oben beschriebenen ökotechnischen Maßnahmen (Abschnitt 6) notwendig (vgl. Abb. 8, unten).

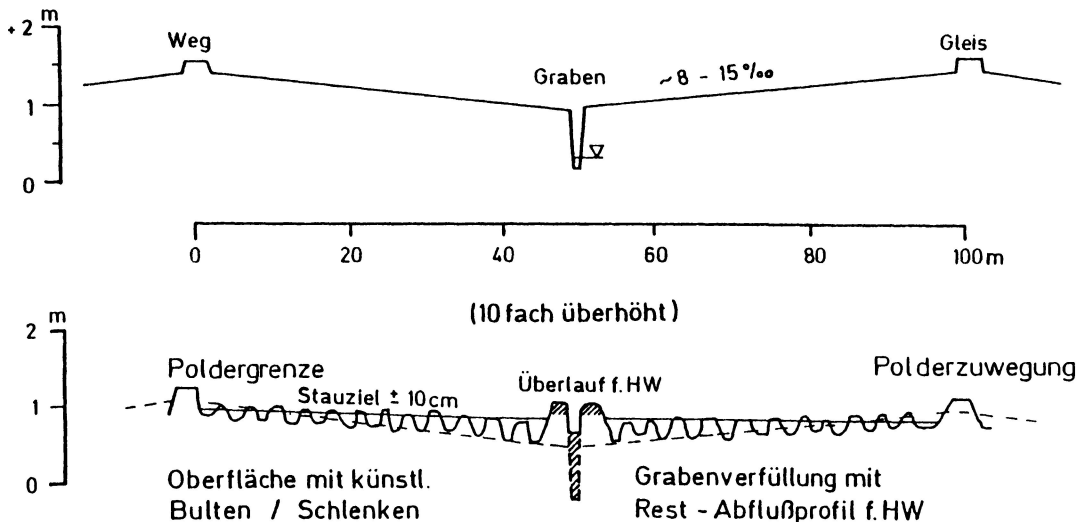


Abb. 8

Querprofil eines Frästorffeldes nach Abbauende (oben) und nach ökotechnischer Umgestaltung für die Hochmoor-Regeneration (unten)

Cross section of a milled-peat field after production is finished (above) and after ecotechnical conversion für raised-bog regeneration (below)

Es ist mir zur Zeit nicht bekannt, ob und wo nach beendetem Frästorfabbau diese geschilderten Maßnahmen für die Renaturierung bereits ausgeführt worden sind. Daß sie unumgänglich sind, darüber bestehen kaum Zweifel, wenn auch praktische Erfahrungen noch fehlen.

7.4 Klumpentorf-Verfahren

Das Klumpentorf-Verfahren wird nach RICHARD (1980) in Deutschland wenig angewendet, da sich das Trocknen des Torfes schwierig gestalten kann. Bei diesem Verfahren wird der abzubauen Torf sofort auf voller Tiefe gewonnen, nachdem zuvor die oberflächennahe (durchwurzelterte) Torflage abgebunkelt wurde (Abb. 9).

Das Klumpentorf-Verfahren hat damit im Hinblick auf die Regeneration den großen Vorteil, daß die Wiedervernässung und Renaturierung nahezu zeitparallel neben der Abtorfung beginnen kann, wie es bei den BHS-Torfwerken im Torfwerk Aschhorner Moor (Krs. Stade) geschieht.

8. ERHALTENSWERTE OBJEKTE

8.1 Allgemeines

In den deutschen Mooren gibt es nicht allein schützenswerte Landschaften mit Pflanzen und Tieren, sondern auch aus anderen Gründen erhaltenswerte und schutzbedürftige Objekte.

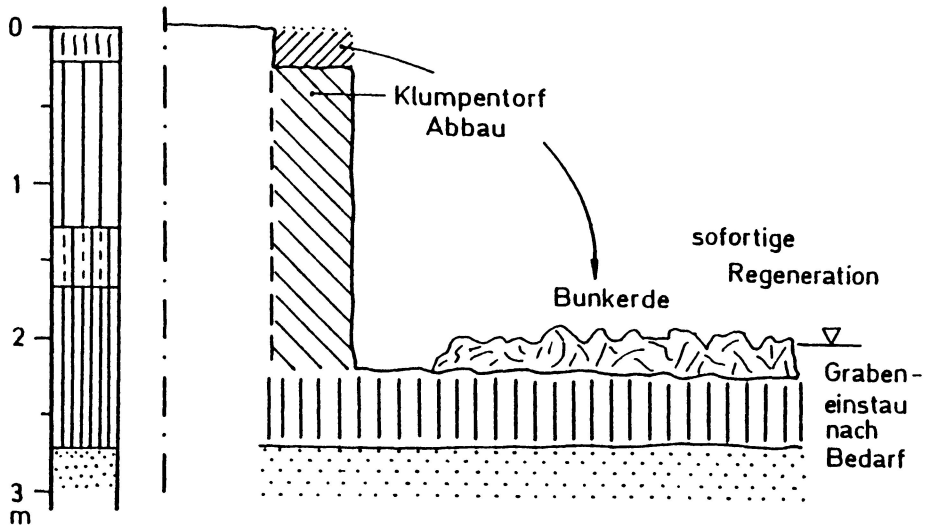


Abb. 9

Hochmoorabbau mit stets unmittelbar nachfolgender (kontinuierlicher) Regeneration (= Klumpentorf-Verfahren)

Peat cutting in raised bogs with continuously directly following regeneration (= clod peat production)

Die nach 1976 erlassenen Naturschutzgesetze des Bundes und der Länder unterscheiden zwischen

- schützenswerten Teilen von Natur und Landschaft und
- Naturdenkmäler und geschützten Landschaftsbestandteilen,

weitere Hinweise bei KRÖBER & POHL (1981).

Darüberhinaus gibt es in Niedersachsen das Denkmalschutzgesetz aus dem Jahre 1978, das unter "Kulturdenkmal" sowohl Bau-
denkmäler als auch Bodendenkmäler zusammenfaßt (H.-H.MÖLLER, 1981).

Nach SLOTTA (1975) hat sich der Schutz und die Dokumentation technischer Denkmäler während der letzten beiden Jahrzehnte ständig verstärkt. In der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, hat sich unter Dr.-Ing.M.ECKHOLDT ein "Studienkreis für technische Denkmäler des Wasserbaues" konstituiert (der Autor ist Mitglied).

Bei den in deutschen Mooren vorhandenen erhaltenswerten Objekten wird nach POHL (1979) hier unterschieden zwischen geowissenschaftlichen Denkmälern, technischen (Kultur-)Denkmälern und ehemaligen Nutzungsformen.

8.2 Geowissenschaftliche Denkmäler

Die Geowissenschaften, wie Geologie, Paläontologie und Mineralogie, sind für ihre Forschungen auf künstliche Aufschlüsse der Gesteine angewiesen; das gilt auch für die Moorkunde. Solche Aufschlüsse sind gleichermaßen wichtig

- zur Dokumentation spezieller Schichtungen,
- als Fundpunkt von Mineralien und Fossilien,
- für eine interdisziplinäre und internationale wissenschaftliche Zusammenarbeit.

In den Mooren sollten deshalb solche Torfstichwände, in denen mehrere Schichten mit unterschiedlichen Torfarten und Zersetzungsgraden, gar mit Übergang zum mineralischen Untergrund vorkommen, durch die Meldung an die Naturschutzbehörden und an die Geologischen Landesämter als geowissenschaftliche Naturdenkmäler erfaßt, erhalten und geschützt werden.

8.3 Technische Kulturdenkmäler

Nahezu sämtliche Moore in Deutschland, insbesondere auch die Hochmoore, wurden während der letzten Jahrhunderte durch Kanäle, Vorfluter und Gräben wie auch durch Wege, Straßen, Eisenbahnlinien oder Dämme erschlossen. Dabei wurden auch mancherlei technische Bauwerke im Stile ihrer Zeit mit den damals verfügbaren Materialien in handwerklicher Arbeit errichtet, und zwar nach damaligem Wissensstand und Erfordernis, so z.B. Schleusen, Stauwerke, Düker, Siele, Durchlässe, feste und bewegliche Brücken, an deren Erhaltung wegen ihrer geschichtlichen, künstlerischen oder technischen Bedeutung ein öffentliches Interesse besteht (H.-H.MÖLLER, 1982). Manches davon wird noch heute genutzt, wenn auch mehr oder weniger verändert, andere Anlagen und Bauwerke werden jetzt nicht mehr gebraucht. Mehr als bisher sollten wir solche Bauwerke der Vergangenheit als technische (Kultur-)Denkmäler betrachten.

Vor einem Abriß, der bisher häufig genug rasch und ohne große Überlegung vollzogen wurde, sollte man prüfen, ob und wie das jeweilige Bauwerk schützenswert bzw. schutzfähig ist. Die Ämter für Natur- und Denkmalschutz sollten hierbei eng zusammenarbeiten mit den Ämtern für Wasser- und Landwirtschaft sowie den Wasser- und Bodenverbänden und den an vielen Orten entstandenen Heimatmuseen und -vereinen; fachliche Unterstützung kann gegebenenfalls der "Studienkreis für technische Denkmäler des Wasserbaues" bei der Bundesanstalt für Wasserbau in Koblenz geben.

8.4 Ehemalige Nutzungsformen

Die Moore, vor allem die Hochmoore, wurden in früherer Zeit recht verschiedenartig genutzt. Manche dieser Nutzungsformen sind örtlich heute noch erkennbar am Relief der Mooroberfläche und/oder an der Vegetation, andere sind typisch auf Luftbildern auszumachen. So finden wir

- Reste des bäuerlichen Handtorfstiches,
- ehemalige Schaftriften, jetzt meist verheidetes Hochmoor (Callunetum),
- frühere Bienenstände,
- ehemalige Brandkulturflächen mit schmalen, regelmäßigen Moliniastreifen entlang der früheren Beetgräben (im Luftbild gut erkennbar),
- alte Torfabfuhrdämme,
- mit Myrica-Gebüsch, Birken, Espen oder Faulbaum bestandene Moorflächen.

Vor der Planung oder gar Ausführung von ökotechnischen Maßnahmen sollte bei solchen Landschaftsteilen mit alten Nutzungsformen geprüft werden, ob sie "wegen ihrer Seltenheit, Eigenart oder Schönheit" die Wesensmerkmale von schützenswerten Landschaftsteilen oder Naturdenkmäler gemäß § 17 und § 18, Bundesnaturschutzgesetz vom 20. Dezember 1976, erfüllen. Sie sollten daher den Naturschutzbehörden gemeldet werden, die über Erhalt und Schutz entscheiden können.

9. PHASEN DER HOCHMOOR-RÜCKENTWICKLUNG

Die Wissenschaftler und Praktiker, die sich mit der Rückentwicklung von Hochmooren und hochmoorartigen Leegmooren befassen, sind sich weitgehend einig darüber, daß dies ein langfristiger Vorgang ist, in dem verschiedene Phasen durchlaufen werden, wobei allerdings die Begriffe noch verschieden ausgelegt werden. KUNTZE & EGGELSMANN (1981) haben die in Tabelle 8 genannten Phasen erläutert und Zeitspannen angegeben.

Tab. 8: Phasen der Hochmoor-Rückentwicklung nach KUNTZE & EGGELSMANN (1981) Phases of raised bog re-development according to KUNTZE & EGGELSMANN (1981)		
Phase	Form	Dauer
1	Wiedervernässung	Jahre
2	Renaturierung	Jahrzehnte
3	Regeneration (=Torfbildung durch Sphagnen)	Jahrhundert(e)

Im Regenerationsversuch Lichtenmoor wurde die Wiedervernässung durch Niederschlagsretention nach dem dritten Jahr erreicht, wobei dem Anstaubeginn zwei extrem trockene und warme Jahre vorausgingen (1975/76).

Gegenwärtig befindet es sich - wie auch viele andere "naturnahe" Hochmoore und hochmoorartige Leegmoore - in der Renaturierungsphase. Ihre Dauer ist weitgehend abhängig vom Ausgangszustand, ob eine Weißtorf-/Bunkerdeschicht vorhanden und wie mächtig sie ist, ferner wie Vegetation, Sporen- und Samenpotential sowie Fauna der Umgebung beschaffen sind. Mit ein bis zwei oder mehr Jahrzehnten muß gerechnet werden.

Unter Moorregeneration (Phase 3) kann nur ein sehr langfristiger Prozeß verstanden werden, nämlich der einer Torfbildung vorwiegend aus abgestorbenen Sphagnen. OVERBECK (1975, S.613) hat unter den günstigeren Umweltverhältnissen früherer Jahrtausende ein Hochmoorwachstum infolge Vertorfung von 0,5 bis 1,5 mm jährlich ermittelt. Ob gegenwärtig und in naher Zukunft bei saurem Regen, der durch Nähr- und Schadstoffe vielerlei Art belastet ist, eine Hochmoorbildung auf größerer Fläche überhaupt möglich ist, kann erst später beurteilt werden. An diesen - neu gebildeten - Sphagnumtorfen könnten Forscher dann

nach Jahrhunderten oder Jahrtausenden die früheren ökologischen Verhältnisse studieren.

Aus der Sicht des Natur- und Landschaftschutzes kann die Zwischenphase der "Renaturierung" durchaus schon als wünschenswertes Ziel akzeptabel erscheinen, jedoch sollte das Endziel der "Regeneration" = Torfbildung nicht aus dem Auge verloren werden.

10. SCHLUSSBEMERKUNG

Manche der hier vorgeschlagenen ökotechnischen Maßnahmen, wie

- die Anlage von hangparallelen Dämmen und Furchen bei geneigten Hochmoorflächen mit naturnaher Vegetation,
- der Bau von Kleinpoldern, wie im Reisbau üblich, bei geneigten hochmoorartigen (teilabgebauten) Leegmooren (Abb. 6 u. 7),
- die Herrichtung von Frästorffeldern für Wiedervernässung und Regeneration (Abb. 8),
- der Einsatz des Klumpentorf-Verfahrens im Hinblick auf nahezu zeitparallele Wiedervernässung und Renaturierung des Leegmoores (Abb. 9),

sind bisher wenig oder gar nicht verbreitet.

Daher werden gleichermaßen sowohl die Vertreter der Torfindustrie als auch die Naturschutz-Behörden, -Verbände und -Institutionen aufgerufen, diese Vorschläge und Anregungen in Beispielen und Versuchen zu erproben. Der Autor ist gerne bereit, weitere Erfahrungen und Hinweise beizusteuern.

11. ZITIERTER UND WEITERFÜHRENDE LITERATUR

- AKKERMANN, R. (Herausg.) (1982): Regeneration von Hochmooren - Berichte des Moor-Symposiums Vechta 1980.- Inform.Naturschutz u.Landschaftspf. NW-Deutschl., 3, 396 S, Wardenburg.
- BADEN, W. & EGGELSMANN, R. (1958): Über die Regelung des Wasserhaushaltes bei Moormeliorationen und die dafür notwendigen Vor- und Folgearbeiten.- Wasser und Boden, 10: 29-36, Hamburg.
- BAKEL, P.J.T. van (1986): Planning, design and operation of surface water management systems.- 118 S., Ed.ICW, Wageningen/NL.
- BIRKHOLZ, B., SCHMATZLER, E. & SCHNEEKLOTH, H. (1980): Untersuchungen an niedersächsischen Torflagerstätten zur Beurteilung der abbauwürdigen Torfvorräte und der Schutzfähigkeit im Hinblick auf deren optimale Nutzung.- Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen, H.12, 402 S. mit 88 Karten, Hannover.
- BLANKENBURG, J. (1987): Moorkundlich-hydrologische Voraussetzungen der Wiedervernässung von Hochmooren.- TELMA, 17: 51-58, Hannover.
- BÜLOW, K. von (1929): Allgemeine Moorgeologie.- 308 S., Gebr.Bornträger, Berlin.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (1964): Klimaatlas von Niedersachsen.- 77 Karten, 8 Diagramme u. Erläuterungen, Selbstverlag d.Dt.Wetterdienstes, Offenbach/Main.

- DER BUNDESPRÄSIDENT (1976): Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz - BNatSchG).- BGBl., Teil I, Nr.147, S.3573-3582, Bonn 1976.
- DIERSSEN, K. (1981): Regeneration von Hochmooren - Zielsetzung, Möglichkeiten, Erfahrungen.- *Natur und Landschaft*, 56: 48-50, Stuttgart.
- DRACHENFELS, O. von, MEY, H. & MIOTK, P. (1984): Naturschutzatlas Niedersachsen - Erfassung der für den Naturschutz wertvollen Bereiche in Niedersachsen.- *Naturschutz, Landschaftspflege Nieders.*, H. 13, 267 S., Hannover.
- EGGELSMANN, R. (1960): Über den unterirdischen Abfluß von Mooren.- *Wasserwirtschaft*, 50: 149-154, 8 Abb., 1 Tab., 40 Lit.-Zit., Stuttgart.
- "- (1964): Die Verdunstung der Hochmoore und deren hydrographischer Einfluß.- *Deutsch.Gewässerkdl.Mitt.*, 8: 138-147, Koblenz.
- "- (1967): Oberflächengefälle und Abflußregime der Hochmoore.- *Wasser und Boden*, 19: 247-252, Hamburg.
- "- (1973): Die Rolle der Moore bei der Grundwasserneubildung.- *Deutsch.Gewässerkdl.Mitt.*, 17: 134-137, 3 Abb., 24 Lit.-Zit., Koblenz.
- "- (1980): Ökohydrologische Aspekte zur Erhaltung von Moorgewässern.- *TELMA*, 10: 173-196, 9 Abb., 5 Tab., Hannover.
- "- (1981): Ökohydrologische Aspekte von anthropogen beeinflussten und unbeeinflussten Mooren Norddeutschlands.- 175 S., Diss.Univ.Oldenburg.
- "- (1982a): Anmerkungen zur Berechnungsmethode der Breite hydrologischer Schutzzonen.- *TELMA*, 12: 183-187, Hannover.
- "- (1982b): Möglichkeiten und Zielsetzungen für eine Regeneration von Hochmooren - hydrologisch betrachtet.- In: AKKERMANN (Hrsg.), *Inform.Naturschutz u. Landschaftspfl.NW-Deutshl.*, 3, S.167-176, Wardenburg.
- "- (1984): Über Grundwasser-Zufluß und Abfluß-Retention von Hochmooren.- *TELMA*, 14: 41-55, 4 Abb., 32 Lit.-Zit., Hannover.
- "- (1987a): Hochmoor-Regeneration verlangt eine nahezu horizontale Mooroberfläche.- *Natur und Landschaft*, 62: (in Druck), Bonn - Bad Godesberg.
- "- (1987b): Ökohydrologie und Moorschutz.- In: GÖTTLICH (Hrsg.) (1987): *Moor- und Torfkunde*, 3.Aufl. (in Druck); Schweizerbart, Stuttgart.
- "- & KLOSE, E. (1982): Regenerationsversuch auf industriell abgetorfte Hochmoor im Lichtenmoor - erste hydrologische Ergebnisse.- *TELMA*, 12: 189-205, Hannover.
- "- & SCHUCH, M. (1980): Moorhydrologie.- In: GÖTTLICH (Hrsg.): *Moor- und Torfkunde*, 2.Aufl., S. 210-224, Schweizerbart, Stuttgart.

- EGGELSMANN, R. & SCHWAAR, J. (1979): Regeneration, Recreation and Renaissance of Peatlands in Northwestern Germany.- Proc.Intern.Peat Symp., Hyttiälä, Finland, Sept. 1979, p. 267-272, Helsinki, Finland.
- EIGNER, J. & SCHMATZLER, E. (1980): Bedeutung, Schutz und Regeneration von Hochmoor.- Naturschutz aktuell, Heft 4, 78 S., Kilda-Verlag, Greven.
- ELLENBERG, H. (1978): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen.- 2.Aufl., 982 S., Stuttgart.
- GÖTTLICH, Kh. (Hrsg.) (1980): Moor- und Torfkunde, 2.Aufl.- 338 S., Schweizerbart, Stuttgart.
- INGRAM, H.A.P. (1983): Hydrology.- In: GORE, A.J.P. (Ed.): Ecosystems of the world. 4 A: Mires: Swamp, bog, fen and moor; p.67-159, Elsevier Amsterdam/Netherlands.
- & BRAGG, O.M. (1984): The diplotelmic mire: some hydrologic consequences reviewed.- Proc.7.Intern.Peat Congress, Dublin, Vol.1, p.220-234, Dublin.
- KIVINEN, E. (1972): Finnish Peatlands and Their Utilization.- Finnish Peatland Society, Helsinki.
- KRÖBER, H. & POHL, D. (1981): Verzeichnis der Naturdenkmale in Niedersachsen - Leitfaden zum Ausfüllen der Erfassungsböden.- Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen, Beiheft 2, Hannover.
- KUNTZE, H. (1973): Abtorfung - Rekultivierung oder Regeneration?- TELMA, 3: 289-299, Hannover.
- & EGGELSMANN, R. (1981): Zur Schutzfähigkeit nordwestdeutscher Moore.- TELMA, 11: 197-212, Hannover.
- , EGGELSMANN, R., BLANKENBURG, J. & SCHWAAR, J. (1984): Bericht über bodenkundliche, botanische und agrikulturchemische Analysen der Bunkerde aus dem Leegmoor im Timpemoor, Gem.Surwold, Landkr.Emsland.- NLFb - Bodentechn.Institut Bremen (Manuskript unveröffentlicht).
- LÜDERWALDT, D. (1983): Stand des Moorschutzes in Niedersachsen.- TELMA, 13: 251-258, Hannover.
- MÖLLER, H.-H. (1981): Steuerliche und rechtliche Hinweise für Denkmalbesitzer.- Institut für Denkmalpflege, Information Nr.1, 2.Aufl., Hannover.
- (1982): Was ist ein Kulturdenkmal?- Arbeitshefte zur Denkmalpflege in Niedersachsen, Nr. 2, 62 S., Hannover.
- NICK, K.-J. (1983): Die Renaturierung des "Leegmoores" im Timpemoor westlich Esterwegen im Landkreis Emsland - Ein Pilotprojekt für die Regeneration eines Moores nach industriellem Schwarztorfabbau.- TELMA, 13: 259-269, Hannover.
- (1986): Aussichten der Entwicklung von wiedervernähten Torfabbauflächen.- Natur und Landschaft, 61: 48-50, Stuttgart.

- NIEDERSÄCHSISCHER MINISTER FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1981):
Niedersächsisches Moorschutzprogramm - Teil I -, Programm
der Niedersächsischen Landesregierung zum Schutze der für den
Naturschutz wertvollen Hochmoore mit näheren Festlegungen für
rund drei Viertel der noch vorhandenen geologischen Hochmoor-
fläche in Niedersachsen vom 1.Dezember 1981.- Nds.Min.E.L.F.,
Mappe mit Erläut., 37 S., 82 Karten 1 : 25 000, Hannover.
- DER NIEDERSÄCHSISCHE MINISTER FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1986):
Niedersächsisches Moorschutzprogramm, Teil II.- Nds.Min.ELF,
12 S., 2 Tab., Anl.I-III, 29 S., 5 Karten, Hannover.
- NIEDERSÄCHSISCHER MINISTERPRÄSIDENT, ALBRECHT, NIEDERSÄCHSISCHER MINISTER
FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN; GLUP (1981): Niedersächsisches
Naturschutzgesetz vom 20.März 1981.- Nds.Gesetz- u. Verord-
nungsblatt, 35, Nr. 8: 31-45, Hannover.
- "- (1981): Niedersächsisches Naturschutzgesetz vom 20.März 1981.-
Broschüre, 48 S., Nds.Minister f.Ernähr., Landwirtsch. u.
Forsten, Hannover.
- NIEMEYER, F. (1982): Hochmoorregeneration - Auswertung von Literatur und
Erfahrungsberichten im Hinblick auf die Wiederbelebung der
Hochmoorbiozönose (Flora und Fauna) des nordwestdeutschen
Flachlandes.- 181 S., Herausg. Bundesanstalt für Geowissen-
schaften und Rohstoffe Hannover (Manuskript unveröffentlicht).
- OVERBECK, F. (1950): Die Moore Niedersachsens, 2.Aufl.- Dorn-Verlag, Bremen.
- "- (1975): Botanisch-geologische Moorkunde.- 719 S., Wachholtz,
Neumünster.
- POHL, D. (1979): Kartieranleitung zur Erfassung der für den Naturschutz
wertvollen Bereiche in Niedersachsen.- Herausg.Nieders.Lan-
desverwaltungsamt, Fachbehörde für Naturschutz, Hannover.
- RICHARD, K.-H. (1980): In: GÖTTLICH, (Hrsg.): Moor- und Torfkunde, 2.Aufl.,
S.231-294, Schweizerbart, Stuttgart.
- RODERFELD, Hedwig (1986): Bunkerde und ihre bodenphysikalischen Eigenschaften
in nordwestdeutschen Hochmooren.- 65 S., Dipl.-Arbeit Fachbe-
reich Geowissenschaften, Universität Göttingen (unveröff.
Manuskript).
- SCHÄFER, W. (1987): Modellversuch zur Grabenabdichtung im Sanduntergrund
wieder zu vernässender Hochmoore.- TELMA, 17:95-108, 6 Abh., 8 Tab.,
Hannover.
- SCHNEEKLOTH, H. (1983): Die Torfindustrie in Niedersachsen.- Veröff.Nieder-
sächs.Institut Landeskde. u. Landesentwickl., Univ.Göttingen,
zugl.Schr.Wirtsch.-wiss.Ges.Studium Nieders., N.F. Forsch.
Niedersächs.Landeskde., Bd. 120, 58 S., 1 Karte 1:500 000,
25 Tab., 1 Übersicht, 18 Lit.; Göttingen - Hannover.
- SCHROEDER, G. (1968): Landwirtschaftlicher Wasserbau, 4.Aufl.-566 S.,
Springer, Berlin - Heidelberg - New York.

- SCHWAAR, J. (1981): Möglichkeiten und Grenzen der Moorregeneration - Erfahrungen in Nordwestdeutschland.- Tagungsberichte der Bayer.Akademie für Naturschutz, S.40-64, Laufen/Salzach.
- SLOTTA, R. (1975): Technische Denkmäler in der Bundesrepublik Deutschland.- 648 S., Herausg. Bergbau-Museum, Bochum.
- WEBER, C.A. (1902): Über die Vegetation und Entstehung des Hochmoores von Augstumal im Memeldelta.- 252 S., Parey, Berlin.

Manuskript eingegangen am 30.März 1987