

TELMA	Beiheft 2	Seite 233 – 255	6 Abb., 3 Tab.	Hannover, Oktober 1989
-------	-----------	-----------------	----------------	------------------------

# Zur Wiedervernässung von degenerierten Gebirgsmooren

The rewetting of deteriorated mountain mires

RUDOLF EGGELSMANN\*)

## ZUSAMMENFASSUNG

Einleitend werden die geographischen Bedingungen der Gebirgsmoore beschrieben (Höhenlage, Topographie, Klima, Wasserhaushalt). Es wird nachgewiesen, daß die Gefällsverhältnisse die Bodenwasserbewegung beeinflussen und damit die jeweiligen Vegetationskomplexe (Tab. 2). Ökotechnische Maßnahmen müssen bei Schonung der Vegetation nach dem Gefälle der Mooroberfläche ausgerichtet werden (Tab.3). Für Hochmoor-Reste (-Blöcke), deren Fläche meist klein und deren Gefälle oft beträchtlich ist, ist eine Wiedervernässung zur Renaturierung nicht erfolgversprechend. Bei (industriell abgetorfte) Leegmoor kann dagegen die Mooroberfläche mittels Moor-Bagger oder Planiergerät auf Moorraupe horizontal umgestaltet oder unter Beachtung des Gefälles planiert werden.

## SUMMARY

Firstly the geographical conditions of raised bogs in the mountains are described (altitude, topography, climate, hydrological conditions). It is proved, that the gradient of the mire surface influences the soil water movement and thus the mire vegetation complex (tab. 2). Ecotechnical projects for mire rewetting and renaturalization must be geared to the mire surface slope (tab. 3). For a remaining block of raised bog peat in a cutting area, which has a small surface and a relatively great slope, a rewetting for renaturalization is unsuccessful. In cut-over areas (Leegmoor) the surface can, with a mire excavator or mire bulldozer, be transformed horizontally or, depending on the gradient, levelled.

\*) Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Rudolf Eggelsmann, Dipl.-Ing. und Baumeister, Julius-Leber-Straße 11, 2800 Bremen 41.

## 1. EINLEITUNG

Über die Wiedervernässung und Renaturierung von anthropogen beeinflussten Hochmooren des Flachlandes gibt es mittlerweile eine ganz beträchtliche Anzahl an Publikationen (vgl. dazu AKKERMANN 1982; EGGELSMANN 1987a), aber nur sehr wenige langfristige Erfahrungen. Die ersten Maßnahmen begannen um 1975 (EIGNER u. SCHMATZLER 1980; EGGELSMANN u. KLOSE 1982). NIEMEYER (1982), der mehr als 300 Publikationen und Berichte ausgewertet hat, stellt abschließend fest: "Die gesamte Regeneration der Hochmoorbiozönose befindet sich noch im Stadium des Experiments".

Viele Gebirgsmoore wurden seit der Jahrhundertwende monographisch beschrieben. Diese Moore sind durch Entwässerung und Kultivierung viel geringer betroffen als die Hochmoore des Flachlandes. Trotzdem hat man bei vielen Gebirgsmooren schon frühzeitig beobachtet, daß - oft im gleichen Hochmoor - Wachstums-, Stillstands- und Erosionskomplexe (nach OSVALD 1923) dicht nebeneinanderliegen. Einige Gebirgsmoore sind allerdings infolge Abtorfung, teilweise schon seit dem 18. Jahrhundert, erheblich beeinflusst bis vollständig abgebaut, so z.B. das Mecklenbruch im Solling, das Rote Moor in der Rhön sowie einige kleine Harzmoore.

In diesem Beitrag wird untersucht, ob und unter welchen Bedingungen bei degenerierten Gebirgshochmooren Maßnahmen der Wiedervernässung sinnvoll sind und wo nicht, weil sie voraussichtlich wenig oder gar nicht wirksam sind im Hinblick auf eine Renaturierung.

Es wurde dazu die vorhandene Literatur herangezogen, insbesondere solche Arbeiten, in denen neben Vegetationsbeschreibungen detaillierte Angaben über den Mooraufbau sowie Höhenordinaten der Mooroberfläche und des mineralischen Untergrundes enthalten sind, ferner Angaben über die Hydrologie des Moores und seiner Umgebung.

## 2. ZUR GEOGRAPHIE

### 2.1 Höhenlage

Gutwüchsige Hochmoore im engeren Sinne treten nach GAMS (1931) in den Alpen bevorzugt unterhalb der Waldgrenze auf, d.h. hauptsächlich in Höhenlagen zwischen 500 m und 800 m über dem Meeresspiegel. Bezieht man die Mittelgebirge in den Vergleich ein, so kommt man für die Lage der Hochmoore auf Seehöhen zwischen +400m und +900 m.

Es sind die Moore der Alpen von GAMS (1931), FRÜH u. SCHRÖTER (1904) und

STEINER et al. (1982), die Moore Süddeutschlands und der Vogesen von KAULE (1974) beschrieben, ferner von RUESTER (1922) und RUDOLPH u. FIRBAS (1927) im Riesengebirge auch höher gelegene Gebirgshochmoore geschildert. Solche oberhalb der Waldgrenze liegenden Hochmoore, die anthropogen bis vor kurzem nicht gestört waren, erst neuerdings durch den Wintersport, befinden sich jedoch im Stillstands-, häufig sogar deutlich im Erosionskomplex und damit im Abbau, diese sind hier daher nicht berücksichtigt worden.

## 2.2 Topographie

Je nach den topographischen Bedingungen kann man bei den Gebirgsmooren unterscheiden zwischen Kamm-, Hang-, Sattel- oder Talmoor (Abb. 1), gleitende Übergänge zwischen diesen Gebirgsmoortypen sind recht häufig. Die Mooroberfläche wie auch der mineralische Untergrund sind verschieden stark geneigt. Mehr als 2/3 aller Gebirgsmoore sind Hochmoore, die sich über Versumpfungs-, Hang- oder Quellmoor gebildet haben. Es sind oft ombro-soligene Moore.

In ombro-soligenen Mooren wird durch hangabwärts fließendes Mineralbodenwasser (Grund- oder/und Oberflächenwasser) die Vegetation entsprechend der Hydro-Topographie beeinflusst. Oft ist die Mineralbodenwasserzeigergrenze nach DU RIETZ (1954) scharf ausgeprägt. Diese Phänomene sind für viele Gebirgshochmoore eingehend beschrieben, z.B. von JENSEN (1961), GIES (1972), HÜLZER (1977) u.a.

## 2.3 Klima

Die Gebirgsmoore sind klimatisch gekennzeichnet durch

- hohe bis sehr hohe Jahresniederschläge (mehr als 1000 mm),
- häufige Starkregen von hoher Intensität,
- langanhaltend hohe Luftfeuchtigkeit (relativ größer als 85%),
- sehr viele Nebeltage (jährlich mehr als 250 Tage),
- häufige Bodennebel,
- starken Taufall,
- niedrige Lufttemperaturen und
- lange, schneereiche Winter.

Solche klimatischen Bedingungen fördern ein üppiges Wachstum der Sphagnum und damit die Hochmoorbildung im Gebirge, das gilt im besonderen für häufige und langanhaltende Nebel während der Vegetationszeit sowie für viele sommerliche Nächte mit hoher Luftfeuchte und Taufall.

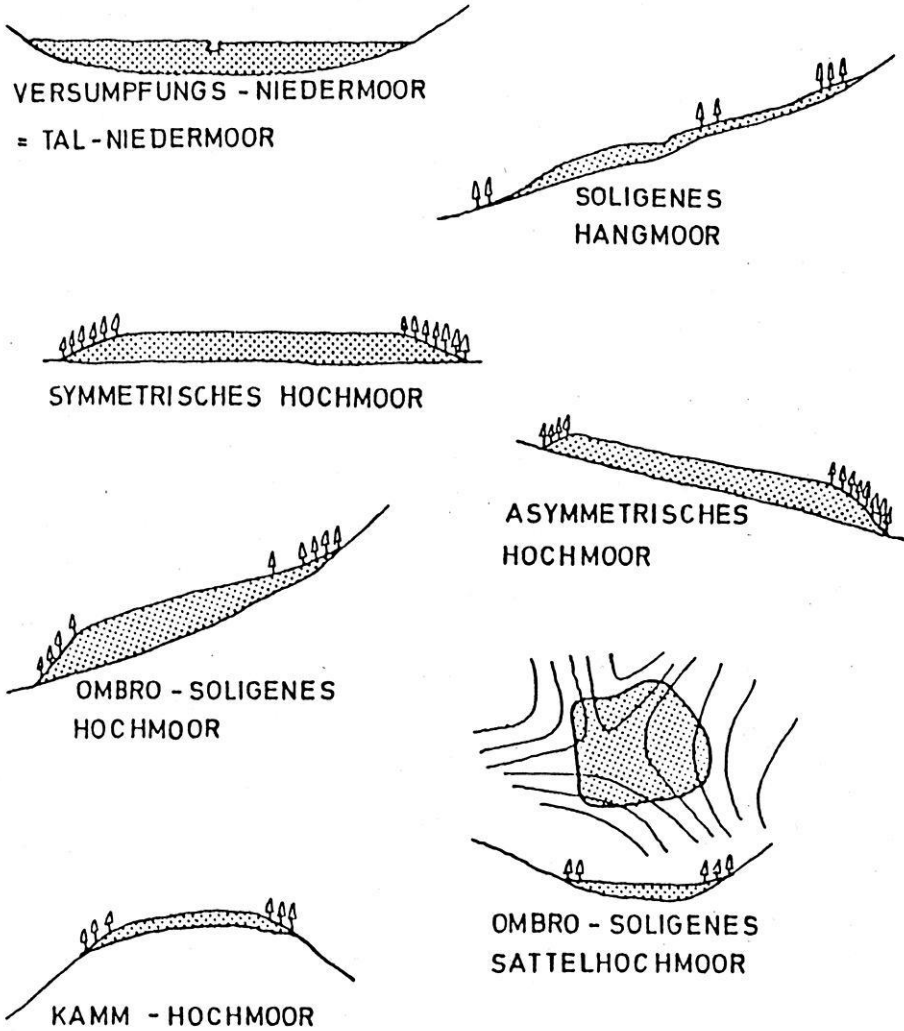


Abb. 1  
 Gebirgsmoortypen nach KAULE u. GÖTLICH, aus GÖTLICH, 1980  
 Types of mountain mires

### 3. WASSERHAUSHALT

#### 3.1 Wasserbilanz

Der Wasserhaushalt von Gebirgsregionen unterscheidet sich deutlich von dem des Flachlandes und der Küstenregion. Der Wasserhaushalt ist der mengenmäßig erfaßte Wasserkreis eines Einzugsgebietes, er läßt sich für lange Zeiträume durch die einfache Wasserhaushaltsgleichung  $N = A + V$  ausdrücken, darin sind  $N$  = Niederschlag,  $A$  = Abfluß und  $V$  = Verdunstung, alle Angaben in der Wasserbilanz in mm Wasserhöhe.

Für vier deutsche Hochmoore in verschiedener Seehöhe sind die langjährigen Daten der Wasserbilanz in Tab. 1 zusammengestellt.

Tab. 1: Niederschlag, Abfluß und Verdunstung für Hochmoore mit naturnaher Vegetation in verschiedener Seehöhe.

Precipitation, runoff and evaporation in raised bogs of more or less natural vegetation cover at different heights above sea level.

Name/Lage	SH	N	A		V		Periode	Literatur Autor/Jahr
	mNN	mm	mm	%N	mm	%N		
Königsmoor bei Tostedt/Hann.	39	743	236	32	506	68	1951/58	BADEN u. EG- GELSMANN 1964
Mecklenbruch/ Solling	460	1046	554	52	512	48	1972/76	BENNE 1977
Chiemseemoor/ Obb.	530	1345	820	61	525	39	1959/68	SCHMEIDL 1970
Brockenfeld- moor/Oberharz	800	1434	924	64	510	36	1958/70	UHDEN 1972

Diese Daten zeigen an, 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) sich sogar erheblich verringert. Dies ist nicht verwunderlich, denn die Verdunstung wird bekanntlich stark beeinflusst von der Lufttemperatur (die mit zunehmender Seehöhe abnimmt) und dem Wasserdampfgehalt der Luft (der mit steigender Seehöhe zunimmt).

Die in Tab. 1 genannten langfristigen Daten werden einerseits bestätigt durch zwischenzeitlich bekannt gewordene kurze Beobachtungsreihen von Niederschlag und Abfluß aus anderen Mittelgebirgsmooren (z.B. Hoher Meißner, SH +710 m und Rhön, SH + 820 m) und andererseits durch Vergleiche mit langfristigen Angaben aus dem "Hydrologischen Atlas für die Bundesrepublik Deutschland" (KELLER 1978). Damit sind analog auch die Daten der Verdunstung bewiesen, die für die Hochmoore bei EGGELSMANN (1964) zusammengestellt sind.

### 3.2 Abfluß

Für die Frage der Wiedervernässung von Gebirgsmooren interessieren nicht nur Daten der Wasserbilanz, sondern ebenso Ergebnisse über den Abflußverlauf, so z.B. über Hochwasser nach Schneeschmelze oder starken Regenfällen oder über Niedrigwasser während Trockenperioden. Dazu gibt es mehr Angaben als allgemein angenommen wird. Hier sei verwiesen auf NYS (1958), FERDA u. PASAK (1969), SCHMEIDL, SCHUCH u. WANKE (1970), UHDEN (1972), FERDA (1973) sowie BENNE (1977).

Bei allen Gebirgsmooren wurde nach der Schneeschmelze und nach hohen Niederschlägen ein stürmischer Hochwasser-Abfluß beobachtet und gemessen. Aus dem zwölfjährigen hydrologischen Meßprogramm (1958/70) im Brockenfeldmoor/Oberharz wird hier als Beispiel eine mehrtägige Niederschlags- und Hochwasserperiode (26.6. bis 1.7.1966) wiedergegeben (Abb. 2). Es wurden HW-Abflußspenden bis zu  $1400 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  gemessen, das sind 4- bis 10fach höhere HW-Abflußspenden als bei Flachland-Hochmooren (BADEN u. EGGELSMANN, 1964).

FERDA (1973), der langjährige hydrologische Messungen in Mooren des Riesengebirges sowie in NW-Böhmen ausgeführt hat, stellt abschließend fest, "daß die hydrologische Funktion der unberührten Moore überschätzt wurde. Man kann sie nicht als Wasserreservoir betrachten, aus welchen in Trockenperioden die Wasserläufe versorgt werden, oder als Abflußregulatoren, die zum Ausgleichen in Trockenperioden dienen würden". - Trotzdem sind Gebirgsmoore in hohem Maße schutzwürdig!

Nach einem Vergleich der Abflußverhältnisse von vermoorten Einzugsgebieten mit benachbarten ohne Moor folgern NYS (1958) für das Hohe Venn/Belgien und FERDA (1973) für den Böhmerwald, daß sich ein hoher Mooranteil stets ungünstig auf das Abflußregime auswirkt.

### 3.3 Hang- und Quellwasserzufluß

Bei nahezu 2/3 aller Gebirgsmoore hat - topographisch bedingt - die Moorbildung als Versumpfungs-, Hang- oder Quellmoor begonnen. Die an der Moorbasis entstandenen Torflagen sind primär verursacht durch Hang- oder Quellwasservorkommen. Mit zunehmendem Moornachstum ist unter dem Einfluß hoher Niederschläge über den niedermoorartigen Torfen dann Hochmoortorf gebildet worden.

Diese Moorgenese gilt es bei allen Fragen der Wiedervernässung und Renaturierung gebührend zu beachten.

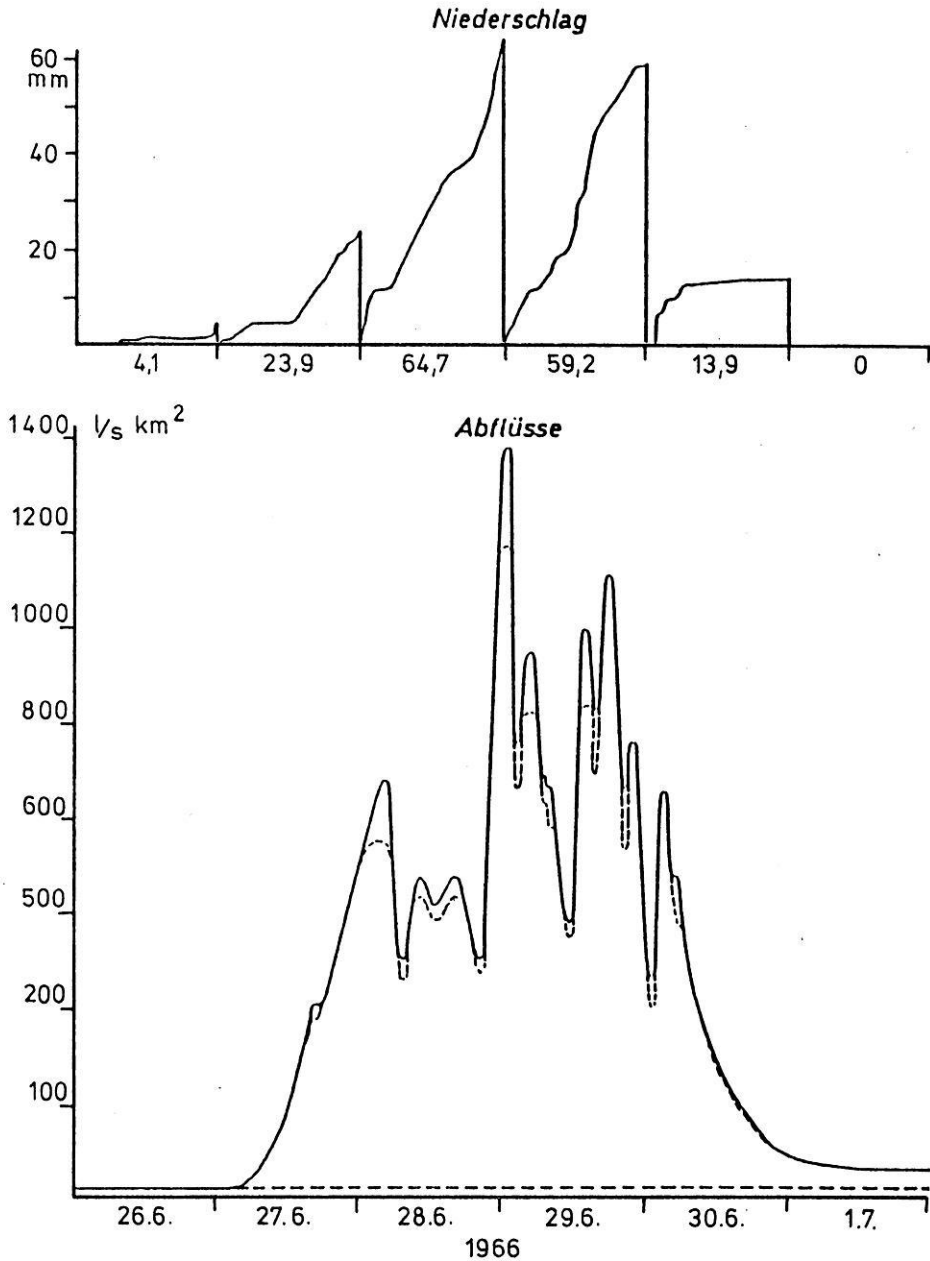


Abb. 2

Mehrtägiger Niederschlag und Hochwasser-Abfluß im Brockenfeldmoor/Harz  
 Precipitation and high water run-off over several days at the Brockenfeldmoor/Harz

Besteht für ein Mooreinzugsgebiet ein ober-/unterirdischer Zufluß (Z), so erweitert sich die Wasserbilanzformel auf der Einnahmeseite zu  $N + Z = A + V$ . Da die Evapotranspiration sich nur unwesentlich vergrößern kann, verstärkt sich in solchen Mooren der Abfluß.

## 4. GEFÄLLEVERHÄLTNISSE

### 4.1 Gefälle von Mooroberfläche und -untergrund

Das Gefälle ( $i$ ) wird allgemein als Quotient aus der Hanghöhe ( $h$ ) zur Hanglänge ( $l$ )  $i = h/l$  oder in Prozent oder Promille ausgedrückt.

Die Gefällsverhältnisse der Gebirgsmoore sind völlig anders als die der Flachlandmoore, bei denen die Mooroberfläche nahezu horizontal liegt (EGGELSMANN 1987b), mit Ausnahme des Randgehänges der Hochmoore. Dadurch wird zugleich das Abflußregime geprägt (EGGELSMANN 1967).

Die Gebirgsmoore im Harz, Solling, Hohen Venn, Riesengebirge und in anderen Regionen sind unterschiedlich geneigt. Es schwankt das Gefälle der Mooroberfläche in weiten Grenzen zwischen weniger als 1% und über 15% (EGGELSMANN 1960).

In den Hochmooren des Oberharzes hat HUECK (1928) überwiegend ein Oberflächengefälle zwischen 4% und 8% gemessen. Erheblich gefällereicher sind die Deckenmoore (blanket bogs) der Britischen Inseln und Irlands.

### 4.2 Moorerosion

Die ober- und unterirdische Erosion bei Gebirgsmooren ist schon früh von zahlreichen Botanikern und Geographen beschrieben worden.

Nicht mit Vegetation bedeckte Mineralböden erodieren schon bei einem Gefälle von 2% und mehr. Eine Oberflächenerosion ist jedoch - wie neuere Untersuchungen bei Ackerflächen beweisen - auch abhängig von der Hanglänge. Die Erosionsgefahr steigt mit zunehmender Hanglänge exponentiell an (SCHÄFER 1981). Bei den Gebirgsmooren hemmt einerseits die Vegetation eine Erosion, andererseits beträgt das Gefälle oft genug mehr als 5%, und die organische Substanz hat mit  $1,3 - 1,5 \text{ g cm}^{-3}$  eine wesentlich geringere Rohdichte als Mineralböden ( $2,5 - 2,7 \text{ g cm}^{-3}$ ).

Im Brockenfeldmoor/Harz gibt es 3 - 4 m tiefe Erosionsrinnen. Im Sonnenberger Moor/Harz sind im Verlauf von Entwässerungssystemen durch ober- und unterirdische Erosion reihenförmige Trichter entstanden. Bei anhaltendem Abfluß fallen die Trichter trocken, und an ihren Rändern gedeihen Fichten; verstopft sich der unterirdische Kanal durch Torfbrocken, so füllt sich der Trichter mit Wasser.

Über die ober- und unterirdische Erosion in den gefällereichen Deckenmooren



(blanket bogs) der Britischen Inseln und derjenigen Irlands bei jährlichen Niederschlägen bis zu 2000 mm berichtet OVERBECK (1975, S. 183 ff.) zusammenfassend mit mehreren eindrucksvollen Fotos.

#### 4.3 Moorgefälle und Vegetation

In den Monographien vieler Gebirgsmoore wird von Botanikern auf die Abhängigkeit der Moorvegetation vom Oberflächengefälle hingewiesen, eine systematische Untersuchung dazu fehlt bisher. Sie ist jedoch notwendig, wenn man die Frage einer Wiedervernässung sachgerecht beantworten will. Die gegenseitige Abhängigkeit zwischen Moorgefälle und Vegetation wurde für folgende Moore an der genannten Literatur überprüft:

- Sonnenberger Moor/Harz (JENSEN 1961),
- Brockfeldmoor/Harz (UHDEN 1972),
- Mecklenbruch/Solling (GRAUPNER 1946; BENNE 1977),
- Schwarzes Moor/Rhön (KEILHACK u. RUDOLPH 1929, GIES 1972),
- Rotes Moor/Rhön (KEILHACK u. RUDOLPH 1929),
- Blindensee-Moor/Schwarzwald (HÖLZER 1977).

Für diese Moore wurden tabellarisch folgende Daten zusammengestellt: Name/Lage, Seehöhe, Oberflächengefälle in %, Vegetationskomplex nach OSVALD (1923) unterschieden nach Wachstum, Stillstand und Erosion, Vorkommen von Bult (Strang) und Schlenke (Flark oder Rimpi), von Kolk, Rülle, Gehänge und Lagg (alle Definitionen nach VON BÜLOW, 1929, und OVERBECK, 1975).

Es ergaben sich aus dieser Untersuchung recht eindeutige Zuordnungen zwischen Oberflächengefälle und Vegetationskomplex (Tab. 2), wenn auch die Übergänge gleitend sind.

Tab. 2: Beziehung zwischen Gefälle der Mooroberfläche und Vegetationskomplex sowie Gefahr von Moorrutschung/ Moorausbruch.  
Relationship between the gradient of the bog surface and the vegetation complex and also the danger of a slide or burst of the bog.

Natürlicher Vegetationskomplex nach OSVALD (1923)	Wachstum	Stillstand	Erosion	Gefahr von Moorausbruch und Moorrutschung
Gefälle der Mooroberfläche in %	weniger als 1	1 - 4	4 - 10	mehr als 10

Ein Wachstumskomplex tritt stets bei fast horizontaler Lage auf (Neigung kleiner als 1%), der Stillstandskomplex herrscht vor bei einem Oberflächengefälle zwischen 1% bis 4%, und eine Moorerosion beginnt etwa bei einer Neigung größer als 4%; hierbei ist auch die Vegetationsdecke oder ihr Fehlen bedeutungsvoll. In diesem Zusammenhang wird auch auf die Moorrutschung und auf den Moorausbruch hingewiesen bei Gefälle 10%. Über zahlreiche Moorausbrüche berichtet SCHREIBER (1927, S. 49), sie sind vorherrschend aus den Hochmooren in Irland bekannt geworden. Auf der DGMT-Tagung der Sektionen II und III im Juni 1988 am Kochelsee/Oberbayern wurden unter anderem zwei Moorrutschungen im oberen Isartal und im Murnauer Moos besichtigt. Das letztgenannte Phänomen hat VIDAL (1966) eingehend beschrieben. Mehrere Moorrutschungen im Schweizer Jura werden zur Zeit von GRÜNIG und VETTERLI bearbeitet (pers. Mitt.).

Hier zu erwähnen sind auch die Moorrutschungen an der Torfabbaukante des Roten Moores, die allerdings auf den Torfabbau an einer nahezu senkrechten Torfwand von 3 m bis 5 m Höhe zurückzuführen sind (siehe auch den Beitrag von GROSSE-BRAUCKMANN u. REIMANN in diesem Band).

#### 4.4 Morphologie der Mooroberfläche

Das aus den Flachland-Hochmooren bekannte mosaikartige Vegetationsgefüge von Schlenke und Bult fehlt bei Gebirgshochmooren allgemein. Ob und wieweit dies durch lange Winter mit oft mächtiger Schneedecke bewirkt ist, muß hier unbeantwortet bleiben. Desgleichen fehlen die im Flachland so häufigen Hochmoorseen (Kolke; EGGELSMANN 1980) in den Gebirgshochmooren weitgehend (vgl. Schwarzes Moor!).

Jedoch kann eine geneigte Hochmoor-Oberfläche geprägt sein durch hangparallele, schmale, langgestreckte Flarke (= Schlenken) und Stränge (= Bulte). Dieser Flark-Strangkomplex liegt also quer zum Oberflächengefälle. Sie werden beschrieben von RUDOLPH u. FIRBAS (1928) für die Riesengebirgsmoore und von GIES (1972) für das Schwarze Moor/Rhön. Weitere Beispiele erläutert OVERBECK (1975, S. 190 ff.) für die Aapamoore in Nordskandinavien und die Deckenplanmoore (ebenda, S. 183 ff.; vgl. auch INGRAM 1981 und 1987, IVANOV 1981 und SJÖRS 1961). In dem Entwicklungsschema über Moore in Estland von MASING (1984) erkennt man ebenfalls klar die hangparallelen, langgestreckten Wasserflächen im Endstadium des Hochmoores.

## 5. BODEN- UND GRUNDWASSER

Will man sich zur Frage der Wiedervernässung sachgemäß äußern, so sollte zuvor bekannt sein, wieviel Bodenwasser in Gebirgsmooren auftritt und wie das Grundwasserregime beschaffen ist.

### 5.1 Bodenwasserhaushalt

Der Bodenwasserhaushalt aller Moore ist geprägt durch extrem große Porenvolumina, die 90 Vol.-% und mehr erreichen können; sie werden verursacht durch den hohen Anteil an organischer Substanz (größer 80 Gew.-% tr.), was auch für die Gebirgsmoore zutrifft.

Im Brockenfeldmoor/Harz wurden im Sommer 1971 volumengetreue Moorbodenproben aus jeweils 20 cm mächtigen Torflagen kontinuierlich bis in 200 cm Tiefe entnommen und bodenphysikalisch untersucht. Das Ergebnis ist graphisch in Abb. 3 als Strukturanalyse wiedergegeben, untergliedert nach Substanz-, Wasser- und Luftvolumen. Bei einem Substanzvolumen von rd. 5 Vol.-% beträgt das Porenvolumen rd. 95 Vol.-%. Das ganze Moorprofil ist nahezu vollständig mit Wasser gesättigt, ab 20 cm unter Oberfläche mit 90 Vol.-% und mehr. Der Luftgehalt schwankt zwischen 5 Vol.-% und weniger bis Null. Recht ähnliche Daten liegen vor aus den Chiemseemooren/Obb. (SCHMEIDL et al. 1970) sowie aus Gebirgsmooren in NW-Böhmen (FERDA u. PASAK 1969).

Bodenphysikalische Analysen sind recht zeit- und kostenaufwendig. Das in Mooren auftretende, meist oberflächennahe Grundwasser läßt sich dagegen leicht und regelmäßig messen, es ist darüber hinaus ein guter Indikator für Wasserhaushalts-Untersuchungen (EGGELSMANN 1977).

### 5.2 Grund- und Stauwasser

Mit **Grundwasser** bezeichnet man das alle Poren und Hohlräume des Bodens über einer dichten Sohle ausfüllende Wasser, das ganzjährig vorhanden ist. Es ist deshalb frei beweglich und unterliegt nur der Schwerkraft und dem hydrostatischen Druck.

Unter **Stauwasser** versteht man aus bodenkundlicher Sicht ein oberflächennahes Grundwasser, das nicht ganzjährig vorhanden ist. Stauwasser tritt besonders während der Wintermonate dort auf, wo die Oberfläche einer stauenden Sohle flacher als 13 dm unter Flur liegt. Im Sommer wird das Stauwasser durch die Evapotranspiration verbraucht.

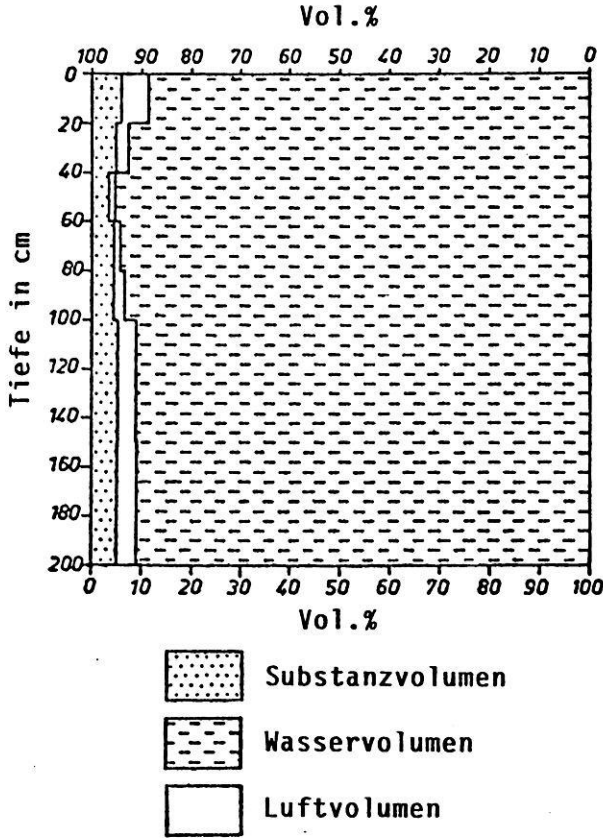


Abb. 3

Bodenwasser-, Luft- und Substanzvolumina in 2 m mächtigem Hochmoorprofil im Brockenfeldmoor/Harz (Juni 1971)

Volume of soil water, air and dry matter of a raised bog profile with a peat layer of 2 m thickness at Brockenfeldmoor/Harz (June 1971)

Kurzzeitige Grund-/Stauwasserbeobachtungen liegen aus zahlreichen Gebirgs-  
mooren vor, allerdings wurde hauptsächlich nur während des Sommers unter  
verschiedener Vegetation gemessen; während des Winters behinderte eine  
Schneedecke die Grundwasserbeobachtungen.

Aus langjährigen Dauerbeobachtungen im Chiemseemoor (SCHMEIDL, SCHUCH u.  
WANKE 1970) und im Sebastiansberger Moor/Erzgebirge (FERDA u. PASAK 1969)  
wurden mittlere Grundwasser-Jahresganglinien für zwei Hochmoor-Stadien  
abgeleitet und hier graphisch wiedergegeben (Abb. 4). Der Grundwasserspie-  
gel im Wachstumskomplex (= Sphagnetum) liegt oberflächennahe um etwa 1 dm  
höher als im Stillstandskomplex. Der sommerliche Einfluß der Evapotranspi-  
ration ist bei beiden Komplexen erkennbar, wenn auch unterschiedlich in  
Tiefe und Verlauf.

Die jahreszeitliche Amplitude der Grundwasserschwankung ist in Gebirgshoch-  
mooren danach ähnlich gering wie in ungestörten Hochmooren des Flachlandes

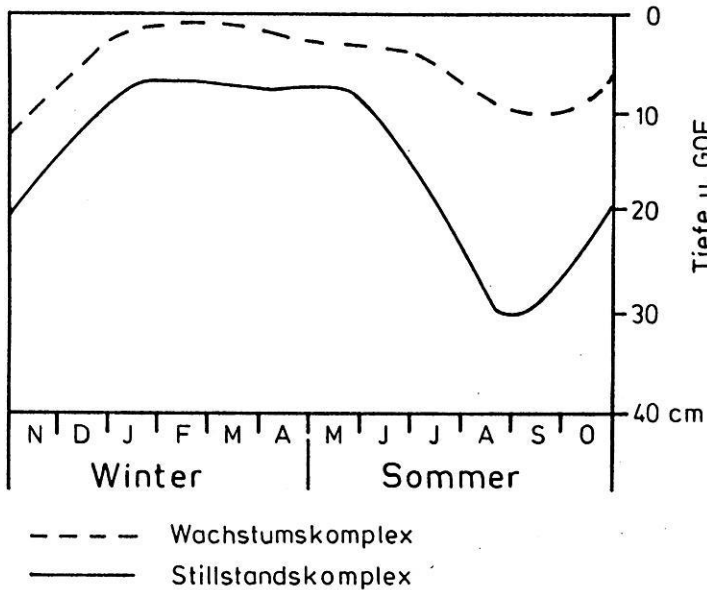


Abb. 4

Mittlere Grundwasser-Jahresganglinien für ein Gebirgshochmoor mit Wachstums-komplex (----) und Stillstandskomplex (\_\_\_\_\_)

Mean annual course of ground-water for mountain raised mires with growing complex (----) and stillstand complex (\_\_\_\_\_)

(EGGELSMANN u. SCHUCH 1980), auch dort dominierte der Einfluß der Verdunstung während des Sommers.

Viele Einzelbeobachtungen in mehreren Gebirgsmooren belegen, daß nach Starkregen der relativ oberflächennahe Grundwasserspiegel rasch anstieg, um danach unter dem Einfluß der Evapotranspiration zügig wieder abzufallen (JENSEN 1961; FERDA u. PASAK 1969; SCHMEIDL et al. 1970; GIES 1972; BENNE 1977; HÖLZER 1977). Auch die Grundwasserdaten von REIMANN aus dem Hochmoor-Rest des Roten Moores/Rhön lassen dies erkennen (siehe den Beitrag von REIMANN in diesem Band).

### 5.3 Grundwasserbewegung

Das Grund-/Stauwasser fließt dem Gefälle folgend mehr oder weniger langsam. Die Fließgeschwindigkeit ( $v$ ) ist einerseits abhängig vom Gefälle  $i = h/l$  und wird andererseits beeinflusst vom Durchlässigkeitsfaktor ( $k$ ) des Bodens, somit ist nach DARCY die Fließgeschwindigkeit des Grundwassers  $v = k i$ .

In vielen Gebirgsmooren verläuft der Grund-/Stauwasserspiegel in etwa parallel zur Geländeoberfläche, dies ist der Fall bei Versumpfungs-, Hang-, Sattel- und Quellmooren (vgl. Abb. 1). Als typisches Beispiel für ein

Hangquellmoor werden graphisch in Abb. 5 die in sechs Piezometerrohren gemessenen Grund-/Stauwasserstände im Weiberhemdmoor/Hoher Meißner wiedergegeben (EGGELSMANN et al. 1983). Dieser hydrogeologische Geländeschnitt zeigt, daß solche Hangquellmoore mehr oder weniger stark durch Fremdwasserzufluß beeinflußt werden. Bei ungestörten ombro-soligenen Mooren wird durch die Vegetation die Mineralbodenwasserzeigergrenze ausgeprägt (DU RIETZ 1954), was für das Sonnenberger Moor/Harz JENSEN (1961) klar dargelegt hat.

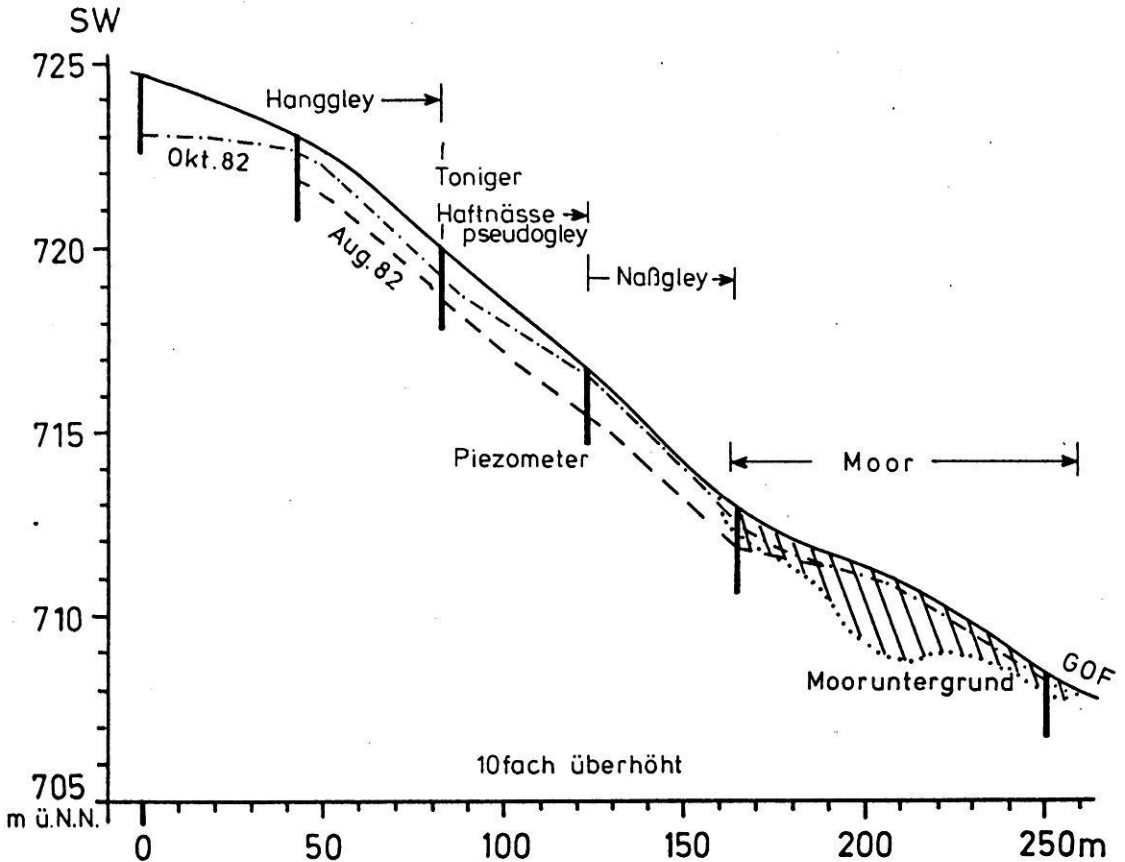


Abb. 5

Boden-Catena für ein Hangquellmoor auf dem Hohen Meißner (SH + 710 m) mit Grund-/Stauwasserverlauf im August/Oktober 1982 (EGGELSMANN et al. 1983)  
Soil catena of a sloping spring mire in the Hoher Meißner massiv with ground-water course in August/October 1982

#### 5.4 SCHICHT-, KLUFT- UND SPALTENWASSER

Durch Erosion an der Mooroberfläche wie an der Moorbasis, durch Frost oder Trockenheit können im Moor Risse, Klüfte oder Spalten entstehen. In den

gefällereichen Gebirgsmooren treten darin heftige und rasche Wasserabflüsse auf, wodurch sich wiederum Erosion, Abbruch und Torfabbau fortsetzen, was im Extremfall zur Moorzerstörung führen kann. Dies gilt im besonderen für Moore oberhalb der Baumgrenze. Schichten, Spalten und über 1 m tiefe Risse konnten oberhalb der Torfabbaukante im Roten Moor/Rhön anlässlich der Exkursion am 20.9.1988 in Augenschein genommen werden (siehe auch den Beitrag von GROSSE-BRAUCKMANN und REIMANN in diesem Band).

In Hang- und Quellmooren wurde vielfach beobachtet, daß Oberflächenrinnsale dem Gefälle folgend in Schichtspalten zwischen Moorkörper und Mineralboden oder gar im felsigen Untergrund versickern, um unterhalb des Moores erst wieder als Quelle zutage zu treten. HUECK (1928) wie auch RUESTER (1922) haben das Rauschen unterirdischer Moorbäche auf felsigem Untergrund oft schon aus größerer Entfernung gehört.

## 6. MASSNAHMEN DER WIEDERVERNÄSSUNG

### 6.1 Allgemeines

Es muß hier angemerkt werden, daß ökotechnische Maßnahmen zur Wiedervernässung bei Gebirgsmooren nur ratsam sind, wenn diese erheblich gestört, also degeneriert sind. Bei allen natürlichen Wachstums-, Stillstands- und Erosionskomplexen in Gebirgsmooren erübrigen sich damit ökotechnische Maßnahmen.

Sinn und Zweck aller ökotechnischen Maßnahmen zur Wiedervernässung und Regeneration kann es stets nur sein, örtlich Voraussetzungen zu schaffen, unter denen sich langfristig die Natur (Flora und Fauna) allein (ohne weitere menschliche Eingriffe) zum natürlichen, wachsenden (Hoch-)Moor entwickelt. Zeigen die Standortbedingungen an, daß dies nicht möglich ist, so sollte man sich - je nach Wasserhaushalt und Trophie - mit anderen Vegetationsstadien begnügen (EGGELSMANN 1987a).

Ökotechnische Maßnahmen sind zeit- und kostenaufwendig; sie müssen daher - wie grundsätzlich andere Baumaßnahmen auch - fachgerecht geplant und ausgeführt werden, wofür das Rote Moor/Rhön ein gutes Beispiel ist.

Da Erfahrungen in Gebirgsmooren noch recht selten sind, sollten ausgeführte Maßnahmen zur Wiedervernässung und Renaturierung später langfristig überwacht und kontrolliert werden (Begleitprogramm), um so festzustellen, ob und ggf. welche (positiven und/oder negativen) Veränderungen eingetreten sind, wie dies ja auch im Roten Moor erfolgt.

## 6.2 Degenerierte Moore ohne Abtorfung

Bei degenerierten Tal-, Hang-, Sattel- und Quellmooren (Abb.1) ist mittels moorkundlich-hydrologischer Felduntersuchungen (EGGELSMANN 1977) zu prüfen, ob ein natürlicher Fremdwasserzufluß weiterhin besteht; falls nicht, ist die Ursache der Veränderungen zu klären und damit auch die Möglichkeit einer Wiederherstellung. Ein vorhandener Grundwasserzufluß sollte durch eine hydrologische Schutzzone (gemäß den Naturschutzgesetzen des Bundes und der Länder) geschützt werden. Die Breite einer hydrologischen Schutzzone kann objektiv unter Zugrundelegung der örtlichen Verhältnisse, der gemessenen Durchlässigkeit des Bodens und des Grundgefälles nach der Abstandsformel von HOOGHOUDT-ERNST bestimmt werden (EGGELSMANN 1982).

Mittels ökotechnischer Maßnahmen soll der Bodenwasserhaushalt naturnaher Moore wiederhergestellt werden, wobei die vorhandene **Vegetationsdecke weitgehend geschont werden muß**.

Von entscheidender Bedeutung für die Wirksamkeit sind die Gefällsverhältnisse, denn freies Wasser fließt oder sickert dem Gefälle bzw. dem hydrostatischen Druck folgend ab. Das gilt auch und besonders für Gebirgsmoore. Es muß deshalb außerdem die Bodenbeschaffenheit (Moorart und -mächtigkeit, mineralischer Untergrund) beachtet werden.

In Anlehnung an die schon genannten Gefälleklassen (Tab. 2) werden in Tab. 3 geeignete ökotechnische Maßnahmen zur Wiedervernässung vorgeschlagen.

Tab. 3: Ökotechnische Maßnahmen zur Wiedervernässung anthropogen degenerierter Gebirgshochmoore in Abhängigkeit vom Moorgefälle.

Ecotechnical measures for the rewetting of mountainous raised bogs degraded by human activities as dependent on the bog gradient.

Moorgefälle in ‰	Ökotechnische Maßnahmen
weniger als 1	Abdichten von Grüppen und Rinnen, gegebenenfalls flache Verwallungen aus Torfsoden
1 - 4	Abdichten von Rinnen, Klüften und Spalten, ggf. hangparallele streifenförmige Bulten und Schlenken (Abb. 6)
4 - 10	In fortschreitenden Erosionsrinnen ggf. hölzerner Verbau (analog zum Wildbachverbau) und Sohlschutz gegen Erosion, wobei ein Hochwasserabflußprofil erhalten bleiben muß



Diese Vorschläge basieren auf Erfahrungen in Flachland-Hochmooren (EGGELSMANN 1987a und b) sowie den allgemein anerkannten Regeln des Wasserbaues und des Wildbachverbaues. Umfassende praktische Erfahrungen für Gebirgsmoore liegen mit Wahrscheinlichkeit bislang nicht vor. Daher sind Versuche und Demonstrationsvorhaben in degenerierten Gebirgsmooren ungedingt notwendig, deren Wirksamkeit dann allerdings überwacht werden sollte.

Analog zu natürlichen Flark-Strang-Komplexen wird auf künstliche hangparallele streifenförmige Bulten und Schlenken (Abb. 6) für mäßig geneigte Mooroberflächen (1 - 4%) hingewiesen. Bei stärkerem Gefälle (größer als 4%) sind solche streifenförmigen Bulten und Schlenken nicht mehr anwendbar. Sie können von Hand oder mittels Einscharpflug auch bei bewachsenem Hochmoor aufgeworfen werden; es ist allerdings darauf zu achten, daß die Schlenke an der Hangoberseite liegt. Von der Schlenke aus soll ein Sphagnumwachstum initiiert werden, denn dies war bei der Wiedervernässung und Renaturierung von Hochmooren im Flachland schon nach wenigen Jahren erfolgreich (EGGELSMANN u. KLOSE 1982).

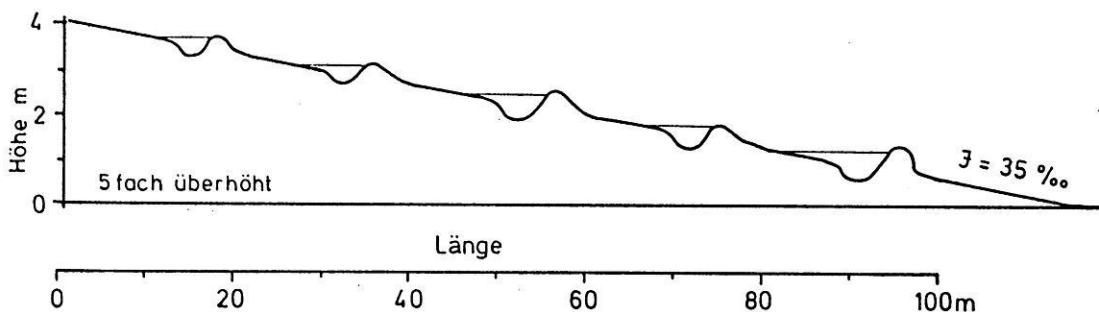


Abb. 6

Hangparallele streifenförmige künstliche Bulten und Schlenken zur Wiedervernässung analog zum natürlichen Flark-Komplex

Elongated artificial hummocks and hollows contouring the slope for rewetting purposes, and corresponding to the natural flark complex

Ein wildbachartiger Verbau bei Moorerosionsrinnen kommt wohl nur dann in Betracht, wenn eine Erosion durch vorausgegangene menschliche Aktivitäten ausgelöst worden ist und die Erosion die Existenz des betreffenden Moores gefährdet. Ob mit dem Verbau von Erosionsrinnen tatsächlich eine Wiedervernässung im Moor eingeleitet werden kann, muß von Fall zu Fall beurteilt werden.

### 6.3 Hochmoore mit oder nach Abtorfung (Leegmoor)

Hier muß zweckmäßig unterschieden werden zwischen Hochmoor-Rest oder -Block und abgetorfte Moorfläche (= Leegmoor). An anderer Stelle (EGGELSMANN 1987 a) ist auf Grund von mehr als zehnjährigen Erfahrungen eingehend über ökotechnische Maßnahmen für Hochmoore im Flachland berichtet worden und zwar in Abhängigkeit von

- dem Abtorfungsverfahren,
- dem Moorprofil,
- der Abbautiefe und
- der Entwässerungstiefe.

Hier wird ergänzend auf die Gebirgshochmoore eingegangen.

Bei Hochmoor-Resten handelt es sich um nicht abgebaute Moorflächen, in deren Umland jedoch mehr oder weniger intensiv Torf abgebaut wurde. Der Hochmoor-Rest mit einer Fläche von weniger als 5 ha des ehemals rd. 33 ha umfassenden Großen Roten Moores/Rhön ist dafür ein prägnantes Beispiel. Er hat eine Länge (N-S) von knapp 440 m, eine Breite (W-O) von weniger als 135 m. Dieser Hochmoor-Rest wurde durch das Ing.-Büro Pabsch, Fulda, sorgfältig vermessen, als Grundlage für die Planung der Wiedervernässung und Renaturierung. Über die Ergebnisse wird im Rahmen verschiedener Beiträge in diesem Band berichtet. Die Mooroberfläche des Hochmoor-Reststückes ist nicht nur durch den umfangreichen Torfabbau im Westen und Süden beeinflusst (= Ursache von Moorsackung und Moorrutschung), sondern auch durch schon frühzeitig (gegen 1890) hineingetriebene Torfstiche (Pütten) und ehemalige Beetgräben gekennzeichnet. Die Mooroberfläche des Restblockes ist unterschiedlich stark geneigt, wie folgende Gefällewerte eines Geländeschnittes (W-O) zwischen zwei Pütten darlegen:

12% - 6,3% - 1,2% - Mitte - 1,9% - 2,7% - 4,5% - 13,5%

Recht ähnliche Gefälleverhältnisse weisen viele Hochmoor-Restblöcke im Flachland auf, deren Nachbarflächen abgetorft wurden.

Im Beitrag von REIMANN (in diesem Band) werden Grundwasserdaten aus dem Hochmoorrest des Roten Moores vorgestellt. Danach verlief der Grundwasserspiegel dort im West-Ost-Geländeschnitt nahezu parallel zur Mooroberfläche in einer Tiefe von 2 dm bis 5 dm. Der Grundwasserspiegel stieg im Hochmoor-Block auch nach Schneeschmelze oder Starkregen niemals bis zur Mooroberfläche oder gar darüber an. Infolge des Gefälles floß das Grundwasser mehr oder weniger rasch seitlich dem Gefälle folgend ab.

Daraus kann man ableiten: Weisen Hochmoor-Blöcke mit geneigter Oberfläche eine Breite von weniger als 150 m auf, so ist eine Wiedervernässung mit dem Ziel einer Hochmoor-Renaturierung zum Sphagnetum ohne Planierung nicht erreichbar (EGGELSMANN 1987b).

Das Aufwerfen von hangparallelen streifenförmigen Bulten und Schlenken entsprechend Abbildung 6 scheitert einerseits am zu starken Oberflächengefälle und andererseits an der zu geringen Flächenbreite (bei beidseitiger Neigung).

Beim Hochmoor-Rest des Roten Moores/Rhön muß man sich wohl mit einem "Stillstandskomplex" des Hochmoores abfinden. In Jahren mit feucht-warmer Witterung wird sich die Vegetation üppiger entwickeln, in kalten, trockenen Perioden wird dagegen der Wuchs stagnieren. Das dortige Gebirgsklima dürfte jedoch dafür sorgen, daß sich der Stillstandskomplex auch für längere Zeit halten können, sofern nicht weitere Eingriffe das neue ökologische Gleichgewicht stören.

Auf hochmoorartigem Leegmoor, das heißt nach dem Ende einer Abtorfung, muß bei Gebirgsmooren - im Gegensatz zu Leegmooren im Flachland - ebenfalls mit einem beträchtlichen Oberflächengefälle des Leegmoores gerechnet werden. Auch hierfür ist die (ausgetorfte) Leegmoorfläche des Roten Moores ein anschauliches Muster.

Auf der Umschlag-Rückseite der Broschüre "Das Rote Moor" (STIFTUNG HESSISCHER NATURSCHUTZ 1986) ist ein Luftbild des Roten Moores von 1979 wiedergegeben. Man erkennt in der (hellen) Leegmoorfläche (Westseite) die streifenförmig abgelagerte Bunkerde. Die Bunkerde-Streifen waren zu diesem Zeitpunkt vorwiegend nach Süden ausgerichtet, und sie lagen damit in Richtung des Gefälles (vgl. auch das Foto auf Seite 14 der Broschüre). Bei einer Besprechung in der "Pflegeplankommission Rotes Moor" mit Ortsbesichtigung am 22./23. Mai 1984 in der Rhön wurde vom Autor nach Erfahrungen im industriell abgetorften Leegmoor bei Papenburg (Landkreis Emsland) vorgeschlagen, auch das Leegmoor im Roten Moor für die Wiedervernässung mittels Moor-Bagger so umzugestalten, daß die Bunkerde-Dämme vorwiegend quer zum Gefälle liegen. Dies ist unter der Bauleitung des Ing.-Büro Pabsch vorbildlich ausgeführt worden (vgl. Foto in der Broschüre auf Seite 16 links).

Nach der gelungenen 1. Phase (= Wiedervernässung) von 2-3 Jahren, kann nun die 2. Phase (= Renaturierung) erwartet werden, die vom Verfasser mit 1-2 Jahrzehnten veranschlagt wird (EGGELSMANN 1987b).

Bei hochmoorartigem Leegmoor, das mit dichter Vegetationsdecke bewachsen ist, zum Beispiel Callunetum, Molinietum u. a., können ökotechnische Maß-

nahmen in Anlehnung an die Empfehlungen nach Tab. 3 sinnvoll sein (EGGELSMANN 1987 a und b; weitere Hinweise dort).

## 7. SCHLUSSBEMERKUNG

Es muß hier angemerkt werden, daß auch im Flachland bei den meisten Hochmoor-Resten eine Wiedervernässung zur Renaturierung bislang nicht erfolgreich war bzw. gar nicht vorgenommen wurde. Neben der Oberflächenneigung ist auch der Flächenumfang solcher Hochmoor-Reste bedeutungsvoll. Er beträgt häufig genug nur einige Ar bis Hektar. Erst bei einer Mindestfläche von 40 - 50 ha scheint eine Wiedervernässung aussichtsreich zu sein. In anderen Fällen muß man sich mit den Vegetationsstadien begnügen, die den hydrotopographischen Bedingungen entsprechen. Das dürfte auch für viele Gebirgsmoore zutreffen.

## 8. LITERATUR

- AKKERMANN, R. (Hrsg., 1982): Regeneration von Hochmooren - Berichte des Moor-Symposiums Vechta 1980.- Inform. Naturschutz und Landschaftspflege Nw-Deutschland, 3, 396 S., Wardenburg.
- BADEN, W. u. EGGELSMANN, R. (1964): Der Wasserkreislauf eines nordwestdeutschen Hochmoores.- Schr.-R. Kuratorium f. Kulturbauwesen, 12, 156 S., Paul Parey, Hamburg.
- BENNE, L. (1977): Hydrologisches Verhalten und Entstehungsbedingungen eines Sattelhochmoores im Hochsolling.- Göttinger Bodenkdl. Ber., 49, 134 S., Göttingen.
- BÜLOW, K. von (1929): Allgemeine Moorgeologie.- 308 S., Gebr. Borntraeger Verlag, Berlin.
- DU RIETZ, G.E. (1954): Die Mineralbodenwasserzeigergrenze als Grundlage einer natürlichen Zweigliederung der nord- und mitteleuropäischen Moore.- Vegetatio, 5-6: 571-585, Den Haag.
- EGGELSMANN, R. (1960): Über den unterirdischen Abfluß von Mooren.- Wasserwirtschaft, 50: 149-154, Stuttgart.
- "-" (1964): Die Verdunstung der Hochmoore und deren hydrographischer Einfluß.- Deutsche Gewässerkd. Mitt., 8: 138-147, Koblenz.
- "-" (1967): Oberflächengefälle und Abflußregime der Hochmoore.- Wasser und Boden, 19: 247-252, Hamburg.
- "-" (1977): Bodenkundlich-hydrologische Feldmethoden und deren Auswertung für Wasserwirtschaft, Bodenkultur und Landschaftspflege.- Geol. Jb., F 4: 61-78, Hannover.

- EGGELSMANN, R. (1980): Ökohydrologische Aspekte zur Erhaltung von Moorge-  
wässern.- TELMA, 10: 173-196, Hannover.
- "-" (1982): Berechnungsmethode für die Breite hydrologischer Schutz-  
zonen.- TELMA, 12: 183-187, Hannover.
- "-" (1987a): Ökotechnische Aspekte zur Hochmoor-Regeneration.- TEL-  
MA, 17: 59-94, Hannover.
- "-" (1987b): Hochmoor-Regeneration verlangt eine nahezu horizontale  
Mooroberfläche.- Natur und Landschaft, 62: 241-246, Stuttgart.
- "-" (1988): Rewetting for protection and renaturation/regeneration  
of peatland after or without peat winning.- Proc. VIII, Intern.  
Peat Congress, 3: 251-260, Leningrad/USSR.
- "-" u. KLOSE, E. (1982): Regenerationsversuch auf industriell abge-  
torftem Hochmoor im Lichtenmoor - erste hydrologische Ergebnis-  
se.- TELMA, 12: 189-205, Hannover.
- "-" u. SCHUCH, M. (1980): Moorhydrologie.- In: GÖTTLICH, K., Moor-  
und Torfkunde, 2. Aufl., S. 210-224, Verlag Schweizerbarth,  
Stuttgart.
- "-" , BENDER, H., BLANKENBURG, J., GRIMME, K., KREYSING, K., SCHER-  
LER, P.C. u. SCHWAAR, J. (1983): Gutachten über das Natur-  
schutzdenkmal Weiberhemdmoor im Hohen Meißner, dessen Moorhydro-  
logie und Schutzmöglichkeit im Hinblick auf einen geplanten  
Braunkohlenabbau.- Nieders. Landesamt für Bodenforschung, 67 S.,  
Hannover (unveröff.).
- EIGNER, J. u. SCHMATZLER, E. (1980): Bedeutung, Schutz und Regeneration von  
Hochmooren.- Naturschutz aktuell, 4, 78 S., Kilda-Verlag, Gre-  
ven.
- FERDA, J. (1973): Zur Problematik der hydrologischen Funktion der Moore in  
Gebirgsgebieten.- Z. f. Kulturt. u. Flurbereinigung, 14: 178-  
189, Berlin.
- "-" u. PASAK, V. (1969): Hydrology and climatic function of Czecho-  
slovak peat bogs. (tschech., engl. summary).- Scientific Mono-  
graphs., 358 S., Zbraslav/CSSR.
- FRÜH, J. u. SCHRÖTER, C. (1904): Die Moore der Schweiz - mit Berücksichti-  
gung der gesamten Moorfrage.- Beitr. z. Geol. d. Schweiz, Geo-  
techn. Ser. 3. Lieferg., 751 S., Bern.
- GAMS, H. (1931): Beiträge zur Kenntnis der Alpenmoore.- Abhandl. Naturw.  
Verein Bremen, 27: 18-42, Bremen.
- GIES, T. (1972): Vegetation und Ökologie des Schwarzen Moores (Rhön) unter  
besonderer Berücksichtigung des Kationengehaltes.- Diss. Botan.,  
20, 184 S., Verlag Cramer, Lehre.

- GÖTTLICH, K. (1980): Moor- und Torfkunde.- 2. Aufl., 338 S., Verlag Schweizerbart, Stuttgart.
- GRAUPNER, A. (1946): Gutachten über das Torfmoor Mecklenbruch bei Silberborn/Solling.- Unveröffentl., Hildesheim.
- HÖLZER, A. (1977): Vegetationskundliche und ökologische Untersuchungen im Blindensee-Moor bei Schonach (Mittlerer Schwarzwald) unter besonderer Berücksichtigung des Kationengehaltes.- Diss. Botan., 36, 195 S., Verlag J. Cramer, Vaduz FL.
- GRÜNIG, A., VETTERLI, L. u. WILDI, O. (1986): Die Hoch- und Übergangsmoore der Schweiz.- Ber. Eidg. Anst. Forstl. Versuchswes., 281, 62 S., Birmensdorf/Schweiz.
- HUECK, K. (1928): Die Vegetation und Oberflächengestaltung der Oberharzer Hochmoore.- Beitr. Naturdenkmalpflege, 12, 2: 153-213, Berlin.
- INGRAM, H.A.P. (1981): Hydrology.- In: GORE, A.J.P. (Ed. 1983): Ecosystems of the World, Vol. 4A, Mires: Swamp, Bog, Fen and Moor, S. 67-158, Elsevier, Amsterdam NL.
- INGRAM, H.A.P. (1987): Ecohydrology of scottish peatlands.- Transactions of the Royal Soc. of Edinburgh, 78: 287-296.
- IVANOV, K.E. (1981): Water movement in mirelands.- Academic Press London UK, (275 S., transl. of russ. language).
- JENSEN, U. (1961): Die Vegetation des Sonnenberger Moores im Oberharz und ihre ökologischen Bedingungen.- Naturschutz und Landschaftsplege in Niedersachsen, 1, 85 S., Hannover.
- KAULE, G. (1974): Die Übergangs- und Hochmoore Süddeutschlands und der Vogesen.- Diss. Botan., 27, 345 S., Verlag J. Cramer, Lehre.
- KELLER, R. (1978): Hydrologischer Atlas für die Bundesrepublik Deutschland.- Herausg. Dt. Forschungsgemeinschaft, H. Boldt Verlag, Boppard.
- KEILHACK, K. u. RUDOLPH, K. (1929): Die Naturgeschichte des Roten und Schwarzen Moores in der Rhön und Gutachten über die Beschaffenheit der Moorlager des Roten Moores.- Veröff. Zentralstelle Balneologie, N.F.9: 65-92, Berlin.
- MASING, V. (1984): Estonian bogs: plant cover, succession and classification.- In: MOORE, P.D., European mires, S. 119-148, Academic Press, London.
- NIEMEYER, F. (1982): Hochmoorregeneration - Auswertung von Literatur und Erfahrungsberichten im Hinblick auf die Wiederbelebung der Hochmoorbiozönose (Flora und Fauna) des nordwestdeutschen Flachlandes.- 181 S., Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover (unveröffentlicht).

- NYS, L. (1958): Bilan des eaux internes et externes dans les Tourbières Hautes Fagnes.- Intern. Ges. Moorforschung, VI. Congress Brüssel und Spa, S. 48-59.
- OSVALD, H. (1923): Die Vegetation des Hochmoores Komosse.- Svenska Växtsociologiska Sällsk. Handl., 1: 436 S., Uppsala.
- OVERBECK, F. (1975): Botanisch-geologische Moorkunde.- 719 S., Karl Wachholtz Verlag, Neumünster.
- RUDOLPH, K. u. FIRBAS, F. (1927): Die Moore des Riesengebirges.- Beih. Bot. Centr.-Bl., 43 (Abt. II): 69-144, Dresden.
- RUDOLPH, K., FIRBAS, F. u. SIGMOND, H. (1928): Das Koppenplanmoor im Riesengebirge.- Lotos, 76: 173-222, Prag.
- RUESTER, P. (1922): Die subalpinen Moore des Riesengebirgskammes.- Diss. Kulturtechniker; 25: 1-30, Breslau.
- SCHÄFER, R. (1981): Möglichkeiten der Bilanzierung und Minderung der Bodenerosion und der Oberflächenabflüsse von landwirtschaftlichen Nutzflächen.- 108 S., Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, 6/81, München.
- SCHMEIDL, H., SCHUCH, M. u. WANKE, R. (1970): Wasserhaushalt und Klima einer kultivierten und unberührten Hochmoorfläche am Alpenrand.- Schr.-R. Kuratorium für Kulturbauwesen, 19, 174 S., Verlag Paul Parey, Hamburg.
- SCHREIBER, H. (1927): Moorkunde nach dem gegenwärtigen Stande des Wissens auf Grund 30jähriger Erfahrung.- 192 S., Verlag Paul Parey, Berlin.
- SJÖRS, H. (1961): Oberflächenmuster in den borealen Torfgebieten.- Endeavour, 20, 80: 217-224, London.
- STEINER, G.-M. (1982): Österreichischer Moorschutzkatalog.- 236 S., 63 Abb. und Kartenanhang., Herausg. Bundesmin. f. Gesundheit und Umweltschutz, Wien.
- STIFTUNG HESSISCHER NATURSCHUTZ (Hrsg., 1986): Das Rote Moor.- 42 S., Wiesbaden.
- UHDEN, O. (1972): Gebirgshochmoore und Wasserwirtschaft am Beispiel des Brockenfeldmoores im Oberharz.- Schr.-R. Kuratorium für Kulturbauwesen, 21, 175 S., Verlag Paul Parey, Hamburg.
- VIDAL, H. (1966): Die Moorbruchkatastrophe bei Schönberg/Oberbayern am 13./14.06.1960.- Z. d. geol. Ges., 115: 770-782, Hannover.