

# Das Abflussgeschehen von unterschiedlich genutzten Hochmooreinzugsgebieten –

## untersucht bei Erfolgskontrollen im Rahmen der Moorrenaturierung der Bayerischen Staatsforstverwaltung\*

Alois ZOLLNER\*\*

### Zusammenfassung

Die Renaturierung der Moore im Besitz der Bayerischen Staatsforstverwaltung ist seit 1990 ein Teil der mittel- und langfristigen Forstbetriebsplanung (Forsteinrichtung), die regelmäßig alle 10 bis 15 Jahre wiederholt wird. Die Forsteinrichtung besteht aus Bestandsaufnahme, Planung und Erfolgskontrolle. Die Forsteinrichtung erlaubt eine periodische Überprüfung der durchgeführten Renaturierungsmaßnahmen und stellt damit auch eine Kontrolle des Renaturierungserfolges langfristig sicher. Um darüber hinaus detaillierte Informationen über die Wirkung einzelner Renaturierungsmaßnahmen zu erhalten, wurde von der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) im Auftrag der Bayerischen Staatsforstverwaltung ein umfangreiches Forschungsprojekt\*\*\* zur Moorrenaturierung durchgeführt. Von den Ergebnissen dieser Begleituntersuchungen wird am Beispiel der südlichen Chiemseemoore die herausragende Bedeutung intakter Hochmoore für das Abflussgeschehen von Mooreinzugsgebieten vorgestellt und auf die besondere Aufgabe der Moorrenaturierung für einen aktiven Hochwasserschutz hingewiesen.

### 1. Erfolgskontrolle bei der Moorrenaturierung

Die Bayerische Staatsforstverwaltung ist mit knapp 14.300 ha der größte Moorflächenbesitzer Bayerns. Damit ist sie für den Zustand von ca. 9% aller bayerischen Moore verantwortlich. Viele Moore im Staatswald wurden bis in die zweite Hälfte des vorigen Jahrhunderts zum Teil stark in ihrer natürlichen Entwicklung verändert. Meist geschah das durch Entwässerungsmaßnahmen und Torfabbau. Das hatte weitreichende Folgen für die natürliche Moorvegetation (Verheidung und sekundäre Bewaldung), den Zustand des Torfkörpers (Sackung u. chemische Umsetzung des Torfes) und das Abflussgeschehen (Abflussbeschleunigung und -erhöhung). Um den meist nachteiligen Auswirkungen der früheren Moorbewirtschaftung entgegenzuwirken, begann die Staatsforstverwaltung 1990 damit, Moore, die in ihrer Entwicklung gestört sind, wieder in einen möglichst naturnahen Zustand zurückzuführen (Renaturierung). Da ungestörte Moore vom Wasserüberschuss geprägt sind, kommt einer ausreichenden Wiedervernässung entwässerter Torfkörper eine zentrale Bedeutung bei der Moorrenaturierung zu. Waldbauliche Eingriffe

**Tabelle 1**

**Moorflächenverteilung innerhalb der Staatsforstverwaltung**

Direktion	Niedermoor	Übergangsmoor	Hochmoor	Summe	%
Oberbayern/Schwaben	1.380	1.570	4.780	7.730	54
Niederbayern/Oberpfalz	4.100	501	203	4.804	34
Mittel-/Oberfranken	1.080	285	220	1.585	11
Unterfranken	71	1	70	142	1
<b>Gesamt</b>	<b>6.631</b>	<b>2.357</b>	<b>5.273</b>	<b>14.261</b>	<b>100</b>

\* Vortrag auf der ANL-Fachtagung „Erfolgskontrollen im Naturschutz: Moore“ am 21./22. November 2002 in Rosenheim.

\*\* FOR Alois Zollner war bis Mitte 2002 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Bayer. Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft und bearbeitete das o.g. Moorrenaturierungsprojekt; seit 1. Juli 2002 arbeitet er als stellvertretender Leiter der Waldarbeitsschule Laubau.

\*\*\* Das Forschungsprojekt V 32 der LWF wurde mit Mitteln der Bayerischen Staatsforstverwaltung finanziert.

spielen dagegen nur eine untergeordnete Rolle und können Wiedervernässungsmaßnahmen nur begrenzt fördern.

Damit die Renaturierungsmaßnahmen gezielt ablaufen und deren Wirkung entsprechend kontrolliert werden können, wurde die Moorrenaturierung 1990 in die langfristige Forstbetriebsplanung (Forsteinrichtung) einbezogen. Die Forsteinrichtung hat in der Staatsforstverwaltung eine lange Tradition und wird in abgewandelter Form seit Anfang des 19. Jahrhunderts durchgeführt. Mit Hilfe der Forsteinrichtung werden alle zehn Jahre die Bestandsverhältnisse des Forstbetriebes neu aufgenommen, überprüft und gegebenenfalls überarbeitet. Die Planungsvorgaben erfolgen dabei auf der Ebene der Behandlungseinheit, der zentralen Planungsgröße innerhalb der Moorrenaturierung (vgl. hierzu auch ZOLLNER 1999).

Bisher liegen für rund 4.900 ha der Moore im Staatswald konkrete Renaturierungsplanungen vor, d.h. zehn Jahre nach Beginn der ersten Moorrenaturierung sind heute bereits knapp 30% der Moorfläche planerisch erfasst und auf etwa 20% der Fläche finden aktive Maßnahmen statt.

Im größten Moorforstamt Bayerns in Traunstein befinden sich rund 2.000 ha Moore. Dort wurden 1990 im Rahmen einer Pilotstudie die Grundlagen zur „Renaturierung und Pflege von bewaldeten Mooren“ (ZOLLNER & SCHUCH 1990) erarbeitet und auf großer Fläche umgesetzt. Im Jahr 2000 wurden die Moorflächen des Forstamtes zum zweiten Mal begangen und erneut beplant (= Erfolgskontrolle). Die Auswertungen dieser Wiederholungsaufnahme laufen derzeit noch und werden demnächst abgeschlossen. Es zeigt sich aber bereits jetzt, dass sich die meisten der 1990 entwickelten Renaturierungs- und Pflegeziele in der praktischen Umsetzung bewährt haben.

Parallel zu den Renaturierungsmaßnahmen vor Ort wurde von der Staatsforstverwaltung ein Forschungsprojekt zur Renaturierung an der LWF in Auftrag gegeben und 2002 abgeschlossen. Mit Hilfe der dabei erarbeiteten Zwischen- und Endergebnisse konnten die an den Forstämtern laufenden Renaturierungsmaßnahmen immer wieder verbessert und dem neuesten Wissenstand angepasst werden. Darüber hinaus wird auch die Öffentlichkeit regelmäßig durch Fachbeiträge, Fernseh- und Rundfunkberichte über die wichtigsten Ergebnisse bei der Moorrenaturierung informiert. Bei zahlreichen Beratungsterminen und bei gemeinsamen Fachplanungen profitieren auch andere Behörden, Firmen und wissenschaftliche Institutionen von den Resultaten der forstlichen Begleituntersuchungen. Insbesondere die Forschungsergebnisse zum Aufkommen von Waldbäumen auf Moorflächen, der Wirkung von Fällungsmaßnahmen auf den Moorwasserspiegel und die Folgen von Entwässerungs- und Aufforstungsmaßnahmen auf das Abflussgeschehen eines Hochmoores sowie die Entwicklung der Moorvegetation in Abhängigkeit von

Wasserstand und Überschirmung (ZOLLNER et al. 2001) liefern wichtige Hinweise auf die Wirkung von Renaturierungsmaßnahmen.

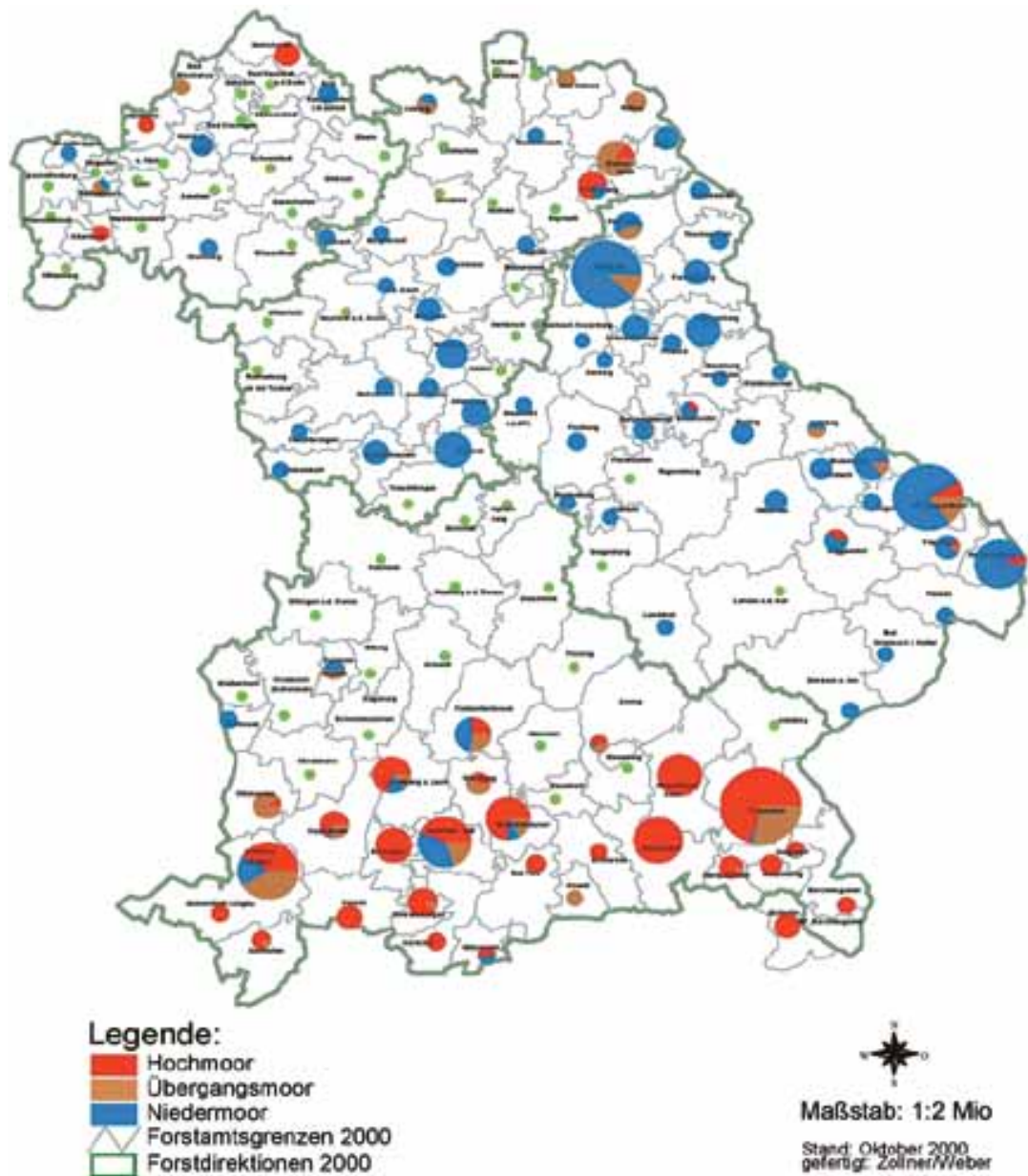
Neben den moorhydrologischen, standörtlichen und waldwachstumskundlichen Untersuchungen wurden auch faunistische und floristische Erhebungen durchgeführt. Dabei zeigte sich unter anderem, dass die meisten Renaturierungsmaßnahmen die Biodiversität in den Mooren deutlich erhöhen und damit einen wichtigen Beitrag zum Arten- und Biotopschutz leisten (Umweltschutz als Staatsziel).

Derzeit laufen Renaturierungsmaßnahmen in fast allen Regierungsbezirken. Die einzelnen Projekte erfolgen in der Regel in Abstimmung mit den örtlichen Naturschutzbehörden bzw. dem Verbandsnaturschutz. Eine enge Zusammenarbeit besteht auch mit dem Biosphärenreservat in der Hohen Rhön und einige Renaturierungsvorhaben sind in ein europäisches LIFE-Projekt bzw. EU-Regio-Projekte eingebunden. Und schließlich unterstützt die Staatsforstverwaltung die Naturschutzverwaltung aktiv bei der Erarbeitung eines Moorentwicklungskonzeptes für Bayern, indem sie neue Impulse setzt, neueste Untersuchungsergebnisse zur Moorrenaturierung weitergibt und bei konkreten naturschutzfachlichen Planungen und Arbeitskonzepten fachlich mitwirkt bzw. beratend tätig wird.

## **2. Hydrologie unterschiedlich intensiv genutzter Hochmooreinzugsgebiete**

Die Wasserbilanz einer Landschaft lässt sich vereinfacht mit Hilfe der hydrologischen Größen Niederschlag, Verdunstung und Abfluss beschreiben. Dabei ergibt sich der Abfluss aus der Differenz von Niederschlag und Verdunstung. In niederschlagsarmen Gebieten mit hoher Verdunstung bleibt in der Regel nur wenig Wasser übrig, das in die Oberflächengewässer abfließen kann. Überall dort, wo der Niederschlag sehr hoch und der Wasserverbrauch durch Verdunstung gering ist, fließt dagegen viel Wasser ab und kann unter extremen Bedingungen (Perioden mit starken und langandauernden Niederschlägen) zu Hochwasserereignissen führen. Aus diesem Grund widmet man dem Abflussgeschehen unterschiedlicher Wassereinzugsgebiete (z.B. bewaldet, nicht bewaldet, etc.) von jeher ganz besondere Aufmerksamkeit (vgl. hierzu auch MITSCHERLICH 1981, BAUMGARTNER & LIEBSCHER 1990, WOHLRAB et al. 1992 u. a.).

MITSCHERLICH (1981) fasst die Ergebnisse verschiedener forsthydrologischer Untersuchungen zusammen und schreibt dem Wald eine abflussverlangsamende und -dämpfende Wirkung zu. Im Gegensatz dazu findet man in der Literatur keine Hinweise auf eine positive Wirkung von intakten Mooren auf das Abflussgeschehen (EGGELSMANN 1990, SUCCOW & JOOSTEN 2001).



**Abbildung 1**

**Verteilung der Moorfläche und -typen nach Forstämtern** (Frau Gabriele Weber arbeitete 2001 und 2002 als studentische Hilfskraft im Rahmen des Moorprojektes bei der LWF).

Im Gegenteil herrscht hier die Meinung vor, dass entwässerte Hochmoore einen deutlich günstigeren Einfluss auf eventuelle Hochwasserereignisse ausüben als intakte (EGGELSMANN 1969 u. 1990 und EDOM 2001). Im Rahmen des von der Bayerischen Staatsforstverwaltung geförderten Forschungsvorhabens V 32 an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) zum Thema „Möglichkeiten und Grenzen von waldbaulichen Pflegemaßnahmen bei der Renaturierung von bewaldeten Mooren“ wurde unter anderem auch die hydrologische Wirkung von Entwässerung und Aufforstung von Hochmooren näher untersucht.

Um den Einfluss von Entwässerung und land- bzw. forstwirtschaftlicher Nutzung auf das Abflussgesche-

hen eines Hochmooreinzugsgebietes zu klären, wurde ein langjähriger moorhydrologischer Versuch der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (LBP) in den südlichen Chiemseemooren von der LWF forsthydrologisch begleitet (JORDAN et al. 1999) und 2002 gezielt ausgewertet. Dabei zeigten sich überraschende Ergebnisse, die zum Teil den herrschenden Vorstellungen der Wirkung von Entwässerungsmaßnahmen auf die hydrologischen Eigenschaften von Mooren widersprechen.

Im Folgenden sollen deshalb einige Ergebnisse des von 1968 bis 1999 an der LBP laufenden moorhydrologischen Experiments näher dargestellt werden. Der Versuch besteht aus vier unterschiedlich intensiv genutzten Wassereinzugsgebieten innerhalb eines ca.

500 ha großen Hochmoorkomplexes. Ein Einzugsgebiet (UM) umfasst einen nahezu unberührten Hochmoorteil von etwas über 20 ha Größe, die drei anderen Einzugsgebiete liegen innerhalb eines intensiv entwässerten Hochmoorgrünlandteiles, wobei zwei dieser drei Einzugsgebiete (FM/N und FM/S) in der zweiten Hälfte der 60er Jahre des vorigen Jahrhunderts mit Fichte aufgeforstet wurden. Die landwirtschaftlich kultivierte Fläche KM (knapp 30 ha groß) wird dagegen bis heute landwirtschaftlich genutzt. Eine detaillierte Versuchsbeschreibung hierzu findet sich bei JORDAN et al. (1999).

Abbildung 2 gibt einen Überblick zur Höhe der jährlichen Abflüsse aus den untersuchten Einzugsgebieten in Abhängigkeit von der jährlichen Niederschlagsmenge für den Beobachtungszeitraum zwischen 1968 und 1999. Dabei zeigt sich, dass der

Abfluss aus dem kultivierten Moor KM über die gesamte Beobachtungsperiode deutlich über dem des unberührten Hochmoores liegt. Die beiden aufgeforsteten Einzugsgebiete FM/N und FM/S geben dagegen fast immer deutlich weniger Wasser im Laufe eines Jahres an die umliegenden Oberflächengewässer (z. B. Bäche und Flüsse) ab als das unberührte Moor.

Aus Tabelle 2 lassen sich die mittleren Abflusshauptzahlen für drei zehnjährige Perioden entnehmen. Dabei zeigt sich, dass die Abflüsse während der letzten 30 Jahre langsam abgenommen haben. Auf den forstlich genutzten Flächen könnte das an den heranwachsenden Fichtenbeständen (ältere Bestände verbrauchen mehr Wasser als junge) liegen. Einen ähnlichen Effekt dürfte die zunehmend extensivere Nutzung des Hochmoorgrünlandes haben und auf dem naturnahen Moor deuten sich vermutlich erste Auswir-

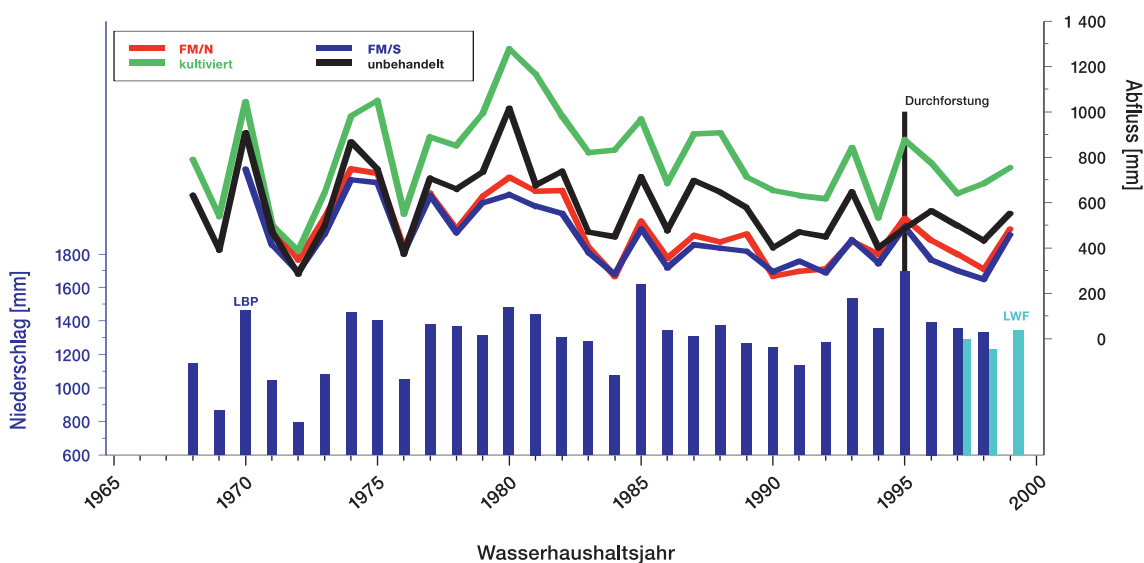


Abbildung 2

Entwicklung der Jahresabflüsse für die Wassereinzugsgebiete UM, KM und FM/N bzw. FM/S in den südlichen Chiemseemooren in Abhängigkeit der jährlichen Niederschlagshöhe. Die absoluten Höhen der Jahresniederschläge und -abflüsse in mm können den jeweiligen Abszissen entnommen werden. FM/N ist eine Wiederholung der Versuchsanlage FM/S. Im Jahr 1995 wurde auf der Fläche FM/N eine starke Durchforstung durchgeführt (Entnahme von rund 30% des aufstockenden Vorrats), um die Auswirkungen von starken Pflegeeingriffen auf das Abflussgeschehen zu testen. Dabei zeigte sich, dass bereits drei Jahre nach der Durchforstung keine Auswirkungen der Durchforstung auf die Jahresabflusshöhe mehr nachweisbar waren.

Tabelle 2

Übersicht zu den Abflusshauptzahlen – Niederschlag (ND), Oberflächen- u. Dränabfluss (AF), Gebietsverdunstung (ND-AF) für die Versuchflächen unberührtes (UM), landwirtschaftl. kultiviertes Moor (KM) und forstlich genutztes Moor (FM/N u. FM/S)

	Dekade 1971/79			Dekade 1980/89			Dekade 1990/99		
	ND	AF	ND-AF	ND	AF	ND-AF	ND	AF	ND-AF
	(mm)								
UM	1064	512	552	1349	645	704	1375	490	885
KM	1064	650	414	1349	925	424	1375	700	675
FM/N	1064	485	579	1349	489	860	1375	379	996
FM/S	1064	447	617	1349	441	908	1375	353	1022

kungen (zunehmende Bewaldung) der aus Versuchsgründen notwendigen Ringentwässerung an. Eine detaillierte Diskussion zu diesen Effekten findet sich bei FRANKL (1996) und JORDAN et al. (1999).

Die Untersuchung der jährlichen Abflusshöhen eignet sich aber nicht dazu, die Eigenschaften von unterschiedlich genutzten Hochmoorstandorten hinsichtlich ihrer Bedeutung für das Hochwassergehen zu beurteilen, da es dabei nicht auf die im Jahresverlauf abfließende Wassermenge ankommt, sondern vielmehr auf diejenige Wassermenge, die bei einem konkreten Niederschlagsereignis unmittelbar aus einem Mooregebiet abfließt.

Um beurteilen zu können, wieviel Wasser unterschiedlich genutzte Moorökosysteme bei einem extremen Niederschlagsereignis zurückhalten, werden in Abb. 3 die Abflusshöhen der vier Einzugsgebiete für ein Starkniederschlagsereignis im Juli 1998 vorgestellt. Dabei zeigt sich, dass das unberührte Hochmoor UM deutlich weniger überschüssiges Wasser an die Umgebung abgibt als das kultivierte Moor KM und die beiden aufgeforsteten Einzugsgebiete FM/N und FMS. Abbildung 3 veranschaulicht darüber hinaus, dass auf den genutzten Moorstandorten neben der Höhe auch die Geschwindigkeit des Abflusses deutlich gegenüber dem naturnahen Moor zunimmt.

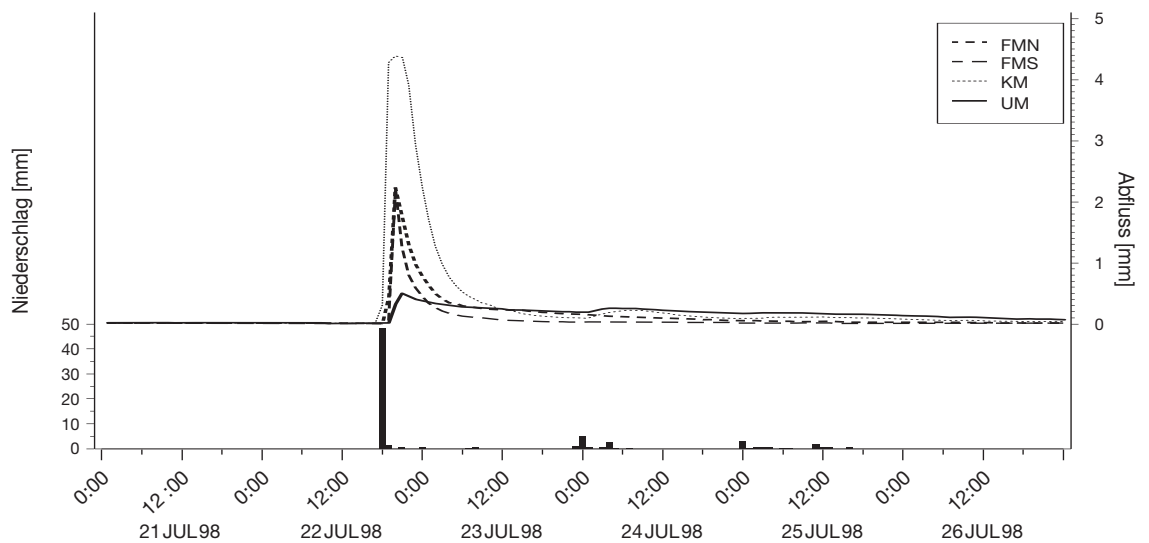
Der Vergleich der vier Einzugsgebiete nach Einzelniederschlagsereignissen lässt demnach eindeutig auf einen negativen hydrologischen Einfluss von Entwässerungsmaßnahmen im Zusammenhang mit land- und forstwirtschaftlicher Nutzung von Hochmoorökosystemen schließen. Interessant in diesem Zusammenhang ist ferner, dass auch ein geschlossener Fichtenbestand nur in sehr begrenztem Umfang die

negativen hydrologischen Auswirkungen der Entwässerung abmildern kann.

Betrachtet man die Zeit, die vergeht bis die Abflusswehre auf das hohe Niederschlagsereignis reagieren, dann wird deutlich, dass zwischen den einzelnen Einzugsgebieten nur sehr geringe Unterschiede bestehen. Allerdings lassen sich auf den entwässerten Hochmoorflächen rasch sehr hohe Abflussmaxima messen, während auf UM kein deutlicher Hochwasserscheitel ausgebildet ist. Auch der Anstieg und der Abfall des Hochwasserabflusses verlaufen auf den entwässerten Moorflächen wesentlich rasanter als auf der unberührten Parzelle. Dafür dauert es auf dem intakten Moor länger bis das überschüssige Niederschlagswasser abgeflossen ist als auf den entwässerten Flächen.

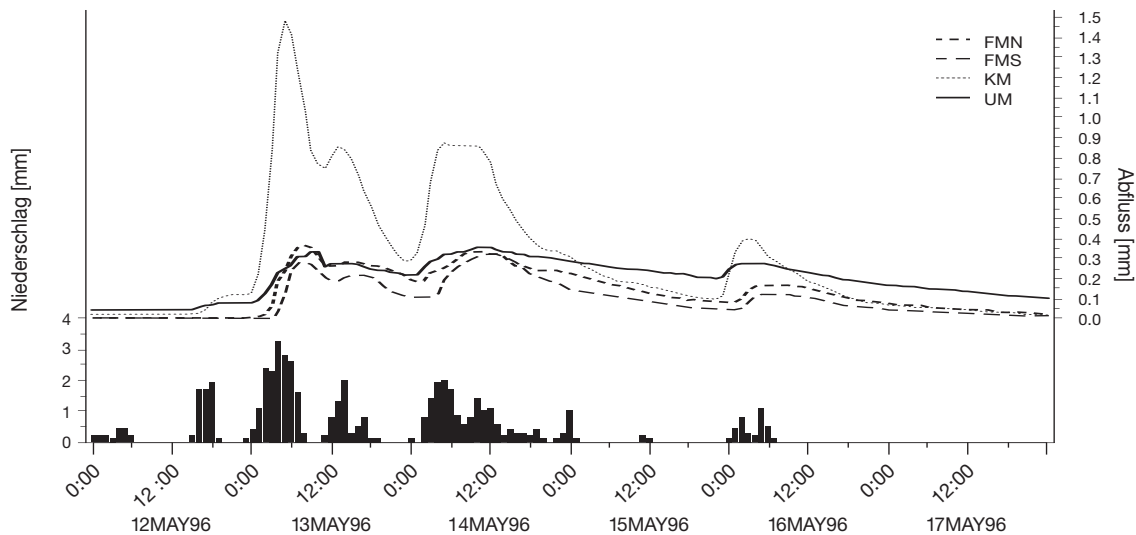
UM hält demnach also den überschüssigen Niederschlag deutlich länger auf der Fläche zurück und gibt das Wasser im Vergleichszeitraum deutlich langsamer an die Umgebung ab als KM bzw. FM/N oder FM/S. Auf den entwässerten Moorstandorten dauert das Hochwasserereignis knapp 1 Tag, auf dem naturnahen Hochmoor dagegen mehr als 4 Tage. Daraus folgt, dass Entwässerungsmaßnahmen den Hochwasserabfluss deutlich beschleunigen und kurzfristig stark erhöhen. Das gilt insbesondere für extreme Niederschlagsereignisse.

Etwas anders liegen die Verhältnisse bei geringen Niederschlagsereignissen und wenn das Hochmoor wassergesättigt und aufgequollen ist. Unter diesen Voraussetzungen bewirken weitere Regenereignisse einen höheren Abfluss des naturnahen Hochmoores im Vergleich zu den aufgeforsteten Moorflächen (vgl. Abb. 4). Die Abflusshöhen des Hochmoorgrünlandes werden dagegen aber niemals erreicht.



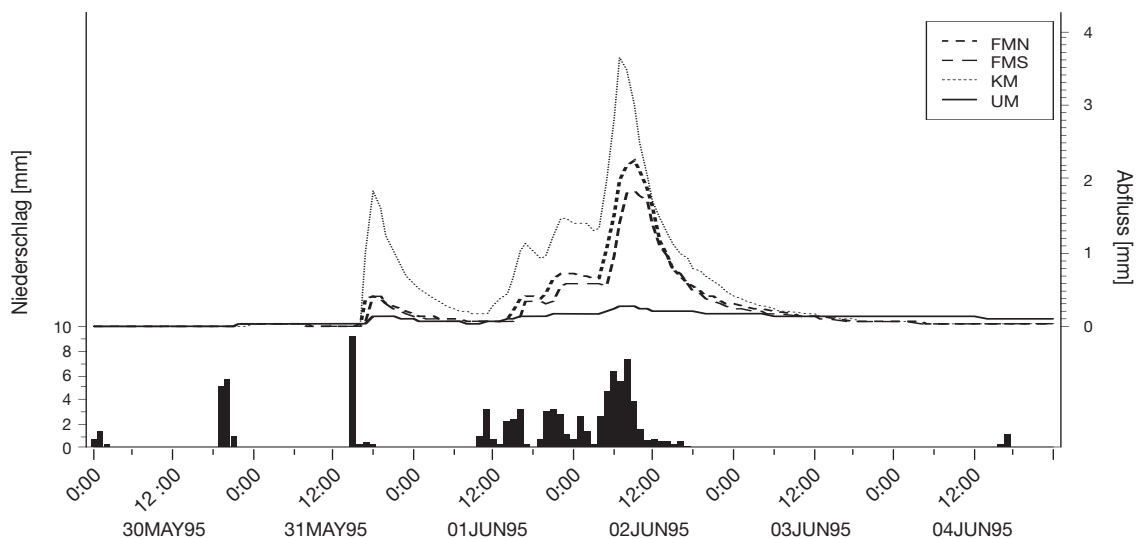
**Abbildung 3**

**Vergleich der Abflusshydrographen von einer naturnahen (UM), einer landwirtschaftlich (KM) und von zwei forstwirtschaftlich (FM) genutzten Hochmoorflächen während eines kräftigen und kurz andauernden Niederschlagsereignisses (>50 mm innerhalb von drei Stunden) im Juli 1998.**



**Abbildung 4**

Vergleich des Abflussgeschehens in vier unterschiedlich genutzten Hochmoorstandorten bei mehreren kleinen bis mittleren Niederschlagsereignissen, die kurz aufeinander folgen.



**Abbildung 5**

Vergleich des Abflussgeschehens in vier unterschiedlich genutzten Hochmoorstandorten bei dicht aufeinander folgenden mittleren bis stärkeren Niederschlagsereignissen (31.05.95 10 mm, am 01.06.95 13 mm und am Morgen des 01.06.95 30 mm).

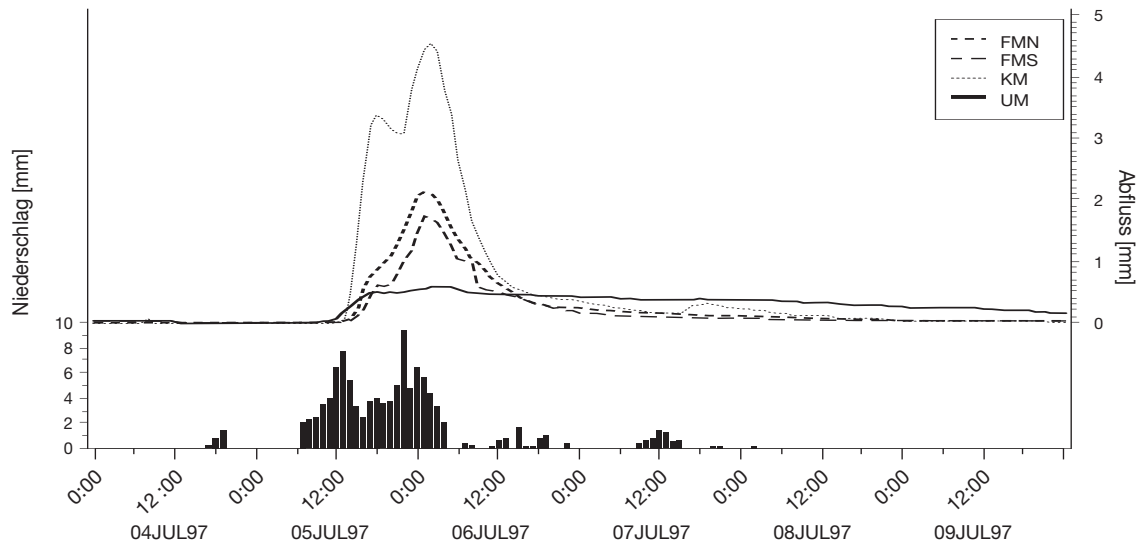
Folgen dagegen einem mittleren Niederschlagsereignis stärker Regenfälle, dann lässt sich wieder das gleiche Abflussmuster beobachten, das bereits in Abb. 3 vorgestellt wurde. Das naturnahe Hochmoor dämpft die Hochwasserabflüsse demnach immer am effektivsten und schützt damit immer am wirkungsvollsten vor den negativen Auswirkungen von Starkniederschlagsereignissen.

Die vielfach herrschende Auffassung, entwässerte Hochmoore seien in Bezug auf das Abflussgeschehen grundsätzlich günstiger zu beurteilen als naturnahe (EGGELSMANN 1990, EDOM 2001), kann für die südlichen Chiemseemoore nicht bestätigt wer-

den. Vielmehr wirkt nach den hier gewonnenen Ergebnissen eine Entwässerung sowohl deutlich abflussverstärkend als auch stark abflussverkürzend. Sie ist deshalb für den Wasserhaushalt eines Mooregebietes und dessen unmittelbare Umgebung eindeutig als ungünstig zu beurteilen.

### 3. Diskussion

Aus verschiedenen Untersuchungen ist die abflussdämpfende Wirkung von Waldbeständen bekannt. Die Ursache hierfür liegt einmal in der hohen Interzeption und Transpiration der Waldbestände. Im Sommer wird mehr Wasser verbraucht, die Böden



**Abbildung 6**

**Vergleich des Hochwasserabflusses nach einem über einen ganzen Tag verteilten Dauerniederschlagsereignis von 100 mm.**

trocknen aus und können deshalb mehr Niederschlagswasser aufnehmen. Zu Beginn von Niederschlagsereignissen führt dies zu einer Verminderung des abflusswirksamen Niederschlages. Im Winter und Frühjahr schützt das Kronendach den Boden vor stärkerer Erwärmung, wodurch die Schneeschmelze verzögert wird und der Wasserabfluss langsamer erfolgt.

Naturbelassene Hochmoore sind dagegen von permanentem Wasserüberschuss geprägt. Nahezu das ganze Jahr bleiben ihre Böden wassergesättigt. Aus diesem Grund vermuteten EGGELSMANN (1967, 1972, 1990) und EDOM (2001), dass eine zusätzliche Aufnahme von größeren Niederschlagsmengen nur noch sehr begrenzt und vor allem nach längeren Trockenperioden erfolgen kann. Vergleichende Abflussuntersuchungen zwischen moorreichen und moorarmen Einzugsgebieten in Böhmen und Mähren (FERDA 1973) zeigten, dass der hydrographische Einfluss der Moore zum einen vor allem in der höheren Verdunstung und damit einem entsprechend vermindertem Abfluss besteht. Zum anderen weisen Moorböden im gesättigten Zustand ein geringeres Retentionsvermögen auf, d.h. der Hochwasserabfluss ist höher, der Niedrigwasserabfluss niedriger als bei Mineralböden. Auch EGGELSMANN (1967, 1972, 1990) schreibt den Mooren keine ausgleichende Wirkung auf das Abflussregime der Bäche und Flüsse zu (vgl. hierzu auch BADEN & EGGELSMANN 1964, UHLEN 1972, HEIKURAINEN 1976 u. 1980, BURT 1990). EDOM (2001) folgert aus hydromorphologischen Überlegungen, dass „nach mehrjähriger Entwässerungszeit Leitfähigkeiten und Porositäten über die Tiefe der entwässerten Bodensäule in weitem Maße gleichmäßiger verteilt sind“ und deshalb entwässerte Moore in ihrem Abflussverhalten weniger extrem sind als naturnahe Moore und deshalb Mineralböden näher stehen als intakten Moorböden.

Untersuchungen, die unterschiedlich genutzte Hochmoorböden miteinander vergleichen, sind dagegen selten. In der skandinavischen Literatur finden sich allerdings Hinweise auf hydrologisch günstige Eigenschaften intakter Moorböden auf das Abflussgeschehen. So fand ATHI (1980) eine deutliche Erhöhung der Hochwasserabflüsse nach Entwässerung. MUSTONEN & SEUNA (1972) erklären das damit, dass das intensive Entwässerungsnetz dem Regenwasser einen sehr raschen Abfluss ermöglicht und daher das Wasser daran hindert, im Boden gespeichert zu werden. Das bestätigen auch PAAVILAINEN & PÄIVÄNEN (1995) in ihrer Arbeit über Forstwirtschaft auf Moorböden (Peatland Forestry).

Entwässerte Moorfichtenbestände verbrauchen zwar durch ihre hohe Interzeption und Transpiration viel Wasser und dämpfen damit die Abflussextreme im Vergleich zu landwirtschaftlich genutzten Hochmoorflächen deutlich, können aber die abflusssteigernde Wirkung der Entwässerung nicht wirklich kompensieren. Insbesondere bei mittleren bis starken Niederschlagsereignissen zeigt sich das am Verlauf der Abflusskurven.

Die positive Wirkung intakter Hochmoore auf das Abflussgeschehen liegt in deren typischem Aufbau begründet. Wachsende Hochmoore sind baum- bzw. nahezu baumfrei, lediglich an ihren Rändern (Randgehänge) kommen geschlossene Waldbestände vor. Die gesamte Bodenoberfläche der Hochmoore ist mit hydrologisch hoch aktiver Vegetation (v.a. Torfmoosen) bedeckt; kaum ein Quadratzentimeter ist ohne Bewuchs. In der Regel sind offene Torf- bzw. Wasserflächen nur sehr vereinzelt vorhanden. Die gesamte lebende Bodenoberfläche (Akrotelm) ist sehr wasseraufnahmefähig und kann zum Teil sehr stark

aufquellen und dabei sehr große Wassermengen kurzfristig zwischenspeichern.

Diese hydrologisch aktive Vegetationsdecke mit Bult- und Schlenkenstruktur weist darüber hinaus auch eine hohe Oberflächenrauigkeit auf. Überschüssiges Niederschlagswasser kann nicht einfach abfließen, sondern trifft auf einen erheblichen Widerstand durch die dichte, stark aufgequollene Bodenvegetation. Der Abfluss erfolgt deshalb nicht schnell (vgl. EDOM 2001), sondern sehr gedämpft und auf ganzer Fläche. Mehrjährige Wasserstandsmessungen in den südlichen Chiemseemooren und in anderen Mooren Oberbayerns im Rahmen dieser Untersuchungen haben gezeigt, dass die Entwässerung naturnaher Hochmoore nach Niederschlagsereignissen tatsächlich nur sehr langsam erfolgt. Die Wasserstände fielen während längerer Austrocknungsperioden in den Grundwassermessstandsrohren im Durchschnitt nur um circa einen Zentimeter pro Tag ab.

Neben den beträchtlichen Abflusswiderständen durch die aufquellende und kleinstrukturierte Vegetationsdecke spielt auch der Wasserverbrauch der Moorvegetation selbst eine wichtige Rolle für das Abflussgeschehen eines Hochmoores. Transpiration und Interzeption liegen zwar niedriger als in Wäldern, übertreffen aber deutlich die Werte für Hochmoorgrünland. Während längerer Trockenperioden kann der Wasserstand durchaus bis zu 15 cm unter Flur absinken. Der Torfkörper schrumpft dabei vorübergehend zusammen, quillt aber sofort wieder auf, sobald neuer Regen fällt. Dadurch bildet sich ein beträchtlicher kurzfristiger Zwischenspeicher für überschüssiges Wasser, das nicht frei, sondern deutlich verlangsamt aus dem Hochmoor abfließen kann.

#### 4. Folgerungen

Die vorgestellte Versuchsauswertung zeigt, dass ein naturnahes Hochmoor wesentlich ausgeglichener auf Starkniederschlagsereignisse reagiert, als das entwässerte Moorflächen tun. Selbst eine Aufforstung mit Waldbäumen kann die abflusserhöhende und -verkürzende Wirkung von Entwässerungsmaßnahmen nicht ausgleichen. Bis auf wenige Situationen im Wasserhaushaltsjahr kommt ein intaktes Hochmoor mit starken Regenfällen am besten zurecht und schützt seine Umgebung deshalb auch am effektivsten vor den Folgen von Hochwasserereignissen. Jeder Eingriff in die Hydrologie eines Hochmoores wirkt dagegen negativ auf den Gebietswasserhaushalt und sollte deshalb unterbleiben bzw. durch Renaturierungsmaßnahmen so weit wie möglich wieder ausgeglichen werden.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung veranschaulichen aber auch deutlich, dass flächige Räumungsmaßnahmen auf entwässerten Hochmoorstandorten erhebliche Einflüsse auf die Höhe des Abflussgeschehens haben können. Kahlhiebs in entwässerten Moorwaldbeständen sind deshalb besonders sorgfältig abzuwä-

gen und nur dann förderlich für eine Renaturierung, wenn gleichzeitig Wiedervernässungsmaßnahmen (Einstau) stattfinden, die das ehemalige Entwässerungsregime unwirksam machen und es gelingt, den degradierten Moorkörper flächig wieder zu beleben. Dazu muss das überschüssige Niederschlagswasser auf möglichst breiter Fläche über den gewachsenen Torfkörper abgeführt werden. Nur unter diesen Voraussetzungen können Renaturierungsmaßnahmen in Verbindung mit Hiebsmaßnahmen einen positiven Beitrag zum örtlichen bzw. regionalen Hochwasserschutz leisten.

Maßnahmen zur Moorrenaturierung, die zu einer Wiederbelebung von Hochmooren führen, erfüllen demnach nicht nur Aufgaben des Biotop- und Artenschutzes, sondern leisten zusätzlich einen wirksamen Beitrag zum aktiven Hochwasserschutz. Mehr an der bloßen Landschaftsgestaltung ausgerichtete Maßnahmen, die lediglich die Bestockung beseitigen, aber keine flächige Vernässung bewirken, sind für den Hochwasserschutz negativ zu beurteilen.

#### 5. Danksagung

An dieser Stelle soll der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau für die freundliche Unterstützung bei der Versuchsdurchführung bzw. -auswertung und langjährige gute Zusammenarbeit im Bereich der Moorforschung gedankt werden. Dabei verdienen Frau Eleonore Weidele und Herr Konrad Heiß besondere Anerkennung für die stets zuverlässige und prompte Bearbeitung der Rohdaten und die wertvolle Hilfe bei der Versuchsauswertung. Dank gilt auch Herrn Franz Jordan und Herrn Dr. Gisbert Kuhn für die kollegiale Unterstützung bei allen Fragen zur Versuchsanlage und -durchführung.

#### Literatur

- AHTI, E. (1980): Ditch spacing experiments in estimation the effects of peatland drainage on summer runoff, Int. Assoc. Hydrol. Sci., IAHS-AISH Publ. 130, S. 49-53.
- (1987): Waterbalance of drained peatlands on the basis of water table simulation during the snowless period.- Commun. Inst. For Fenn. 141, S. 1-64.
- BADEN & EGGELSMANN (1964): Der Wasserkreislauf eines norddeutschen Hochmoores.- Schriftenr. Kuratoriums Kulturbauwesens Nr. 12, S. 1-156.
- BAUMGARTNER, A. & H.-J. LIEBSCHER (1990): Allgemeine Hydrologie – Quantitative Hydrologie.- In: LIEBSCHER H.-J. (Hrsg.): Lehrbuch der Hydrologie, Bd. 1, Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart.
- BURT, T.P.; A.L. HEATHWAITE, J.C. LABADZ (1990): Runoff production in peat-covered catchments.- In: ANDERSON, M.G., BURT, T.P. (Hrsg.): Process studies in hillslope hydrology, Wiley, Chichester, S. 463-500.
- EDOM, F. (2001): Moorlandschaften aus hydrologischer Sicht (chorische Betrachtung).- In: SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. (Hrsg.):



- Landschaftsökologische Moorkunde, 2. Aufl., Schweizerbart, 622 S.
- EGGELSMANN, R. (1967):  
Oberflächengefälle und Abflussregime der Hochmoore.-  
In: Wasser und Boden 19, S.247-252.
- EGGELSMANN, R. (1972):  
The water balance of lowlands areas in north-west coastal  
reions of the FRG, Int. Symp. Hydrol. Marsch-Ridden  
Areas, Minsk, Byelorussian, SSR, 15 S.
- EGGELSMANN, R. (1981):  
ökohydrologische Aspekte von anthropogen beeinflussten  
und unbeeinflussten Mooren Norddeutschlands, Dis. A,  
175., Univ. Oldenburg, Fb. Naturwissensch.
- EGGELSMANN, R. (1990):  
Moor und Wasser.- In: GÖTTLICH, K.H. (Hrsg.): Moor-  
und Torfkunde, 3. Auflage, S. 288-320, E. Schweizer-  
bart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- FERDA, J. (1973):  
Zur Problematik der hydrologischen Funktion der Moore in  
Gebirgsgebieten, Z. f. Kulturtechnik u. Flurber., 14: 178-  
189.
- FORSTLICHE STANDORTSAUFNAHME (1996):  
Arbeitskreis Standortskartierung in der Arbeitsgemein-  
schaft Forsteinrichtung. 5. Auflage, IHW-Verlag, München,  
352 S.
- FRANKL, R. (1996):  
Zur Vegetationsentwicklung in den Rottauer Filzen (südli-  
che Chiemseemoore) im Zeitraum von 1957 bis 1982. Bay-  
reuther Forum Ökologie, Bd. 37, 222 S.
- HAIKURAINEN, L. (1976):  
Comparison between runoff conditions on a virgin peat-  
land and a forest drainage area. Proc. 5th Int. Peatcongress,  
Poznan, Poland, Bd. 1, S. 76-86.
- HAIKURAINEN, L. (1980):  
Effekts of forest drainage on high discharge. Int. Assoc.  
Hydrol. Sci., IAHS-AISH Publ. 130, S. 89-96.
- JORDAN, F. (1999):  
Hydrologische Dauerbeobachtung, Vergleichende Wasser-  
haushaltsbeobachtungen auf einer unberührten, einer kul-  
tivierten und zwei aufgeforsteten Hochmoorflächen in  
Südbayern, 1958-1998.- Schr.-R. d. Bayer. Landesanstalt f.  
Bodenkultur und Pflanzenbau, Heft 2, 3. Jahrg., München,  
34 S.
- KUNTZE, H. & R. EGGELSMANN (1979):  
Ergebnisse der im Rahmen eines DFG-Forschungsvorha-  
bens untersuchten „Einflüsse auf den Gebiets- und Boden-  
wasserhaushalt aufgeforsteter Moore“, Nds. Landesamt f.  
Bodenforschung u. angewandte Bodenkunde, Bremen.
- MITSCHERLICH, G. (1981):  
Wald, Wachstum und Umwelt, Waldklima und Wasser-  
haushalt II. 2. Aufl.: 402 S.; Frankfurt/Main (Sauerländer).
- MUSTONEN, S.E. & P. SEUNA (1972):  
Influence of forest draining on the hydrology of an open  
bog in Finland. Int. Symp. Hydrol. Marsch-Ridden Areas,  
Minsk, Byelorussian SSR, 12 pp.
- PAAVILAINEN, E. & J. PÄIVÄNEN (1995):  
Peatland Forestry, Ecology and Principles.- Ecological Stu-  
dies 111, Springer-Verlag, Berlin.
- SCHMEIDL, H.; M. SCHUCH & R. WANKE (1970):  
Wasserhaushalt und Klima einer kultivierten und un-  
berührten Hochmoorfläche am Alpenrand.- Schr.-R. Kura-  
torium für Kulturbauwesen, 19, Wasser und Boden, Ham-  
burg.
- SUCCOW, M. & H. JOOSTEN (2001):  
Landschaftsökologische Moorkunde, 2. Aufl., E. Schwei-  
zerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 622 S.
- UHDEN, O. (1972):  
Gebirgshochmoore und Wasserwirtschaft am Beispiel des  
Borckenfeldmoores im Oberharz, Wasser und Boden,  
Hamburg, 175 S.
- VIDAL, H. (1959):  
Vergleichende Wasserhaushalts- und Klimabeobachtungen  
auf unkultivierten und kultivierten Hochmooren in Süd-  
bayern.- Mitt. f. Landkultur, Moor u. Torfwirtschaft, Bay-  
er. Landesanst. f. Landkultur und Moorwirtschaft, 7.  
Jahrg., Heft 4, München, S. 204-217.
- (1960):  
Vergleichende Wasserhaushalts- und Klimabeobachtungen  
auf unkultivierten und kultivierten Hochmooren in Süd-  
bayern.- Mitt. f. Landkultur, Moor u. Torfwirtschaft, Bay-  
er. Landesanst. f. Landkultur und Moorwirtschaft, 8.  
Jahrg., Heft 2/3, München, S. 50-107
- (1962):  
Ergebnisse vergleichender Abfluss- und Grundwasserbe-  
obachtungen auf einer unberührten bzw. kultivierten  
Hochmoorfläche in den südlichen Chiemseemooren im  
Abflussjahr 1961, Bayer. Sonderdruck aus: Landwirtschaft.  
Jahrbuch, 39. Jahrg., Heft 7, München,
- WOHLRAB, B.; H. ERNSTBERGER, A. MEUSER & V.  
SOKOLLEK (1992):  
Landschaftswasserhaushalt. Paul Parey Verlag, Hamburg-  
Berlin.
- ZOLLNER, A. (1993):  
Renaturierung von bewaldeten Mooren im Oberbayeri-  
schen Staatswald.- Telma 27: S. 297-309, 8 Abb., 1 Übers.,  
Hannover.
- (1999):  
Aufgeforstete Hochmoorflächen.- In: Schriftenreihe der  
Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzen-  
bau 2/99, 3.Jg.: Hydrologische Bodendauerbeobachtung,  
Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft u.  
Forsten, München.
- ZOLLNER, A.; J. EWALD & K. KETTERER (2001):  
Die Abhängigkeit der Vegetation eines südostbayerischen  
Hochmoores von Entwässerung und sekundärer Bewal-  
dung.- Telma 31: S. 231-247, 6 Abb., 2 Tab., Hannover.

#### **Anschrift des Verfassers:**

Alois Zollner  
Bayerische Waldarbeitsschule Laubau  
Laubau 7  
D-83324 Ruhpolding  
e-mail: was-laubau@t-onlinde.de



Zum Titelbild: Angestauter Graben in einem verheideten Hochmoor (Weidfilz bei Seeshaupt, Landkreis Weilheim-Schongau) nach 5 Jahren: *Calluna vulgaris* (Heidekraut) ist durch *Eriophorum vaginatum* (Scheidiges Wollgras) ersetzt; die Wasserfläche mit flutendem *Sphagnum cuspidatum* (Schmalblättriges Torfmoos) weitgehend zugewachsen; zu tief stehende Waldkiefern (*Pinus sylvestris*) und Spirken (*Pinus uncinata*) sind abgestorben. (vgl. Beitrag von BRAUN/SIUDA auf S. 171-186) (Foto: Wolfgang Braun)

## **Laufener Seminarbeiträge 1/03**

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

ISSN 0175-0852

ISBN 3-931175-69-3

---

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen angehörende Einrichtung.

---

Die mit dem Verfasseramen gekennzeichneten Beiträge geben nicht in jedem Fall die Meinung der Herausgeber wieder. Die Verfasser sind verantwortlich für die Richtigkeit der in ihren Beiträgen mitgeteilten Tatbestände.

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwedung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der AutorInnen oder der Herausgeber unzulässig.

Schriftleitung und Redaktion: Dr. Notker Mallach (ANL, Ref. 12) in Zusammenarbeit mit Dr. Christian Stettmer (ANL)  
Satz: Christina Brüderl (ANL), Fa. Hans Bleicher, Laufen (Farbseiten)  
Druck und Bindung: Lippl Druckservice GmbH, Tittmoning  
Druck auf Recyclingpapier (100% Altpapier)