

TELMA	Band 31	Seite 211–220	5 Abb., 1 Tab.	Hannover, November 2001
-------	---------	---------------	----------------	-------------------------

# Der Wasserhaushalt eines Hunsrück-Moores, simuliert mit dem Modell AKWA-M<sup>®</sup>

Water budget of a bog in Hunsrück/Germany,  
calculated with the model AKWA-M<sup>®</sup>

ALBRECHT MÜNCH und INGO DITTRICH

## Zusammenfassung

Für die Hangbrücher bei Morbach im Hunsrück wurde der Wasserhaushalt mit dem für Hangmoore modifizierten Modell AKWA-M<sup>®</sup> berechnet. Die Auswirkungen anthropogener Eingriffe (Bestockung der Speisungsflächen, Entwässerungsgräben, Quelfassungen) können mit diesem Modell den weitgehend unbeeinflussten Verhältnissen gegenübergestellt und diskutiert werden.

## Abstract

A water budget study of the Hangbrücher near Morbach is carried out using a modified version of the model AKWA-M<sup>®</sup> for the simulation of these bogs. The simulation results can be used to evaluate the consequences of human activity (i. e. changes in the forest-culture in the supply area, drainage systems or using natural springs for water supply).

## 1. Einleitung

Das Wasserdargebot ist für das Entstehen und den Fortbestand von Mooren die entscheidende abiotische Grundlage. Viele Moore in Deutschland und anderen Regionen sind durch Eingriffe im Moor selbst oder in ihren Wassereinzugsgebieten erheblich hydrologisch gestört. Deshalb sollte immer ein hydrologischer Nachweis von früheren oder geplanten Eingriffen in den Wasserhaushalt von Mooren und deren Speisungsgebieten festlegen, in welcher Rangfolge unterschiedliche Maßnahmen auszuführen sind, um den Moorwasserhaushalt wenigstens zu stabilisieren oder dem klimatologisch möglichen Optimum zuzuführen. Hierbei wird von Fragen der Wasserbeschaffenheit abgesehen.

## 2. Gebietsbeschreibung

Die näher betrachteten Moore (Hangbrücher) sind Teil des 739 ha großen Naturschutzgebietes Hangbrücher bei Morbach in Rheinland-Pfalz (SCHOLTES et al. 1997). Dieses Naturschutzgebiet liegt am Nordwesthang des Idarwaldes, eines quarzitisches Höhenzuges im Hunsrück. Braunerden, Podsole und Gleye sind vorherrschende Bodentypen, die über einer bis zu mehreren Metern mächtigen Solifluktionsschicht (Basislage) liegen. Die Basislage hat eine geringe Durchlässigkeit und ist in Bezug auf die hangenden Böden als Stauer anzusehen. Dadurch wird ein lateraler bodeninnerer Wasserabfluß gefördert. Die Hangbrücher sind durch unterschiedliche Nutzungsversuche und die damit einhergehende Anlage von Entwässerungsgräben und Forstwegen zu großen Teilen degeneriert. Die umliegenden Flächen werden forstlich bewirtschaftet (Fichtenmonokultur, Buchen-Mischwälder).

Die Hangbrücher sind hydrologisch als Quell- und Hangmoore anzusprechen. Solche Moore können dann entstehen, wenn der spezifische laterale bodeninnere Abfluß  $q$  [ $\text{m}^2/\text{s}$ ] aus den Speisungsgebieten örtlich größer ist als die Profildurchlässigkeit  $T = k \cdot M$  [ $\text{m}^2/\text{s}$ ] des Bodens bzw. Grundwasserleiters (Mächtigkeit  $M$  [m], gesättigte hydraulische Leitfähigkeit  $k$  [m/s]). Hangmoore sind immer vom Zufluß aus Speisungsgebieten abhängig.

Das Gebrannte Bruch ist mit einer Fläche von 43 ha eines der größten zusammenhängenden Hangbrücher dieses Naturschutzgebietes. Obwohl der Torf vereinzelt über 2 m mächtig sein kann, beträgt die Torfmächtigkeit in weiten Teilen weniger als 60 cm. Die höchstgelegenen Brücher beginnen relativ einheitlich rund 500 m vom Idarwald-Kamm entfernt, wo sich erste kleine Bäche bilden ( $q > T!$ ). Das Gebiet oberhalb der Brücher speist sie durch bodeninterne Wasserzuflüsse. Diese Speisungsflächen erstrecken sich bis zum Kamm des Idarwaldes (Steingerüttelskopf mit 756,6 m NN). Die dortigen Forstabteilungen sind mit Nadel- bis Laubwald bestockt.

## 3. Wasserhaushaltssimulation

Die Wasserhaushaltsberechnungen erfolgten für einen Hangausschnitt um das Gebrannte Bruch (Abb. 1). Dazu wurde das unterschiedliche hydrologische Verhalten einzelner Standorte generalisiert und vier typische Teilflächen ausgewiesen. Das Gebrannte Bruch (43 ha) wurde als eine hydrologisch homogen reagierende Fläche mit einer mittleren Torfmächtigkeit von 50 cm angenommen.

Die oberhalb des Bruches gelegene Speisungsfläche umfaßt 81 Hektar. Weiterhin gehören zu diesem Hangausschnitt als Übergangsbereiche bezeichnete Flächen (SCHOLTES et al. 1997) und trockene Flächen. Letztere sind tiefgründiger und weniger feucht ( $q < T$ ), weshalb sie bevorzugt mit Fichte bestockt sind. Die Übergangstandorte sind dagegen geringmächtig und feucht (Vergleyung) und bieten weniger gute Wuchsbedingungen.

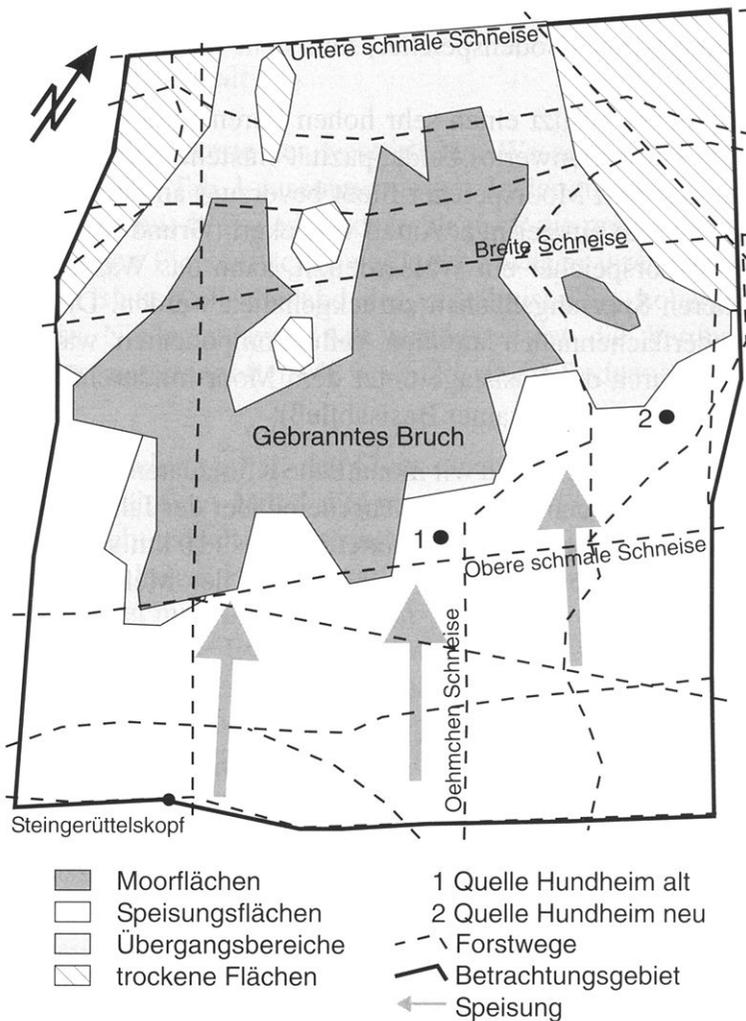


Abb. 1: Betrachtungsgebiet Gebranntes Bruch mit Aufteilung in hydrologisch ähnlich reagierende Teilflächen

Study region Gebranntes Bruch and classification in similar acting hydrotops

Wir simulierten den Wasserhaushalt mit dem Modell AKWA-M<sup>®</sup>, das insbesondere für den Mittelgebirgsraum geeignet ist und in einer Vielzahl von Einzugsgebieten unterschiedlicher Größe angewendet wurde (GOLF et al. 1993, MÜNCH 1994, DITTRICH et al. 1999, DITTRICH & MÜNCH 2001). Auf der Grundlage klimatologischer Daten (Tages- bis Monatswerte) und einer flächendifferenzierten Modellstruktur wird der aktuelle Wasserhaushalt (Tages- bis Monatswerte der Einzeljahre) und der mittlere Wasserhaushalt (Mittelwerte für Monate, Halbjahre und Jahre) unter Einhaltung der Wasser- und Energiebilanz berechnet. Für die spezifischen Bedingungen eines Hangmoores wurde AKWA-M<sup>®</sup> modifiziert. Der Hangmoor-Wasserhaushalt wird durch folgende Modellvorstellung widerspiegelt (Abb. 2):

- Der Niederschlag, der nicht durch Interzeption verlorenght, versickert vollständig in den Moorspeicher (Bodenspeicher) und steht für die Verdunstung zur Verfügung.
- Der Moorspeicher besitzt einen sehr hohen Porenanteil (BKA 1994); bei Überschreiten des Schwellenwertes Feldkapazität entsteht Abfluß.
- Der Abfluß aus dem Moorspeicher fließt bevorzugt an der Oberfläche in Rillen und Gräben ab; nur ein geringer Anteil versickert (Grundwasserneubildung).
- Besteht im Moorspeicher ein Wasserdefizit, kann das Wasser aus den topographisch höheren Speisungsflächen zurückgehalten werden. Die Speisung besteht dabei aus oberflächennahen lateralen Abflußkomponenten, während eine weitere Komponente durch die Basislage unter dem Moor hindurchfließt, ohne ihm zur Verfügung zu stehen (langsamer Basisabfluß).

Für die Berechnungen verwendeten wir monatliche Klimadaten von Niederschlag, Lufttemperatur, relative Luftfeuchte und Sonnenscheindauer der Jahresreihe 1974 bis 1994 der Station Deuselbach des Deutschen Wetterdienstes (10 km südwestlich des Naturschutzgebietes). Der Niederschlag wurde bezüglich der Meßfehler und des Nebelniederschlages korrigiert.

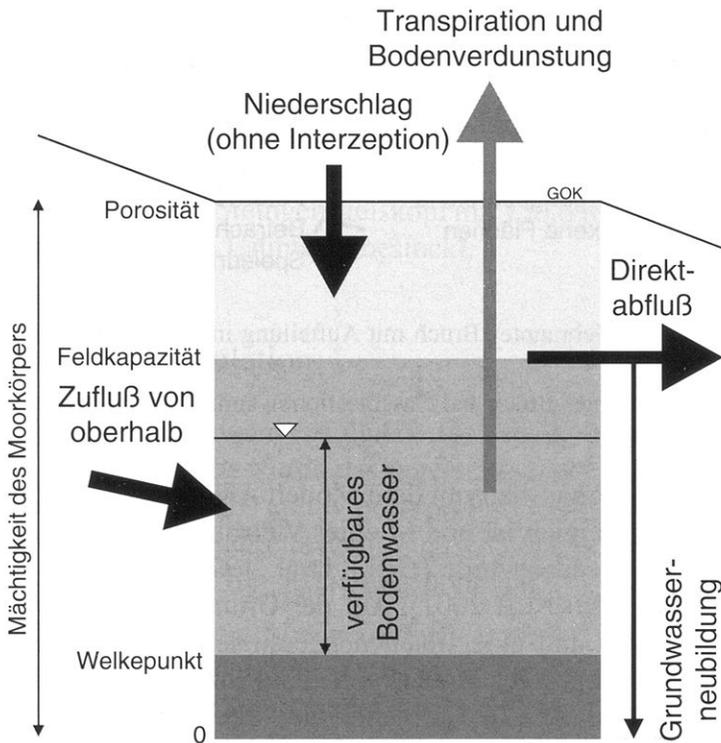


Abb. 2: Bodenwassermodell für Hangmoore im Wasserhaushaltsmodell AKWA-M<sup>®</sup>  
Soil water model for bogs in the model AKWA-M<sup>®</sup>

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Mittlerer Wasserhaushalt

Die zwanzigjährigen Mittelwerte der wesentlichen Wasserhaushaltskomponenten für die vier Teilflächen sind in Tab. 1 zusammengefaßt. In der eigentlichen Moorfläche des Gebrannten Bruches ist mit 63 % des Niederschlages P die größte Verdunstung zu verzeichnen. Die trockenen Fichtenflächen verdunsten wegen ihrer ganzjährigen Belaubung, ihrer großen Blattoberfläche und der verhältnismäßig hohen Bodenspeicherkapazität 58 % des Niederschlages. Am geringsten ist die Verdunstung auf den flachgründigen Übergangsstandorten (48 % von P), da die Bodenwasserspeicherkapazität relativ klein ist.

Zusätzlich zum Niederschlag erhält das Moor einen Zufluß aus der Speisungsfläche. Diese beträgt im langjährigen Mittel 574 mm/a bzw. 7,8 l/s oder 680 m<sup>3</sup>/d. Diese Speisungsmenge entsteht jedoch hauptsächlich in den Wintermonaten, wenn der Moorspeicher ohnehin einen hohen Füllungsstand hat. Der überwiegende Teil des Wassers aus dem Speisungsgebiet muß somit abfließen. Im Moor werden effektiv nur 116 mm/a zurückgehalten und für die Evapotranspiration genutzt. Dadurch erreicht die Verdunstung 559 mm. Wesentlicher ist jedoch, daß der Moorspeicher vor einer zu starken Austrocknung geschützt wird. Nur in ausgeprägten Trockenjahren (vgl. Abb. 3, Modellrechnung „mit Speisung“, z. B. Sommer 1975, 1976, 1990 und 1991) reicht die Speisung nicht aus, den Moorspeicher weitgehend aufzufüllen. Wäre keine Speisung des Moores vorhanden (vgl. Abb. 3 Modellrechnung „ohne Speisung“), erfolgt in jedem Sommer ein drastischer Wasserentzug durch die Verdunstung. Die erforderliche Wassermenge

Tab. 1: Mittlerer Wasserhaushalt für typische Flächen im Bereich des Gebrannten Bruches für die Jahresreihe 1974–1994, simuliert mit AKWA-M®  
Average water budget of typical areas around Gebranntes Bruch, years 1974–1994, calculated with AKWA-M®

		Speisungs- fläche	Moor <sup>*)</sup>	Übergangs- bereich	Trockene Fläche (Fichten- standorte)	Gesamt
Fläche	ha	81	43	43	23	190
Niederschlag P	mm	887				
Verdunstung ETR	mm	462	559 (9)	429	511	482
	% P	52	63 (1)	48	58	54
Grundwasser- neubildung GWN	mm	262	102 (67)	165	207	185
	% P	29	11 (7)	19	23	21
Gesamtabfluß Q	mm	425	911 (574)	458	376	433
	% P	48	103 (65)	52	42	46

\*) in Klammern steht der Anteil, der sich aus dem Zufluß von der Speisungsfläche zum Moor ergibt

müßte in diesem Fall allein aus den Niederschlägen und ihrer Speicherung im Moor gedeckt werden.

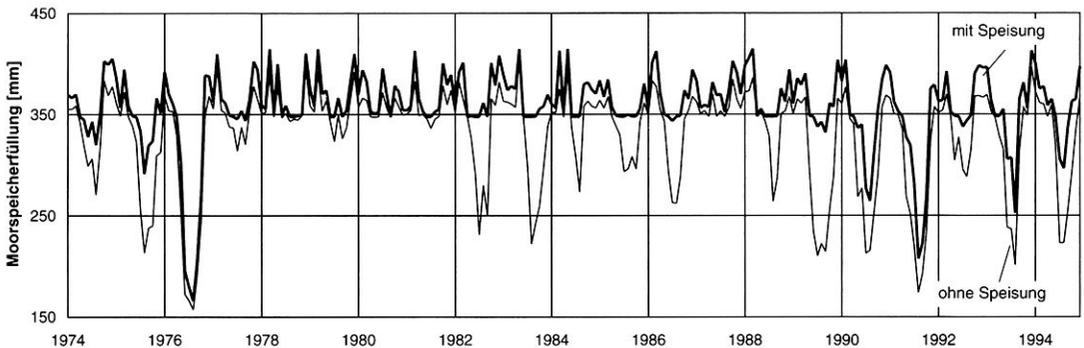


Abb. 3: Aktuelle Füllung des Moorspeichers im Gebrannten Bruch ohne und mit Speisung durch die oberhalb gelegene Fläche  
Water storage in the bog Gebranntes Bruch without and with water supply from the area above

#### 4.2 Verbesserungen der Wasserhaushaltssituation

Eine Erhöhung der Speisungsmenge ließe sich beispielsweise durch **Waldumbaumaßnahmen** auf der Speisungsfläche erreichen, indem der Laubholzanteil erhöht wird. Die beispielhafte Simulation mit dem Modell AKWA-M<sup>®</sup> zeigt für waldbauliche Extreme in den Speisungsflächen – reiner Laubwald und reiner Nadelwald (jeweils Altbestand) –, wie sich der mittlere Wasserhaushalt bei sonst gleichen äußeren Bedingungen gegenüber einem Mischwald ändern würde. So könnte die Verdunstung durch einen reinen Laubwald um ca. 40 mm/a reduziert werden; dies käme dem Abfluß und damit dem unterhalb liegenden Gebrannten Bruch zugute (plus 1 l/s). Bei reinem Nadelwald reduziert sich dagegen der Abfluß im Mittel um 28 mm/a (minus 0,7 l/s). Diese Beträge stellen die möglichen Grenzen dar, die über Waldumbaumaßnahmen erreicht werden können, und sind relativ klein.

Einen entscheidenden Einfluß auf den Wasserhaushalt des Gebrannten Bruchs haben jedoch die Quelfassungen und die Entwässerungsgräben.

Die **Quelfassungen** Hundtheim (alte und neue Quelle) liegen zwischen der Speisungsfläche und dem Moor; sie dienen der Trinkwasserversorgung. Für den Zeitraum 1988 bis 1994 betrug die mittlere Schüttung 3,45 l/s (Hundtheim alt plus neu). Das Einzugsgebiet der Quellen wird auf 35 bis 45 % der Speisungsfläche geschätzt. Genauere Abgrenzungen sind ohne Detailuntersuchungen nicht möglich. Die Wasserableitung schmälert die natürliche Moorspeisung.

Bezogen auf das gesamte Naturschutzgebiet (739 ha) entspricht der aus dem Gebiet abgeleitete Quellabfluß im Mittel nur 5,5 % mit Spitzen um 10 % in einzelnen Monaten (Abb. 4). Werden jedoch das Gebrannte Bruch oder nur die Speisungsfläche betrachtet, so zeigt sich, daß die lokale Wasserbilanz erheblich durch die Quellwasserableitung

beeinflusst ist. Von der Speisungsfläche werden im Mittel 35 % des abfließenden Wassers abgeleitet. Im Frühjahr/Sommer übersteigt die Ableitung durch die Quelfassungen sogar 40 % des Abflusses (Mai: 53 %). Die direkt unterhalb der Quelfassungen liegenden Bruchflächen sind davon betroffen. Inwieweit sich diese Eingriffe negativ ausgewirkt und zu einer Veränderung in der Vegetation geführt haben, kann nach dem langjährigen Betrieb der Fassungen nicht mehr festgestellt werden.

Für die Moorregeneration sollte möglichst viel Niederschlag und zufließendes Wasser aus der oberhalb liegenden Speisungsfläche zurückgehalten werden. Aus hydrologischer Sicht destabilisieren die **Entwässerungsgräben** den Wasserhaushalt der Brücher entscheidend. Eine Vielzahl neu gebauter, kleiner Stauwerke wirkt dieser Dränung entgegen (SCHOLTES et al. 1997). Im Gebrannten Bruch wird dadurch eine größere Wasserspeicherung möglich; sommerliche Trockenzeiten sind besser zu überbrücken. Insgesamt wird die Selbstregeneration des Torfwachstums in den rückgestauten Grabenstrecken gefördert.

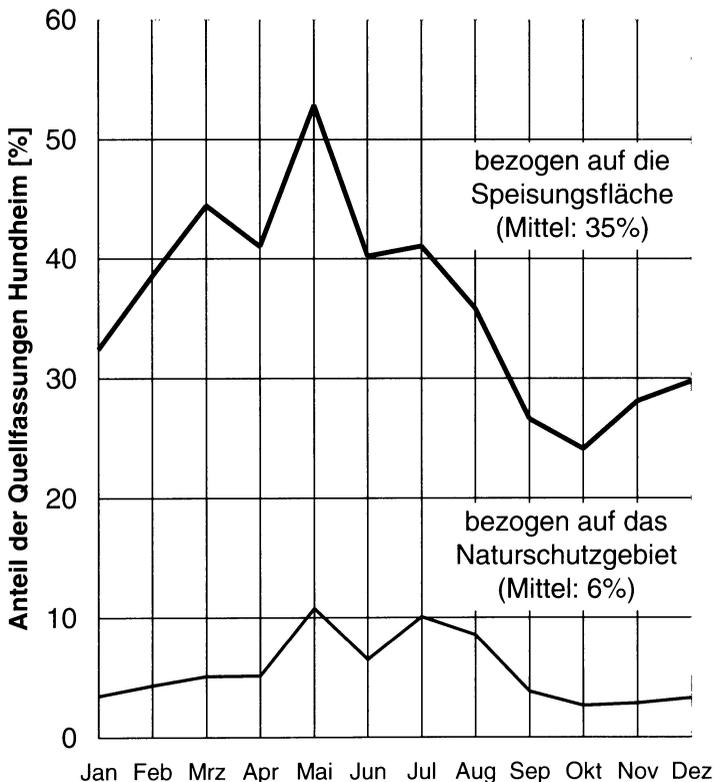


Abb. 4: Mittlere monatliche Anteile des durch die Quelfassungen Hundheim (alt und neu) abgeleiteten Wassers am Abfluß aus dem Naturschutzgebiet und von der Speisungsfläche oberhalb des Gebrannten Bruches (1988–1994)

Mean monthly spring runoff in relation to the total runoff of the nature reservat and the supply area above (1988–1994)

Abb. 5 zeigt den mit AKWA-M<sup>®</sup> ermittelten Zusammenhang zwischen dem Speichervolumen des Moores und der Jahresverdunstung. Wird das Speichervolumen vergrößert, z. B. durch Anstau und selbstregenerierendes Moorwachstum, strebt die Verdunstung aus Gründen des begrenzten Energiedargebotes einem Grenzwert zu. Umgekehrt wird bei Verringerung des Speichervolumens (Entwässerungsgräben, Moorsackung) die Verdunstung und damit die Biomassenbildung durch das begrenzte Wasserdargebot stark eingeschränkt. Derzeit beträgt das Speichervermögen höchstens 350 l/m<sup>2</sup> bei einer geschätzten mittleren Moormächtigkeit von 0,5 m; die energetisch mögliche Verdunstung wird noch nicht erreicht.

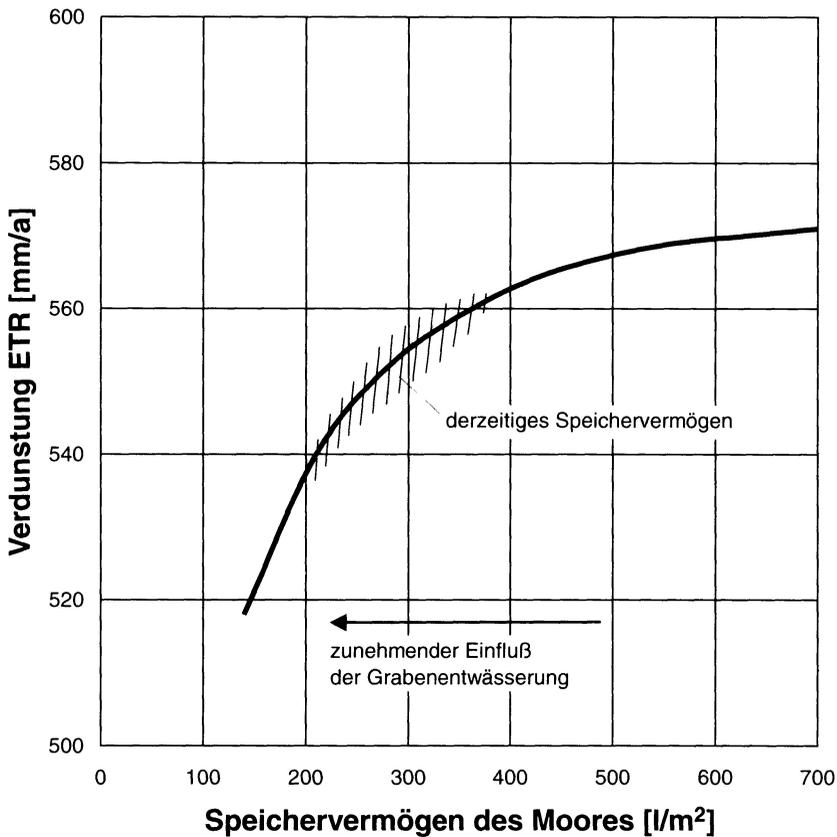


Abb. 5: Zusammenhang zwischen dem Wasserspeichervermögen des Moores und der Verdunstung  
Relationship between water storage capacity of the bog and the evapotranspiration

Geht man von einem engen Zusammenhang zwischen Verdunstung und der Biomasseproduktion torfbildender Vegetation aus, wird deutlich, daß die Torfzuwachsrate nicht unbegrenzt steigen kann. Andererseits ist bei geringem Speichervolumen nur eine geringere Biomasseproduktion möglich. In der Regel stellen sich dann ohnehin andere Pflanzengesellschaften ein, so daß die Moorentwicklung verhindert wird.

## 5. Schlußfolgerungen

Mit einer AKWA-M<sup>®</sup>-Simulation lassen sich wesentliche Zusammenhänge des Wasserhaushaltes in einem gespeisten Hangmoor abbilden. Variantenrechnungen zeigen, wie frühere oder auch geplante Eingriffe wirken; ihre Bewertung ist ein Hilfsmittel, um unvoreingenommen und objektiv über Art und Umfang von möglichen, zweckmäßigen und dabei durchaus widerstreitenden naturschutzfachlichen, forst- und wasserwirtschaftlichen Maßnahmen zu entscheiden. Durch detailliertere Informationen und Klimadaten in Tagesschritten läßt sich die Genauigkeit der Modellaussagen erhöhen.

Um die Hangbrücher bei Morbach zu erhalten und die Moorregeneration zu fördern, ist der Wasserrückhalt im Gebiet zu erhöhen. Grabenanstau und -verschluß sollten als prioritäre Maßnahme gesehen werden, um soviel Wasser wie möglich zu speichern und am Abfluß zu hindern (insbesondere die Winterniederschläge und die Zuflüsse von der oberhalb liegenden Speisungsfläche). Diese initialen Eingriffe ermöglichen ein verstärktes Torfwachstum in den angestauten Gräben und deren Umgebung und führen zu einer Selbstregulation des Moorwasserhaushaltes. Waldumbaumaßnahmen auf den Speisungsflächen wirken erst sehr langfristig und verbessern im Fall des Gebrannten Bruches die Wasserhaushaltsbilanz nur geringfügig. Soweit es kommunalpolitisch und in Verbindung mit den wasserwirtschaftlichen Plänen möglich ist, sollte die Quellwasserableitung aus dem anthropogen beeinflussten Naturschutzgebiet ganz oder teilweise eingestellt werden. Notwendige Voraussetzung hierfür ist eine überregionale Trinkwasserversorgung.

## 6. Danksagung

Frau Margret Scholtes danken wir sehr herzlich für die Anregung zu dieser interessanten Untersuchung und für die Bereitstellung von Daten und Literatur.

## 7. Literaturverzeichnis

- BKA (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. – 4. Aufl.: 392 S., 33. Abb., 91 Tab.; Hannover, Stuttgart (Schweizerbart).
- DITTRICH, I., IHLING, H. & KLEBER, S. (1999): Pflege- und Entwicklungsplan „Naturschutzgroßprojekt Presseler Heidewald- und Moorgebiet – Abiotische Verhältnisse“. – Im Auftrag des Zweckverbandes Presseler Heidewald- und Moorgebiet, Weidenhain: 52 S., 9 Abb., 14 Tab., 16 Anl.; Dr. Dittrich & Partner Hydro-Consult GmbH, Bannewitz.
- DITTRICH, I. & MÜNCH, A. (2001): Pflege- und Entwicklungsplan „Naturschutzgroßprojekt Teichgebiete Niederspree-Hammerstadt – Abiotische Verhältnisse“. – Im Auftrag des Zweckverbandes Naturschutzregion Neiße, Projektgruppe Teichgebiete Niederspree-Hammerstadt: 98 S., 10 Abb., 24 Tab., 33 Anl.; Dr. Dittrich & Partner Hydro-Consult GmbH, Bannewitz.

- GOLF, W., LUCKNER, K. & MÜNCH, A. (1993): Berechnungen der Waldverdunstung im Wasserhaushaltsmodell AKWA. – Meteorol. Z. 2(3): 99–107.
- MÜNCH, A. (1994): Wasserhaushaltsberechnungen für Mittelgebirgseinzugsgebiete unter Berücksichtigung einer sich ändernden Landnutzung. – Dissertation, Fakultät für Geo-, Forst- und Hydrowissenschaften der Technischen Universität Dresden: 159 S., 50 Abb., 15 Anl.; Dresden.
- SCHOLTES, M., ROSLEFF-SÖRENSEN, T., GESSNER, K.-G. & NINDEL, I. (1997): Pflege- und Entwicklungsplan für das Naturschutzgebiet „Hangbrücher bei Morbach“. – Im Auftrag des Landesamtes für Umweltschutz Rheinland-Pfalz: 136 S., 26 Abb., 31 Tab., 13 Anl.; Minheim, Oppenheim.

Anschrift der Verfasser:

Dr. A. Münch  
Dr. I. Dittrich  
Dr. Dittrich & Partner Hydro-Consult GmbH  
Gerlinger Straße 4  
D-01728 Bannewitz  
E-Mail: [Hydro-Consult@t-online.de](mailto:Hydro-Consult@t-online.de)

Manuskript eingegangen am 31. Mai 2001