

Band 45
Heft 2
Juni 2006

Inhalt

Autor	Titel	Seite
Gerhard Stöcker Uwe Wegener	Intraspezifische Konkurrenz der Fichtenverjüngung naturnaher Fichtenwald-Ökosysteme im Harz	3
Gisbert Grosse- Brauckmann	Bruchwaldtorfe und Bruchwälder – Zur Frage der Entstehung von Torfen mit Holzresten	29
Peggy Zinke Frank Edom	Hydraulische und hydrologische Erklärung von Ökotoptstrukturen am Regenmoor Kriegswiese im mittleren Erzgebirge	43
Andreas Golde	Aktuelle Situation und Aspekte zum ökologischen Verhalten der Berg-Kiefer (<i>Pinus mugo</i> agg.) in Sachsen	61
Christian Wagner	„Grenzen des Entkusselns“ oder: Zum Einfluß der Moorbirke (<i>Betula pubescens</i>) auf Regenerationsprozesse in Hochmooren	71
Impressum		87
Hinweise für Autoren		88

Hydraulische und hydrologische Erklärung von Ökotoptstrukturen am Regenmoor Kriegswiese im mittleren Erzgebirge

Peggy Zinke¹ & Frank Edom²

¹ Pestalozzistraße 22, D-09130 Chemnitz

² Naundorfer Str. 18, D-01139 Dresden

Schlüsselwörter:

Erzgebirge, Hydrologie, Ökotoptvorhersage, Regenmoor

Zusammenfassung

Das Hang- Regenmoor Kriegswiese befindet sich im Kammgebiet des mittleren Erzgebirges und weist einen zusammenhängenden Moorkiefernbestand auf. Es ist in den Randbereichen durch mehrere Torfstiche beeinträchtigt.

Nach Aufstellung der Wasserbilanz für das Moor erfolgte eine Abschätzung der abbaubedingten Setzungen sowie - anhand von Literaturhinweisen, theoretischen Überlegungen und Geländebeobachtungen - der eingetretenen Veränderungen der hydraulischen Leitfähigkeit. Daraus läßt sich eine quantitativ begründete Theorie zur Entstehung sekundärer Randgehänge aus Torfstichkanten und zu deren hydraulischer Wirksamkeit entwickeln.

Es wurde die potentiell natürliche Ökotoptzonierung für die aktuellen Relief- und Klimabedingungen der Kriegswiese in ihrer natürlichen Waldumgebung berechnet. Dabei zeigte sich, daß sich die wesentlichen Bereiche des Moorkiefernbestandes in einem langfristig stabilen Zustand befinden und im Moorinneren seit Beendigung des Torfabbaus bereits ein neues Akrotelm gebildet werden konnte. Allerdings sind durch die Immissionsbelastungen und weitgehende Entwaldung der Moorumgebung neue Degenerationen der Moorstandorte abzusehen.

Keywords:

Ecotope prediction, hydrology, Ore Mountains, sloping bog

Abstract: Hydraulic and hydrologic interpretation of ecotope-structures of the bog "Kriegswiese" (Middle Ore Mountains – East Germany)

The sloping bog "Kriegswiese" is situated in the ridge-area of the Middle Ore Mountains. The bog comprises a compact stock of *Pinus mugo nothosp. rotundata*. The edges of the bog are affected by peat-cutting.

From literature, theoretic reflections, and field observations we estimated the water-balance, subsidence, and the changes in hydraulic conductivity of the new marginal slope areas that developed along the edges affected by peat-cutting. This allows for a quantitative explanation of the development of the so called "secondary margin-slope-area" in the bog and it's hydraulic function.

Furthermore we calculated the potential natural zonation of ecotopes for actual relief- and climatic conditions of the bog "Kriegswiese" in it's natural forest-surrounding. We conclude that

the essential parts of the bog-pine-areas are in a stable condition and that in the central part of the bog a new acrotelm has already developed. A new degeneration of the bog caused by atmospheric immission and large-scale forest-dying in the surrounding of the bog is, however, anticipated.

1 Einleitung

Die hier vorgestellten Ergebnisse entstanden u. a. im Rahmen einer Diplomarbeit (ZINKE 1995) sowie eines Gutachtens (EDOM 1995). Den betreuenden Einrichtungen (Institute für Grundwasserwirtschaft sowie für Allgemeine Ökologie und Umweltschutz der TU Dresden, Botanisches Institut der Universität Greifswald) sei hiermit gedankt. Unser Dank gilt ebenso Frau Gabriele Müller (damals Institut für Hydrologie und Meteorologie der TU Dresden, heute TU Wien), die uns ausgewählte Berechnungsergebnisse der hydrologischen Modelle DIFGA- und AKWA-M für das obere Erzgebirge zur Verfügung stellte.

Mittelgebirgs-Regenmoore sind in Europa vielfältig von menschlichen Aktivitäten, so auch von Torfabbau überprägt worden. Die dabei neu entstandenen Reliefstrukturen, wie Torfstiche und deren Stichkanten, Gräben und der verbliebene Restmoorkörper müssen in ihrem Wert und Entwicklungspotential für den Schutz der Moore bewertet werden. Dies soll hier mit einfachen Berechnungsmethoden aus Hydrologie und Geohydraulik versucht werden.

2 Charakteristik des Untersuchungsgebietes

Das Hang-Regenmoor Kriegswiese, ausgebildet als Wasserscheidenmoor, befindet sich im Kammgebiet des mittleren Erzgebirges unmittelbar an der Staatsgrenze zur Tschechischen Republik. Es ist Bestandteil des Naturschutzgebietes Schwarze Heide / Kriegswiese, das eine Gesamtfläche von 81 ha besitzt und in einer Höhenlage von 830 bis 900 m HN liegt. Der noch erhaltene Regenmoor-Torfkörper weist auf ca. 7 ha eine geschlossene Bestockung mit der Moorkiefer (*Pinus mugo nothosp. rotundata*) auf. Die übrigen Bereiche des NSG werden im Wesentlichen von Naßwiesen, Quellfluren und abgetorften, jetzt als Wiesen genutzten Moorstandorten eingenommen. Es sind zahlreiche geschützte Pflanzen- und Tierarten der Roten Liste Sachsens anzutreffen. Von besonderer Bedeutung in faunistischer Hinsicht ist einer der wenigen im Erzgebirge verbliebenen Birkhuhnbestände.

Den geologischen Untergrund im Untersuchungsgebiet bilden Rotgneise, an die sich nach Norden hin Graugneise (plattige Muskovitgneise und Paragneise der Preßnitzer Serie) anschließen (Abb. 1). Diese Gesteine weisen allgemein eine ein bis zwei Meter mächtige Verwitterungsschicht auf und sind an den flachen Hängen und Senken von Gehängelehm überdeckt. Als Folge der Anwesenheit sehr bindiger (d.h. wasserstauender) Materialien konnte sich in der Kriegswiese der nach KÄSTNER & FLÖßNER (1933) ursprünglich bis zu vier Meter mächtige Torfkörper entwickeln.

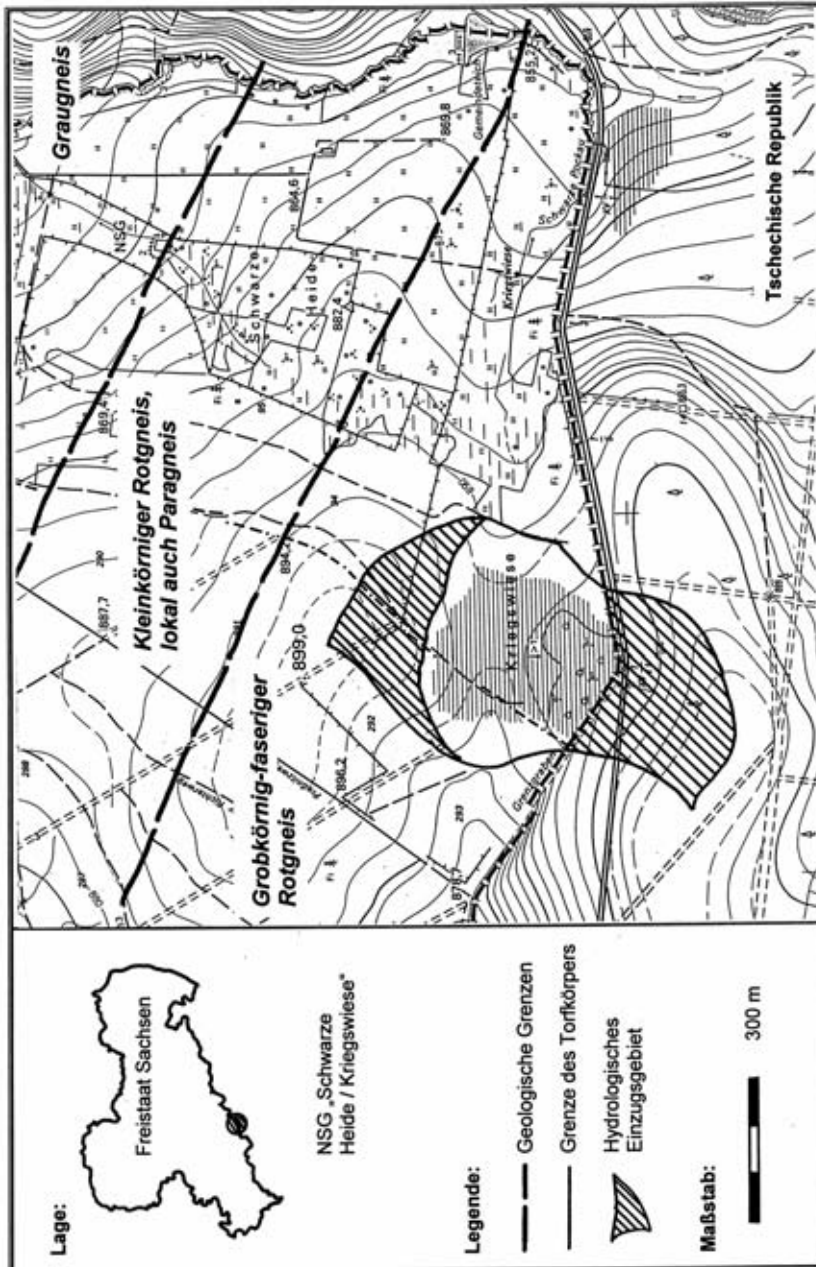


Abb. 1 Karte mit geologischer Gliederung (nach VEB HYDROGEOLOGIE 1985), Lage und Einzugsgebiet des Moores.

Fig. 1 Map showing the geology (by VEB HYDROGEOLOGIE 1985), the location and the hydrologic catchment area of the peatland.

Die Entwässerung der Kriegswiese nach Westen erfolgt über den Grenzgraben und ein Netz von Entwässerungsgräben, die sich unterhalb zum Beilbach vereinigen und später in die Preßnitz einmünden. In Richtung Osten entwässert das Moor über forstliche Entwässerungsgräben am Moorrand und ein ausgedehntes Naßwiesengebiet hin zur Schwarzen Pockau.

Die Torfnutzung begann in der Schwarzen Heide und wahrscheinlich auch in der Kriegswiese bereits im 17. Jahrhundert und endete nach 1945. Der Abbau erfolgte in bäuerlichen Handtorfstichen am Ost-, West- und Südrand der Kriegswiese. Einer industriemäßigen Torfgewinnung konnte die Kriegswiese u. a. wegen der schlechten Verkehrsanbindung entgehen, obwohl auch hier im Jahre 1948 entsprechende Untersuchungen zur Ermittlung des nutzbaren Torfvolumens durchgeführt wurden (ROST & HEMPEL 1948). Anhand der aus diesen Manuskripten hervorgehenden Bohrtiefen von 32 Bohrungen wurden drei Schnitte erstellt und eine Rekonstruktion der ursprünglichen Randgehängeoberfläche vorgenommen (Abb. 2).

Das Moor und die umliegenden Wälder befinden sich innerhalb eines Gebietes stärkster SO_2 -Belastung, was zum flächigen Absterben der Fichtenbestände im Umfeld des Moores führte. Da die Kriegswiese wesentlich kleiner und aufgrund seiner Höhenlage noch windexponierter als die Mothäuser Heide ist, dürfte das Waldsterben zu deutlich erhöhten advektiven Verdunstungsanteilen geführt haben.

3 Zur Wasserbilanz

Die langjährig mittlere Wasserbilanz der Kriegswiese setzt sich aus korrigiertem Niederschlag P_{korr} , moorbezogener Hangwasserzustrom $R_{\text{H-M}}$, Moorverdunstung ET_{M} , dem horizontalen Moorabfluß $R_{\text{A-h}}$ (auf und im Torfkörper sowie durch Fließgewässer) sowie der vertikalen Versickerung aus dem Torfkörper $R_{\text{A-GW(v)}}$ zusammen:

$$P_{\text{korr}} + R_{\text{H-M}} = ET_{\text{M}} + R_{\text{A-D}} + R_{\text{A-GW(v)}} \quad (1)$$

3.1 Niederschlag, Verdunstung und vertikale Versickerung

Zur Abschätzung der Niederschlagshöhe wurden Meßwerte der nächstgelegenen Station Reitzenhain und der weiter nördlich liegenden Station Marienberg sowie flächendeckend vorliegende Kartenwerke (NAU-Atlas) ausgewertet. Nach der in Ostdeutschland bewährten Praxis (FLEMMING 1983, FIH 1985) wurde eine Korrektur der gemessenen Niederschläge zur Berücksichtigung von Wind- und Benetzungsverlusten sowie der Nebelauskämmung in Waldgebieten vorgenommen. Für die Moorkiefernbestände dieser Höhenlage nahmen wir eine Nebelauskämmung von 80-100mm/a an. Der korrigierte mittlere Niederschlag P_{korr} beträgt somit ca. 1200 mm/a, bezogen auf die Jahresreihe 1901-50 der Station Reitzenhain (unkorrigiert 961 mm/a). Da aktuelle Beobachtungsdaten aus der Kammregion fehlen, ist dieser Wert mit Unsicherheiten verknüpft.

Die Ermittlung der realen Verdunstung der Moore, die insbesondere in stärker kontinental geprägten Landschaften zeitweise deutlich unter der potentiell möglichen Verdunstung liegt (EDOM 2001), ist ohne aufwendige Erhebungen nur schwer möglich. Nach dem Verfahren von TURC / IVANOV (s. DYCK & PESCHKE 1995) wurde mit den Klimadaten von Reitzenhain und Marienberg eine langjährige mittlere Verdunstung ET_{M} von ca. 450 mm/a berechnet (EDOM 1991). Da dieser Wert trotzdem eine potentielle Verdunstung ET_{P} darstellt und aufgrund der Daten niedriger gelegener Klimastationen für die Kammregion ohnehin relativ groß ist, sind als reale Verdunstung windgeschützter Moorbodenstandorte deutlich niedrigere Werte zu erwarten. Der zu hohe Wert gleicht aber zumindest teilweise den Einfluß der Transpiration der Moorkiefern wieder aus.

Der vertikale Abfluß $R_{\text{A-GW(v)}}$ ist aufgrund der geringen Durchlässigkeiten der unteren Torfschichten sowie des unterlagernden tonigen Materials sehr niedrig und kann in Übereinstimmung mit EGGELSMANN (1990) mit ca. 10 bis 30 mm/a angenommen werden.

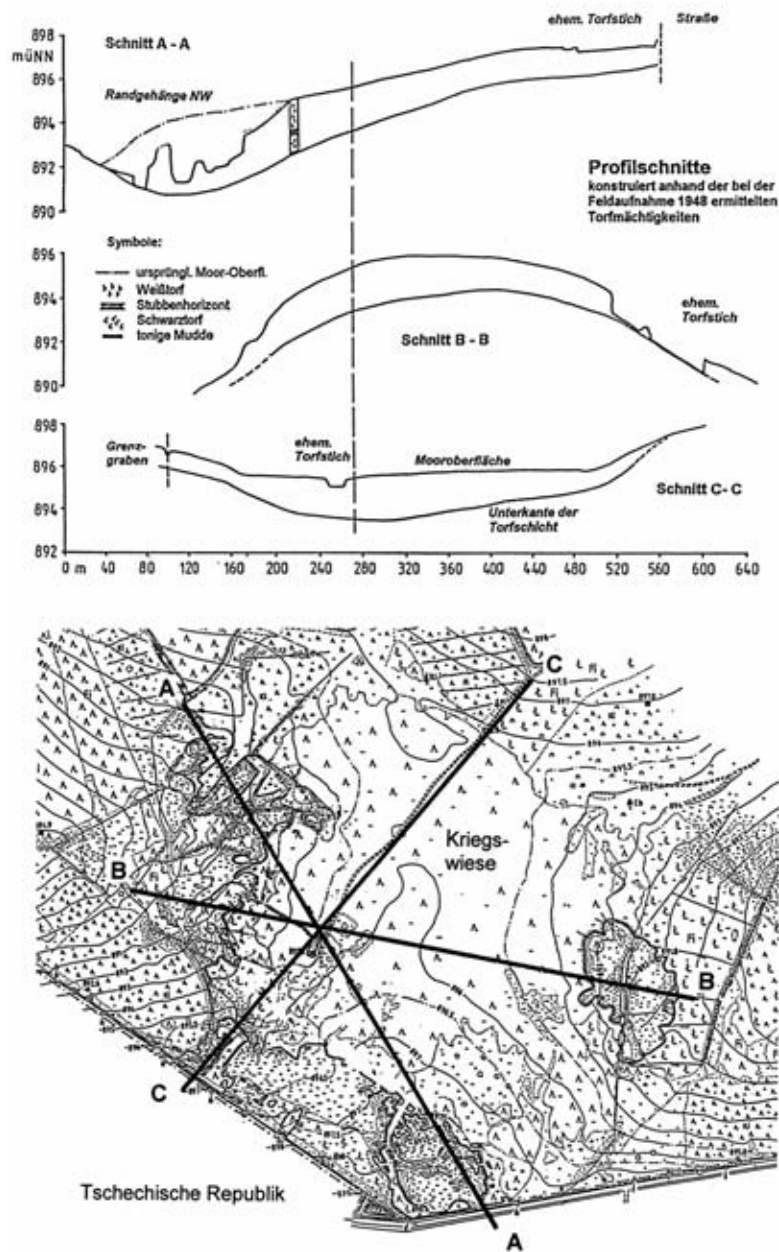


Abb. 2 Profilschnitte (Teufenangaben nach ROST & HEMPEL 1948).

Fig. 2 Profiles of the bog (depths after ROST & HEMPEL, 1948).

3.2 Hangwasserspeisung

Das Moor wird durch ein insgesamt ca. 15 ha umfassendes, aus zwei Teilflächen bestehendes mineralisches Einzugsgebiet gespeist. Der südliche Teil liegt auf tschechischer Seite und ist durch eine Straße bzw. den Grenzgraben teilweise abgeschnitten (Abb. 1) und somit für die Wasserspeisung der Kriegswiese kaum noch wirksam.

Der Abfluß des mineralischen Einzugsgebietes gliedert sich in mehrere, nicht immer klar voneinander zu trennende Komponenten, die sich grob unterteilen lassen in den Direktabfluß R_D (oberirdischer und hypodermischer Abfluß), den schnellen Basisabfluß $R_{B(s)}$ (Abfluß über dem Festgesteinskörper) und den langsamen Basisabfluß $R_{B(l)}$ (Abfluß in Klüften und Zerrüttungszonen des Festgesteins, etwa dem Grundwasserabfluß gleichzusetzen). Für die Speisung des Moores besitzen in erster Linie der Direktabfluß und Teile des schnellen Basisabflusses Bedeutung, während sich der langsame Basisabfluß bzw. Grundwasserabfluß unterhalb des Moores in den Klüften und Wasserwegsamkeiten der Grundgesteine vollzieht. Die Größenordnung dieses Grundwasserabflusses $R_{B(l)}$ kann nach den Grundwasserspendenschlüsseln von KRAFT & SCHRÄBER (1982) für den anzutreffenden klüftungsfreundlichen Gneis je nach tektonischer Zerrüttung mit 100 bis 200 mm/a angenommen werden.

Für die Größenordnung des einzugsgebietsbezogenen Hangwasserzuflusses R_{H-EZG} erhält man mit

$$R_{H-EZG} = P_{korrr} - ET_{EZG} - R_{B(l)} \quad (2)$$

einen Maximalwert von 650 mm/a. Hierbei wurde wiederum eine Verdunstungshöhe ET_{EZG} von 450 mm/a zu Grunde gelegt. Diese Näherung erscheint bei Anwendung des Verfahrens von BAGROV/ GLUGLA (s. DYCK & PESCHKE 1995) bei einem hohen Verhältnis von P_{korrr}/ETP sowie stark bindigen Böden als zulässig.

Die Plausibilität der Hangwasserbilanz wurde anhand von langjährigen Förderdaten einer benachbarten Wasserfassung sowie durch Vergleiche mit den Ergebnissen der für das Einzugsgebiet der Schwarzen Pockau vorhandenen Ganglinienseparations- bzw. Wasserhaushaltsmodelle DIFGA und AKWA-M geprüft und bestätigt (s. ZINKE 1995).

4 Genese und Wirksamkeit sekundärer Randgehänge

Durch den Torfabbau in den Randbereichen entstehen Stichtanten, die sich durch Torfzersetzung im Laufe der Zeit hydraulisch verdichten und Eigenschaften sogenannter "sekundärer Randgehänge" (AUE 1991) annehmen. Durch die hydraulische Verdichtung kommt es dann zum Wiederanstieg des Moorwasserspiegels, was zur Zurückdrängung der durch die Entwässerung begünstigten Gehölze führen kann (Abb. 3). Auch die Herausbildung sekundärer Randgehänge kann als Teilprozeß einer Mooregeneration angesehen werden und soll deswegen am Beispiel der nordwestlichen Randbereiches der Kriegswiese quantifiziert werden.

4.1 Setzungen

Die ursprüngliche Moormächtigkeit lag nach KÄSTNER & FLÖßNER (1933) bei maximal 4 m und wurde vermutlich nur in der abgetorften Randzone im Westen erreicht. Die Setzungen an den heutigen Moorrändern, wo die Torfmächtigkeit nach ROST & HEMPEL (1948) noch bis 2,4 m betrug, besaßen die Größenordnung von 0,6 bis 0,9 m. Das derzeitige Relief an den Rändern ist sehr stark durch Rotwild-Trittschäden überprägt.

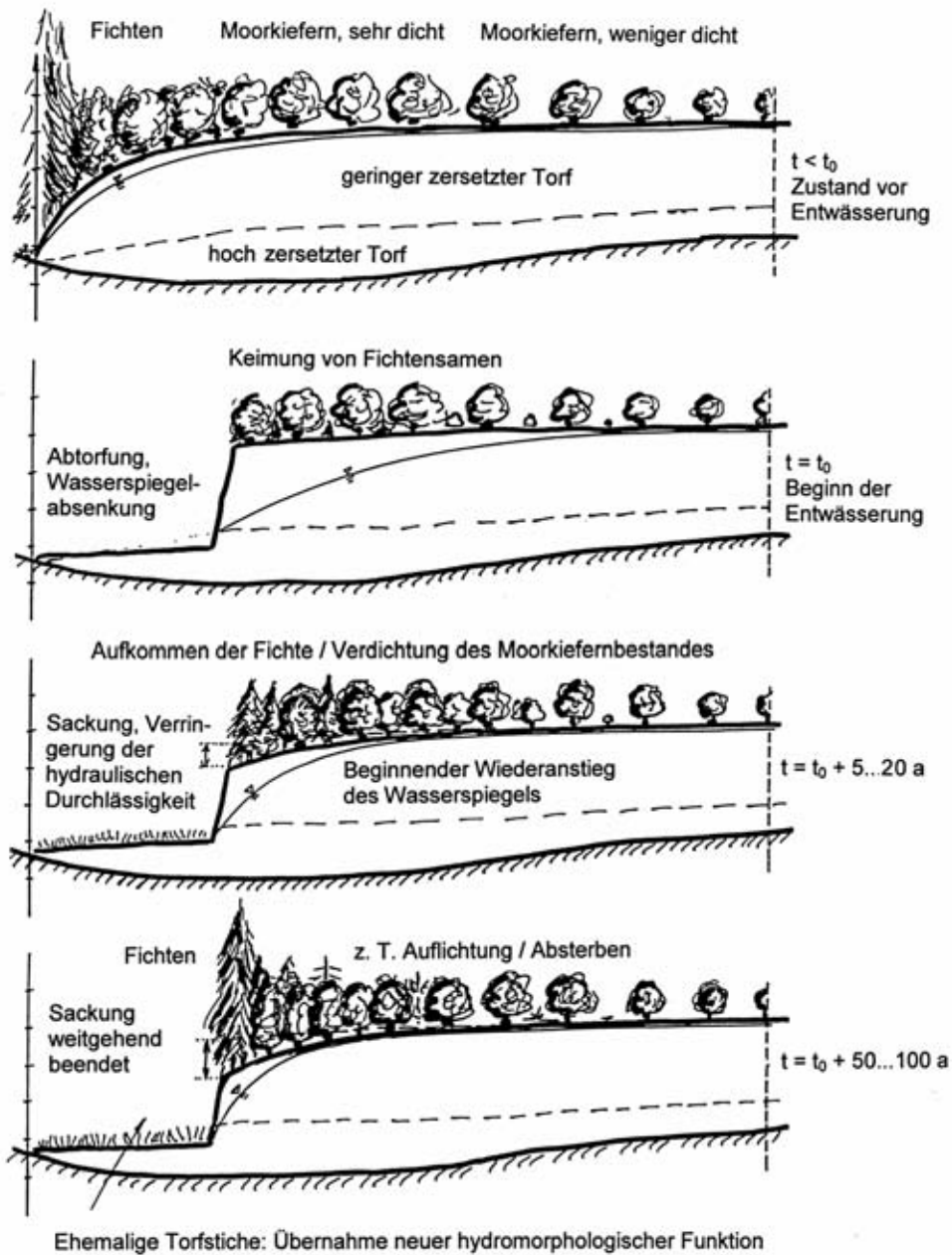


Abb. 3 Schema zur Genese des sekundären Randgehänges (überhöhte Darstellung, Gehölze nicht maßstäblich).

Fig. 3 Scheme of the development of a secondary margin-slope-area (peat deposits with enlarged scale).

4.2 Zeitliche Veränderung der hydraulischen Leitfähigkeit

Sehr wesentlich für die Beurteilung der zeitlich veränderlichen Reichweite des Entwässerungseinflusses ist die Entwicklung der hydraulischen Leitfähigkeit. Durch die mit der Entwässerung einhergehende Erhöhung des Zersetzungsgrades und Verdichtung kommt es in der Regel zur Abnahme der gesättigten hydraulischen Leitfähigkeit. Lediglich in Waldtorfen oder bei längerer landwirtschaftlicher Nutzung wurden vereinzelt auch Erhöhungen festgestellt, die im Zusammenhang mit der Entstehung von nichtkapillaren Poren oder Rissen (sog. Makroporen) standen (LUNDIN 1964, PÄIVÄNEN 1973). Allerdings zeigt sich, daß die von unterschiedlichen Autoren abgeleiteten mathematischen Beziehungen zwischen dem Zersetzungsgrad und dem Filtrationskoeffizienten insbesondere bei höheren Zersetzungsgraden um Größenordnungen voneinander abweichen (Abb. 4). Für die Erzgebirgsmoore empfehlen wir in diesem Fall die Anwendung der Beziehungen nach BADEN & EGGELSMANN (1963), PÄIVÄNEN (1973) oder DVWK 116.

Aus Naturschutz- und Kostengründen wurden in der Kriegswiese keine Felduntersuchungen zur Ermittlung der hydraulischen Durchlässigkeit vorgenommen. Eine theoretische Abschätzung ihrer Größenordnung ist dennoch möglich. H. SCHREIBER, der Leiter der nahegelegenen Moorversuchsstation Sebastiansberg (heute Hora Sv. Šebestiana), führte u. a. Versuche zur Nutzbarmachung der Regenmoore für die Land- und Forstwirtschaft durch. Dabei bemerkte er, daß eine dauerhafte "Wirkung der Gräben nur auf 5 m merklich" sei (SCHREIBER 1913). Vorausgesetzt, daß die Torfzersetzung an Grabenrändern und Torfstichkanten ähnlich verläuft, kann dieser Hinweis als Anhaltspunkt für eine Abschätzung der hydraulischen Leitfähigkeit nach weitgehender hydraulischer Verdichtung auch im Bereich der Kriegswiese dienen. Wir nutzen hierfür einfache analytische und empirische Ansätze zur Berechnung der Grabenanstromung. Dabei nehmen wir an, daß

- die klimatischen Verhältnisse in den nur 2 bis 5 km entfernten und auf gleicher Höhenlage liegenden Mooren um Sebastiansberg denen der Kriegswiese entsprechen sowie
- der Torfkörper und insbesondere die oberen Torfschichten ähnliche botanische Zusammensetzungen, Mächtigkeiten und Zersetzungsgrade wie in Sebastiansberg aufweisen.

Als Ausgangsinformationen sind bekannt:

- die Mächtigkeit des "hellen, unverwitterten jungen Moostorfes" mit 0,5 - 2,5 m (SCHREIBER 1913, S. 3)
- die Maße der "schnurgerade gezogenen Gräben" (Hauptgräben vor Entwässerung 1,5 und danach 1,0 m tief, Nebengräben vor Entwässerung 0,4 m tief, SCHREIBER 1913, S. 56)

Leider ist nicht feststellbar, ob sich Schreibers Aussage auf die Haupt- oder Nebengräben bezieht, so daß beide Fälle betrachtet werden müssen.

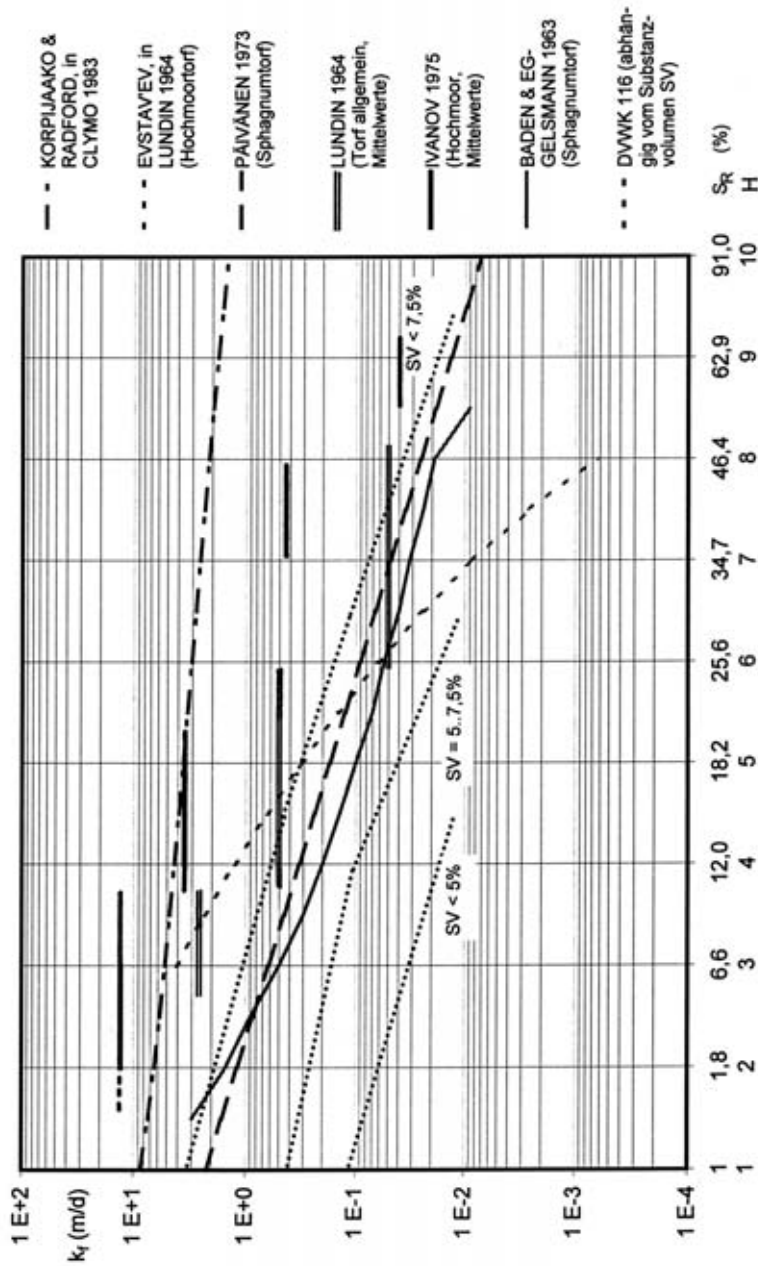


Abb. 4 Beziehung zwischen Zersetzungsgrad (H nach VON POST) und gesättigter hydraulischer Leitfähigkeit (Filtrationskoeffizient k_f) nach den Angaben unterschiedlicher Autoren.

Fig. 4 Relation between the degree of peat-decomposition (Von Post scale H) against saturated hydraulic conductivity (filtration-coefficient k_f) after different authors.

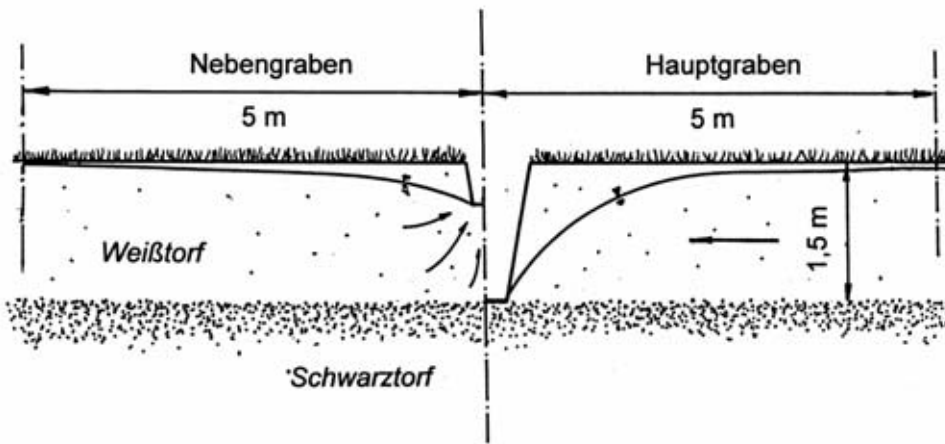


Abb. 5 Schema zur Grabenanströmung für Haupt- und Nebengräben.

Fig. 5 Scheme of water flow for main ditches and small ditches.

Legt man eine stationäre parallel-ebene einseitige Grabenanströmung (BUSCH ET AL. 1993) sowie eine nach einigen Jahren gleichverteilte hydraulische Leitfähigkeit (vgl. KOSOV 1987) zugrunde, so läßt sich die gesättigte hydraulische Leitfähigkeit wie folgt berechnen:

$$k_f = \frac{R^2 \cdot (P_{\text{korr}} - ET)}{h^2} \quad (3)$$

mit: $P_{\text{korr}} - ET = 750 \text{ mm/a} = 0,0021 \text{ m/d}$; R .. Reichweite des Grabeneinflusses, nach den Angaben von SCHREIBER = 5 m; h .. unbeeinflusster Wasserstand über dem Grabenwasserstand in der Entfernung R (für den Hauptgraben ist $h = 1,5 \text{ m}$).

Somit erhält man für den Hauptgraben einen Filtrationskoeffizient k_f von 0,023 m/d nach weitgehender Torfzersetzung, was dem 8-Jahreswert nach KOSOV (1987) sowie einem Zersetzungsgrad von 6 bis 9 (Abb. 4) entspricht.

Für den Nebengraben nimmt, wenn wiederum eine mittlere Mächtigkeit von 1,5 m für den höherdurchlässigen Weißtorf ("heller, unverwitterter junger Moostorf" s. SCHREIBER 1913) angenommen wird, die radiale Zuströmung von unten einen bedeutenden Anteil ein. Den empirischen Ansatz von HOOGHOUTD (in EGGELSMANN 1981):

$$a = \sqrt{\frac{8k_{f2} \cdot d \cdot h}{s} + \frac{4k_{f1} \cdot h^2}{s}} \quad (4)$$

mit a .. Dränabstand in m (hier: doppelte Entwässerungreichweite $2R$), k_{f1} .. Durchlässigkeitsbeiwert der Bodenschicht oberhalb des Dräns in m/d, k_{f2} .. Durchlässigkeitsbeiwert der Bodenschicht unterhalb des Dräns in m/d, d .. Faktor in m für die äquivalente Dicke der durchströmten Bodenschicht unterhalb der Dränachse in Abhängigkeit von a und der Tiefe der undurchlässigen Schicht, h .. Höhe des zulässigen Grundwasserspiegels über der Dränsohle in m (also: 0,4 m), s .. maximal abzuführender Niederschlag (Speisungsrate) in m/d ($P_{\text{korr}} - ET_M = 0,0021 \text{ m/d}$, s. o.)

kann man bei $k_f = k_{f1} = k_{f2}$ (heller Moostorf bis 1,5 m Tiefe) wie folgt formulieren:

$$k_f = \frac{R^2 \cdot (P_{korr} - ET_M)}{2 \cdot h \cdot d + h^2} \quad (5)$$

Man nimmt hierbei einen Filtrationskoeffizienten von $k_f = 0,05$ bis $0,07$ m/d nach weitgehender Torfzersetzung, je nachdem ob der helle Moostorf bis $1,5$ m oder tiefer ging (Faktor d).

Der Filtrationskoeffizient im grabennahen Bereich hat somit wahrscheinlich zwischen $0,02$ bis $0,07$ m/d nach weitgehender Torfzersetzung gelegen. Er ist mit dem von KOSOV (1987) an Grabenrändern gemessenen Werten vergleichbar und entspricht nach BADEN & EGGELSMANN (1963) sowie Abb. 4 einem Zersetzungsgrad von 5 bis 8.

Die hydraulische Durchlässigkeit vor Beginn der Entwässerung k_0 läßt sich durch die Formeln von LUNDIN (in IVANOV 1975) sowie KOSOV (1987) berechnen:

$$k_0 = k_f(t) \cdot e^{-c \cdot h} \quad (6)$$

bzw.

$$k_0 = k_f(t) \cdot (t+1)^m \quad (7)$$

mit: $k_f(t) = 0,02..0,07$ m/d (Filtrationskoeffizient nach einer gewissen Entwässerungszeit t); $t = 5..30$ a; Entwässerungstiefe $h = 0,4$ m (Nebengräben) .. $1,5$ m (Hauptgräben); LUNDIN-Zeitexponent $c = 3,4 .. 4,5$; KOSOV-Intensitätsexponent für Hochmoor $m = 0,8..1,5$.

Wir erhalten nach Gl. (6) $k_0 = 0,078..59,8$ m/d sowie nach Gl. (7) $k_0 = 0,084..12,1$ m/d. Diese sehr große Spanne läßt sich einengen, wenn man davon ausgeht, daß große k_f -Werte nur in den zeitweilig durchflossenen Lagen des oberen Akrotelms auftreten (IVANOV 1975), aber nicht für eine $0,4$ bis $1,5$ m mächtige durchflossene Schicht gelten. Da außerdem die LUNDIN-Formel (6) für landwirtschaftliche Folgenutzung gilt und damit hydraulische Verdichtung durch anthropogene Auflast (Maschinen) sowie Bodenbearbeitung beinhaltet, erscheint die Größenordnung der KOSOV-Formel (7) für unsere Zwecke sinnvoller. Wegen der Beschreibung des Moostorfes als "hell und unverwittert" (H1 bis H3) durch SCHREIBER (1913) dürfte nach den Werten von BADEN & EGGELSMANN (1963) (s. Abb. 4) der k_f -Wert höher als $0,5$ m/d gelegen haben. Somit kann von einer langfristigen Verringerung der hydraulischen Durchlässigkeit um ein bis zwei Größenordnungen im Ergebnis der Entwässerung und Torfverdichtung ausgegangen werden, und zwar von ursprünglich $0,5..12$ m/d auf $0,02..0,07$ m/d.

4.3 Veränderung der Reichweite des Entwässerungseinflusses am sekundären Randgehänge

Setzt man eine stationär ebene Anströmung der Stiehkante und des späteren sekundären Randgehänges sowie räumlich konstante k_f -Werte voraus, läßt sich Gl. (3) zur Berechnung der Reichweite R benutzen:

$$R = h \cdot \sqrt{\frac{k_f}{(P_{korr} - ET)}} \quad (8)$$

wobei hier h als die mittlere Wasserspiegelabsenkung von 2 m am sekundären Randgehänge im nordwestlichen Teil der Kriegswiese anzusetzen ist. Unmittelbar nach Torfabbau, also mit Entstehen der Stiehkante, läßt sich also eine theoretische Entwässerungsreichweite von 31 m bis 151 m berechnen. Der tatsächlich maßgeblich von entwässerungsbedingten Sackungen betroffene Bereich in der Kriegswiese ist am deutlich stärkeren Gefälle der Mooroberfläche zu erkennen und besitzt am Westrand eine Breite von 30 bis 40 m. Unter Beachtung der getroffenen Vereinfachungen läßt sich der mittlere Filtrationskoeffizient zu Beginn der Entwässerung damit auf ca. $0,5$ bis $0,8$ m/d eingrenzen.

Die weitreichende Entwässerung hatte zur Folge, daß in die davon betroffene Zone parallel zu den Sackungen Fichten eindringen konnten (Abb. 3). Im Laufe der Jahre kam es zur Verringerung der k_f -Werte in den entwässerungsbeeinflussten Schichten, was zu einem Wiederanstieg des Wasserspiegels und gemeinsam mit anderen Faktoren (Immissionen) zum Absterben der zuvor eingewanderten Fichten führte. Die Reichweite des heutigen Entwässerungseinflusses am sekundären Randgehänge beträgt nach Gl. (8) nur noch 6 bis 12 m, was auch mit den Geländebeobachtungen übereinstimmt.

Setzt man in Gl. (8) die winterliche atmosphärische Wasserbilanz von Mooren in Nordwestdeutschland ein, so erhält man die sogenannte "Winterformel" von VAN DER MOLEN (1981), die AUE (1991) für ein sekundäres Randgehänge in Schleswig-Holstein favorisierte. Da am Erzgebirgskamm die atmosphärische Wasserbilanz auch in den Sommermonaten positiv ist, ist dort die Verwendung von Gl. (8) mit den Jahreswerten sinnvoller.

Abschließend sei betont, daß die zur Berechnung genutzten einfachen geohydraulischen Ansätze zwar nur grobe Abschätzungen der Größenordnungen der Entwässerungsfolgen erlauben, aber damit für mehrere Belange des Moorschutzes bereits ausreichend sind. Aufwendige Strömungsmodelle sind nur dann gerechtfertigt, wenn alle relevanten Parameter tatsächlich mit hinreichend genauer räumlicher und zeitlicher Diskretisierung bereitgestellt werden können und sich der dafür erforderliche Aufwand mit den Naturschutzinteressen vereinbaren läßt.

5 Entwicklung der Ökotoxponierung

5.1 Methodik der Entwicklungsprognose

In EDOM & GOLUBCOV (1996) sowie EDOM (2001) ist der Zusammenhang zwischen den Akrotelmigenschaften und der potentiell natürlichen Ökotoxponierung in Mittelgebirgs-Regenmooren dargestellt. Das Verfahren beschreibt mittels aktueller Relief- und Klimabedingungen den maximal erreichbaren Zustand nach Abschluß der Regeneration. Dies ist ein Zustand, in dem flächendeckend akrotelmische hydraulische Bedingungen herrschen. Deswegen geht das Verfahren von der Berechnung der Akrotelmtransmissibilität $M_S(i)$ aus, die für jedes Segment i mit der Breite b_S , der Fläche A sowie dem Gefälle dy/ds entlang von Stromlinien berechnet wird:

$$M_S(i) = (P_{\text{kor}} - ET - q_{\text{GW}}) \cdot \frac{\sum_{j=1}^i A_j}{b_S(i) \frac{dy}{ds}(i)} + \frac{q_{\text{EZG}} b_{\text{EZG}}}{b_S(i) \frac{dy}{ds}(i)} \quad (9)$$

q_{GW} ist in unserem Falle identisch mit der Versickerung $R_{A-GW(v)}$, die wir mit 20 mm/a einschätzen (Kap. 3.1). Für die zusätzlich hangwassergespeisten Fließsektoren ist q_{EZG} die horizontale Wasserspeisung des ersten Segmentes der Breite b_{EZG} des Fließsektors A_{EZG} aus dem Einzugsgebiet des Moores und wird wie folgt berechnet:

$$q_{\text{EZG}} = \frac{A_{\text{EZG}} \cdot R_{H-EZG}}{b_{\text{EZG}}} \quad (10)$$

Gemäß Abschnitt 3.2 ist die Hangwasserspeisung $R_{H-EZG} = 650$ mm/a für die entsprechenden Fließsektoren, deren Größe A_{EZG} in Verlängerung der moorrinneren Fließsektoren in das Einzugsgebiet ermittelt werden muß. Im weiteren geht in die Berechnung die Hangwasserspeisung nur das nördlichen Einzugsgebietes in Gl. (9) ein, da das südliche, auf tschechi-

schem Territorium liegende Einzugsgebiet durch die Straße und den Grenzgraben teilweise abgeschnitten ist.

Den so in einer Karte berechneten potentiellen Akrotelmtransmissibilitäten müssen nun entsprechende Ökotoptypen zugeordnet werden. Dies erfolgte für das mittlere Erzgebirge gemäß Abb. 6 in Anlehnung an die von IVANOV (1975) für den europäischen Teil der UdSSR angegebenen hydrologischen Charakteristika von Moorökotopen. Da in der Kriegswiese im Gegensatz zur Mothäuser Heide ein Spirken-Moorwald nicht vorkommt, nimmt statt dessen eine im Gelände auch sichtbare zwergstrauchreiche Ausbildungsform des Moorkiefern-Moorgehölzes der Baumhöhe bis 6m den hydraulisch durchlässigeren (d. h. nasserem) Teil dieser Nische ein. Der fichtenreiche Kiefern-Moorwald mit Baumhöhen von 10 bis 12 m, der nach KÄSTNER & FLÖßNER (1933) auch weitgehend ohne Kiefern vorkommen kann, dringt entsprechend weiter in die hydraulisch undurchlässigeren (d. h. trockneren) Bereiche des potentiellen Spirken-Moorwaldes vor. Die Kriegswiese ist im Vergleich zur Mothäuser Heide ein Beispiel dafür, wie bei entsprechend fehlenden Pflanzenarten die hydraulische Rolle der von ihnen geprägten Ökotope durch Kombinationen anderer Arten zu hydraulisch ähnlichen Ökotypen ersetzt werden kann. Bei den entsprechenden, an das Hang-Einzugsgebiet angrenzenden geringmächtigen Moorrandbereichen muß zusätzlich zur reinen Durchlässigkeit noch eine mesotrophe Wasserspeisung berücksichtigt werden. Dementsprechend müssen gemäß KÄSTNER & FLÖßNER (1933) Fichtenwälder mäßiger bis fortgeschrittener Versumpfung oder sogar ein baumfreies Seitenkantenlagg vorhergesagt werden.

5.2 Interpretation der Ökotypentwicklung

Mit Hilfe der in Abb. 6 gebotenen Beziehungen kann die potentielle Ökotypzonierung für das Moor Kriegswiese dargestellt werden (Abb. 7). Durch einen Vergleich mit den vorhandenen Pflanzengesellschaften bzw. Ökotypen kann eingeschätzt werden, daß die prognostizierte Ökotypzonierung der Kriegswiese auf einem Großteil der Fläche der vorhandenen entspricht und an der Mehrzahl der von Entwässerung betroffenen Stellen bereits eine natürliche Anpassung (Akrotelmneubildung, Regeneration) stattgefunden hat.

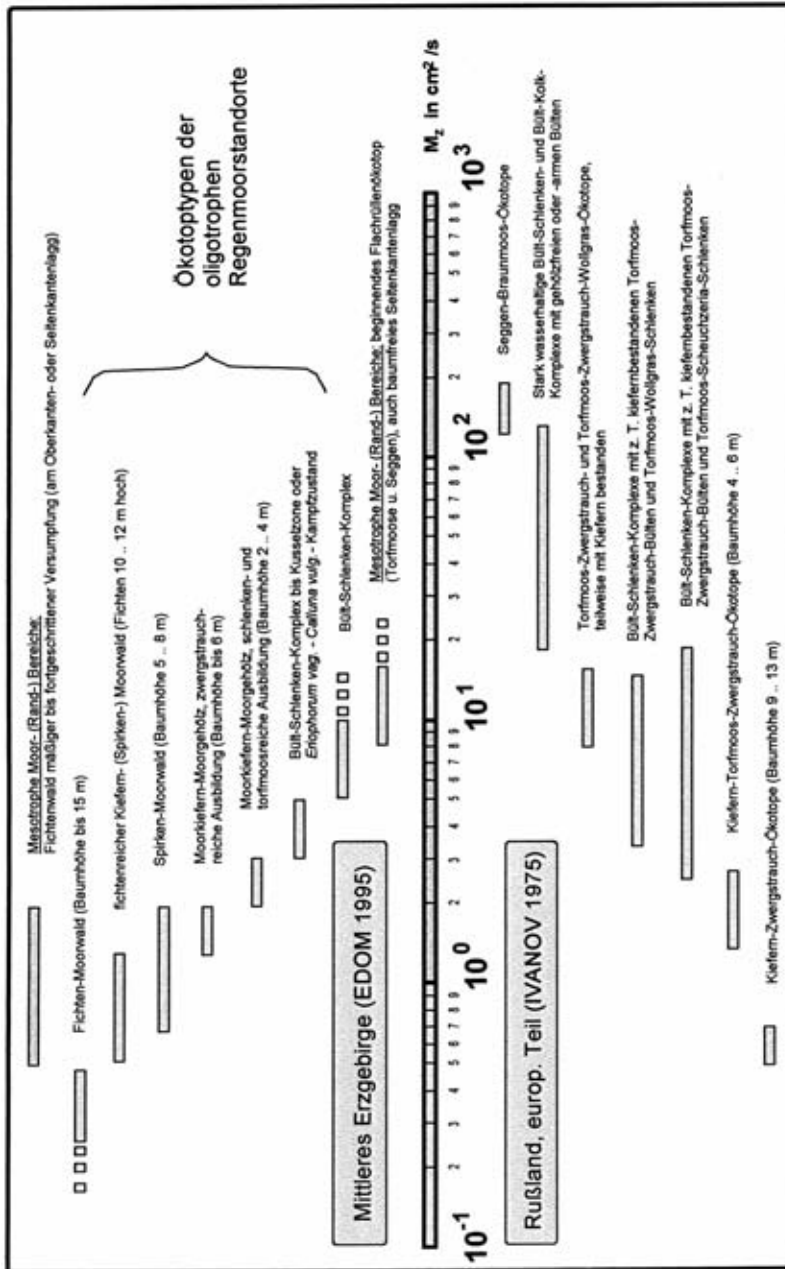


Abb. 6 Zuordnung der Durchlässigkeitsparameter zu den Ökotypen.

Fig. 6 Transmissivity values applied to bog-ecotopes.

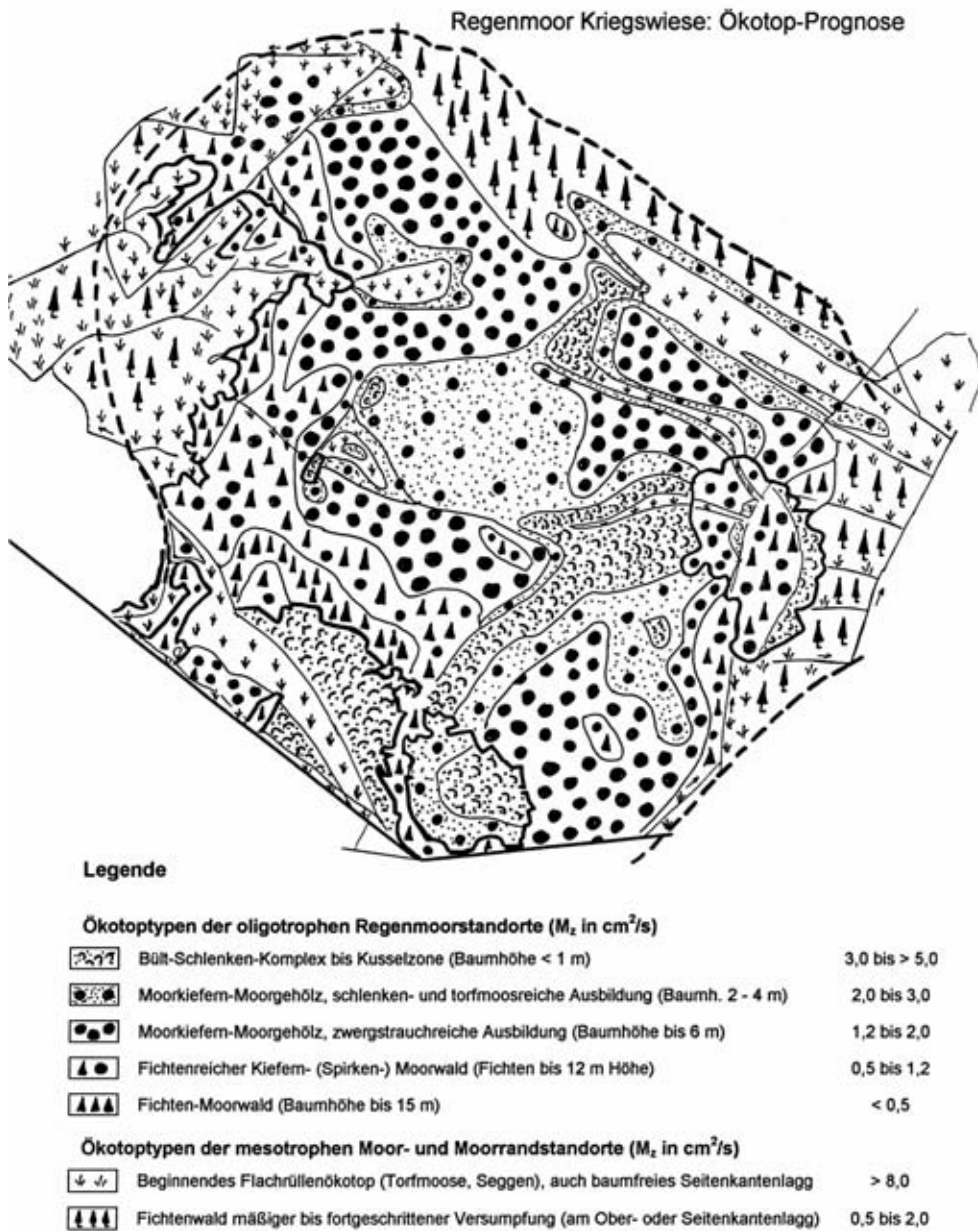


Abb. 7 Karte der potentiellen Moorökotope.

Fig. 7 Map of potential bog-ecotopes.

In instabilem, d. h. nicht dem prognostizierten Zustand entsprechenden Zustand befinden sich derzeit:

- die unmittelbar an den Stichtanten im Westen und Osten liegenden Bereiche, wo die Entwicklungstendenz aus hydrologischer Sicht in Richtung eines Fichten-Moorwaldes gehen könnte, sofern dies bei der Immissionsituation möglich ist,
- die im östlichen Drittel des Moorkiefernbestandes liegenden Abschnitte, die zur Bildung von offenen Moorbereichen (Bülten-Schlenken-Komplexen) tendieren, was aber an teilweise absterbenden Moorkiefern schon zu erkennen ist,
- die fast gehölzfreie Regenerations-Fläche im Süden, wo sich nach vollständiger Verlandung der Torfstiche und Höhenangleichung mit den Torfdämmen laggartige sowie Bült-Schlenken-Strukturen herausbilden müßten.

6 Wertung und Ausblick

Auch in der Kriegswiese lassen sich mit dem Verfahren von EDOM & GOLUBCOV (1996) nachvollziehbare Ökotopentwicklungen vorhersagen. Da dieses Verfahren an den (sekundären) Randgehängen ungenau wird, bietet sich dort eine gesonderte hydraulische Beschreibung über Setzungsberechnungen und Grabenanströmformeln an. Der Spielraum möglicher k_r -Werte muß dabei über Feldexperimente, Torfuntersuchungen oder mathematischen Abschätzungen anhand von Literaturangaben sowie Geländebeobachtungen über die ehemalige und gegenwärtige Entwässerungsreichweite eingengt werden. Voraussetzung beider Verfahren ist die Erstellung einer langjährig mittleren Wasserbilanz.

Weitere anthropogene Strukturen, wie Torfstiche und Gräben, sollten in ihrem Entwicklungspotential anhand ihrer Einbettung in die Ökotopprognose, ihres Gefälles und ihrem Verlandungsablauf bewertet werden. Somit kommt vielen Moorstandorten und anthropogen entstandenen Strukturelementen im Regenerationsprozeß eine neue **hydromorphologische Rolle** zu, die den Moorentwicklungsbedingungen entsprechend den veränderten Relief- und Klimabedingungen entspricht. In den meisten Fällen kann damit die Revitalisierung des Moores in seiner ursprünglichen Struktur nicht mehr angestrebt werden. Potentielle Entwicklungsziel der Moorrevitalisierung sind dann andere "quasinatürliche" Moorstrukturen. In der Kriegswiese kam es z. B. durch die Zerstörung des Torfkörpers auf der tschechischen Seite zu einer Verlagerung des ehemaligen Oberkantenlaggs auf die deutsche Seite.

Die Prognose der potentiellen natürlichen Ökotopzonierung erfolgte unter der Annahme unveränderter klimatischer Bedingungen der Kriegswiese in seiner natürlichen Waldumgebung. Eine Verminderung der Wasserspeisung (z. B. durch abnehmende Niederschläge P oder erhöhte Verdunstung ET) führt gemäß Gl. (9) - nach dem Durchlaufen instabiler Zwischenzustände - zur Abnahme der höherdurchlässigen Flächenanteile und zur Ausbreitung "trockenerer" Gesellschaften. Schlenken würden verschwinden und vom Rand her Fichten einwandern. Am sekundären Randgehänge würde gemäß Gl. (8) die Verminderung der Himmelwasserbilanz ($P_{\text{korrr}} - ET$) eine neuerliche Erhöhung der Entwässerungsreichweite R mit einer erneuten Verdichtung des Baumwuchses oder Verheidung bedeuten. Derartige neuartige Störungen werden gegenwärtig dadurch gefördert, daß mit dem weitgehenden Absterben der umgebenden Fichtenwälder die Windexposition und damit advective Verdunstungsanteile aus dem Moor deutlich zunehmen (s. Abschnitt 2). Weitere Unsicherheiten ergeben sich daraus, daß die ständigen Immissionsbelastungen am Kamm des Erzgebirges sowohl die Bäume im Moor schädigen als auch die Torfzersetzung fördern und somit die Regenerationsprozesse beeinträchtigen.

Literatur

- AUE, B. (1991): Über die moorhydrologische Schutzfunktion des sekundären Randgehanges im Dosenmoor bei Neumünster (Schleswig-Holstein). – *TELMA* **21**: 157-174, Hannover.
- BADEN, W. & EGGELSMANN, R. (1963): Zur Durchlässigkeit der Moorböden. – *Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung* **4**: 226-254.
- BUSCH, K. F.; LUCKNER, L. & TIEMER, K. (1993): *Geohydraulik*. 3. Aufl.: 497 S., Berlin, Stuttgart (Bornträger).
- DVWK (1982): DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft **116**, Teil 2: Ermittlung von Standortskennwerten mit Hilfe der Grundansprache der Böden., Hamburg (Paul Parey).
- DYCK, S. & PESCHKE, G. (1995): *Grundlagen der Hydrologie*. 3. Aufl. 536 S.; Berlin (Verlag für Bauwesen).
- EDOM, F. (1991): Untersuchungen zum Wasserhaushalt des Naturschutzgebietes Mothäuser Heide als Beitrag zur Kenntnis gefährdeter Moorökosysteme des Erzgebirges. 87 S. & Anl.; Dipl.-Arbeit TU Dresden, Abt. Wasserwesen (unveröfftl.).
- EDOM, F. (1995): Gutachten zum potentiellen hydrologischen Regime der Kriegswiese. Im Auftrag von: Landschaftsplanung Böhner & Reichhoff GmbH, Freital, unveröfftl.: 12 S. & Anl.
- EDOM, F. (2001): Moorlandschaften aus hydrologischer Sicht. – In SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. (Hrsg.): *Landschaftsökologische Moorkunde*, 2. Aufl.: Stuttgart (Schweizerbart).
- EDOM, F. & GOLUBCOV, A.A. (1996): Zum Zusammenhang von Akrotelmeigenschaften und einer potentiell natürlichen Ökotoptzonierung in Mittelgebirgsregenmooren. – *Verhandl. der Gesellsch. f. Ökol.* **26**: 221-228.
- EGGELSMANN, R. (1981): *Dränanleitung*. 2. Aufl.: 288 S.; Hamburg (Paul Parey).
- EGGELSMANN, R. (1990): Moor und Wasser. – In: GÖTTLICH, K. (Hrsg.): *Moor- und Torfkunde*. 288-319; Stuttgart (Schweizerbart).
- FIH (1985): *Methodik der Korrektur von Niederschlagshöhen, Arbeitsmappe Gutachtenerteilung*. 18 S.; Berlin (Forschungsinstitut für Hydrometeorologie).
- FLEMMING, G. (1983): Verbesserung der Niederschlagsdaten im Saitenbachgebiet. – TU Dresden, Sektion Wasserwesen, Wissenschaftsbereich Hydrologie und Meteorologie (unveröfftl.).
- IVANOV, K. E. (1975): *Vodoobmen v bolotnych landsaftach*. (Wasseraustausch in Moorlandschaften). 280 S.; Leningrad (Gidrometeoizdat).
- KÄSTNER, M. & FLÖßNER, W. (1933): *Die Pflanzengesellschaften des westsächsischen Berg- und Hügellandes*, 2. Teil: Die Pflanzengesellschaften der erzgebirgischen Moore. 203 S.; Dresden (Verlag des Landesverbandes Sächsischer Heimatschutz).
- KOSOV, V. I. (1987): Über die Wasserdurchlässigkeit der Torfe und ihre Veränderung nach der Entwässerung. – *Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt- Universität, Math.-Nat. Reihe* **36**: 364-368; Berlin.
- KRAFT, W. & SCHRÄBER, D. (1982): Grundwasserspendenschlüssel und ihre Anwendung bei der Ermittlung des Grundwasserdargebotes in Festgesteins- Grundwasserleitern. – *Zeitschr. f. Angewandte Geologie* **28** (4): 153-163.
- LUNDIN, K. P. (1964): *Vodnye svoistva torfjanoi zalezhi*. (Wassereigenschaften des Torflagers). 211 S.; Minsk (Urožai).
- PÄIVÄNEN, J. (1973): Hydraulic conductivity and water retention in peat soils. – *Acta forestalia fennica* **129**: 5-68.
- ROST & HEMPEL, H. (1948): Gutachten über das Torfvorkommen "Kriegswiese" bei Satzung, Kr. Marienberg. 4 S.; Deutsche Geologische Landesanstalt / Zweigstelle Sachsen, Freiberg (unveröfftl.).
- SCHREIBER, H. (1913): *Das Moorwesen Sebastiansbergs*. 126 S. & Anl.; Staab (Verlag des Deutschösterreichischen Moorvereins).

-
- VAN DER MOLEN, W. H. (1981): Über die Breite hydrologischer Schutzzonen um NSG in Mooren. – TELMA 11: 213-220; Hannover.
- VEB HYDROGEOLOGIE NORDHAUSEN (1985): Hydrogeologischer Bericht - Übersichtsgutachten Kreis Marienberg. - Amt für Gebietsgeologie, Chemnitz.
- ZINKE, P. (1995): Hydraulische Durchlässigkeit von Hochmoortorf. 67 S. & Anl.; Dipl.-Arbeit TU Dresden, Abt. Wasserwesen (unveröff.).

Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung

Archives of Nature Conservation and Landscape Research

Herausgeber:

N. Kessel & M. Succow

Schriftleitung:

L. Jeschke

unter Mitarbeit von R. Fronczek, H. Joosten, M. Manthey, T. Timmermann & W. Wichtmann

Ernst Moritz Arndt Universität Greifswald,
Institut für Botanik, Landschaftsökologie und Botanischer Garten
Grimmer Str. 88, D-17487 Greifswald**Fachbeirat:**

K. Billwitz Hude	K.-D. Jäger Berlin	P. Schmidt Tharandt
M. Broggi Schaan (Liechtenstein)	P. Janiesch Oldenburg	R. Schmidt Eberswalde
R. Bürger-Arndt Göttingen	H.-D. Knapp Insel Vilm	W. Schmidt Göttingen
K. Dierßen Kiel	D. Kopp Tewswos	H. Sukopp Berlin
A. Grootjans Haren (Niederlande)	A. Kowalkowski Kielce (Polen)	H. Thomasius Tharandt
W. Haber Freising-Weihenstephan	V. Luthardt Eberswalde	K. Tobolski Poznan (Polen)
U. Hampicke Greifswald	J. Pfadenhauer Freising-Weihenstephan	U. Willerding Göttingen

Die Zeitschrift erscheint mit vier Heften pro Jahr (im Jahr 2003 waren es drei Hefte). Das Einzelheft ist zum Preis von 20 € (incl. Versand) zu beziehen. Ein Jahresabonnement kostet inclusive Versand 80 €. Bestellungen sind an die Schriftleitung bzw. direkt an den Verlag zu richten:

Verlag Dr. Kessel
Eifelweg 37, D-53424 Remagen-Oberwinter
nkessel@web.de, Tel.: 02228 - 493, Fax: 01212 - 512382426
www.ArchivNatur.de

ISSN 0003-9306

Hinweise für die Autoren

Das **Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung** publiziert Originalbeiträge sowie Reviews in deutscher oder englischer Sprache, die das ganze Spektrum der landschaftsbezogenen Naturschutzforschung und Landschaftsökologie umfassen. Eingeschlossen sind dabei ausdrücklich Themen, die sich mit der zeitlichen Dimension, bis hin zu ausgesprochen paläoökologischen Fragen, auseinandersetzen. Beiträge aus dem Bereich der Einzelwissenschaften wie Bodenkunde, Vegetationskunde, Hydrologie, Klimatologie und Geomorphologie sollten einen konkreten Raumbezug aufweisen. Beiträge, die über den mitteleuropäischen Raum hinausgehen sind erwünscht.

Manuskripte können bei der Redaktionsleitung in zwei Exemplaren eingereicht werden. Der Text muss 1½-zeilig mit breitem Rand für vorzunehmende Korrekturen vorliegen. Jedes Manuskript wird von zwei Gutachtern beurteilt.

Nach positiver Begutachtung ist der Artikel in Form einer DOC-Datei mit einem Ausdruck einzureichen. Der Text ist außer Überschriften und Absätze als durchlaufender Fließtext (ohne Abb., Tab.; keine Silbentrennung) anzufertigen. Generelle Formatierungshinweise sind unter **www.ArchivNatur.de** zu erhalten.

Abbildungen, Tabellen und Fotos werden mit arabischen Zahlen nummeriert und mit deutschen sowie englischen Untertiteln versehen. Sie sind dem Manuskript gesondert beizufügen. Im Text ist ihre korrekte Position anzugeben. Abbildungen nur in Form von TIF-Dateien, andere Formate nach Rücksprache mit dem Verlag.

Die Autoren erhalten je ein Exemplar des Heftes, in dem ihr Beitrag publiziert ist, kostenlos. Zudem wird der Beitrag als pdf-file zur Verfügung gestellt.

Manuskriptgestaltung:

1. Überschrift (kurz und prägnant; ohne Großschreibung).
2. Ausgeschriebene Vor- und Nachnamen der Autoren/innen.
3. Institution, Anschrift der Autoren/innen.
4. Kurze Zusammenfassung in Deutsch und Englisch (Abstract einschließlich Titel), unter Angabe von 4-6 Schlüsselwörter/Keywords in alphabetischer Folge.
5. Zitate im Text mit Autor (KAPITÄLCHEN) und Jahreszahl [z.B. KOPP (2003) bzw. SUCCOW et al. (2001)].
6. Wissenschaftliche Artnamen *kursiv* geschrieben.
7. Grafiken und Schaubilder nur in zweidimensionaler Darstellungsweise.
8. Literaturverzeichnis (Autoren in alphabetischer Folge, Arbeiten zeitlich geordnet) in folgender Anordnung: Autorennamen (KAPITÄLCHEN), Vornamen (abgekürzt), Erscheinungsjahr in (), dann: Titel. – Zeitschrift (ausgeschrieben), Bandnummer (**Fettdruck**): Seiten; bei Einzelbänden Erscheinungsort und Verlag in ().

Beispiele:

MANTHEY, M. (1998): Bodenerosion auf Ackerflächen im Stechlinsee-Gebiet. – Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung **37**: 149-166.

KOSKA, I., SUCCOW, M. & CLAUSNITZER, U. (2001): Vegetation als Komponente landschaftsökologischer Naturraumkennzeichnung. – In: SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. (Hrsg.): Landschaftsökologische Moorkunde, 2. Auflage: 112-128; Stuttgart (Schweizerbart).