

TELMA	Band 45	Seite 41 - 52	3 Abb., 2 Tab.	Hannover, November 2015
-------	---------	---------------	----------------	-------------------------

Höhenverluste von Moorböden – eine Herausforderung für Wasserwirtschaft und Landnutzung*)

Subsidence of peat soils – a challenge for water management and land use

MICHAEL TREPEL

Zusammenfassung

Entwässerte Moorböden sacken und verlieren dabei an Höhe. Diesem „Teufelskreis“ der Moornutzung wurde bisher bei intensiver Landnutzung durch regelmäßige – das heißt wiederholte – Entwässerung begegnet. Zukünftig wird dies nicht mehr so einfach möglich sein, da der erneuten Entwässerung hydrologisch bedingte, physikalische Grenzen gesetzt sind. Daher werden in diesem Beitrag Verfahren zur genaueren Abschätzung der Höhenverluste als die bisher meist verwendeten Faustzahlen vorgestellt und anschließend Vorschläge für torfschonende Bewirtschaftungsformen diskutiert, mit denen Höhenverluste vermindert werden können. Um diese Konzepte in großen Niederungen umzusetzen, muss dieser Entscheidungsprozess von Politik und Verwaltung begleitet werden.

Abstract

Drained peat soils subside and lose height. This vicious circle of peat use was managed in the past with regularly draining activities for sustaining intensive land use. This approach will not work so easily in the future, because the hydrological and physical limits of drainage are often reached. This contribution presents in the first part more accurate approaches for predicting subsidence rates of peat soils than the widely used rule of thumb values. Recent concepts for peat conserving land use, which minimize subsidence, are discussed. Implementing these concepts requires in large peatland areas a moderated process supported by politics and environmental administration.

1. Einleitung

Moorböden haben aktuell in Schleswig-Holstein einen Anteil von 8 % an der Landfläche (BURBAUM & FILIPINSKI 2015), Schleswig-Holstein gehört damit zu den moorreichen norddeutschen Bundesländern (DREWS et al. 2000). Die Mehrzahl dieser Flächen wurde in der Vergangenheit entwässert – melioriert –, um sie für land- und forstwirtschaftliche aber auch andere Nutzungen verfügbar zu machen. Durch die Entwässerung kehren sich die Funktionen von Mooren grundlegend um: Aus einem wachsenden Moor, in dem aufgrund

*) Überarbeiteter Vortrag, gehalten am 24. September 2015 auf der Jahrestagung der DGMT in Berlin

von lang andauernder Sauerstoffarmut in den obersten Bodenschichten Torf gebildet wird, wird ein Boden, dessen Oberfläche sackt und dessen Kohlen- und Stickstoffvorräte aufgrund der verbesserten Durchlüftung oxidieren. Während Torfbildung und Höhenwachstum von Mooren langsame Prozesse sind – das mittlere langjährige Höhenwachstum von Mooren in Europa kann mit knapp einem Millimeter geschätzt werden (EGGELSMANN 1990) – verlaufen Sackung und Torfoxidation relativ schnell. Als Faustzahl für die Höhenverluste von Moorböden wird bei intensiver Acker- oder Grünlandnutzung häufig ein Höhenverlust von 1 cm pro Jahr genannt. In diesem Beitrag werden der Erkenntnisstand zur Abschätzung von Sackungsraten zusammengestellt und die damit verbundenen Herausforderungen für Landnutzung und Wasserwirtschaft diskutiert.

2. Höhenwachstum von Mooren

Moore sind stoffakkumulierende Landschaftseinheiten. Besonders augenfällig ist diese Eigenschaft bei den aus dem Grundwasserspiegel herausgewachsenen Regenmooren (Hochmooren). Niedermoorbildungen haben zur vollständigen Verfüllung von Seen und Flusstälern beigetragen. Zur Torfbildung kommt es, wenn die jährliche Produktion ober- und unterirdischer Biomasse größer ist als der jährliche Abbau. Meist erfolgt eine Torfbildung durch geringen Abbau der unterirdischen Biomasse. Geringe Abbauraten sind die Folge von ganzjährig hohen flurnahen Wasserständen; sie werden zudem durch geringe Temperaturen oder ein saures Milieu begünstigt. In der Literatur werden Höhenwachstumsraten von $1 \pm 0,8$ mm pro Jahr berichtet (IMMIRIZI et al. 1992, TOLONEN & TURUNEN 1996), dabei scheint die Torfbildungsrate in den letzten Jahrhunderten höher zu sein (IMMIRIZI et al. 1992, PRAGER et al. 2006).

3. Ursachen für Höhenverluste von Moorböden

An den Höhenverlusten (Sackungen) von Moorböden nach Entwässerung sind die bodenphysikalischen Prozesse Setzung und Schrumpfung sowie der biogeochemische Prozess der Oxidation beteiligt. Setzung und Schrumpfung treten überwiegend nach der Entwässerung auf, ihre Intensität wird vom Substanzvolumen der Torfe, welches wiederum u. a. von der botanischen Torfart und dem Zersetzungsgrad beeinflusst wird, bestimmt. Hohe setzungsbedingte Höhenverluste treten unmittelbar nach Entwässerung von vorher nicht entwässerten Mooren mit locker gelagerten Torfen aufgrund des Auftriebverlusts auf. Dieser Vorgang wurde zum Beispiel von EGGELSMANN bei der Entwässerung der Pohnsdorfer Stauung, Kreis Plön, in den 1950er Jahren dokumentiert (Abb. 1) (EGGELSMANN 1990, TRPEL et al. 2000). In langjährig entwässerten Moorböden sind die Höhenverluste vor allem eine Folge der Torfoxidation. Die ehemals über einen langen Zeitraum unter Luftabschluss akkumulierten Kohlenstoffvorräte werden oxidiert, der organische Kohlenstoff wird dabei zu Kohlendioxid umgebaut und entweicht größtenteils gasförmig in die Atmosphäre.

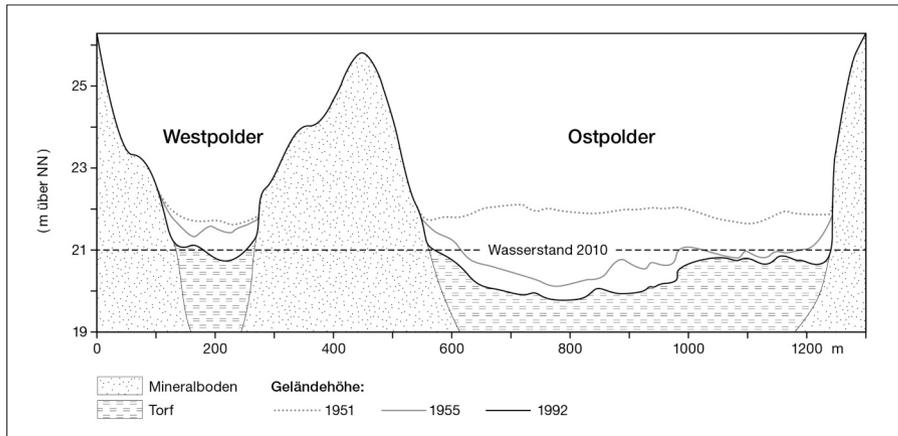


Abb. 1: Höhenänderungen in dem Niedermoor der Pohnsdorfer Stauung zwischen 1951 und 1992 (aus TREPPEL et al. 2000, angepasst)

Subsidence rates in the Pohnsdorfer Stauung fen between 1951 and 1992 (based on TREPPEL et al. 2000, modified)

Aufgrund dieses langsamen aber kontinuierlichen Höhenverlusts werden die Standorte mit der Zeit nasser, weil die Mooroderfläche sich dem Grundwasserspiegel nährt und damit ihre Nutzbarkeit für herkömmliche intensive landwirtschaftliche Nutzungsformen einschränkt, so dass eine erneute Entwässerung nötig ist. Diese Entwicklung wird als „Teufelskreis der Moorbodenentwässerung“ bezeichnet (KUNTZE 1983). Sie endet, wenn entweder der Torfkörper vollständig oxidiert ist, wie dies bei flachgründigen Mooren nach mehreren Jahrzehnten Entwässerung der Fall sein kann, oder wenn die Kosten für die Entwässerung in keinem ökonomisch sinnvollen Verhältnis zu dem erzielbaren Ertrag stehen. Für die Pohnsdorfer Stauung wurde daher in den 1990er Jahren beschlossen, diese zu verkaufen und vollständig zu vernässen. Als Folge der Entwässerung und der Höhenverluste von knapp 40 Jahren landwirtschaftlicher Nutzung sind dort nach Wiedervernässung zwei stellenweise bis zu mehr als 1,5 m tiefe Flachwasserseen entstanden (Abb. 2). Am ehemaligen Schöpfwerk wurde eine Tafel mit der Inschrift „Der Natur zurückgegeben“ angebracht.

4. Höhenverluste in der Literatur

Die Höhenänderung von Moorböden aufgrund von Torfoxidation ist im Wesentlichen eine Funktion des mittleren sommerlichen Grundwasserflurabstands. Die Intensität der Oxidation wird weiterhin von der Nährstoffverfügbarkeit in den Torfen, dem pH-Wert aber auch der Temperatur und den Niederschlagsverhältnissen beeinflusst. Die Verwendung einer einheitlichen Sackungsrate ist daher wegen der durch die Sackung selbst veränderten Grundwasserflurabstände für langjährige Abschätzungen nicht geeignet.



Abb. 2: In der Pohnsdorfer Stauung wurde in den 1950er ein Schöpfwerk gebaut. In der Folge sackte die Mooroberfläche so stark ab, dass in den 1990er Jahren eine landwirtschaftliche Nutzung nicht mehr rentabel war. Nach Abschalten des Schöpfwerks etablierten sich Flachwasserseen, an denen sich Röhrichtzonen entwickeln, die eine erneute Verlandung einleiten. (Foto: Michael Trepel)
 A pumping station was built around 1950 in the peatland Pohnsdorfer Stauung. In the following period, the peat surface subsided and around 1990 agricultural use was not more economically sufficient. After closing down the pumping station, shallow water bodies established and reed stands developed at their banks and initiated a new terrestrialization. (Photo: Michael Trepel)

EGGELSMANN (1990) hat die jährlichen Höhenverluste von Moorböden bei Ackernutzung als eine Funktion in Abhängigkeit vom Regenfaktor (Quotient aus Niederschlagssumme und Jahresdurchschnittstemperatur) beschrieben. Die Auswertung basiert auf an Moorpegeln ermittelten Höhenverlusten, so dass die Höhenänderung streng genommen nicht allein das Resultat oxidativer Prozesse, sondern der Summe Setzung, Schrumpfung und Oxidation ist. Hiernach ergeben sich für mitteleuropäische Klimaverhältnisse bei intensiver landwirtschaftlicher Nutzung jährliche Höhenverluste von zwei bis drei cm. ANDRIESE (1988) ermittelt bei ähnlichen Auswertungen, dass in den Niederlanden die oxidativ bedingten Höhenverluste mit zunehmender Entwässerungstiefe von etwa einem halben Zentimeter bei Entwässerungstiefen von etwa 50 cm auf etwa einen Zentimeter bei Entwässerungstiefen von mehr als 80 cm ansteigen.

In den Niederlanden wurde das Thema Höhenverluste von Moorböden aufgrund der Küstennähe und der Vielzahl an tiefentwässerten Moorniederungen, die häufig bereits unter dem mittleren Meeresspiegel liegen, seit Jahren wissenschaftlich bearbeitet (SCHOTHORST

1977, HOOGLAND et al. 2012). NIEUWENHUIS & SCHOKKING (1997) schätzen, dass die Höhenverluste in Abhängigkeit von der Entwässerungstiefe in den kommenden 50 Jahren in reinen Moorböden zwischen 30 und 80 cm und in Moorböden mit Kleiauflage zwischen 10 und 60 cm betragen werden (Tab. 1). Ähnliche Sackungsraten wurden bereits von SCHOTHORST (1977) für Niedermoorböden in den Niederlanden ermittelt.

Tab. 1: Geschätzte Höhenverluste von Moorböden in den Niederlanden für die kommenden 50 Jahre (NIEUWENHUIS & SCHOKKING 1997)
Predicted subsidence rates of peat soils in the Netherlands for the coming 50 years by NIEUWENHUIS & SCHOKKING 1997

Entwässerungstiefe	Geschätzte Höhenverluste in 50 Jahren in Meter	
	Moorboden ohne Kleiauflage	Moorboden mit Kleiauflage
0,4 m	0,3 - 0,4	0,1 - 0,2
0,8 m	0,5 - 0,6	0,3 - 0,4
1,2 m	0,7 - 0,8	0,5 - 0,6

VAN DEN AKKER et al. (2008) beschreiben die zu erwartende Sackungsraten von Moorböden ebenfalls als eine Funktion der Entwässerungstiefe (Abb. 3a) oder des tiefsten sommerlichen Grundwasserflurabstands (Abb. 3b). Ihre Ergebnisse fußen auf Sackungsmessungen, die sie über mehrere Jahre an unterschiedlichen Standorten und bei unterschiedlichen Grundwasserflurabständen durchgeführt haben. Auch sie unterscheiden zwischen Moorböden mit und ohne Kleiauflage. Moorböden ohne Kleiauflage weisen bei Berücksichtigung der mittleren sommerlichen Entwässerungstiefe deutlich höhere Sackungsraten als Moorböden mit Kleiauflage auf, was durch die gehemmte Belüftung des Torfes mit Kleiauflage erklärt werden kann. Die Sackungsrate beträgt für reine Moorböden bei einer mittleren sommerlichen Entwässerungstiefe von 50 cm etwa 1 cm jährlich. Moorböden mit Kleiauflage haben bei diesen Verhältnissen eine jährliche Sackungsrate von 0,5 cm.

Die Ergebnisse der Untersuchungen von VAN DEN AKKER et al. (2008) zeigen, dass besonders hohe Sackungsraten vor allem dann auftreten, wenn die sommerlichen Grundwasserflurabstände tief absinken (Abb. 3 b).

KNISS et al. (2010) haben basierend auf obigen Ergebnissen ein Entscheidungsunterstützungssystem entwickelt, um die langjährigen Sackungsraten in Abhängigkeit von der Torfmächtigkeit und der Entwässerungstiefe sowie die Folgen für ausgewählte Umweltindikatoren vorherzusagen. Dabei wird die Sackungsrate nicht wie bei VAN DEN AKKER et al. (2008) mit einer linearen, sondern mit einer exponentiellen Funktion beschrieben, weil anzunehmen ist, dass der oxidativ bedingte Teil der Sackung mit niedrigeren Grundwasserflurabständen geringer wird. Dieser Kurvenverlauf entspricht auch ähnlichen Abhängigkeiten, mit denen Mineralisationsprozesse oder Kohlendioxid-Freisetzungsraten beschrieben werden (vgl. z. B. BEHRENDT et al. 1996, DRÖSLER et al. 2013).

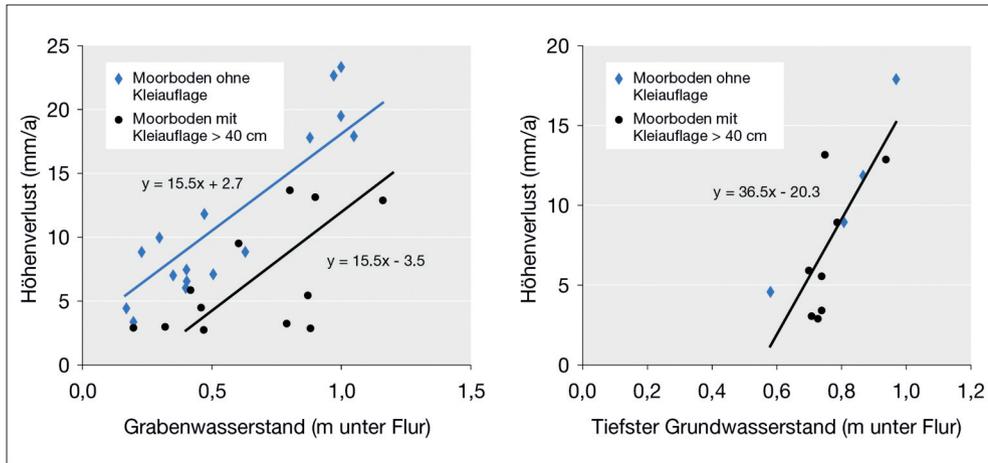


Abb. 3: Beziehung zwischen jährlichen Höhenverlusten und der (a) mittleren sommerlichen Entwässerungstiefe und (b) dem tiefsten sommerlichen Grundwasserflurabstand. Der tiefste sommerliche Grundwasserflurabstand wurde aus den drei tiefsten Messungen der Grundwasserflurabstände der Jahre 1992 - 1998 auf den Untersuchungsflächen ermittelt (VAN DEN AKKER et al. 2008).

Relationship between subsidence and (a) mean annual drainage depth in summer and (b) lowest water level in summer. The lowest water level in summer was calculated from the three deepest measurements in the period 1992 – 1998 (VAN DEN AKKER et al. 2008).

In Tabelle 2 sind mittlere, kumulative Sackungsraten für einen langjährig entwässerten, tiefgründigen Niedermoorboden angegeben. Die Werte entsprechen von der Größenordnung her den Angaben von NIEUWENHUIS & SCHOKKING (1997) (siehe Tab. 1). In den niederländischen Untersuchungen werden aber häufig grundsätzlich tiefere Sommerwasserstände verwendet.

Nach den Modellberechnungen sackt ein Niedermoorboden bei einer Entwässerungstiefe von 40 cm ausgehend von einer intensiven Nutzung in 10 Jahren 4,8 cm, in 20 Jahren 9,2 cm und nach 30 Jahren 13,1 cm. Nach etwa 50 Jahren beträgt die kumulative Sackung 19,8 cm.

Sackungsbedingt verringern sich langsam, aber kontinuierlich die mittleren sommerlichen Grundwasserflurabstände. Dadurch sinkt die Produktivität der Fläche und die Artenzusammensetzung der Grünlandgesellschaft verändert sich, in dem die Deckungsanteile an trockenere Verhältnisse angepasster Arten zurückgehen und stattdessen an nassere Verhältnisse angepasste Arten zunehmen. Dies zwingt den Landbewirtschafter zu entscheiden, ob er diese Veränderungen akzeptiert und auf eine extensivere, weniger ertragreiche Bewirtschaftung umstellt oder durch eine erneute Entwässerung gegensteuert und bei einer intensiven, auf Entwässerung basierenden Nutzungsform bleibt.

Tab. 2: Modellerte, mittlere kumulative Höhenverluste (cm) eines als Grünland genutzten, tiefgründigen Niedermoorbodens bei unterschiedlichen Ausgangsbedingungen der Entwässerung (eigene Berechnungen)

Modelled, mean cumulative subsidence rates (cm) of a minerotrophic peat soil used as grassland with different drainage depth at starting conditions (own calculations)

Mittlerer Sommerlicher Wasserstand im Jahr 1	50 cm u. Flur	40 cm u. Flur	40 cm u. Flur	30 cm u. Flur	20 cm u. Flur	10 cm u. Flur
Nutzung im Jahr 1	intensiv	intensiv	intensiv	intensiv	extensiv	Pflege
Nach 10 Jahren	5,7	4,8	4,8	3,8	2,6	1,4
Nach 20 Jahren	11,0	9,2	9,2 °	7,2	5,0	2,6
Nach 30 Jahren	15,8	13,1	14,0	10,2	7,1	3,7
Nach 40 Jahren	20,1	16,7	23,2 °	12,9	8,9	4,7
Nach 50 Jahren	24,0	19,8 *	28,0	15,3	10,5 *	5,5
Nach 60 Jahren	27,5 *	22,7	37,2 °	17,5	12,0	6,2
Nach 70 Jahren	30,7	25,2	42,0	19,3 *	13,2	6,9
Nach 80 Jahren	33,5	27,4	51,2 °	21,0	14,3	7,4
Nach 90 Jahren	36,0	29,4 *	56,0	22,5	15,3	7,9
Nach 100 Jahren	38,2 *	31,1	65,2	23,8	16,2	8,3

*: Wechsel der Nutzungsform notwendig, aufgrund anderer Wasserstufe

°: Nachentwässerung um 10 cm

Bei einer Anpassung der Nutzungsform an die Wasserstände (extensivere Bewirtschaftung) verlangsamt sich die Sackung (Tab. 2, Spalte 2). Wird die Fläche regelmäßig alle zwanzig Jahre um zehn cm tiefer entwässert (Tab. 2, Spalte 3), erhöht sich die kumulative Sackung. Ein Niedermoorboden, dessen mittlerer sommerlicher Wasserstand bei 40 cm unter Flur gehalten wird, muss etwa alle zwanzig Jahre um zehn Zentimeter tiefer entwässert werden. Nach 40 Jahren ist diese Fläche um 23,2 und nach 60 Jahren um 37,2 cm gesackt.

Auch die Torfmächtigkeit hat Einfluss auf die jährlichen Sackungsraten. Flachgründige Moore weisen geringere Sackungsraten auf als tiefgründige Moore. Dies ist vermutlich dadurch zu erklären, dass die Prozesse der Setzung und Schrumpfung in flachgründigen Mooren schneller abgeschlossen sind, weniger organische Substanz im Boden vorhanden ist und diese zudem zum Teil schwerer abbaubar ist.

5. Konsequenzen für Wasser- und Landwirtschaft

Durch Torfoxidation bedingte Höhenverluste von entwässerten Moorböden sind unvermeidlich; sie verringern langsam, aber kontinuierlich die Grundwasserflurabstände, so dass die Flächen nasser werden. Diese Veränderung wirkt sich direkt auf die Nutzbarkeit, aber auch auf die Vegetationszusammensetzung und Stoffverluste an Gewässer und Atmosphäre aus (KNEISS et al. 2010).

Bei Betrachtung einer einzelnen Moorbodenfläche mögen diese Veränderungen bislang akzeptabel erscheinen, da durch regelmäßige Entwässerung gegengesteuert werden konnte. Die einfache Lösungsmöglichkeit „regelmäßige Entwässerung“ kommt aber an ihre Grenzen, wenn bei frei entwässernden Flächen der Abstand zwischen Geländehöhe und mittlerem Wasserstand im Vorfluter oder bei geschöpften Flächen der Abstand zwischen Geländehöhe und Einschaltpegel des Schöpfwerkes zu gering wird, um für intensive Bewirtschaftung ausreichende Entwässerung zu gewährleisten. In diesen Fällen können die Bewirtschaftungsprobleme nicht mehr allein auf Schlagebene gelöst werden, stattdessen müssen Bewirtschaftungs- oder Entwicklungskonzepte für die gesamte Niederung – gemeinsam von allen Landeigentümern – erstellt werden. In sehr großen Niederungen haben diese Veränderungen so auch soziale und ökonomische Wirkungen auf die in einer Region lebenden und arbeitenden Menschen (JOOSTEN et al. 2012).

In Nordwestdeutschland nehmen die Fälle gegenwärtig zu, bei denen neu entschieden werden muss, wie Moorböden zukünftig genutzt werden sollen. Zum einen kommen die in den 1950er- und 1960er Jahren installierten Schöpfwerke sackungsbedingt an das Ende ihrer Leistungsfähigkeit, zum anderen sind frei entwässernde Moore in Flusstälern so stark gesackt, dass die durch im Zuge der Melioration erfolgten Flussbegradigungen und -vertiefungen verbesserten Nutzbarkeiten ebenfalls ausgereizt sind. In Nordostdeutschland wurden nach der politischen Wende viele halbnasse und nasse Moore aus der Nutzung genommen, vernässt und so die Krise als Chance für Wiedervernässung genutzt. Aber auch hier nehmen die Fälle zu, bei denen frei entwässernde Flächen nicht mehr intensiv oder gar extensiv ökonomisch rentabel bewirtschaftbar sind. Zurzeit wird in ganz Norddeutschland an einer steigenden Zahl von Einzelfällen beobachtet, dass eine auf Entwässerung basierende Nutzung von Moorböden endlich ist.

Oxidativ bedingte Höhenverluste sind daher in vielen Regionen Norddeutschlands ebenso wie in den Niederlanden (HOOGLAND et al. 2012) eine Herausforderung für die Land- und Wasserwirtschaft. Grundsätzlich müssen Nutzungs- oder Entwicklungskonzepte immer für die jeweilige Moorniederung von den vor Ort lebenden und wirtschaftenden Menschen aufgestellt werden. Dabei ist die gesamte Moorniederung als eine hydrologische Einheit zu betrachten und zu prognostizieren, welche Höhenverluste in den kommenden Jahrzehnten erwartet werden und welche Nutzungen dann möglich sind.

Für diese Niederungen bieten sich vier Entwicklungsoptionen an:

- **Nutzungsaufgabe und aktive Vernässung**

Diese Option bietet sich an, wenn bereits große, zentrale Teile einer Niederung im Besitz der öffentlichen Hand sind und dadurch erneut torfbildende Lebensräume initiiert werden können. Von dieser Option profitieren der Naturschutz, durch die Etablierung nasser Lebensräume, der Klimaschutz, indem Emissionen gesenkt und Senkenstandorte geschaffen

werden, und die Wasserwirtschaft, weil Entwässerungskosten vermieden werden (TREPPEL 2007). Negativ betroffen sind Landbewirtschafter, weil sie ihre Produktionsflächen verlieren.

- **Nutzungsumstellung und passive Vernässung**

Diese Option bietet sich an, wenn große Teile der Niederung extensiv als Grünland bewirtschaftet werden können und vor Ort arbeitende Landwirte an dieser Bewirtschaftung Interesse haben. Die Duldung einer passiven Vernässung führt dazu, dass sich im Laufe der Zeit die bewirtschaftbare Fläche verkleinert. In Flusstalmooren können hangnahe Bereiche und in trockenen Jahren die gesamte Niederung bewirtschaftet werden. Gegebenenfalls müssen die Viehbestandszahlen von Zeit zu Zeit an das geringer werdende Futterangebot und die abnehmende Beweidbarkeit angepasst werden (IRMLER et al. 2010).

- **Nutzungsumstellung und aktive Vernässung**

Diese Option bietet sich an, wenn die gesamte Niederung vernässt werden kann und Landbewirtschafter Interesse an der Nutzung eines nassen Moores haben. Als Nutzungsformen nasser Moore, die als Paludikultur bezeichnet werden (WICHTMANN & WICHMANN 2011), bietet sich der Anbau von Rohstoffen als Baumaterial, Energielieferant oder im Falle von Torfmoosanbau, als gärtnerisches Substrat an. Die heute in Nordwestdeutschland am weitesten verbreitete Form der Paludikultur ist die Beweidung bei flurnahen Wasserständen. Entscheidend für die Zukunftsfähigkeit dieser Option ist, dass die angebauten Produkte eine Wertschöpfung erfahren, die beim Produzenten verbleibt. Ökonomisch tragfähig ist auch die Ernte von Biomasse aus Niedermooren für energetische Zwecke, wenn damit der Energie- und Wärmebedarf lokal für eine Stadt – wie zum Beispiel in Malchin – gedeckt werden kann (SCHRÖDER & SCHROEDER 2015). Hier sind von der Politik die Rahmenbedingungen für eine dezentrale Energieversorgung so zu verbessern, dass kommunale Träger in den Bau von Biomassekraftwerken, die mit Landschaftspflegematerial betrieben werden, investieren.

- **Nutzungsumstellung auf torfschonende Bewirtschaftung**

In vielen Fällen werden sich die Flächeneigentümer dafür entscheiden, Moorböden weiterhin intensiv landwirtschaftlich zu nutzen. In Regionen mit Moorböden unterhalb des Meeresspiegels können Entwässerungskosten nur gespart werden, wenn die Flächen aus der Nutzung genommen werden. Um die Folgen sackungsbedingter Höhenverluste zu minimieren, sollten die Moorböden möglichst torfschonend bewirtschaftet werden. Hierzu gehört, dass die Flächen im Winterhalbjahr eingestaut werden können und im Sommerhalbjahr festgelegte Tiefstwasserstände nicht unterschreiten (QUERNER et al. 2012). Um dies effektiv zu gewährleisten, müssen die bisher großflächig wirkenden Schöpfwerke um kleinere dezentral wirkende Einheiten ergänzt werden. Deren Positionierung kann durch

Planungen, die Torfmächtigkeiten, mittlere Grundwasserflurabstände und in 50 Jahren zu erwartende Sackungen berücksichtigt, optimiert werden (RIENKS et al. 2004, KWAKER-NAAK & DAUVELLIER 2007).

6. Lösungsmöglichkeiten durch Raumplanung

In der Praxis wird es sich trotz drängender Probleme häufig zeigen, dass sich in einer Niederung nicht alle Eigentümer auf eine zukünftige Nutzungsoption einigen können oder wollen, weil deren Nutzungsinteressen divergieren. Daher wird es notwendig werden, raumplanerisch festzulegen, in welchen Niederungen welche Entwicklungskonzepte umgesetzt werden sollen. Bislang geschützte Moore eignen sich vorrangig für Nutzungsaufgabe und Vernässung. Dort noch wirtschaftenden Landwirten könnten andere Flächen angeboten werden. Da Tauschflächen auf dem gegenwärtig knappen Landmarkt fehlen, ist zu überprüfen, ob bei Neuordnung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse in einer Region geschützte Flächen als Tauschland angeboten werden können. Dadurch könnten in zusammenhängenden Mooren größere Vernässungsmaßnahmen umgesetzt und gleichzeitig die Bedingungen für auf Moorböden wirtschaftende Betriebe verbessert werden. Dieser Kompromiss könnte im Rahmen der Flurneuordnung zwischen Landeigentümern, Naturschutz und Wasserwirtschaft ausgehandelt werden.

Auch wenn dieser Gedanke abwegig erscheint oder auf Ablehnung stößt, muss sich die Gesellschaft zukünftig verstärkt mit der Nutzung und Entwicklung langsam, aber sicher nasser werdender Moorböden beschäftigen. In kleinen Niederungen wird es leichter sein, einen Kompromiss zwischen den Beteiligten zu finden. In großen Niederungen muss der Entscheidungsprozess durch Politik und Verwaltung unterstützt werden, um den sozialen Frieden in der lokalen Bevölkerung einer Niederungsregion zu bewahren.

7. Literaturverzeichnis

- ANDRIESSE, J.P. (1988): Nature and Management of Tropical Peat Soils. – FAO Soils Bulletin **59**: Food and Agricultural Organisation of United Nations; Rome, Italy.
- BEHRENDT, A., MUNDEL, G., SCHALITZ, G. & HÖLZEL, D. (1996): 25 Jahre Lysimeterforschung in Pauline-naue und Neukonzipierung der Untersuchungen 1992. – In: SCHALITZ et al. 1996: Stoffhaushalt von Niedermooren und hydromorphen Mineralböden des nordostdeutschen Tieflandes. – Zalf-Bericht Nr. **26**; Müncheberg.
- BURBAUM, B. & FILIPINSKI, M. (2015): Entstehung, Entwicklung und Verbreitung der Moore. – In: LLUR (eds.): Moore in Schleswig-Holstein, 8-23; Flintbek.
- DREWS, H., JACOBSEN, J., TREPPEL, M. & WOLTER, K. (2000): Moore in Schleswig-Holstein unter besonderer Berücksichtigung der Niedermoore – Verbreitung, Zustand und Bedeutung. – *Telma* **30**: 241-278.

- DRÖSLER, M., ADELMANN, W., AUGUSTIN, J., BERGMAN, L., BEYER, C., CHOJNICKI, B., FÖRSTER, CH., FREIBAUER, A., GIEBELS, M., GÖRLITZ, S., HÖPER, H., KANTELHARDT, J., LIEBERSBACH, H., HAHN-SCHÖFL, M., MINKE, M., PETSCHOW, U., PFADENHAUER, J., SCHALLER, L., SCHÄGNER, PH., SOMMER, M., THUILLE, A. & WEHRHAN, M. (2013): Klimaschutz durch Moorschutz. Schlussbericht des BMBF-Vorhabens: Klimaschutz - Moornutzungsstrategien 2006-2010. 201 pp. – online: <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb13/735500762.pdf> (31.08.2015).
- EGGELSMANN, R. (1990): Moor und Wasser. – In: GÖTTLICH, K. H. (eds.) Moor- und Torfkunde: 288-320; Stuttgart (Schweizerbart).
- HOOGLAND, T., VAN DEN AKKER, J.J.H. & BRUS, D.J. (2012): Modeling the subsidence of peat soils in the Dutch coastal area. – *Geoderma* **171-172**: 92-97.
- IMMIRZI, C.P., MALTBY, E. & CLYMO, R.S. (1992): The global status of peatlands and their role in carbon cycling. – Report No. **11**, Wetlands Research Group, Friends of the Earth; London, 145 pp.
- IRMLER, U., SCHRAUTZER, J. & TREPPEL, M. (eds)(2010): Naturschutzmanagement in Flusstallandschaften am Beispiel des Eidertals; Stuttgart (Ulmer).
- JOOSTEN, H., TAPIO-BISTRÖM, M.-L. & TOL, S. (eds.)(2012): Peatlands : guidance for climate change mitigation through conservation, rehabilitation and sustainable use. – FAO Mitigation of climate change in agriculture series 5; Rom 112 pp.
- KNISS, A., HOLSTEN, B., KLUGE, W. & TREPPEL, M. (2010): Prediction of long-term changes in ecosystem functions of a peatland site with the semi-quantitative decision support system PMDSS. – *Geoderma* **154**: 233-241.
- KUNTZE, H. (1983): Probleme bei der modernen landwirtschaftlichen Moornutzung. – *Telma* **13**: 137-152.
- KWAKERNAAK, C. & DAUVELLIER, P.L. (2007): Naar een klimaatbestendig Groene Hart. Routeplanner 2010 - 2050. – Uitgave Klimaat voor Ruimte, Leven met Water en Habiforum; Gouda.
- NIEUWENHUIS, H.S. & SCHOKKING, F. (1997): Land subsidence in drained peat areas of the Province of Friesland, The Netherlands. – *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology* **30**(1): 37-48.
- PRAGER, A., BARTHELMES, A. & JOOSTEN, H. (2006): A touch of tropics in temperate mires: on Alder carrs and carbon cycles. – *Peatlands International* **2006/2**: 26-31.
- QUERNER, E.P., JANSEN, P.C., VAN DEN AKKER, J.J.H. & KWAKERNAAK, C. (2012): Analysing water level strategies to reduce soil subsidence in Dutch peat meadows. – *Journal of Hydrology* **446-447**: 59-69.
- RIENKS, W.A., GERRITSEN, A.L., MEULENKAMP, W.J.H., OTTBURG, F.G.W.A., SCHOUWENBERG, E.P.A.G., VAN DEN AKKER, J.J.H. & HENDRIKS, R.F.A. (2004): Veenweidegebied in Fryslân – de effecten van vier peilstrategieën. – *Alterra-rapport* **989**; Wageningen.
- SCHOTHORST, C.J. (1977): Subsidence of low moor peat soils in the western Netherlands. – *Geoderma* **17**: 265-291.
- SCHRÖDER, C. & SCHROEDER, P. (2015): Wärme aus wiedervernässten Mooren. – *LandInForm* **15.1**: 38-39.

- TOLONEN, K. & TURUNEN, J. (1996): Accumulation rates of carbon in mires in Finland and implications for climate change. – *The Holocene* **6**: 171-178.
- TREPEL, M. (2007): Das Niedermoorprogramm in Schleswig-Holstein – ein Beitrag zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. – *NNA-Berichte* **20**(1): 65-74.
- TREPEL, M., DAVIDSSON, T. & JØRGENSEN S.E. (2000): Quantitative simulation of biochemical processes in peatlands a tool to define sustainable use? – *Suo* **51**: 83-93.
- VAN DEN AKKER, J.J.H., KUIKMAN, P.J., DE VRIES, F., HOVING, I., PLEIJTER, M., HENDRIKS, R.F.A., WOLLESWINKEL, R.J., SIMÕES, R.T.L. & KWAKERNAAK, C. (2008): Emission of CO₂ from agricultural peat soils in the Netherlands and ways to limit this emission. In: Farrell, C and J. Feehan (eds.). *Proceedings of the 13th International Peat Congress After Wise Use – The Future of Peatlands, Vol. 1 Oral Presentations*, Tullamore, Ireland, 8 - 13 june 2008. – International Peat Society; Jyväskylä, Finland. pp 645-648.
- WICHTMANN, W. & WICHMANN, S. (2011): Paludikultur: standortgerechte Bewirtschaftung wiedervernässter Moore. – *Telma Beiheft* **4**: 215-234.

Anschrift des Verfassers:

PD Dr. Michael Trepel
Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des
Landes Schleswig-Holstein, Referat Schutz der Binnengewässer, Anlagenbezogener
Gewässerschutz
Mercatorstraße 3
D-24106 Kiel
E-Mail: michael.trepel@melur.landsh.de

Manuskript eingegangen am 2. April 2015,
begutachtet und angenommen am 31. August 2015