

Untersuchungen zur Niedermoorrenaturierung in Grundwasserlysimetern

A. BEHRENDT, G. SCHALITZ, L. MÜLLER, G. MUNDEL und D. HÖLZEL

Abstract

Landscape evapotranspiration is often estimated with the help of computer-generated models being based on estimate formulas. In many cases, the vegetation factor creates special complications in determining evapotranspiration values, especially for wetland areas. In the framework of fenland rewetting experiments, lysimeter studies have been conducted to quantify the water consumption of typical wetland plants.

Evapotranspiration essentially depends on the groundwater table, the type and degree of vegetation cover, and the saturation deficit of the atmosphere. With respect to fenland rewetting, evapotranspiration, depending on the vegetation present, ranges from 800 to 1600 mm over the vegetation period. Evapotranspiration is highest in stands of *Phragmites australis* followed by *Carex disticha*, *Carex acutiformis*, and *Schoenoplectus lacustris*. In comparison, *Glyceria maxima* and *Typha latifolia* exhibited relatively low values of evapotranspiration (600 to 1000 mm). Examination of lysimeter results for a large, flooded, rewetted field at the Havelländisches Luch fen confirmed high values of evapotranspiration measured at the Paulinenaue lysimeter station, approximately 15 % of the evapotranspiration amount was linked to oasis effects.

Large amounts of nutrients are conveyed to rewetted fenlands through the high amounts of additional water, but are consumed and accumulated largely by peat producing plants. Nitrogen leaching is very low ($< 5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$) even at the beginning of the period of flooding, there is no sudden, pronounced leaching.

1. Einleitung

Im Zuge der Überproduktion landwirtschaftlicher Produkte werden zuneh-

mend Flächen aus der Produktion genommen, die eine geringe Ertragsfähigkeit besitzen, sehr schwer zu bewirtschaften sind oder auf denen negative ökologische Veränderungen schwerer wiegen als der ökonomische Ertrag. Letztere Punkte treffen für die Moorböden zu, bei denen in der Regel eine Tonne Graastrocknenmasse mit einer Tonne Torfverlust durch Mineralisation der organischen Bodensubstanz erkaufte wird.

Eine Kernfrage der Renaturierung von Niedermooren ist die Abschätzung und Gewährleistung des Wasserbedarfes (PFADENHAUER und KLÖTZLI, 1996). Der Wasserverbrauch oder die Evapotranspiration von Gebieten und Landschaften wird häufig mittels Verdunstungsformeln bzw. Modellen errechnet (PENMAN, 1948; THORNTHWAITTE und MATHER, 1951; HAUDE, 1954; TURC, 1961; MONTEITH, 1965; WENDLING, 1995). In den meisten Verdunstungsformeln wird die bodenbedeckende Vegetation vernachlässigt, so daß in der Vegetationsperiode die Evapotranspiration unterschätzt wird. Bei Ackerfrüchten ermittelten ROTH und GÜNTHER (1992) in Lysimeterversuchen 20 bis 30 % höhere Wasserverbrauchswerte als mit Rechenmodellen. Diese Problematik verschärft sich unter Grundwassereinfluß noch erheblich. Je höher das Grundwasser ansteht, desto höher ist im allgemeinen die Evapotranspiration (MUNDEL, 1974, 1975, 1982; LÜTTIG, 1989).

Von besonderem Interesse ist die Bestimmung von Wasserverbrauchswerten hoch angestauter und renaturierter Niedermoore, um rechtzeitig die Regulationsmechanismen für eine ausreichende ganzjährige Wasserbereitstellung einzustellen.

Verlandungsgürtel (Telmatica), grundwassernahe Randwälder, Sümpfe und Niedermoore weisen infolge ihrer Vege-

tation eine deutlich höhere Verdunstung auf als offene Wasserflächen. Durch die Transpiration der Pflanzenbestände werden hier Evapotranspirationswerte bis etwa zum Fünffachen der See-Evaporation erreicht (LÜTTIG, 1989).

In den weiträumigen Niederungsgebieten des Nordostdeutschen Tieflandes, wo sich der kontinentale Einfluß durch geringe Jahresniederschläge zeigt, hat die Wasserrückhaltung neben der Versorgung der Pflanzen in den trockenen Vegetationsperioden besondere Bedeutung für den Schutz der Moore vor zu hoher oxidativer Torfzersetzung. Wenn Niedermoorlandschaften mit torfbildenden Großrieden renaturiert werden sollen, ist es von großer Bedeutung zu wissen, wieviel Wasser dafür bereitgestellt werden muß.

Mögliche Veränderungen des stofflichen Regimes im Zuge der Renaturierung von Niedermooren sind ebenfalls von großem Interesse. Es kann in der Anfangsphase der Grundwasseranhebung mit einer sprunghaften Nährstoffbelastung des Grundwassers gerechnet werden, wenn die aus der oxidativen Torfzersetzung freigesetzten Nährstoffe gelöst werden und möglicherweise dem Abflußregime unterliegen. KALBITZ et al. (1998, 1999) haben bereits auf mögliche Konsequenzen hinsichtlich der Austräge an Kohlenstoff, Phosphor oder Schwermetallen hingewiesen. Eine erhöhte Menge an benötigtem Zusatzwasser könnte ebenfalls zur Gefahr für das Grundwasser werden, wenn dieses Zuflußwasser stofflich belastet ist.

Zur Klärung des Wasserbedarfes und möglicher stofflicher Veränderungen renaturierter Moorflächen werden seit 10 Jahren Versuche in Grundwasserlysimetern der Paulinenaue Lysimeteranlage durchgeführt. Nachfolgend werden Ergebnisse zum Wasserbedarf unterschiedlicher torfbildender Pflanzenbestände

Autoren: Dr. Axel BEHRENDT, Dr. Gisbert SCHALITZ, Dr. Lothar MÜLLER und Dr. Dieter HÖLZEL, ZALF e.V. Forschungsstation Paulinenaue, Gutshof 7, D-14641 PAULINENAUE, Dr. Gerhard MUNDEL, Bahnhofstr. 2b, D-14641 PAULINENAUE

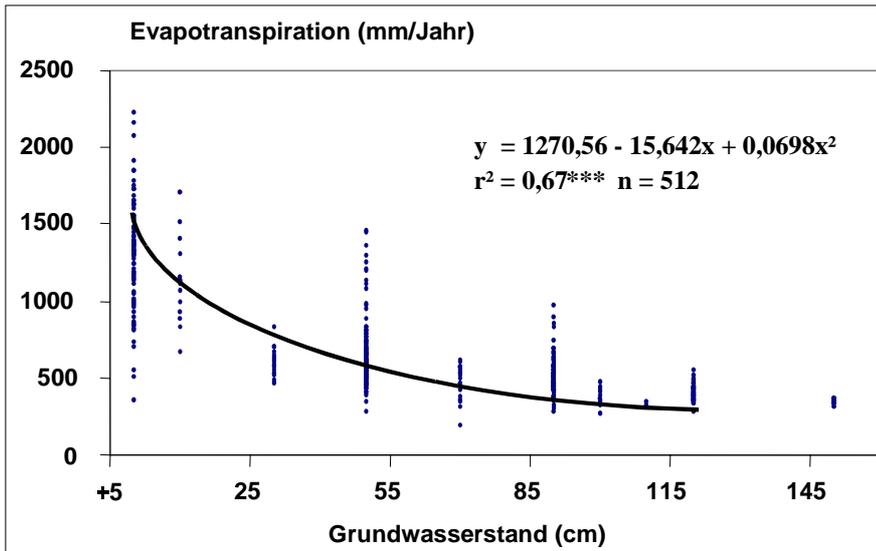


Abbildung 1: Beziehung zwischen Evapotranspiration und Grundwasserstand

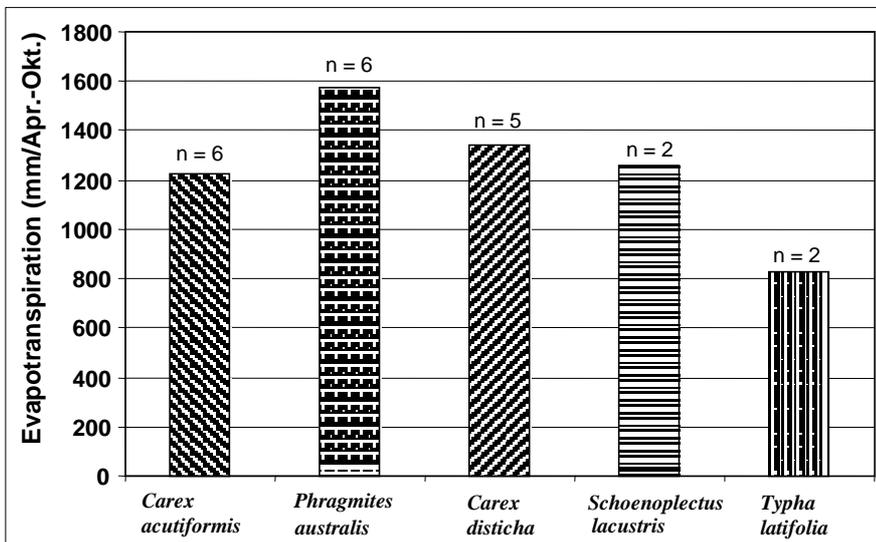


Abbildung 2: Wasserverbrauch verschiedener torfbildender Pflanzenarten

und zu Stickstoff- und Kaliumaussträgen mitgeteilt.

2. Material und Methoden

Für die Untersuchungen zum Wasserverbrauch und zur Nährstoffdynamik wiedervernässter Niedermoore wurden in Lysimetern mit Monolithen aus vier großen Moorlandschaften des Nordostdeutschen Tieflandes (1. Havelländisches Luch; 2. Rhinluch; 3. Peenehaffmoor; 4. Friedländer Große Wiese) torfbildende Pflanzenbestände etabliert.

Auf jedem der vier Standorte wurden parallel vier Varianten (1. Variante: natürliche Sukzession; 2. Variante: Schilf (*Phragmites australis*); 3. Variante: Sumpfschilf (*Carex acutiformis*); 4. Variante: Zweizeilige Segge (*Carex di-*

sticha)) unter Überstaubedingungen untersucht.

Im Umfeld der renaturierten Niedermoorlysimeter wurde Mais angebaut, der kontinuierlich bewässert wurde, um den Oaseneffekt zu minimieren.

Zur Überprüfung der in der Anlage gewonnenen Ergebnisse und als Beitrag zur Übertragbarkeit der Daten auf größere Flächen wurde im Frühjahr 1995 ein überstautes Niedermoorlysimeter mit Schilfbestand, das schon über viele Jahre in der Paulinenauer Lysimeteranlage untersucht wurde, wieder in eine Renaturierungsfläche im Havelländischen Luch eingebaut (bring back-Methode). Das Umfeld dieses Lysimeters wurde mit einer automatischen Dauerbewässerungsanlage großflächig überstaut.

Weitere Angaben zur Paulinenauer Lysimeteranlage sind bei BEHRENDT (1995) zu finden.

3. Ergebnisse

3.1 Evapotranspiration

In der *Abbildung 1* ist der Grundwasserseinfluß auf die Evapotranspiration dargestellt. Hier wurden die Jahresverdunstungswerte aller mit Gras und auch mit Seggen und Schilf bewachsenen Niedermoormonolithe zusammengefasst und regressionsanalytisch ausgewertet.

Es wird deutlich, daß sich mit steigenden Grundwasserständen auch die Evapotranspirationsraten erhöhten und im Sommer bei starkem Sättigungsdefizit Extremwerte erreichten.

In den Moorlysimetern, in denen Schilf und Seggenarten angepflanzt waren, wurde, nachdem sich die Pflanzenbestände voll etabliert hatten, der transpirationsfördernde Einfluß von torfbildenden Großröhrichten besonders deutlich (*Abbildung 2*).

In den 3 Meter hohen Schilfbeständen wurden die größten Wasserverbrauchswerte ermittelt. Hier betrug die Jahres- evapotranspiration 1994 im Durchschnitt aller Schilflysimeter 1800 mm. Ein extrem hoher Verbrauch wurde in der Schilfvariante auf Peenehaffmoor mit über 2000 mm gemessen. Ähnlich hohe Wasserverbrauchswerte für Schilf sind auch bei anderen Autoren (RUDESCU, 1969; BEDAREV, 1975; LARCHER, 1976; KROLISKOWSKA, 1978; TUSCHL, 1979; DAFNER, 1988) zu finden. Im Mittel von 6 Versuchsjahren und 6 Schilflysimetern wurde eine jährliche Evapotranspiration von 1575 mm festgestellt.

Die Seggen erreichten nur Wuchshöhen von 1,3 bis 1,5 m, entwickelten dabei jedoch dichte Bestände mit hoher transpirationsaktiver Biomasse. Die Evapotranspirationsraten der Seggen lagen im Durchschnitt nur 200 mm unter denen des Schilfes.

Ähnlich wie die Seggen verhielten sich auch die Teichbinsen, die sich in den Lysimetern mit freier Sukzession nach Überstau eingestellt hatten. Im Vergleich zu den bereits genannten Arten erreichten Wasserschwaden und Rohrkolben

mit 800 bis 1000 mm relativ geringe Evapotranspirationswerte.

Diese Wasserverbrauchswerte erscheinen sehr hoch. Um den Oaseneffekt der Lysimeteranlage abzuschätzen, wurden die ermittelten Verdunstungswerte mit denen des Lysimeters auf der Renaturierungsfläche verglichen. Es konnte beobachtet werden, daß in extremen Trockenphasen auch hier Tageswerte der Evapotranspiration von über 20 mm erreicht wurden, obwohl das Umfeld großflächig unter Wasser stand.

Die Auswertung der Evapotranspirationsraten aller Schilflysimeter zeigte jedoch, daß in der Renaturierungsfläche 15 % weniger verdunstet wurde als in der Lysimeteranlage. Dabei muß einschränkend bemerkt werden, daß der Schilfbestand im „bring back-Lysimeter“ nicht die volle Wuchshöhe und Halmanzahl wie die Vergleichsbestände in der Station erreichte.

3.2 Nährstoffaustrag

In der *Abbildung 3* sind die Mittelwerte der Austräge an Stickstoff und Kalium von 6 Schilflysimetern dargestellt. Vor der Renaturierung, im Frühjahr 1992, wurden hier Gräser und Mais bei Grundwasserständen von 30 bis 70 cm und relativ geringer Düngung (12 g N/m², 4 g P/m² und 15 g K/m²) untersucht. Demzufolge waren schon vor der Überstauung die Nährstoffausträge mit umgerechnet 1 kg NO₃-N, 4 kg NH₄-N und knapp 15 kg K pro Hektar und Jahr gering. In vergleichbaren Moorlysimetern mit Maisanbau, sehr tiefen Grundwasser-

ständen (120 cm) und höherer Stickstoffdüngung (200 kg N/ha) wurden Nitrat- auswaschungsraten von ca. 40 kg N/ha ermittelt.

Mit der Überstauung ging zunächst die Nitrat- auswaschung deutlich zurück. Der noch im Boden befindliche Nitratstickstoff wurde vermutlich vom Schilf vollständig verbraucht oder wurde im anaeroben Milieu teilweise denitrifiziert und verließ gasförmig das System. Eine Reduzierung der Ammoniumausträge war erst im dritten Jahr nach der Wiedervernässung zu verzeichnen.

Der befürchtete sprunghafte Anstieg von Stickstoffausträgen infolge der Grundwasseranhebung blieb jedoch aus.

Anders als Stickstoff verhält sich Kalium. Da es von der Torfsubstanz kaum sorbiert wird, unterliegt es schnell der Auswaschung. Die Kaliummengen, die dem System über das Zuflußwasser zugeführt wurden, konnten nicht vollständig von den Pflanzen aufgenommen werden und waren somit im Abflußwasser wiederzufinden.

Die ausgewaschenen Kaliummengen lagen in den ersten Jahren mit hohen Zuflüssen (>1000 mm) bei über 20 kg K/ha. Die Kaliumauswaschung zeigte eine deutliche Abhängigkeit von der Abflußhöhe. Etwa 30 % der mit dem Zusatzwasser eingebrachten Kaliummenge wurden wieder ausgetragen.

Ab Mitte der 90er Jahre wurde die Lysimeteranlage mit kaliumarmen Wasser aus einem neuen Tiefbrunnen versorgt, dadurch kam es zur drastischen Reduzierung der Kaliumausträge.

4. Zusammenfassung

Der Wasserverbrauch bzw. die Evapotranspiration hängt hauptsächlich von der Höhe des Grundwasserstandes, vom Pflanzenbestand und vom Sättigungsdefizit der Atmosphäre ab.

Bei der Niedermoorrenaturierung führen diese Einflußfaktoren je nach Pflanzenbestand im Sommerhalbjahr zu Wasserverbrauchswerten von 800 bis 1800 mm. An der Spitze des Wasserverbrauchs stehen üppige Schilfbestände, gefolgt von Seggen und Binsen. Im Vergleich dazu hatten Wasserschwaden und Rohrkolben mit 800 bis 1000 mm relativ geringe Evapotranspirationswerte.

Die Überprüfung der Lysimeterergebnisse in einer großflächig überstauten Renaturierungsfläche im Havelländischen Luch, mit der „bring back-Methode“ bestätigte im wesentlichen die Evapotranspirationsraten, die in der Paulinenaer Lysimeteranlage gemessen wurden.

Durch hohe Zusatzwassermengen werden wiedervernässten Niedermooeren beachtliche Nährstoffmengen zugeführt, die jedoch zum größten Teil vom torfbildenden Pflanzenmaterial verwertet und akkumuliert werden.

Der Stickstoffaustrag mit dem Abfluß ist selbst in der Anfangsphase der Überstauung sehr gering.

Kalium wird vom Torf kaum sorbiert und demzufolge rasch ausgewaschen, wenn es nicht von den Pflanzen aufgenommen wird. Etwa 30 % der mit dem Zuflußwasser zugeführten Kaliummenge wurde wieder ausgetragen.

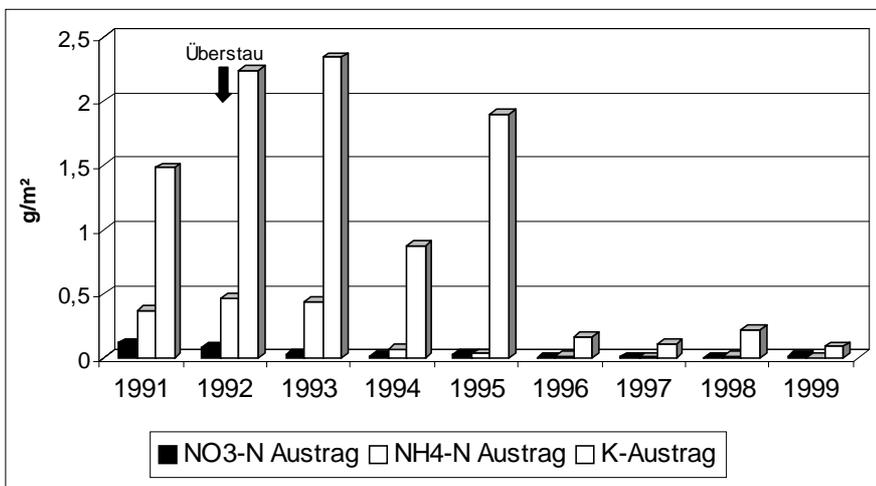


Abbildung 3: Nährstoffaustrag aus überstauten Niedermoorlysimetern mit Schilfbestand

Literatur

- BEDAREV, S.A., 1975: Transpiracija i ee svjaz s meteorologiceskimi faktorami i vodno-solevym rezimom poev pustynnych rajonach Kazachstana. - Izdatelstvo Nauka: 169-175; Novosibirsk.
- BEHRENDT, A., 1995: Nährstoffdynamik hydromorpher Böden Nordostdeutschlands am Beispiel langjähriger Nährstoffbilanzen. 5. Gumpensteiner Lysimetertagung 1995 „Stofftransport und Stoffbilanz in der ungesättigten Zone, BAL Gumpenstein, 25.-26. April 1995, S. 51 - 54.
- DAFNER, G., 1988: Erprobung der Leistungsfähigkeit eines mit Röhrriecht bestandenen Bodenfilters bei der Abwasserreinigung. Diss.: 157 S.; Erlangen-Nürnberg.
- HAUDE, W., 1954: Zur praktischen Bestimmung der aktuellen und potentiellen Evaporation und Evapotranspiration. Mitt. Deutsch. Wetterdienst Nr.8, 2-22.

- KALBITZ, K. und R. WENNRICH, 1998: Mobilization of heavy metals and arsenic in polluted wetland soils and its dependence on dissolved organic matter. *Sci Total Environ* 209: 27-39.
- KALBITZ, K., H. RUPP, R. MEISSNER und F. BRAUMANN, 1999: Folgewirkungen der Renaturierung eines Niedermoors auf die Stickstoff-, Phosphor- und Kohlenstoffgehalte im Boden- und Grundwasser. *Z. Kulturtechnik und Landentwicklung* 40: 22-28.
- KROLIKOWSKA, J., 1978: The transpiration of helophytes. - *Ekol. pol.*, 26: 193-212; Warschau.
- LARCHER, W., 1976: *Ökologie der Pflanzen*. 403 S.; Stuttgart (Ulmer).
- LÜTTIG, G., 1989: Hier irrten Alexander von Humboldt und andere. - *Telma* 19: 43-45; Hannover.
- MONTEITH, J. L., 1965: Evaporation and environment. *Proc. Sympos. Soc. Exp. Biol.* 19, 205-234.
- MUNDEL, G., 1975: Beziehung zwischen Graslandsertrag und Wasserverbrauch bei unterschiedlichen Wasserständen. *Tagungsbericht Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR*, 139: 267-272; Berlin.
- MUNDEL, G., 1982: Untersuchungen über die Evapotranspiration von Grasland auf Grundwasserstandorten. 3. Mitteilung: Beziehungen zwischen Stoffproduktion und Evapotranspiration. - *Arch. Acker-, Pflanzenbau und Bodenkde.* 26: 629-638; Berlin.
- PFADENHAUER, J. und F. KLÖTZLI, 1996: Restoration experiments in middle European wet terrestrial ecosystems: an overview. *Vegetatio* 126: 101-115.
- PENMAN, H. L., 1948: Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. Roy. Meteorol. Soc. A*, 193, 120-145.
- ROTH, D. und R. GÜNTHER, 1992: Vergleich von Meß- und Schätzwerten der potentiellen Evapotranspiration. - *Z. Kulturtechn. u. Landentw.* 33: 13-22; Berlin.
- RUDESCU, L., 1969: Contributii la studiul evaporatiei stufului din Delta Dunarii. - *Celluloza hirt.*: 315-318; Bukarest.
- THORNTHWAITE, C. W. und I.R. MATHER, 1951: The role of evapotranspiration in climate. *Arch. Meteor. Geophys. Biokl. B* 3, 16.
- TURC, L., 1961: Evaluation des besoins en eau d'irrigation, evapotranspiration potentielle. *Ann. Agron. Paris* 12, 13-49.
- TUSCHL, P., 1970: Die Transpiration von *Phragmites communis* Trin. im geschlossenen Bestand des Neusiedler Sees. *Wiss. Arb. BGLD*, 44: 126-186; Wien.
- WENDLING, U., 1995: Berechnung der Gras-Referenzverdunstung mit der FAO Penman-Monteith-Beziehung. *Wasserwirtschaft* 85 H.12, 602-604.