

Hochwasserphasen und ihre Folgen für Gewässerökosysteme am Beispiel des Naturschutzgebietes „Heiliges Meer“, Kr. Steinfurt

Bernd Hagemann, Hannover und Jürgen Pust, Recke

Einleitung

Stillwasserökosysteme, wie sie im Naturschutzgebiet „Heiliges Meer“ vielgestaltig auftreten, sind in dynamische Prozesse eingebunden, die mit den Jahreszeiten z.T. regelmäßig erfolgende Änderungen erfahren.

Zu den Modulatoren gehören z.B. Witterungseinflüsse, die, von Jahr zu Jahr mit unterschiedlicher Intensität, periodisch wiederkehrende Ereignisse darstellen. Diese bedingen z.B. Hochwässer im Herbst und im Frühjahr. Zeiten mit intensiven, langandauernden Niederschlägen und mit hohen Grundwasserständen unterscheiden sich erheblich von jenen mit normalen Niederschlagsraten und normalen Grundwasserständen. Ebenfalls Einfluß auf die Dynamik von Gewässern üben Fremdwassereinleitungen aus, wie sie z.B. in Fließgewässern zuweilen vorkommen. Veränderungen der Wasserführung, des Wasserstandes und des Wasserchemismus sowie Stoffeinträge in benachbarte Gewässer sind häufig die Folge. Hiervon betroffen sind insbesondere auch Vorgänge des Stofftransportes im Sickerwasser und im Grundwasser.

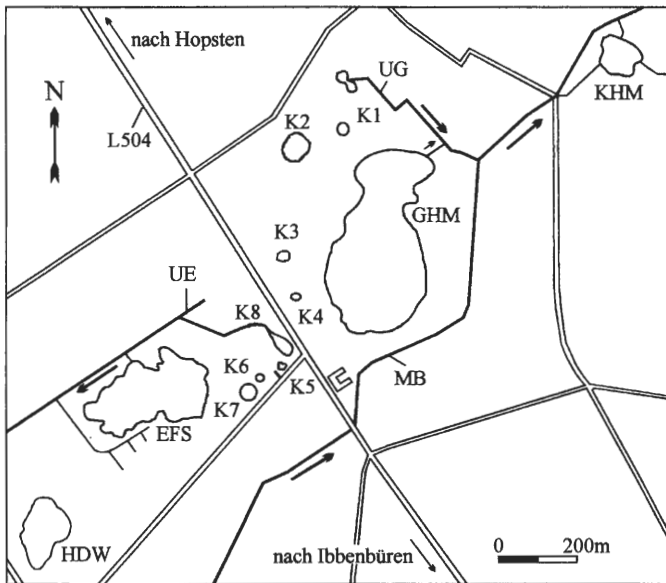


Abb. 1: Lage der Gewässer (HDW: Heideweiher, EFS: Erdfallsee, GHM: Großes Heiliges Meer, KHM: Kleines Heiliges Meer, K1-8: Weiher und Kolke, MB: Meerbecke, UE: Umfangsgraben Erdfallsee, UG: Umfangsgraben Großes Heiliges Meer).

Aus Veränderungen der elektrolytischen Leitfähigkeit lassen sich Rückschlüsse auf Änderungen der Ionenkonzentration im Wasser ziehen. Weiterhin lassen sich anhand des Ionenspektrums auch die Herkunft der eingetragenen Stoffe und die Stoffpfade rekonstruieren (vgl. PUST 1993, POTT et al. 1996, PUST et al. 1997, POTT et al. 1998).

Die Situation zur Zeit des Hochwassers

Innerhalb der letzten Wochen im Oktober 1998 fielen 131,5 mm Niederschlag. Diese Niederschlagsmenge übersteigt bei weitem die Monatssummen der vorausgegangenen

Tab. 1: Monatssummen des Niederschlages (Daten der Wetterstation Hl. Meer).

1998 Monat	Summe des Niederschlages pro Monat (mm)
Januar	83,8
Februar	21,6
März	100,0
April	98,6
Mai	24,5
Juni	132,5
Juli	53,4
August	56,7
September	108,6
Oktober	212,5
November	75,3
Dezember	61,1
Σ (mm)	1028,6

Monate des Jahres (vgl. Tab. 1). Dies führte zu einem erhöhten oberirdischen Abfluß, zu einem Rückstau des Wassers in den Vorflutern und zu Überflutungen größerer Flächen innerhalb des Naturschutzgebietes und auf den benachbarten landwirtschaftlichen Nutzflächen. Die innerhalb der Senkungszone des Schutzgebietes liegenden Gewässer (zur Lage vgl. Abb. 1) waren von den Folgen des Hochwassers daher besonders betroffen. Weiträumige Überflutungen und ein erhöhter Oberflächenabfluß des Niederschlagswassers führten in allen Still- und Fließgewässern zu Veränderungen der elektrolytischen Leitfähigkeit. Es wurden sowohl Erhöhungen als auch Abnahmen der Werte im Zuge des Hochwassereinflusses festgestellt.

Großes Heiliges Meer

Der Seespiegel des Großen Heiligen Meeres stieg innerhalb von 48 Stunden um ca. 15 cm an. Im Zuge vom Oberflächenabfluß des Niederschlagswassers erhielt der See Wasser von den nährstoffarmen Heideflächen, aber auch aus Bruchwäldern und über die Meerbecke, die das Naturschutzgebiet im Osten berührt und während des Hochwassers eine Abnahme der el. Leitfähigkeit auf 190 $\mu\text{S}/\text{cm}$ erfuhr. Der Wasserspiegel der Meerbecke stieg während dieser Zeit so hoch an, daß am Ostrand des Schutzgebietes ihr Wasser über die Ufer trat und durch den Erlenbruchwald in das Große Heilige Meer floß (Abb. 2). Auch am Nordufer, am Abfluß des Sees, führte ein Rückstau zur Umkehr der Strömungsrichtung und Meerbeckewasser sowie Wasser von benachbarten landwirtschaftlichen Nutzflächen strömte über einen Umlaufgraben in den See, der bei normalen Wasserstand das abfließende Wasser aus dem Großen Heiligen Meer der Meerbecke zuführt (Abb. 3).



Abb. 2: oben - Der Wasserspiegel der Meerbecke war so hoch angestiegen, daß der Rundweg um das Große Heilige Meer und der angrenzende Bruchwald überflutet wurden (7.11.1998). unten - Meerbecke bei normalem Wasserstand (3.1.1999).

Die el. Leitfähigkeit im Pelagial lag nach dem Hochwasser, leicht erniedrigt, bei 264 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Der See befand sich in einer Phase der einsetzenden Holomixis, und das zufließende Wasser wurde sogleich mit dem gesamten Wasserkörper des Pelagials vermischt.

Auch der sehr niederschlagsreiche und milde Winter 1993/94 führte zu einem Hochwasserereignis mit einem großflächigen und mehrere Monate anhaltenden Eintritt von Wasser aus der Meerbecke. Auch nach Abklingen der Niederschläge hielt der Meerbeckezufluß aufgrund blockierter Abflußwege weiterhin an. Die Zeitspanne dieser Phase erstreckte sich von Ende Oktober 1993 bis April 1994. Das Wasser der Meerbecke hatte eine el. Leitfähigkeit von ca. 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und im Pelagial des Großen Heiligen Meeres stieg die el. Leitfähigkeit in Folge des Meerbeckezustroms von 270 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf 315 $\mu\text{S}/\text{cm}$ an. Erst nach der Normalisierung des Wasserstandes in der Meerbecke und nach dem Einsetzen der Sommerstagnation im Großen Heiligen Meer stellte sich die el. Leitfähigkeit im Pelagial auf 265 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ein. Im Anschluß an das Hochwasserereignis von 1993/94 konnte ein erhöhter Nitratgehalt von über 3,5 mg/l noch bis Mai 1994 im Pelagial festgestellt werden. In den darauffolgenden Jahren lag der Nitratgehalt zu Beginn der Sommerstagnation zwischen 1,0 und 1,2 mg/l.

Kleines Heiliges Meer

Am Kleinen Heiligen Meer hat der Seespiegel während des Hochwassers 1998 um rund 50 cm höher als normal gestanden, wie es Getreibelsäume im Bruchwald anzeigen. Auch haben die an das Kleine Heilige Meer angrenzenden Agrarflächen unter Wasser gestanden und bildeten mit dem See eine Wasserfläche. Die el. Leitfähigkeit im Pelagial des Sees sank im Zuge von Oberflächenabflüssen von durchschnittlich 665 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf 425 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Damit ging zwar eine Abnahme von Ca^{2+} - (von 98,8 auf 44,4 mg/l), Mg^{2+} - (von 20,6 auf 9,2 mg/l), HCO_3^- - (von 145,2 auf 70,4 mg/l) und auch von SO_4^{2-} -Ionen (von 131,1 auf 71,2 mg/l) einher, aber auch ein z.T. sehr hoher Anstieg von Pflanzennährstoffen wie z.B. NO_3^- (von 0,3 auf 7,5 mg/l), NH_4^+ (von 0,02 auf 0,56 mg/l), PO_4^{3-} (von 0,11 auf 0,30 mg/l) und K^+ (von 2,0 auf 12,1 mg/l). Die erhöhte Konzentration dieser Stoffe ist für Wasser von landwirtschaftlichen Nutzflächen typisch (HÜTTER 1994). Auch hier kam es durch den Rückstau im Vorfluter zu einem Anstau der Wassermassen im landwirtschaftlich genutzten Umfeld. Der See erhielt so über Oberflächenabfluß von Weideflächen einen erheblichen Zustrom von Stickstoff-, Phosphat- und Kaliumverbindungen, die zusammen die Trophie im See erhöhten, während gleichzeitig durch die Abnahme der Konzentrationen von Erdalkalitionen, Hydrogencarbonaten und Sulfaten die Leitfähigkeit im Pelagial abnahm. Zur gleichen Zeit konnte ein verstärkter Sickerwasser- und Grundwasserzustrom am Ostufer festgestellt werden, der auch nach Abklingen des Hochwassers weiterhin anhält und lokal zu Erhöhungen der el. Leitfähigkeit im Litoral auf bis zu 1100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ führte.



Abb. 3: oben - Hochwasserereignis nach intensiven Niederschlägen Ende Oktober 1998. Der Entwässerungsgraben des Großen Heiligen Meeres (links) wurde zum Vorfluter der Meerbecke (7.11.1998); unten - Der Entwässerungsgraben (UG) fließt bei normalem Wasserstand in die Meerbecke (3.1.1999)

Heideweiher

Als weiteres Beispiel sei hier der Heideweiher genannt. Er erhält nach starken Niederschlägen über ein Grabensystem im Südwesten nährstoffreiches Drainagewasser und Grundwasser von einer an das Naturschutzgebiet angrenzenden Ackerfläche. Gleichzeitig wird er aber auch von oligotrophen Oberflächen-, Sicker- und Grundwasser von einer im Süden angrenzenden Heidefläche gespeist. Schwankungen der Leitfähigkeit von 50 bis 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sind die Folge.

Die Meerbecke

Die anhaltenden Niederschläge führten im Herbst 1998 zunächst zu einer Abnahme der el. Leitfähigkeit im Wasser der Meerbecke durch Verdünnung der Salzfrachten auf 190 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Abb. 4). Frühere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, daß die Leitfähigkeit der Meerbecke nach Niederschlägen und bei Hochwasser auch ansteigen kann, besonders aber auch während der in der Vergangenheit häufig zu beobachtenden Abwassereinleitungen. Industrieabwässer, die vermehrt in die Meerbecke eingeleitet wurden, sind vor allem mit Sulfat, Natrium, Chlorid, aber auch mit Schwermetallen und Erdalkalitionen belastet (PUST 1993).

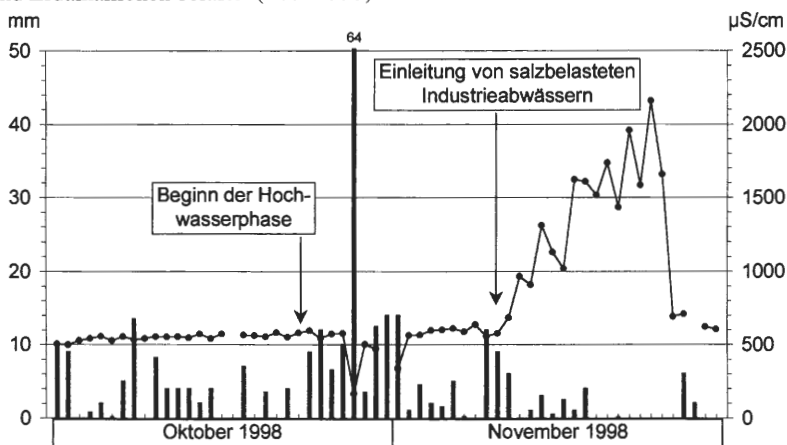


Abb. 4: Änderung der Leitfähigkeit und Tagessummen des Niederschlages. Dargestellt sind tägliche Messungen für den Zeitraum vom 1.10.1998 bis zum 30.11.1998. Säulen: Tagessummen des Niederschlages (mm). Punkt-Linie: Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$) der Meerbecke.

Kleingewässer

Von derartig belastetem Sicker- und Grundwasser sind auch kleinere Gewässer im Erdfallsee-Teilgebiet betroffen. Ein unmittelbarer Kontakt zur Meerbecke ist zwar nicht gegeben, jedoch zeigen die mit dem Grundwasser kommunizierenden Kolke

(z.B. K5, vgl. Abb. 1) und Gräben eine deutliche Amplitude der Leitfähigkeit in Abhängigkeit von Grundwasserzutritten aus dem salzbelasteten Umfeld. Die Fracht der für die Meerbecke typischen Ionen nimmt mit zunehmender Entfernung von der Meerbecke im Sicker- und Grundwasser ab.

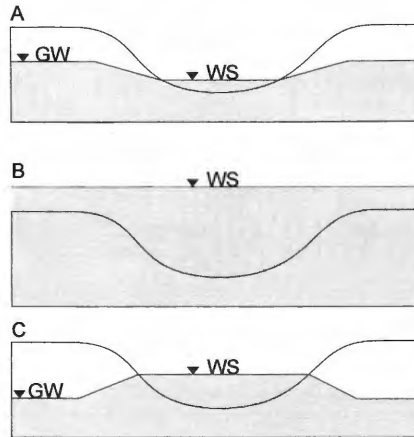


Abb. 5: Schematische Darstellung der Wasserführung und der Vorflutsituation in der Meerbecke. Beziehung der Stände vom Grundwasser (GW) und des Wassers der Meerbecke (WS) in Abhängigkeit von der jeweiligen Wasserführung:

A: Drainagephase (effluente Verhältnisse). Der Drainagegraben nimmt von den umliegenden Flächen Sicker- und Grundwasser auf. Der Wasserspiegel im Graben liegt unter dem des Grundwasserspiegels. Grund- und Sickerwasser fließen der Meerbecke zu.

B: Witterungsbedingte Hochwasserphase. Die angefallenen Wassermassen führen zu einem verstärkten oberirdischen Abfluß und zu einem Rückstau im Vorflutsystem. Die Meerbecke tritt über die Ufer. Nun können Nährstoffe und Salze kurzfristig und in erheblichen Mengen über den Fließwasserpfad in die aquatischen und semiaquatischen Ökosysteme des NSG gelangen.

C: Infiltrationsphase: Situation während einer Abwassereinleitung. Der Wasserspiegel der Meerbecke steigt über den des Grundwassers an und es kommt zu einer Infiltration von Grabenwasser in das Grundwasser.

Auswirkungen von Hochwasserphasen auf die Gewässer

Die Stillgewässer im Naturschutzgebiet lassen sich entsprechend der hochwasserbedingten Einflußnahme allochtoner Stoffeinträge in folgende Gruppen unterteilen (vgl. auch Tab. 2):

1. Gewässer, die durch Niederschlagswasser und oberirdischen Abfluß von nährstoffarmen Flächen beeinflusst werden.

Hierzu gehören die meisten Heidekolke im Westen des Großen Heiligen Meeres und im Süden des Erdfallsees, der Erdfallsee und der westlich an die Landstraße L504 angrenzende Gagelsumpf K8 (vgl. Abb. 1). Innerhalb dieser Gewässer erfolgt meist ei-

ne geringfügige Abnahme der el. Leitfähigkeit, wie z.B. im flachen Teil des Erdfallsees.

Tab. 2: Gruppierung der Gewässer nach hochwasserbedingter Einflußnahme.

Typ	Beeinflußung überwiegend durch	Gewässer (s. Abb. 1)	Amplitude der Leitfähigkeit
I	nährstoffarmen, oberirdischen Abfluß	Erdfallsee	135 - 165 $\mu\text{S/cm}$
		Kolke im Westen des Gr. Hl. Meeres (z. B. K 2),	48 - 63 $\mu\text{S/cm}$
		Kolke im Südosten des Erdfallsees (z.B. K 6)	36 - 52 $\mu\text{S/cm}$
II	belastetes Grund- und Sickerwasser	Kolk im Osten des Erdfallsees (K 5)	112 - 567 $\mu\text{S/cm}$
		ein K 5 benachbarter Graben	220-1130 $\mu\text{S/cm}$
III	oberirdischen Abfluß und belastetes Grund- und Sickerwasser	Großes Heiliges Meer	250 - 315 $\mu\text{S/cm}$
		Kleines Heiliges Meer	425 - 665 $\mu\text{S/cm}$
		Heideweiher	50 - 120 $\mu\text{S/cm}$

2. Gewässer, die durch belastetes Grund- und Sickerwasser beeinflusst werden. Exemplarisch für diese Gruppe steht der Kolk K5 im Osten des Erdfallsees (Abb. 1), der bei Hochwasser unter den Einfluß von Grund- und Sickerwasser gerät, das von den Ackerfluren südlich des Naturschutzgebietes stammt und einen Anstieg der el. Leitfähigkeit von ca. 100 auf über 500 $\mu\text{S/cm}$ bewirkt. Hieran sind vor allem folgende Ionen beteiligt: Natrium, Chlorid, Sulfat sowie Calcium und Magnesium. Die Phasen mit den hohen Leitfähigkeiten treten zu Zeiten erhöhter Stoffeinträge aus dem landwirtschaftlich genutzten Umfeld auf, mit denen auch größere Mengen an Stickstoff- und Phosphatverbindungen in die Gewässer gelangen.

3. Gewässer, die vom Grundwasser und durch oberirdischen Abfluß in unterschiedlicher Weise beeinflusst werden.

Zu diesen Gewässern gehören das Große Heilige Meer, das Kleine Heilige Meer und der Heideweiher. Je nach Art der hochwasserbedingten Einflußnahme können diese Stillgewässer an verschiedenen Uferabschnitten ganz unterschiedliche Veränderungen ihrer Wasserinhaltsstoffe erfahren. Leitfähigkeitserhöhungen und -erniedrigungen können an den verschiedenen Uferabschnitten eines Gewässers gleichzeitig auftreten und sich z.B. im Pelagial gegenseitig aufheben oder auch verstärken.

Stoffeintragswege in das Naturschutzgebiet

Für allochtone Einträge von Nährstoffen aus der Landwirtschaft und von Salzen aus Industrieabwässern in das Naturschutzgebiet „Heiliges Meer“ bekommt die Meerbecke eine besondere Bedeutung. Ihre ursprüngliche Aufgabe ist es, Weiden und

Äcker zu entwässern. Dabei erhält sie erhebliche Mengen an Stickstoff und Phosphor von den landwirtschaftlichen Nutzflächen. Sie nimmt bis heute entgegen ihrer ursprünglichen Funktion eines Drainagegrabens zusätzlich industrielle Abwässer auf, die auch außerhalb der natürlichen (witterungsbedingten) Hochwasserphasen zu erhöhten Stofffrachten und Wasserständen führen. Die vom Wasser mitgeführten Stoffe werden auf den überfluteten Flächen abgelagert und führen dort zu Stoffakkumulationen.

Einerseits kommt es so zu direkten Stoffeinträgen in das Naturschutzgebiet über den oberirdischen Fließwasserpfad im Osten des Großen Heiligen Meeres, andererseits aber auch über den Sicker- und Grundwasserpfad entlang der Meerbecke, wo die Nährstoff- und Salzfrachten zunehmend das Grundwasser belasten (PUST 1993, POTT et al. 1996, PUST et al. 1997, POTT et al. 1998, WEINERT et al. 1998). Abwassereinleitungen führten in der Vergangenheit auch witterungsunabhängig zu hochwasserähnlichen Situationen innerhalb der Meerbecke mit Pegelanstiegen von mehreren Dezimetern. Während solcher Einleitungsereignisse kann der Wasserstand der Meerbecke vor allem in der trockenen Jahreszeit im Sommer höher als der Grundwasserspiegel ansteigen und so über Infiltration Schadstofffrachten an das Grundwasser und an die Gewässer im Schutzgebiet abgeben (Abb. 5). Das Grundwasser und die angrenzenden Gewässer im Naturschutzgebiet werden dann zum Vorfluter. Eine länger anhaltende Einleitung von Industrieabwässern erfolgte kurz nach dem Hochwasserereignis im Herbst 1998. Hierbei stieg die Leitfähigkeit des Meerbeckewassers auf über 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ an.

Obwohl der Verlauf der Meerbecke schon Ende der 60er Jahre aus dem Großen Heiligen Meer an die Ostgrenze des Gebietes verlegt wurde, um damit den allochtonen Eutrophierungsprozeß zu vermindern (BEYER 1969), nimmt die Meerbecke weiterhin erheblichen Einfluß auf den Nährstoffhaushalt der aquatischen und semiaquatischen Ökosysteme im Naturschutzgebiet.

Oberflächenwasser-, Sicker- und Grundwasser-vermittelte Stoffeinträge in die Gewässer des Naturschutzgebietes „Heiliges Meer“ müssen in zwei unterschiedliche Eintragsphänomene unterteilt werden:

1. Während witterungsbedingter Hochwasserereignisse wird vermehrt nährstoffreiches Drainagewasser abgeleitet, daß zwar zu Nährstoffeinträgen, aber auch zu einer Verdünnung der Salzfrachten führt. Das Überschreiten eines kritischen Pegels in der Meerbecke führt zu einem direkten Nährstoffeintrag über das Oberflächen- und Sickerwasser in das Naturschutzgebiet.
2. Durch witterungsunabhängige Abwassereinleitungen kommt es zu Pegelanstiegen in der Meerbecke und dadurch zu einer erhöhten Infiltration von Nährstoffen und Salzen in das Sicker- und Grundwasser des Schutzgebietes. Diese Phasen werden durch erhöhte Leitfähigkeiten angezeigt.

Durch die Nutzung der Meerbecke als Vorfluter für Industrieabwässer werden weiträumig und langfristig das Sicker- und Grundwasser der angrenzenden Gebiete,

insbesondere die aquatischen und semiaquatischen Ökosysteme des Naturschutzgebietes durch Mineralstoffe belastet, die von Natur aus dort in nur niedrigen Konzentrationen auftreten. Dies führt zu Standortveränderungen auch innerhalb der Bestände des Erlenbruchwaldes am Süd-, Südost und Ostufer des Großen Heiligen Meeres. Der vertikale Stofftransport über die Niedermoorbarriere hinweg und jener innerhalb des Sicker- und Grundwasserbereiches wird durch die Vegetation z.T. noch gefördert, wie neuere Untersuchungen zeigen (PUST et al. 1997).

Literatur

BEYER, H. (1969): Die Gewässer des Naturschutzgebietes „Heiliges Meer“, ihre Entstehung und Erhaltung. *Naturkunde in Westfalen* 5: 123-126. - HÜTTER, L. A. (1994): Wasser und Wasseruntersuchung. *Laborbücher Chemie*. 5. Auflage, Salle & Sauerländer: 516 S. - POTT, R., J. PUST & B. HAGEMANN (1998): Methodische Standards bei der vegetationsökologischen Analyse von Stillgewässern - dargestellt am Großen Heiligen Meer in den Untersuchungsjahren von 1992-1997. *Abh. Westf. Mus. Naturkunde Münster* 60(2): 53-110. - POTT, R., J. PUST & K. HOFMANN (1996): Trophiedifferenzierung von Stillgewässern im Naturschutzgebiet „Heiliges Meer“ und deren Auswirkungen auf die Vegetation - erste Ergebnisse. *Abh. Westf. Mus. Naturkunde Münster* 58(2): 1-60. - PUST, J. (1993): Erste Ergebnisse zur Untersuchung der Grundwasserverhältnisse im Naturschutzgebiet „Heiliges Meer“ (Kreis Steinfurt). *Abh. Westf. Mus. Naturkunde Münster* 55(2) 1-88. - PUST, J., B. HAGEMANN & R. POTT (1997): Winterliche Grundwasserdynamik und deren Beeinflussung durch die Ufervegetation am Beispiel des Erlenbruchwaldes am Großen Heiligen Meer, Kreis Steinfurt. *Natur und Heimat* 57(2): 53-63, Münster. - WEINERT, M., D. REMY & E. P. LÖHNERT (1998): Hydrogeologie der Gewässerlandschaft „Heiliges Meer“ bei Hopsten (Nordrhein-Westfalen, Nordwestdeutschland) - erste Ergebnisse. - *Abh. Westf. Mus. Naturkunde Münster* 60(2): 13-52.

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Biol. Bernd Hagemann, Institut für Geobotanik, Nienburger Str. 17, D-30167 Hannover.

Dr. Jürgen Pust, Westfälisches Museum für Naturkunde, Außenstelle „Heiliges Meer“, Heiliges Meer 1, D-49509 Recke