

Untermeerischer Grundwasseraustritt Das EU-Projekt Sub-GATE

Abstract

Submarine groundwater discharge (SGD) is known from many coastal areas around the globe (Hovland and Judd, 1988). Although recognised to be an important transport pathway for pollutants and nutrients from groundwater aquifers into coastal waters (Johannes, 1980) quantifying SGD is still difficult. Recent studies suggest SGD to contribute much more to total fresh water runoff and in particular to the exchange of solutes than previously assumed (Moore, 1996; Valiela et al., 1990; Laroche et al., 1997).

A multidisciplinary approach was chosen for the EU project "Sub-GATE"¹ for investigating different phenomena associated with SGD in the main target area Eckernförde Bay (Western Baltic): Beside a qualitative, process-oriented understanding obtained by geological, biological, and geochemical field work discharge rates are to be quantified by isotope methods as well as by a groundwater supply model over the catchment area and diagenetic modelling.

Einführung

Submariner Grundwasseraustritt (SGD) tritt an vielen Küstenzonen rund um den Globus auf. (Hovland & Judd, 1988). Obwohl SGD inzwischen als potentieller Transportpfad für den Eintrag von Nähr- und Schadstoffen in die marine Küstenregion identifiziert wurde (Johannes, 1980) gestaltet sich seine quantitative Abschätzung schwierig. Neuere Untersuchungen weisen darauf hin, dass SGD zum Frischwassereintrag in Marine Küstensysteme und insbesondere zum Austausch gelöster Stoffe sehr viel stärker beitragen kann, als bisher angenommen (Moore, 1996; Valiela et al., 1990; Laroche et al., 1997). In manchen dieser Studien wird der Netto-Grundwasseraustritt auf 10-40%, der Eintrag von

eutrophierenden Nährstoffen teils sogar auf über 80% des Flusseintrages geschätzt.

Das zum März 1998 aufgelegte EU-Projekt "Sub-GATE"¹ nähert sich dieser in Europa noch wenig beachteten Thematik mit einem multidisziplinären Ansatz: Neun Arbeitsgruppen aus 4 europäischen Ländern poolen ihre Expertise aus den Bereichen Hydrogeologie, Marine Geologie, Tracer- und Geochemie, Biologie und numerischer Modellierung, um das Phänomen "Submariner Grundwasseraustritt" im Hinblick auf seine Ursachen, Charakteristika und Auswirkungen qualitativ-prozessorientiert und quantitativ verstehen zu lernen.

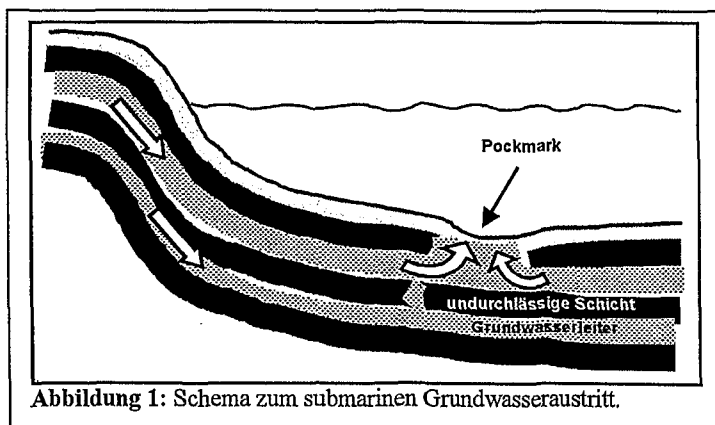


Abbildung 1: Schema zum submarinen Grundwasseraustritt.

Die in der Tabelle 1 aufgeführten Institutionen sind an diesem Forschungskonsortium beteiligt. Neben Lokationen in der Irischen See und der Dänischen Beltsee (Westliche Ostsee) stellt die in der südwestlichen Ostsee gelegene Eckernförder Bucht das Hauptarbeitsgebiet dar. Die Bucht verdankt ihre geologische Prägung insbesondere der letzten Eiszeit. Verschiedene, teils vertikal korrespondierende Aquifere (Grundwasserleiter) transportieren Grundwasser unter die Bucht. Dort wird es an Störungsstellen hydraulisch nach oben gedrückt (Abb. 1).

¹ Sub-GATE = Submarine groundwater discharge and transport processes from methane-rich coastal sedimentary environments

Tabelle 1: An Sub-GATE beteiligte Arbeitsgruppen

Teilprojekt / Subtask	Institut	Wissenschaftler
Wissenschaftliche Koordination / Projektmanagement	AWI, Bremerhaven	M. Schlüter
	GEOMAR, Kiel	E. Sauter
Hydrologie des Grundwassereinzugsgebietes	Inst. f. Geowissenschaften der Universität Kiel / Inst. of Earth Sciences, University of Århus, DK	A. Dahmke J. Piotrowski S. Marczinek
Geologische Kartierung der Ausstromregion, Kernbeschreibung	GEUS, Geological Survey of Denmark and Greenland, DK	J.B. Jensen A. Kuijpers T. Laier
Natürliche Radiotracer-Untersuchungen	Risø National-Laboratory, DK	H. Dahlgaard C. Andersen
Seismo-akustische Untersuchungen	School of Ocean Sciences, University of Wales Bangor, UK	A. Davis
Ausstrom-dynamische Direktmessungen	GEOMAR, Kiel	P. Linke, E. Suess
Biogeochemie und Mikrobiologie	School of Ocean Sciences, University of Wales Bangor, UK	P. Dando
Frühdiagenese in SGD-beeinflussten Sedimenten und diagenetische Modellierung	AWI, Bremerhaven / GEOMAR, Kiel	M. Schlüter E. Sauter
Hydrogeologie und Grundwasserbütgetierung	Inst. f. Bauingenieurwesen Universität Patras, GR	V. Kaleris G. Lagas
Numerische Mischphasen-Modellierung	Inst. f. Computeranwendungen im Bauingenieurwesen, Universität Braunschweig	R. Hinkelmann H. Sheta R. Helmig

Ein weiteres Charakteristikum neben dem Aufsteigen salzfreien Grundwassers ist der hohe Methan-gehalt im Sediment der Eckernförder Bucht. Ausgeprägt anoxische Bedingungen führen in diesem eutrophen Lebensraum zu mikrobieller Methanproduktion.

Das Zusammenwirken von Grundwasseraufstieg und Methanbildung - so die aktuelle Vorstellung - führt zu einer Lockerung des Oberflächensedimentes, welches an diesen Stellen von Bodenströmungen bevorzugt ausgetragen werden kann. Hierdurch kommt es zur Entstehung bzw. zum langfristigen Erhalt runder bis sichelförmiger Vertiefungen am Meeresboden, sogenannter Pockmarks. Die Pockmarks der Eckernförder Bucht sind schon lange bekannt (z.B. Edgerton et al. (1966); F. Werner (1978)). Zunächst wurde für die Entstehung von Pockmarks jedoch allein mit aus tieferen Schichten aufsteigendem Methan begründet.

Die Ökologische Relevanz submariner Grundwasseraustritte erklärt sich sowohl aus dem potentiellen Eintrag von im Grundwasser mitgeführten Substanzen als auch durch ein aktives Ausspülen von Methan in die Wassersäule bzw. die Atmosphäre. Darüber hinaus bedeutet SGD in trinkwasserarmen (typischerweise verkarsteten) Küstenregionen häufig den Verlust kostbaren Trinkwassers. Salzwas-

serintrusion, das durch das Eindringen von Seewasser in Grundwasserleiter charakterisierte Umkehrphänomen, tritt zudem vielerorts Hand in Hand mit SGD auf und kann ebenfalls zur Gefährdung von Trinkwasserressourcen führen.

Projektstrategie

Im Rahmen von Sub-GATE wird das geologische Setting des Trinkwassereinzugsgebietes um die Eckernförder Bucht betrachtet, um die für den Frischwassereintrag verantwortlichen Grundwasserleiter zunächst qualitativ zu identifizieren. Während dies für die Landseite auf Daten aus den zahlreichen, vorhandenen Messbrunnen basiert, wurden zur Aufklärung der Schichtfolge in der Eckernförder Bucht seismo-akustische Untersuchungen durchgeführt und lange Sedimentkerne (Vibro-Cores) abgeteuft. (Herzlichen Dank an dieser Stelle für die freundliche Unterstützung durch das Institut für Ostseeforschung sowie die Besatzung von "A.v.Humboldt"!)

Neben der geologischen und hydrologischen Erfassung des Arbeitsgebietes werden auch geochemische Parameter landseitiger und submariner Grundwässer verglichen. Hierfür soll ein aus BMBF-Mitteln zusätzlich finanzierter submariner Langzeitbrunnen niedergebracht werden, welcher außerdem Aufschluß über die zeitliche Dynamik des SGD liefern soll. Als Vorstufe hierzu wurde ein

Kurzzeitbrunnen mit Hilfe eines Vibro-Corers niedergebracht, der die Beprobung des obersten submarinen Grundwasserleiters ermöglichte.

Der Einfluß von SGD auf den benthischen Lebensraum wird in Sub-GATE sowohl mikrobiologisch als auch geochemisch untersucht. So dient beispielsweise der Chloridgehalt des Porenwassers als Leitparameter, zeigt er doch den Grad der "Verdünnung" des normalen Porenwassers durch Grundwasser an. Nicht selten nimmt der Chloridgehalt schon wenige Dezimeter unterhalb der Sedimentoberfläche auf beinahe 0 ab (Abb. 2).

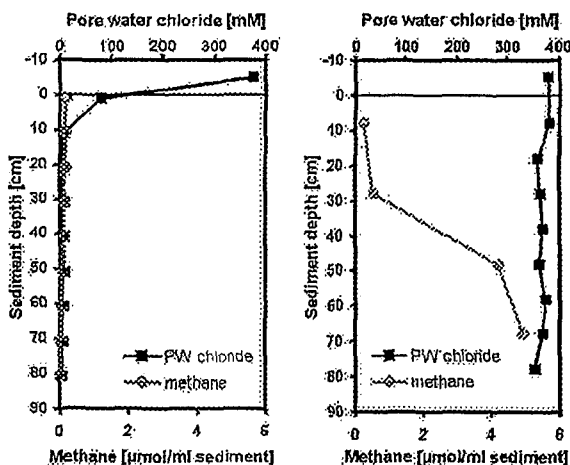


Abbildung 2: Typischer Konzentrations-Tiefen-Verlauf von Chlorid (schwarze Quadrate) und Methan (graue Kreise) an einer stark SGD-beeinflussten Lokation (links), bzw. einer unbeeinflussten Kontrollstation (rechts).

Demgegenüber sinkt der Methangehalt im Sediment an den von SGD beeinflussten Lokationen drastisch ab (Auspüleeffekt). Entsprechend verhalten sich biologische Parameter wie Artenvielfalt. Die in diesem eutrophen Lebensraum ohnehin sehr eingeschränkte Artenvielfalt verarmt in der Nähe der Pockmarks weiter bis hin zu ausschließlich anaeroben Organismengemeinschaften.

Die quantitative Erfassung des submarinen Grundwasserausstromes wird in Sub-GATE mit unterschiedlichen Ansätzen verfolgt: Zum einen wurden direkte Ausstrommessungen mit autonomen Kammer-Landern durchgeführt, womit im Pockmark-Bereich Ausstromraten von bis zu einigen 100 Litern pro m² und Tag gemessen wurden. Diese sehr aufwendige Methode wird ergänzt durch die Bestimmung der erwähnten Chloridkonzentration im Sediment-Porenwasser (Abb. 2), aus deren Gradienten mittels eines Transport-Modells die Advektionsrate des aufsteigenden Grundwassers bestimmt werden kann. Schließlich werden auch natürlich vorkommende Radionuklide wie z.B. 226-Radium und 222-Radon als Grundwassertracer genutzt, um die Verbreitung des SGD zu verfolgen.

Unabhängig von seeseitig gemessenen Grundwasserausstromraten wird mittels eines hydrogeologischen Modells die landseitig mögliche Grundwassererneuerungsrate abgeschätzt. Basierend auf Meßdaten werden die an Pockmarks ablaufenden geochemischen und Transport-Vorgänge modelliert, um das prozessorientierte Verständnis zu erlangen. Unter Verwendung eines geographischen Informationssystems werden die Daten schließlich regionalisiert, d.h. für die Eckernförder Bucht wird ein flächenhaftes Budget des Grundwasserausstromes errechnet, um die mit SGD assoziierten Stoffflüsse z.B. mit Oberflächeneinträgen aus der Region in Relation setzen und damit die Bedeutung von SGD beurteilen zu können.

Eberhard Sauter

(GEOMAR, Forschungszentrum für Marine Geowissenschaften an der Universität Kiel, Abt. Marine Umweltgeologie, email: sauter@geomar.de)

Literatur

- Edgerton, H.E., E. Seibold, K. Vollbrecht & F. Werner (1966) Morphologische Untersuchungen am Mittelgrund (Eckernförder Bucht, westliche Ostsee). - *Meyniana* 16, 37-50
- Hovland, M. & A.G. Judd (1988) Seabed Pockmarks and Seepages, Impact on Geology, and the Marine Environment. - Graham & Trotman, London
- Laroche, J., R. Nuzzi, R. Waters, K. Wyman, P.G. Falkowski & D.W.R. Wallace (1997) Brown Tide blooms in Long Island's coastal waters linked to interannual variability in groundwater flow. - *Global Change Biology* 3, 397-410
- Moore, W. (1996) Large groundwater inputs to coastal waters revealed by ²²⁶Ra enrichments. - *Nature* 380, 612-614
- Valiela, I, J. Costa, K. Foreman, J.M. Teal, B. Howes & D. Aubrey (1990) Transport of groundwater-borne nutrients from watersheds and their effects on coastal waters. - *Biogeochemistry* 10, 177-197
- Werner, F. (1978) Depressions in mud sediments (Eckernförder Bay, Baltic Sea), related to sub-bottom and currents. - *Meyniana*, 30, 99-104